

Э.М.ФРОМБЕРГ

Мрб Массовая
радио-
библиотека

Выпуск 1249

Основана в 1947 году

КОНСТРУКЦИИ НА ЭЛЕМЕНТАХ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

СХЕМОТЕХНИКА



Э.М.ФРОМБЕРГ

**КОНСТРУКЦИИ
НА ЭЛЕМЕНТАХ
ЦИФРОВОЙ
ТЕХНИКИ**

**Москва
Горячая линия – Телеком
2002**

ББК 32.844

Ф 91

Фромберг Э. М.

Ф91 Конструкции на элементах цифровой техники. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 264 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1249).

ISBN 5-93517-077-9.

Описаны игровые автоматы, автоматические светодинамические установки, программируемые автоматы звуковых эффектов, приборы для психологических исследований, предназначенные для кабинетов профориентации и спорта, демонстрационные стенды и автоматы для контроля знаний, используемые в учебных заведениях.

Все устройства реализованы на цифровых интегральных микросхемах серий ТТЛ и КМДП средней степени интеграции, являющихся предпочтительными для использования в радиолюбительской практике и детском техническом творчестве.

Книга рассчитана на радиолюбителей, учащихся школ, технических колледжей, студентов вузов, знакомых с основами цифровой техники, и руководителей детского технического творчества.

ББК 32.844

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1249

Фромберг Эдуард Михайлович

Конструкции на элементах цифровой техники

Редактор И. Н. Сулова

Верстка И. Н. Суловой

Обложка художника В. Г. Ситникова

ЛР № 071825 от 16 марта 1999 г.

Подписано в печать 21.04.01

Гарнитура Arial

Тираж 5 000 экз.

Печать офсетная

Изд. № 77

Формат 60x88/16

Уч.-изд. л. 18,5

Зак. №

Адрес издательства в Интернет radios@cityline.ru.

ISBN 5-93517-077-9

© Фромберг Э. М., 2002

© Оформление издательства
«Горячая линия–Телеком», 2002

Предисловие

Цифровые интегральные микросхемы находят самое широкое применение в различных областях творчества радиолюбителей. в радиоспортивной и измерительной аппаратуре, в устройствах автоматики в игровых автоматах. Используя цифровые микросхемы, радиолюбители создают весьма сложную аппаратуру, реализовать которую на дискретных элементах было бы практически невозможно. Особенно перспективно использование цифровой техники в техническом творчестве начинающих радиолюбителей, учащихся общеобразовательных школ и профессионально-технических училищ. Логические основы цифровой техники весьма просты и вполне доступны старшеклассникам. Цифровые микросхемы обладают высокой надежностью. Большинство из них не выходит из строя практически при любых ошибках в монтаже. Поиск неисправностей в цифровых устройствах хорошо алгоритмизирован и занимает значительно меньше времени, чем в аналоговых устройствах подобной сложности. Устройства на цифровых микросхемах почти не требуют налаживания, что особенно важно в творчестве начинающих радиолюбителей. Важнейшую роль играет техническое творчество с использованием элементов цифровой и микропроцессорной техники для совершенствования компьютерной подготовки учащихся, а также студентов техникумов и вузов.

Конструирование и изготовление разнообразных автоматических устройств для игр, развлечений спортивного и интеллектуального характера, устройств бытового назначения стало своеобразным хобби людей всех возрастов и профессий. Номенклатура автоматических устройств, реализуемых с использованием автоматических устройств, чрезвычайно широка. Используя описанные в литературе типовые схемные решения отдельных функциональных узлов, радиолюбители могут самостоятельно разрабатывать полезные и занимательные устройства различного функционального назначения. Процесс разработки цифровых автоматов хорошо поддается алгоритмизации и доступен радиолюбителям, знакомым с основами цифровой техники.

В книге представлены описания доступных для повторения радиолюбительских конструкций различного функционального назначения, начиная с простейших игровых автоматов и кончая сложными устройствами для психологических исследований. Вместе со схемами дано подробное описание принципа работы, уделено внимание конструктивному оформлению описываемых устройств.

Все описанные устройства изготовлены и испытаны студентами физического факультета Омского государственного педагогического университета под руководством автора книги. Схемные решения значительной части разработанных устройств оригинальны и защищены авторскими свидетельствами и патентами на изобретения. Многие из описанных автоматов демонстрировались на республиканских и международных выставках творчества, награждены медалями и дипломами.

Она будет полезна как для начинающих радиолюбителей, так и для опытных специалистов, которые найдут в ней оригинальные схемные решения. Особый интерес представляет книга для руководителей детского технического творчества. В устройствах использована современная и в то же время доступная для широкого круга радиолюбителей элементная база.

Приступая к реализации описанных устройств, читателям следует предварительно ознакомиться с разделом «Практические рекомендации по изготовлению устройств на цифровых интегральных микросхемах».

Автор надеется, что, изучая, конструируя устройства, описания которых приведены в этой книге, радиолюбители в совершенстве овладеют цифровой техникой, получат практические умения и навыки, которые, несомненно, пригодятся им в будущем.

1. ЭЛЕКТРОННЫЕ АВТОМАТЫ И ИГРЫ

Компьютерная техника прочно вошла в наш быт, сферу досуга, развлечений. На прилавках магазинов появились интересные электрифицированные игры и электронные игрушки, занимательные игровые приставки к бытовым телевизорам, неизменно вызывающие восторг ребят, готовых, забыв обо всем на свете, увлеченно соревноваться в игровом единоборстве. Игра всегда была одним из эффективнейших и важнейших средств не только развлечения, но и обучения, воспитания.

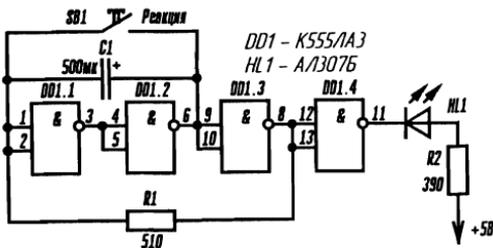
Электронные игры и автоматы обогащают подрастающее поколение элементарными техническими знаниями, влияют на становление тех качеств личности, которые так необходимы для будущей трудовой деятельности. У многих ребят появляется желание познать понравившуюся им «машину», а потом и самим собрать подобную или наделить игрушку какими-то новыми качествами, сделать ее более совершенной. Юные радиолюбители увлеченно конструируют сначала простейшие, а потом и довольно сложные игровые автоматы, приобщаясь к миру «большой автоматике», изучая при этом элементы цифровой и вычислительной техники [9, 19, 33].

Проектирование игровых автоматов стало своеобразным хобби и для многих подготовленных радиолюбителей. Электронные игры и электронные игрушки регулярно демонстрируют на выставках технического творчества. Их описания публикуют в многочисленной научно-популярной литературе, приводя рекомендации по их изготовлению и налаживанию. В этой главе описаны занимательные электронные игры, простые и сложные светодинамические устройства, музыкальные автоматы, электронные отгадчики.

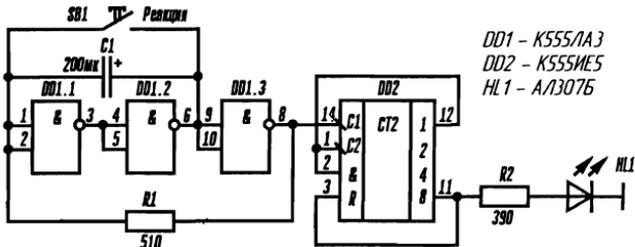
1.1. Простейшие занимательные устройства

Эти устройства доступны для повторения радиолюбителям, которые только начинают знакомство с цифровой техникой.

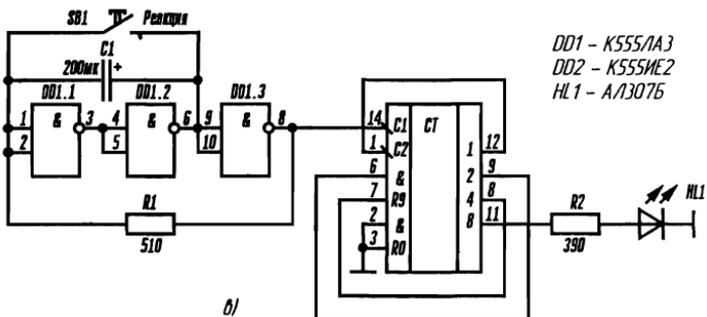
Рассмотрим схему игрового автомата «Реакция» (рис. 1а). Он содержит автогенератор на элементах DD1.1–DD1.3, инвертор DD1.4 и светодиод HL1. Если кнопка SB1, включенная параллельно конденсатору C1, не нажата, то на выходе автогенератора формируются прямоугольные импульсы со скважностью 2,5...3 и частотой около 1 Гц. Светодиод HL1 периодически светится. Задача играющего – нажать кнопку SB1 в момент свечения светодиода-раздражителя. После этого необходимо удерживать кнопку в нажатом состоянии. При нажатии кнопки SB1 автоколебания срываются, а светодиод остается в том же состоянии (светится или погашен), в котором находился в момент нажатия кнопки «Реакция». Победителем признается тот из играющих, которому удастся «зажечь» светодиод большее число раз (при одинаковом количестве попыток). Однако из-за того, что светодиод мигает с периодом $T \approx 1\text{с}$, задача играющего упрощается. При-



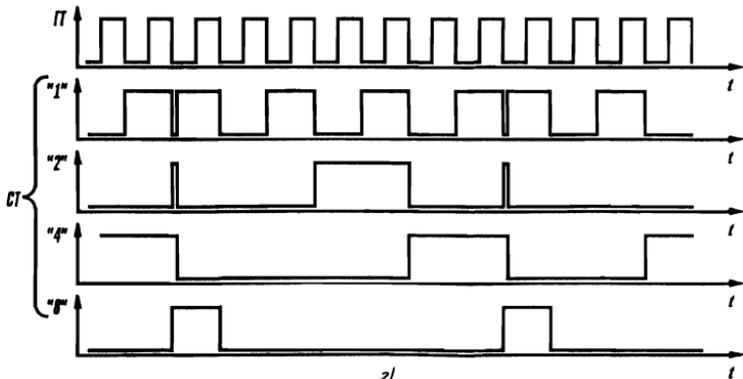
а/



б/



в/



г/

Рис. 1. Игровой автомат «Реакция»:

а – на логических элементах; б – с использованием счетчика К555IE5; в – с использованием счетчика К555IE2; г – временные диаграммы напряжений

способившись к периодичности предъявления раздражителя, он может нажать кнопку с небольшим упреждением и показывать хорошие результаты, обладая посредственной реакцией. Для устранения указанного недостатка следует увеличить скважность формируемых импульсов при сохранении времени свечения светодиода-раздражителя. Это можно сделать, подключив к выходу тактового генератора (ГТ) формирователь импульсов, реализованный на счетчиках К155ИЕ5 или К155ИЕ2. При этом частоту ГТ следует повысить таким образом, чтобы период импульсов на его выходе равнялся бы времени предъявления раздражителя (свечения светодиода HL1).

Используя счетчик К155ИЕ5, можно без дополнительных элементов реализовать формирователи импульсов со скважностью 3, 5 и 9. Для этого светодиод HL1 следует подключать к выходам "2", "4" или "8", соответственно, и обеспечивать установку счетчика в нулевое состояние при появлении на его выходе кодов 011, 101 или 1001. Схема устройства, в котором скважность импульсов, обеспечивающих свечение светодиода-раздражителя, равна 9, изображена на рис. 16.

С использованием микросхемы К155ИЕ2 можно без дополнительных элементов реализовать формирование импульсов со скважностью $q = 3 \dots 7, 9$, выполнив следующие рекомендации.

Выходной сигнал необходимо снимать с выхода старшего разряда ("8"). При коде на выходе счетчика, десятичный эквивалент которого равен $q-1$, следует осуществлять предустановку счетчика в "девятое" состояние. Принципиальная схема игрового автомата и временные диаграммы напряжений на входе и выходах счетчика изображены на рис. 1в,г. В рассмотренном варианте схемы реализовано формирование импульсов со скважностью $q=7$. При скважности импульсов $q \geq 5$ нажимать кнопку «Реакция» с необходимым упреждением практически невозможно.

На рис. 2 изображена схема игрового автомата «Орел-Решка», который представляет собой электронный аналог известной игры с угадыванием стороны, на которую упадет брошенная монета. Автомат содержит автогенератор на частоту f в несколько килогерц (DD1.1–DD1.3) и счетный триггер, к выходам которого подключены светодиоды. На выходе триггера формируются импульсы типа «меандр» с частотой $f/2$. Если кнопка SB1 «Бросок» не нажата, оба светодиода HL1 и HL2 светятся. После нажатия кнопки (что соответствует бросанию монеты) равновероятно остается включенным один из них.

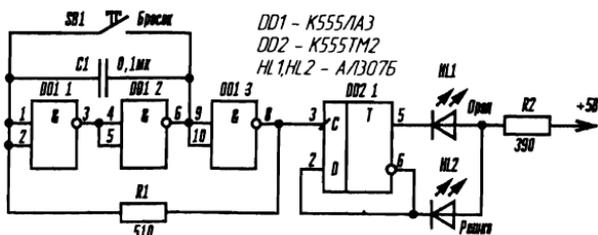


Рис 2 Принципиальная схема игрового автомата «Орел-Решка»

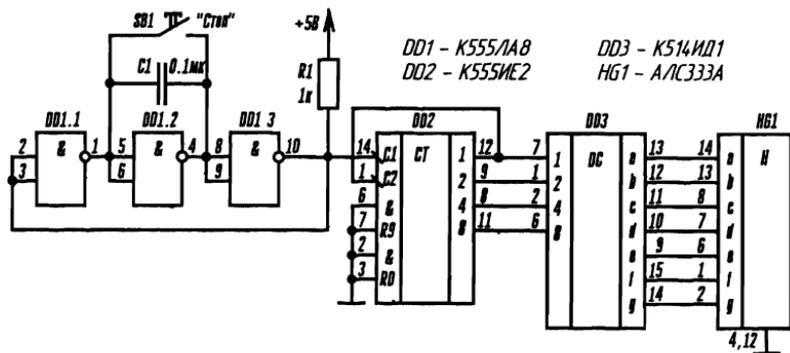


Рис. 3. Принципиальная схема «Лототрона»

На рис. 3 изображена принципиальная схема лототрона. Она содержит задающий генератор на частоту несколько килогерц (DD1.1–DD1.3), счетчик DD2, дешифратор DD3, к выходам которого подключен цифровой индикатор HG1. Пока кнопка SB1 не нажата, импульсы с выхода задающего генератора подаются на счетчик DD2 и многократно его переполняют. В результате светятся все сегменты цифрового индикатора. Этот режим соответствует запуску лототрона. После нажатия на кнопку SB1 колебания автогенератора срываются, и на выходе счетчика DD2 формируется случайный двоичный код десятичного числа от 0 до 9. С помощью дешифратора DD3 двоичный код преобразуется в семисегментный, и индикатор HG1 индицирует это число.

Появление любого из чисел от 0 до 9 равновероятно. Играть с лототроном можно по-разному. Например, каждый из играющих пытается угадать цифру, выдаваемую устройством, выигрывает тот, кто угадает большее число цифр, скажем, из 10 или 20 попыток.

Существует множество игр (нарды, детское лото и др.), в которых бросают кубик и отсчитывают выпавшее при этом число очков. Бросание кубика, как известно, равноценно выбору одной цифры из шести возможных от 1 до 6. Рассмотрим схему «электронного кубика», который эту возможность реализует (рис. 4,а). Индикацию выпавших очков осуществляют светодиоды HL1–HL7, расположенные на передней панели автомата аналогично расположению точек на грани кубика (рис. 4,б).

Устройство содержит автогенератор на элементах DD1.1–DD1.3, счетчик на 6 (DD2) и дешифратор, реализованный на элементах DD1.4, DD1.5, DD3.1–DD3.2, DD4.1–DD4.3. После подачи напряжения питания микросхем импульсы автогенератора периодически переполняют счетчик DD2. Так как кнопка SB1 не нажата и цепь питания светодиодов HL1–HL7 разомкнута, ни один из них не светится. Момент нажатия на кнопку SB1 соответствует бросанию кубика. При этом колебания автогенератора DD1.1–DD1.3 срываются, и на выходе счетчика равновероятно формируется двоичный код чисел от 0 до 5. Этот код преобразуется дешифратором в соответствии с табл. 1.

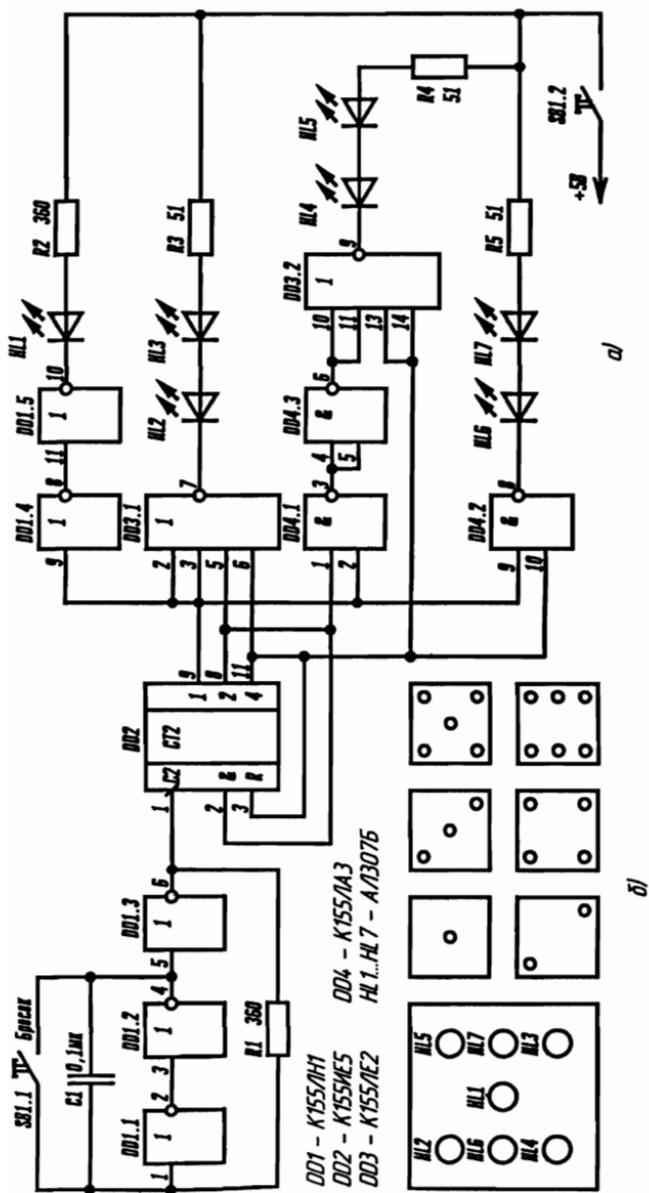


Рис. 4. Электронный кубик:
 а - принципиальная схема; б - расположение светодиодов на гранях кубика

Код на выходе счетчика		Код на выходе дешифратора	Светящиеся светодиоды
десятичный	двоичный		
0	000	1110	HL1
1	001	1101	HL2, HL3
2	010	1100	HL1, HL2, HL3
3	011	1001	HL2, HL3, HL4, HL5
4	100	1000	HL1, HL2, HL3, HL4, HL5
5	101	0001	HL2, HL3, HL4, HL5, HL6, HL7

Кроме того, при нажатии на кнопку SB1 на аноды светодиодов подается напряжение питания, и на лицевой панели «электронного кубика» появляется один из шести рисунков, соответствующих рисунку на гранях кубика-прототипа.

Аппаратные затраты можно существенно уменьшить за счет реализации дешифратора с использованием постоянного запоминающего устройства. Схема этого варианта «электронного кубика» приведена на рис. 5. Принцип работы устройства аналогичен описанному выше.

Коды программирования ПЗУ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	FE	F9	F8	E1	E0	81	FF									
1	FF															

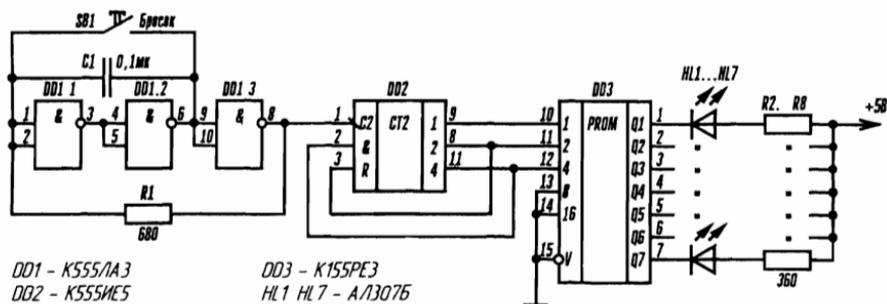
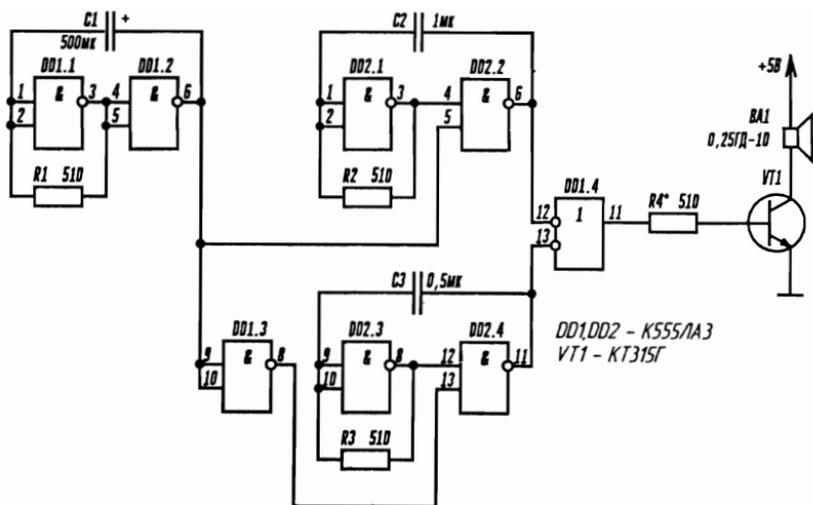
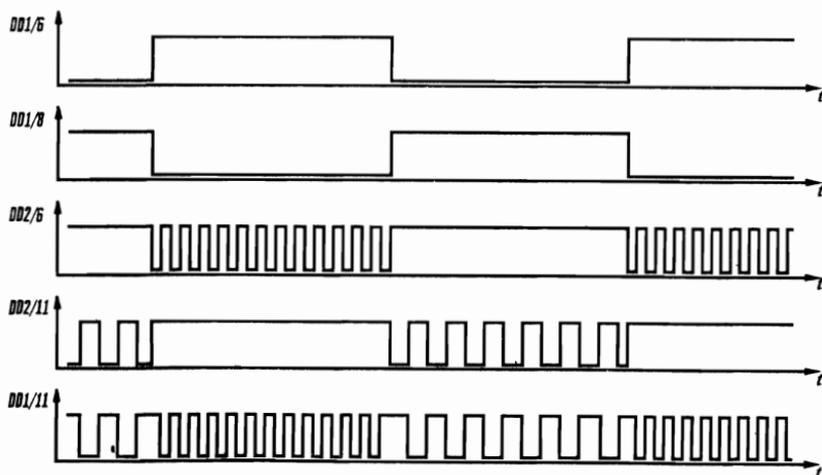


Рис 5. Принципиальная схема «Электронного кубика» с использованием ПЗУ

Повышенный интерес у начинающих радиолюбителей вызывают автоматы звуковых эффектов. На рис. 6а изображена принципиальная схема двутональной сирены. Она обеспечивает поочередное звучание двух звуковых тонов. Схема содержит три автогенератора: задающий (ЗГ) на элементах DD1.1, DD1.2 на частоту примерно 1 Гц и два звуковых – на элементах DD2.1, DD2.2 ($f_{зв1} \approx 500$ Гц) и на элементах DD2.3, DD2.4 ($f_{зв2} \approx 1$ кГц).



а)



б)

Рис. 6. Двухтональная сирена:

а – принципиальная схема; б – временные диаграммы напряжений

Чтобы звуковые генераторы работали поочередно, управляющие импульсы на вход блокировки первого звукового генератора поданы непосредственно с выхода ЗГ, а на вход второго звукового генератора – через инвертор. В этом случае, пока напряжение на выходе элемента DD1.2 имеет высокий уровень, разрешается работа первого звукового генератора на элементах

DD2.1, DD2.2. Второй звуковой генератор в это время заблокирован. Когда же на выходе элемента DD1.2 присутствует низкий уровень, разрешается работа автогенератора, собранного на элементах DD2.3, DD2.4. Импульсы с выходов звуковых генераторов через элемент DD1.4, выполняющий операцию логического сложения, подаются на усилитель звуковой частоты VT1, нагрузкой которого служит динамическая головка BA1. Таким образом, в динамике поочередно воспроизводятся два тона с частотами 500 Гц и 1 кГц. Время звучания каждого тона около 0,5 с. Временные диаграммы напряжений на элементах схемы приведены на рис. 6б.

Рассмотрим автомат управления лестничным освещением многоэтажного дома. Известно, что в ночное время на освещение подъездов многоэтажных домов тратится большое количество электроэнергии. Чтобы избежать ненужных затрат, можно включать освещение только в том случае, когда в подъезде есть люди, идущие либо из квартиры в квартиру, либо из квартиры на улицу, либо с улицы в квартиру. Пусть в пятиэтажном доме лестничная клетка освещается включенными параллельно лампами, расположенными на каждом из этажей. Кроме того, на каждом этаже установлены тумблеры SA1–SA5. Автомат должен обеспечивать включение и выключение освещения переключением любого из тумблеров (независимо от положения остальных). Предположим, все тумблеры установлены в нижнее положение, и свет на лестничной клетке не горит. В подъезд зашел жилец четвертого этажа. Он ставит в верхнее положение тумблер на первом этаже, и свет в подъезде загорается. Дойдя до своей квартиры на четвертом этаже, он переключает тумблер на этом этаже в верхнее положение, и свет в подъезде гаснет. В последующем на лестничную площадку выходит, например, жилец пятого этажа, который собирается выйти на улицу. Он изменяет положение тумблера на своем этаже на противоположное (в нашем конкретном примере в верхнее), свет должен зажечься. Дойдя до первого этажа, перед выходом из подъезда изменением положения тумблера на первом этаже жилец выключает свет в подъезде. Таким образом, при изменении положения тумблера на любом этаже состояние освещения также изменяется (либо включается, либо выключается). Зависимость уровня напряжения на выходе логического устройства от положения тумблеров SA1–SA5 иллюстрируется табл. 3.

В нижнем положении тумблера на вход микросхемы подается низкий, а в верхнем – высокий уровень напряжения. Усилитель мощности, к выходу которого подключены осветительные лампы работает таким образом, что при низком уровне, напряжения на выходе логического устройства ($Y=0$) он выключает освещение, а при высоком ($Y=1$) – включает.

Из табл. 3 видно, что при четном числе высоких уровней на входе логического устройства (0, 2, 4) – на его выходе формируется низкий уровень, при нечетном числе – высокий. Таким образом, логическое устройство представляет собой схему контроля четности и может быть реализовано по схеме, изображенной на рис. 7. На одном корпусе микросхемы K555ЛП5 можно выполнить автомат управления лестничным освещением пятиэтажного дома. Однако с незначительным увеличением аппаратных затрат «этажность» обслуживаемого дома может быть увеличена (при двух корпусах можно управлять освещением девятиэтажного дома).

Положение тумблеров					Y	Положение тумблеров					Y
SA5	SA4	SA3	SA2	SA1		SA5	SA4	SA3	SA2	SA1	
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1

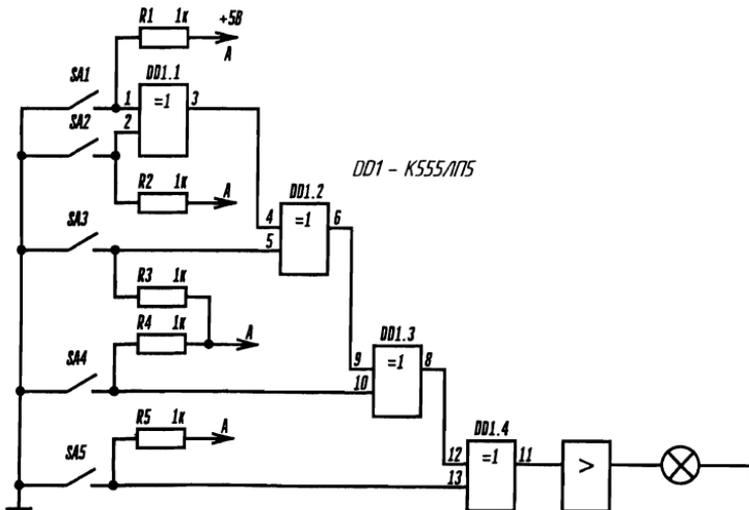


Рис. 7. Принципиальная схема автомата управления лестничным освещением

1.2. Электронные отгадчики

Кто из Вас в детстве не был в цирке и не наблюдал выступлений фокусников, поражавших воображение феноменальными возможностями математических вычислений и чтения мыслей на расстоянии?

«Задумайте число», – обращается к Вам фокусник.

«Умножьте..., вычтите..., разделите..., зачеркните цифру», – подает Вам команды фокусник. А потом, узнав результат вычислений и на секунду задумавшись, сообщает Вам загаданное число. Как же это ему удается? Немного повзрослев, Вы, наверное, поняли, что дело тут не в чтении мыслей на расстоянии, а в применении каких-то приемов вычислений, которыми пользуется фокусник. Подобных числовых фокусов очень много. Они описаны в литературе по занимательной математике [21]. Роль отгадчиков при демонстрации этих фокусов с успехом могут выполнить электронные автоматы. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 8 изображена передняя панель, а на рис. 9 – принципиальная схема отгадчика двух чисел. Предложите кому-нибудь задумать два однозначных числа, одно из которых превышает другое на единицу. Затем попросите перемножить два этих числа, из произведения вычесть меньшее число, а результат опять умножить на меньшее из задуманных чисел. После введения объявленного результата с помощью трех переключателей на 10 положений, расположенных на передней панели, и установки тумблера «Ответ» в верхнее положение на цифровых индикаторах высвечиваются загаданные числа.

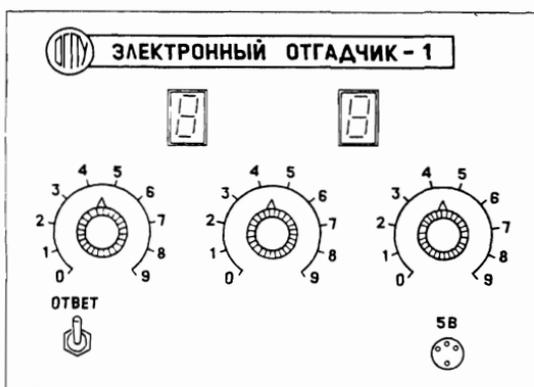


Рис. 8 Передняя панель отгадчика двух чисел

Поясним алгоритм процесса вычислений. Пусть задуманные числа K и $K+1$, где $1 \leq K \leq 8$. После выполнения указанных математических операций будем иметь

$$[K(K+1) - K] \times K = K^3$$

Таким образом, определение меньшего из задуманных чисел сводится к извлечению кубического корня из результата, что само по себе является сложной технической задачей, доступной далеко не всем калькуляторам. Однако с учетом свойств десятичных чисел от 1 до 8 задача существенно упрощается. Действительно, последовательно возводя в куб числа от 1 до 8, получаем

- $1^3 = 1,$
- $2^3 = 8,$
- $3^3 = 27,$
- $4^3 = 64,$
- $5^3 = 125,$
- $6^3 = 216,$
- $7^3 = 343,$
- $8^3 = 512.$

Нетрудно видеть, что каждое из полученных при возведении в куб чисел оканчивается на одну из цифр от 1 до 8 и никакие два числа не оканчиваются на одну и ту же цифру. Таким образом, по последней цифре результата математических преобразований можно определить задуманные числа, пользуясь табл. 4

Таблица 4

Последняя цифра	1	2	3	4	5	6	7	8
Задуманные числа	1,2	8,9	7,8	4,5	5,6	6,7	3,4	2,3

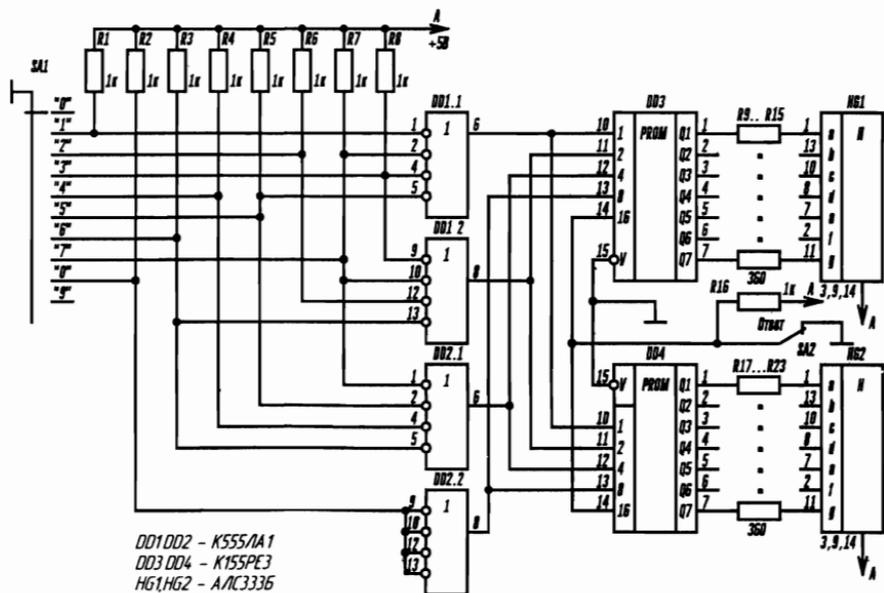


Рис. 9. Принципиальная схема отгадчика двух чисел

Тем не менее, для того, чтобы играющий не почувствовал «подвоха», на передней панели отгадчика установлены три переключателя для ввода результатов вычислений. Два из их являются «бутафорскими» и на принципиальной схеме не показаны.

Отгадчик содержит шифратор на элементах DD1.1, DD1.2, DD2.1, DD2.2, преобразующий позиционный код полученного результата в двоичный код меньшего из загаданных чисел К. Двоичный код этого числа с помощью ПЗУ DD3 преобразуется в семисегментный, в результате чего индикатор HG1 индицирует меньшее из загаданных чисел. Коды программирования ПЗУ DD3 приведены в табл. 5.

Таблица 5

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	FF	F9	80	F8	99	92	82	B0	A4	FF						
1	FF															

Кроме того, двоичный код числа К подается на вход преобразователя кода, реализованного на ПЗУ DD4. На выходе ПЗУ формируется семисегментный код числа К+1 в соответствии с табл. 6.

Таблица 6

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	FF	A4	90	80	92	82	F8	99	B0	FF						
1	FF															

В результате на индикаторе HG2 индицируется старшее из загаданных чисел.

Вводить в отгадчик число следует при нижнем по схеме положении переключателя SA2. В этом случае индикаторы HG1 и HG2 погашены. После замыкания контактов тумблера «Ответ» на индикаторах HG1, HG2 высвечиваются загаданные числа.

Второй отгадчик может отгадывать двузначные числа (например, возраст играющего). Алгоритм отгадывания описан в [24] и заключается в следующем. Задумайте любое двузначное число XY и умножьте его на 10. Задумайте другое, но теперь однозначное число и умножьте его на 9. Из первого произведения вычтите второе и результат (в общем случае трехзначное число mпк) введите в отгадчик.

Известно, что

$$\text{при } n+k < 10 \quad X=m, Y=n+k,$$

$$\text{при } n+k \geq 10 \quad X=m+1, Y=n+k-10.$$

Возможны несколько вариантов реализации рассматриваемого отгадчика.

Начнем с выбора удобного пульта ввода данных. Можно в качестве пульта использовать наборное поле с клавишами от 0 до 9, подобное пульта микрокалькулятора. Тогда, поочередно нажимая три клавиши, можно ввести в отгадчик число mпк. По нажатию каждой клавиши формируется двоичный код соответствующей цифры. Эти коды надо будет запомнить,

а потом подать на входы АЛУ, которое выполнит указанные вычисления. Понадобятся еще элементы управления АЛУ, предписывающие порядок выполнения операций, дешифраторы полученного результата, к выходам которых подключены цифровые индикаторы. Для реализации такого устройства потребуется 17 микросхем [30].

Автомат можно упростить, уменьшив число информационных клавиш до трех [37]. Правда, ввод числа при этом усложнится, так как на каждую кнопку надо будет нажать m, n и k раз, соответственно. Передняя панель такого отгадчика изображена на рис. 10, функциональная схема на рис. 11. Из алгоритма функционирования следует, что отдельно числа n и k нигде не используются. Поэтому отгадчик содержит два счетчика: СТ1 – для подсчета нажатий на кнопку “ m ” и СТ2 – для подсчета нажатий на кнопки “ n ” и “ k ”. Оба счетчика – двоично-десятичные. Однако счетчик СТ2 выполняет три функции: подсчитывает сумму $(n+k)$; когда $n+k \geq 10$, проводит операцию $(n+k)-10$ и хранит результат вычислений. Формирователи одиночных импульсов F1 и F2 служат для защиты от «дребезга» контактов кнопок “ m ”, “ n ” и “ k ”. Счетчик СТ1 считает число нажатий на кнопку “ m ” и число переполнений счетчика СТ2.



Рис. 10. Передняя панель отгадчика двузначных чисел

Рассмотрим работу устройства по функциональной схеме. Первоначально тумблер «Ответ» ставят в нижнее положение и цифровые индикаторы гасятся. Затем нажимают кнопку «Сброс», и счетчики СТ1 и СТ2 обнуляются. После этого, нажимая соответствующее число раз на кнопки “ m ”, “ n ” и “ k ”, вводят число $mnpk$, полученное в результате вычислений. Формирователи F1 и F2 формируют одиночные импульсы высокого уровня по нажатию и отпусканию любой из кнопок. Число импульсов с выхода формирователей подсчитывается счетчиками СТ1 и СТ2. Как только суммарное число нажатий кнопок “ n ” и “ k ” станет равным 10, счетчик СТ2 обнуляется. Автоматически выполняется операция $n+k-10$. На выходе старшего разря-

да счетчика СТ2 формируется отрицательный перепад напряжения, по которому запускается формирователь F3. На его выходе формируется короткий импульс положительной полярности, который через элемент ИЛИ подается на вход счетчика СТ1; в результате чего при $n+k \geq 10$ выполняется операция $(m+1)$. После ввода числа $m+k$ тумблер «Ответ» ставят в верхнее положение, снимая гашение с блоков индикации, и на цифровых индикаторах высвечивается загаданное число.

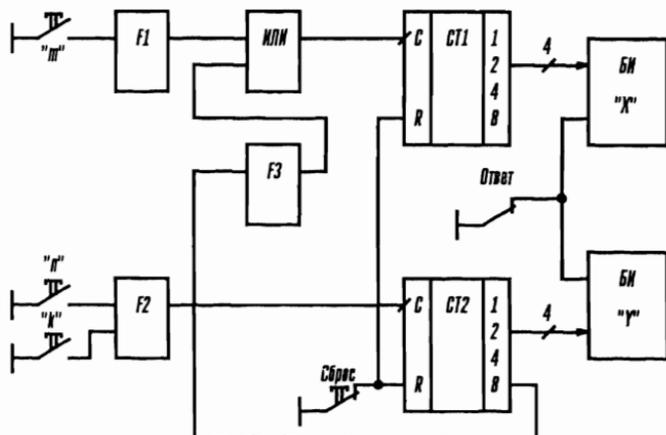


Рис. 11. Функциональная схема отгадчика двузначных чисел

В [24] приведена схема описанного отгадчика, реализованного на шести микросхемах серии ТТЛ. Аппаратные затраты можно уменьшить до четырех корпусов при реализации отгадчика на микросхемах КМОП. Принципиальная схема отгадчика двузначных чисел изображена на рис. 12.

Формирователи F1 и F2 выполнены на RS-триггерах DD1.1 и DD1.2, формирователь F3 – на дифференцирующей цепи C1, R6. Счетчики СТ1 и СТ2 реализованы на микросхемах DD3, DD4, которые содержат внутренние преобразователи двоичного кода в код семисегментного индикатора.

Аппаратные затраты можно уменьшить еще на один корпус, используя для ввода данных переключатели типа ПП10, на выходах которых формируются двоичные коды вводимых чисел. При этом обеспечивается и большая наглядность за счет индикации вводимых чисел. Передняя панель такого отгадчика изображена на рис. 13, принципиальная схема – на рис. 14. Двоичные коды чисел n и k подаются на входы сумматора DD3, на выходе которого формируется пятиразрядный двоичный код суммы $n+k$. Постоянное запоминающее устройство DD2 преобразует код с выхода сумматора DD3 таким образом, что при $n+k < 10$ на выходах Q2–Q8 DD2 формируется семисегментный код этой суммы, и индикатор HG2 индицирует цифру $Y=n+k$. В этом случае на выходе Q1 ПЗУ DD2 формируется низкий уровень. При $n+k \geq 10$ на выходах Q2–Q8 ПЗУ DD2 формируется семисегментный код числа $n+k-10$, а на выходе Q1 – высокий уровень. Коды программирования ПЗУ DD2 приведены в табл. 7.

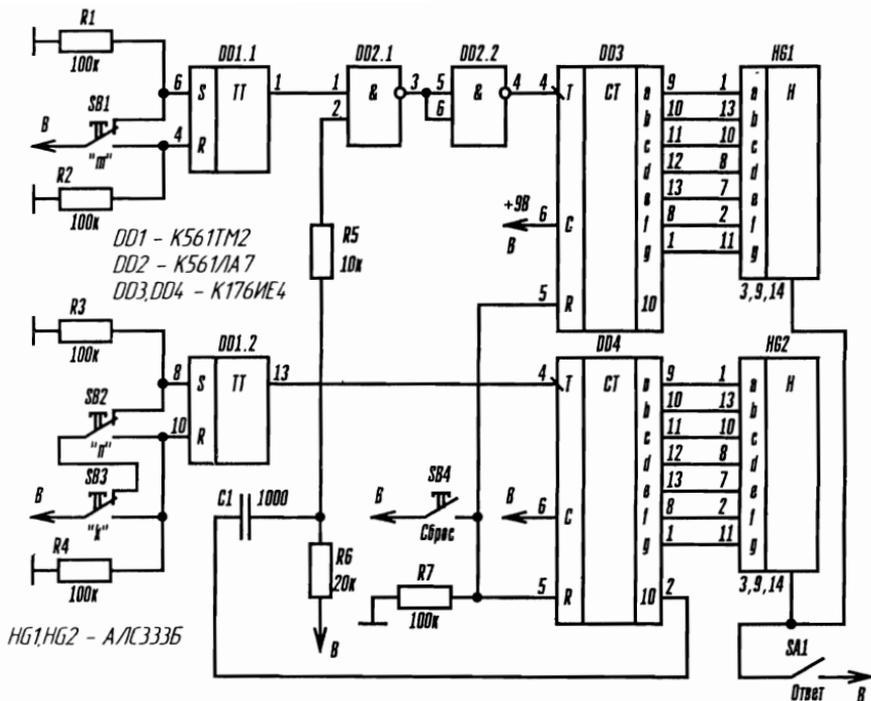


Рис. 12. Принципиальная схема отгадчика двузначных чисел

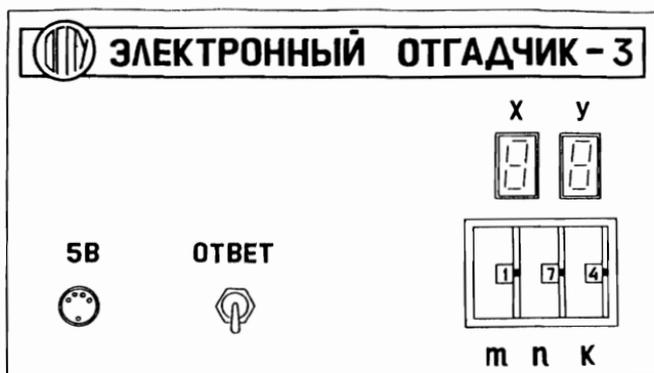


Рис. 13. Передняя панель отгадчика двузначных чисел

Таблица 7

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	80	F2	48	60	32	24	04	F0	00	20	81	F3	49	61	33	25
1	05	F1	01	FF												

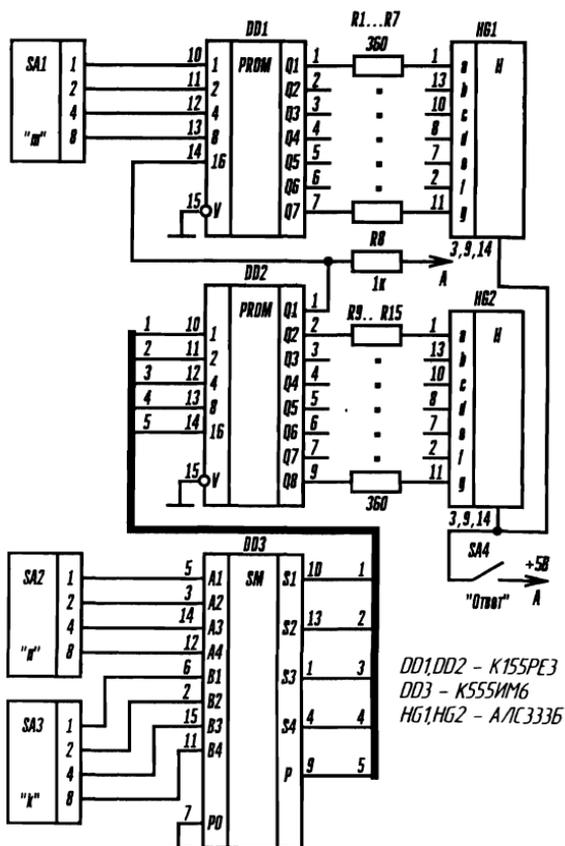


Рис. 14. Принципиальная схема отгадчика двузначных чисел с использованием ПЗУ

Преобразователь кода ПЗУ DD1 работает следующим образом. При подаче на вход "16" низкого уровня на выходе ПЗУ формируется семисегментный код числа m , двоичный код которого подан с переключателя SA1 на входы "1", "2", "4", "8" DD1. Если же на вход "16" DD1 подан высокий уровень, то семисегментный код на выходе ПЗУ эквивалентен двоичному коду числа $m+1$. Индикатор HG1 индицирует, таким образом, цифру X . Карты программирования этого ПЗУ приведена в табл. 8.

Таблица 8

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	40	79	24	30	19	12	02	78	00	10	FF	FF	FF	FF	FF	FF
1	79	24	30	19	12	02	78	00	10	FF						



Рис. 15. Передняя панель отгадчика имен

На рис. 15 изображена передняя панель, а на рис. 16 – принципиальная схема отгадчика имен. На передней панели отгадчика расположены 16 светодиодов, рядом с каждым из них написано какое-либо имя. В размещенных ниже четырех столбцах есть некоторые из этих имен.

Автомат работает следующим образом.

Задумайте одно из имен, указанных в верхней части панели, а потом переведите в верхнее положение тумблеры, расположенные под теми столбцами, где встречается задуманное имя. После нажатия на кнопку SB1 «Ответ» включится светодиод, индицирующий задуманное имя. Дешифратор DD1 преобразует четырехразрядный двоичный код, набираемый тумблерами SA1–SA4, в позиционный 16-разрядный код. При появлении низкого уровня на выходе дешифратора, двоичный код которого набран тумблерами, включается соответствующий светодиод, индицирующий загаданное имя.

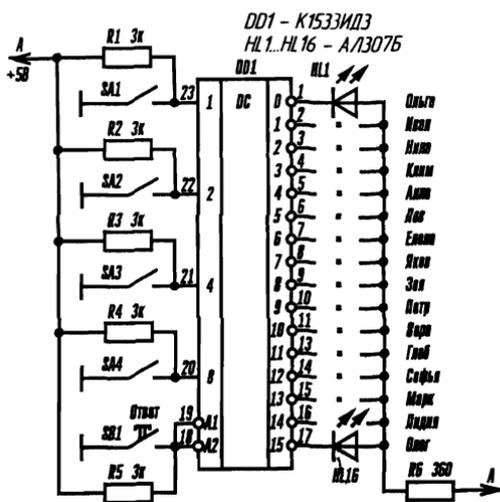


Рис. 16. Принципиальная схема отгадчика имен

1.3. Светодинамические установки

Автоматы световых эффектов – одни из самых распространенных устройств, реализуемых радиолюбителями. Они широко используются для переключения елочных гирлянд, оформления клубных помещений и световой рекламы. Рассмотрим несколько вариантов выполнения устройств указанного назначения, различающихся по степени сложности, реализуемым световым эффектам и используемой элементной базе.

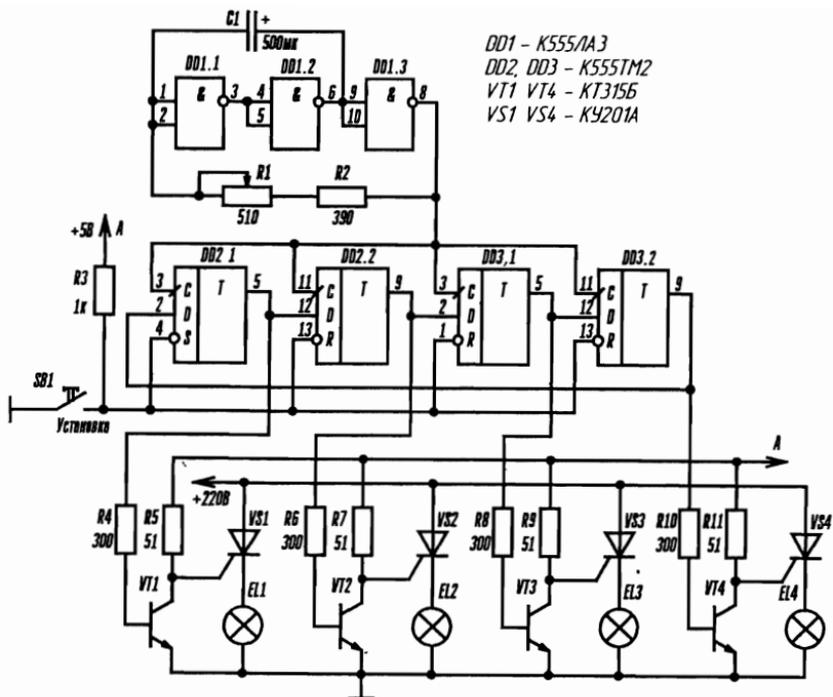
Простейшие однопрограммные автоматы могут быть реализованы на тактируемых D-триггерах, регистрах, счетчиках и дешифраторах. Ниже дано описание нескольких устройств, реализация которых доступна начинающим радиолюбителям.

На рис. 17а приведена принципиальная схема автомата «бегущая тень», основным узлом которого является кольцевой сдвигающий регистр, выполненный на четырех тактируемых D-триггерах (DD2, DD3). Кроме того, автомат содержит тактовый генератор на элементах DD1.1–DD1.3, частота которого определяет скорость выполнения светового эффекта, электронные ключи на транзисторах VT1–VT4, усилитель мощности на тринисторах VS1–VS4. Питание усилителя мощности целесообразно осуществлять пульсирующим напряжением, которое легко получить, используя любой двухполупериодный выпрямитель сетевого напряжения. Временные диаграммы напряжений на элементах схемы изображены на рис. 17б.

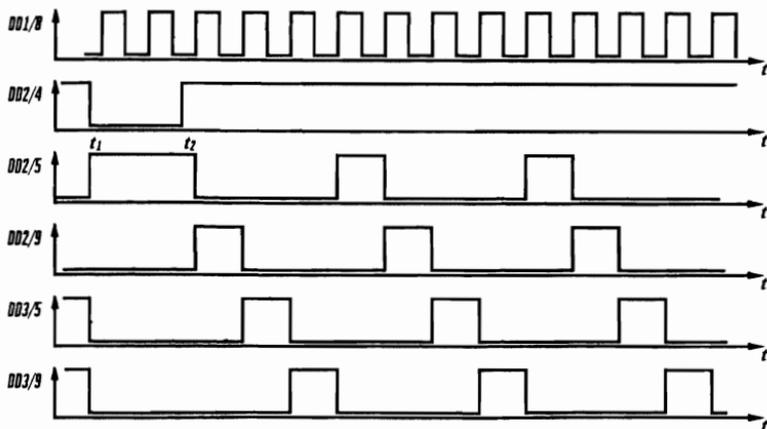
Устройство работает следующим образом. Первоначально нажатием на кнопку SB1 «Установка» триггер DD2.1 устанавливается в единичное, а остальные триггеры – в нулевое состояние (момент t_1 на рис. 17б). В результате открыт транзистор VT1, а транзисторы VT2–VT4 закрыты. Как следствие, в цепях управления тринисторами VS2–VS4 течет ток, отпирающий эти тринисторы. Горят лампы EL2–EL4. После отпускания кнопки SB1 (момент t_2) по фронту каждого последующего импульса тактового генератора информация на выходе регистра сдвигается «по кольцу» на одну позицию (рис. 17б). Соответственно, на одну позицию сдвигается положение несветящейся лампы, и на световых индикаторах реализуется эффект «бегущая тень».

С помощью описанного автомата можно реализовать световой эффект «бегущий огонь». Для этого достаточно, например, подключить резисторы в цепях базы транзисторов VT1–VT4 к инверсным выходам триггеров DD2.1, DD2.2, DD3.1 и DD3.2.

Другой вариант автомата «бегущий огонь» реализован на универсальном регистре K155IP1 (рис. 18а). Чтобы не загружать поле чертежа изображением транзисторно-тринисторных ключей для управления ламповыми гирляндами, в этой и последующих схемах в качестве световых индикаторов использованы светодиоды. Вместо светодиодов могут использоваться лампы, и в этом случае необходимо либо использовать выходные усилители, изображенные на схеме рис. 17а, либо другие варианты усилителей мощности, описанные в [15, 33]. Временные диаграммы напряжений, иллюстрирующие работу устройства, изображены на рис. 18б. Устройство работает следующим образом. При нажатии кнопки SB1 «Установка» (момент t_1) на вход V2 регистра подается высокий уровень, и регистр работает



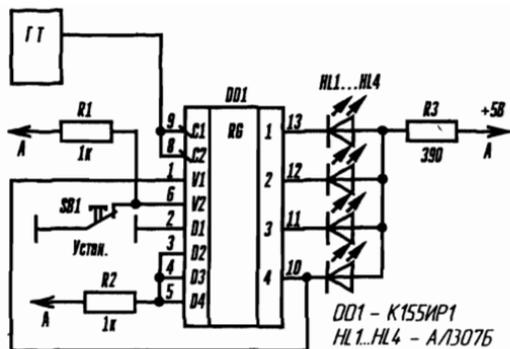
а)



б)

Рис. 17. Автомат «Бегущая тень»:

а – принципиальная схема; б – временные диаграммы напряжений



в режиме параллельной записи информации с входов D1–D4 по тактам, подаваемым на вход C2. В результате при поступлении отрицательного перепада напряжения на вход C2 в младший разряд регистра записывается низкий, а в остальные разряды – высокий уровень. Как следствие, загорается светодиод HL1, остальные светодиоды гаснут. После отпущения кнопки SB1 (момент t_2) регистр переходит в режим последовательного сдвига информации по импульсам, подаваемым на вход C1. При этом в младший разряд записывается информация со входа V1. Так как регистр выполнен кольцевым (выход старшего разряда соединен со входом V1), то информация на выходах регистра по каждому тактовому импульсу сдвигается на один разряд. В результате наблюдается световой эффект «бегущий огонь».

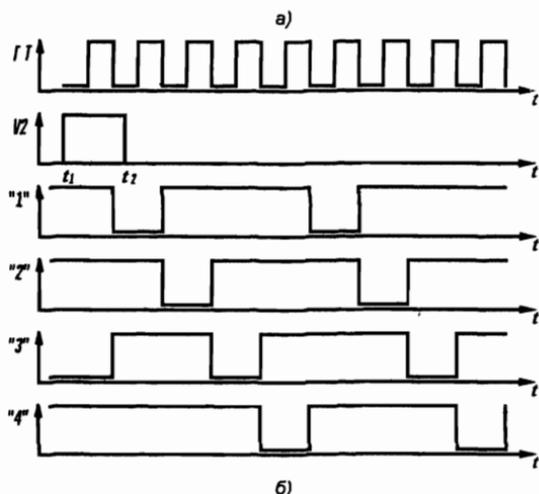
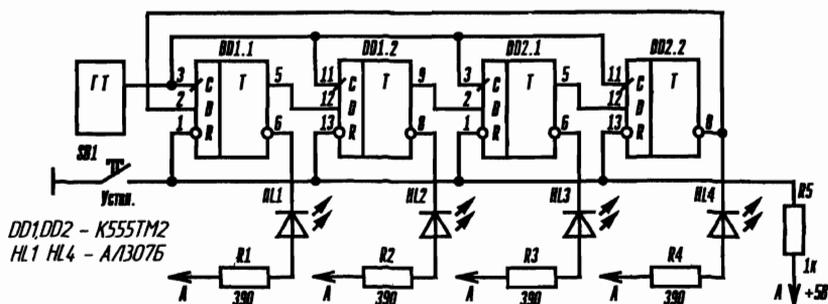


Рис. 18. Автомат «Бегущий огонь»:

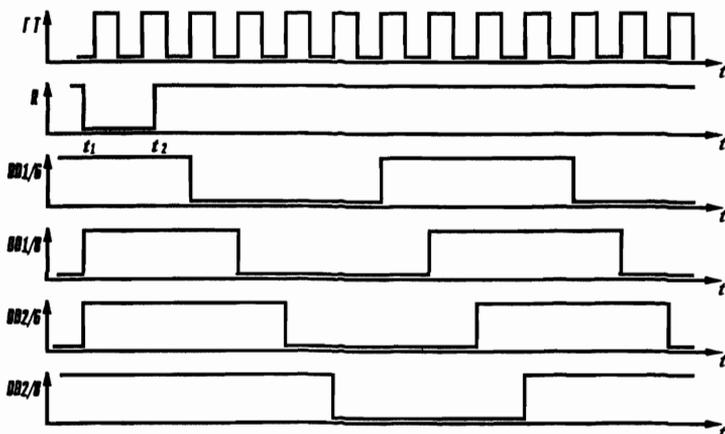
а – принципиальная схема; б – временные диаграммы напряжений

На рис. 19а,б изображены схема и временные диаграммы напряжений автомата, реализующего два световых эффекта: «накапливающееся включение» и «накапливающееся выключение». «Сердцем» этого устройства является сдвиговой регистр, реализованный на D-триггерах с входами принудительной установки. Однако, в отличие от схемы на рис.17а, с входом D первого триггера соединен не прямой, а инверсный выход четвертого триггера. Устройство работает следующим образом. Первоначально нажатием кнопки SB1 «Установка» все триггеры устанавливаются в нулевое состояние, на их инверсных выходах формируются высокие уровни напряжения, и все светодиоды гаснут. На D-вход триггера DD1.1 поступает высокий, а на D-входы остальных триггеров – низкий уровень. В результате по фронту тактового импульса, следующего за моментом t_2 отпущения

кнопки SB1, триггер DD1.1 установится в единичное состояние, а состояние других триггеров не изменится. Как следует из рис.19б, высокий уровень на инверсном выходе триггера DD2.2 сохраняется в течение четырех тактов, после чего состояние триггера меняется на противоположное. В результате в блоке индикации последовательно загораются сначала один, а затем – два, три и, наконец, четыре светодиода. Реализуется световой эффект «накапливающееся включение». После того, как триггер DD2.2 перейдет в единичное состояние, на D-вход триггера DD1.1 подается низкий уровень, и по фронту очередного тактового импульса этот триггер установится в нулевое состояние. На инверсном выходе триггера формируется высокий уровень, и светодиод HL1 гаснет. В последующие моменты оказываются погашены первые два, затем три, и, наконец, все четыре светодиода. Реализуется световой эффект «накапливающееся выключение». В дальнейшем указанные световые эффекты циклически повторяются.



а)



б)

Рис. 19. Автомат «Накапливающееся включение-накапливающееся выключение» с использованием D-триггеров:

а – принципиальная схема; б – временные диаграммы напряжений

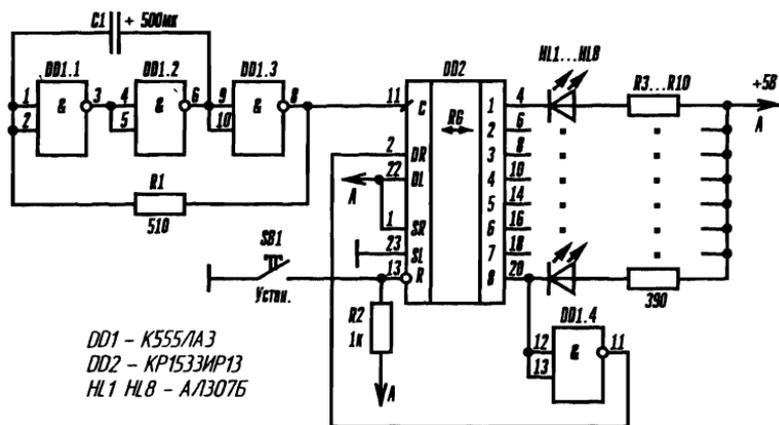


Рис 20 Автомат «Накапливающееся включение-накапливающееся выключение» с использованием универсального регистра

Подобные световые эффекты могут быть получены и в автомате, реализованном на универсальном регистре КР1533ИР13 (рис. 20). При этом число источников света можно увеличить до восьми без увеличения аппаратных затрат. На входы выбора режима подается информация SR=1, SL=0, соответствующая режиму «сдвиг вправо». Нажатием на кнопку SB1 регистр обнуляется, и загораются светодиоды HL1–HL8. На вход DR, информация с которого в режиме последовательной записи заносится в младший разряд регистра, с выхода инвертора подается высокий уровень. Поэтому по импульсам тактового генератора, подаваемым на вход синхронизации С, регистр в режиме сдвига будет «заполняться» логическими 1. Число логических 1, записанных в регистр, по каждому тактовому импульсу увеличивается на 1. На светодиодных индикаторах наблюдается эффект «накапливающееся выключение». После того, как высокий уровень окажется записанным в старший разряд регистра, на входе DR появится низкий уровень. В последующем регистр будет последовательно «заполняться» логическими 0. При этом число логических 0, записанных в регистр, по каждому тактовому импульсу будет увеличиваться на 1. На светодиодных индикаторах будет наблюдаться эффект «накапливающееся включение». В дальнейшем эти циклы будут повторяться.

В [63] описан автомат световых эффектов, «бегущий огонь с реверсом», реализованный на реверсивном счетчике, дешифраторе и логических элементах. Аппаратные затраты можно снизить в 1,5 раза, используя схемное решение на рис. 21а. Временные диаграммы напряжений на элементах схемы приведены на рис. 21б. Автомат работает следующим образом. По нажатию кнопки SB1 «Установка» регистр DD2 обнуляется. За счет подачи низких уровней на входы R и S триггер DD1.1 переводится в запрещенный режим, при котором на прямом и инверсном выходах формируются высокие уровни. Подача высоких уровней на входы SR и SL регистра обеспечивает его работу в режиме параллельной записи. По фронту очередного тактового

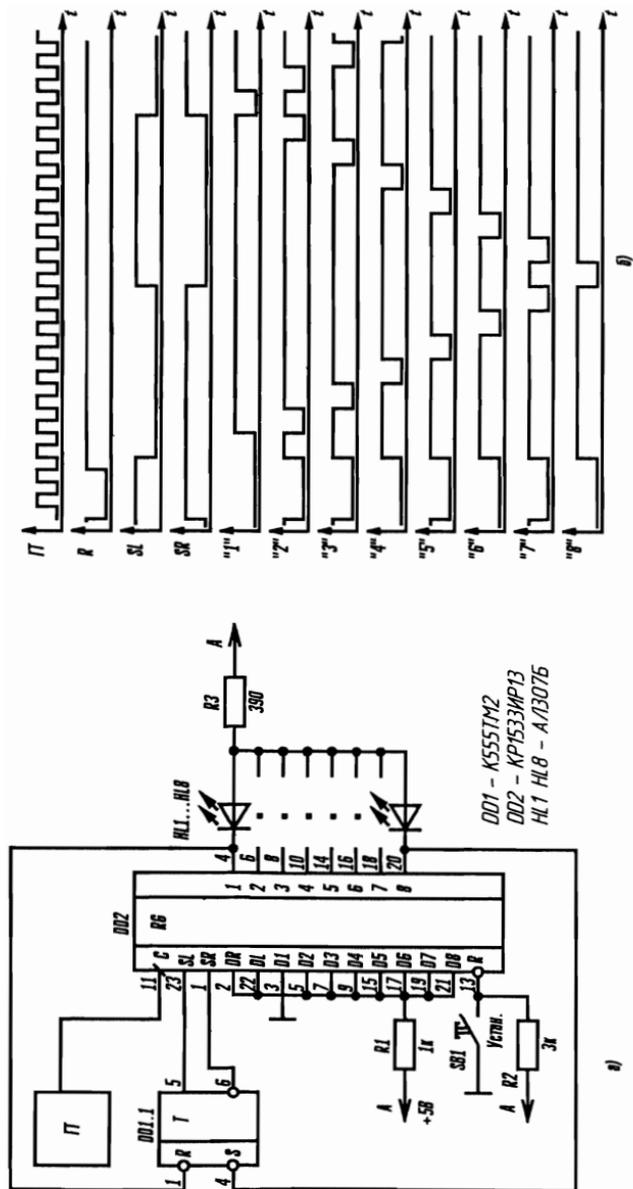


Рис. 21. Автомат «Бегущий огонь» с реверсом.
 а — принципиальная схема; б — временные диаграммы напряжений

импульса, следующего за отпусканием кнопки SB1, на выходы регистра переписывается информация со входов D1–D8. В результате в младший разряд записывается уровень логического 0, а в остальные разряды – уровень логической 1. Загорается светодиод HL1. За счет подачи низкого уровня на R-вход и высокого на S-вход триггер DD1.1 устанавливается в нулевое состояние. Подачей уровней SL=0 и SR=1 регистр DD2 переводится в режим сдвига вправо. В результате по каждому тактовому импульсу, поступающему на вход С, положение горящего светодиода в линейке HL1–HL8 будет смещаться на одну позицию вправо. Наблюдается эффект «бегущего огня». Это будет продолжаться до тех пор, пока не загорится светодиод HL8. В этом случае на входы триггера DD1.1 подается информация R=1, S=0, и триггер переключается в единичное состояние. На входы выбора режима регистра DD2 подается информация SR=0, SL=1, и регистр переключается в режим сдвига влево. Положение горящего светодиода в блоке индикации HL1–HL8 смещается по каждому тактовому импульсу генератора на одну позицию влево. Наблюдается световой эффект «реверс бегущего огня». Это продолжается до тех пор, пока низкий уровень не появится на выходе младшего разряда регистра. Триггер DD1.1 вновь устанавливается в нулевое состояние, а уровни на его выходах переключают регистр в режим «сдвиг вправо». В последующем эти циклы будут повторяться. Путем инвертирования информации на входах D1–D8 регистра DD2 можно получить эффекты «бегущая тень» и «реверс бегущей тени».

Одним из перспективных направлений в разработке автоматов световых эффектов является расширение их функциональных возможностей за счет увеличения числа воспроизводимых эффектов и автоматического перебора программ переключения источников света [12, 15, 22, 34].

Рассмотрим устройство многофункционального автомата световых эффектов со следующими техническими данными:

- общее число световых эффектов 32;
- число коммутируемых источников света 8.

Кроме того, в автомате обеспечены возможности:

- программирования световых эффектов по желанию пользователя;
- контроля исправности всех ламп в блоке индикации;
- многократного повторения понравившегося светового эффекта;
- возобновления работы устройства в автоматическом режиме.

Принципиальная схема устройства изображена на рис. 22. Автомат содержит тактовый генератор на элементах DD1.2–DD1.4, трехразрядный двоичный счетчик шагов в световом эффекте (DD2.1), пятиразрядный двоичный счетчик числа эффектов (DD2.2, DD3), коммутатор на логических элементах DD4.1, DD4.2, управляемый RS-триггером (DD4.3, DD4.4), блок памяти (DD5), блок управления и коммутации U1–U4, усилители мощности (VS1–VS8), нагрузкой которых являются лампы накаливания EL1–EL8.

Автомат работает следующим образом. При включении питания конденсатор С1 разряжен и напряжение на нем равно нулю. Высоким уровнем с выхода элемента DD1.1 обнуляются счетчики DD2, DD3. В последующем конденсатор С1 заряжается практически до напряжения источника питания, и напряжение на выходе элемента DD1.1 принимает низкий уровень, разрешающий работу счетчиков DD2, DD3. Задающий генератор вырабатыва-

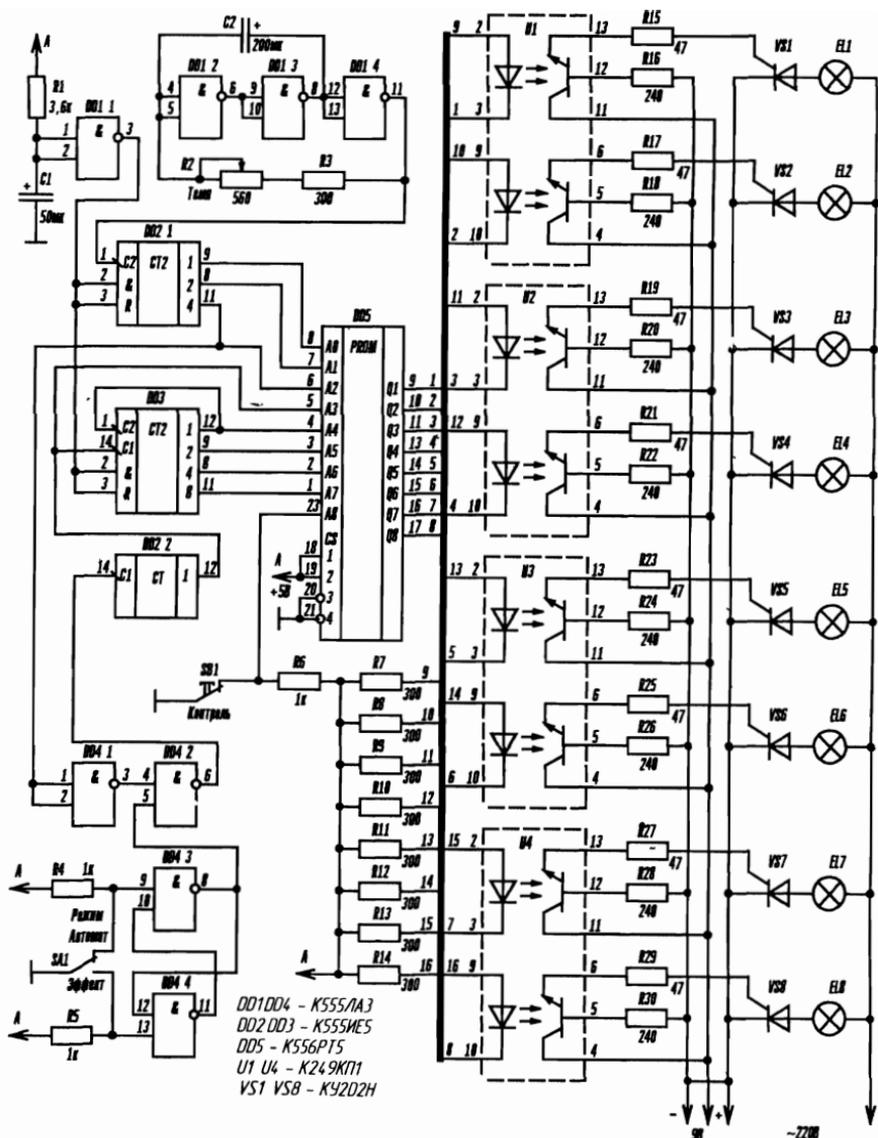


Рис. 22. Принципиальная схема многофункционального автомата световых эффектов

ет импульсы, частоту которых можно изменять резистором R1 «Темп» в пределах 2...6 Гц. Эти импульсы поступают на трехразрядный двоичный счетчик числа шагов в световом эффекте, выходы которого подключены к входам А0–А2 ПЗУ DD5. Изменение кода на выходах счетчика DD2.1 при

неизменных уровнях на остальных входах ПЗУ DD5 обеспечивает формирование одного светового эффекта. Импульсы с выхода старшего разряда счетчика DD2.1 проходят на вход счетчика DD2.2, DD3 через коммутатор DD4.1, DD4.2 только в том случае, если на нижний по схеме вход элемента DD4.2 с выхода RS-триггера (DD4.3, DD4.4) подается высокий уровень. В свою очередь, RS-триггер находится в единичном состоянии, если тумблер SA1 «Режим» установлен в положение «Автомат». Таким образом, в автоматическом режиме после завершения каждого светового эффекта на выходе старшего разряда счетчика DD2.1 формируется отрицательный перепад напряжения, который увеличивает выходной код счетчика DD2.2, DD3 на 1. В результате осуществляется монотонный перебор 32 световых эффектов. Если переключатель SA1 «Режим» поставить в положение «Эффект», то триггер на элементах DD4.3, DD4.4 устанавливается в нулевое состояние и выходной код счетчика DD2.2, DD3 в дальнейшем остается неизменным. На индикаторах постоянно воспроизводится тот световой эффект, который выполнялся в момент переключения тумблера SA1. Если тумблер SA1 вновь установить в положение «Автомат», то автоматический перебор световых эффектов возобновляется. При нажатии на кнопку SB1 «Контроль» на вход A8 ПЗУ DD5 подается высокий уровень. ПЗУ запрограммировано таким образом, что при этом на всех выходах ПЗУ формируется низкий уровень, обеспечивающий включение всех ламп для контроля их исправности. Принцип управления тринисторами VS1–VS8 состоит в следующем. Если на выходе ПЗУ формируется низкий уровень напряжения, то светодиод светится и отпирает оптически связанный с ним фототранзистор. При этом через управляющий переход тринистора течет ток, тринистор отпирается и включает лампу накаливания (или группу ламп). При высоком уровне напряжения на выходе ПЗУ светодиод не светится, тринистор закрыт и ток через нагрузку отсутствует. Следует отметить, что ток через лампу течет только в течение положительного полупериода сетевого напряжения. Поэтому для обеспечения полной яркости свечения ламп цепь «тринистор–нагрузка» следует подключить к выходу двухполупериодного выпрямителя напряжения. Максимальный ток нагрузки в каждом из каналов составляет 2 А. Автомат содержит два источника питания: стабилизированный 5 В, 0,5 А – для микросхем и нестабилизированный 9 В, 200 мА – для питания оптронных ключей. Отметим, что описанная схема управления тринисторами с помощью оптронных ключей значительно предпочтительнее транзисторной схемы управления (см. рис. 17), так как отсутствие гальванической связи между устройством управления и усилителем мощности исключает возможность подачи сетевого напряжения на устройство управления в случае выхода тринистора из строя.

Карта программирования ПЗУ на 12 световых эффектов приведена в табл. 9. Читателю предлагается самим дополнить таблицу программирования с целью реализации всех 32 световых эффектов. Конкретный набор программ в конце концов определяется эстетическими запросами и фантазией пользователя. В производственных условиях ПЗУ программируют чаще всего с помощью программаторов, в память которых заносят необходимую программу. В любительских условиях возможно использование ручного программатора [24, 27]. Следует отметить, что описанное устройство может

использоваться и в сочетании с цветомузыкальной установкой при условии, что она имеет восемь независимых каналов. Такая комбинация позволяет получать разнообразные аудиовизуальные программы высокой сложности.

Таблица 9

Адрес 16-ричный	Код выходной		Эффект	Адрес 16-ричный	Код выходной		Эффект
	двоичный	16-ричный			двоичный	16-ричный	
00	11111110	FE	Бегущий огонь	10	11111110	FE	Накаплива- ющееся вклю- чение
01	11111101	FD		11	11111100	FC	
02	11111011	FB		12	11111000	F8	
03	11110111	F7		13	11110000	F0	
04	11101111	EF		14	11100000	E0	
05	11011111	DF		15	11000000	C0	
06	10111111	BF		16	10000000	80	
07	01111111	7F		17	00000000	00	
08	01111111	7F	Реверс бегущего огня	18	00000000	00	Реверс накаплива- ющегося включе- ния
09	10111111	BF		19	10000000	80	
0A	11011111	DF		1A	11000000	C0	
0B	11101111	EF		1B	11100000	E0	
0C	11110111	F7		1C	11110000	F0	
0D	11111011	FB		1D	11111000	F8	
0E	11111101	FD		1E	11111100	FC	
0F	11111110	FE		1F	11111110	FE	
20	00000000	00	Полеременное включение и вы- ключение	30	00000001	01	Бегущая тень
21	11111111	FF		31	00000010	02	
22	00000000	00		32	00000100	04	
23	11111111	FF		33	00001000	08	
24	00000000	00		34	00010000	10	
25	11111111	FF		35	00100000	20	
26	00000000	00		36	01000000	40	
27	11111111	FF		37	10000000	80	
28	11111111	FF	Диагональное включение	38	10000000	80	Реверс бегущей тени
29	01111110	7E		39	01000000	40	
2A	10111101	BD		3A	00100000	20	
2B	11011011	DB		3B	00010000	10	
2C	11100111	E7		3C	00001000	08	
2D	11011011	DB		3D	00000100	04	
2E	10111101	BD		3E	00000010	02	
2F	01111110	7E		3F	00000001	01	

Адрес 16-ричный	Код выходной		Эффект	Адрес 16-ричный	Код выходной		Эффект
	двоичный	16-ричный			двоичный	16-ричный	
40	00000001	01	Накаплива- ющееся выключение	50	11111111	FF	Бегущие двойки
41	00000011	03		51	11111100	FC	
42	00000111	07		52	11111001	F9	
43	00001111	0F		53	11110011	F3	
44	00011111	1F		54	11100111	E7	
45	00111111	3F		55	11001111	CF	
46	01111111	7F		56	10011111	9F	
47	11111111	FF		57	00111111	3F	
48	01111111	7F		Реверс накаплива- ющегося выключения	58	00111111	
49	00111111	3F	59		10011111	9F	
4A	00011111	1F	5A		11001111	CF	
4B	00001111	0F	5B		11100111	E7	
4C	00000111	07	5C		11110011	F3	
4D	00000011	03	5D		11111001	F9	
4E	00000001	01	5E		11111100	FC	
4F	00000000	00	5F		11111111	FF	

1.4. Музыкальные шкатулки

Одним из интересных направлений в техническом творчестве юных радиолюбителей является создание программируемых музыкальных автоматов. Известные устройства [23, 32, 35] воспроизводят одну мелодию с числом нот от 8 [32] до 64 [23]. Принципы построения музыкальных автоматов разнообразны. Так, в [32] на каждую ноту выполняют автономный генератор, а исполнение мелодии обеспечено последовательным мультиплексированием сигналов указанных генераторов. Для смены мелодии изменяют соединения выходов генераторов с входами мультиплексоров. Аппаратные затраты при такой схемной реализации музыкальной шкатулки очень велики, так как для перекрытия динамического диапазона в две октавы необходимы 24 генератора тона.

Затраты удается существенно уменьшить, если тон изменять переключением частотоадающих резисторов, включаемых в схему генератора с помощью дешифратора K155ИД3 [35]. Однако в этом случае для изменения характера исполняемой мелодии необходимо выполнить значительный объем регулировочных работ по подбору резисторов, включаемых в схему. Кроме того, частота тона заметно зависит от напряжения питания, поэтому требования к стабильности напряжения существенно возрастают.

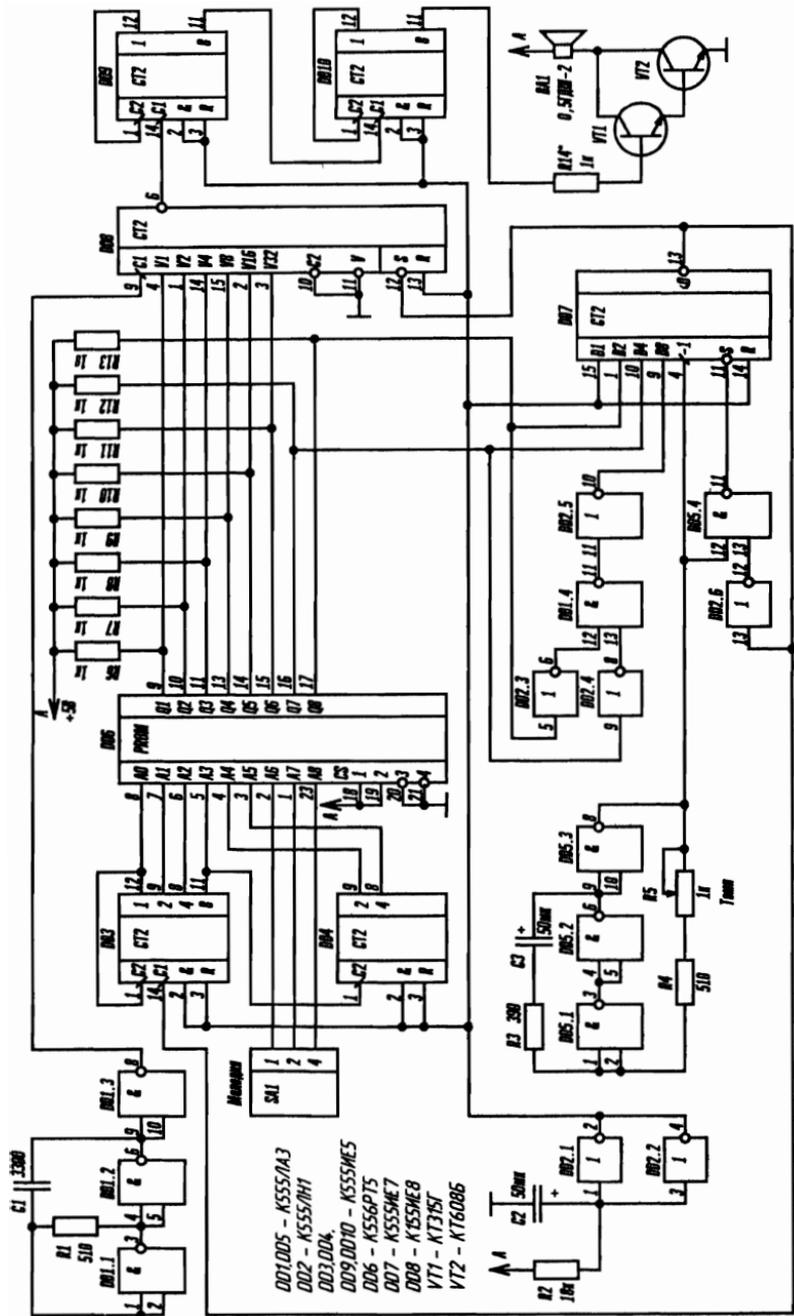


Рис. 23. Принципиальная схема автомата «Музыкальная шкатулка-1»

Значительный недостаток обоих схемных решений – принципиальная невозможность изменения длительности звучания нот и пауз, что накладывает существенные ограничения на выбор исполняемых фрагментов. Указанных недостатков лишена музыкальная шкатулка [23], в которой частоту задающего генератора преобразуют в частоты равномерно темперированного строя, коды нот и длительность их звучания записывают в блок памяти, состоящий из двух ПЗУ K155PE3. Однако ввиду незначительного объема памяти шкатулка исполняет только один музыкальный фрагмент длительностью 64 ноты.

В описываемом ниже устройстве за счет использования ПЗУ K556PT5 число исполняемых фрагментов увеличено до восьми при сохранении числа нот в каждой мелодии до 64.

Принципиальная схема автомата «Музыкальная шкатулка-1» изображена на рис. 23. Устройство содержит задающий генератор на элементах DD1.1–DD1.3; делитель частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД) на счетчике DD8 и делитель частоты с постоянным коэффициентом деления, равным 256 (DD9, DD10), счетчик нот (DD3, DD4); тактовый генератор на элементах DD5.1–DD5.3; формирователь длительности звучания ноты, включающий элементы DD2.3–DD2.6, DD1.4, DD5.4 и реверсивный счетчик DD7; усилитель звуковой частоты на транзисторах VT1, VT2, нагрузкой которого служит динамическая головка BA1. Узел, состоящий из резистора R2, конденсатора C2 и элементов DD2.1, DD2.2, обеспечивает установку счетчиков устройства в нулевое состояние после включения питания. ДПКД реализован на микросхеме K155IE8, которая позволяет за счет подачи соответствующего кода на адресные входы V1, V2, V4, V8, V16, V32 выделять от 1 до 63 импульсов из 64, поданных на вход C1 (коэффициент деления от 64/63 до 64). Частоты нот можно выразить через число импульсов M на выходе счетчика DD8. Значения частоты и числа M для всех нот в пределах двух октав сведены в табл. 10.

Число M и длительность ноты записываются в постоянное запоминающее устройство DD6 (в разряды Q1–Q6 число M, в разряды Q7, Q8 – длительность ноты). Кодировка длительности нот имеет вид: 00 – “1/2”, 10 – “1/4”, 01 – “1/8” и 11 – “3/8”.

Временные диаграммы напряжений на элементах схемы изображены на рис. 24.

После включения устройства напряжение на конденсаторе C2 равно нулю и высокий уровень с выходов элементов DD2.1, DD2.2 обнуляет все счетчики. По срезу тактового импульса на входе “-1” счетчика DD7 на выходе переноса “≤0” формируется отрицательный перепад напряжения, который увеличивает на 1 код на выходе счетчика DD3. Низкий уровень с выхода переноса “≤0” счетчика DD7 блокирует счетчик DD8. С выходов Q1–Q6 ПЗУ DD6 на входы V1, V2, V4, V8, V16, V32 счетчика DD8 подается код первой ноты, а код длительности поступает с выходов Q7, Q8 ПЗУ на входы инверторов DD2.3, DD2.4. По фронту тактового импульса на выходе элемента DD5.4 формируется низкий уровень, и счетчик DD7 устанавливается в состояние, соответствующее коду на входах D1, D2, D4, D8, а на выходе “≤0” появляется высокий уровень, разрешающий работу счетчика DD8. Импульсы с выхода счетчика DD8 имеют неравномерную скважность, которая

Таблица 10

Нота	Октава 1								Октава 2							
	Частота ноты, Гц	М	Входы						Частота ноты, Гц	М	Входы					
			V32	V16	V8	V4	V2	V1			V32	V16	V8	V4	V2	V1
До	262	17	0	1	0	0	0	1	523	34	1	0	0	0	1	0
До-диез	277	18	0	1	0	0	1	0	554	36	1	0	0	1	0	0
Ре	294	19	0	1	0	0	1	1	587	38	1	0	0	1	1	0
Ре-диез	311	20	0	1	0	1	0	0	622	40	1	0	1	0	0	0
Ми	330	21	0	1	0	1	0	1	659	42	1	0	1	0	1	0
Фа	349	22	0	1	0	1	1	0	698	45	1	0	1	1	0	1
Фа-диез	370	24	0	1	1	0	0	0	740	47	1	0	1	1	1	1
Соль	392	25	0	1	1	0	0	1	784	50	1	1	0	0	1	0
Соль-диез	415	27	0	1	1	0	1	1	831	53	1	1	0	1	0	1
Ля	440	28	0	1	1	1	0	0	880	56	1	1	1	0	0	0
Ля-диез	466	30	0	1	1	1	1	0	932	60	1	1	1	1	0	0
Си	494	32	1	0	0	0	0	0	988	63	1	1	1	1	1	1

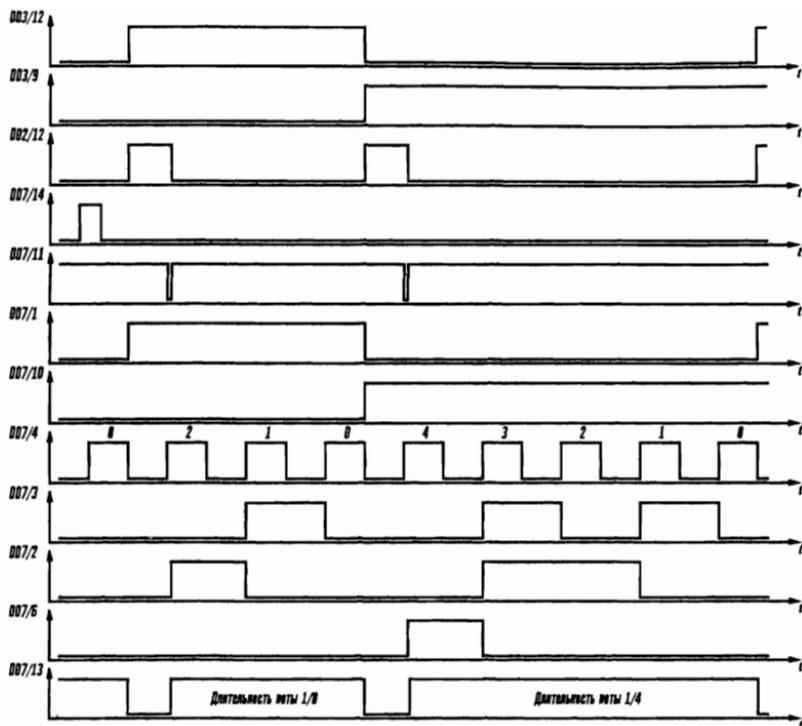


Рис 24 Временные диаграммы напряжений

уменьшается счетчиками DD9, DD10. С выхода "8" счетчика DD10 импульсы с частотой, соответствующей первой ноте фрагмента, поступают на усилитель мощности VT1, VT2.

Импульсы тактового генератора DD5.1–DD5.3 последовательно уменьшают код на выходе счетчика DD7 (выходы "1, 2, 4, 8" на схеме не показаны), и при переходе его в нулевое состояние на выходе "≤0" снова появляется низкий уровень, который увеличивает на 1 код на выходе счетчика нот DD3, DD4. На выходах ПЗУ формируются коды следующей ноты и длительности ее звучания. Затем описанный цикл повторяется. На выходе переключателя SA1 формируется трехразрядный двоичный код. Каждому положению переключателя SA1 соответствует свой код на входах A6–A8 ПЗУ, а значит, и своя мелодия. Максимальное число нот в каждом музыкальном фрагменте – 64, что обеспечивается изменением кодов на адресных входах A0–A5 ПЗУ.

В табл. 11 приведена карта программирования ПЗУ популярной песни М. Блантера «Катюша», в табл. 12 – коды на выходе ПЗУ для исполнения мелодий песен «Пусть всегда будет солнце», «Родина слышит», «Там, вдали за рекой», «Спят курганы темные», «Подмосковные вечера» и «Прощание». Методика составления программ ясна из табл.10, 11. Читатели, знакомые с нотной грамотой, легко составят карту программирования ПЗУ, обеспечивающую исполнение любой мелодии.

Адрес 10-тичный	Октава	Нота	Длительность ноты	M	Выходы ПЗУ								16-ричный код
					Q8	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	
00	-	Пауза	1/2	-	0	0	0	0	0	0	0	0	00
01	1	Ля	3/8	28	1	1	0	1	1	1	0	0	DC
02	1	Си	1/8	32	1	0	1	0	0	0	0	0	A0
03	2	До	3/8	34	1	1	1	0	0	0	1	0	E2
04	1	Ля	1/8	28	1	0	0	1	1	1	0	0	9C
05	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
06	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
07	1	Си	1/8	32	1	0	1	0	0	0	0	0	A0
08	1	Ля	1/8	28	1	0	0	1	1	1	0	0	9C
09	1	Си	1/4	32	0	1	1	0	0	0	0	0	60
10	1	Ми	1/8	21	1	0	0	1	0	1	0	1	95
11	-	Пауза	1/8	-	1	0	0	0	0	0	0	0	80
12	1	Си	3/8	32	1	1	1	0	0	0	0	0	E0
13	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
14	2	Ре	3/8	38	1	1	1	0	0	1	1	0	E6
15	1	Си	1/8	32	1	0	1	0	0	0	0	0	A0
16	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
17	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
18	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
19	1	Си	1/8	32	1	0	1	0	0	0	0	0	A0
20	1	Ля	1/2	28	0	0	0	1	1	1	0	0	1C
21	2	Ми	1/4	42	0	1	1	0	1	0	1	0	6A
22	2	Ля	1/4	56	0	1	1	1	1	0	0	0	78
23	2	Соль	1/4	50	0	1	1	1	0	0	1	0	72
24	2	Ля	1/8	56	1	0	1	1	1	0	0	0	B8
25	2	Соль	1/8	50	1	0	1	1	0	0	1	0	B2
26	2	Фа	1/8	45	1	0	1	0	1	1	0	1	AD
27	2	Фа	1/8	45	1	0	1	0	1	1	0	1	AD
28	2	Ми	1/8	42	1	0	1	0	1	0	1	0	AA
29	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
30	2	Ми	1/4	42	0	1	1	0	1	0	1	0	6A
31	1	Ля	1/4	28	0	1	0	1	1	1	0	0	5C
32	-	Пауза	1/8	-	1	0	0	0	0	0	0	0	80
33	2	Фа	1/4	45	0	1	1	0	1	1	0	1	6D
34	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
35	2	Ми	3/8	42	1	1	1	0	1	1	0	1	EA
36	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
37	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
38	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
39	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
40	1	Си	1/8	32	1	0	1	0	0	0	0	0	A0
41	1	Ля	1/2	28	0	0	0	1	1	1	0	0	1C
42	-	Пауза	1/8	-	1	0	0	0	0	0	0	0	80
43	2	Ми	1/4	42	0	1	1	0	1	0	1	0	6A
44	2	Ля	1/4	56	0	1	1	1	1	0	0	0	78
45	2	Соль	1/4	50	0	1	1	1	0	0	1	0	72
46	2	Ля	1/8	56	1	0	1	1	1	0	0	0	B8
47	2	Соль	1/8	50	1	0	1	1	0	0	1	0	B2
48	2	Фа	1/8	45	1	0	1	0	1	1	0	1	AD

Адрес 10-тичный	Октава	Нота	Длительность ноты	М	Выходы ПЗУ								16-ричный код
					Q8	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	
49	2	Фа	1/8	45	1	0	1	0	1	1	0	1	AD
50	2	Ми	1/8	42	1	0	1	0	1	0	1	0	AA
51	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
52	2	Ми	1/4	42	0	1	1	0	1	0	1	0	6A
53	1	Ля	1/4	28	0	1	0	1	1	1	0	0	5C
54	-	Пауза	1/8	-	1	0	0	0	0	0	0	0	80
55	2	Фа	1/4	45	0	1	1	0	1	1	0	1	6D
56	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
57	2	Ми	3/8	42	1	1	1	0	1	0	1	0	EA
58	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
59	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
60	2	Ре	1/8	38	1	0	1	0	0	1	1	0	A6
61	2	До	1/8	34	1	0	1	0	0	0	1	0	A2
62	1	Си	1/8	32	1	0	1	0	0	0	0	0	A0
63	1	Ля	1/2	28	0	0	0	1	1	1	0	0	1C

Таблица 12

Наименование музыкального фрагмента	Выходной код 16-ричный
«Пусть всегда будет солнце» муз А Островского	80, 80, 80, 55, 96, 95, 1C, 60, A2,A0, 15, 55, A2,A2, 62, A0, 9C, 5C, 5B, 40, 59, 9C, 99, 22, 66, A8, A6, 19, 59, A0, A2, 66, A2, A6, 2A, 40, 55, 55, 1C, 60, 64, 60, 5C,55, 55, 1C, 60, 64, 64, 60, 55, 55, 20, 64, 66, 6A, 60, 60, 64, 26,64, 60, 1C, 80
«Родина слышит» муз Д Шостаковича	00, 99, 95, 96, D9,E2, A0, 9C,A0, D9, D5, 99,9C A0, A2,A0, A2, A6, A0, 9C,60, 9C, 19, 40, 99, 95, 96, D9,E2,A0, 9C,A0, D9, D5, 95, 98, 9B,9C, A0,A2,A6, 9C, A0, E2,D9, 9C,99, 9C, D6, D5, 93, 95, 96, D9, 66, 95, 66, A2, 80, 80, 80, 80, 80, 80
«Там, вдали за рекой» муз А Александрова	80, 95, 95, 5C,DC,A0, 62, E2,A6, 6A, 62, 60, 5C, 40, B8,B2, 6D, ED,B2, 78, 72, 6D, 78,AA, 80,AD,AA,66, 60, 66, 38, 62, AD,6A, 5C, 62, 2A,A6,AA,6D,EA, A6,66, E2, A0,60, 5C, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80
«Спят курганы темные» муз Н Богословского	80, 5C, A0, 62, A6, 6A, A2,DC,72, B8, 72, AD,6A,A6,B2,60, A6, 78, AD,6A,A6, E2, 80, A0, A2, 66, 99, 2A, 6A,62,A0,62, 9C, 80, 9C, D9, 80, 96, 99, 5C, 9B, 5C, 95, D5, 53, 95,56,9C, 55, 93, D1, 55, 93, 80, 91, A0, DC, 80, 80, 80, 80, 80,80,80
«Подмос ковные вечера» муз В Соловьева-Седого	80, 9C, A2, AA,A2, 66, A2, A0, 6A, 66, 1C, A2,AA,B2,B2,78, B2, AD,2A, 6F, 75, BF, B8, 6A, AA,62, 9C,AA, A6,6D,6D,B2, AD,6A, A6,A2, 6A,66, 1C, 80, 6F, 75, BF, B8, 6A,AA,62,9C, AA,A6, 6D,6D, B2,AD,6A, A6, A2, 6A,66, 1C, 80, 80, 80, 80, 80, 62, 5C, AA,AD,AA,A6, 62, 1C, 5C, 62, 6A, B2, B8, B2,AD
«Прощание» муз Д Покрасса	2A, EA,80, 66, 66, B8, B8, B2, AD,6A, 5B, B8, 80, 80, 5C, 78, AA, A6,A2,A0,1C, 9C, 80



Рис. 25. Передняя панель «Музыкальной шкатулки»

Рассмотренная музыкальная шкатулка имеет определенный недостаток: две одинаковые по тону ноты, следующие друг за другом, звучат как одна длинная. Это обусловлено небольшим интервалом регулировки длительности нот и пауз. Минимальная длительность пауз и нот в этой музыкальной шкатулке равна $1/8$ при максимальной длительности одной ноты $1/2$. Диапазон изменения длительности нот можно увеличить за счет увеличения разрядности ПЗУ, задающего длительность нот и пауз, однако при этом возрастают аппаратные затраты и, как следствие, потребляемая мощность и габаритные размеры.

Передняя панель шкатулки изображена на рис. 25. Переключатель «Мелодия» позволяет делать выбор исполняемого музыкального фрагмента. Микросхема ПЗУ вставляется в колодку «Программа», расположенную на передней панели, при необходимости изменение музыкальной программы осуществляется заменой ПЗУ. Изменение темпа исполняемой мелодии осуществляется регулятором «Темп».

В автомате «Музыкальная шкатулка-2», принципиальная схема которой изображена на рис. 26, диапазон изменения длительности нот и пауз расширен в 4 раза без увеличения аппаратных затрат. За счет использования ПЗУ 573РФ2, с емкостью 2048 байтовых слов реализовано устройство, воспроизводящее восемь мелодий по 128 нот в каждой. С этой целью увеличена разрядность счетчика нот DD2, DD3 (семь вместо шести), введен формирователь импульсов на D-триггере DD8.1. Принцип формирования темперированного звукового ряда не изменился. Принята следующая кодировка длительности нот и пауз:

<i>Длительность</i>	<i>Код</i>	<i>Длительность</i>	<i>Код</i>
$1/32$	0001	$1/4$	1000
$1/16$	0010	$3/8$	1100
$1/8$	0100	$1/2$	1111
$3/16$	0110		

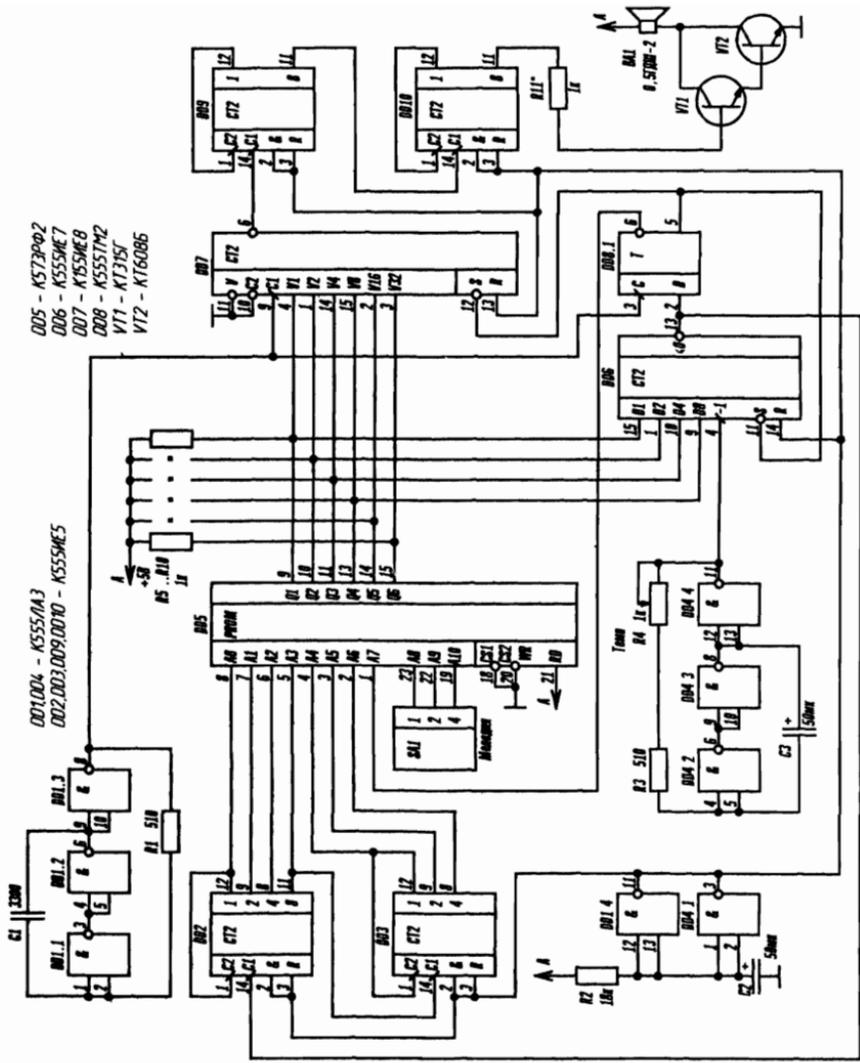


Рис. 26. Принципиальная схема автомата «Музыкальная шкапулка»

Устройство работает аналогично описанному выше, за исключением схемы формирования длительности нот и пауз. Когда на выходе переноса "≤0" счетчика DD6 формируется отрицательный перепад напряжения, код на выходе счетчика нот DD2, DD3 увеличивается на 1. По фронту импульса задающего генератора запускается формирователь DD8.1, и на инверсном выходе формируется импульс высокого уровня с длительностью, равной периоду тональных импульсов. На выходах Q1–Q4 ПЗУ в течение действия этого импульса формируется четырехразрядный двоичный код длительности первой ноты. Подачей импульса низкого уровня с прямого выхода триггера DD8.1 на вход S счетчика DD6 осуществляется установка реверсивного счетчика в состояние, определенное кодом на выходах Q1–Q4 ПЗУ DD5. Импульс низкого уровня с выхода формирователя поступает и на вход S счетчика DD7 также блокирует его работу.

По окончании отрицательного импульса на выходе формирователя с выхода ПЗУ на входы V1, V2, V4, V8, V16, V32 счетчика DD7 подается код первой ноты фрагмента. Высокий уровень на входе S разрешает прохождение импульсов через счетчик DD7, и в динамической головке звучит тон первой ноты. Импульсы тактового генератора DD4.2–DD4.4 вычитают содержимое счетчика DD6, и при переходе его в нулевое состояние на выходе переноса появляется низкий уровень, двоичный код счетчика нот снова увеличивается на 1 и вновь запускается формирователь DD8.1. В дальнейшем описанные циклы повторяются. Коды программирования ПЗУ для исполнения мелодии «Катюша» приведены в табл. 13.

Таблица 13

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	C0	C0	DC	E0	E2	DC	E2	C0	E2	E0	DC	E0	D5	C0	E0	F2
01	E6	E0	E6	C0	E6	E2	E0	DC	EA	F8	F2	F8	F2	ED	C0	ED
02	EA	E6	EA	DC	C0	ED	E6	EA	E2	E6	C0	E6	E2	E0	DC	C0
03	EA	F8	F2	F8	F2	ED	C0	ED	EA	E6	EA	DC	C0	ED	E6	EA
04	E2	E6	C0	E6	E2	E0	DC	C0								
05	C0															
06	C0															
07	C0															
08	FF	FF	FC	F4	FC	F4	F4	F1	F4	F4	F4	F8	F4	F4	FC	F4
09	FC	F4	F4	F1	F4	F4	F4	FF	F8	F8	F8	F4	F4	F4	F1	F4
0A	F4	F4	F8	F8	F4	F8	F4	FC	F4	F4	F1	F4	F4	F4	FF	F4
0B	F8	F8	F8	F4	F4	F4	F1	F4	F4	F4	F8	F8	F4	F8	F4	FF
0C	FF	F4	F1	F4	F4	F4	FF	F1								
0D	F1															

1.5. Игровой автомат «Кто первый?»

У кого из двух играющих лучше реакция на одиночный световой раздражитель? Это можно определить с помощью игрового автомата «Кто первый?»

На лицевой панели устройства установлены светодиоды «Старт», «Нарушение правил», «Игр.1», «Игр.2» и разъемы для подключения трех пультов: судьи и двух играющих. На пульте судьи находятся кнопки «Сброс» и «Старт», на каждом из пультов играющих установлена кнопка реакции. После включения устройства и нажатия судьей на кнопку «Сброс» все светодиоды гаснут. После нажатия судьей на кнопку «Старт» включается светодиод «Старт». Задача играющих – возможно быстрее нажать кнопку на своем пульте. При этом на лицевой панели включается светодиод, индицирующий играющего, выполнившего нажатие первым. Кнопка противника блокируется и ее последующее нажатие не изменяет состояние органов индикации.

Если в последующих попытках кто-то из играющих нажмет на кнопку своего пульта до подачи сигнала «Старт», загорятся светодиоды «Нарушение правил» и играющего, выполнившего нажатие первым. Таким образом, индицируется нарушитель правил. Для возобновления игры судья должен нажать на кнопку «Сброс», а затем через некоторое время на кнопку «Старт», вновь включив световой раздражитель.

Рассмотрим возможные варианты реализации игрового автомата. На рис. 27 изображена принципиальная схема автомата, реализованного на RS-триггерах. Автомат работает следующим образом. По нажатию кнопки SB3 «Сброс» триггеры DD1.2 и DD2.2 устанавливаются в нулевое состояние. Через нормально замкнутые контакты кнопок SB1 и SB2 на входы S и R триггера DD1.1 подается низкий уровень. Триггер находится в запрещенном состоянии, на его выходах формируются высокие уровни, и светодиоды HL1 «Игр.1», HL2 «Игр.2» не светятся. На оба входа триггера DD2.1 подаются низкие уровни с выходов триггеров DD1.2 и DD2.2, в результате чего светодиоды HL3 «Нарушение правил» и HL4 «Старт» не светятся. Если судья нажмет на кнопку SB4 «Старт», то на вход R триггера DD2.1 подается высокий уровень, и триггер устанавливается в единичное состояние, так как $S=0$. На инверсном выходе этого триггера формируется низкий уровень, и загорается светодиод HL4 «Старт». Триггер DD2.2 устанавливается в единичное состояние ($S=0, R=1$), на его выходе формируется высокий уровень, и поэтому при отпускании кнопки «Старт» состояние триггера DD2.1 не изменится. Если теперь кто-то из играющих (например, второй) нажмет кнопку реакции на своем пульте, то на входы триггера DD1.1 подается информация $S=0, R=1$, и триггер устанавливается в единичное состояние. Низким уровнем с инверсного выхода триггера загорается светодиод HL2 «Игр.2». Одновременное свечение светодиодов «Старт» и «Игр.2» свидетельствует о победе второго играющего в этой попытке. На входы триггера DD1.2 подается информация $S=0, R=1$, триггер устанавливается в единичное состояние. Триггеры DD1.1, DD2.1 работают в последующем в режиме хранения информации ($S=R=1$). Поэтому нажатие кнопки реакции противником не изменяет состояние органов индикации.

Если же кто-то из играющих (например, первый) нажмет кнопку реакции SB1 до подачи сигнала «Старт», то на входы триггера DD1.1 подается информация S=1, R=0. Триггер DD1.1 устанавливается в нулевое состояние, и загорается светодиод HL1 «Игр.1». Низкий уровень с прямого выхода триггера DD1.2 через кнопку SB1 подается на вход S триггера DD1.2, устанавливая его в единичное состояние. На входы триггера DD2.1 подаются уровни S=1, R=0. Триггер DD2.1 устанавливается в нулевое состояние, и загорается светодиод HL3 «Нар. правил». Одновременное свечение светодиодов HL1 и HL3 свидетельствует о нарушении правил первым играющим.

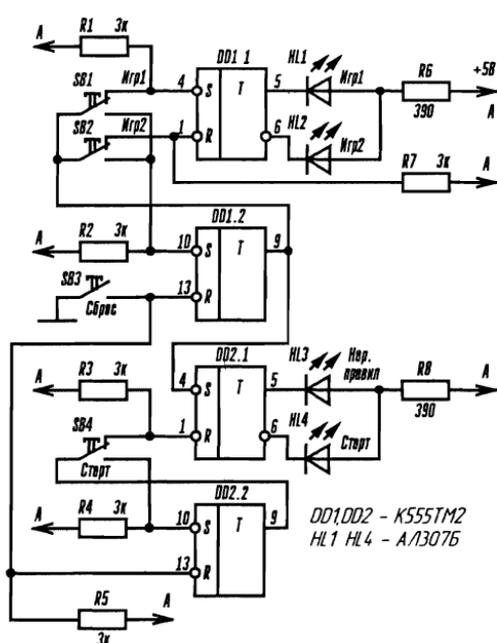


Рис. 27. Принципиальная схема игрового автомата «Кто первый» на RS-триггерах

В последующем на входы триггера DD1.1 подаются высокие уровни, которые не изменяются при нажатии кнопки реакции противником (Игр.2). Также не приводит к изменению состояния триггера DD2.1 последующее нажатие кнопки SB4 «Старт», так как на входы R и S во всех случаях подаются высокие уровни.

Для возобновления игры надо нажать кнопку «Сброс».

Еще один вариант возможной реализации автомата «Кто первый?» [38] изображен на рис. 28. Органы управления и индикации на этой схеме аналогичны автомату, описанному выше. Устройство работает следующим образом. По нажатию кнопки SB3 «Сброс» все триггеры устанавливаются в нулевое состояние. В результате светодiodы HL1–HL4 гаснут. На D-входы всех триггеров подаются высокие уровни. По нажатию кнопки SB4 «Старт» за счет «дребезга» на входе С при высоком уровне на D-входе триггер DD2.2 устанавливается в единичное состояние и загорается светодиод HL4 «Старт». Как и прежде, задача играющих – после загорания светодиода «Старт» возможно быстрее нажать кнопку на своем пульте. Если раньше это удалось сделать первому играющему, то за счет «дребезга» на С-входе триггер DD1.1 устанавливается в единичное состояние (так как D=1) и загорается светодиод HL1 «Игр.1». Одновременное свечение светодиодов «Игр.1» и «Старт» свидетельствует о победе первого играющего. Последующее замыкание нормально-разомкнутого контакта кнопки «Игр.1» не изменит состояния триггера DD2.1, так как на его D-вход с инверсного выхода триггера DD2.2 подается низкий уровень. Состояние органов инди-

кации не изменится, если второй играющий нажмет кнопку SB2 «Игр.2» на своем пульте, так как на D-вход триггера DD1.2 подается низкий уровень с инверсного выхода триггера DD1.1. Если в следующей попытке кто-то из играющих (например, второй) нажмет кнопку SB2 на своем пульте до подачи сигнала «Старт», то триггер DD1.2 установится в единичное состояние (при «дребезге» на входе С высокий уровень подан на вход D). За счет «дребезга» нормально-разомкнутого контакта кнопки SB2 триггер DD2.1 установится в единичное состояние, так как на его D-вход подается высокий уровень с инверсного выхода триггера DD2.2. Одновременное свечение светодиодов «Игр.2» и «Нарушение правил» свидетельствует о нарушении правил вторым играющим. Если в последующем нажать кнопки «Игр.1» или «Старт», то состояние органов индикации не изменятся, поскольку на входы D триггеров DD1.1 и DD2.2 после нажатия кнопки «Игр.2» подаются низкие уровни. Поэтому в результате указанных выше действий первого играющего и судьи состояние триггеров DD1.1 и DD2.2 не изменится. Для возобновления игры следует нажать кнопку SB3 «Сброс».

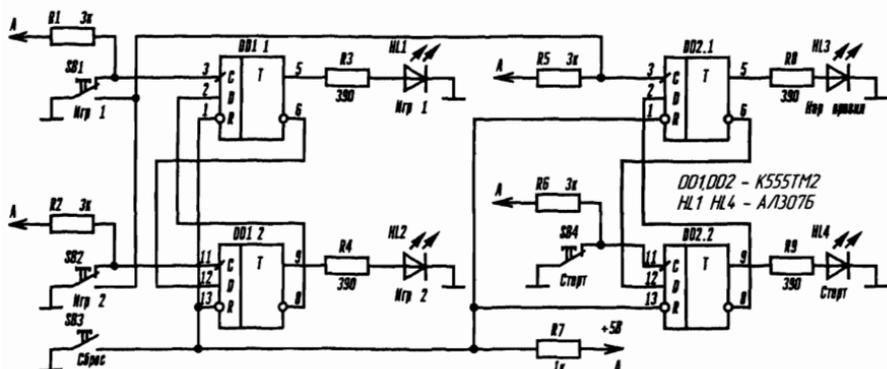


Рис. 28. Принципиальная схема игрового автомата «Кто первый» на D-триггерах

Рассмотрим возможность расширения функциональных возможностей игрового автомата за счет увеличения числа играющих. В [63] описана схема игрового автомата для четырех играющих, она реализована на семи микросхемах. Аппаратные затраты можно существенно уменьшить, используя принципиальную схему на рис. 29. Игровой автомат работает следующим образом. По нажатию кнопки SB1 «Сброс» все RS-триггеры устанавливаются в нулевое состояние и светодиоды HL1–HL6 гаснут. Высокие уровни с инверсных выходов триггеров DD1, DD2 подаются на входы элемента DD3.1. В результате низкий уровень с выхода этого элемента подается на подвижные контакты кнопок SB2–SB5 («Игр.1»–«Игр.4»), расположенных на пультах играющих. При нажатии кнопки SB6 «Старт» низкий уровень с прямого выхода триггера DD4.2 подается на вход S триггера DD4.1. Триггер устанавливается в единичное состояние, и низким уровнем с инверсного выхода зажигается светодиод HL5 «Старт». Задача играющих – после загорания светодиода «Старт» возможно быстрее нажать кнопку на

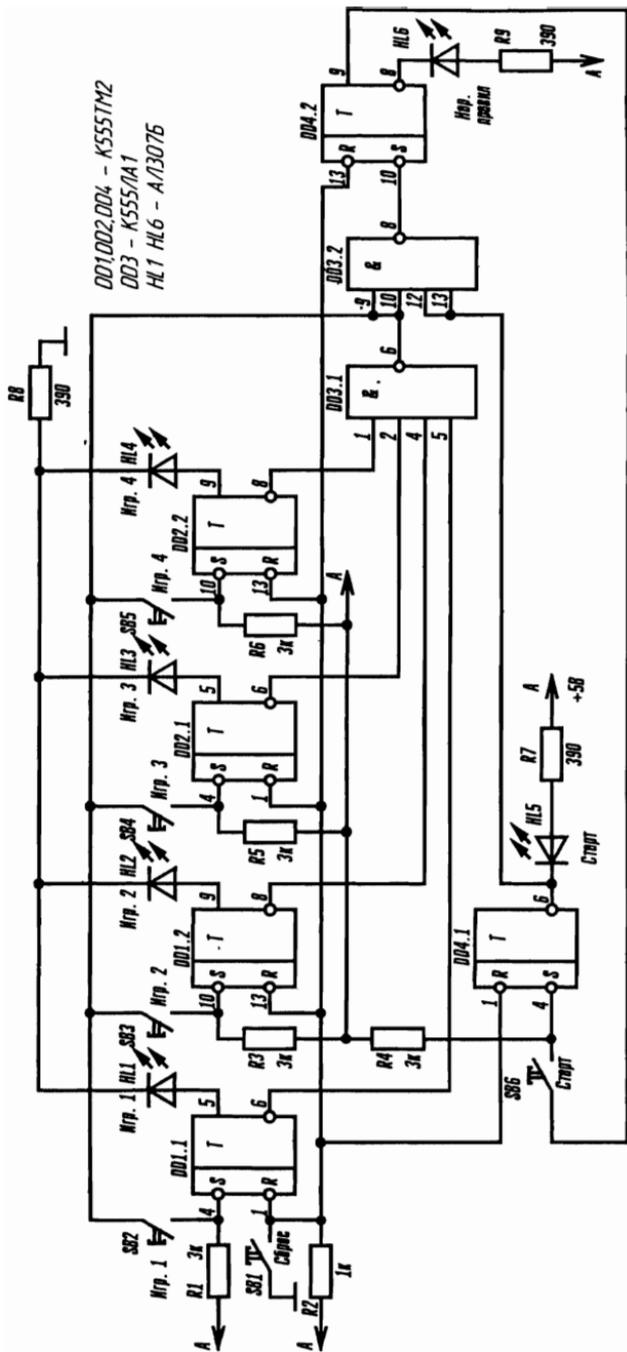


Рис. 29. Принципиальная схема игрового автомата «Кто первый» для четырех играющих

своем пульте. Если это раньше других удалось, например, третьему играющему, то за счет подачи низкого уровня через кнопку SB4 на вход S триггера DD2.1 последний устанавливается в единичное состояние. Загорается светодиод HL3 «Игр.3». Одновременное свечение светодиодов «Игр.3» и «Старт» свидетельствуют о победе в этой попытке третьего игрока. За счет подачи низкого уровня с инверсного выхода триггера DD2.1 на вход элемента DD3.1 на выходе элемента формируется высокий уровень. Поэтому в случае последующего нажатия кнопки реакции первым, вторым или четвертым игроками состояние триггеров DD1.1, DD1.2, DD2.2 не меняется. Соответственно, не меняется состояние органов индикации. На оба входа триггера DD4.2 подаются высокие уровни, и светодиод HL6 «Нарушение правил» не горит.

Если же в очередной попытке кто-то из играющих, (например, второй) нажмет кнопку SB3 на своем пульте до подачи сигнала «Старт», то за счет подачи низкого уровня с выхода элемента DD3.1 на вход S триггера DD1.2 последний установится в единичное состояние, и загорится светодиод HL2 «Игр.2». За счет подачи низкого уровня с инверсного выхода триггера DD1.2 на выходе элемента DD3.1 будет сформирован высокий уровень, блокирующий кнопки всех игроков. Их последующие нажатия не изменят состояния триггеров DD1, DD2 и светодиодов HL1–HL4. За счет подачи высоких уровней на входы элемента DD3.2 на его выходе формируется низкий уровень, устанавливающий триггер DD4.2 в единичное состояние. Загорается светодиод HL6 «Нарушение правил». Одновременное свечение светодиодов «Игр.2» и «Нарушение правил» свидетельствует о преждевременной реакции второго игрока. Последующее нажатие судейской кнопки «Старт» не приведет к изменению состояния триггера DD4.1 и светодиода «Старт». Для возобновления игры надо нажать кнопку SB1 «Сброс».

Для дальнейшего увеличения числа играющих аппаратные затраты существенно возрастают: на каждого играющего добавляется RS-триггер с подключенной к нему кнопкой реакции и на 1 увеличивается число входов элемента DD3.1.

При значительном увеличении числа играющих (например, до 7) минимизировать аппаратные затраты возможно, используя схему на рис. 30. В этом автомате обеспечена также цифровая индикация номера играющего, одержавшего победу или нарушившего правила. Устройство работает следующим образом. При нажатии кнопки SB1 «Сброс» триггеры DD6.1, DD6.2 устанавливаются в нулевое состояние и светодиоды HL1 «Старт» и HL2 «Нарушение правил» гаснут. Триггер DD4.1 устанавливается в единичное состояние, и высоким уровнем с его прямого выхода разрешается работа генератора на элементах DD3.1–DD3.3. Низкий уровень с инверсного выхода триггера DD4.1 поступает на вход гашения дешифратора DD5, и индикатор HG1 гаснет.

Игра начинается с нажатия судейской кнопки SB9 «Старт». За счет «дребезга» на С-входе триггер DD6.1 устанавливается в единичное состояние, так как на его информационный вход подан высокий уровень с инверсного выхода триггера DD6.2. Высоким уровнем с прямого выхода триггера DD6.1 загорается светодиод HL1 «Старт». Задача игроков – возможно бы-

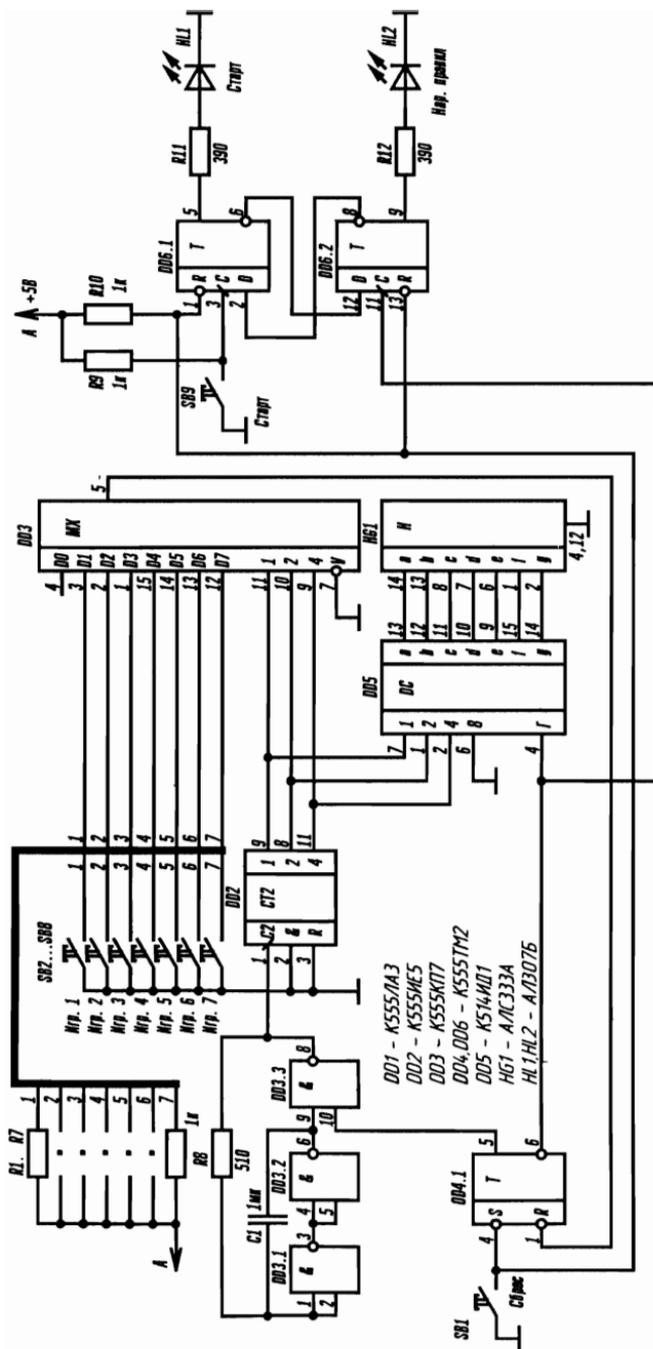


Рис. 30. Принципиальная схема игрового автомата «Кто первый»

стрее нажать на кнопку реакции. За счет подачи импульсов высокой частоты (около 1 кГц) на вход счетчика DD2 его выходной код монотонно изменяется от 000 до 111. Счетчик многократно переполняется. При ненажатых кнопках реакции играющих на выходе мультиплексора DD3 формируется высокий уровень. Как только кто-то из играющих (например, четвертый) нажмет кнопку SB5, то при адресном коде 100 на выходе мультиплексора появится низкий уровень. Триггер DD4.1 установится в нулевое состояние, низким уровнем с его прямого выхода заблокируется тактовый генератор. Код на выходе счетчика DD2 остается неизменным (100). Дешифратор DD5 преобразует двоичный код с выхода счетчика в семисегментный. Высоким уровнем с инверсного выхода триггера DD4.1 снимается гашение с дешифратора DD5, и на индикаторе HG1 высвечивается цифра "4", свидетельствующая о том, что первым нажал кнопку реакции четвертый игрок. При горящем светодиоде HL1 «Старт» на индикаторе HG1 высвечивается номер победителя среди играющих. Положительный перепад напряжения на входе С триггера DD6.2, возникающий после установки триггера DD4.1 в нулевое состояние, не изменит состояние триггера, поскольку на его D-вход подан низкий уровень. Для возобновления игры следует нажать кнопку «Сброс».

Если же кто-то из играющих, например, второй, нажмет кнопку SB3 до того, как загорится светодиод «Старт», то в этом случае при появлении на выходе счетчика DD2 кода 010 напряжение на выходе мультиплексора DD3 принимает низкий уровень. Триггер DD4.1 устанавливается в нулевое состояние, блокируя тактовый генератор на элементах DD3.1–DD3.3. Выходной код счетчика не изменится и останется равным 010. За счет положительного перепада напряжения на инверсном выходе триггера DD4.1 триггер DD6.2 установится в единичное состояние, так как на его информационный вход подан высокий уровень. Загорается светодиод HL2 «Нарушение правил». Высоким уровнем с инверсного выхода триггера DD4.1 разрешается работа дешифратора DD5, и на индикаторе HG1 высвечивается цифра "2". Одновременное свечение светодиода «Нарушение правил» и номера игрока на индикаторе HG1 свидетельствует о нарушении правил вторым игроком.

Если в последующем судья все-таки нажмет кнопку «Старт», то состояние триггера DD6.1 и органов индикации не изменится, так как на вход D триггера подан низкий уровень. Для возобновления игры, как и прежде, надо нажать кнопку SB1 «Сброс».

Усовершенствуем игровой автомат, существенно расширив его функциональные возможности. Во-первых, сделаем предъявление светового раздражителя автоматическим и по случайному закону. Во-вторых, с целью оценки психофизиологических особенностей играющих обеспечим измерение времени реакции победителя в каждой попытке. В третьих, обеспечим запоминание результатов игры в цикле из 16 попыток с возможностью воспроизведения (после завершения игрового цикла) результатов каждой попытки. Последняя функция делает игру или психофизиологические исследования полностью автоматизированными, исключая участие судьи или оператора [39].

Конструктивно игровой автомат содержит два блока: игровой блок и блок памяти, передние панели которых изображены на рис.31а и 31б. К игровому блоку подключены четыре пульта играющих, на каждом из которых установлена кнопка реакции. Автомат функционирует по следующему алгоритму. Перед началом игры переключатель режима устанавливают в положение «Испытание». Цифровые индикаторы в блоке памяти гаснут. По нажатию кнопки «Сброс» гаснут все светодиоды на передней панели игрового блока. Затем после отпускания кнопки «Сброс» по случайному закону загорается светодиод «Старт». Задача игроков – после загорания светодиода «Старт» возможно быстрее нажать кнопку на своем пульте. В случае удачной попытки на панели игрового блока загорается светодиод, индицирующий игрока-победителя. Если же в какой-то из последующих попыток кто-то из играющих нажмет кнопку на своем пульте в паузе между предъявлениями раздражителя, то загорятся светодиоды «Нарушение правил» и играющего, совершившего ошибку.



а)



б)

Рис. 31. Передние панели автомата «Кто первый»
а – игровой блок; б – блок памяти

После завершения игрового цикла из 16 попыток тумблер «Режим» переключают в положение «Просмотр» и, изменяя положение переключателя «Попытки», на светодиодах и цифровых индикаторах блока памяти, воспроизводят результаты каждой из 16 попыток.

Функциональная схема автомата изображена на рис. 32, временные диаграммы напряжений на элементах схемы приведены на рис. 33. Устройство работает следующим образом. Перед началом игры переключатель режима устанавливают в положение «Испытание». Низким уровнем на входе гашения дешифратора DC гасится цифровой индикатор времени реакции в блоке памяти. По нажатию кнопки «Сброс» обнуляются счетчики попыток CT_n и времени CT_r . На выходе генератора случайных интервалов (ГСИ) формируется низкий уровень, и светодиод «Старт» гаснет. На выходе устройства блокировки (УБ) устанавливается высокий уровень, разрешающий работу ГСИ. Блок регистрации (БР) устанавливается в исходное состояние, при котором на выходах «1»–«5» формируются низкие уровни, а на выходе «6» – высокий. Кроме того, низкий уровень формируется на выходе, к которому подключены подвижные контакты всех кнопок реакции играющих. На адресные входы оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) через мультиплексор МХ с выхода счетчика попыток подается нулевой код. По отпусканию кнопки «Сброс» разрешается работа ГСИ. После формирования импульса на его выходе загорается светодиод «Старт» и импульсы с периодом 1 мс с выхода задающего генератора (ЗГ) через коммутатор поступают на вход счетчика времени CT_r . Если кто-то из играющих (например, второй) нажмет кнопку реакции на своем пульте в момент t_1 , когда светодиод-раздражитель светится, то на выходе «3» блока регистрации и общем выводе кнопочных переключателей играющих будут сформированы высокие уровни, а на выходе «6» БР – низкий уровень. На передней панели игрового блока загорится светодиод «Игр.2». Подача импульсов с выхода ГТ на вход счетчика CT_r прекратится. На выходах этого счетчика формируется двоично-десятичный код времени реакции победителя в данной попытке. Последующие нажатия кнопок на пультах других играющих во время свечения светодиода-раздражителя не изменят состояние индикаторов в игровом блоке. Срезом импульса с выхода ГСИ запускается формирователь импульсов F1. На его выходе формируется импульс отрицательной полярности длительностью 1...1,5 с, при подаче которого на вход «Запись-Чтение» в оперативное запоминающее устройство записывается код результата испытаний в первой попытке. В течение импульса формирователя F1 на передней панели игрового блока индицируются результаты испытаний в каждой попытке. По фронту импульса F1 запускается формирователь импульсов F2. На его выходе формируется короткий импульс отрицательной полярности. Через элемент ИЛИ импульс с выхода F2 поступает на вход сброса счетчика CT_r и обнуляет его, а также на вход сброса блока регистрации, устанавливая указанный блок в исходное состояние. По фронту этого импульса код счетчика CT_n увеличивается на 1. Если во второй попытке кто-то из играющих (например, четвертый) нажмет кнопку реакции на своем пульте в момент t_2 до загорания светодиода «Старт», то высокий уровень появится на выходах «1» и «5» блока регистрации, и загорятся светодиоды «Игр.4» и «Нарушение правил» в игровом блоке. Низким уровнем с выхода «6» БР блокируется подача импульсов с выхода ЗГ через ком-

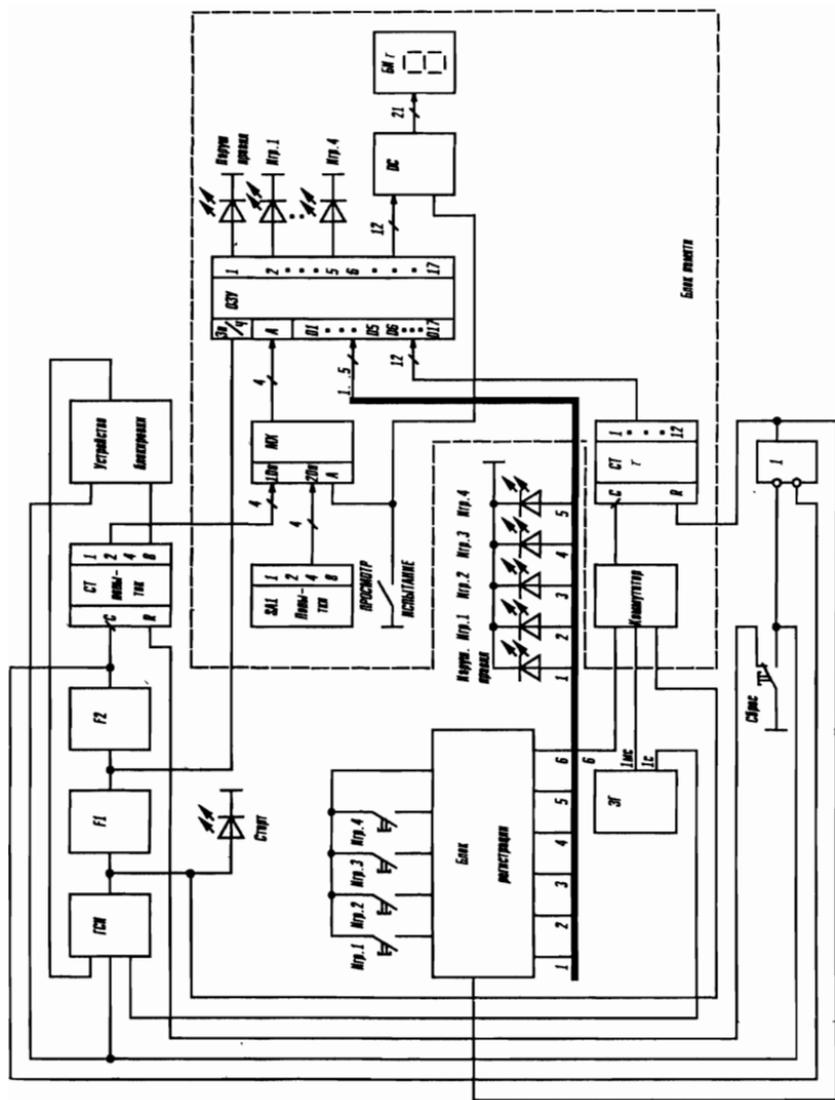


Рис. 32. Функциональная схема игрового автомата «Кто первый»

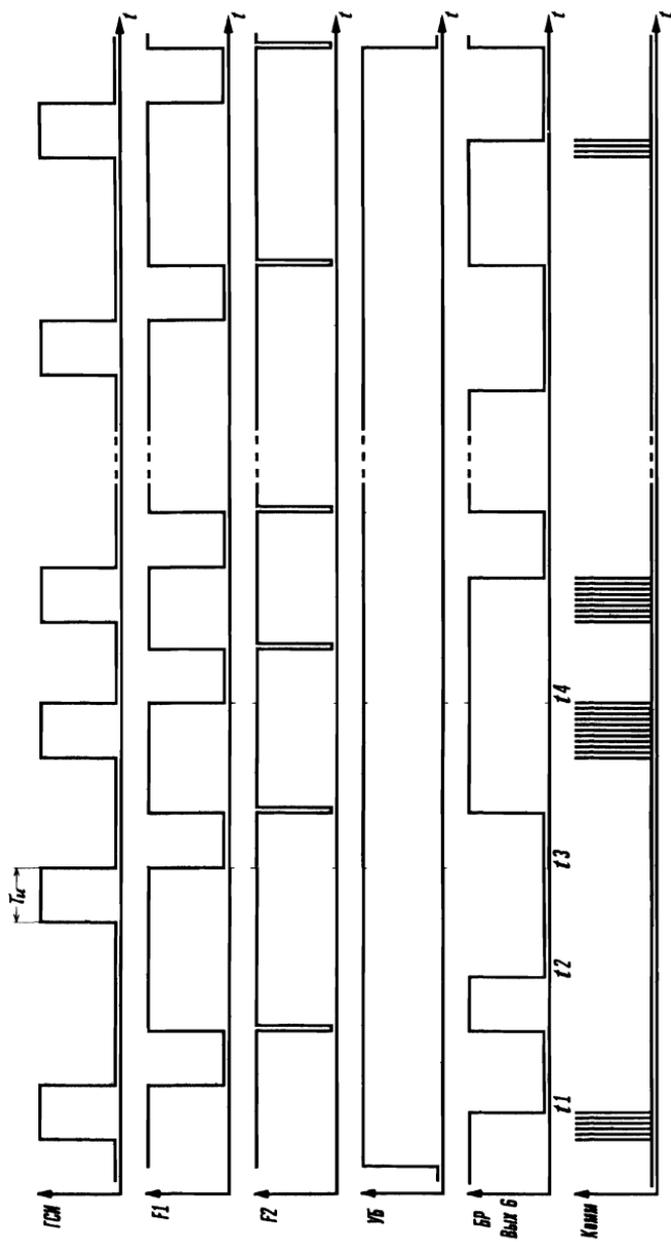


Рис 33 Временные диаграммы напряжений

мутатор на вход СТ_г. Измерения времени реакции в этой попытке не происходит. Как и в предыдущей попытке, срезом импульса ГСИ запускается формирователь F1. При подаче импульса с выхода F1 на вход записи ОЗУ в него заносятся коды с выходов БР и СТ_г. Если же на интервале t₃–t₄ ни один из играющих не нажмет кнопку на пульте, то по завершению попытки ни один из светодиодов в игровом блоке не светится, а в ОЗУ заносится код интервала времени, соответствующего длительности импульса ГСИ.

После 16-й попытки счетчик попыток обнуляется. Отрицательным перепадом с выхода старшего разряда этого счетчика устройство блокировки устанавливается в нулевое состояние. Низким уровнем с выхода УБ блокируется генератор случайных интервалов, и импульсы на его выходе в последующем не формируются. Соответственно, не формируются импульсы формирователями F1 и F2, светодиод «Старт» не светится. Испытания завершены. В устройстве предусмотрена возможность воспроизведения результатов испытаний в каждой из 16 попыток. Для этого переключатель режима устанавливается в положение «Просмотр». В этом случае на адресные входы ОЗУ через мультиплексор МХ подается двоичный код с выхода переключателя попыток SA1, гашение с дешифратора DC снимается. Изменяя код на выходе этого переключателя от 0000 до 1111, с помощью светодиодов «Игр.1»–«Игр.4», «Нарушение правил» и цифрового индикатора «Реакция, мс» в блоке памяти индицируют результаты игры в каждой попытке.

Для возобновления испытаний необходимо переключатель режима поставить в положение «Испытание» и нажать кнопку «Сброс».

Принципиальная схема автомата изображена на рис. 34а,б. Генератор случайных интервалов содержит вспомогательный генератор на элементах DD2.1–DD2.3, счетчики DD1 и DD3, логические элементы DD11.3, DD11.4 и формирователь импульсов DD4.1, к выходу которого подключен светодиод «Старт». Формирователи F1 и F2 реализованы, соответственно, на элементах DD4.2 и DD5.1. На микросхеме DD6 выполнен счетчик попыток, а на элементе DD2.4 и триггере DD7.1 – устройство блокировки. Блок регистрации содержит триггеры DD8, DD9, DD7.2, элементы DD10.1 и DD12.1, формирователь импульсов DD5.2. Мультиплексор МХ выполнен на микросхеме DD13, а коммутатор – на элементах DD12.2 и DD10.2. Счетчик времени СТ_г реализован на микросхемах DD16, DD20, DD24, оперативное запоминающее устройство – на микросхемах DD14, DD15, DD17, DD21 и DD25. Дешифратор DC выполнен на микросхемах DD18, DD19, DD22, DD23, DD26. Время реакции отображается на цифровых индикаторах НГ1–НГ3. К выходам ОЗУ DD14, DD15 подключены светодиод HL7 «Нарушение правил» и светодиоды HL8–HL11, индицирующие играющего, который первым среагировал на световой раздражитель.

Автомат работает следующим образом. Как уже отмечалось выше, перед игрой переключатель SA2 устанавливается в положение «Испытание». На адресный вход мультиплексора DD13 подается низкий уровень, обеспечивающий передачу на выход МХ информации с выхода счетчика попыток DD6. Затем при нажатии на кнопку SB1 «Сброс» высоким уровнем с нормально-замкнутого контакта обнуляется счетчик DD6, а низким уровнем с нормально-разомкнутого контакта кнопки триггер DD7.1 устанавливается

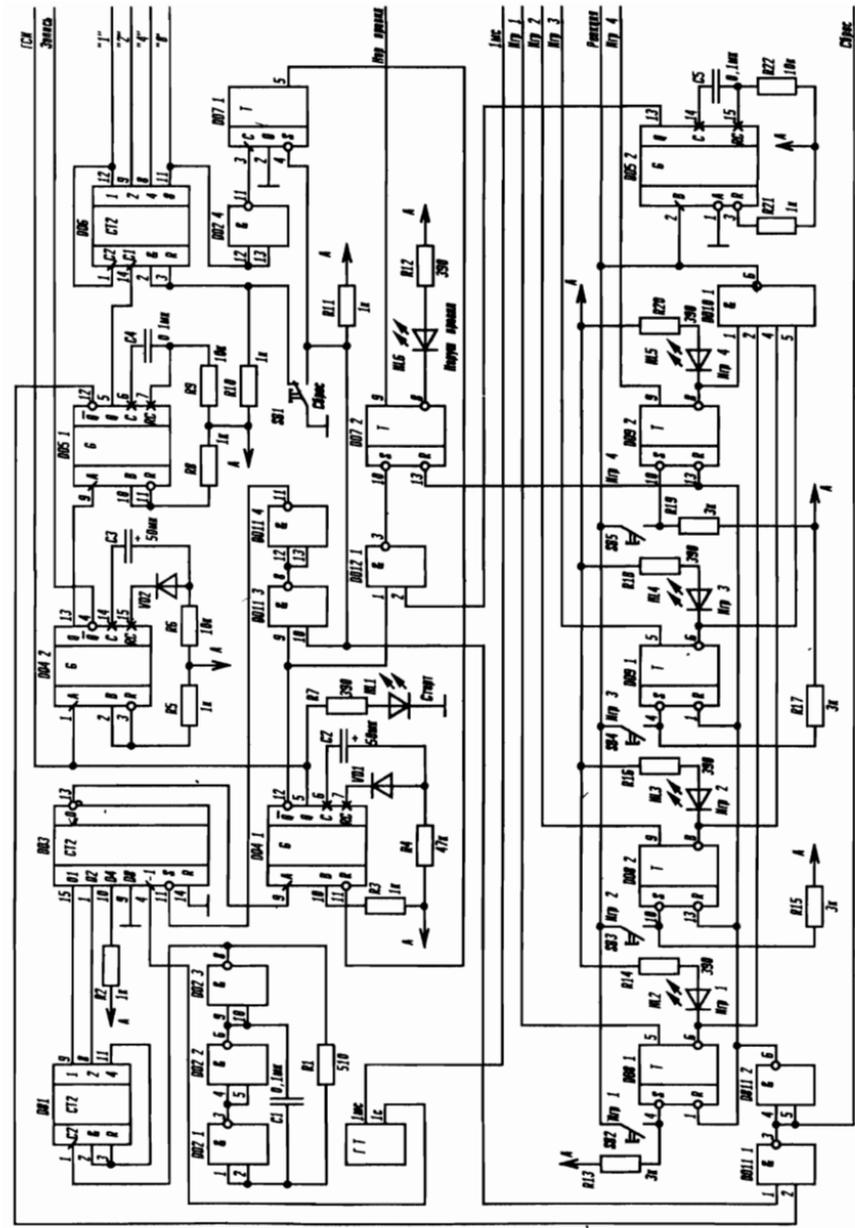
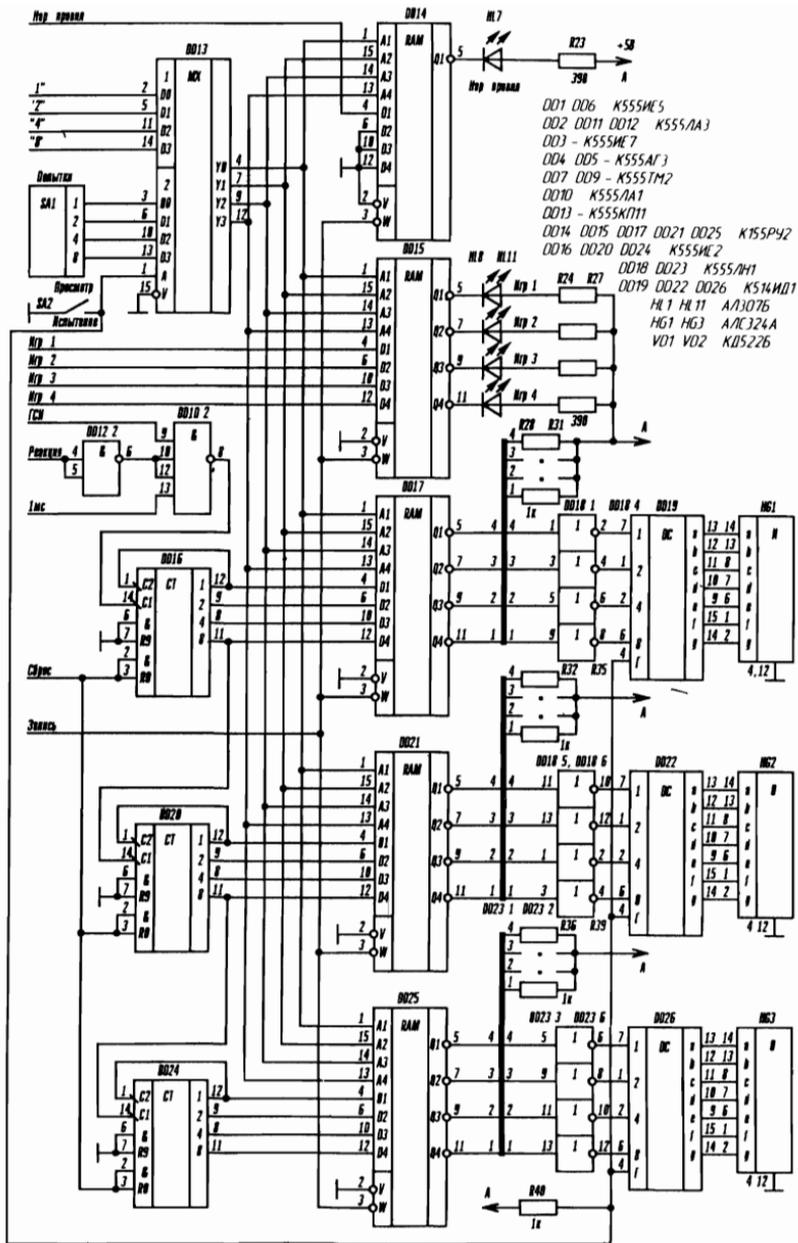


Рис. 34 (начало)



б)

Рис. 34. Принципиальная схема игрового автомата «Кто первый»: а – игровой блок; б – блок памяти

в единичное состояние. Кроме того, высоким уровнем с выхода элемента DD11.1 обнуляются счетчики DD16, DD20, DD24. Низким уровнем с выхода элемента DD11.2 триггеры DD7.2, DD8.1, DD8.2, DD9.1, DD9.2 устанавливаются в нулевое состояние. За счет подачи на входы элемента DD10.1 высоких уровней с инверсных выходов триггеров DD8.1, DD8.2, DD9.1, DD9.2 на выходе элемента формируется низкий уровень. Низким уровнем с выхода элемента DD11.4 осуществляется предустановка счетчика DD3.

Импульсы вспомогательного генератора DD2.1–DD2.3 с частотой несколько килогерц поступают на вход счетчика DD1 с коэффициентом счета 4, многократно его переполняя. Так как на информационные входы счетчика DD3 подается информация $D8=0, D4=1$, а на входах D1, D2 код изменяется от 00 до 11, то после отпускания кнопки SB1 в счетчик заносится случайный код от 0100 до 0111, и разрешается его работа в счетном режиме. На вычитающий вход счетчика DD3 подаются тактовые импульсы с периодом 1 с. Как только на выходе переноса “ ≤ 0 ” счетчика DD3 появится низкий уровень, запускается формирователь импульсов DD4.1 и на его выходе генерируется импульс длительностью $\tau_u \approx 800$ мс. В течение этого времени горит светодиод HL1 «Старт». Длительность τ_u не должна превышать 1с – максимального времени реакции, регистрируемого устройством. За счет подачи низкого уровня с инверсного выхода формирователя DD4.1 через элементы DD11.3, DD11.4 на вход S счетчика DD3 обеспечивается очередная предустановка счетчика в состояние, при котором его выходной код равновероятно принимает значения от 0100 до 0111. Таким образом, на выходе формирователя DD4.1 генерируется импульс длительностью τ_u с периодом повторения 4...7 с, и шагом 1 с. Случайность интервала предъявления светового раздражителя обусловлена тем, что частота вспомогательного генератора много выше частоты тактовых импульсов и некратна ей.

За счет подачи высокого уровня на первый и второй входы элемента DD10.2 импульсы с периодом 1 мс с выхода ГТ сразу после загорания светодиода «Старт» начинают поступать через элемент DD10.2 на вход счетчика времени (DD16, DD20, DD24). Начинается отсчет времени. Если в соответствии с условиями игры кто-то из играющих (например, третий) быстрее других среагирует на предъявление светового раздражителя и нажмет кнопку SB4 на своем пульте, то за счет подачи низкого уровня на вход S триггер DD9.1 установится в единичное состояние, и загорится светодиод HL4 «Игр.3». Соответственно, на выходе элемента DD10.1 появится высокий уровень, блокирующий кнопки всех играющих. Последующие нажатия кнопок SB2–SB5 в данной попытке не изменят состояния триггеров DD8, DD9. За счет подачи высокого уровня с выхода элемента DD10.1 на вход элемента DD12.2 на втором входе элемента DD10.2 формируется низкий уровень, блокирующий прохождение импульсов ГТ на вход счетчика времени. Отсчет времени прекращается, и на выходах счетчиков DD16, DD20, DD24 формируется код времени реакции играющего-победителя в данной попытке. Положительным перепадом на выходе элемента DD10.1 запускается формирователь импульсов DD5.2, и на его выходе генерируется короткий импульс положительной полярности. Однако, если это происходит во время импульса на выходе DD4.1, состояние триггера DD7.2 не меняется.

Срезом импульса на выходе Q формирователя DD4.1 запускается формирователь DD4.2. На выходе \bar{Q} формируется импульс отрицательной полярности, поступающий на вход W микросхем ОЗУ и обеспечивающий запись в ОЗУ (DD14, DD15) информации с выходов триггеров DD8.1, DD8.2, DD9.1, DD9.2, DD7.2. В ОЗУ DD17, DD21, DD25 заносится код с выходов счетчика времени DD16, DD20, DD24. В течение импульса с выхода DD4.2 обеспечивается индикация результатов попытки на индикаторах HL2–HL6 в игровом блоке. Срезом импульса положительной полярности с выхода Q формирователя DD4.2 запускается формирователь DD5.1, и на его выходе \bar{Q} генерируется короткий импульс низкого уровня, который после прохождения через элементы DD11.1 и DD11.2 устанавливает триггеры DD7.2, DD8, DD9 в нулевое состояние. Светодиод HL4 «Игр.3» гаснет. Импульсом положительной полярности с выхода элемента DD11.1 обнуляются счетчики DD16, DD20, DD24. Срезом импульса с прямого выхода формирователя DD5.1 код на выходе счетчика DD6 и адресных входах ОЗУ увеличивается на 1.

Если в одной из последующих попыток кто-то из играющих, например, первый, нажмет кнопку реакции на своем пульте до загорания светодиода HL1 «Старт», то триггер DD8.1 установится в единичное состояние, и загорится светодиод HL2 «Игр.1». На выходе элемента DD10.1 появится высокий уровень, и кнопки всех играющих заблокируются. Низким уровнем на выходе элемента DD12.2 запрещается прохождение импульсов ГТ через элемент DD10.2 на вход счетчика времени. Отсчета времени в этой попытке не происходит. Положительным перепадом напряжения на выходе элемента DD10.1 запускается формирователь DD5.2, и импульс отрицательной полярности с выхода элемента DD12.1 устанавливает триггер DD7.2 в единичное состояние. Загорается светодиод HL6 «Нарушение правил», что учитывая одновременное с этим свечение светодиода HL2 «Игр.1», свидетельствует о нарушении правил первым играющим. Как и в предыдущих попытках, по спаду импульса на прямом выходе формирователя DD4.1 вновь запустится формирователь DD4.2. Импульсом с выхода \bar{Q} этого формирователя информация с выходов триггеров DD7.2, DD8, DD9 и счетчиков DD16, DD20, DD24 запишется в ОЗУ. Срезом импульса с прямого выхода формирователя DD4.2 запустится формирователь DD5.1. На его выходе формируется импульс, устанавливающий триггеры DD7.2, DD8, DD9 в нулевое состояние, обнуляющий счетчики DD16, DD20, DD24 и увеличивающий на 1 код счетчика попыток DD6. Светодиоды HL2 и HL6 гаснут. Начинается формирование интервала очередной попытки.

Таким образом, на каждом интервале предъявления светового раздражителя сначала результаты попытки отображаются на светодиодах HL2–HL6, на выходах счетчика времени формируется код времени реакции победителя в данной попытке. Затем эта информация заносится в ОЗУ, после чего блок регистрации устанавливается в исходное состояние, а код счетчика попыток увеличивается на 1.

После 16-й попытки на выходе старшего разряда счетчика DD6 формируется отрицательный перепад напряжения. За счет положительного перепада напряжения на входе S триггера DD7.1 при низком уровне на его

D-входе триггер устанавливается в нулевое состояние. Низким уровнем с выхода триггера DD7.1 блокируется формирователь импульсов DD4.1. Импульсы на выходе ГСИ в последующем не формируются, предъявления светового раздражителя не происходит. Игра завершена.

Для воспроизведения результатов игры в каждой попытке необходимо перевести переключатель SA2 в положение «Просмотр». При этом снимается гашение с дешифраторов DD19, DD22, DD26. За счет подачи высокого уровня на адресный вход мультиплексора DD13 на его выход и адресные входы Q3У подается код с выхода переключателя SA1. При изменении положения этого переключателя и подачи кодов от 0000 до 1111, на индикаторах HL7–HL11, HG1–HG3 будут индцироваться результаты игры в каждой попытке.

Аппаратные затраты в рассмотренной схеме можно несколько уменьшить, реализовав дешифраторы в измерителе времени реакции на ПЗУ K155 PE3. В этом случае можно исключить инверторы DD18, DD23. Коды программирования ПЗУ приведены в табл. 14.

Таблица 14

Ад-рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	FF	FF	FF	FF	FF	FF	90	80	F8	82	92	99	B0	A4	F9	C0
1	FF															

Следует отметить, что рассмотренный игровой автомат можно использовать и для проведения психофизиологических исследований скорости реакции на одиночный световой раздражитель. В этом случае к автомату подключается только один пульт – пульт испытуемого. В процессе испытаний автоматически регистрируются удачные попытки и ошибки, измеряется время реакции на световой раздражитель в удачных попытках. После завершения испытаний фиксируют результаты и проводят их статистическую обработку.

1.6. Игровой автомат «Падающая звезда»

Хорошая ли у Вас реакция на световой раздражитель? Это можно проверить с помощью игрового автомата «Падающая звезда». На передней панели автомата (рис. 35) расположены вертикальная линейка из семи светодиодов, световые индикаторы «Старт» и «Нарушение правил», регулятор «Такты», разъемы для подключения пультов игрока и судьи. На передней панели может быть установлен цифровой индикатор «Оценка». На пульте играющего находится кнопка «Реакция», на пульте судьи две кнопки: «Сброс» и «Старт».

Суть игры заключается в следующем. После нажатия на кнопку «Сброс» все светодиоды на передней панели гаснут. После нажатия судьей на кнопку «Старт» на передней панели загорается одноименный светодиод, затем поочередно включаются светодиоды линейного индикатора, создавая впечатление «падающей звезды». Задача играющего – после загорания

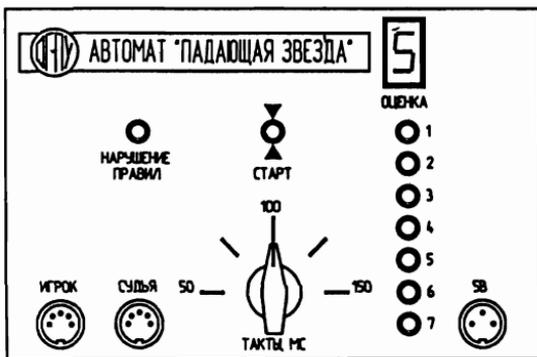


Рис. 35. Передняя панель автомата «Падающая звезда»

светодиода «Старт» возможно быстрее нажать на кнопку «Реакция». При этом остается включенным только один из светодиодов линейки. Чем ниже «упала звезда», тем хуже время реакции. Если же играющий нажмет на кнопку «Реакция» до подачи сигнала «Старт», то загорается светодиод «Нарушение правил». Последующее нажатие на кнопку «Старт» не изменяет состояния органов индикации на передней панели игрового автомата. Для начала следующего игрового цикла следует нажать на кнопку «Сброс». В соревновании побеждает играющий, который покажет лучшие результаты в серии из определенного числа попыток (например, 5 или 10).

Функциональная схема упрощенного игрового автомата изображена на рис. 36. Устройство содержит блок формирования сигнала «Старт» (БФСС), к выходу которого подключен светодиод «Старт», блок формирования сигнала «Реакция» (БФСР), блок регистрации нарушения правил (БРНП), к выходу которого подключен светодиод «Нарушение правил». Кроме того, автомат содержит генератор тактов, частота которого определяет скорость движения «бегущего огня» на линейном индикаторе, блок управления линейным индикатором (БУЛИ), к выходу которого подключена линейка светодиодов.

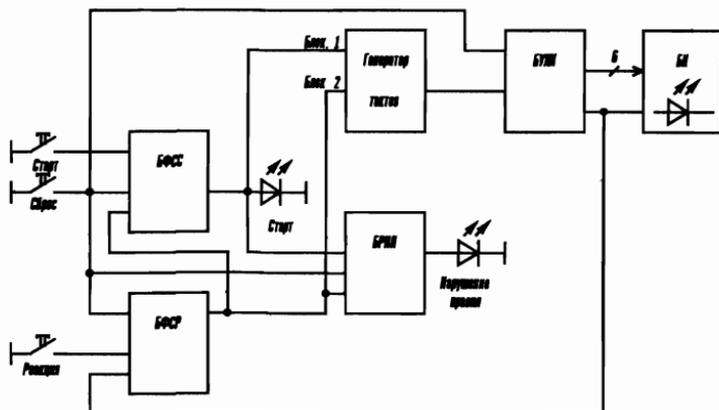


Рис. 36. Функциональная схема автомата «Падающая звезда»

Устройство работает следующим образом. По нажатию кнопки «Сброс» на выходах БФСС и БРНП формируется низкий, а на выходе БФСР – высокий уровень напряжения. Светодиоды «Старт» и «Нарушение правил» гаснут, за счет подачи низкого уровня на первый вход блокировки импульсы на выходе генератора тактов отсутствуют. На выходах БУЛИ формируются низкие уровни, и светодиоды БИ гаснут. По нажатию судье кнопки «Старт» на выходе БФСС формируется высокий уровень, зажигающий светодиод «Старт» и разрешающий работу генератора тактов. На выходах БУЛИ формируется монотонно меняющийся позиционный код, и на линейном индикаторе наблюдается эффект «бегущего огня». Если в соответствии с алгоритмом игры играющий через некоторое время нажмет на кнопку «Реакция», то на выходе БФСР формируется низкий уровень, блокирующий генератор тактов. Импульсы с выхода ГТ перестают поступать на БУЛИ, и в блоке индикации остается гореть один светодиод, по номеру которого и периоду импульсов ГТ можно судить о скорости реакции на световой раздражитель. Перемножив номер горящего светодиода на период импульсов ГТ, можно получить время реакции. Максимальная погрешность определения t_p определяется длительностью периода колебания ГТ. Если играющий не успеет нажать кнопку «Реакция» до того, как включится последний светодиод линейки индикаторов, то в этом случае после загорания указанного светодиода сигнал с выхода старшего разряда БУЛИ поступает на третий вход БФСР и на его выходе формируется низкий уровень, блокирующий тактовый генератор. В результате подача импульсов на вход БУЛИ прекращается и в блоке индикации горит последний светодиод линейки, а играющему засчитывается максимальное время реакции.

Если же играющий нажмет на кнопку «Реакция» до подачи сигнала «Старт», то низкий уровень, сформированный на выходе БФСР, блокирует ГТ и БФСС, так что последующее нажатие кнопки «Старт» не приводит к изменению напряжения на выходе БФСС и загоранию светодиода «Старт». Кроме того, при одновременном появлении низкого уровня на выходе БФСР и низкого уровня на выходе БФСС «срабатывает» БРНП и загорается светодиод «Нарушение правил». Для обеспечения заданного алгоритма функционирования БФСС, БФСР и БРНП должны обладать памятью.

Принципиальная схема игрового автомата «Падающая звезда» изображена на рис. 37.

Генератор тактовых импульсов реализован на элементах DD1.1–DD1.3, блок управления линейным индикатором содержит счетчик DD2 и дешифратор DD3. На триггерах DD4.1 и DD4.2 реализованы блоки формирования сигналов «Старт» и «Реакция», с помощью элемента DD1.4 регистрируется нарушение правил.

Устройство работает следующим образом. При нажатии судье кнопки SB1 «Сброс» обнуляется счетчик DD2, на выходе «0» дешифратора DD3 формируется низкий, а на остальных выходах – высокие уровни, и светодиоды HL3–HL9 гаснут. Триггеры DD4.1, DD4.2 устанавливаются в нулевое состояние, гаснут светодиоды HL1 «Старт», HL2 «Нарушение правил». За счет подачи низкого уровня с прямого выхода триггера DD4.1 на вход элемента DD1.2 блокируется генератор тактов. По нажатию кнопки SB2 «Старт» низкий уровень через кнопку подается на вход S триггера DD4.1,

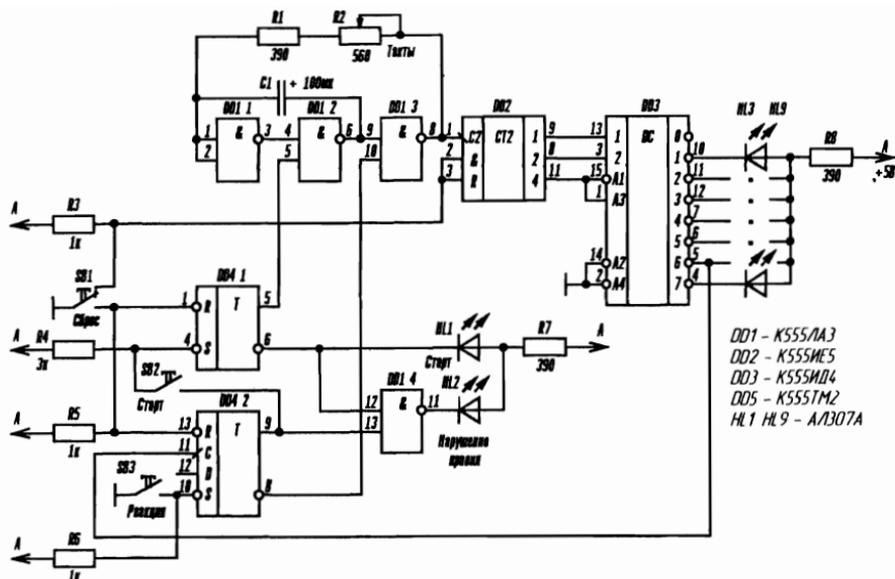


Рис 37 Принципиальная схема упрощенного автомата «Падающая звезда»

устанавливая его в единичное состояние. Загорается светодиод HL1 «Старт». Высоким уровнем с прямого выхода триггера DD4.1 разрешается работа генератора тактов. Код на выходе счетчика DD2 монотонно возрастает, и низкий уровень последовательно появляется на выходах «1»–«7» дешифратора DD3. На линейке светодиодов HL3–HL9 наблюдается эффект «бегущего огня», имитирующий «падение звезды». Если играющий в соответствии с условиями игры нажмет на кнопку SB3 «Реакция», то триггер DD4.2 установится в единичное состояние, низким уровнем с его инверсного выхода заблокируется генератор тактов, и подача импульсов на счетчик DD2 прекратится. В линейке светодиодов HL3–HL9 остается гореть один светодиод, по номеру которого и периоду тактовых импульсов можно оценить скорость реакции. Светодиод HL2 «Нарушение правил» по-прежнему погашен, так как за счет подачи низкого уровня с инверсного выхода триггера DD4.1 на вход элемента DD1.4 на его выходе формируется высокий уровень.

Если играющий не успеет нажать кнопку «Реакция» до момента, когда загорится последний светодиод (HL9) линейки индикаторов, то на выходе «6» дешифратора DD3 в этот момент формируется положительный перепад напряжения. Триггер DD4.2 устанавливается в единичное состояние, так как на его информационный вход подается высокий уровень. Низким уровнем с инверсного выхода триггера DD4.2 блокируется генератор тактов, подача импульсов на счетчик DD2 прекращается, и в линейке светодиодов остается гореть светодиод HL 9.

Если же играющий нарушит правила и нажмет кнопку SB3 «Реакция» до подачи сигнала «Старт», то триггер DD4.2 устанавливается в единичное состояние, на вход элемента DD1.3 подается низкий уровень, блокирующий

генератор тактов. За счет подачи высоких уровней на оба входа элемента DD1.4 на его выходе формируется низкий уровень и загорается светодиод HL2 «Нарушение правил». Если в последующем судья нажмет кнопку SB2 «Старт», то состояние триггера DD4.1 не изменится, так как на вход S через кнопку подается пассивный уровень логической 1, и триггер при этом работает в режиме хранения информации. Свечение светодиода HL2 при погашенных остальных светодиодах, расположенных на передней панели игрового автомата, свидетельствует о нарушении правил игры. Игроющему за такой результат может засчитываться оговоренное заранее штрафное время реакции.

Для начала очередной попытки следует нажать на кнопку «Сброс».

Можно расширить функциональные возможности игрового автомата за счет оценки скорости реакции по пятибалльной системе [40]. Схема автомата, реализующего указанную возможность, изображена на рис. 38. Устройство содержит тактовый генератор (DD1.1–DD1.3), формирователь импульсов (DD2.1–DD2.4), блоки формирования сигнала «Старт» (DD3.1) и сигнала «Реакция» (DD3.2), блок управления линейным индикатором (DD1.4, DD4), блок оценки (DD5.1–DD5.3, DD6), светодиодный линейный индикатор (HL3–HL9) и цифровой индикатор оценки (HG1).

Игровой автомат работает следующим образом. По нажатию судье кнопки SB1 «Сброс» триггеры DD3.1 и DD3.2 устанавливаются в нулевое состояние. Высоким уровнем с инверсного выхода триггера DD3.1 гасится светодиод HL1 «Старт». За счет низких уровней напряжения на прямых выходах триггеров DD3.1 и DD3.2 гасится светодиод HL2 «Нарушение правил», а на выходе элемента DD1.4 формируется высокий уровень. В результате на оба входа выбора режима регистра SL и SR подается высокий уровень, и регистр работает в режиме параллельной записи информации.

По фронту очередного импульса тактового генератора на вход С регистра с выхода формирователя импульсов (DD2.1–DD2.4) поступает короткий импульс отрицательной полярности, и в регистр заносится код со входов D1–D8. Светодиоды HL3–HL9 гаснут. В младший разряд регистра записывается логический 0. При последующем нажатии судье кнопки SB2 «Старт» низкий уровень с прямого выхода триггера DD3.2 через кнопку SB2 подается на вход S триггера DD3.1, устанавливая его в единичное состояние. Загорается светодиод HL1 «Старт», на выходе элемента DD1.4 формируется низкий уровень и регистр переключается в режим сдвига вправо (SL=0, SR=1).

Теперь с приходом каждого импульса на вход синхронизации регистра, за счет подачи высокого уровня на вход DR информация, записанная в регистр, сдвигается на один разряд вправо и на линейном светодиодном индикаторе реализуется световой эффект «бегущий огонь». Задача играющего – после загорания светодиода «Старт» возможно быстрее нажать на кнопку «Реакция». Если играющий нажмет на кнопку SB3, триггер DD3.2 установится в единичное состояние. На входы SL и SR регистра подаются низкие уровни, регистр переключается в режим хранения информации, и выполнение светового эффекта прекращается. Отметим, что в момент переключения в этот режим на входе С должен быть высокий уровень, иначе изменение уровня на входе SR из логической 1 в логический 0 будет

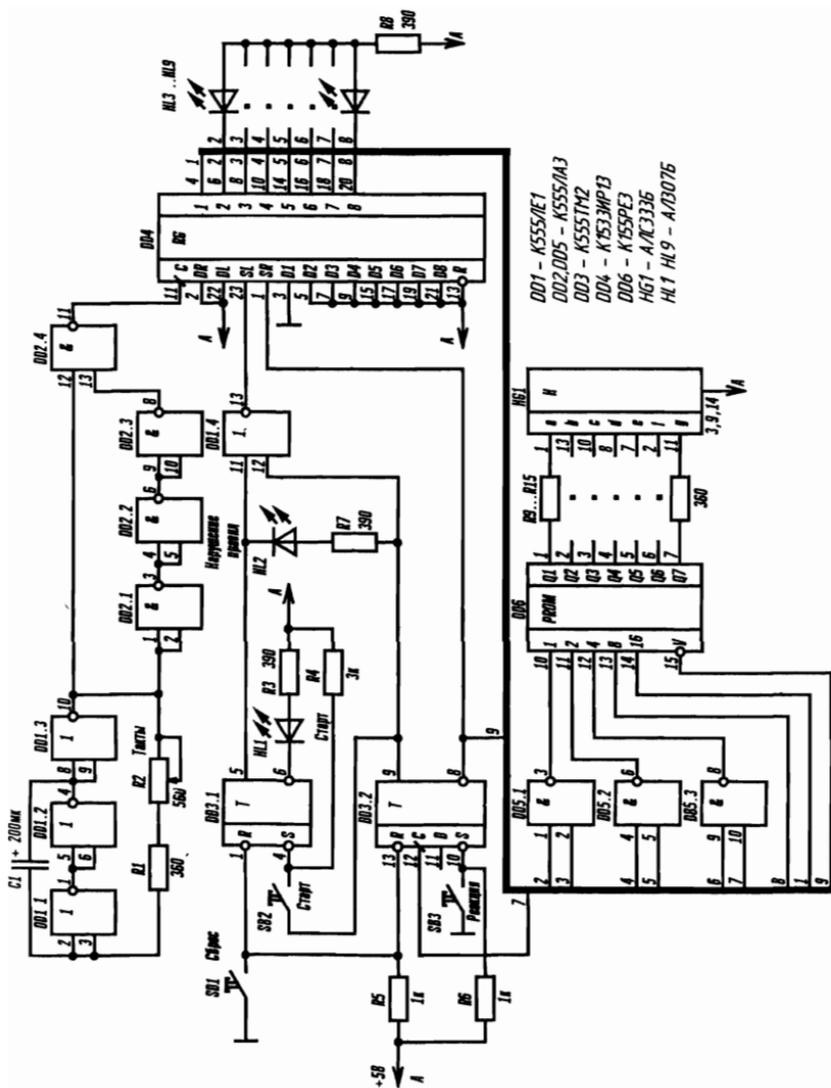


Рис. 38. Принципиальная схема автомата «Падающая звезда»

воспринято регистром как импульс на входе С, в результате чего произойдет сдвиг информации на один разряд [4]. Именно этим фактором обусловлена необходимость использования в схеме формирователя коротких отрицательных импульсов на элементах DD2.1–DD2.4.

Таким образом, после нажатия на кнопку «Реакция» на линейном светодиодном индикаторе остается гореть один светодиод. По позиции горящего светодиода и положению регулятора «Такты» можно оценить время реакции испытуемого на световой раздражитель.

Если играющий не успел нажать кнопку SB3 «Реакция» до загорания последнего светодиода линейки (HL9), то положительный перепад напряжения с выхода «7» регистра, поступая на вход С триггера DD3.2, установит его в единичное состояние (так как D=1), и регистр DD4 вновь переключится в режим хранения информации. Выполнение светового эффекта прекратится, и в линейном индикаторе останется гореть светодиод HL9.

Если играющий нажмет на кнопку SB3 «Реакция» раньше, чем подан сигнал «Старт», триггер DD3 2 установится в единичное состояние и за счет низкого уровня на прямом выходе триггера DD3.1 загорится светодиод HL2 «Нарушение правил». Уровень логической 1 с прямого выхода триггера DD3.2 заблокирует кнопку SB2 «Старт», и ее последующее нажатие не изменит состояние триггера DD3.1. На входы SR и SL регистра вновь будут поданы низкие уровни, и регистр DD3 переключится в режим хранения информации.

Блок оценки работает следующим образом. По нажатию кнопки SB1 «Сброс» за счет подачи высокого уровня на вход разрешения ПЗУ DD6 на всех выходах микросхемы формируются высокие уровни, и индикатор HG1 гаснет. Если после нажатия на кнопку SB3 «Реакция» горят светодиоды HL3 или HL4, то на индикаторе индицируется оценка «5», при свечении светодиодов HL5 или HL6 – оценка «4», а при свечении светодиодов HL7–HL8 – оценка «3». Если играющий не успел нажать на кнопку SB2, пока не загорелся светодиод HL9, то на индикаторе светится оценка «2». И наконец, если играющий нарушил правила, и после нажатия на кнопку «Реакция» ни один из светодиодов HL3–HL9 не светится, на индикаторе HG1 высвечивается оценка «1».

Карта программирования ПЗУ DD6 дана в табл. 15.

Таблица 15

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	FF	F9	FF													
1	A4	FF	92	99	FF	80	FF	FF	FF							

1.7. «Электронные салки»

В игре «Салки» играющие кого-то догоняют и стараются «осалить» (коснуться рукой), догоняемый старается увернуться. В описываемой игре двое играющих при «встрече» стараются «осалить» друг друга нажатием кнопки «Попадание» [63]

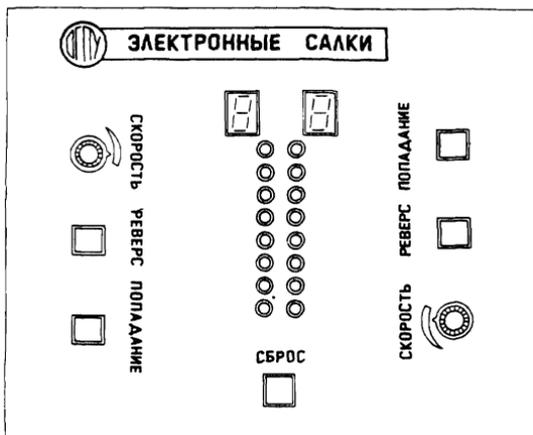


Рис. 39. Передняя панель игрового автомата «Электронные салки»

Передняя панель игрового автомата изображена на рис. 39. В ее середине находятся две линейки из восьми светодиодов каждая. Пульты управления играющих расположены на противоположных сторонах панели и содержат кнопки «Попадание» и «Реверс», а также регулятор «Скорость». Кроме того, на панели расположены кнопка «Сброс» и индикаторы счета.

После включения устройства и его запуска на светодиодных линейках возникает эффект «бегущего огня». Скорость движения «огня» в своей линейке светодиодов играющий может плавно изменять регулятором «Скорость». Кнопкой «Реверс» каждый из играющих может изменить направление «бегущего огня» на своей линейке светодиодов. Задача игрока – при совпадении позиций включенных светодиодов на обеих линейках индикаторов раньше соперника нажать на кнопку «Попадание». Тот, кому это удастся, получает выигрышное очко. Если нажатие на кнопку «Попадание» выполнено, когда позиции включенных светодиодов не совпали, очко получает соперник. Игра ведется до тех пор, пока кто-нибудь из игроков не наберет 9 очков.

Функциональная схема игрового автомата изображена на рис. 40 [41]. После включения устройства нажатием на кнопку «Сброс» обнуляются счетчики СТ3 и СТ4, индикаторы выигрыша ИВ1 и ИВ2 высвечивают нулевые показания. Игра начинается. Высокий уровень с выхода логического устройства ЛУ2 запускает генераторы импульсов ГТ1, ГТ2 и ГТ3. Импульсы с выхода тактовых генераторов ГТ2 и ГТ3 через коммутаторы 1 и 2 поступают на суммирующие или вычитающие входы счетчиков СТ1 и СТ2 (в зависимости от положения контактов кнопок «Реверс 1» и «Реверс 2»). Код на выходе этих счетчиков монотонно увеличивается или уменьшается. В результате преобразования двоичного кода в позиционный дешифраторами DC1 и DC2 на светодиодных линейках Н1 и Н2 создается эффект «бегущего огня». Если кнопки «Реверс» не нажаты, то направление движения «огней» на линейках Н1 и Н2 встречное. После нажатия на любую из кнопок

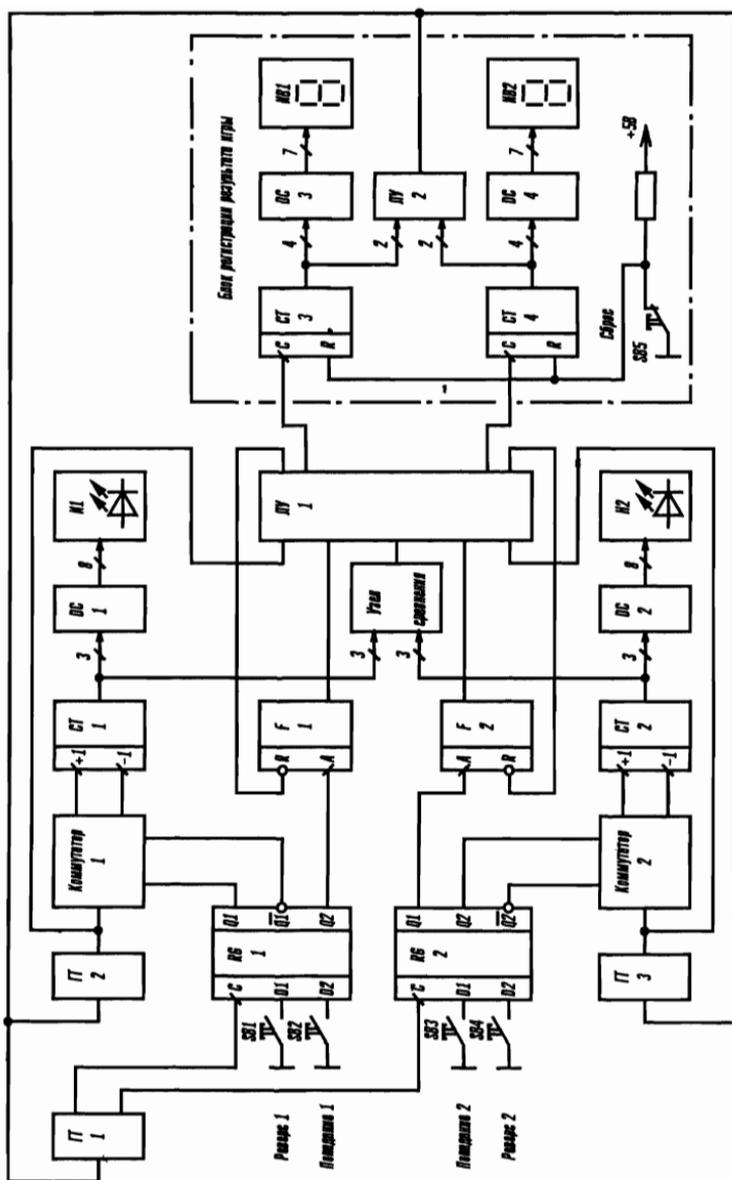


Рис 40 Функциональная схема игрового автомата «Электронные салки»

«Реверс 1» или «Реверс 2» информация на выходах Q1 и Q1 регистра RG1 или Q2 и $\bar{Q}2$ регистра RG2 инвертируется, и направление движения «огня» в соответствующей линейке Н1 или Н2 изменяется. Частота генератора ГТ1 равна 50...70 Гц, что обеспечивает защиту от «дребезга» контактов при нажатии на кнопки SB1–SB4. Частоты генераторов ГТ2 и ГТ3 можно плавно изменять в пределах 0,6...2 Гц.

Коды с выходов счетчиков СТ1 и СТ2 подаются на входы узла сравнения. При равенстве этих кодов (когда совпадают позиции включенных светодиодов в линейках Н1 и Н2) на выходе узла сравнения формируется высокий, а при неравенстве кодов – низкий уровень напряжения. После нажатия на кнопки «Попадание 1» или «Попадание 2» на выходе Q2 регистра RG1 или выходе Q1 регистра RG2 возникает отрицательный перепад напряжения, запускающий, соответственно, формирователи импульсов F1 или F2. На их выходах формируются короткие импульсы высокого уровня, поступающие на входы 2 и 4 логического устройства ЛУ1.

Оно определяет, кто из играющих первым нажал на свою кнопку «Попадание» при совпадении позиций включенных светодиодов в линейках Н1 и Н2. При этом, если первой нажата кнопка «Попадание 1», то короткий импульс высокого уровня формируется на втором выходе ЛУ1, а на четвертом выходе ЛУ формируются низкий уровень напряжения, блокирующий формирователь F2. Код на выходе счетчика СТ3 и показания цифрового индикатора ИВ1 увеличиваются на 1. Если же первой нажата кнопка «Попадание 2», то короткий импульс высокого уровня с третьего выхода ЛУ1 поступит на вход счетчика СТ4, увеличивая показания индикатора ИВ2. Одновременно низким уровнем с первого выхода логического устройства ЛУ1 блокируется формирователь F1. Низкий уровень на первом или четвертом выходах ЛУ1 сохраняется до момента поступления на счетчики СТ1 или СТ2 очередного тактового импульса и вызванного этим изменения игровой ситуации.

Кроме того, логическое устройство ЛУ1 фиксирует ситуации, в которых кто-то из соперников нажимает на кнопку «Попадание» в моменты, когда нет совпадения позиций включенных светодиодов в линейках Н1 и Н2. Если неудачно попытку совершил первый играющий, то на третьем выходе ЛУ1 формируется короткий импульс увеличивающий на 1 показания индикатора выигранных очков второго играющего (ИВ2). Если же неудачно среагировал игрок 2, то импульс формируется на втором выходе ЛУ1, увеличивая на 1 показания индикатора ИВ1.

Выходы нулевого и третьего разрядов счетчиков СТ3 и СТ4 соединены с входами логического устройства ЛУ2. Как только десятичный эквивалент кода на выходе одного из счетчиков станет равным 9, на выходе этого логического устройства формируется низкий уровень напряжения, блокирующий тактовые генераторы ГТ1, ГТ2 и ГТ3. В дальнейшем изменений положения включенного светодиода в линейках Н1 и Н2 не происходит. Игра закончена. Для ее возобновления надо вновь нажать на кнопку «Сброс».

Принципиальная схема устройства изображена на рис. 41. Генераторы тактов ГТ1, ГТ2, ГТ3 выполнены на элементах DD2.1-DD2.4, DD1.1–DD1.3, DD3.1–DD3.3, соответственно, коммутатор 1 – на элементах DD6.1, DD6.2, а коммутатор 2 – на элементах DD6.3, DD6.4. Формирователи F1 и F2 реализованы на мультивибраторах DD8.1 и DD8.2. Логическое устройство

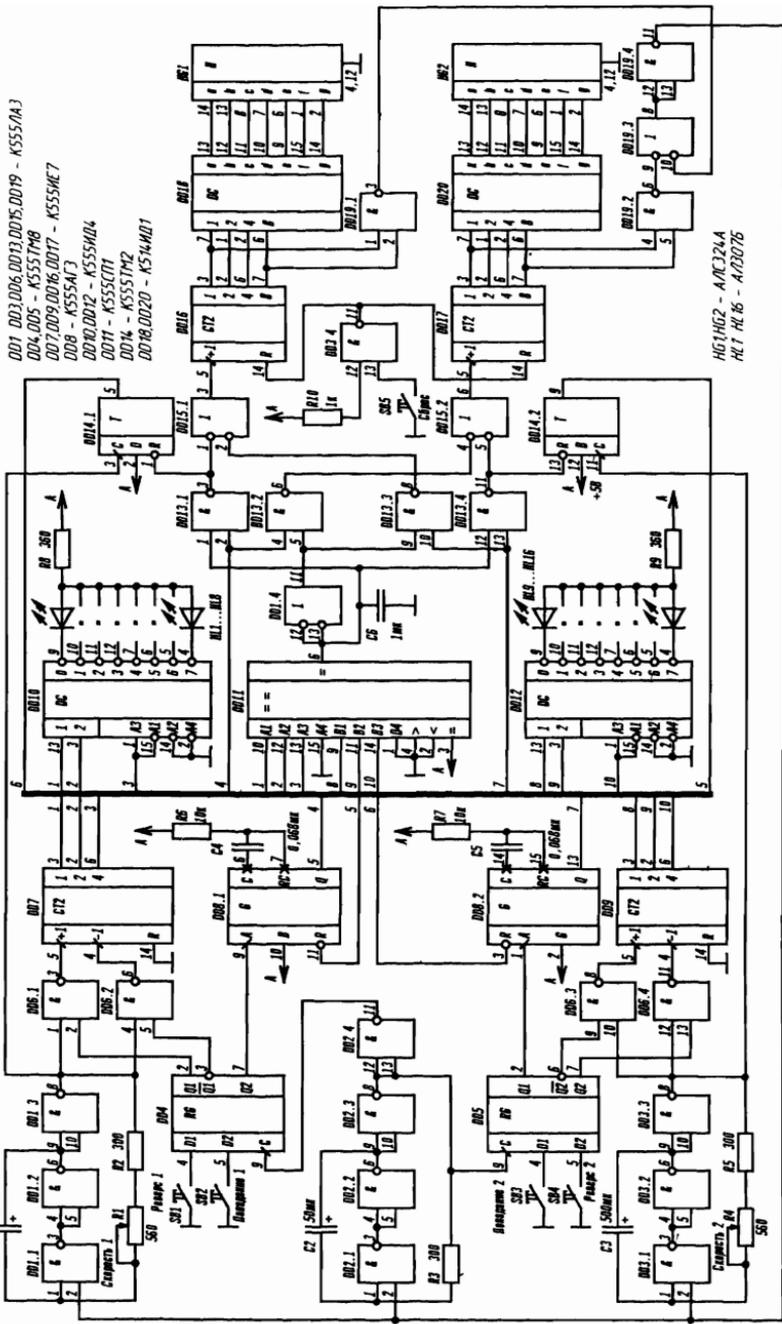


Рис. 41. Принципиальная схема игрового автомата «Электронные салки»

ЛУ1 собрано на логических элементах DD1.4, DD13.1–DD13.4, DD15.1, DD15.2 и триггерах DD14.1, DD14.2, логическое устройство ЛУ2 – на элементах DD19.1–DD19.4.

Игровой автомат работает следующим образом. Нажатием на кнопку SB5 «Сброс» обнуляются счетчики DD16 и DD17, индикаторы счета HG1 и HG2 высвечивают нулевые показания. Высокий уровень с выхода элемента DD19.4 разрешает работу всех трех тактовых генераторов. Триггеры DD14.1 и DD14.2 устанавливаются в единичное состояние, разрешая работу формирователей DD8.1, DD8.2. Тактовые импульсы с выхода генератора на элементах DD2.1–DD2.4 поступают на входы синхронизации регистров DD4, DD5. На прямых выходах регистров при ненажатых кнопках SB1–SB4 формируются высокие уровни. В результате тактовые импульсы генератора DD1.1–DD1.3 через элемент DD6.1 подаются на суммирующий вход счетчика DD7, а тактовые импульсы генератора DD3.1–DD3.3 – через элемент DD6.4 на вычитающий вход счетчика DD9. На линейке светодиодов HL1–HL8 наблюдается движение «огня» сверху вниз (по схеме), а на линейке HL9–HL16 – снизу вверх.

При нажатии кнопок «Реверс 1» или «Реверс 2» информация на выходах Q1, $\overline{Q1}$ регистра DD4 или Q2, Q2 регистра DD5 инвертируется и, соответственно, изменяется направление движения «огня» на линейках HL1–HL8 или HL9–HL16. Скорость движения «огня» изменяют переменными резисторами R1 («Скорость 1») и R4 («Скорость 2»). При равенстве кодов на выходах счетчиков DD7 и DD9 позиции включенных светодиодов в обеих линейках совпадают, а на выходе узла сравнения DD11 формируется высокий уровень.

Если в этот момент кто-то из соперников (например, первый игрок) нажмет на кнопку SB2 («Попадание 1»), то на выходе Q2 регистра DD4 возникает отрицательный перепад напряжения, запускающий формирователь DD8.1. На его выходе формируется короткий импульс высокого уровня. Импульс низкого уровня с выхода элемента DD13.1 установит триггер DD14.1 в нулевое состояние, а импульс высокого уровня с выхода элемента DD15.1 увеличит на 1 выходной код счетчика DD16. Первый игрок получит выигрышное очко. На R-вход формирователя DD8.2 с выхода триггера DD14.1 подается низкий уровень, блокирующий этот формирователь, поэтому нажатие кнопки «Попадание 2» соперником не вызывает появления импульса на выходе формирователя DD8.2 и изменения выходного кода счетчика DD17.

Блокирование формирователя DD8.2 прекратится после подачи очередного тактового импульса с выхода генератора DD1.1–DD1.3 на вход счетчика DD7 одновременно с изменением положения включенного светодиода в линейке HL1–HL8. Если же кто-то из играющих, например, второй, нажмет на кнопку «Попадание 2», когда позиции включенных светодиодов в линейках HL1–HL8 и HL9–HL16 не совпадают и на выходе узла сравнения DD11 низкий уровень, то импульс с выхода формирователя DD8.2 пройдет через элементы DD13.3, DD15.1 на вход счетчика DD16, и выигрышное очко получит первый игрок. При неудачной попытке, выполненной первым игроком, импульс с выхода формирователя DD8.1 пройдет через элементы DD13.2 и DD15.2 на вход счетчика DD17, и выигрышное очко получит вто-

рой игрок. Если на выходах "1" и "8" счетчиков DD16 или DD17 появится высокий уровень (код на выходе счетчика 1001), то низкий уровень с выхода элементов DD19.1 или DD19.2 сформирует низкий уровень на выходе элемента DD19.4 и он заблокирует все тактовые генераторы. Изменения положения горящих светодиодов в линейках в дальнейшем не происходит, а нажатие на кнопки «Попадание 1» и «Попадание 2» не приведет к изменению показаний индикаторов HG1 и HG2. Игра закончена. Для ее возобновления надо вновь нажать на кнопку «Сброс» SB5.

1.8. Игровой автомат «Волейбол»

Автомат представляет собой увлекательную игру, позволяющую оценивать внимание, координацию выполняемых действий и скорость реакции на одиночный световой раздражитель. Общий вид игрового поля – верхней панели устройства – изображен на рис. 42. На каждой площадке расположены три кнопки приема мяча («1», «2», «3») и кнопка «Передача», три светодиодных индикатора попадания мяча в определенную зону площадки. Органы управления судьи включают кнопки «Сброс», «Подача» и переключатель темпа игры «>->». В принципе функции судьи может выполнять один из соперников. Кроме того, имеются два цифровых индикатора счета игры и светодиодные индикаторы выигрыша очка каждым из играющих.

После нажатия на кнопку «Сброс» табло высвечивает счет 0:0. Переключателем «>->» задают темп игры (время, в течение которого игрок должен «принять мяч» на своей площадке и передать его на площадку противника). После нажатия на кнопку «Подача» гаснут светодиодные индикаторы на каждой площадке, а также светодиоды, индицирующие выигрыш очка (если они были включены), и через несколько секунд происходит случайное

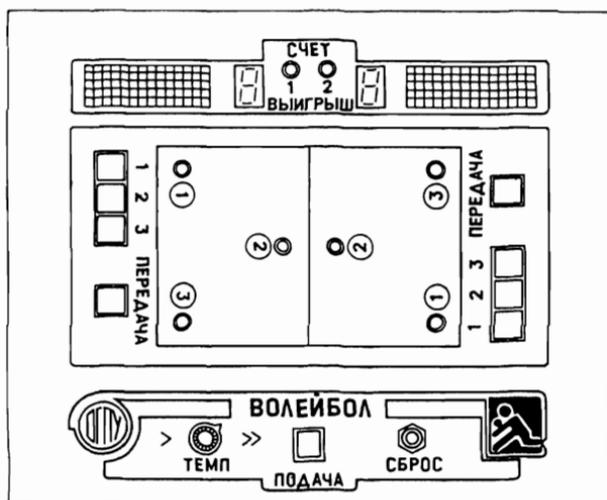


Рис. 42. Передняя панель игрового автомата «Волейбол»

вбрасывание «мяча» в произвольную зону игрового поля. Тот играющий, на площадку которого вброшен «мяч», должен нажатием на одну из кнопок «1», «2» или «3», соответствующую этой зоне, выполнить прием «мяча», а затем, не отпуская кнопки приема, нажатием на кнопку «Передача» послать мяч на площадку противника.

Если играющий выполнит действия в указанной последовательности и в течение времени, заданного переключателем темпа игры, то «мяч» окажется на площадке соперника в одной из трех зон, что проиндицирует соответствующий светодиод. Задача второго играющего аналогична. Игра продолжается до тех пор, пока один из играющих не нарушит правила игры (ошибется в последовательности нажатий или превысит время, отведенное ему для приема и передачи мяча). В этом случае включится светодиод, свидетельствующий о выигрыше очка соперником, и показания индикатора счета увеличатся на 1.

После выигрыша очередного очка необходимо снова нажать на кнопку «Подача». Игра продолжается до 15 очков. Когда показания цифрового индикатора превышают 9, то включается запятая и цифра, соответствующая числу единиц (например, показания «3,» означают «13»).

После победы одного из «волейболистов» для возобновления состязаний следует последовательно нажать на кнопки «Сброс» и «Подача». Изменить темп игры можно как перед началом игры, так и перед очередной подачей.

Функциональная схема игрового автомата изображена на рис. 43. Она содержит тактовый генератор ГТ, реле времени РВ, генератор случайных импульсов ГСИ и два идентичных блока, каждый из которых содержит элемент И-НЕ, двухвходовые и четырехвходовые элементы ИЛИ, регистр RG, таймер G, логическое устройство ЛУ, формирователь импульсов F, триггер Т, счетчик СТ и блок индикации счета БИ. Каждый играющий управляет тремя кнопками приема мяча (SB2–SB4, SB7–SB9) и кнопкой передачи мяча (SB5, SB10) на площадку соперника [42, 43].

Перед началом игры судья или один из играющих нажатием на кнопку SB6 «Сброс» обнуляет показания счетчиков СТ1 и СТ2, и на табло блоков индикации БИ1 и БИ2 высвечиваются нулевые показания. После нажатия на кнопку SB1 «Подача» триггеры Т1 и Т2 устанавливаются в нулевое состояние, светодиоды HL4 и HL8 гаснут. Одновременно подачей низкого уровня на R-вход регистров RG1 и RG2 они обнуляются, и индикаторы игровой ситуации HL1–HL3, HL5–HL7 гаснут.

Тактовый генератор формирует прямоугольные импульсы со скважностью 2, которые запускают генератор случайных импульсов ГСИ. На трех его выходах поочередно появляются прямоугольные импульсы со скважностью 3, подаваемые на информационные входы регистров RG1 и RG2. Нажатием на кнопку «Подача» запускается также реле времени, и через несколько секунд на его выходе формируется одиночный короткий импульс, поступающий на вход первого и второго элементов И-НЕ. Если этот импульс совпал по времени с тактовым импульсом высокого уровня, то короткий импульс низкого уровня поступает на вход синхронизации регистра RG1, в результате на игровом поле первого играющего включится один из светодиодов HL1–HL3. Одновременно запускается таймер G1. Задача пер-

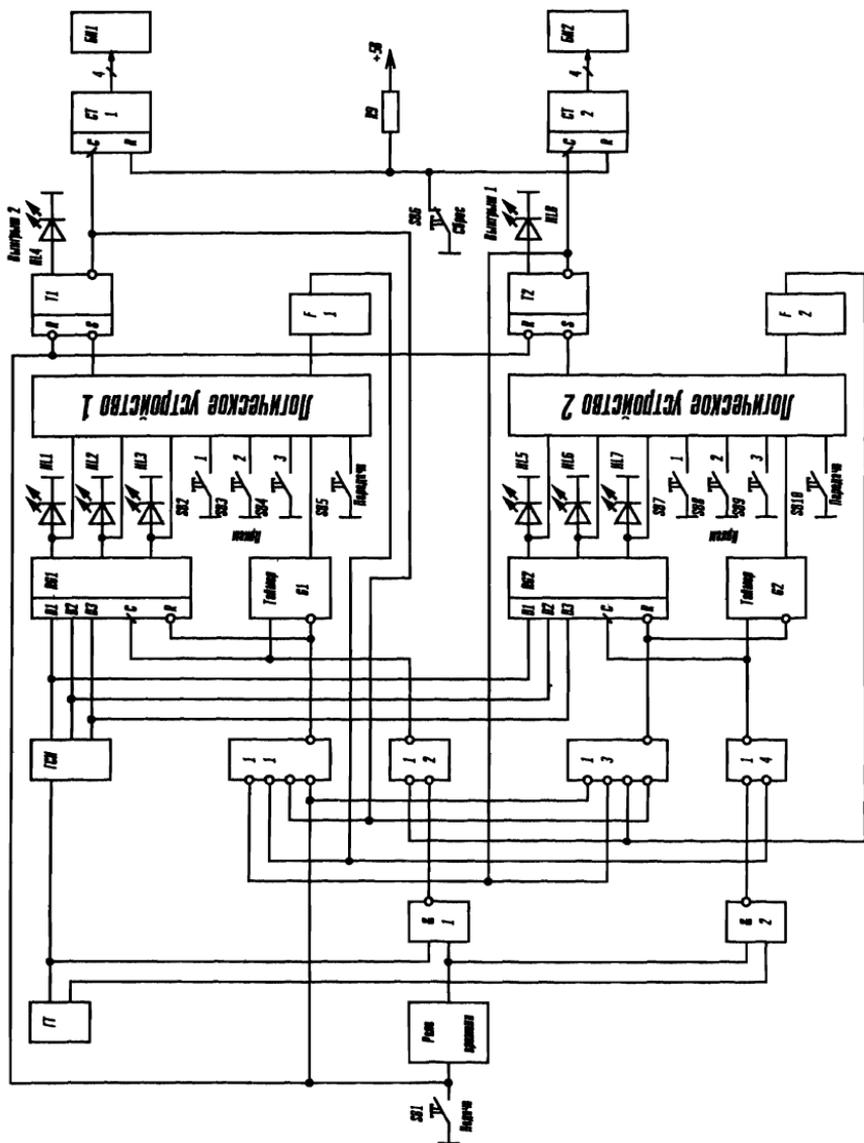


Рис. 43. Функциональная схема игрового автомата «Волейбол»

вого играющего – нажать на одну из кнопок приема мяча SB2–SB4, соответствующую включенному светодиоду, а затем, не отпуская кнопку приема, нажать на кнопку передачи SB5 и выполнить все это в течение заданного времени τ (длительности импульса таймера G1). Логическое устройство ЛУ1 определит, справился ли первый играющий со своей задачей. До выполнения задания на обоих выходах логического устройства формируется высокий уровень. Если «прием мяча» выполнен верно, состояние логического устройства не изменяется. Если передача мяча выполнена в срок и безошибочно, то высокий уровень на втором выходе логического устройства сменится на низкий.

Отрицательный перепад напряжения на втором выходе ЛУ1 запускает формирователь F1, короткий импульс с его выхода проходит через первый элемент ИЛИ и обнуляет регистр RG1. Светодиоды HL1–HL3 гаснут. Таймер G1 устанавливается в исходное состояние. Кроме того, импульс с выхода формирователя F1, проходит через четвертый элемент ИЛИ, запускает таймер G2, и в регистр RG2 заносится случайный код с выхода генератора случайных импульсов. Включается один из светодиодов HL5–HL7, свидетельствующий о том, что «мяч» попал на площадку второго играющего, и теперь ему нужно его принять, а затем передать на площадку соперника. Эти циклы повторяются до тех пор, пока один из «волейболистов» не совершит ошибку.

Ошибками считаются: нажатие кнопки приема, не соответствующей зоне площадки, в которой находится «мяч»; нажатие кнопки приема с опережением, т. е. до того, как «мяч» появился на площадке; нажатие кнопки «Передача» при отпущенной кнопке приема; верное нажатие кнопок приема и передачи, но с опозданием, т.е. после окончания импульса таймера.

Если ошибку совершил первый игрок, то на первом выходе логического устройства ЛУ1 формируется низкий уровень, триггер T1 устанавливается в единичное состояние и включается светодиод HL4 «Выигрыш 2», свидетельствующий о выигрыше очка вторым игроком. На входе С счетчика СТ1 формируется отрицательный перепад напряжения, и код на выходе счетчика увеличивается на 1. Одновременно на 1 увеличиваются показания индикатора БИ1. Низкий уровень с инверсного выхода триггера T1 через первый и третий элементы ИЛИ обнуляет регистры RG1 и RG2 и устанавливает таймеры G1 и G2 в исходное состояние. Индикаторы HL1–HL3, HL5–HL7 гаснут, начинается розыгрыш нового очка, для чего надлежит вновь нажать на кнопку «Подача». При ошибке второго играющего включается светодиод HL8 «Выигрыш 1» и на 1 увеличиваются показания индикатора БИ2.

В остальном циклы игры аналогичны описанному. Если при «подаче» импульс на выходе PB совпадает с тактовым импульсом низкого уровня, то «вбрасывание» происходит на площадку второго играющего. Игра продолжается до тех пор, пока один из играющих не наберет 15 очков. Для начала новой партии необходимо нажать на кнопку «Сброс», после чего индикаторы счета обнуляются, и игра возобновляется.

Принципиальная схема игрового автомата изображена на рис. 44. Тактовый генератор собран на элементах DD1.1–DD1.4 и счетном триггере DD3.1, скважность импульсов на выходе которого равна 2. Генератор слуг

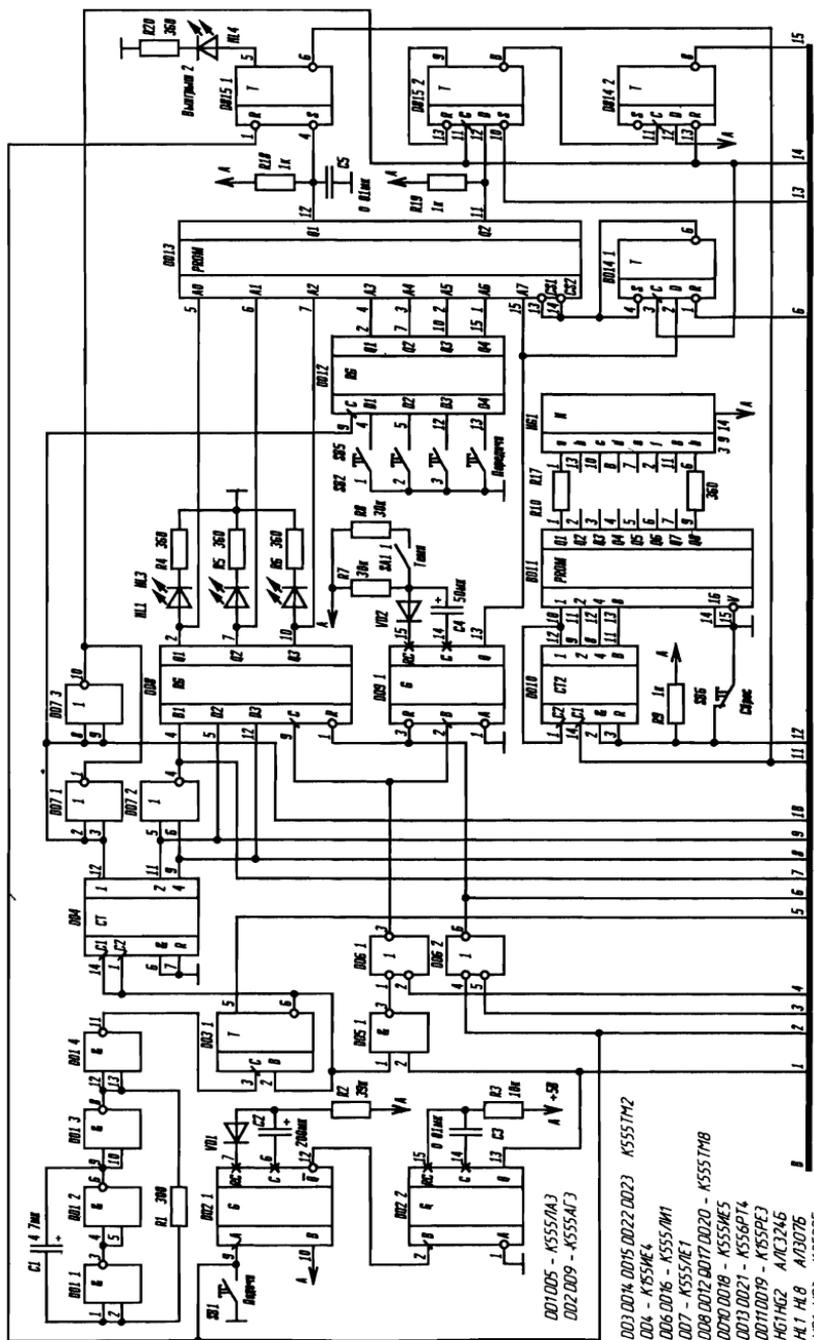


Рис 44 (начало)

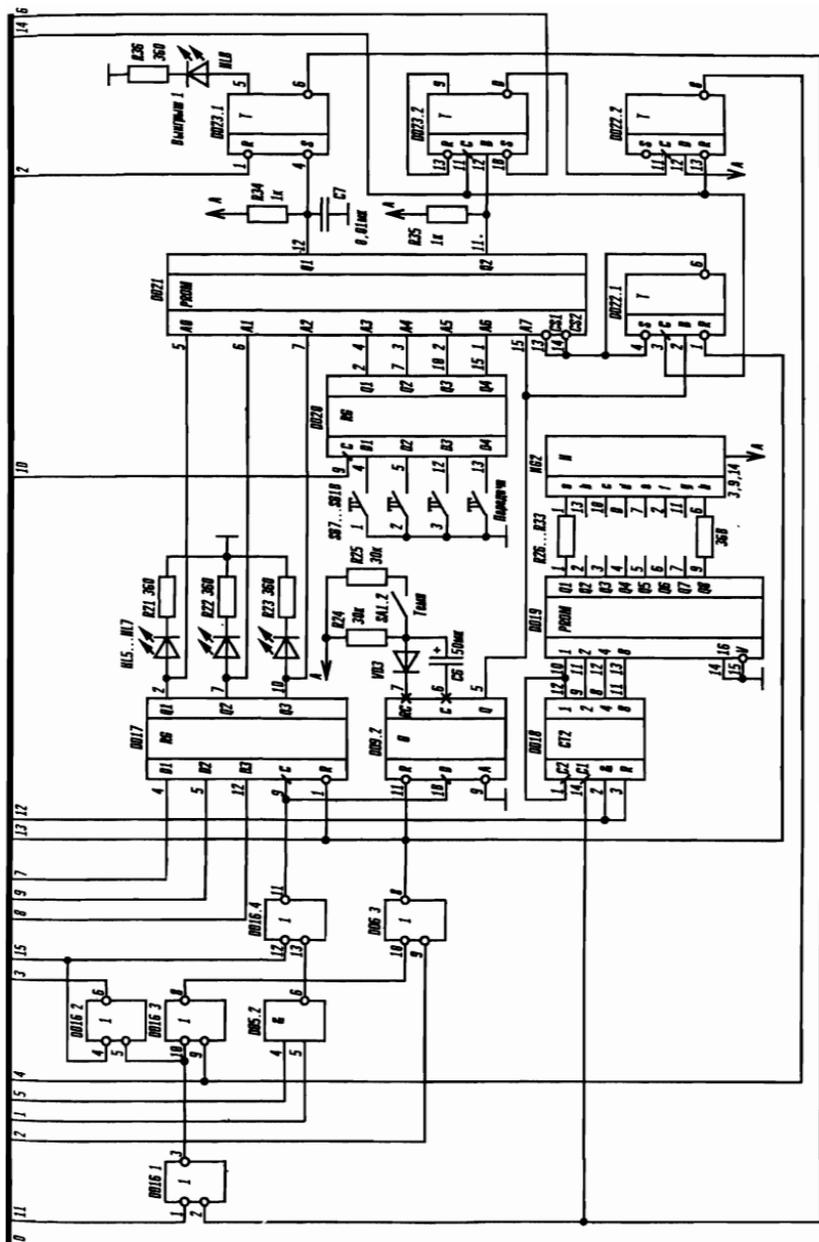


Рис. 44. Принципиальная схема игрового автомата «Волейбол»

чайных импульсов реализован на счетчике DD4 и элементе DD7.2, а реле времени – на мультивибраторах DD2.1 и DD2.2. Регистры отображения игровой ситуации выполнены на микросхемах DD8 и DD17, а таймеры – на мультивибраторах DD9.1, DD9.2. Переключателем SA1 изменяется длительность импульсов на выходе таймеров, определяющих допустимое время приема «мяча», и передачи его на площадку соперника. Логические устройства ЛУ1 и ЛУ2 реализованы на ПЗУ DD13 и DD21, а формирователи импульсов F1 и F2 – на триггерах DD15.2, DD14.2 и DD23.2, DD22.2, соответственно. На микросхемах DD10 и DD18 выполнены счетчики ошибок, блоки индикации содержат дешифраторы на ПЗУ DD11 и DD19, а также цифровые индикаторы HG1 и HG2.

Устройство работает следующим образом. По нажатию кнопки SB6 «Сброс» обнуляются счетчики DD10 и DD18, а на индикаторах счета HG1 и HG2 высвечиваются нулевые показания. Затем судья нажимает на кнопку SB1 «Подача», при этом низкий уровень через элементы DD6.2 и DD6.3 подается на входы R регистров DD8, DD17, устанавливая их в нулевое состояние. Светодиоды HL1–HL3, HL5–HL7 гаснут. Этим же низким уровнем триггеры DD14.1 и DD22.1 устанавливаются в нулевое состояние, и высоким уровнем с их выходов блокируются ПЗУ DD13, DD21. На выходах ПЗУ формируются высокие уровни, триггеры DD15.1, DD23.1 устанавливаются в нулевое состояние. Светодиоды выигрыша HL4 и HL8 гаснут. Кроме того, нажатием кнопки «Подача» запускается формирователь DD2.1 и на его выходе генерируется импульс отрицательной полярности длительностью 4...5 с. Положительным перепадом этого импульса запускается мультивибратор DD2.2, и на его выходе формируется импульс положительной полярности длительностью менее 1 мс. В зависимости от уровней напряжения на выходе триггера DD3.1 происходит «вбрасывание мяча» на площадку одного из игроков. Если, например, в момент формирования указанного импульса на инверсном выходе триггера DD3.1 был высокий уровень напряжения, то импульс низкого уровня через элемент DD6.1 подается на вход C регистра DD8 и вход запуска формирователя импульсов DD9.1. В регистр DD8 запишется случайный код с выхода ГСИ, и равновероятно загорится один из светодиодов HL1–HL3. На выходе ждущего мультивибратора DD9.1 формируется импульс высокого уровня, длительность которого равна допустимому времени реагирования. По фронту тактового импульса с выхода элемента DD7.3 триггер DD14.1 устанавливается в единичное состояние, и низким уровнем с его выхода разрешается выборка кристалла ПЗУ DD13. Триггер DD14.1 включен по схеме «защелка», он будет находиться в единичном состоянии до тех пор, пока на его R-вход не поступит низкий уровень напряжения. Если теперь первый игрок успешно выполнит прием «мяча» (нажатием одной из кнопок SB2–SB4, соответствующей горящему светодиоду HL1–HL3), а затем и передачу мяча на площадку противника (нажатием кнопки SB5, не отпуская кнопку приема «мяча»), то по фронту тактового импульса с выхода «1» счетчика DD4 информация о состоянии кнопок SB2–SB5 запишется в регистр DD12, при этом обеспечивается защита от «дребезга» контактов указанных кнопок. На выходах ПЗУ формируется код 01. По срезу тактового импульса с выхода «1» счетчика DD4 низкий уровень с выхода Q2 ПЗУ запишется в триггер DD15.2, который также

включен по схеме «защелка». На инверсном выходе триггера DD15.2 формируется положительный перепад напряжения, по которому триггер DD14.2 установится в единичное состояние, так как на его D-вход подан высокий уровень. Как только напряжение на выходе элемента DD7.3 примет низкий уровень, триггер DD14.2 вновь установится в нулевое состояние. Таким образом, на его выходе в случае удачных действий первого игрока формируется импульс низкого уровня длительностью, равной половине периода тактовых импульсов. Импульс отрицательной полярности с выхода триггера DD14.2 через элементы DD16.2 и DD6.2 поступает на R-входы регистра DD8, формирователя импульсов DD9.1, триггера DD14.1. В результате светодиоды HL1–HL3 гаснут, напряжение на выходе DD9.1 принимает низкий уровень. Триггер DD14.1 устанавливается в нулевое состояние. Высоким уровнем с его выхода блокируется логическое устройство на ПЗУ DD13. Кроме того, импульс низкого уровня с выхода DD14.2 через элемент DD16.4 поступает на вход С регистра DD17 и вход запуска формирователя DD9.2. По аналогии с вышеизложенным загорается один из светодиодов HL5–HL7, запускается формирователь DD9.2, разрешается работа ПЗУ DD21. В случае ошибки второго игрока на выходе ПЗУ DD21 формируется код 10. Низким уровнем с выхода Q1 ПЗУ триггер DD23.1 устанавливается в единичное состояние, загорается светодиод HL8 «Выигрыш 1», на 1 увеличивается выходной код счетчика DD18 и показания индикатора HG2. Низким уровнем с инверсного выхода триггера DD23.1 через элементы DD16.1–DD16.3, DD6.2 и DD6.3 обнуляются регистры DD8, DD17, блокируются формирователи импульсов DD9.1 и DD9.2, устанавливаются в нулевое состояние триггеры DD14.1, DD22.1, запрещается работа ПЗУ DD13, DD21, на их выходах формируются высокие уровни. Розыгрыш очка завершен. Судья должен вновь выполнить «подачу» нажатием кнопки SB1, после чего «мяч» окажется на площадке одного из игроков.

В остальном устройство функционирует в соответствии с описанием функциональной схемы.

В заключение представим таблицы программирования ПЗУ, используемых в игровом автомате. В табл.16 приведены коды для ПЗУ DD13, DD21, используемых в качестве логических устройств, а в табл. 17 – для ПЗУ DD11 и DD19, используемых в качестве дешифраторов блоков индикации.

Т а б л и ц а 16

Адрес 16-ричный	78	9C	AA	B1	DC	EA	F1	F9	FA	FC	Остальные
Код выходной 16-ричный	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	2

Т а б л и ц а 17

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	C0	F9	A4	B0	99	92	82	F8	80	90	40	79	24	30	19	12
Остальные FF																

1.9. Игровой автомат «Теннис»

Эта электронная игра является одной из многих, позволяющих оценить быстроту реакции. По алгоритму игра напоминает теннис [44]. Правда, если при игре в теннис игрок старается не промахнуться по мячу в пространстве, то в данном случае игрок должен «отбить мяч» в течение заданного интервала времени, пока тот находится в игровой зоне. Панель игрового автомата изображена на рис.45. Движение «мяча» отображается перемещением позиции горящего светодиода в линейке из 14 индикаторов, а роль ракеток выполняют кнопки. В автомате предусмотрены два режима: «Тренировка» и «Игра». Тренировка напоминает игру теннисиста у «стенок». Счет игры отображают цифровые индикаторы. Игру ведут до 9 очков.

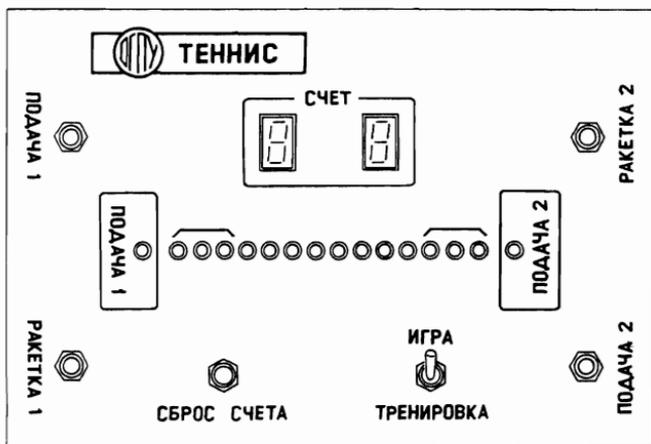


Рис 45. Передняя панель игрового автомата «Теннис»

Первоначально, после включения питания, тумблером «Игра»–«Тренировка» выбирается нужный режим. Нажатием на кнопку «Сброс счета» обнуляются показания цифровых индикаторов и включаются светодиоды «Подача 1» и «Подача 2». Право первой подачи предоставляется любому из соперников (по договоренности или по жребию). В режиме «Игра» после подачи, выполненной любым из игроков, гаснут индикаторы подачи, а на линейке светодиодов возникает эффект «бегущего огня» (от подающего к противнику). Задача другого игрока – нажать на кнопку «Ракетка» в течение времени, когда включен один из трех крайних светодиодов линейки. Если это выполнено, то изменяется направление «бегущего огня» и теперь «отбить мяч» должен соперник. В дальнейшем, в случае удачных действий игроков, эти циклы повторяются. Если же кто-то из соперников нажмет на кнопку «Ракетка» раньше, чем мяч достигнет игровой зоны или сделает это с опозданием, когда уже погаснет крайний светодиод, то он проигрывает, и очко получает противник. Кроме того, включается светодиод «Подача» у проигравшего игрока. Аналогичная ситуация возникает, если игрок вообще не нажал кнопку «Ракетка» и не сделал попытки «отбить мяч». При ро-

78

зыгрыше очередного очка подачу выполняет тот, кто проиграл предыдущее очко. Набравшего первым 9 очков признают победителем.

Как уже отмечалось, в автомате предусмотрен режим «Тренировка». В этом случае мяч движется сначала к «стенке», а, дойдя до нее (когда включится двенадцатый светодиод линейки), меняет направление движения на противоположное. Задача тренирующегося игрока (в данном случае первого) – своевременно «отбить мяч», отскочивший от «стенки». Все ошибки индицирует правый цифровой индикатор, расположенный на панели игрового автомата.

Функциональная схема игрового автомата изображена на рис. 46. Пусть переключатель режима установлен в положение «Игра». После включения игрового автомата и нажатия на кнопку SB5 обнуляются счетчики СТ1 и СТ2, на цифровых индикаторах высвечиваются нулевые показания. За счет подачи низкого уровня напряжения на первый вход логического устройства ЛУ3 на его обоих выходах формируются высокие уровни, и триггеры Т3 и Т4 устанавливаются в единичное состояние, загораются светодиоды «Подача 1» и «Подача 2». Высокие уровни с прямых выходов триггеров Т3 и Т4 разрешают работу формирователей F3 и F4. Низким уровнем с выхода элемента ИЛИ-НЕ триггер Т2 устанавливается в нулевое состояние, счетчик СТ3 обнуляется.

Пусть право на подачу получил первый игрок. По нажатию кнопки SB3 «Подача 1» на выходе формирователя F3 появляется короткий импульс отрицательной полярности. Высоким уровнем с выхода инвертора обнуляется реверсивный счетчик СТ4. Одновременно триггер Т2 переключается в единичное состояние. Перепадом напряжения на его выходе запускается формирователь F5, который формирует короткий импульс положительной полярности, устанавливающий триггеры Т3 и Т4 в нулевое состояние. Индикаторы подачи HL1 и HL2 гаснут, формирователи F3 и F4 блокируются низкими уровнями с прямых выходов триггеров Т3 и Т4. Логические устройства ЛУ1 и ЛУ2 идентичны. На выходе каждого из них формируется высокий уровень либо при низком уровне на третьем входе, либо при высоких уровнях на первом и втором входах одновременно. Таким образом, после нажатия на кнопку SB3 «Подача 1» на выходе логического устройства ЛУ2 возникает высокий уровень, устанавливающий триггер Т1 в единичное состояние, разрешая прохождение тактовых импульсов с выхода ГТ через первый элемент И-НЕ на суммирующий вход счетчика СТ4. Код на выходе этого счетчика монотонно увеличивается, и положение горящего светодиода в линейке смещается слева направо. Если второй игрок нажмет на кнопку SB1 «Ракетка 2», когда на выходе третьего элемента ИЛИ будет высокий уровень (светится один из трех крайних правых светодиодов линейки), то на обоих выходах ЛУ3 формируются низкие уровни, и состояние триггеров Т2, Т3 и Т4 остается неизменным. Подача высокого уровня на первый вход ЛУ1 и импульса высокого уровня с выхода формирователя F1 на второй вход приводит к появлению на выходе ЛУ1 импульса положительной полярности, устанавливающего триггер Т1 в нулевое состояние. При этом низким уровнем с прямого выхода триггера Т1 запрещается подача тактовых импульсов на вход «+1» счетчика СТ4 и разрешается их прохождение через второй элемент И-НЕ на вход «-1» этого счетчика. Код на вы-

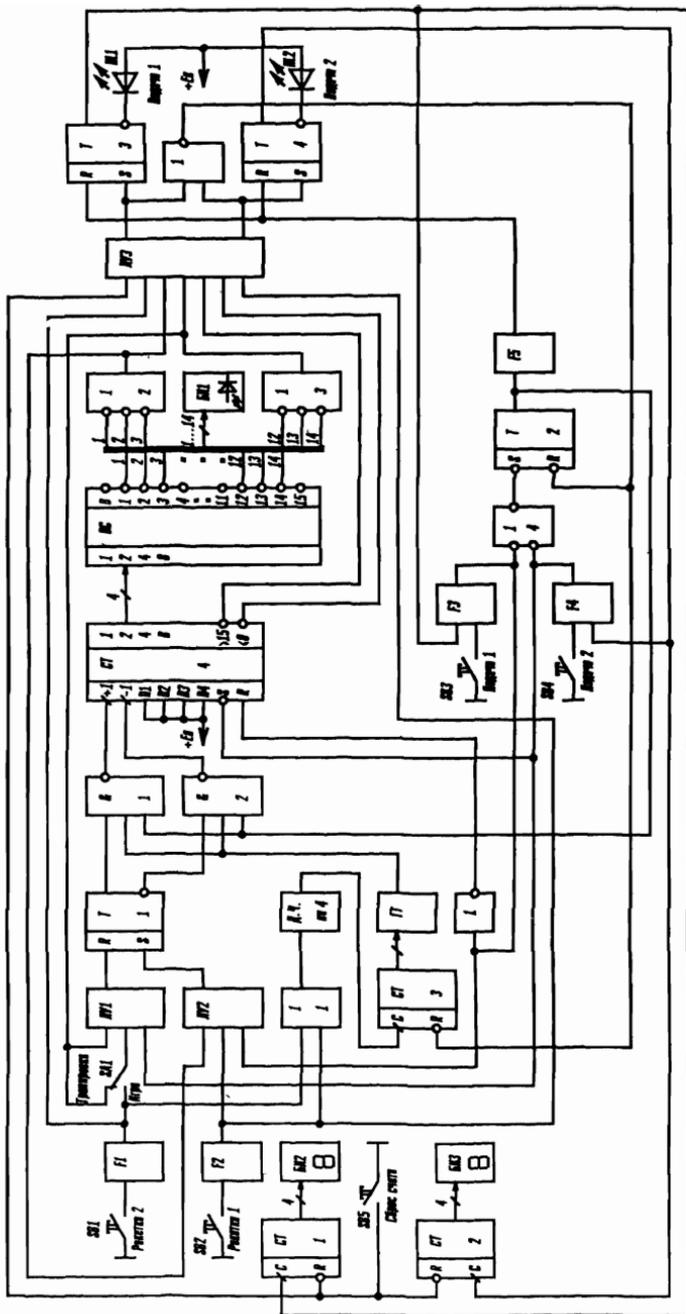


Рис. 46. Функциональная схема игрового автомата «Теннис»

ходе счетчика монотонно уменьшается, и положение горящего светодиода в линейке смещается справа налево. Теперь «прием мяча» должен выполнить первый игрок. Если он не сделает ошибки, то «мяч» снова изменит направление и полетит ко второму игроку. Если же нажатие на кнопку «Ракетка 1» произойдет до попадания «мяча» в игровую зону (когда светятся три крайних левых светодиода линейки), то на первом выходе логического устройства ЛУ3 будет сформирован высокий уровень, а на нижнем – низкий. Триггер Т3 переключится в единичное состояние, и включится светодиод HL1 («Подача 1»), который сигнализирует о проигрыше очка первым игроком. Перепад напряжения на прямом выходе триггера Т3 увеличит на 1 выходной код счетчика СТ1 и показания индикатора БИ2. Очко получает в этом случае второй игрок. Высоким уровнем с прямого выхода триггера Т3 снимается блокировка с формирователя F3, разрешая выполнение подачи первому игроку. Аналогичная ситуация возникает и в случае, когда первый игрок не успевает среагировать на «мяч» и либо нажимает кнопку «Ракетка 1» с опозданием, либо не делает нажатия вовсе. В этом случае по появлению низкого уровня на выходе « ≤ 0 » счетчика СТ4 на первом выходе логического устройства ЛУ3 формируется высокий уровень. Триггер Т3 устанавливается в единичное состояние, загорается светодиод «Подача 1», и увеличиваются на 1 показания индикатора выигранных очков второго игрока (БИ2). В случае, если ошибку в процессе игры совершит второй игрок, высокий уровень формируется на втором выходе ЛУ3, триггер Т4 переключается в единичное состояние, загорается светодиод HL2 «Подача 2», на 1 увеличиваются код счетчика СТ2 и показания индикатора БИ3. Одновременно разрешается работа формирователя F4 и право подачи получает второй игрок.

Для повышения занимательности игры и ограничения времени розыгрыша очка в отличие от схемы, описанной в [63], генератор тактов (ГТ) сделан управляемым. После каждых двух удачных приемов мяча, выполненных обоими игроками, частота ГТ дискретно возрастает и мяч летит в сторону противника с большей скоростью.

При первоначальном включении и нажатии на кнопку SB5 на выходе счетчика СТ3 формируется нулевой код, которому соответствует самая низкая частота ГТ. Затем после каждых четырех удачных приемов мяча (по 2 каждым игроком) на выходе делителя частоты ДЧ формируется положительный перепад напряжения, увеличивающий на 1 код счетчика СТ3. Соответственно, увеличивается и частота ГТ. После того, как частота ГТ достигнет наперед заданного максимума, ее значение остается неизменным. Пределы изменения частоты и дискретность этого изменения зависят от схемной реализации ГТ и устройства управления, они могут либо программироваться, либо устанавливаться подбором элементов схемы.

В режиме тренировки (переключатель SA1 в верхнем положении) формирователь F1 отключается от входа логического устройства ЛУ1. Оба входа ЛУ1 оказываются подключенными к выходу третьего элемента ИЛИ. Поэтому, когда при движении «мяча» слева направо низкий уровень появится на выходе «12» дешифратора DC и включится двенадцатый светодиод линейки (это эквивалентно попаданию мяча в «стенку»), на выходе логического устройства ЛУ1 появится высокий уровень. Триггер Т1 переключит-

ся в нулевое состояние, и тактовые импульсы через второй элемент И-НЕ будут поступать на вход “–1” счетчика СТ4. Таким образом, направление движения «мяча» автоматически изменяется на противоположное, как только он достигнет «стенки». Действия первого игрока идентичны описанным в режиме «Игра». Его ошибки фиксируются индикатором БИ2.

Принципиальная схема игрового автомата «Теннис» изображена на рис. 47а,б. Формирователи импульсов F1 и F2 реализованы на триггерах DD1.1, DD1.2 и одновибраторах DD2.1, DD2.2. Логическое устройство ЛУ1 содержит элементы DD3.1, DD3.3, а логическое устройство ЛУ2 – элементы DD3.2, DD3.4. Формирователи F3 и F4 выполнены на элементах DD5.1, DD5.2, формирователь F5 – на дифференцирующей цепи C5, R5. Логическое устройство ЛУ3 реализовано на элементах DD12.1–DD12.4, DD10.2, DD10.3, делитель частоты ДЧ – на счетчике DD14.1. Управляемый генератор тактов ГТ содержит вспомогательный генератор на элементах DD16.1–DD16.3, пятиразрядный счетчик (DD14.2, DD15), кодировщик на ПЗУ DD17, счетчик с предустановкой DD18, формирователь импульсов DD7.2 и элемент DD13.4. Блоки индикации БИ2 и БИ3 выполнены на дешифраторах DD20, DD22 и цифровых индикаторах НГ1, НГ2, блок индикации БИ1 содержит светодиоды HL1–HL14.

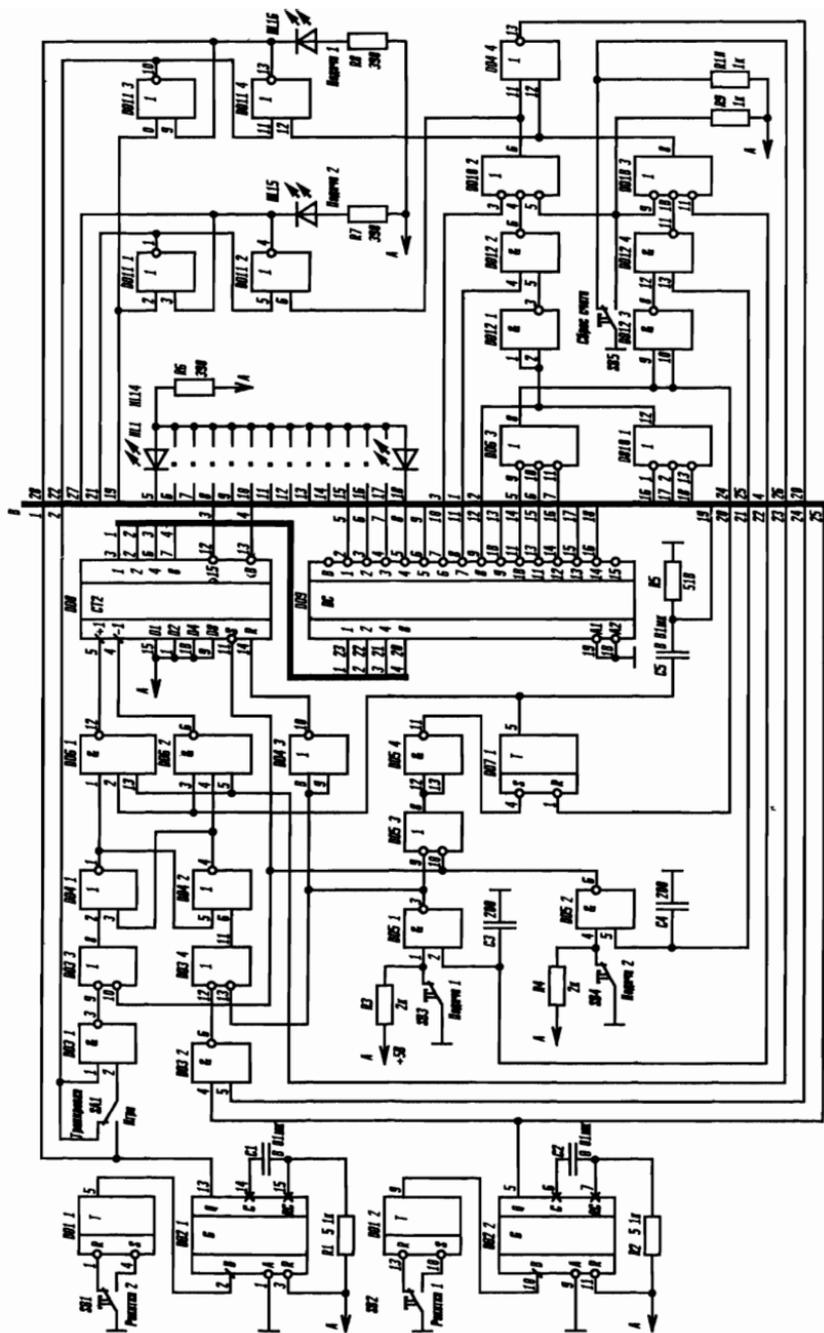
Рассмотрим случай, когда переключатель режима работы установлен в положение «Игра». После включения устройства и нажатия на кнопку SB5 «Сброс счета» за счет подачи высокого уровня на входы R обнуляются счетчики DD19, DD21, и на индикаторах НГ1, НГ2 высвечиваются нулевые показания. С выходов элементов DD10.2 и DD10.3 на входы триггеров, реализованных на элементах DD11.1, DD11.2 и DD11.3, DD11.4 поступают высокие уровни напряжения, устанавливающие триггеры в единичное состояние. Загораются светодиоды HL15, HL16 («Подача 1» и «Подача 2»). Кроме того, на выходе элемента DD4.4 формируется низкий уровень, устанавливающий триггер DD7.1 в нулевое состояние. За счет подачи высокого уровня на входы элемента DD13.2 на его выходе появляется низкий уровень, устанавливающий триггер DD7.2 в нулевое состояние. Высоким уровнем с выхода элемента DD13.3 обнуляются счетчики DD14, DD15. Высокий уровень подается с кнопки SB5 на второй вход элемента DD13.4, и низким уровнем с его выхода осуществляется предустановка счетчика DD18 в состояние, определяемое кодом с выхода ПЗУ DD17.

Пусть право первой подачи получил второй игрок. После нажатия на кнопку SB4 «Подача 2» на выходе элемента DD5.2 появляется низкий уровень, который осуществляет предустановку счетчика DD8 в состояние “15”. Высокий уровень с выхода элемента DD3.3 устанавливает RS-триггер на элементах DD4.1, DD4.2 в нулевое состояние. В результате на втором входе элемента DD6.2 появляется высокий уровень, а на первом входе элемента DD6.1 – низкий. Низкий уровень с выхода элемента DD5.4 устанавливает триггер DD7.1 в единичное состояние. За счет положительного перепада напряжения на его выходе дифференцирующая цепь C5, R5 формирует короткий импульс положительной полярности, переключающий триггеры на элементах DD11.1, DD11.2 и DD11.3, DD11.4 в нулевое состояние. Светодиоды HL15, HL16 гаснут. Низкий уровень с выхода элемента DD11.1 подается на второй вход элемента DD5.2. В результате нажатия на

кнопку SB4 на выходе элемента DD5.2 формируется короткий импульс низкого уровня, длительность которого равна задержке распространения сигнала в элементах DD5.3, DD5.4, DD 7.1, DD11.1, DD11.2.

На выходе тактового генератора (инверсный выход триггера DD7.2) формируются импульсы отрицательной полярности. Принцип работы генератора тактов будет рассмотрен ниже. Импульсы ГТ через элемент DD6.2 поступают на вход "–1" счетчика DD8, и код на его выходе монотонно уменьшается, а на линейке светодиодов HL1–HL14 создается эффект «бегущего огня» справа налево. Задача первого игрока – нажать на кнопку «Ракетка 1» в течение времени, пока включен один из светодиодов HL1–HL3. С выхода элемента DD6.3 на второй вход элемента DD3.2 в этом случае подается высокий уровень. Если первый игрок нажмет в это время на кнопку SB2, то триггер DD1.2 переключится в единичное состояние, а на выходе одновибратора DD2.2 сформируется короткий импульс положительной полярности, который пройдет через элементы DD3.2, DD3.4 и переключит триггер на элементах DD4.1, DD4.2 в единичное состояние. Теперь тактовые импульсы через элемент DD6.1 подаются на вход "+1" счетчика DD8, и «бегущий огонь» меняет направление. Второй игрок должен нажать кнопку «Ракетка 2», пока светится один из светодиодов HL12–HL14. При этом высокий уровень с выхода элемента DD10.1 подается на первый вход элемента DD3.1. После нажатия на кнопку SB1 «Ракетка 2» на выходе одновибратора DD2.1 формируется короткий импульс положительной полярности, который проходит через элементы DD3.1, DD3.3 и переключает триггер на элементах DD4.1, DD4.2 в нулевое состояние, в результате чего снова меняется направление движения «мяча», и к его приему следует готовиться первому игроку.

Розыгрыш очка завершится после ошибки одного из соперников. Так, если первый игрок нажмет на кнопку SB2 «Ракетка 1» до того, как включится светодиод HL3, т. е. пока на выходе элемента DD6.3 низкий уровень, то импульс с выхода одновибратора DD2.2 пройдет через элементы DD12.4, DD10.3 и переключит триггер на элементах DD11.3, DD11.4 в единичное состояние. Включится светодиод HL16 «Подача 1», свидетельствующий о том, что очко выиграл второй игрок, а первому игроку предоставляется право подачи при розыгрыше следующего очка. Одновременно высокий уровень с прямого выхода триггера подается на второй вход элемента DD5.1 разрешая «подачу» первому игроку. Отрицательный перепад напряжения на выходе элемента DD11.4 увеличивает на 1 выходной код счетчика DD21 и показания индикатора HG2 выигрышных очков второго игрока. Аналогичная ситуация возникает, если первый игрок нажмет на кнопку SB2 «Ракетка 1» с опозданием или вообще не среагирует на движущийся к нему «мяч». В этом случае низкий уровень с выхода "≤ 0" счетчика DD8 поступит на третий вход элемента DD10.3 и будут сформированы все сигналы, описанные выше. Если же ошибку совершит второй игрок, то в зависимости от ситуации, либо импульс с выхода одновибратора DD2.1 пройдет через элементы DD12.2 и DD10.2 и переключит RS-триггер на элементах DD11.1 и DD11.2 в единичное состояние, либо этот триггер переключится в единичное состояние подачей низкого уровня с выхода "≥ 15" счетчика DD8 на первый вход элемента DD10.2. В обоих случаях включится светодиод HL15 «Подача 2»,



a)

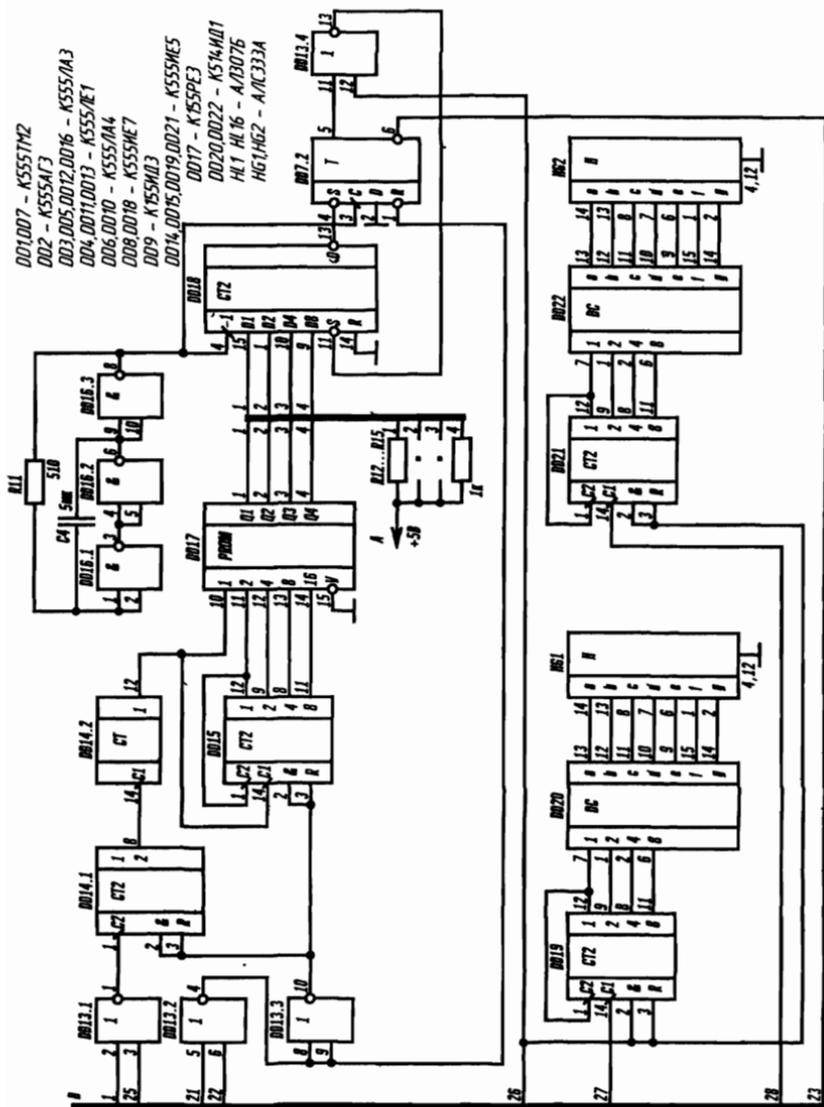


Рис. 47. Принципиальная схема игрового автомата «Теннис»: а - игровой блок; б - управляемый тактовый генератор и блок регистрации счета

код на выходе счетчика DD19 и показания индикатора HG1 выигрышных очков первого игрока увеличатся на 1. Высокий уровень с выхода элемента DD11.1 снимает блокировку с формирователя импульса подачи второго игрока DD5.2. При любой из ошибок игроков высокий уровень с выходов элементов DD10.2 или DD10.3 подается на вход элемента DD4.4 и низкий уровень с его выхода переключает триггер DD7.1 в нулевое состояние. В результате подачи импульсов тактового генератора на входы "+1" или "-1" счетчика DD8 не происходит, эффект «бегущего огня» прекращается. Для розыгрыша очередного очка проигравший должен выполнить «подачу» нажатием на кнопки SB3 или SB4.

Рассмотрим работу генератора тактов. Как уже отмечалось, при нажатии на кнопку SB5 «Сброс счета» счетчики DD14, DD15 обнуляются, триггер DD7.2 устанавливается в нулевое состояние и низким уровнем с выхода элемента DD13.4 осуществляется предустановка счетчика DD18 в "n"-ное состояние, определяемое кодом с выхода ПЗУ. После отпускания кнопки SB5 за счет подачи импульсов вспомогательного генератора на вычитающий вход счетчика DD18 его выходной код монотонно уменьшается. Через "n" импульсов вспомогательного генератора на выходе "≤ 0" DD18 появится импульс низкого уровня, устанавливающий триггер DD7.2 в единичное состояние. Выходные импульсы генератора тактов снимаются с инверсного выхода триггера DD7.2. Низким уровнем с выхода элемента DD13.4 вновь осуществляется предустановка счетчика DD18 в состояние, определяемое кодом с выхода ПЗУ DD17. По фронту очередного импульса вспомогательного генератора триггер DD7.2 установится в нулевое состояние и на вход предустановки счетчика DD18 окажется поданным высокий уровень.

Однако изменение выходного кода счетчика начнется со следующего импульса вспомогательного генератора, поскольку появление высокого уровня на входе предустановки осуществляется с небольшой задержкой относительно фронта счетного импульса. Изменение кода на выходе ПЗУ происходит при каждом изменении выходного кода счетчиков DD14.2, DD15. Счетчик DD14.1 выполняет функцию делителя частоты на 4. Поэтому изменение кода на выходе ПЗУ будет происходить после каждых четырех импульсов, поступивших на входы элемента DD13.1, т. е. после двух удачных «приемов мяча» каждым игроком. Шаг увеличения скорости движения «мяча» можно менять путем соответствующего программирования ПЗУ. Исходя из практики, целесообразно сделать 6 ступеней изменения частоты генератора тактов, с шагом 15...20%, а затем поддерживать постоянную скорость движения «мяча». Коды программирования, в результате которого период тактовых импульсов составляет первоначально 12 периодов импульсов вспомогательного генератора, а затем 10, 8, 7, 6 и 5 указанных периодов, а в дальнейшем остается неизменным на этом уровне, приведены в табл. 18.

Т а б л и ц а 18

Ад-рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	F8	F7	F6	F5	F4											
1	F4															

Вероятность того, что с учетом повышения скорости движения «мяча» игрокам удастся сделать при розыгрыше очка по 64 удачных «приема», ничтожна мала.

Если же кто-то из игроков допустит ошибку, один из триггеров на элементах DD11.1, DD11.2 или DD11.3, DD11.4 установится в единичное состояние, на выходе элемента DD13.2 сформируется низкий уровень. Триггер DD7.2 переключится в нулевое состояние, а высокий уровень с выхода элемента DD13.3 обнулит счетчики DD14, DD15. Таким образом, при начале розыгрыша очередного очка «мяч» движется с минимальной скоростью, которая в случае удачных действий игроков возрастает до наперед заданной величины.

В заключение рассмотрим, как работает автомат в режиме «Тренировка». При этом тумблер SA1 устанавливается в верхнее положение. После «подачи», выполненной первым игроком, как и в предыдущем случае, триггер на элементах DD4.1, DD4.2 устанавливается в единичное состояние, счетчик DD8 обнуляется, а затем тактовые импульсы через элемент DD6.1 поступают на вход «+1» счетчика DD8, и «мяч» движется слева направо. Как только на выходе «12» дешифратора DD9 появится низкий уровень и включится светодиод HL12, высокий уровень с выхода элемента DD10.1 будет подан на входы элемента DD3.1. Как следствие, триггер на элементах DD4.1, DD4.2 переключится в нулевое состояние, тактовые импульсы начнут поступать через элемент DD6.2 на вход «-1» счетчика DD8. В результате «мяч», как бы отразившись от «стенки», движется в обратном направлении. Первый игрок должен каждый раз нажатием кнопки SB2 «Пакетка 1» отбивать «мяч», движущийся в его сторону. Его ошибки фиксирует счетчик DD21 и отображает индикатор HG2. После ошибки надо каждый раз выполнять «подачу». В режиме «Тренировка» для оценки подготовки игрока можно фиксировать время, за которое число ошибок достигнет 9. Чем больше это время, тем лучше подготовка игрока.

Чтобы в игре могли принимать участие дети разных возрастных групп и разного уровня подготовки, целесообразно включить последовательно с резистором R11 дополнительный резистор переменного сопротивления, регулировкой которого можно дополнительно уменьшать начальную скорость движения «мяча», облегчая, таким образом, задачу игроков.

1.10. Игровой автомат «Тир»

Автомат позволяет реализовать один из вариантов игры, результат которой зависит от скорости реакции игрока на одиночный световой раздражитель.

На передней панели игрового автомата (рис. 48) расположены светодиод «Мишень», кнопки «Сброс», «Выстрел» и трехразрядный цифровой индикатор количества набранных очков.

Суть игры заключается в следующем. Периодически по случайному закону предьявляется «мишень». Время свечения светодиода в каждой попытке постоянно. Задача игрока – после предьявления мишени возможно быстрее произвести «выстрел» (нажать на кнопку «Выстрел»). Если игроку удалось это сделать во время свечения светодиода «Мишень», то в зависи-

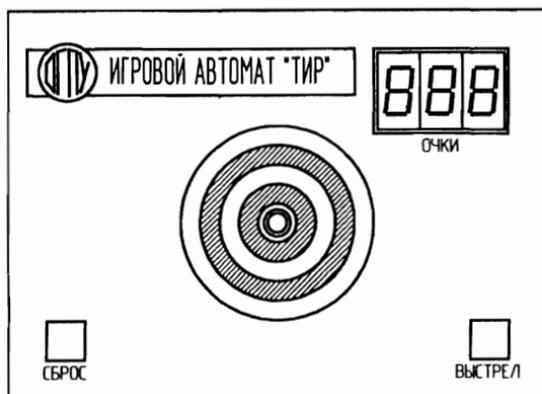


Рис. 48. Передняя панель игрового автомата «Тир»

мости от скорости реакции он получает от 1 до 5 премиальных очков. Если же «выстрел» произведен после того, как мишень погасла, то, в зависимости от времени опоздания, игрок штрафуются на 1...5 очков. За однократное предъявление мишени игрок может «поразить» ее только один раз, последующие удачные выстрелы не засчитываются. Число «промахов» не ограничивается. Если в интервале между следующими друг за другом предъявлениями мишени игрок не произведет выстрела, то он также штрафуются 5 очками. Цикл игры содержит 16 попыток. Побеждает игрок, набравший максимальное число очков.

Так как количество штрафных очков может в процессе игры превысить число премиальных очков, то в начале игры игрок получает стартовые 128 очков, с которых он и начинает игру. В рассматриваемом игровом автомате установлены следующие критерии оценки результатов игры в зависимости от времени реакции:

- менее 200 мс – 5 премиальных очков;
- 200...250 мс – 4 премиальных очка;
- 250...300 мс – 3 премиальных очка;
- 300...350 мс – 2 премиальных очка;
- 350...400 мс – 1 премиальное очко;
- 400...450 мс – 0 очков;
- 450...500 мс – 1 штрафное очко;
- 500...550 мс – 2 штрафных очка;
- 550...600 мс – 3 штрафных очка;
- 600...650 мс – 4 штрафных очка;
- более 650 мс – 5 штрафных очков.

Функциональная схема игрового автомата изображена на рис. 49 [45].

Устройство содержит:

- генераторы тактов (ГТ) и случайных интервалов (ГСИ);
- формирователь F импульсов «Выстрел»;
- формирователь импульса предъявления мишени на триггере T2;

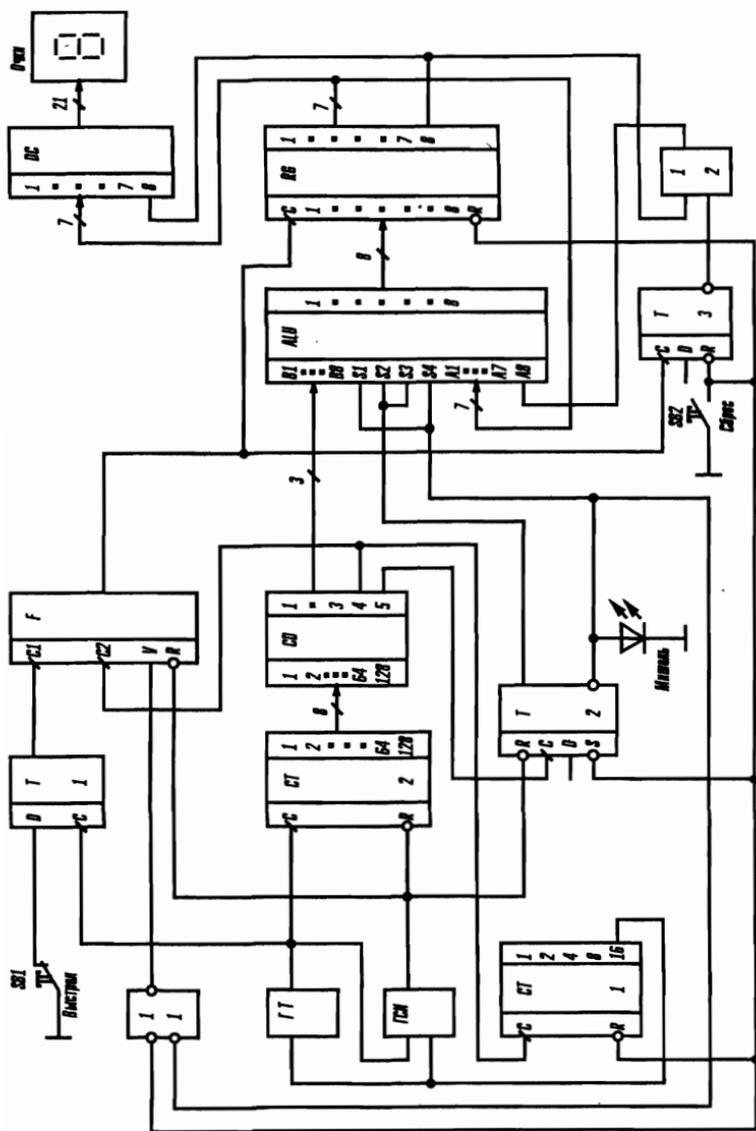


Рис. 49. Функциональная схема игрового автомата «Тигр»

- арифметическо-логический блок, реализующий описанный выше алгоритм игры. Блок включает счетчик СТ2, кодировщик CD, арифметическо-логическое устройство АЛУ, регистр RG, триггер Т3, второй элемент ИЛИ;

- счетчик СТ1 количества попыток (предъявлений мишени);

- блок индикации количества набранных очков, содержащий дешифратор DC и три цифровых индикатора.

Автомат работает следующим образом. Перед началом игры нажимают кнопку «Сброс». При этом триггер Т3 устанавливается в нулевое состояние, регистр RG обнуляется, на индикаторе очков высвечиваются нулевые показания. На входы А1–А7 АЛУ подается нулевой код, а на вход А8 через элемент ИЛИ2 с выхода триггера Т3 – высокий уровень. Таким образом, на входы А1–А8 АЛУ в начальный момент подается двоичный код числа 128. Кроме того, по нажатию кнопки «Сброс» триггер Т2 устанавливается в единичное состояние и светодиод «Мишень» гаснет, счетчик СТ1 обнуляется. Низким уровнем с выхода старшего разряда этого счетчика разрешается работа ГТ и ГСИ. Период импульсов на выходе ГТ составляет около 25 мс. На выходе ГСИ формируются короткие отрицательные импульсы с квазислучайным периодом повторения, составляющим 4, 5 или 6 с равновероятно. Первым же импульсом с выхода ГСИ обнуляется счетчик СТ2, формирователь импульсов F1 устанавливается в исходное состояние, а триггер Т2 – в нулевое состояние. Загорается светодиод «Мишень». Импульсы с выхода ГТ поступают на вход счетчика СТ2, и код на его выходе монотонно возрастает. В зависимости от выходного кода счетчика СТ2 изменяется код на выходах кодировщика CD. В частности, на выходах “1”–“3” CD формируется трехразрядный двоичный код премиальных и штрафных очков. На выходе “4” формируется импульс длительностью 25 мс через 2 с после загорания светодиода «Мишень», а на выходе “5” – импульс длительностью 25 мс через 450 мс после предъявления мишени. С выходов триггера Т2 на входы S АЛУ при свечении индикаторе «Мишень» подается код 1001, при котором АЛУ выполняет арифметическую операцию А+В. Код премиальных очков на выходе кодировщика меняется в зависимости от временного интервала, прошедшего с момента загорания светодиода «Мишень». Если игрок нажмет кнопку «Выстрел» во время свечения мишени при высоком уровне на входе V формирователя F, то на выходе триггера Т1 появится положительный перепад напряжения, запускающий формирователь импульсов F. По фронту импульса на выходе F в регистр RG заносится код с выхода АЛУ (код суммы числа 128 на входе А и числа премиальных очков на входе В). Триггер Т3 переключается в единичное состояние, и в последующем до завершения цикла игры уровень на его выходе остается неизменным. Если в дальнейшем, пока светодиод «Мишень» еще не погас, игрок вновь произведет «выстрел» нажатием кнопки SB1, то формирователь F повторно не запускается. По прошествии 450 мс в соответствии с алгоритмом игры на выходе “5” кодировщика CD формируется импульс, по фронту которого триггер Т2 устанавливается в единичное состояние и светодиод «Мишень» гаснет. На вход V формирователя F подается низкий уровень. С выходов триггера Т2 на входы S1–S4 АЛУ подается код 0110, которому соответствует операция А–В. Если теперь до поступле-

ния на вход R триггера T2 очередного импульса ГСИ и очередного предъявления мишени игрок вновь произведет «выстрел», то на выходе F вновь будет сформирован импульс, по фронту которого в регистр заносится информация, которая была на выходе АЛУ (код разности между числом очков, которое имел игрок после предыдущего выстрела, и числом штрафных очков, соответствующих моменту «выстрела») в соответствии с установленными выше критериями оценки результатов игры). Через 2 с после загорания светодиода «Мишень» на выходе "4" CD формируется импульс положительной полярности, фронтом которого код на выходе счетчика СТ1 числа предъявлений мишени увеличивается на 1. Формирователь F в этом случае не запускается, число очков на цифровом индикаторе остается неизменным.

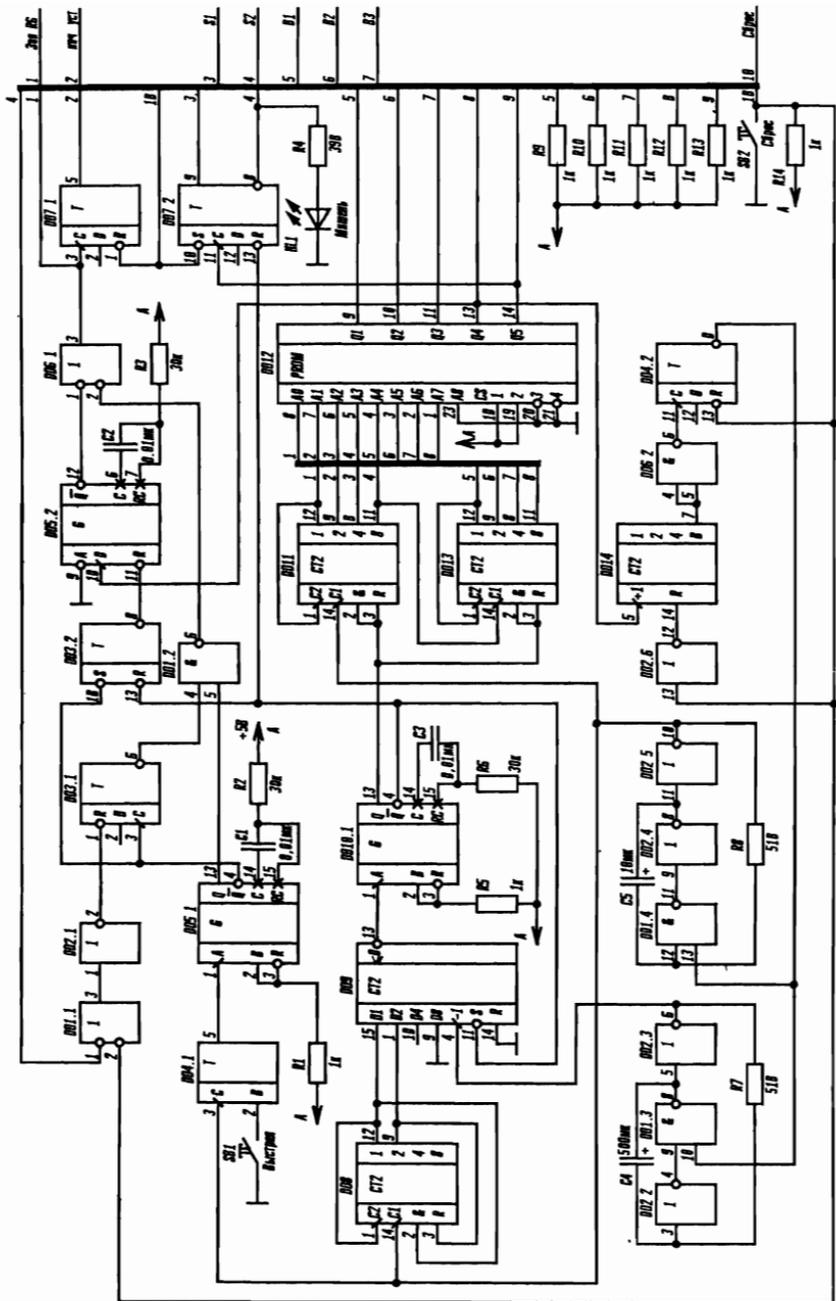
Очередным импульсом с выхода ГСИ формирователь F устанавливается в исходное состояние, а счетчик СТ2 обнуляется. Если в очередной попытке игрок не произведет «выстрела» ни во время предъявления мишени, ни с опозданием, то сначала фронтом импульса с выхода "5" кодировщика триггер T2 переберется в единичное состояние и светодиод «Мишень» погаснет. На входы "S" АЛУ будет подан код операции A-B. Затем по прошествии 2 с после предъявления мишени вновь формируется импульс на выходе "4" кодировщика. Фронтом этого импульса на 1 увеличивается выходной код счетчика СТ1 и запускается формирователь F. На его выходе формируется короткий импульс, по фронту которого в регистр RG заносится код с выхода АЛУ. Этот код равен разности результата предыдущей попытки и числа 5 (числа штрафных очков, предусмотренных за отсутствие «выстрела»).

В последующем циклы предъявления мишени и записи в регистр результата игры с учетом очередной попытки повторяются. Двоичный код с выхода регистра преобразуется дешифратором DC в семисегментный. Результаты игры отображаются на трехразрядном цифровом индикаторе.

Через 16 попыток на выходе старшего разряда счетчика СТ1 формируется высокий уровень, блокирующий генератор тактов и генератор случайных интервалов. В последующем предъявления мишени и изменения результатов игры не происходит. Цикл игры завершен. Для ее возобновления надо нажать кнопку «Сброс».

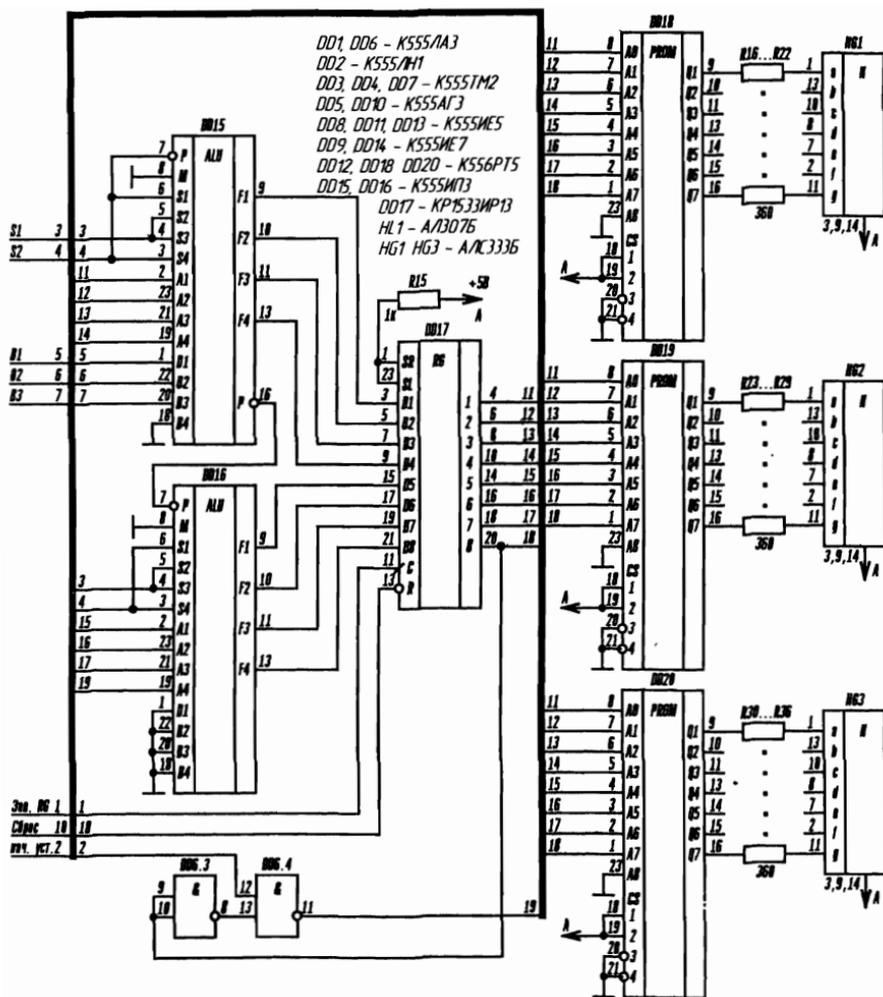
Принципиальная схема игрового автомата приведена на рис. 50а,б. Временные диаграммы, поясняющие работу устройства, изображены на рис. 51.

Генератор тактовых импульсов реализован на элементах DD1.4, DD2.4, DD2.5. Генератор случайных интервалов содержит вспомогательный генератор на элементах DD1.3, DD2.2, DD2.3, счетчики DD8 и DD9, формирователь импульсов DD10.1. Формирователь импульсов «Выстрел» выполнен на триггерах DD3.1, DD3.2, DD4.1, ждущих мультивибраторах импульсов DD5.1, DD5.2 и логических элементах DD1.2, DD6.1. Арифметико-логический блок содержит триггер DD7.1, элементы DD6.3, DD6.4, АЛУ DD15, DD16, счетчики DD11, DD13, кодировщик DD12, регистр DD17. Счетчик попыток реализован на микросхеме DD14, элементе DD6.2 и триггере DD4.2. Блок индикации количества набранных очков содержит дешифраторы DD18-DD20 и цифровые индикаторы HG1-HG3.



а)

Рис. 50 (начало)



6)

Рис. 50 (окончание). Принципиальная схема игрового автомата «Тир»: а – игровой блок; б – арифметико-логический узел и блок индикации

Устройство работает следующим образом. По нажатию кнопки SB2 «Сброс» триггеры DD3.1, DD4.2, DD7.1 устанавливаются в нулевое состояние, обнуляются счетчик DD14 и регистр DD17. Триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние, и светодиод HL1 «Мишень» гаснет. С выходов «1»–«7» регистра на входы АЛУ подается нулевой код, а на вход А4 микросхемы DD16 с выхода элемента DD6.4 – высокий уровень. В результате на входы «А» АЛУ, подается двоичный код десятичного числа 128. Высоким

уровнем с инверсного выхода триггера DD4.2 разрешается работа вспомогательного (DD1.3, DD2.2, DD2.3) и тактового (DD1.4, DD2.4, DD2.5) генераторов. Импульсы тактового генератора поступают на вход счетчика DD8 с коэффициентом счета, равным 3. Код на выходе счетчика монотонно изменяется от 00 до 10. Импульсы с выхода вспомогательного генератора ($T \approx 1$ с) поступают на вычитающий вход счетчика DD9, уменьшая двоичный код на его выходе. При появлении импульса переполнения отрицательным перепадом с выхода " ≤ 0 " счетчика DD9 запускается формирователь импульсов DD10.1 и на его выходах Q и \bar{Q} генерируются короткие импульсы. Импульсом отрицательной полярности осуществляется предустановка счетчика DD9, и в него равновероятно заносится один из трех кодов (100, 101, 110). В результате следующий импульс на выходе DD10.1 будет сформирован через 4, 5 или 6 с. Таким образом, на выходе ГСИ формируются короткие импульсы со случайным периодом повторения 4...6 с шагом 1 с. В момент t_1 (рис. 51) импульсом отрицательной полярности с выхода DD10.1 триггеры DD3.2 и DD7.2 устанавливаются в нулевое состояние. Загорается светодиод HL1 «Мишень». Импульсом положительной полярности с выхода формирователя DD10.1 обнуляются счетчики DD11, DD13. Импульсы тактового генератора с периодом 25 мс поступают на вход счетчика DD11, и код на выходах счетчиков DD11, DD13 монотонно возрастает. Характер изменения кода на выходе кодировщика, реализованного на ПЗУ DD12, в зависимости от выходного кода счетчика (DD11, DD13) определяет алгоритм игры. Критерии оценки качества реакции, реализованные в описываемом автомате, приведены выше. В принципе эти критерии можно легко изменить путем изменения программы, занесенной в ПЗУ. На выходах Q1–Q3 DD12 формируется трехразрядный двоичный код премиальных и штрафных очков. На выходе Q4 формируется импульс длительностью 25 мс через 2 с после загорания светодиода «Мишень», а на выходе Q5 – импульс длительностью 25 мс через 450 мс после загорания светодиода HL1. Если мишень предъявлена в момент t_1 (рис. 51), то светодиод HL1 горит до момента t_4 , когда фронтом импульса с выхода Q5 DD12 триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние. Если игрок в момент t_2 нажмет на кнопку SB1 «Выстрел», то триггер DD4.1 установится в нулевое состояние, на прямом выходе формирователя DD5.1 будет сформирован импульс высокого уровня, который через элементы DD1.2 и DD6.1 подается на входы С регистра DD17 и триггера DD7.1. В результате в регистр заносится код, который был на выходе АЛУ в момент t_2 (код суммы числа 128 на входе А и числа премиальных очков на входе В). Триггер DD7.1 переключается в единичное состояние, и в дальнейшем до окончания цикла игры его состояние не изменяется. Положительным перепадом импульса с выхода \bar{Q} формирователя DD5.1 триггер DD3.1 устанавливается в единичное состояние. Кроме того, за счет подачи низкого уровня на вход S триггер DD3.2 также устанавливается в единичное состояние, и низким уровнем с его инверсного выхода блокируется формирователь DD5.2. Если затем в момент t_3 , пока светодиод HL1 еще не погас, игрок вновь произведет «выстрел» нажатием кнопки SB1, то импульс с выхода формирователя DD5.1 на вход регистра DD17 не поступит, так как на вход элемента DD1.2 с выхода триггера DD3.1 подается низкий уровень. В момент t_4 , соответствующий интервалу τ предъявле-

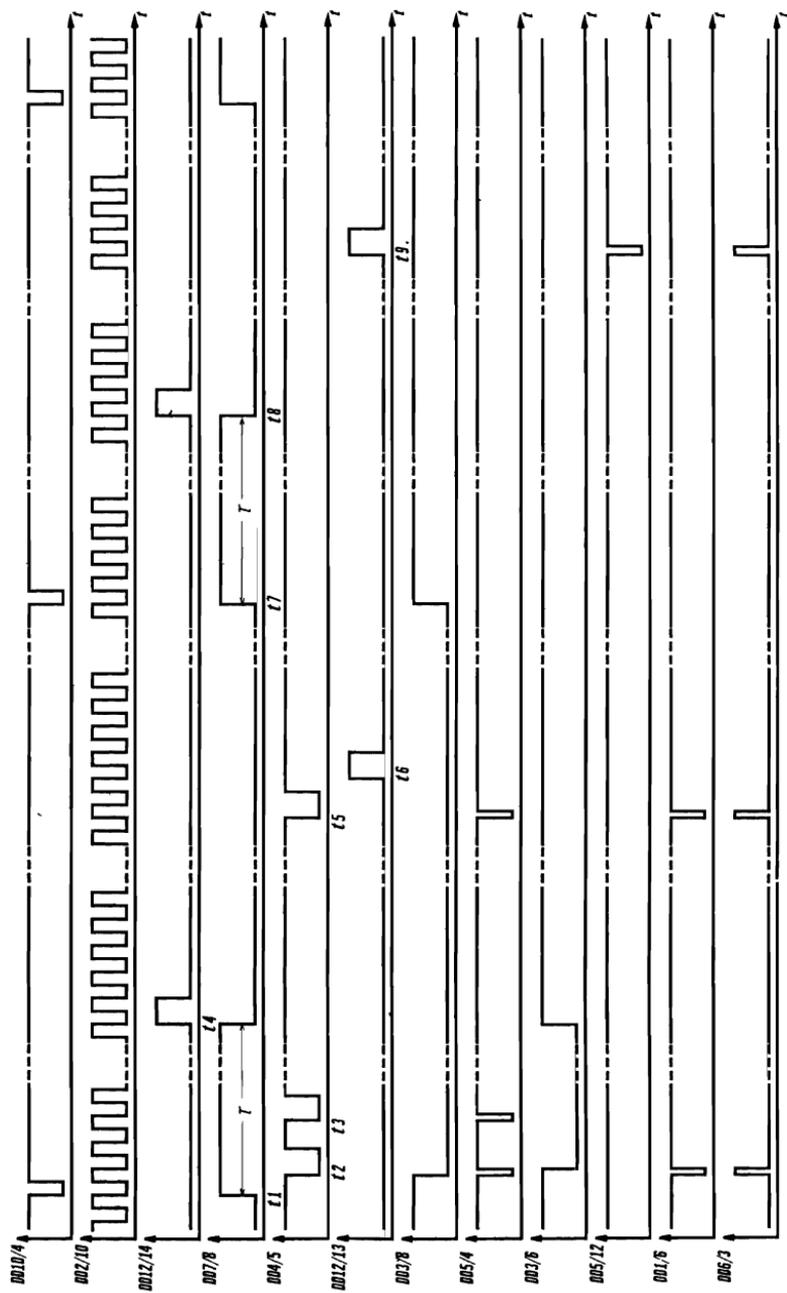


Рис. 51. Временные диаграммы напряжений

ния мишени (при выбранном алгоритме $\tau = 450\text{мс}$), на выходе Q5 кодировщика DD12 формируется импульс положительной полярности, по фронту которого триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние и светодиод HL1 гаснет. С выходов триггера DD7.2 на входы S1–S4, Р АЛУ подается код операции А–В. Низкий уровень с инверсного выхода триггера DD7.2 через элементы DD1.1, DD2.1 подается на вход R триггера DD3.1, устанавливая его в нулевое состояние. На вход элемента DD1.2 с инверсного выхода триггера DD3.1 подается высокий уровень. Если теперь до очередного предъявления мишени игрок в момент t_5 произведет «выстрел» нажатием кнопки SB1, то импульс с выхода формирователя DD5.1 через элементы DD1.2 и DD6.1 вновь поступит на вход С регистра DD17 и в него запишется код с выходов АЛУ DD15, DD16 (разность между числом очков, которое имел игрок по результатам предыдущего выстрела, и числом штрафных очков, соответствующих моменту времени t_5 по заданному алгоритму).

В момент t_6 (через 2 с после предъявления мишени) на выходе Q4 кодировщика DD12 формируется импульс положительной полярности. Фронтом этого импульса код счетчика попыток DD14, DD6.2, DD4.2 увеличивается на 1. Формирователь импульсов DD5.2 в момент t_6 заблокирован низким уровнем с выхода триггера DD3.2, поэтому импульс на выходе DD5.2 не формируется и записи информации в регистр DD17 не происходит.

В момент t_7 очередным импульсом низкого уровня с выхода \bar{Q} формирователя DD10.1 триггеры DD3.2 и DD7.2 устанавливаются в нулевое состояние, а импульсом высокого уровня с выхода Q DD10.1 обнуляются счетчики DD11, DD13. Если теперь в интервале $t_7 \dots t_8$ игрок не производит «выстрела» (ни во время предъявления мишени в интервале $t_7 \dots t_8$, ни с опозданием), то сначала в момент t_8 по фронту импульса с выхода Q5 кодировщика DD12 триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние и светодиод HL1 погаснет. На входы S1–S4, Р АЛУ подается код операции А–В. В момент t_9 по истечении 2 с с момента предъявления мишени на выходе Q4 DD12 формируется импульс высокого уровня. Фронтом этого импульса запускается формирователь DD5.2, поскольку на вход R блокировки формирователя с выхода триггера DD3.2 подается высокий уровень. Кроме того, на 1 увеличится код счетчика попыток DD14, DD4.2, DD6.2. Импульс низкого уровня с выхода формирователя DD5.2 через элемент DD6.1 подается на вход С регистра DD17 и в него заносится код с выходов АЛУ DD15, DD16, который равен разности результата предыдущей попытки и числа 5 (числа штрафных очков, предусмотренных за отсутствие выстрела).

В последующем циклы предъявления мишени и записи в регистр DD17 результата игры с учетом очередной попытки повторяются. Двоичный код с выхода регистра DD17 преобразуется дешифраторами DD18–D20, реализованными на ПЗУ, в семисегментный. Результат игры отображается на трехразрядном цифровом индикаторе HG1–HG3. Через 16 попыток на выходе триггера DD4.2 формируется низкий уровень, блокирующий вспомогательный генератор (DD1.3, DD2.1, DD2.2) и тактовый генератор (DD1.4, DD2.3, DD2.4). Импульсы на выходе ГСИ не формируются. В последующем предъявления мишени и изменения результата игры не происходит. Цикл игры завершен. Для ее возобновления необходимо нажать кнопку SB2 «Сброс».

Коды программирования ПЗУ DD12 приведены в табл. 19.

Таблица 19

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	05	05	05	05	05	05	05	05	04	04	03	03	02	02	01	01
01	00	00	11	01	02	02	03	03	04	04	05	05	05	05	05	05
02	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
03	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
04	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
05	0D	Остальные 05														

Таблицы программирования ПЗУ DD18–DD20 нетрудно составить самостоятельно, исходя из табл. 20, в которой приведены коды, соответствующие индицируемым цифрам от 0 до 9.

Таблица 20

Индицируемая цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Выходной код	C0	F9	A4	B0	99	92	82	F8	80	90

Индицируемое число очков с учетом возможных 16 удачных или 16 неудачных попыток изменяется в пределах от 48 до 208.

1.11. Игровой автомат «Охота»

Игровой автомат предназначен для выявления играющего с наилучшим цветовосприятием и более быстрой реакцией на одиночный световой раздражитель.

На передней панели автомата (рис. 52) нанесены изображения десяти животных, выполненные пятью цветами (по две фигуры каждого цвета). В центре каждой фигуры находится светодиод-мишень. На панели расположены также пять кнопочных переключателей пяти цветов, которыми выполнены фигуры животных. После запуска устройства светодиоды-мишени загораются по случайному закону, причем время свечения мишеней каждого цвета различно. Задача играющего – во время свечения мишени определенного цвета нажать на кнопочный переключатель того же цвета. В случае удачной попытки играющий получает от 1 до 5 очков (тем больше, чем меньше времени отводилось ему для поражения мишени). Если же играющий нажмет переключатель другого цвета или при нажатии нужного переключателя сделает это с опозданием, или не произведет «выстрела» на интервале предъявления мишени, то он штрафуетя от 1 до 5 очков (тем больше, чем большее время предоставлялось для поражения мишени). В цикле игры предъявляются 16 мишеней, которые играющий может «поразить». Побеждает тот из играющих, который наберет большее количество



Рис 52 Передняя панель игрового автомата «Охота»

очков в цикле игры. Так как в процессе игры число «премиальных» очков, полученных играющим в удачных попытках, может оказаться меньше числа «штрафных» очков, то играющий, как и в рассмотренном ранее автомате «Тир», начинает игру, имея фиксированное число очков (в нашем случае 128), которое может увеличиваться и уменьшаться в процессе игры.

Функциональная схема игрового автомата [46] приведена на рис. 53. Устройство работает следующим образом. Перед началом игры нажимают кнопку «Сброс». При этом обнуляется счетчик СТ2 и низким уровнем с его выхода разрешается работа генератора случайных чисел (ГСЧ). Триггер Т4 устанавливается в нулевое состояние, а регистр RG обнуляется. Высокий уровень с инверсного выхода триггера Т4 через второй элемент ИЛИ подается на вход А8 АЛУ. На входы А1–А7 с выхода регистра RG подается нулевой код. Таким образом, на входы А1–А8 АЛУ первоначально подается двоичный код десятичного числа 128.

На выходах генератора случайных чисел формируется следующая информация. На первом выходе формируется случайный двоичный код от 0000 до 1001. На втором выходе формируются импульсы длительностью примерно 5 мс с периодом около 2 с, а на третьем – импульсы с периодом примерно 50 мс (рис. 54). На выходе кодировщика CD1 формируется четырехразрядный двоичный код длительности свечения индикатора. Длительность τ импульсов предъявления мишени-раздражителя изменяется в пределах 250...450 мс с шагом 50 мс. Десятичный эквивалент кода на выходе кодировщика CD1 изменяется таким образом в пределах 5...9 с шагом 1. По приходу импульса со второго выхода ГСЧ на вход S предустановки счетчика СТ1 в него равновероятно заносится двоичный код десятичных чисел от 5 до 9. Одновременно триггеры Т1, Т2, Т3 устанавливаются в нулевое состояние. Низким уровнем с выхода триггера Т1 разрешается работа дешифратора DC1, в результате светится один из светодиодов HL1–HL10, код которого сформирован на выходе генератора случайных чисел. Импульсами с третьего выхода ГСЧ выходной код счетчика СТ1 монотонно уменьшается до 0, после чего через интервал времени τ_1 на выходе репероления счетчика «≤0» появляется импульс отрицательной полярности, переключающий триггер Т1 в единичное состояние. Подачей высокого уровня на вход V дешифратора DC1 индикатор-мишень гасится. Таким образом, время свечения мишени в первой попытке равно τ_1 . Как уже отмечалось выше, во время свечения мишени игрок должен нажать кнопку такого же цвета, что и мишень. Если ни одна из кнопок на пульте играющего не нажата, то на первом выходе кодировщика CD2 формируется низкий, а на втором – высокий уровень напряжения. Если во время предъявления первой мишени в момент t_1 играющий нажал кнопку нужного цвета, то на первом выходе кодировщика CD2 формируется высокий уровень, а уровень на втором выходе CD2 не изменится. По фронту следующего за моментом t_1 импульса с третьего выхода ГСЧ триггер Т2 установится в единичное состояние. Перепадом напряжения на прямом выходе триггера Т2 триггер Т3 устанавливается в единичное состояние, так как на его D-вход подан высокий уровень. Отрицательным перепадом с инверсного выхода триггера Т3 запускается формирователь F, и на его выходе формируется импульс положительной полярности.

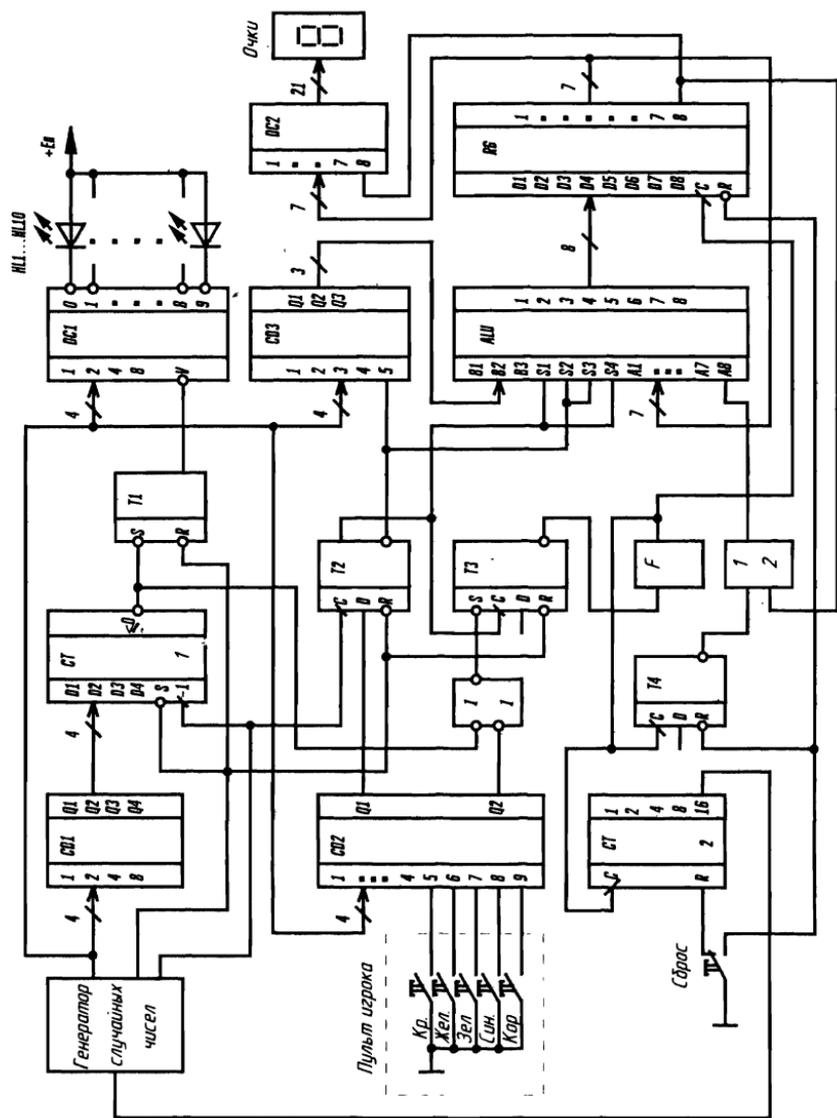


Рис. 53. Функциональная схема игрового автомата «Охота»

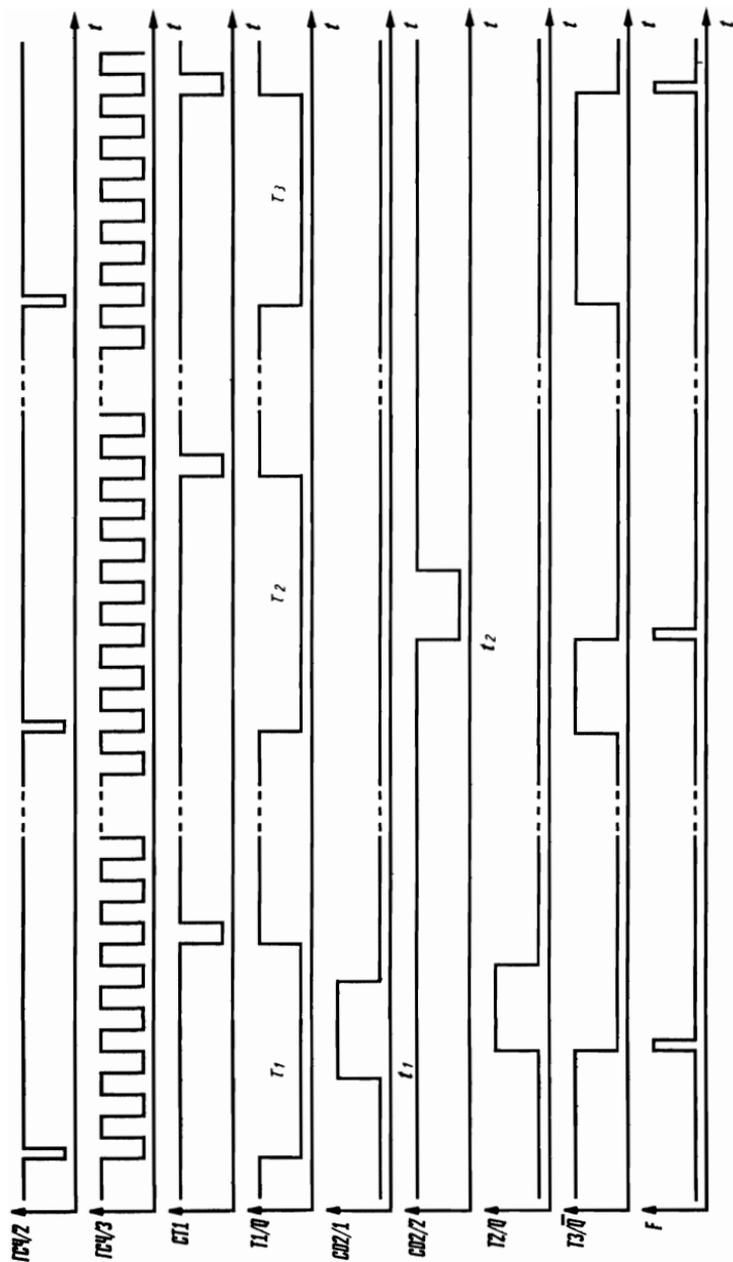


Рис 54. Временные диаграммы напряжений на элементах автомата «Охота»

В случае ошибки (если игрок во второй попытке в момент t_2 нажал кнопку другого цвета, чем предъявленная мишень) напряжение на втором выходе кодировщика CD2 принимает низкий уровень, а на первом выходе остается низкий уровень. Состояние триггера T2 при этом не меняется. Низким уровнем с выхода первого элемента ИЛИ триггер T3 переключается в единичное состояние, в результате чего и в этом случае запускается формирователь импульсов F.

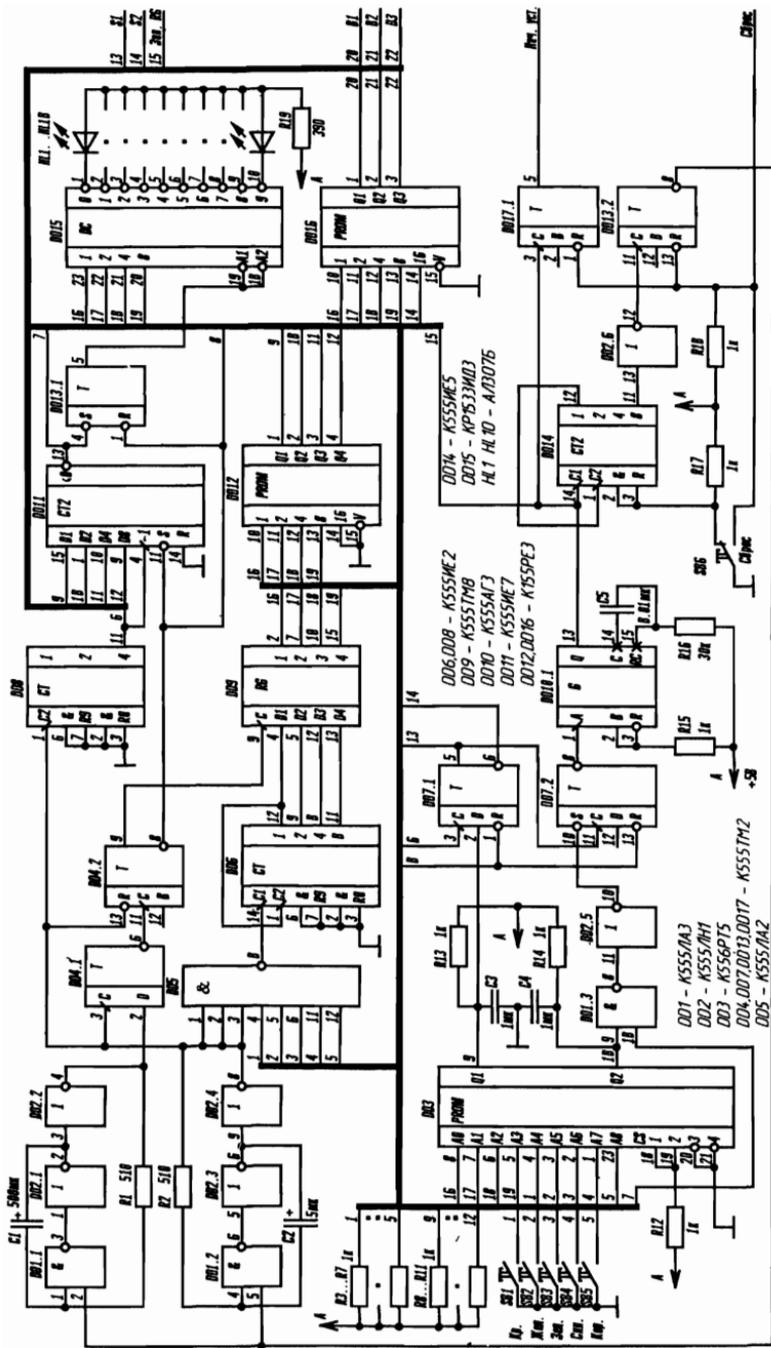
Если играющий в третьей попытке не успеет нажать кнопку на пульте во время интервала t_3 свечения мишени, ему также засчитывается ошибка. В этом случае (по окончании импульса длительностью t_3) импульсом низкого уровня с выхода переноса счетчика СТ1 триггер T3 устанавливается в единичное состояние и, как и в предыдущих случаях, запускается формирователь F. Как следует из вышеизложенного, единичное состояние триггера T2 во время появления импульса на выходе формирователя F свидетельствует об удачной попытке играющего, нулевое состояние – об ошибке.

В случае удачной попытки игрок получает премиальные очки, в случае ошибки – штрафные. Поэтому при единичном состоянии триггера T2 на входы S АЛУ подается код операции A+B, а при нулевом состоянии триггера T2 – код операции A-B. В зависимости от кода на входах "1"–"4" кодировщика CD3 и уровня напряжения на входе "5" этого кодировщика на его выходах формируется код числа очков, который либо складывается с кодом на входах А арифметическо-логического устройства в случае удачной попытки, либо вычитается из этого кода в случае ошибки.

В первой попытке, таким образом, на входах АЛУ в момент t_1 нажатия играющим кнопки того же цвета, что и мишень, формируется следующая информация: на входах А – код числа 128, на входах В – код числа премиальных очков (от 1 до 5 в зависимости от цвета предъявленной мишени), на входах S – код 1001 операции A+B. Код результата выполненной операции формируется на выходах АЛУ и по фронту импульса на выходе формирователя F переписывается в регистр RG. Этим же фронтом триггер T4 перебрасывается в единичное состояние, и в дальнейшем его состояние не меняется. Срезом импульса формирователя код счетчика попыток СТ2 увеличивается на 1. На цифровых индикаторах высвечивается результат первой попытки.

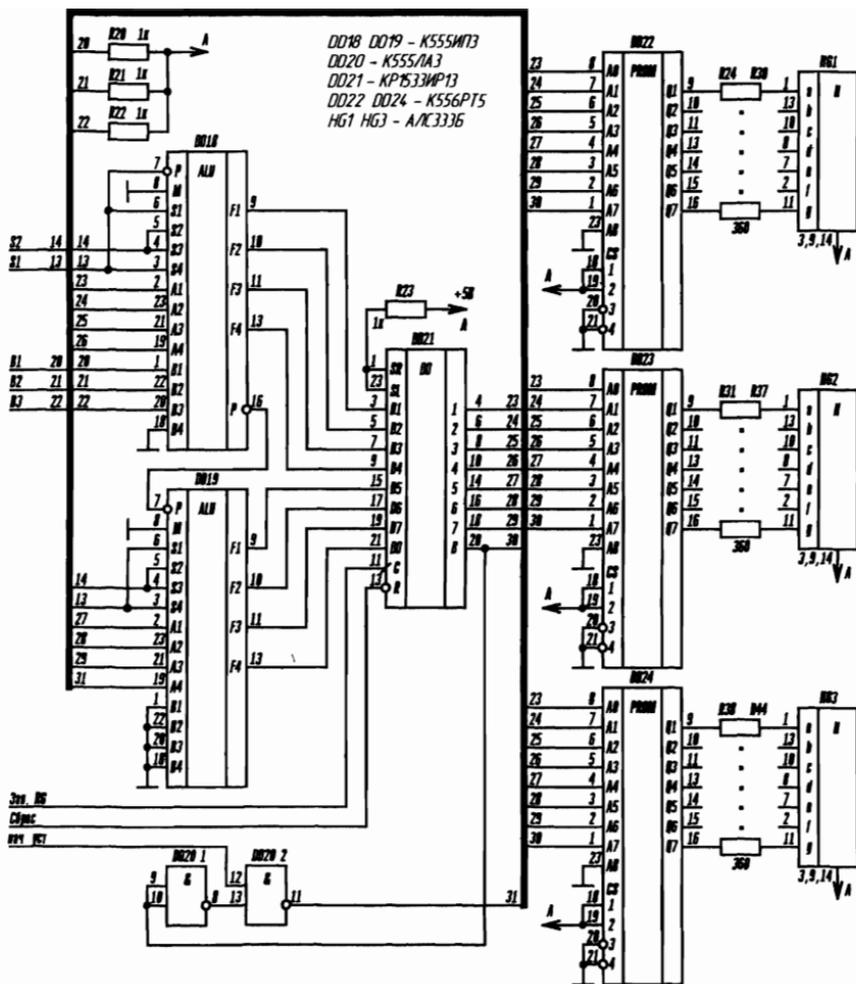
В начале каждой попытки устройство приводится в исходное состояние импульсом со второго выхода генератора случайных чисел. При этом триггер T1 устанавливается в нулевое состояние и загорается светодиод-мишень, осуществляется предустановка счетчика СТ1 и начинается формирование интервала предъявления мишени, триггеры T2 и T3 устанавливаются в нулевое состояние. В последующем при каждой очередной попытке на входы А АЛУ подается результат предыдущей попытки, на входы В – код премиальных или штрафных очков, на входы S – коды операций A+B или A-B в зависимости от действий игрока в этой попытке.

После каждой попытки код с выхода АЛУ записывается в регистр RG и число очков индицируется на индикаторах HG1–HG3. Кроме того, код на выходе счетчика попыток каждый раз увеличивается на 1. После шестнадцатой попытки на выходе старшего разряда счетчика СТ2 формируется высокий уровень, блокирующий генератор случайных чисел. В последующем



a)

Рис. 55 (начало)



6)

Рис 55 (окончание) Принципиальная схема игрового автомата «Охота»:

а – игровой блок; б – арифметико-логический блок и блок индикации

предъявления мишеней не происходит, и результаты на индикаторе очков не меняются. Игра закончена. Для ее возобновления необходимо нажать кнопку «Сброс».

Принципиальная схема игрового автомата «Охота» изображена на рис. 55. Генератор случайных чисел содержит два тактовых генератора: ГТ1 на частоту около 1 Гц (элементы DD1.1, DD2.1, DD2.2) и ГТ2 на частоту около 100 Гц (элементы DD1.2, DD2.3, DD2.4). Кроме того, ГСЧ содержит логический элемент DD5, триггеры DD4.1, DD 4.2 счетчики DD6, DD8 и регистр DD9.

Арифметическо-логический блок содержит АЛУ на микросхемах DD18, DD19, регистр DD21, триггер DD17.1, элементы DD20.1, DD20.2. Цифровой индикатор очков содержит три семисегментных индикатора HG1–HG3.

Устройство работает следующим образом. Перед началом игры нажимают на кнопку SB6 «Сброс». При этом обнуляется счетчик DD14, триггеры DD13.2 и DD17.1 устанавливаются в нулевое состояние, обнуляется регистр DD21. Высоким уровнем с инверсного выхода триггера DD13.2 разрешается работа генераторов ГТ1 и ГТ2. Низкий уровень с выхода триггера DD17.1 подается на вход элемента DD20.2, и на его выходе формируется высокий уровень. Таким образом, на входы А АЛУ (DD18, DD19) подается двоичный код числа 128. Код с выхода регистра DD21 подается на дешифраторы DD22–DD24. На индикаторах HG1–HG3 индицируется трехразрядное десятичное число, двоичный код которого формируется на выходе регистра DD21. В начальный момент (после нажатия кнопки «Сброс») на цифровых индикаторах индицируются нулевые показания.

Рассмотрим работу генератора случайных чисел. Временные диаграммы напряжений на элементах ГСЧ приведены на рис. 56. Импульсы с выхода ГТ2 через элемент DD5 подаются на вход двоично-десятичного счетчика DD6, многократно его переполняя. После появления низкого уровня на выходе генератора ГТ1 по фронту первого, следующего за этим импульса с генератора ГТ2, триггер DD4.1 устанавливается в нулевое состояние. На его инверсном выходе формируется положительный перепад напряжения, устанавливающий триггер DD4.2 в единичное состояние (так как $D=1$). При поступлении низкого уровня с выхода ГТ2 на R-вход триггера DD4.2, он устанавливается в нулевое состояние. Таким образом, на прямом выходе триггера DD4.2 формируется импульс положительной полярности, длительность которого равна половине периода импульсов ГТ2. Фронтом этого импульса в регистр DD9 заносится случайный двоичный код от 0000 до 1001. Случайность кода, во-первых, обусловлена тем, что частоты ГТ1 и ГТ2 некратны. Кроме того, ко входам элемента DD5 подключены контакты кнопок SB1–SB5. За счет «дребезга» контактов при нажатии любой из пяти кнопок код на выходе счетчика DD6 становится случайным. На выходе ПЗУ DD12 формируется четырехразрядный двоичный код длительности свечения светодиода-мишени. Время предъявления мишени, как сказано выше, изменяется от 250 до 450 мс с шагом 50 мс. Коды программирования ПЗУ DD12 приведены в табл. 21.

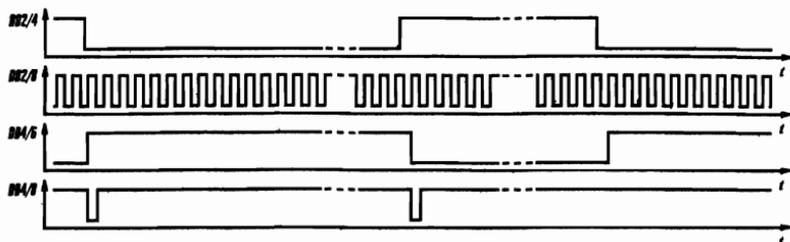


Рис. 56. Временные диаграммы напряжений на элементах ГСЧ

Таблица 21

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	05	05	06	06	07	07	08	08	09	09	FF	FF	FF	FF	FF	FF
1	FF															

Из таблицы видно, что десятичный эквивалент двоичного кода на выходе ПЗУ изменяется от 5 до 9 с шагом 1. Импульсом отрицательной полярности с инверсного выхода триггера DD4.2 триггеры DD13.1, DD7.1, DD7.2 устанавливаются в нулевое состояние, а в счетчик DD11 заносится квазислучайный код от 0101 до 1001 с выхода ПЗУ DD12. Код с выхода регистра DD9 подается на входы дешифратора DD15. Низким уровнем с выхода триггера DD13.1 разрешается работа дешифратора DD15, и на одном из десяти его выходов появляется низкий уровень. В результате загорается один из светодиодов-мишеней HL1–HL10. На счетчике DD8 собран делитель частоты на 5. В результате на его выходе формируются импульсы с периодом, примерно равным 50 мс, поступающие на вычитающий вход счетчика DD11. Как следствие, выходной код счетчика монотонно уменьшается до нуля, после чего на выходе “≤ 0” формируется импульс отрицательной полярности. Триггер DD13.1 переключается в единичное состояние, высоким уровнем с его выхода блокируется дешифратор DD15, и на его выходах формируются высокие уровни. В результате горящий до этого светодиод-мишень гаснет. Так как в счетчик заносятся коды от 5 до 9, а период тактовых импульсов составляет 50 мс, то время предъявления мишени изменяется в пределах 250...450 мс с шагом 50 мс.

При ненажатых кнопках на пульте играющего на первом выходе ПЗУ DD3 формируется низкий, а на втором выходе – высокий уровень. Если во время предъявления мишени играющий нажмет кнопку того же цвета, как и предъявляемая мишень, то на обоих выходах ПЗУ формируются высокие уровни. Фронтom очередного импульса с выхода делителя частоты триггер DD7.1 устанавливается в единичное состояние. Триггер DD7.2 также устанавливается в единичное состояние, и на его инверсном выходе формируется отрицательный перепад напряжения, запускающий формирователь DD10.1. На выходе DD10.1 формируется короткий импульс положительной полярности.

В случае ошибки играющего, если он нажмет во время предъявления мишени кнопку другого цвета, чем мишень, на обоих выходах ПЗУ DD3 формируются низкие уровни. Низкий уровень со второго выхода ПЗУ через элементы DD1.3, DD2.5 подается на вход S триггера DD7.2, устанавливая его в единичное состояние. Отрицательным перепадом на инверсном выходе триггера DD7.2 вновь запускается формирователь DD10.1.

Если за время предъявления мишени играющий не успел нажать ни на одну из кнопок SB1–SB5 на своем пульте, то код на выходе ПЗУ DD3 не меняется. Соответственно, не изменяется и состояние триггера DD7.1. Из сказанного нетрудно видеть, что шестнадцатеричный код “03” формируется на выходах ПЗУ DD3 по следующим адресам: 0F8, 0F9, 176, 177, 1B4, 1B5, 1D2, 1D3, 1E0, 1E1. Код “02” на выходе этого ПЗУ формируется в области

памяти с адресами от 1F0 до 1F9. По остальным адресам в ПЗУ записан код "00". При формировании импульса низкого уровня на выходе переполнения счетчика DD11 триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние за счет подачи низкого уровня с выхода счетчика через элементы DD1.3, DD2.5 на S-вход. Отрицательным перепадом на выходе триггера DD7.2 запускается формирователь DD10.1.

Из вышеизложенного следует, что формирователь DD10.1 запускается в каждой попытке, независимо от действий игроющего. Если импульс на выходе DD10.1 формируется, когда триггер DD7.1 находится в единичном состоянии, то попытка считается удачной. Если же импульс на выходе формирователя DD10.1 появляется, когда триггер DD7.1 находится в нулевом состоянии – игроющему засчитывается ошибка. Поэтому выходы триггера DD7.1 подключены ко входам P, S АЛУ (DD18, DD19), а информация на выходах триггера определяет вид выполняемой АЛУ операции. Так, когда триггер DD7.1 находится в единичном состоянии, на входы P, S АЛУ подается код 11001, что соответствует операции A+B. Игроющий в этом случае получает премиальные очки за удачную попытку. При нулевом состоянии триггера DD7.1 на входы P, S АЛУ подается код 00110, соответствующий операции A-B. Игрок в этом случае наказывается штрафными очками.

В зависимости от кода на выходе регистра DD9 и уровня напряжения на инверсном выходе триггера DD7.1 на выходе ПЗУ DD16 формируется код премиальных или штрафных очков в соответствии с табл. 22.

Т а б л и ц а 22

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	05	05	04	04	03	03	02	02	01	01	00	00	00	00	00	00
1	01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	00	00	00	00	00	00

Эта таблица составлена из условия, что светодиоды HL1 и HL2, HL3 и HL4, HL5 и HL6, HL7 и HL8, HL9 и HL10 расположены попарно в мишенях одинакового цвета.

Рассмотрим, как регистрируются результаты игры, начиная с первой попытки. Как уже отмечалось выше, после нажатия кнопки SB6 «Сброс» на входы A АЛУ (DD18, DD19) подается двоичный код числа 128. Предположим, что в соответствии с рис. 55 первая попытка была удачной, и играющий во время предъявления мишени нажал кнопку того же цвета, что и мишень. Тогда на входы B DD18 с выхода ПЗУ DD16 подается код премиальных очков. На входы S АЛУ DD18 и DD19 подается код 1001, а на вход P DD18 – высокий уровень. В результате на выходах АЛУ формируется код числа A+B. Фронтом импульса с выхода формирователя DD10.1 выходной код АЛУ переписывается в регистр DD21, преобразуется дешифраторами DD22–DD24, и на индикаторах HG1–HG3 высвечивается результат первой попытки (например, число 131 в случае получения трех премиальных очков). Этим же фронтом импульса с выхода DD10.1 триггер DD17.1 устанавливается в единичное состояние и в последующем не изменяет его до

окончания игры. При этом на вход А4 DD19 теперь подается уровень, который формируется на выходе "8" регистра DD21. И, наконец, по срезу импульса с выхода DD10.1 выходной код счетчика DD14 увеличивается на 1 и становится равным 0001. В начале очередного отрицательного полупериода напряжения на выходе ГТ1 на инверсном выходе триггера DD4.2 вновь формируется импульс отрицательной полярности, обеспечивающий установку триггеров DD13.1, DD7.1 и DD7.2 в нулевое состояние. В регистр DD9 вновь заносится случайный код от 0000 до 1001, и в результате светится один из светодиодов HL1–HL10 в течение 250...450 мс (в зависимости от цвета мишени). В последующих попытках на входы А АЛУ подается результат предыдущей попытки, на входы В – код премиальных или штрафных очков, на входы Р, S – коды операций А+В (в случае удачной попытки) или А–В (в случае нажатия кнопки другого цвета, чем мишень, либо при отсутствии реакции во время свечения мишени). После каждой попытки код счетчика DD14 увеличивается на 1. После шестнадцатой попытки на выходе старшего разряда счетчика DD14 формируется отрицательный перепад напряжения. В результате триггер DD13.2 переключается в единичное состояние и низким уровнем с его инверсного выхода блокируются генераторы ГТ1 и ГТ2. Предъявление светодиода-мишени прекращается, а на индикаторах НГ1–НГ3 индицируется результат игры. Для возобновления игры следует нажать кнопку SB6 «Сброс».

1.12. Логические игры

Большинству читателей, наверное, с детства знакома игра «Переправа», в которой лодочник-перевозчик должен переправить с одного берега на другой волка, козу и капусту. В лодку, кроме перевозчика, может сесть только один пассажир, или вместо пассажира можно перевозить груз. При этом ни на одном берегу нельзя оставлять козу с волком или козу с капустой в отсутствие перевозчика, так как при этом возможны потери. В [5] описана принципиальная схема логической игры «Переправа», содержащая две микросхемы К155ЛА3 и К155ЛА4. Положение пассажиров и груза на берегах в рассмотренном устройстве задается с помощью тумблеров. В игровом автомате предусмотрена светодиодная и звуковая индикация конфликтных ситуаций. После каждой переправы лодки с перевозчиком с берега на берег нажимают кнопку «Переправа». Логическое устройство анализирует игровую ситуацию. Свечение индикатора и звуковой сигнал свидетельствуют о том, что произошли потери (волк съел козу или коза съела капусту).

Аппаратные затраты по сравнению с [5] можно уменьшить в 2 раза, используя другие схемотехнические решения. Так, например, устройство может быть реализовано на мультиплексоре К155КП1 (рис. 57). При этом конфликтная ситуация на любом из берегов индицируется светодиодом HL1, подключенным к выходу мультиплексора. Светодиод «Авария» светится при низком уровне напряжения на выходе мультиплексора. Принцип работы устройства иллюстрируется табл. 23. Условно примем, что верхнее положение тумблеров SA1–SA4 соответствует нахождению пассажиров и груза на правом берегу, а нижнее – на левом.

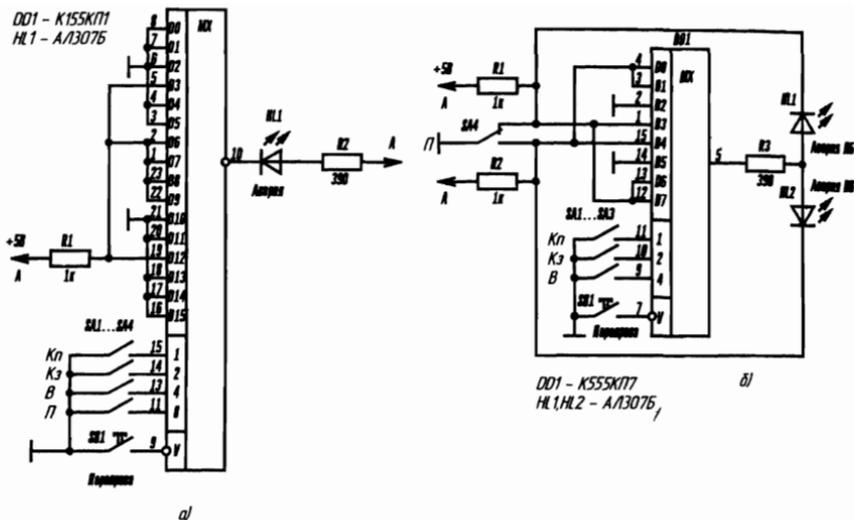


Рис. 57. Принципиальные схемы логической игры «Переправа»:

а – с использованием мультиплексора K155KP11; б – с использованием мультиплексора K155KP7

Таблица 23

Уровни напряжения на входах МХ					Уровень напряжения на выходе МХ
SA4 „Перевозчик	SA3 «Волк»	SA2 «Коза»	SA1 «Капуста»	D _n	
0	0	0	0	D0=0	1
0	0	0	1	D1=0	1
0	0	1	0	D2=0	1
0	0	1	1	D3=1	0
0	1	0	0	D4=0	1
0	1	0	1	D5=0	1
0	1	1	0	D6=1	0
0	1	1	1	D7=1	0
1	0	0	0	D8=1	0
1	0	0	1	D9=1	0
1	0	1	0	D10=0	1
1	0	1	1	D11=0	1
1	1	0	0	D12=1	0
1	1	0	1	D13=0	1
1	1	1	0	D14=0	1
1	1	1	1	D15=0	1

Нетрудно видеть, что светодиод HL1 будет светиться в том случае, если на информационный вход мультиплексора, адрес которого набран тумблерами SA1–SA4, подан высокий уровень. В связи с этим, входы MX DD1, адреса которых соответствуют конфликтным ситуациям, подключены к плюсу источника питания, а остальные – заземлены. При нажатой кнопке SB1 «Переправа» работа MX запрещена и на его выходе формируется высокий уровень, независимо от кода на адресных входах A1–A4. Светодиод HL1 при этом погашен. После «переправы» нажимают кнопку SB1, и светодиод HL1 индицирует наличие или отсутствие конфликтных ситуаций на любом из берегов.

Проанализировав табл. 23, нетрудно видеть, что наличие или отсутствие конфликтной ситуации на берегах при одной и той же информации, заданной тумблерами SA1–SA3, зависит от положения тумблера SA4 «Перевозчик». Учитывая это обстоятельство, можно реализовать игровой автомат на мультиплексоре с меньшим, чем у K155КП1, числом информационных входов (рис. 57б). При этом уровень на информационных входах изменяется с помощью тумблера SA4 «Перевозчик». Кроме того, реализована возможность отдельной индикации конфликтных ситуаций на каждом из берегов. С этой целью светодиоды HL1 и HL2 подключены к выходу MX, на котором в случае конфликтных ситуаций появляется высокий уровень. Нетрудно видеть, что конфликтная ситуация на левом берегу возможна при значениях кодов, задаваемых тумблерами SA1–SA3 и равных 000, 001, 100 при положении перевозчика на правом берегу (тумблер SA4 в верхнем положении). При этом на входы D0, D1 или D4 подается высокий уровень напряжения, на выходе MX при нажатой кнопке SB1 «Переправа» формируется высокий уровень, и загорается светодиод HL1 «Авария ЛБ», катод которого оказывается подключенным к общему проводу.

По аналогии при кодах, задаваемых SA1–SA3 и равных 011, 110 и 111, на входы D3, D6 и D7 MX подается высокий уровень при нахождении перевозчика на левом берегу (тумблер SA4 в нижнем положении). На выходе MX при нажатой кнопке SB1 формируется высокий уровень, зажигающий светодиод HL2 («Авария ПБ»), катод которого оказывается соединенным с общим проводом.

Рассмотрим более сложную игру [47]. В ней три рыцаря и три оруженосца съехались на берегу реки и хотят переправиться на другой берег при условии, что, оказавшись отдельно от своего рыцаря, ни один из оруженосцев не находился бы в обществе других рыцарей, так как рискует быть убитым. В их распоряжении имеется лодка, в которой могут разместиться не более двух пассажиров. Перевозчика в лодке нет, и поэтому ее переправа с одного берега на другой может осуществляться только при наличии в ней пассажира.

На лицевой панели устройства (рис. 58) расположены шесть тумблеров (P1–P3, O1–O3), определяющих положение рыцарей и оруженосцев на левом и правом берегах и их предполагаемые перемещения. Положение рыцарей и оруженосцев на левом или правом берегах, а также пассажиров в лодке индицируют 18 светодиодов. Светодиоды «Авария ЛБ» и «Авария ПБ» индицируют конфликтные ситуации на левом и правом берегах, соответственно.

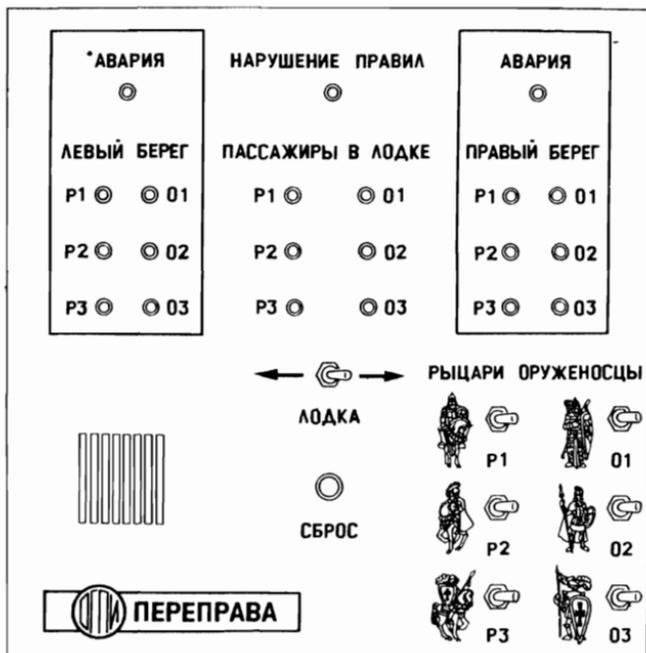


Рис 58 Передняя панель логической игры «Переправа»

Светодиод «Нарушение правил» светится при попытке «переправы» пустой лодки, а также при посадке в лодку более двух пассажиров или пассажира с противоположного берега. По сравнению со схемой, описанной в [47], аппаратные затраты снижены в 1,5 раза, а функциональные возможности существенно расширены [48].

Функциональная схема игрового автомата изображена на рис. 59. Устройство работает следующим образом. В момент первоначального включения переключатель «Лодка» установлен в нижнее по схеме положение, а переключатели «Оруженосцы» О1–О3, «Рыцари» Р1–Р3 замкнуты, что соответствует нахождению лодки и пассажиров на левом берегу. После нажатия кнопки «Сброс» регистр RG обнуляется. На его прямых выходах формируются низкие уровни, и в блоке индикации пассажиров на берегах загораются светодиоды, индицирующие положение всех пассажиров на левом берегу. Блоки памяти конфликтных ситуаций (БПКС) и регистрации нарушения правил (БРНП) устанавливаются в исходные состояния, при которых светодиоды «Нарушение правил», «Авария ЛБ» и «Авария ПБ» гаснут. Блок сравнения работает таким образом, что при одинаковых уровнях на первой и второй группах входов на всех выходах формируются высокие уровни, при которых светодиоды HL1–HL6 гаснут. Поэтому после нажатия кнопки «Сброс» светодиоды HL1–HL6 погашены. Если же кто-то из пассажиров (например Р1, О1) «сядет в лодку» (путем размыкания одноименных тумблеров), то загорятся светодиоды HL1 и HL2 в блоке индикации

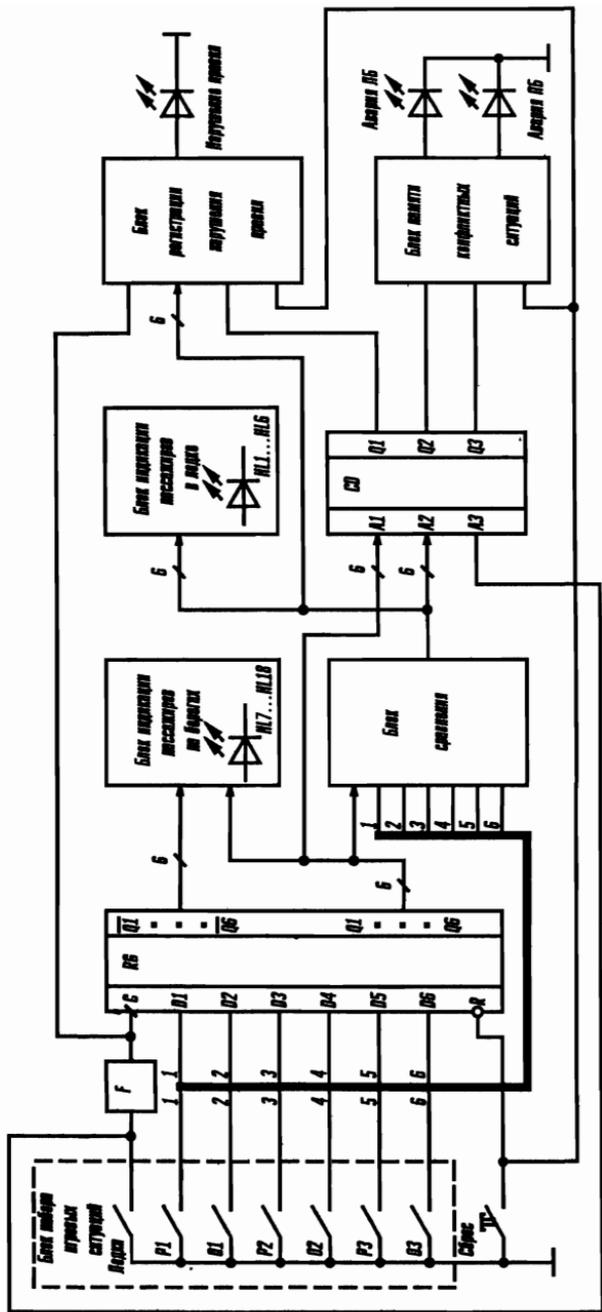


Рис. 59. Функциональная схема логической игры «Переграва»

пассажиры в лодке за счет появления низкого уровня на первом и втором выходах блока сравнения. В момент «переправы» на другой берег переключением тумблера «Лодка» на выходе формирователя импульсов F формируется короткий импульс положительной полярности. Информация со входов D1–D6 регистра RG переписывается на прямые выходы Q1–Q6. В результате светодиоды HL1, HL2, HL7, HL9 гаснут, а загорятся светодиоды HL8, HL10, индицирующие положение P1 и O1 на правом берегу. В дальнейшем операции с посадкой пассажиров в лодку и их переправой на другой берег осуществляются аналогичным образом.

Нарушение правил фиксируется в нескольких случаях. Во-первых, при переправе пустой лодки. При этом на всех выходах блока сравнения формируются высокие уровни. При подаче короткого импульса положительной полярности на первый вход блока регистрации нарушения правил, при высоких уровнях напряжений на втором входе, на выходе БРНП формируется высокий уровень. Загорается светодиод «Нарушение правил».

Кроме того, нарушение правил фиксируется при подаче низкого уровня на третий вход БРНП с первого выхода кодировщика. Кодировщик CD работает следующим образом. Низкий уровень на выходе Q1 формируется в следующих случаях:

- при появлении низкого уровня в трех любых разрядах на входе A2. Эта ситуация возникает при «посадке в лодку» трех пассажиров (изменение положений трех любых тумблеров P1–P3, O1–O3) без переключения тумблера «Лодка»;

- при размыкании любого переключателя P1–P3, O1–O3 при разомкнутом переключателе «Лодка», что эквивалентно попытке посадить в лодку, находящуюся на правом берегу, пассажиров с левого берега;

- при замыкании любого переключателя P1–P3, O1–O3 при замкнутом переключателе «Лодка», что эквивалентно попытке посадить в лодку, находящуюся на левом берегу, пассажиров с правого берега.

Во всех остальных случаях на первом выходе кодировщика формируется высокий уровень.

Если обозначить символами P1–P3, O1–O3 положение пассажиров на правом берегу, а $\overline{P1}$ – $\overline{P3}$, $\overline{O1}$ – $\overline{O3}$ – положение пассажиров на левом берегу, то на втором выходе кодировщика будет сформирован низкий уровень в случае возникновения конфликтных ситуаций на левом берегу в соответствии с формулой

$$[\overline{O1} \wedge P1 \wedge (\overline{P2} \vee \overline{P3})] \vee [O2 \wedge P2 \wedge (\overline{P1} \vee \overline{P3})] \vee [O3 \wedge P3 \wedge (\overline{P1} \vee \overline{P2})].$$

На третьем выходе кодировщика низкий уровень формируется в случае возникновения конфликтных ситуаций на правом берегу в соответствии с формулой

$$[O1 \wedge \overline{P1} \wedge (\overline{P2} \vee \overline{P3})] \vee [O2 \wedge \overline{P2} \wedge (\overline{P1} \vee \overline{P3})] \vee [O3 \wedge \overline{P3} \wedge (\overline{P1} \vee \overline{P2})].$$

При подаче низкого уровня с выхода Q2 CD на вход БПКС загорается светодиод «Авария ЛБ», а при подаче низкого уровня с выхода Q3 CD загорается светодиод «Авария ПБ». Игра завершена. После нарушения правил или возникновения конфликтных ситуаций игру необходимо начинать сначала.

Принципиальная схема игрового автомата изображена на рис. 60. Формирователь импульсов F реализован на триггере DD1.1 и элементах DD2.1, DD3.1, DD3.2. На выходе элемента DD3.2 формируются короткие импульсы положительной полярности при каждом переключении тумблера «Лодка». Регистр RG реализован на микросхемах DD4, DD5, а блок сравнения – на элементах DD3.3, DD3.4, DD6.1–DD6.4. Блок индикации пассажиров в лодке содержит светодиоды HL1–HL6, а блок индикации пассажиров на берегах – светодиоды HL7–HL18. Кодировщик реализован на ПЗУ DD8, а блок регистрации нарушения правил – на элементах DD7, DD2.2, DD2.3, DD2.4 и триггере DD1.2. Блок памяти конфликтных ситуаций выполнен на триггерах DD9.1, DD9.2.

Устройство работает следующим образом. Перед началом игры все пассажиры и лодка находятся на левом берегу, тумблеры SA2-SA7 замкнуты, а тумблер SA1 находится в нижнем положении. После нажатия на кнопку SB1 «Сброс» регистры DD4, DD5 обнуляются и загораются светодиоды HL7, HL9, HL11, HL13, HL15, HL17, индицирующие положение пассажиров на левом берегу. Триггеры DD9.1, DD9.2 и RS-триггер на элементах DD2.2, DD2.3 устанавливаются в нулевое состояние, а триггер DD1.2 – в единичное. На инверсных выходах триггеров DD9.1, DD9.2 формируются высокие уровни, и светодиоды HL20 и HL21 гаснут. За счет подачи высоких уровней на входы элемента DD2.4 на его выходе формируется низкий уровень и светодиод HL19 гаснет. Светодиоды HL1–HL6, индицирующие положение пассажиров в лодке, также не светятся, так как на первые входы элементов DD3.3, DD3.4, DD6.1–DD6.4 подаются низкие, а на вторые входы этих элементов – высокие уровни. На входы A0–A5 DD8 подаются высокие уровни, а на входы A6–A12 – низкие. На всех выходах DD8 формируются при этом высокие уровни.

Предположим, что первыми на правый берег переправляются оруженосцы O1 и O2, для чего следует разомкнуть контакты тумблеров SA3, SA5. При этом на входы D2 и D4 регистра DD4 и входы элементов DD3.4 и DD6.2 будут поданы высокие уровни. Как следствие, загорятся светодиоды HL2 и HL4, индицирующие нахождение в лодке оруженосцев O1 и O2. Так как на два входа элемента DD7 подаются низкие уровни, то высокий уровень с его выхода подается на D-вход триггера DD1.2. На всех выходах кодировщика DD8 формируются высокие уровни.

После «переправы» (переключения тумблера SA1 в верхнее положение) триггер DD1.1 переключится в единичное состояние. На выходе элемента DD3.2 формируется короткий импульс положительной полярности, поступающий на входы синхронизации регистров DD4, DD5 и триггера DD1.2. Так как на D вход триггера DD1.2 с выхода элемента DD7 подается высокий уровень, то состояние триггера не меняется и светодиод HL19 не загорается. Двоичный код на выходах регистров соответствует коду, набранному тумблерами SA2–SA7. Очевидно, что после «переправы» погаснут светодиоды HL2 и HL4, HL9 и HL13, а включатся светодиоды HL10 и HL14, указывающие на появление оруженосцев O1 и O2 на правом берегу. Конфликтных ситуаций на левом и правом берегах нет, светодиоды HL20 и HL21 не светятся, так как на всех выходах кодировщика DD8 формируются высокие уровни.

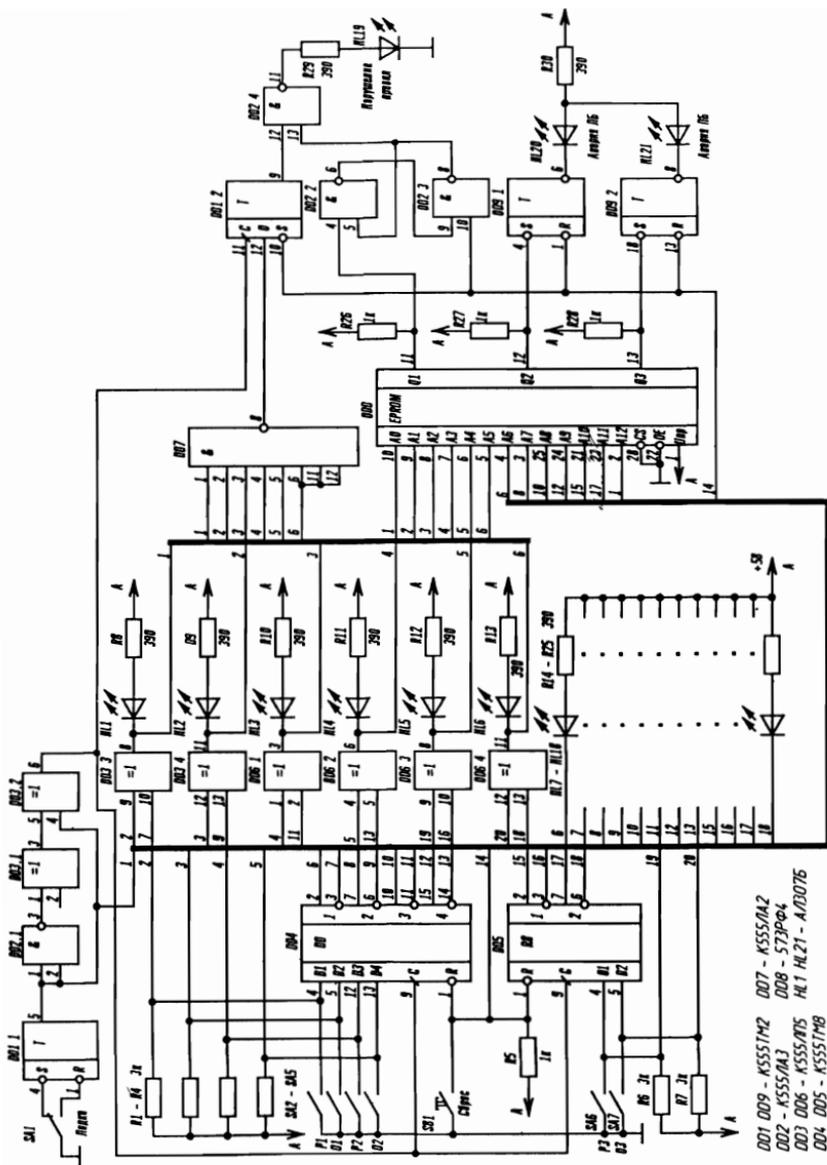


Рис. 60. Принципиальная схема логической игры «Переправа»

Если же, вопреки правилам, играющий попытается бы переправить трех пассажиров, переключив три тумблера, задающих положение пассажиров, то на выходах трех из шести элементов DD3.3, DD3.4, DD6.1–DD6.4 были бы сформированы низкие уровни. При подаче низких уровней на любые три входа A0–A5 ПЗУ DD8 на выходе Q1 кодировщика формируется низкий уровень. Триггер на элементах DD2.2, DD2.3 переключится в единичное состояние. За счет подачи низкого уровня на вход элемента DD2.4 на его выходе появится высокий уровень, загорится светодиод HL19 «Нарушение правил».

Аналогичная ситуация возникнет и в том случае, если после совершенной «переправы» оруженосцев O1 и O2 на правый берег будет в последующем сделана попытка «посадить в лодку» пассажира с левого берега (в данном случае любого из P1, P2, P3, O3) при положении лодки на правом берегу.

Микросхема ПЗУ запрограммирована таким образом, что если при A12=1 (тумблер «Лодка» в верхнем положении), низким уровне на одном или нескольких входах A6–A11 (пассажиры на левом берегу) появится низкий уровень на соответствующем входе A0–A5 (кто-то из этих пассажиров сел в лодку), то на выходе Q1 ПЗУ DD8 появится низкий уровень, устанавливающий RS-триггер на элементах DD2.2, DD2.3 в единичное состояние, в результате чего загорится светодиод HL19.

Низкий уровень на первом выходе ПЗУ появится также при A12=0 (лодка на левом берегу), высоким уровне на одном или нескольких входах A6–A11 (пассажиры на правом берегу) и низким уровне на соответствующем входе A0–A5 (кто-то из этих пассажиров сел в лодку).

Светодиод HL19 «Нарушение правил» загорится также при «переправе» пустой лодки. Если после очередной «переправы» переключить тумблер SA1 без изменения положения тумблеров SA2–SA7, то на все входы элемента DD7 будут поданы высокие уровни. После переключения тумблера SA1 на выходе элемента DD3.2 формируется короткий импульс положительной полярности. В результате низкий уровень с выхода DD7 записывается в триггер DD1.2. На первый вход элемента DD2.4 подается низкий уровень, и светодиод HL19 светится.

После любого нарушения правил игру следует начинать сначала переводом всех тумблеров SA1–SA7 в нижнее (по схеме) положение и нажатием кнопки «Сброс».

В описанной выше игровой ситуации после переправы на правый берег оруженосцев O1 и O2 один из оруженосцев должен вернуться на левый берег. Предположим, на левый берег вернулся оруженосец O1. Для ознакомления с работой устройства индикации конфликтных ситуаций рассмотрим случай, когда при нахождении на правом берегу оруженосца O2 туда с левого берега переправится рыцарь P1. При этом создаются конфликтные ситуации на обоих берегах, поскольку на левом берегу оруженосец O1 оказался без рыцаря P1 в обществе рыцарей P2, P3, а на правом – оруженосец O2 без своего рыцаря P2 оказался в обществе рыцаря P1. За счет программирования ПЗУ на выходах Q2 и Q3 DD8 в рассматриваемом случае формируются низкие уровни, устанавливающие триггеры DD9.1, DD9.2 в единичное состояние. В результате за счет появления низких уровней на

инверсных выходах этих триггеров загораются светодиоды HL20 «Авария ЛБ» и HL21 «Авария ПБ».

После каждого возникновения конфликтной ситуации, как и при нарушении правил, игру нужно начинать сначала.

Так как ПЗУ имеет объем 8192 кбайт, привести таблицу программирования в книге не представляется возможным. Поэтому приводим формулы для уровней напряжений на каждом из трех выходов ПЗУ:

В заключение приведем один из возможных вариантов переправы всех рыцарей и оруженосцев на противоположный берег без нарушения правил игры. Стрелками показано направление движения лодки.

$$\begin{aligned} \overline{Q1} &= [A12 \wedge (\overline{A0} \vee \overline{A6})] \vee [A12 \wedge (\overline{A1} \vee \overline{A7})] \vee [A12 \wedge (\overline{A2} \vee \overline{A8})] \vee \\ &\vee [A12 \wedge (\overline{A3} \vee \overline{A9})] \vee [A12 \wedge (\overline{A4} \vee \overline{A10})] \vee [A12 \wedge (\overline{A5} \vee \overline{A11})] \vee \\ &\vee [\overline{A12} \wedge (\overline{A0} \wedge A6)] \vee [\overline{A12} \wedge (\overline{A1} \wedge A7)] \vee [\overline{A12} \wedge (\overline{A2} \wedge A8)] \vee \\ &\vee [\overline{A12} \wedge (\overline{A3} \wedge A9)] \vee [\overline{A12} \wedge (\overline{A4} \wedge A10)] \vee [\overline{A12} \wedge (\overline{A5} \wedge A11)] \vee \\ &\vee \{ \text{если } [(A0 + A1 + A2 + A3 + A4 + A5) \leq 3, \text{ то } = 1] \}, \\ \overline{Q2} &= [\overline{A7} \wedge A6 \wedge (\overline{A8} \vee \overline{A10})] \vee [\overline{A9} \wedge A8 \wedge (\overline{A6} \vee \overline{A10})] \vee \\ &\vee [\overline{A11} \wedge A10 \wedge (\overline{A6} \vee \overline{A8})], \\ \overline{Q3} &= [A7 \wedge \overline{A6} \vee (A8 \vee A10)] \vee [A9 \wedge \overline{A8} \wedge (A6 \vee A10)] \vee \\ &\vee [A11 \wedge \overline{A10} \wedge (A6 \vee A8)]. \end{aligned}$$

<i>Левый берег</i>		<i>Правый берег</i>
P1, P2, P3 O1, O2, O3	
P1, P2, P3 . . O3	→	. . . O1, O2 .
P1, P2, P3 O1 . O3	← O2 .
P1, P2, P3 . . O3	→	. . . O1, O2, O3
P1, P2, P3 . . O3	←	. . . O1, O2 .
. . P3 . . O3	→	P1, P2 . O1, O2 .

<i>Левый берег</i>		<i>Правый берег</i>
P1 . P3 O1 . O3	←	. P2 . . O2 ..
. . . O1 . O3	→	P1, P2, P3 . O2 .
. . . O1, O2, O3	←	P1, P2, P3 . . .
. O3	→	P1, P2, P3 O1, O2 .
. . . O1 . O3	←	P1, P2, P3 . O2 .
.	→	P1, P2, P3 O1, O2, O3

1.13. Электронная игра «Баше»

Большинство рассмотренных игровых автоматов действует по одному заданному алгоритму. Значительный интерес представляют игровые автоматы, обучающиеся в процессе игры, то есть меняющие в зависимости от результатов игры алгоритм своего функционирования. Одним из простейших устройств такого типа является автомат для игры «Баше». Суть этой игры состоит в следующем [24]. Из набора, содержащего определенное число предметов (в нашем случае 16), двое играющих поочередно берут по одному или несколько предметов (y нас не более трех). Выигрывает тот, кто в свой очередной ход забирает последний предмет. Для игры «Баше» известны достаточно простые выигрывающие алгоритмы. В нашем случае выигрывающий алгоритм таков: предоставь первый ход противнику и каждым ходом дополняй число взятых противником предметов до четырех. В рассматриваемом случае с человеком соревнуется автомат.

Передняя панель игрового автомата изображена на рис. 61, а функциональная схема – на рис. 62 [49]. Она содержит счетчик ходов человека СТч, счетчик поражений автомата СТп, суммирующий счетчик числа взятых предметов СТ, генератор тактов, на выходах которого (“1”–“3”) формируется один, два или три импульса, соответственно, а на выходе “4” – короткий импульс положительной полярности. На втором и третьем выходах блока выигрыша формируется высокий уровень в случае поражения автомата. На первом выходе этого блока высокий уровень формируется в случае поражения человека.

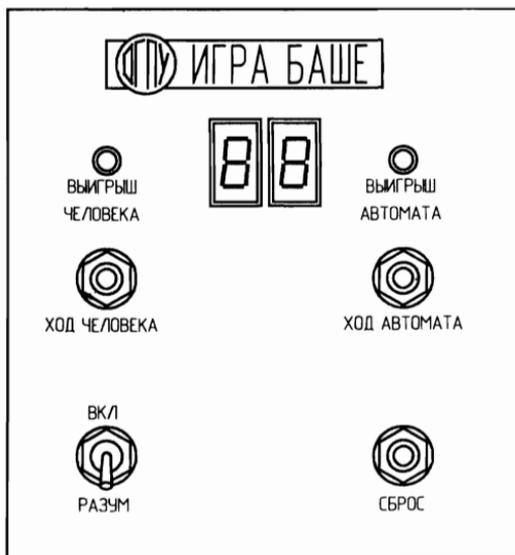


Рис 61 Передняя панель игрового автомата Баше

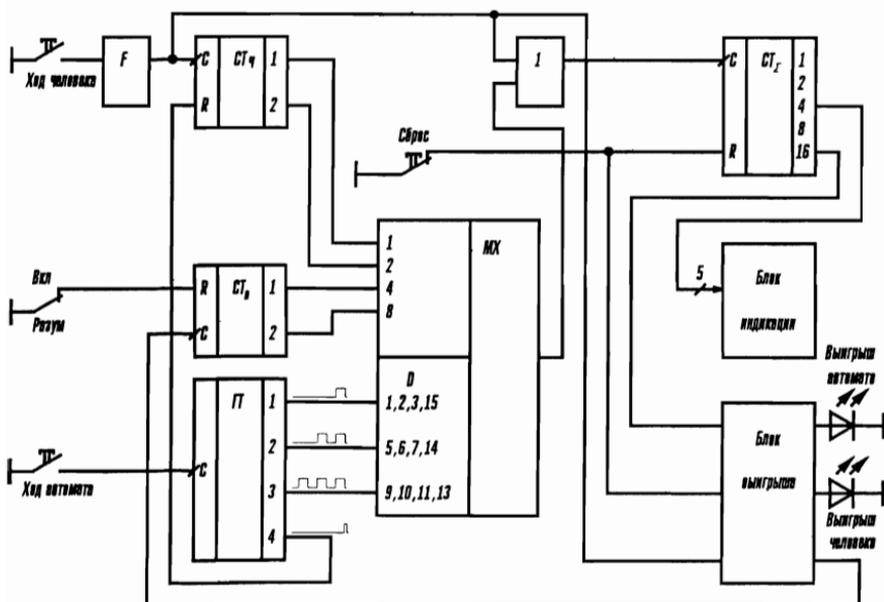


Рис 62 Функциональная схема игрового автомата Баше

Автомат работает следующим образом Первоначально нажатием кнопки «Сброс» обнуляется счетчик CT_{Σ} , а блок выигрыша устанавливается в исходное состояние, при котором напряжения на всех выходах принимают низкий уровень Если «разум выключен» (тумблер «Разум» в нижнем по схеме положении), то на вход R счетчика поражений автомата подается высокий уровень, и на его выходе формируется нулевой код Кнопку «Ход человека» нажимают столько раз, сколько предметов надумал взять играющий (от одного до трех) Двоичный код, соответствующий этому числу, формируется на выходе счетчика ходов человека $CT_{\text{ч}}$ и на выходе суммирующего счетчика CT_{Σ} Этот код определяет номер входа мультиплексора МХ, информация с которого будет передана через мультиплексор и элемент ИЛИ на вход счетчика CT_{Σ} Так как при «выключенном разуме» код адреса мультиплексора изменяется от 0001 до 0011, а первый–третий входы МХ подключены к первому выходу генератора, то независимо от числа предметов, взятых человеком, автомат всегда будет «брать по одному предмету» (на вход суммирующего счетчика по нажатию кнопки «Ход автомата» поступит один импульс) Затем счетчик $CT_{\text{ч}}$ обнулится подачей на его вход R импульса с четвертого выхода ГТ Блок индикации показывает (с нарастающим итогом) число предметов, взятых человеком и автоматом вместе Естественно, что в этой ситуации человек легко побеждает автомат Загорается светодиод «Выигрыш человека»

Если теперь «включить разум», поставив тумблер «Разум» в верхнее положение, то подачей низкого уровня на вход R разрешается работа счетчика $CT_{\text{п}}$ Тем не менее на его выходе по-прежнему сохраняется нулевой код и при каждом нажатии на кнопку «Ход автомата», независимо от количества нажатий на кнопку «Ход человека» (от 1 до 3), с выхода генератора тактов на вход суммирующего счетчика CT_{Σ} через мультиплексор и элемент ИЛИ поступит один импульс Человек опять легко обыгрывает автомат В этом случае при появлении на выходе старшего разряда счетчика CT_{Σ} высокого уровня во время действия импульса с выхода формирователя F загорается светодиод «Выигрыш человека» На третьем выходе блока выигрыша формируется импульс, увеличивающий код счетчика поражений автомата $CT_{\text{п}}$ на 1 При этом изменится адрес МХ и номер D-входов МХ, информация с которых будет передаваться на выход Теперь это будут входы «5», «6» и «7» в зависимости от числа предметов (1, 2 или 3), взятых человеком Как видно из рис 62, эти входы соединены со вторым выходом ГТ, на котором по нажатию кнопки «Ход автомата» формируются два импульса После первого поражения автомата нажимают на кнопку «Сброс», светодиод «Выигрыш человека» гаснет, счетчик CT_{Σ} обнуляется, и в очередном цикле игры на любой ход человека автомат будет добавлять по два импульса и, очевидно, вновь «проиграет» При этом на выходе блока выигрыша вновь сформируется импульс, и двоичный код на выходе счетчика $CT_{\text{п}}$ станет равным «10» Нетрудно проследить, что в очередном игровом цикле генератор тактов на любой ход человека будет подавать на вход CT_{Σ} по три импульса, и при такой стратегии его вновь будет легко обыграть После появления очередного импульса на выходе блока выигрыша двоичный код на выходе $CT_{\text{п}}$ становится равным «11» После третьего поражения

автомат выходит на победную стратегию. Все возможные ситуации при этой игре отображены в табл. 24.

Таблица 24

Число проигрышей	Число предметов, взятых человеком	Номер входа МХ (десятичный-двоичный)	Число предметов, взятых автоматом	Число предметов, взятых человеком и автоматом за один ход
0	1	1-0001	1	2
0	2	2-0010	1	3
0	3	3-0011	1	4
1	1	5-0101	2	3
1	2	6-0110	2	4
1	3	7-0111	2	5
2	1	9-1001	3	4
2	2	10-1010	3	5
2	3	11-1011	3	6
3	1	13-1101	3	4
3	2	14-1110	2	4
3	3	15-1111	1	4

Как следует из таблицы (и это легко проследить по схеме), каждым ходом автомат добавляет число взятых человеком предметов до 4 и поэтому постоянно побеждает. Если попытаться предоставить первый ход автомату, то при нулевом коде на выходе счетчика СТ₄ в зависимости от числа поражений автомата на выход МХ будет передаваться информация со входов "0", "4", "8", "12", которые являются свободными и поэтому импульсы на вход СТ поступать не будут, что можно квалифицировать как отказ автомата делать ход первым.

Принципиальная схема игрового автомата изображена на рис. 63. Счетчик ходов человека выполнен на триггерах DD4.1, DD4.2, счетчик поражений СТп – на триггерах DD5.1, DD5.2, формирователь F – на триггере DD1.1. Мультиплексор на 16 входов DD7 используется в стандартном включении. Двухдекадный суммирующий счетчик СТ реализован на триггере DD9.2 и счетчике DD10. При этом декада «единиц» собрана на триггере DD9.2 и счетчике на 5 (разряды "2", "4", "8"). Отдельный одноразрядный счетчик, входящий в микросхему DD10 (вход С1, выход "1") является счетчиком «десятков». Так как максимальное число предметов 16, то одного триггера для счета «десятков» вполне достаточно. В блок индикации входят дешифратор DD11, индикаторы HL1, HL2, HG1, HG2, элемент DD3.4 и динамическая головка BA1. Блок выигрыша содержит триггер DD9.1 и элементы DD2.4, DD6.2, DD6.3. Генератор тактов реализован на триггере DD1.2, элементе DD2.3, счетчике DD8 и мультивибраторе (DD3.1–DD3.3, DD6.1).

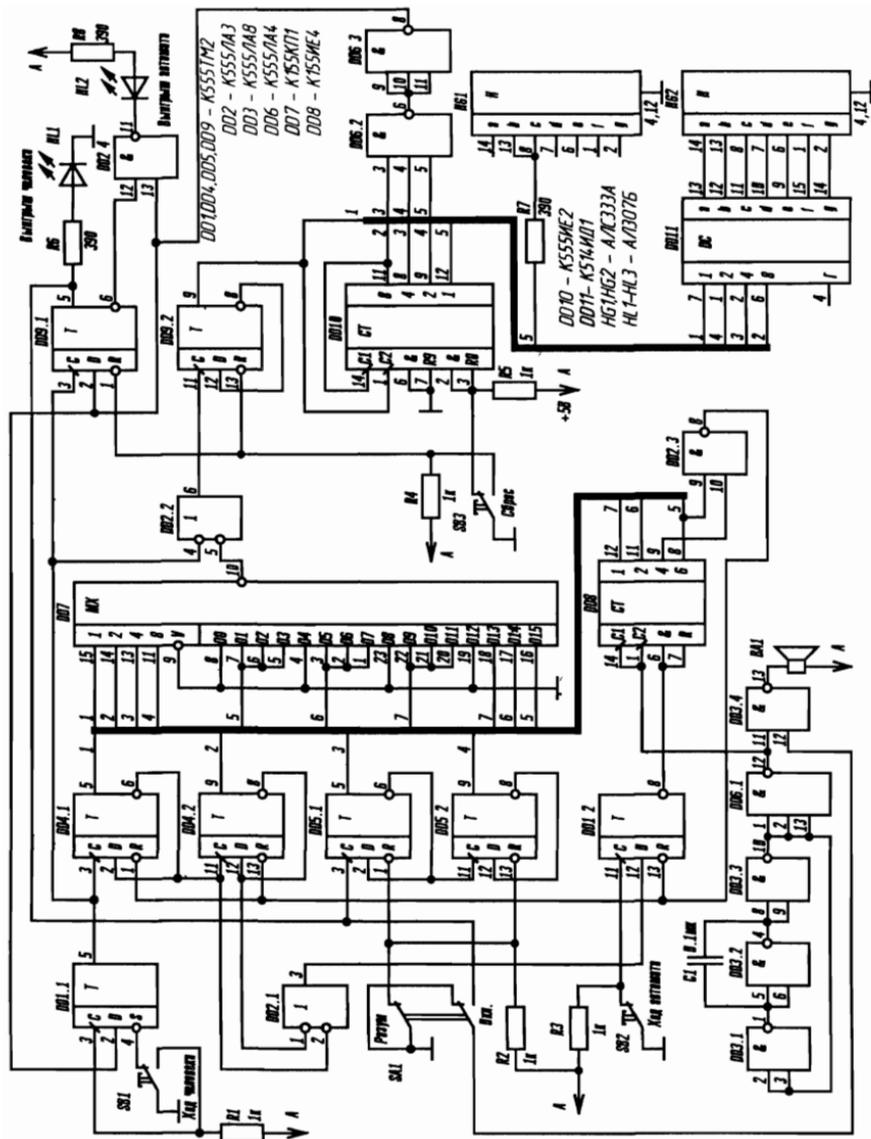


Рис. 63. Принципиальная схема игрового автомата Баше

Устройство работает следующим образом. Первоначально тумблер «Разум» SA1 установлен в верхнее по схеме положение. При этом триггеры DD5 1, DD5 2 устанавливаются в нулевое состояние. При нажатии на кнопку SB3 «Сброс» обнуляется счетчик DD10, триггеры DD9 1, DD9 2 устанавливаются в нулевое состояние, на выходе элемента DD6 3 формируется низкий уровень, светодиоды HL1, HL2 гаснут. На входы элемента DD2 1 подаются высокие уровни, на его выходе формируется низкий уровень. Поэтому, если сначала предоставить право хода автомату, то при нажатии на кнопку SB2 «Ход автомата» состояние триггера DD1 2 не изменится, и импульсы ГТ не формируются, так как на R-вход счетчика DD8 подается высокий уровень. При каждом нажатии и отпускании кнопки SB1 «Ход человека» на выходе триггера DD1 1 формируется одиночный импульс отрицательной полярности. По отрицательному перепаду напряжения на выходе DD1 1 на «1» увеличивается выходной код суммирующего счетчика (DD9 2, DD10), по положительному перепаду – выходной код счетчика ходов человека (DD4 1, DD4 2). После хода человека (нажатия на кнопку SB1 один, два или три раза) на выходах триггеров DD4 1, DD4 2 формируется двоичный код числа предметов, взятых человеком. Высокий уровень с выхода элемента DD2 1 подается на вход D триггера DD1 2. Поэтому по нажатию кнопки SB2 «Ход автомата» за счет «дребезга» на С-входе триггер DD1 2 устанавливается в единичное состояние. Низкий уровень с инверсного выхода этого триггера разрешает работу счетчика DD8 по импульсам от мультивибратора, реализованного на элементах DD3 1–DD3 3, DD6 1. На выходе «1» счетчика DD8 формируется три импульса, на выходе «2» – два, а на выходе «6» – один импульс. После этого импульсом с выхода элемента DD2 3 устанавливаются в нулевое состояние триггер DD1 2 и счетчик ходов человека (DD4 1, DD4 2). Временные диаграммы напряжений, поясняющие работу генератора тактов, приведены на рис. 64. Суммирующий счетчик подсчитывает число импульсов, поступивших через элемент ИЛИ DD2 2 с выходов формирователя импульсов DD1 1 и мультиплекса DD7.

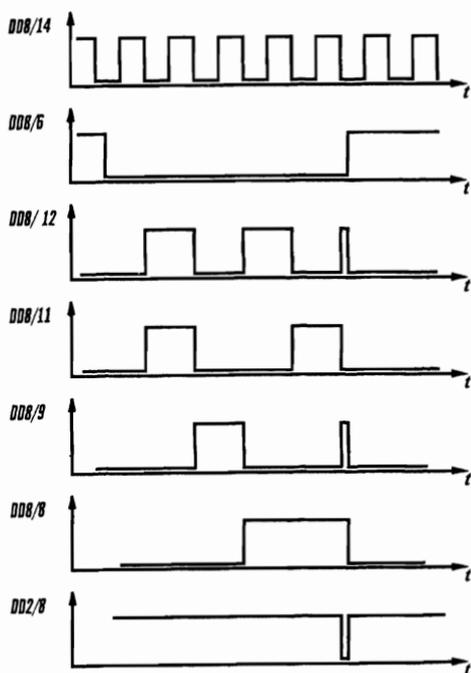


Рис. 64 Временные диаграммы напряжений генератора тактовых импульсов

Как уже отмечалось при описании функциональной схемы, при верхнем положении переключателя SA1 «Разум» через мультиплексор DD7 при каждом запуске генератора тактов подается один импульс с выхода «6» счетчика DD8. В случае, если на выходе суммирующего счетчика сформируется код десятичного числа 16, то на выходе элемента DD6.2 будет сформирован низкий уровень. Соответственно, высокий уровень подается на D-входы триггеров DD1.1 и DD9.1. Если шестнадцатый импульс на счетчике СТ_Σ появился во время хода человека, то при возврате кнопки SB1 в исходное состояние триггер DD1.1, а за ним и триггер DD9.1 переключатся в единичное состояние. Загорится светодиод HL1, фиксирующий выигрыш человека. Состояние счетчика на триггерах DD5.1, DD5.2 в этом случае не меняется, так как на R-входы триггеров подается низкий уровень. Если же шестнадцатый импульс поступил во время хода автомата, то низкий уровень формируется на выходе элемента DD2.4 и загорается светодиод HL2 «Выигрыш автомата». Формирователь DD1.1 при этом блокируется подачей высокого уровня на D-вход.

Если тумблер SA1 «Разум» поставить в положение «Вкл», то, как уже отмечалось выше, в первом цикле игры автомат добавляет в счетчик СТ_Σ при каждом нажатии на кнопку «Ход автомата» по одному импульсу. В случае поражения автомата и переключения триггера DD9.1 в единичное состояние код на выходе счетчика DD5.1, DD5.2 станет равным «01». Одновременно высокий уровень появится на втором входе элемента DD3.4, и в динамике BA1 появится звуковой сигнал, свидетельствующий, что автомат «понял ошибку и переучивается». В последующих циклах игры автомат «берет» сначала по два, потом по три предмета, а после трех поражений выходит на победную стратегию.

Для возобновления игры следует нажать на кнопку «Сброс».

1.14. «Вечный календарь»

С помощью этого кибернетического устройства можно по дате определить день недели. По функциональным возможностям описываемый «Вечный календарь» существенно превосходит все известные аналоги [50, 51]. Диапазоны отгадываемых дат от 0 до 2700 года, причем предусмотрена возможность определения дня недели как по старому, так и по новому стилю летоисчисления. Обеспечена индикация набора несуществующей даты (например, 30, 31 февраля или 31 апреля и т.д.), индикатор дня недели при вводе ошибочной даты гасится. Аппаратные затраты минимизированы.

Передняя панель автомата «Вечный календарь» изображена на рис. 65, функциональная схема на рис. 66 [52]. Минимизация аппаратных затрат достигнута за счет оригинального алгоритма вычисления дня недели.

Если обозначить столетия – С, годы внутри столетия – А, месяцы – В, числа месяца – D и выполнить вычисления

$$\frac{A+B+C+D}{7} = N(M),$$

то по остатку М можно определить день недели в соответствии с табл. 25.

Кодировка чисел А, В, С отображена в табл. 26.



Рис 65 Передняя панель устройства «Вечный календарь»

Индикация дней недели обеспечивается таким образом: 1 – понедельник, 2 – вторник, . . . , 6 – суббота, 7 – воскресенье.

Устройство работает следующим образом. После включения автомата переключателями SA1, SA2, SA3 и SA4 набирают дату, а переключателем SA5 «Стиль» – стиль летосчисления. Переключатели SA1, SA2, SA4 формируют двоично-десятичные коды столетия, года внутри столетия и дня месяца соответственно, SA3 – двоичный код месяца.

Шифратор столетий преобразует шестиразрядный двоично-десятичный код с выхода переключателя SA1 и код стиля летоисчисления в трехразрядный двоичный код числа С на первом выходе в соответствии с табл. 26. На втором выходе шифратора столетий формируется высокий уровень, если переключателем SA1 набраны столетия 00–14, а переключателем SA5 – новый стиль летосчисления или переключателем SA1 набраны столетия 20–26, а переключателем SA5 – старый стиль летосчисления. В остальных случаях на этом выходе формируется низкий уровень.

Таблица 25

Число М	Стиль летосчисления	День недели	Десятичный код	Двоичный код
0	Новый	Воскресенье	7	0111
0	Старый	Суббота	6	0110
1	Новый	Понедельник	1	0001
1	Старый	Воскресенье	7	0111
2	Новый	Вторник	2	0010
2	Старый	Понедельник	1	0001
3	Новый	Среда	3	0011
3	Старый	Вторник	2	0010
4	Новый	Четверг	4	0100
4	Старый	Среда	3	0011
5	Новый	Пятница	5	0101
5	Старый	Четверг	4	0100
6	Новый	Суббота	6	0110
6	Старый	Пятница	5	0101

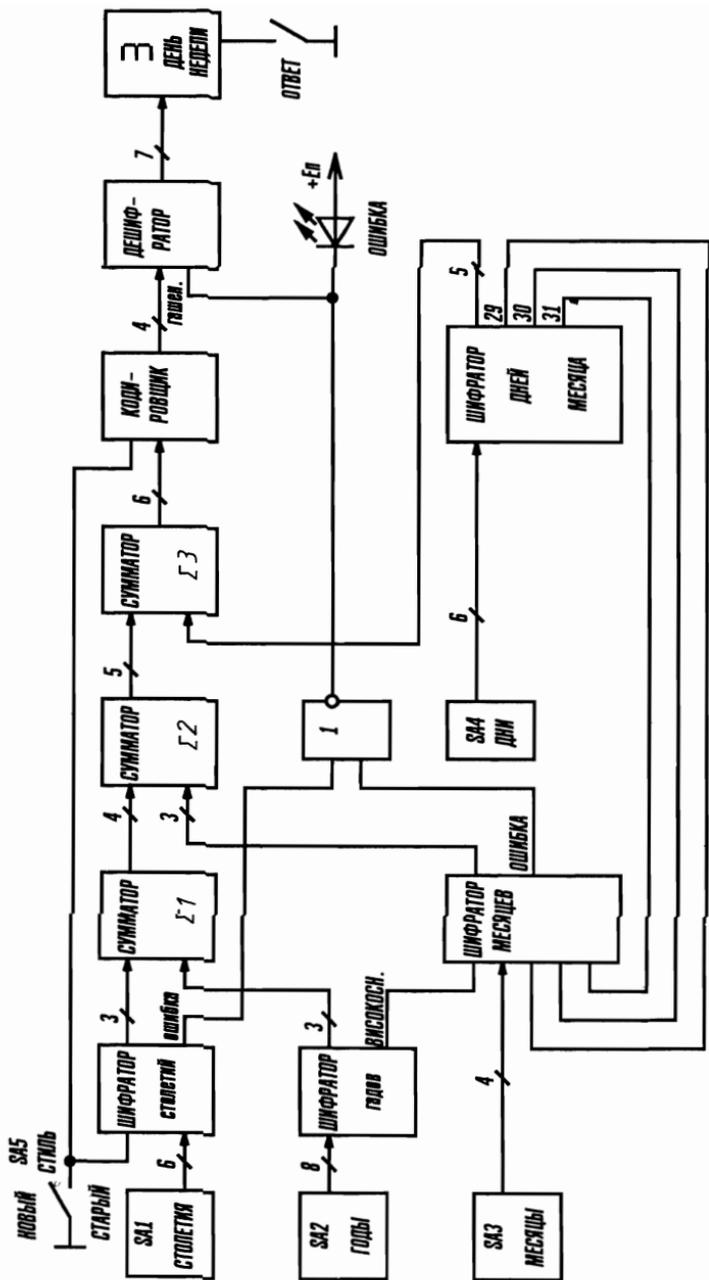


Рис 66 Функциональная схема устройства «Вечный календарь»

Высокий уровень на втором выходе шифратора столетий свидетельствует об ошибочном наборе даты. При подаче высокого уровня со второго выхода шифратора столетий на вход элемента ИЛИ-НЕ на его выходе формируется уровень логического 0, который обеспечивает гашение индикатора дня недели и включение индикатора неправильного набора даты.

Шифратор годов преобразует восьмиразрядный двоично-десятичный код с выхода переключателя SA2 в трехразрядный двоичный код набранного года (числа А) на первом выходе. На втором выходе этого шифратора высокий уровень возникает при наборе переключателем SA2 високосного года, в остальных случаях на этом выходе шифратора действует низкий уровень.

Шифратор дней месяца преобразует шестиразрядный двоично-десятичный код с выхода переключателя SA4 в пятиразрядный двоичный код дня месяца (число D) на первом выходе. Кроме того, высокий уровень формируется на втором выходе шифратора дней месяца при наборе переключателем SA4 числа 29, на третьем выходе – при наборе переключателем SA4 числа 30 и на четвертом выходе – при наборе переключателем SA4 числа 31. В остальных случаях на втором – четвертом выходах шифратора формируется низкий уровень.

Шифратор месяцев преобразует четырехразрядный входной код таким образом, что на первом выходе формируется трехразрядный двоичный код числа В месяца (с учетом високосного или невисокосного года для января и февраля) в соответствии с табл. 26.

Таблица 26

Столетия	Число С	Месяцы	Число В	Годы внутри столетия	Число А
5,12,19,26	0	Январь (год простой) Октябрь	0	00,06,17,23,28,34,45 51,56,62,73,79,84,90	0
4,11,18,25	1	Май	1	01,07,12,18,29,35,40, 46,57,63,68,74,85,91, 96	1
3,10,17,24	2	Февраль (год високосный) Август	2	02,13,19,24,30,41,47 52,58,69,75,80,86,97	2
2,9,16,23	3	Февраль (год простой) Март Ноябрь	3	03,08,14,25,31,36,42 53,59, 64,70,81,87,92 98	3
1,8,15,22	4	Июнь	4	09,15,20,26,37,43,48, 54,65,71, 76,82,93,99	4
0,7,14,21	5	Сентябрь Декабрь	5	04,10,21,27,32,38,49, 55,60,66,77,83,88,94	5
6,13,20,27	6	Январь (год високосный), Апрель, июль	6	05,11,16,22,33,39,44 50,61,67,72,78,89,95	6

На втором выходе формируется высокий уровень при наборе чисел 29, 30 или 31 переключателем SA4, февраля переключателем SA3 и невисокосного года переключателем SA2; при наборе числа 31 переключателем SA4 и апреля, июня, сентября или ноября переключателем SA3 и, наконец, при наборе чисел 30 или 31 переключателем SA4, февраля переключателем SA3 и високосного года переключателем SA2.

Появление высокого уровня на втором выходе шифратора месяцев также свидетельствует о неправильном наборе даты и сопровождается гашением индикатора дня недели и свечением индикатора ошибки.

Сумматор Σ_1 определяет сумму чисел C+A. На выходе сумматора Σ_2 формируется пятиразрядный двоичный код чисел B+A+C, а на выходе сумматора Σ_3 – шестиразрядный двоичный код суммы A+B+C+D. Далее семirazрядный код (шесть разрядов суммы чисел A+B+C+D и одноразрядный код стиля летосчисления) преобразуется в код числа M в соответствии с табл. 27.

Таблица 27

A+B+C+D	Выход переключателей SA5 (двоичный)	Код числа M	
		десятичный	двоичный
07,14,21,28	1	6	0110
35,42,49	0	7	0111
01,08,15,22,29	1	7	0111
36,43	0	1	0001
02,09,16,23	1	1	0001
30,37,44	0	2	0010
03,10,17,24,31	1	2	0010
38,45	0	3	0011
04,11,18,25,32	1	3	0011
39,46	0	4	0100
05,12,19,26	1	4	0100
33,40,47	0	5	0101
06,13,20,27,34	1	5	0101
41,48	0	6	0110

Дешифратор DC преобразует двоичный входной код в семисегментный для индикации дня недели. После набора даты замыкают контакты тумблера «Ответ», и цифровой индикатор индицирует день недели. Принципиальная схема устройства изображена на рис. 67. Дату набирают переключателями SA2–SA8 типа ПП10МВ. Все шифраторы и преобразователь кода реализованы на постоянных запоминающих устройствах (DD1–DD3, DD7, DD10). Сумматоры выполнены на микросхемах DD4, DD6, DD8 и DD9. После замыкания контактов тумблера «Ответ» на индикаторе HG1 индицируется день недели. В случае ошибочного набора даты включается светодиод HL1 «Ошибка».

В заключение приведена табл. 28 программирования ПЗУ, используемых в «Вечном календаре».

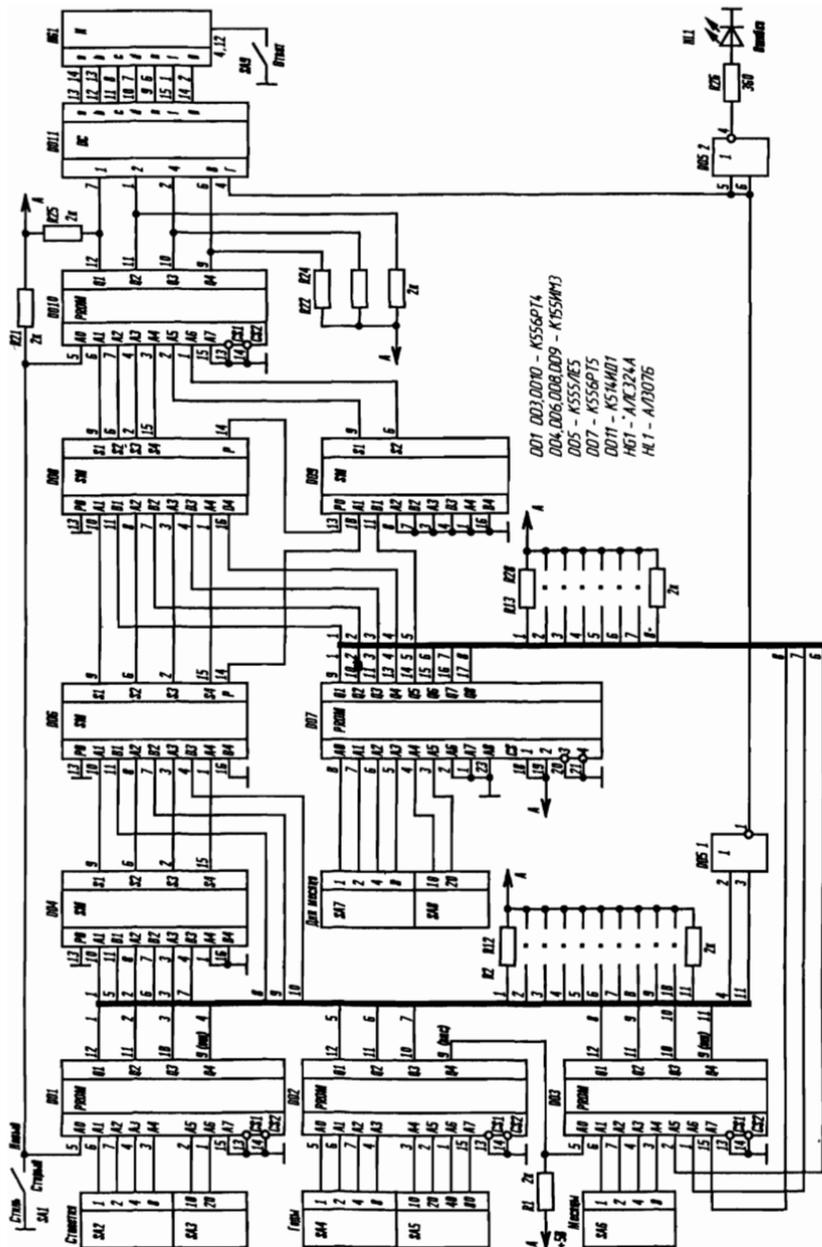


Рис. 67. Принципиальная схема устройства «Вечный календарь»

Таблица 28

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
ПЗУ DD1																
0	5	D	4	C	3	B	2	A	1	9	0	8	6	E	5	D
1	4	C	3	B	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	2	A	1	9	0	8	6	E	5	D	4	4	3	3	2	2
3	1	1	0	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	E	6	D	5	C	4	B	3	A	2	9	1	8	0	E	6
Остальные X																
ПЗУ DD2																
0	8	1	2	3	D	6	0	1	B	4	X	X	X	X	X	X
1	5	6	9	2	3	4	E	0	1	2	X	X	X	X	X	X
2	C	5	6	0	A	3	4	5	8	1	X	X	X	X	X	X
3	2	3	D	6	0	1	B	4	5	6	X	X	X	X	X	X
4	9	2	3	4	E	0	1	2	C	5	X	X	X	X	X	X
5	6	0	A	3	4	5	8	1	2	3	X	X	X	X	X	X
6	D	6	0	1	B	4	5	6	9	2	X	X	X	X	X	X
7	3	4	E	0	1	2	C	5	6	0	X	X	X	X	X	X
8	A	3	4	5	8	1	2	3	D	6	X	X	X	X	X	X
9	0	1	B	4	5	6	9	2	3	4	X	X	X	X	X	X
Остальные X																
ПЗУ DD3																
0	8	8	0	6	3	2	3	3	6	6	1	1	4	4	6	6
1	2	2	5	5	0	0	3	3	5	5	8	8	8	8	8	8
2	8	8	0	6	B	2	3	3	6	6	1	1	4	4	6	6
3	2	2	5	5	0	0	3	3	5	5	8	8	8	8	8	8
4	8	8	0	6	B	A	3	3	6	6	1	1	4	4	6	6
5	2	2	5	5	0	0	3	3	5	5	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	0	6	B	A	3	3	E	E	1	1	C	C	6	6
9	2	2	D	D	0	0	B	B	5	5	8	8	8	8	8	8
Остальные 8																
ПЗУ DD7																
0	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	XX	XX	XX	XX	XX	XX
1	0A	0B	0C	0D	0E	0E	10	11	12	13	XX	XX	XX	XX	XX	XX
2	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	3D	XX	XX	XX	XX	XX	XX
3	5E	9F	XX													
Остальные XX																
ПЗУ DD10																
0	0	0	7	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7
1	7	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	1
2	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	1	1	2
3	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	1	1	2	2	3
4	3	4	4	5	5	6	6	7	7	1	1	2	2	3	3	4
5	4	5	5	6	6	7	7	1	1	2	2	3	3	4	4	5
6	5	6	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Остальные X																

II. ЭЛЕКТРОННЫЕ АВТОМАТЫ В ШКОЛЕ

Вычислительная техника проникла практически во все сферы человеческой деятельности. К использованию этой техники необходимо готовить и подрастающее поколение. Поэтому в учебные планы школ и СПТУ введен предмет «Основы информатики и вычислительной техники». Учащиеся изучают основы программирования, знакомятся с элементами электронно-вычислительной техники. Вычислительная техника начинает играть все большую роль в учебном процессе, в организации классной и внеклассной работы школьников. Одним из возможных направлений ее использования является создание наглядных демонстрационных устройств по различным разделам школьных курсов физики, информатики, других учебных дисциплин.

Чрезвычайно перспективным представляется использование автоматов для контроля знаний учащихся, развития программированного обучения. Электронные экзаменаторы должны автоматически выдать задания, проконтролировать правильность ответов учащихся, наглядно представить результаты испытаний в цифровой форме. Они должны стать привычным инструментом в деятельности школьников, как старшеклассников, так и учащихся начальных классов. Использование автоматов для контроля знаний даст также возможность получения индивидуальной информации о темпе и уровне усвоения изучаемого материала каждым учеником, позволит установить оптимальную обратную связь между учащимся и учителем.

И наконец, еще одну группу устройств составят автоматы-помощники. Электроника поможет спортивному судье остаться объективным и беспристрастным. Электронные таймеры станут ассистентами в проведении опытов по химии или при фотосъемке, выполнят роль электронного секретаря на собраниях, по установленной программе подадут школьные звонки. Электронные светофоры помогут воссоздать на школьном автодроме «уличную» ситуацию. В этом разделе мы рассмотрим некоторые устройства, которые могут быть успешно использованы в школах и ПТУ, как в учебном процессе, так и во внеклассной работе.

2.1. Электронные светофоры

Беседы по правилам дорожного движения, проводимые с детьми дошкольного и младшего школьного возраста, более эффективны, если они сопровождаются демонстрацией действующего устройства.

Схема одного из вариантов электронного светофора на микросхемах ТТЛ и временные диаграммы, иллюстрирующие его работу, изображены на рис. 68.

Светофор обеспечивает следующий режим работы: 6 с горит красный свет, 2 с – красный и желтый, затем 4 с – зеленый, после чего он мигает две секунды и включается на две секунды желтый свет. В последующем цикл повторяется. Полный цикл работы выбран равным 16 с и может быть

при необходимости изменен с пропорциональным изменением длительности всех интервалов работы светофора.

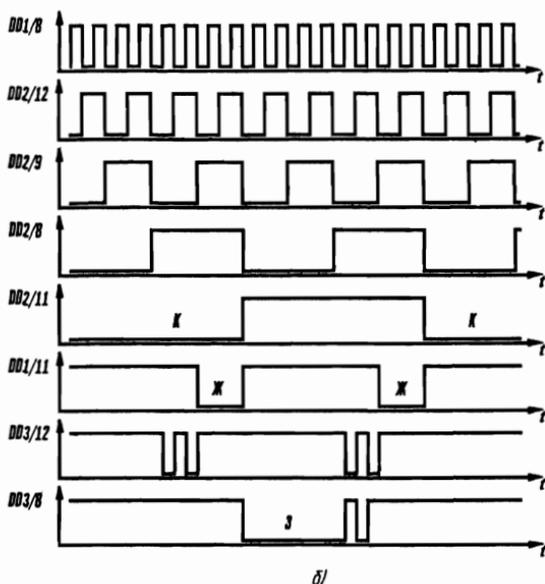
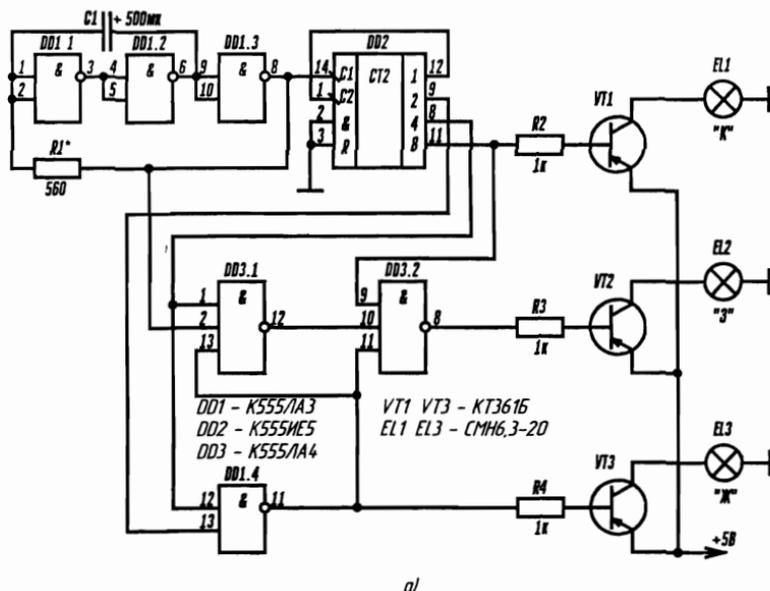


Рис. 68. Электронный светофор на микросхемах серии K555:
 а – принципиальная схема; б – временные диаграммы напряжений

Светофор содержит задающий генератор на элементах DD1.1–DD1.3, четырехразрядный двоичный счетчик DD2, логическое устройство, реализованное на элементах DD3 1, DD3 2, DD1.4, и усилители мощности на транзисторах VT1–VT3, нагрузкой которых являются лампы накаливания EL1–EL3. Частота задающего генератора равна 1 Гц и может быть изменена подборкой резистора R1. Счетчик DD2 формирует последовательности импульсов с периодами 2, 4, 8, 16 с. Последовательность включения ламп EL1–EL3 обеспечивает логическое устройство. Свечение соответствующей лампы соответствует низкому уровню на базе транзисторов VT1–VT3. В светофоре использованы лампы накаливания с номинальным напряжением 6,3 В.

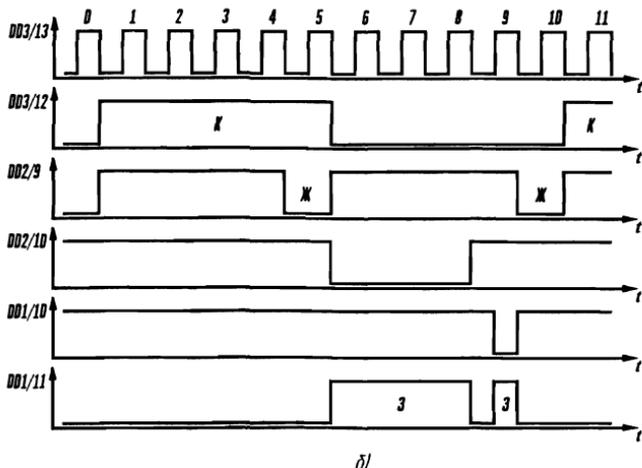
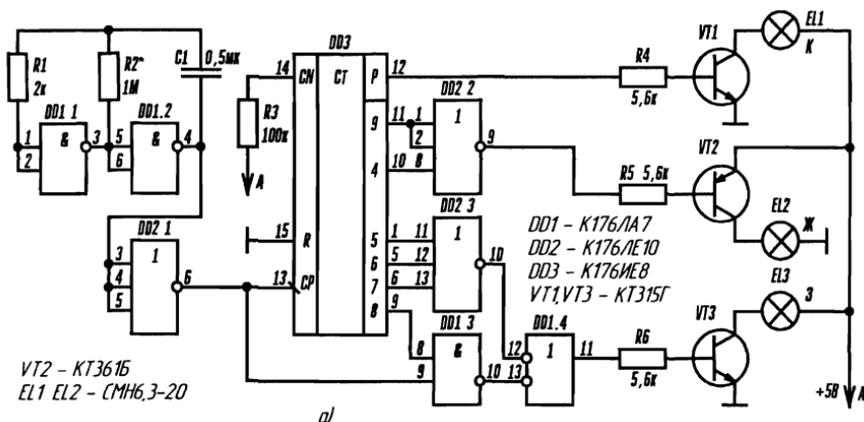


Рис 69 Электронный светофор на микросхемах серии К176
а – принципиальная схема, б – временные диаграммы напряжений

Схема аналогичного светофора на микросхемах КМДП и временные диаграммы его работы изображены на рис. 69. Цикл работы светофора равен 10 с, при этом 4 с горит красный свет, 1 с – красный и желтый, 4 с – зеленый, причем последнюю секунду он мигает, а затем 1 с – желтый. Далее циклы повторяются.

Устройство содержит тактовый генератор на элементах DD1.1, DD1.2, DD2.1, счетчик-распределитель DD3, логическое устройство DD1.3, DD1.4, DD2.2, DD2.3 и усилитель мощности на транзисторах VT1–VT3, в коллекторные цепи которых включены лампы накаливания EL1–EL3. Частота импульсов задающего генератора – около 1 Гц. На выходах “1”–“9” счетчика DD3 последовательно появляется высокий уровень на время, равное периоду тактовых импульсов, со скважностью, равной 10. На выходе Р формируется импульс типа меандра, период которого равен 10 периодам тактовых импульсов. Последовательность включения ламп светофора, как и в предыдущем случае, определяет логическое устройство.

2.2. Автоматы для контроля знаний

В этом параграфе описаны несколько устройств для контроля знаний, отличающихся по функциональным возможностям и аппаратным затратам.

Наибольшей схемной простотой обладают автоматы для выборочного контроля знаний, в процессе которого ученику предлагается вопрос и несколько вариантов ответа на него. Ученик должен выбрать из ответов тот, который он считает правильным или наиболее полным, и ввести этот ответ в автомат. Устройство должно проконтролировать правильность ответа на каждый вопрос и представить результаты испытаний в наглядной форме. Кроме того, необходимо предусмотреть достаточную вариативность ответов на каждый вопрос и исключить возможность подбора правильного ответа. Такие автоматы могут использоваться для проведения тестирования учащихся по большинству предметов школьной программы. Эффективность использования автоматов для контроля знаний выборочным методом в значительной степени определяется содержанием предлагаемого теста.

Описаны несколько устройств для автоматического контроля знаний по курсам «Математика», «Основы информатики и вычислительной техники» в школе и технических колледжах. Эти устройства обеспечивают предъявление данных (двоичных и цифровых кодов, множителей, операндов) по случайному закону, автоматическую регистрацию числа правильных ответов и ошибок. В процессе контроля знаний либо измеряется время, затрачиваемое учащимися на цикл испытаний (определенное число правильных ответов), либо задается фиксированное время испытаний, в течение которого регистрируются правильные ответы и ошибки. Дифференцированная оценка знаний в каждом случае должна учитывать число правильных ответов и ошибок, а также время, затрачиваемое учащимися на выполнение задания.

Автоматы для контроля знаний выборочным методом

В простейшем автомате такого типа, принципиальная схема которого изображена на рис 70, на корпусе установлены кнопка «Сброс», гнездо для подключения щупа и разъем для подключения кассеты с вопросами [28]. Экзаменатор обладает следующими возможностями. В каждом цикле испытаний знания контролируются по четырем вопросам при шести вариантах ответов, один из которых является правильным. Имеется принципиальная возможность расширения вариативности ответов без увеличения аппаратных затрат. Кодирование номера правильного ответа осуществляется установкой распаянной определенным образом кассеты. Кассета

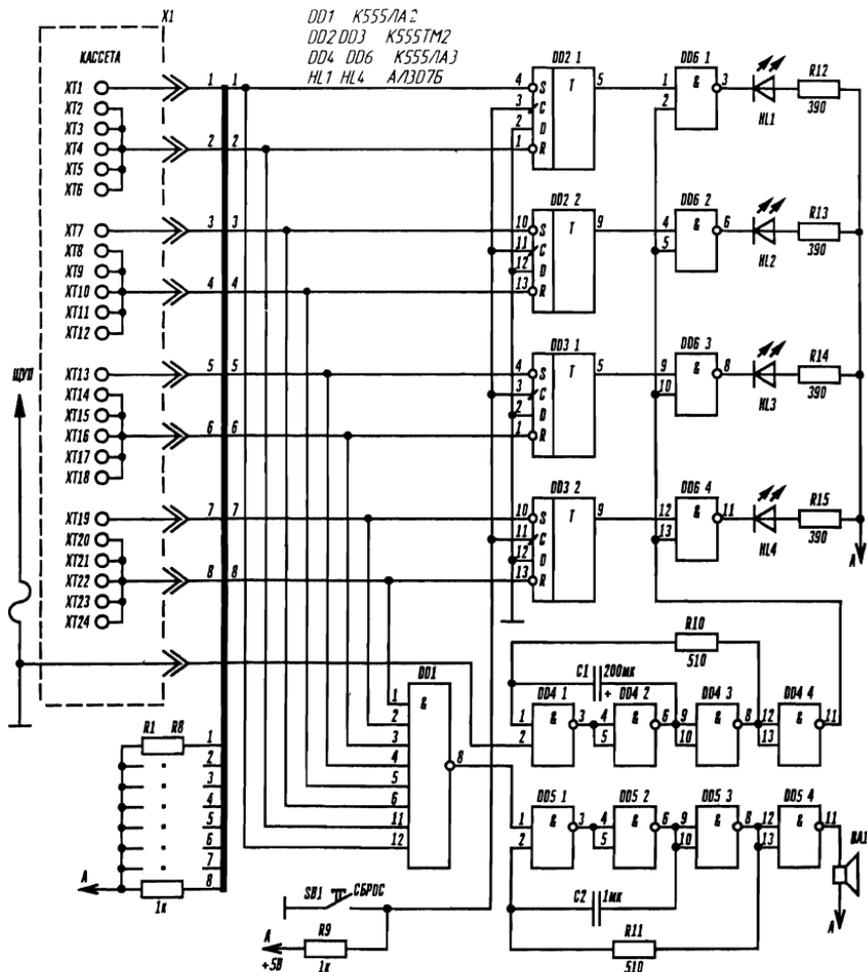


Рис 70 Принципиальная схема автомата для контроля знаний

имеет «карман», в который вставляется карточка с четырьмя вопросами и шестью вариантами ответов на каждый вопрос. Сбоку против каждого из ответов расположена металлизированная контактная площадка. Ввод ответа осуществляется касанием щупом контактной площадки, расположенной против ответа, который, по мнению учащегося, является правильным. До того момента, как опрос завершен, учащийся имеет возможность изменить свой ответ на любой вопрос. Окончательным считается тот ответ, который введен учащимся последним. Когда ответы на все вопросы закончены, кассету вынимают, после чего мигают светодиоды, индицирующие правильные ответы на вопросы. По их числу может быть дана оценка знаний учащегося.

Устройство работает следующим образом. Перед началом испытания после того, как кассета вставлена в разъем на корпусе автомата, нажимают на кнопку «Сброс». Триггеры DD2.1, DD2.2, DD3.1 и DD3.2 устанавливаются в нулевое состояние. Генератор на элементах DD4.1–DD4.3 блокируется. За счет подачи низких уровней на входы элементов DD6.1–DD6.4 на их выходах формируются высокие уровни, и светодиоды HL1–HL4 гаснут.

После того как карточка с вопросами вставлена в кассету, можно приступать к ответам на вопросы, касаясь щупом площадок у правильного, по мнению учащегося, ответа. При этом следует иметь в виду, что контакты XT1–XT6 относятся к первому вопросу, XT7–XT12 – ко второму, XT13–XT18 – к третьему, а XT19–XT24 – к четвертому вопросу. В каждой группе контактов пять из них (соответствующие неправильным ответам) объединены и подключены к R-входам RS-триггеров. Площадки, которых следует коснуться для введения правильного ответа, подключены к S-входам RS-триггеров. Если учащийся касается одной из этих площадок, то соответствующий RS-триггер устанавливается в единичное состояние.

Комбинация «верной» и «неверных» площадок на кассете меняется от вопроса к вопросу и не повторяется на разных кассетах. Поэтому угадать правильный ответ невозможно. Чтобы убедиться, что ввод данных в устройство произошел, обеспечена звуковая сигнализация касания любой из указанных площадок. При этом на один из выходов элемента DD1 подается низкий уровень, на его выходе формируется высокий уровень, разрешающий работу звукового генератора, собранного на элементах DD5.1–DD5.4, и в динамике BA1 слышится тон.

После того как ответы на вопросы закончены, кассета вынимается. При этом снимается блокировка с вспомогательного генератора на элементах DD4.1–DD4.4, и на его выходе формируются импульсы с частотой около 3 Гц. В результате будут мигать светодиоды, подключенные через логические элементы к выходам тех триггеров, которые находятся в единичном состоянии. Таким образом, мигающий светодиод индицирует правильный ответ.

Для возобновления испытаний следует вновь вставить кассету и нажать кнопку SB1 «Сброс».

Значительно более широкими функциональными возможностями обладает автомат для контроля знаний, передняя панель которого изображена на рис. 71. Число вопросов, по которым осуществляется контроль знаний методом выборочного ответа, увеличено до 15. По каждому вопросу преду-

смотрено пять вариантов ответов, число которых без изменения аппаратных затрат может быть увеличено до восьми. Изменение программы контроля (номеров правильных ответов на каждый вопрос) осуществляется преподавателем оперативно с помощью переключателя программ, максимальное число программ – 16. В экзаменаторе обеспечена балльная оценка результатов опроса, критерии которой могут изменяться в зависимости от условий проведения теста. Перед выполнением теста учащийся получает карточку с пятнадцатью вопросами, на каждый из которых приведены до пяти вариантов ответа. Преподаватель перед началом опроса переключателем программ, расположенным на задней панели экзаменатора, выбирает номер программы, затем нажимает кнопку «Сброс». На индикаторе номера вопроса загорается первый светодиод, индикатор «Оценка» гасится. Учащийся должен установить переключатель «Номер ответа» в положение, соответствующее, по его мнению, номеру правильного ответа на первый вопрос, и нажать кнопку «Ответ». При этом загорится второй светодиод шкального индикатора, что свидетельствует о том, что учащийся должен отвечать на второй вопрос контрольной карты. В последующем учащийся при ответе на каждый вопрос устанавливает в соответствующее положение переключатель «Номер ответа» и нажимает кнопку «Ответ». После ответа на последний (15-й) вопрос загорается индикатор «Оценка», на котором индицируется балл, полученный учащимся по результатам теста.

Принципиальная схема автомата приведена на рис. 72. На элементах DD1.1, DD1.2 и одновибраторе DD2.1 собран формирователь импульсов «Ответ», на микросхеме DD3 – счетчик ответов, на дешифраторе DD4 и светодиодах HL1–HL15 реализован блок индикации номера ответа. На микросхеме DD5 выполнен счетчик правильных ответов, на ПЗУ DD6 и индикаторе HG1 – блок индикации оценки. Формирователь кода ответа реализован на микросхеме DD7.

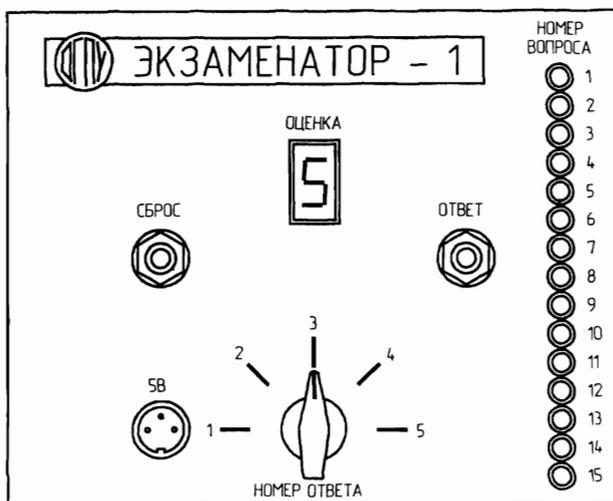


Рис. 71. Передняя панель автомата для контроля знаний «Экзаменатор-1»

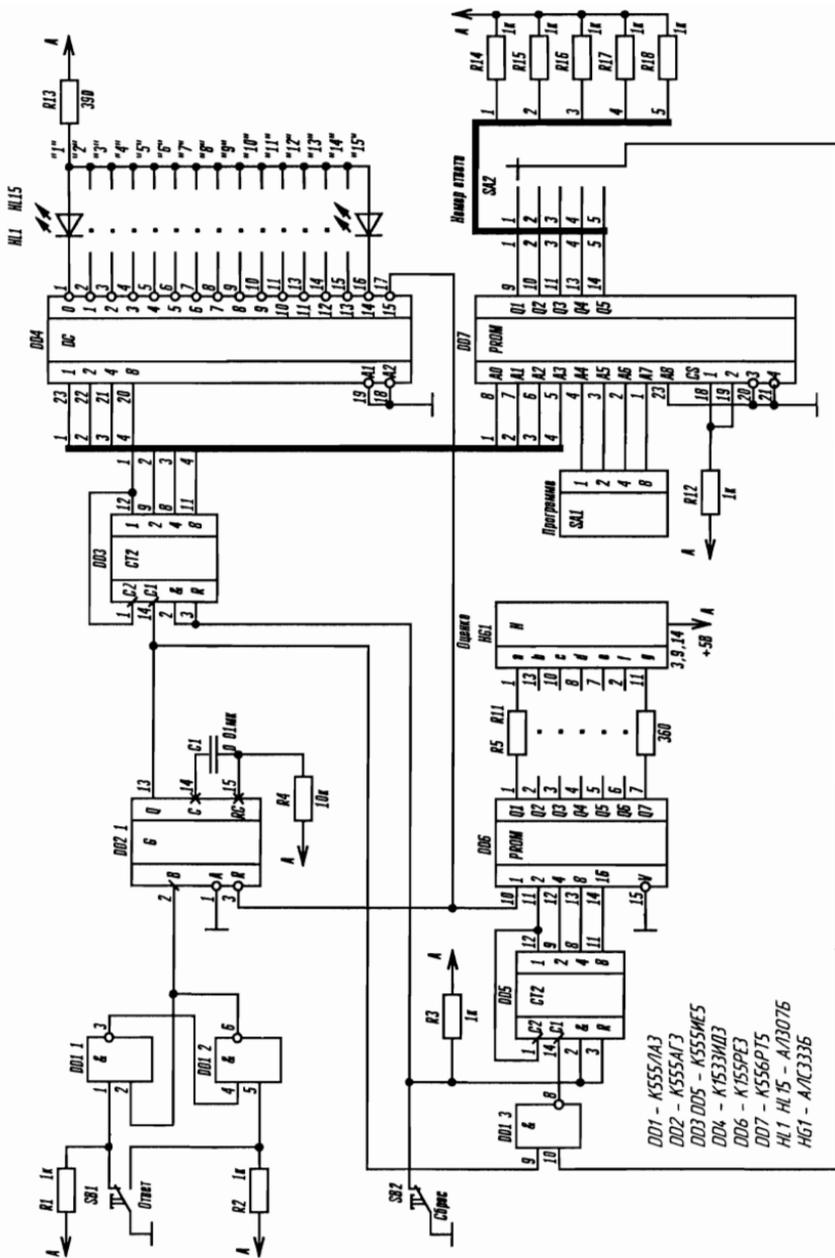


Рис. 72. Принципиальная схема автомата для контроля знаний методом выборочного ответа

Автомат работает следующим образом. При нажатии кнопки SB2 «Сброс» обнуляются счетчики DD3 и DD5. На выходе "0" дешифратора DD4 формируется низкий уровень, загорается светодиод HL1 шкального индикатора. Высокий уровень с выхода "15" дешифратора подается на первый вход ПЗУ DD6, в результате чего на его выходе формируются высокие уровни и индикатор оценки HG1 гаснет. Кроме того, указанным высоким уровнем разрешается работа формирователя импульсов DD2.1. В соответствии с программой, предварительно занесенной в ПЗУ DD7, на одном из выходов Q1–Q5, соответствующем правильному ответу на данный вопрос, формируется высокий уровень, а на остальных выходах – низкий. Учащийся устанавливает переключатель номера ответа в положение, соответствующее правильному, по его мнению, ответу на первый вопрос, и нажимает на кнопку SB1 «Ответ». RS-триггер на элементах DD1.1, DD1.2 обеспечивает защиту от «дребезга» кнопки SB1, на его выходе по нажатию и отпусканю указанной кнопки формируется одиночный импульс положительной полярности. По положительному перепаду напряжения на выходе элемента DD1.2 на выходе ждущего мультивибратора DD2.1 формируется короткий импульс положительной полярности. Если учащийся выбрал правильный ответ, то с выхода ПЗУ DD7 на второй вход элемента DD1.3 подается высокий уровень напряжения. В результате импульс с выхода формирователя DD2.1 через элемент DD1.3 поступает на вход счетчика DD5, и код на его выходе увеличивается на 1. Если же учащийся выбрал неправильный ответ, то с выхода ПЗУ DD7 на вход элемента DD1.3 через переключатель SA2 подается низкий уровень, импульс на вход счетчика DD5 не поступает и выходной код счетчика не меняется. Нетрудно видеть, что изменение кода на выходе счетчика DD5 происходит в момент, соответствующий фронту импульса на выходе формирователя DD2.1. Срезом этого импульса на 1 увеличивается выходной код счетчика ответов DD3, низкий уровень формируется на выходе "1" дешифратора DD4, и загорается светодиод HL2, индицирующий переход к ответу на второй вопрос задания.

Таким образом, сначала регистрируется правильный ответ (если таковой был дан), а затем изменяется номер вопроса. В последующем при ответе на каждый вопрос учащийся сначала ставит в соответствующее положение переключатель SA2, а затем нажимает кнопку SB1 «Ответ». После ответа на последний (пятнадцатый) вопрос светодиода шкального индикатора гаснут, на выходе "15" дешифратора DD4 формируется низкий уровень, которым блокируется формирователь импульсов DD2.1 и разрешается работа ПЗУ DD6, формирующего семисегментный код оценки. Последующие нажатия на кнопку SB1 «Ответ» не меняют состояния счетчиков DD3, DD5. В соответствии с программой, занесенной в ПЗУ DD6, на индикаторе HG1 индицируется оценка, выставляемая учащемуся за выполнение теста. Критерии оценки могут быть различными, от них зависит программа, которую следует занести в ПЗУ. Данные табл. 29 программирования ПЗУ соответствует следующему критерию:

за 14 или 15 правильных ответов – оценка "5";

за 12 или 13 правильных ответов – оценка "4";

за 9–11 правильных ответов – оценка "3".

Если число правильных ответов меньше 9 – индицируется оценка "2".

Таблица 29

Ад рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	A4	FF	B0	FF	A4	FF	A4	FF								
1	A4	FF	B0	FF	B0	FF	B0	FF	99	FF	99	FF	92	FF	92	FF

Для возобновления теста следует нажать на кнопку SB2 «Сброс».

Микросхема ПЗУ DD6 устанавливается в сокет и может оперативно заменяться в зависимости от критериев оценки.

При желании перейти от индикации балльной оценки знаний к индикации количества правильных ответов, это можно сделать без дополнительных аппаратных затрат. В этом случае необходимо только изменить таблицу программирования ПЗУ DD6 так, чтобы на индикаторе HG1 индцирировалось число правильных ответов в 16-ричном коде (табл. 30).

Таблица 30

Ад рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	C0	FF	F9	FF	A4	FF	B0	FF	99	FF	92	FF	82	FF	F8	FF
1	80	FF	90	FF	88	FF	83	FF	C6	FF	A1	FF	86	FF	8E	FF

Возможна индикация числа правильных ответов и в десятичном коде. Тогда для индикации десятка следует использовать запятую цифрового индикатора, подключив вход "h" индикатора к выходу Q8 ПЗУ. Карта программирования ПЗУ DD7 для этого случая представлена в табл. 31.

Таблица 31

Ад рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	C0	FF	F9	FF	A4	FF	B0	FF	99	FF	92	FF	82	FF	F8	FF
1	80	FF	90	FF	40	FF	79	FF	24	FF	30	FF	19	FF	12	FF

Автоматы для контроля знаний систем счисления

Рассмотрим автоматы, предназначенные для контроля знаний по переводу чисел из одной системы счисления в другую.

На рис. 73 приведена схема простейшего автомата для контроля знаний по переводу двоичного кода в десятичный и обратно. На передней панели автомата установлен кнопочный переключатель с фиксацией и независимым включением для ввода четырехразрядного двоичного кода, 16 гнезд для ввода десятичного кода, светодиоды «Верный ответ» и «Ошибка», кнопка «Ответ». К автомату подключен щуп-указка, предназначенный для задания десятичного кода либо ввода ответа в десятичном коде.

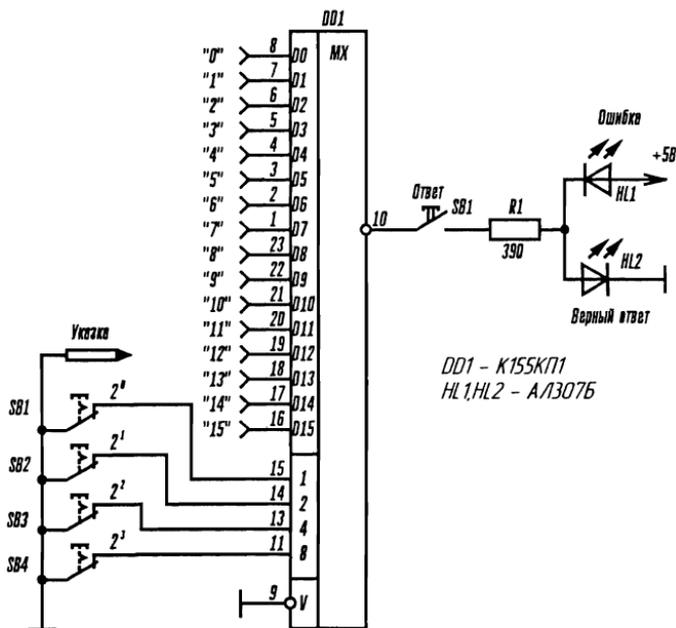


Рис 73. Принципиальная схема простейшего автомата для контроля знаний систем счисления

Двоичный код задается переключателями SB1–SB4. Нажатая кнопка соответствует логической единице, ненажатая – логическому нулю. Набор десятичного числа осуществляется с помощью шупа, который вставляют в гнездо, соединяя его с общим проводом. Каждому гнезду соответствует определенное десятичное число.

Если контролируются знания по переводу двоичного кода в десятичный, то сначала преподаватель набирает двоичный код переключателями SB1–SB4, а затем ученик с помощью шупа вводит ответ. Если осуществляется контроль знаний по переводу десятичного кода в двоичный, то преподаватель с помощью шупа задает десятичное число, а учащийся с помощью кнопочных переключателей набирает ответ. В обоих рассмотренных случаях после ввода правильного ответа на выходе мультиплексора формируется высокий уровень, так как на информационный вход, адрес которого набран переключателями SB1–SB4, подается низкий уровень. Поэтому после нажатия на кнопку «Ответ» загорается светодиод HL2 «Верный ответ». Если ответ был неверный, на выходе мультиплексора формируется низкий уровень и после нажатия на кнопку «Ответ» загорается светодиод HL1 «Ошибка».

По аналогичной схеме можно собрать устройство для контроля знаний по переводу двоичного кода в шестнадцатиричный и обратно.

Значительно более широкими функциональными возможностями обладает автомат для контроля знаний «Экзаменатор-2». Он, как и предыду-

щий автомат, предназначен для контроля знаний систем счисления. Передняя панель экзаменатора изображена на рис. 74.



Рис. 74. Передняя панель автомата «Экзаменатор-2»

Функциональная схема автомата показана на рис. 75 [25]. В «Экзаменаторе-2» реализованы два режима испытаний. Первый режим – «Код цифровой»/«Код двоичный» (КЦ/КД), при котором по нажатию на кнопку SB1 «Пуск» на индикаторе цифрового кода предьявляется случайное десятичное или 16-ричное число, а учащийся кнопкой SB2 «Ввод» устанавливает на светодиодном индикаторе двоичного кода двоичный эквивалент этого числа, после чего нажимает на кнопку SB4 «Равно».

Второй режим – «Код двоичный»/«Код цифровой» (КД/КЦ), при котором по нажатию на кнопку «Пуск» на светодиодном индикаторе предьявляется случайный двоичный код, а учащийся кнопкой «Ввод» устанавливает на цифровом индикаторе десятичный или 16-ричный эквивалент этого кода, после чего нажимает на кнопку «Равно».

В обоих режимах при нажатии на кнопку «Пуск» запускается таймер, который останавливается после ввода правильного ответа. Если ответ ошибочный, то отсчет времени продолжается, а учащемуся предоставляется повторная попытка для ответа. Испытания завершаются после 32 правильных ответов, при этом индикатор попыток показывает число попыток, а индикатор времени – суммарное время, затраченное на 32 правильных ответа.

Перед началом испытаний переключателем SA1 «Режим» задают режим испытаний, а переключателем SA2 «Код» («10/16») – вид цифрового кода. Нажатием на кнопку SB3 «Сброс» обнуляют счетчики правильных ответов CT5, попыток CT6 и времени CT7. RS-триггер устанавливается в единичное состояние. Низкий уровень напряжения с выхода счетчика CT5 гасит индикаторы попыток и времени. Высокий уровень с прямого выхода RS-триггера гасит индикатор цифрового кода, а низкий уровень с инверсно-

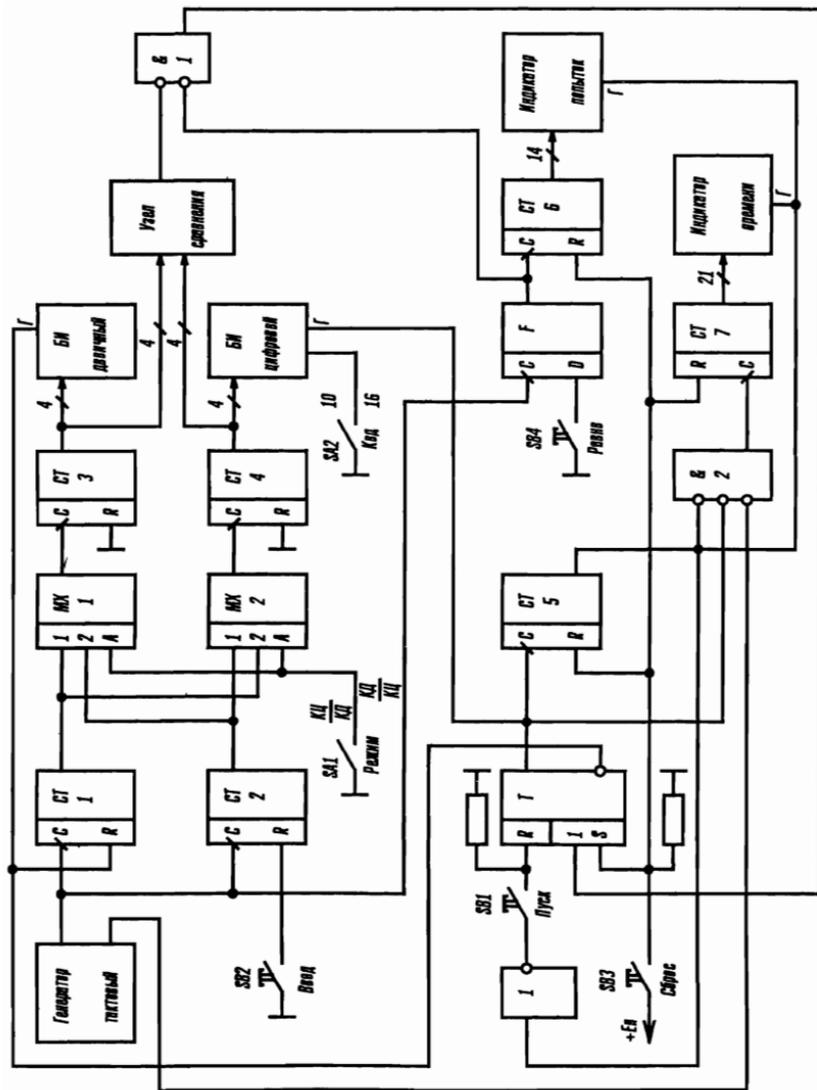


Рис. 75. Функциональная схема автомата «Экзаменатор-2»

го выхода RS-триггера – индикатор двоичного кода. С первого выхода тактового генератора импульсы с частотой 64 Гц поступают на счетные входы счетчиков СТ1 и СТ2. Низкий уровень с инверсного выхода RS-триггера разрешает работу счетчика СТ1, импульсы с выхода которого поступают на информационные входы мультиплексов МХ1 и МХ2.

Рассмотрим работу устройства в каждом из двух режимов. В режиме КЦ/КД контакты переключателя режима SA1 разомкнуты и напряжение на адресных входах мультиплексов МХ1 и МХ2 имеет высокий уровень. В результате импульсы с выхода счетчика СТ1 проходят через мультиплексор МХ2 на вход счетчика СТ4. Высокий уровень с прямого выхода RS-триггера блокирует подачу импульсов с частотой 1 Гц со второго выхода тактового генератора через второй элемент И на вход счетчика времени СТ7. После нажатия на кнопку SB1 «Пуск» высокий уровень с выхода инвертора устанавливает RS-триггер в нулевое состояние.

Высокий уровень с инверсного выхода триггера блокирует прохождение тактовых импульсов через счетчик СТ1 и мультиплексор МХ2 на вход счетчика СТ4. На его выходе формируется случайный двоичный код. Высокий уровень на входе гашения блока индикации двоичного кода и низкий уровень на входе гашения блока индикации цифрового кода разрешают индикацию состояний счетчиков СТ3 и СТ4 на светодиодном и цифровом индикаторах. При этом в зависимости от положения переключателя SA2 «Код» на цифровом индикаторе появляется случайное десятичное или 16-ричное число. Низкий уровень с прямого выхода RS-триггера разрешает прохождение тактовых импульсов с частотой 1 Гц через второй элемент И на вход счетчика СТ7. Начинается отсчет времени.

Задача учащегося – с помощью кнопки SB2 «Ввод» установить на светодиодном индикаторе двоичный эквивалент предъявленного числа и после этого нажать на кнопку SB4 «Равно». Нажатие на кнопку SB1 «Ввод» и удержание ее в нажатом состоянии разрешает прохождение тактовых импульсов через счетчик СТ2 и мультиплексор МХ1 на вход счетчика СТ3. Код на его выходе и, соответственно, показания светодиодного индикатора последовательно изменяются. При каждом кратковременном нажатии на кнопку SB1 «Ввод» код на выходе счетчика СТ3 увеличивается на 1. Выходные коды счетчиков СТ3 и СТ4 сравнивает узел сравнения. Если эти коды эквивалентны, то на выходе узла сравнения формируется низкий уровень. По нажатию на кнопку SB4 «Равно» формирователь F формирует импульс низкого уровня, и код на выходе счетчика попыток СТ6 увеличивается на 1. При эквивалентности кодов на выходах счетчиков СТ3 и СТ4 на выходе первого элемента И по нажатию кнопки «Равно» формируется импульс высокого уровня, устанавливающий RS-триггер в единичное состояние. Положительный перепад напряжения на прямом выходе RS-триггера увеличивает на 1 выходной код счетчика правильных ответов СТ5. Одновременно гасятся индикаторы двоичного и цифрового кодов. Подача тактовых импульсов через второй элемент И на вход счетчика СТ7 прекращается. Для предъявления очередного числа надо вновь нажать на кнопку SB1 «Пуск». Если учащийся ввел неверный ответ и коды на счетчиках СТ3 и СТ4 в момент нажатия на кнопку SB4 «Равно» неэквивалентны, то импульс с выхода формирователя через первый элемент И не передается и

RS-триггер не меняет своего состояния до тех пор, пока не будет дан правильный ответ. Однако по каждому нажатию на кнопку «Равно» выходной код счетчика попыток СТ6 увеличивается на 1.

В режиме КД/КЦ контакты переключателя SA1 «Режим» замкнуты. Как и в предыдущем случае, после нажатия на кнопку SB3 «Сброс» и установки RS-триггера в единичное состояние индикаторы двоичного и цифрового кодов гаснут. Импульсы с выхода счетчика СТ1 через мультиплексор MX1 поступают на вход счетчика СТ3. Нажатие на кнопку SB1 «Пуск» устанавливает RS-триггер в нулевое состояние. Подача высокого уровня на R-вход счетчика СТ1 блокирует его, и импульсы на счетчик СТ3 не поступают. Светодиодный индикатор индицирует случайный двоичный код. Низкий уровень с прямого выхода RS-триггера разрешает прохождение секундных импульсов с выхода ГТ через второй элемент И на вход счетчика СТ7. Начинается отсчет времени. Последовательными нажатиями на кнопку SB2 «Ввод» учащийся устанавливает на цифровом индикаторе десятичный или 16-ричный эквивалент предъявленного двоичного кода. Это достигается подачей тактовых импульсов через счетчик СТ2 и мультиплексор MX2 на вход счетчика СТ4. Как и в режиме КЦ/КД, при правильном ответе после нажатия на кнопку SB4 «Равно» импульс высокого уровня с выхода первого элемента И устанавливает RS-триггер в единичное состояние, индикаторы данных гаснут, а коды на выходе счетчиков СТ5 и СТ6 увеличиваются на 1. Отсчет времени прекращается. Для предъявления нового двоичного числа следует вновь нажать на кнопку SB1 «Пуск».

В дальнейшем циклы предъявления данных и ответов учащегося повторяются до тех пор, пока на выходе счетчика СТ5 не появится высокий уровень. Это происходит после 32 правильных ответов. Тогда RS-триггер, как и после любого правильного ответа, устанавливается в единичное состояние, гасятся индикаторы двоичного и цифрового кодов, а на выходе инвертора формируется низкий уровень. Последующее нажатие на кнопку SB1 «Пуск» не приводит к изменению состояния RS-триггера и предъявлению данных. Подача высокого уровня с выхода счетчика СТ5 на первый вход второго элемента И блокирует измеритель времени, а также снимает гашение с индикаторов времени и попыток. На них индицируются результаты испытаний. Проверка знаний завершена. Дифференцированная оценка знаний производится исходя из числа попыток и времени, затраченного учащимся на 32 правильных ответа. Для начала нового цикла испытаний необходимо нажать на кнопку Сброс».

Принципиальная схема автомата «Экзаменатор-2» показана на рис. 76. Тактовый генератор реализован на микросхеме DD1, счетчики СТ1 и СТ2 – на микросхеме DD6, счетчики СТ3–СТ5 – на микросхемах DD10, DD11, DD3, соответственно. Счетчик попыток выполнен на микросхемах DD16, DD19, а счетчик времени – на микросхемах DD5, DD8, DD13. RS-триггер собран на элементах DD2.1, DD2.2, узел сравнения – на элементах DD14.1–DD14.4, а инвертор – на элементе DD4.2. Элементы DD17.1–DD17.5 и DD2.3 выполняют функции первого и второго элементов И, соответственно. Мультиплексоры MX1 и MX2 собраны на микросхеме DD9, блок индикации двоичного кода – на элементах DD18.1–DD18.4 и светодиодах HL1–HL4. Блок индикации цифрового кода образован дешиф-

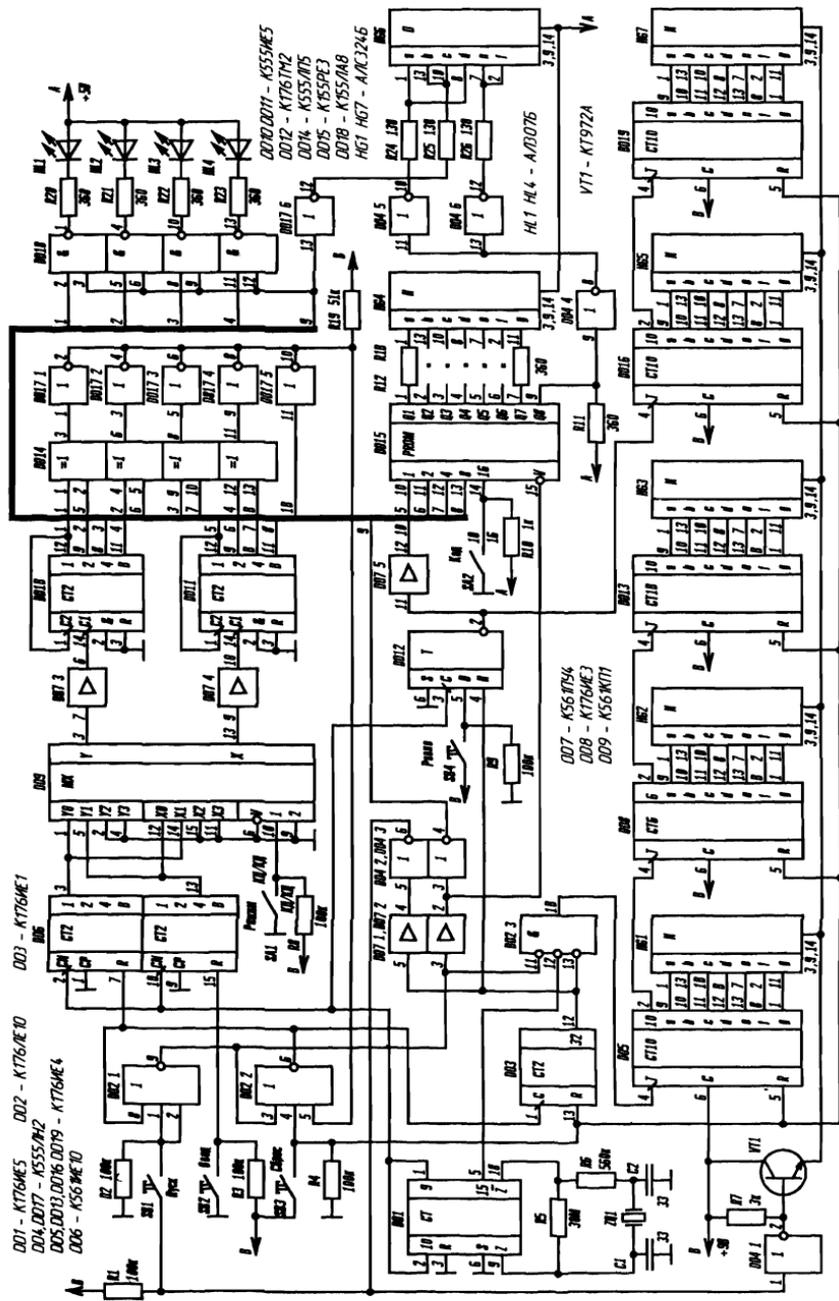


Рис 76. Принципиальная схема автомата «Экзаменатор-3»

ратором на ПЗУ DD15, элементами DD4.4–DD4.6, DD17.6 и индикаторами HG4, HG6. Индикаторы HG5, HG7 показывают число удачных попыток, а индикаторы HG1–HG3 индицируют время, за которое учащийся правильно ответил на 32 вопроса. Элементы DD7.1–D7.4, DD4.1–DD4.3, являются согласующими.

Коды программирования ПЗУ DD15 типа K155PE3, обеспечивающего индикацию цифрового десятичного или 16-ричного кодов на индикаторах HG4, HG6, приведены в табл. 32.

Таблица 32

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	40	79	24	30	19	12	02	78	00	10	08	03	46	21	06	0E
1	40	79	24	30	19	12	02	78	00	10	C0	F9	A4	B0	99	92

Автомат для контроля знаний таблицы умножения

Автомат «Экзаменатор-3» может быть использован в начальных классах средней школы для контроля знаний таблицы умножения. Для повышения интереса учащихся в устройстве реализована игровая ситуация, суть которой состоит в том, что учащийся и автомат решают примеры из таблицы умножения «наперегонки». Побеждает тот, кто первым решит 15 примеров. Автомат затрачивает на решение каждого примера одно и то же время (преподаватель может менять это время в зависимости от уровня подготовки учащегося), поэтому у учащегося есть возможность выиграть, решая примеры быстрее автомата.

Устройство выполнено в виде стенда, на передней панели которого (рис. 77) расположены два цифровых индикатора сомножителей и двухразрядный кодовый переключатель ввода ответа. Кроме того, на передней панели находятся переключатель «Режим», кнопки «Сброс» и «Равно» и две линейки по 16 светодиодов в каждой – одна для автомата, другая – для ученика.

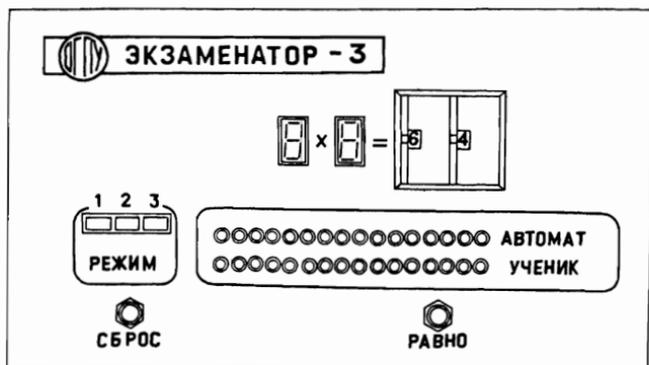


Рис 77. Передняя панель автомата «Экзаменатор-3»

Испытания начинают нажатием на кнопку «Сброс», при этом включаются первые светодиоды в каждой линейке, а цифровые индикаторы высвечивают первый пример. Учащийся вводит ответ, используя два переключателя ввода ответа, после чего нажимает на кнопку «Равно». Если ответ правильный, включится второй светодиод в линейке ученика, а индикаторы высветят новый пример. При каждом правильном ответе положение включенного светодиода в линейке ученика смещается на одну позицию вправо. Светодиоды в линейке автомата зажигаются последовательно через равные промежутки времени, за которые автомат как бы «решает» пример. Длительность этих промежутков устанавливается перед началом испытаний переключателем «Режим». Испытания завершаются после включения последнего светодиода в той или иной линейке.

Функциональная схема устройства изображена на рис. 78. Генератор случайных чисел состоит из тактового генератора, элемента И и счетчика СТ1. Генератор случайных чисел формирует семиразрядное двоичное число, код которого подается на блок сомножителей и блок произведения. Эти блоки выполнены на базе программируемых запоминающих устройств. В память блока сомножителей записаны 72 примера из таблицы умножения. Примеры высвечивает индикатор сомножителей. На выходе блока произведения формируется соответствующий индицируемым сомножителям двоично-десятичный код произведения. Этот код поступает на вход узла сравнения, который сравнивает его с кодом числа, вводимого учеником в качестве ответа. Ответ формируется в блоке ввода ответа, выполненном на двухразрядном кодовом переключателе. Если коды на входах узла сравнения равны, то после нажатия на кнопку «Равно» на выходе формирователя правильного ответа возникает импульс, увеличивающий на 1 код на выходе счетчика правильных ответов. Информация о состоянии счетчика правильных ответов отображается на индикаторе ученика. Одновременно импульс с выхода формирователя обеспечивает выбор следующего примера из блока сомножителей.

Если коды на входах узла сравнения не совпадают, то импульс на выходе формирователя не возникает, код на выходе счетчика правильных ответов не меняется и новый пример не предъявляется. Счетчик ответов автомата и индикатор автомата функционируют аналогично счетчику правильных ответов и индикатору ученика, но изменение кода на выходе счетчика ответов автомата происходит по тактам генератора импульсов большой длительности, частоту которых задает переключатель «Режим». Как отмечалось выше, индикаторы ученика и автомата содержат по 16 светодиодов. Позиция включенного светодиода в каждой линейке определяет число примеров, решенных учеником и автоматом. Как только в индикаторах ученика или автомата включится последний (16-й) светодиод, срабатывает устройство блокировки. Напряжением на его выходе блокируются тактовый генератор и генератор импульсов, гасится индикатор сомножителей. Последующего предъявления примеров для решения не происходит, а нажатие на кнопку «Равно» не изменяет кода счетчика правильных ответов. Испытания закончились. По позициям включенных светодиодов в индикаторах ученика и автомата определяются победитель.

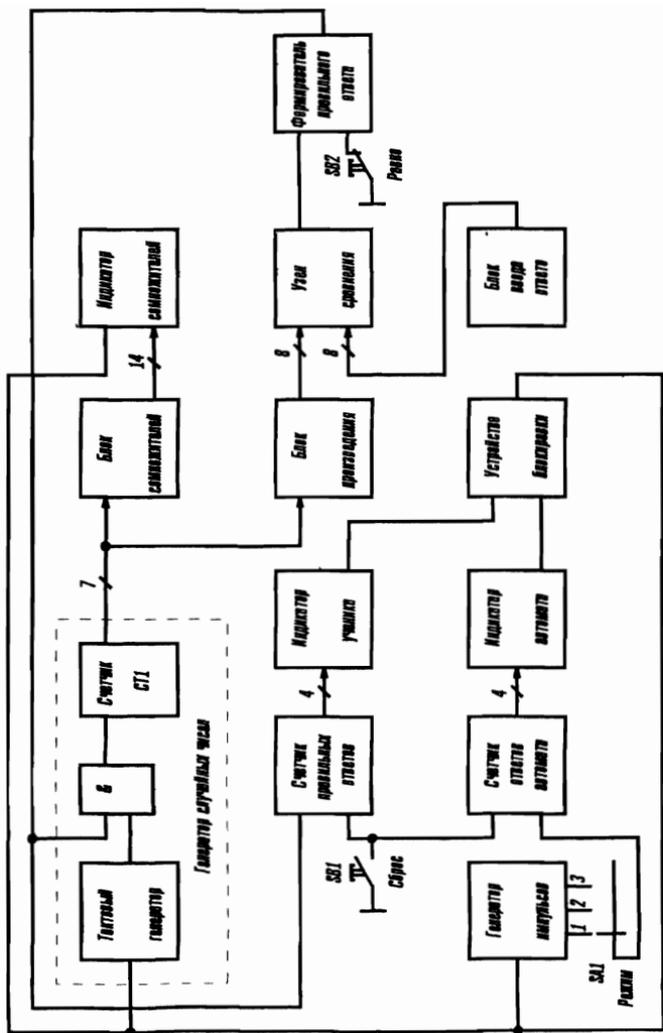


Рис 78 Функциональная схема автомата «Экзаменатор-3»

Для возобновления испытаний следует нажать на кнопку «Сброс».

Принципиальная схема устройства изображена на рис. 79. Генератор случайных чисел реализован на тактовом генераторе (элементы DD1.1, DD1.2–DD1.3), элементе DD1.4 и счетчиках DD6, DD7 с общим коэффициентом пересчета 72. На выходе генератора случайных чисел формируется 72 семиразрядных кода, управляющих блоком сомножителей (DD9, DD13) и блоком произведения (DD10). Сомножители индицируются на цифровых индикаторах HG1, HG2. Ввод ответа осуществляется переключателями SA1, SA2. Код произведения с выхода ПЗУ DD10 и код ответа с выхода переключателей SA1, SA2 подаются на входы узла сравнения (DD12, DD14), к выходу которого подключен формирователь импульсов правильного ответа (триггеры DD16.1, DD16.2). Импульсы с выхода формирователя поступают на вход счетчика правильных ответов DD8. Индикатор ученика содержит дешифратор DD15 и светодиоды HL17–HL32. Генератор импульсов большой длительности образован вспомогательным генератором на элементах DD2.1–DD2.3 и счетчиком DD3, с выходов которого через переключатель SB1 «Режим» на вход счетчика ответов автомата DD4 поступают импульсные последовательности с периодом 4, 8 или 16 с. К выходу счетчика DD4 подключен дешифратор DD5 со светодиодами HL1–HL16. Выходы «15» дешифраторов DD5 и DD15 соединены со входами устройства блокировки (элемент DD2.4, триггер DD11.1), выходы которого подключены ко входам блокировки тактового и вспомогательного генераторов, входам гашения индикаторов HG1, HG2.

Автомат работает следующим образом. Первоначально переключателем SB1 выбирают темп, в котором автомат будет «решать» примеры. Затем нажатием на кнопку «Сброс» SB2 обнуляются счетчики DD3, DD4, DD8, а триггер DD11.1 устанавливается в единичное состояние. Высоким уровнем с прямого выхода триггера DD11.1 запускаются тактовый генератор и генератор импульсов. Загораются светодиоды HL1 и HL17. Кроме того, при нажатии на кнопку SB2 на прямом выходе триггера DD16.1 появляется высокий уровень, разрешающий прохождение тактовых импульсов через элемент DD1.4 на вход счетчика DD6. Счетчики DD6, DD7 многократно переполняются. После отпущения кнопки «Сброс» триггер DD16.1 переключается в нулевое состояние, подача импульсов тактового генератора на вход счетчика DD6 прекращается, а на выходах счетчиков DD6, DD7 формируется случайный семиразрядный двоичный код. В соответствии с этим кодом блоком сомножителей DD9, DD13 формируются случайные семисегментные коды, и сомножители высвечиваются на цифровых индикаторах HG1, HG2.

В ПЗУ DD10 записаны двоично-десятичные коды произведений для каждой пары сомножителей. Код с выхода ПЗУ DD10 поступает на входы A1–A4 устройств сравнения DD12 и DD14, а на их входы B1–B4 подается двоично-десятичный код числа, вводимого учащимся переключателями SA1, SA2 в качестве ответа. На выходе узла сравнения формируется высокий уровень, если коды на его входах эквивалентны, и низкий – если коды не равны. После ввода ответа учащийся нажимает на кнопку SB3 «Равно». Триггер DD16.2 устанавливается в нулевое состояние. Если ответ правильный, то перепад напряжения с инверсного выхода триггера DD16.2 установ-

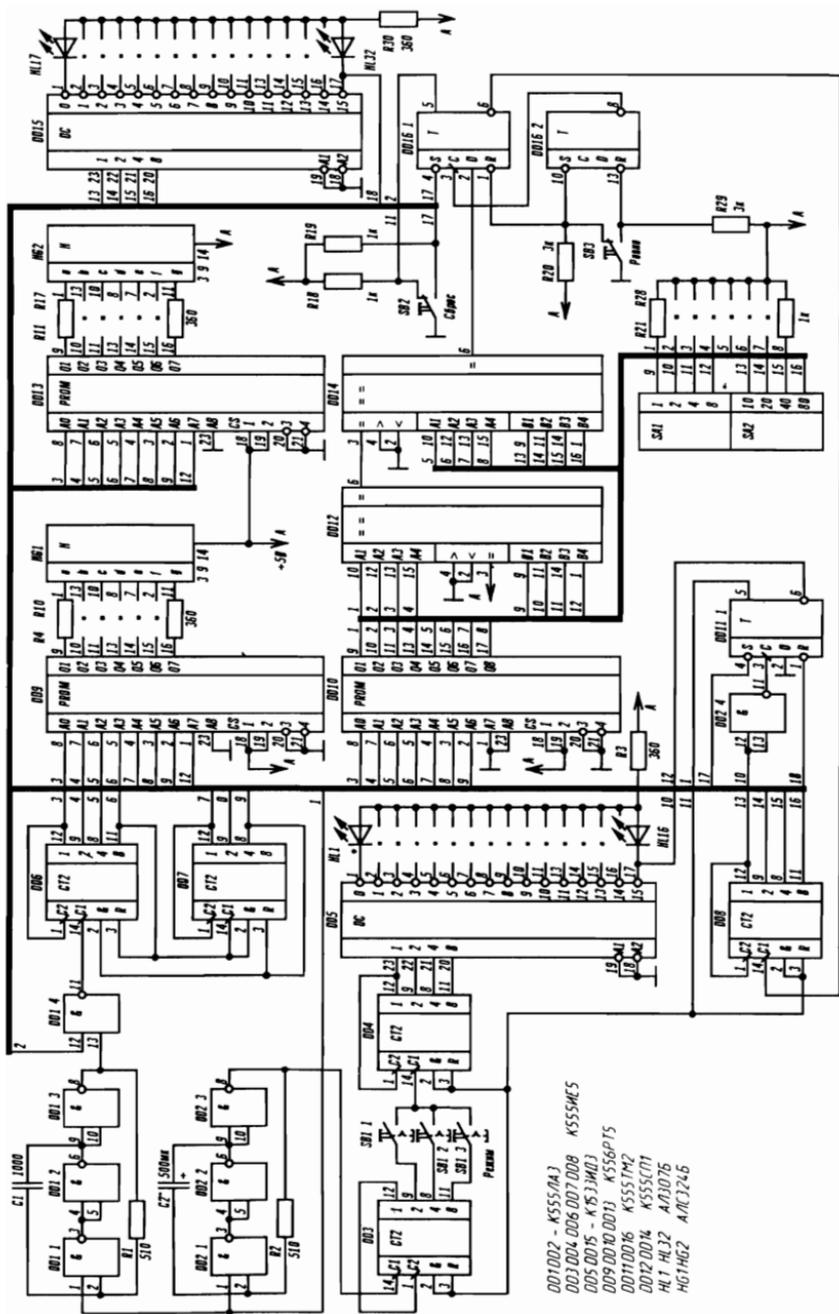


Рис. 79. Принципиальная схема автомата для контроля знаний таблицы умножения

лизают триггер DD16.1 в единичное состояние, и на его выходе формируются импульсы, длительность которого может изменяться в пределах 100...300 мс (длительность удержания кнопки SB3). В течение этого интервала тактовые импульсы поступают на вход счетчика DD6.

Кроме того, отрицательный перепад напряжения с инверсного выхода триггера DD16.1 увеличивает на 1 код на выходе счетчика DD8, и положение включенного светодиода в линейке ученика HL17–HL32 смещается на одну позицию вправо. После отпускания кнопки SB3 триггер DD16.1 вновь устанавливается в нулевое состояние. В результате на выходе счетчиков DD6, DD7 формируется новый случайный код. В соответствии с программой, записанной в ПЗУ DD9, DD13, на индикаторах HG1, HG2 индицируются новые сомножители, а на выходе ПЗУ DD10 формируется соответствующий им код произведения.

Если же ученик набрал неправильный ответ, то состояние триггера DD16.1 после нажатия на кнопку «Равно» не меняется. Предъявления новых сомножителей не происходит, и ученику предоставляется повторная попытка ответа. В дальнейшем при каждом удачном ответе ученика положение включенного светодиода в линейке ученика смещается на одну позицию вправо.

Кроме того, после отпускания кнопки SB2 «Сброс» импульсы с выхода генератора импульсов большой длительности подаются на вход счетчика ответов автомата DD4, и через равные промежутки времени положение горящего светодиода в индикаторе автомата смещается на одну позицию вправо. В процессе выполнения задания в любой момент по положению включенных светодиодов можно определить, кто из участников игры имеет преимущество.

Соревнование завершается, когда включится либо светодиод HL16, либо HL32. Тогда на выходе "15" соответствующего дешифратора (DD5 либо DD15) появится низкий уровень. При этом триггер DD11.1 установится в нулевое состояние либо за счет подачи низкого уровня на R-вход (в случае победы учащегося), либо перепадом напряжения на C-входе и подачей низкого уровня на D-вход (в случае выигрыша автомата). Низкий уровень с прямого выхода триггера DD11.1 блокирует оба генератора. В результате изменения положения горящего светодиода не происходит. Из-за подачи высокого уровня на входы A7 ПЗУ DD9 и DD13 на их выходах формируются высокие уровни, и индикаторы HG1 и HG2 гаснут, а на выходе узла сравнения DD12, DD14 формируется низкий уровень. Таким образом, новые примеры не предъявляются, а нажатие на кнопку «Равно» не приводит к изменению кода на выходе счетчика правильных ответов DD8. Испытания завершены. Для их возобновления необходимо нажать на кнопку «Сброс». В табл. 33 приведены карты программирования ПЗУ DD9, DD13, DD10,

Таблица 33

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
ПЗУ DD9																
00	A4	B0	90	80	92	B0	A4	F8	99	82	A4	90	92	B0	82	99
01	A4	80	F8	82	82	B0	90	F8	99	82	A4	80	99	A4	90	99
02	B0	92	82	F8	92	A4	80	92	82	F8	90	F8	A4	82	99	80
03	82	80	B0	90	99	F8	B0	F8	90	A4	80	99	92	F8	92	80
04	B0	80	82	B0	90	99	92	90	Остальные FF							
ПЗУ DD13																
00	F9	99	90	92	92	80	82	F8	82	F8	B0	82	90	82	A4	F9
01	90	F9	92	A4	92	A4	99	A4	B0	90	92	80	92	A4	F9	80
02	90	F8	B0	90	82	80	90	B0	99	F9	B0	80	99	80	90	B0
03	82	F8	B0	A4	99	82	F9	99	80	F8	99	A4	80	B0	F9	A4
04	92	82	F9	F8	92	F8	99	F8	Остальные FF							
ПЗУ DD10																
00	02	12	81	40	25	24	12	49	24	42	06	54	45	18	12	04
01	18	08	35	12	30	06	36	14	12	54	10	64	20	04	09	32
02	27	35	18	63	30	16	72	15	24	07	27	56	08	48	36	24
03	36	56	09	18	16	42	03	28	72	14	32	08	40	21	05	16
04	15	48	06	21	45	28	20	63	Остальные FF							

2.3. Автомат, моделирующий формирование условного рефлекса

Известно, что формирование условного рефлекса заключается в выработке у животного определенной реакции на безразличный для него раздражитель. Например, если непосредственно перед подачей пищи (безусловный раздражитель) включить звуковой сигнал (условный раздражитель) и повторить это сочетание раздражителей несколько раз, то через некоторое время обучаемый объект начинает реагировать на звук так же, как на подачу пищи (условный рефлекс). Рефлекс постепенно угасает, если его периодически не подкреплять совместным воздействием двух раздражителей.

Автомат можно выполнить в виде макета любого животного (например, кролика), который:

- реагирует на безусловный раздражитель «пища» свечением глаз (зажигаются светодиоды, когда к морде кролика подносят магнит-морковку);
- не реагирует на условный раздражитель «свет»;
- через конечное число следующих друг за другом «световых» и «пищевых» раздражителей (с интервалом не более 3 с между ними) начинает реагировать на свет так же, как и на пищу (светятся глаза-светодиоды);
- через некоторое время (около 1 мин) забывает выработанный рефлекс;
- при повторных формированиях условного рефлекса, вырабатывает его за меньшее число одновременных действий раздражителей;
- на последнем этапе вырабатывает стойкий рефлекс на условный раздражитель.

Структурная и функциональные схемы, а также временные диаграммы на элементах схемы такого автомата, моделирующего формирование условного рефлекса у животных, изображены на рис. 80а–в [53].

Устройство содержит оперативную память и первый элемент И, на выходе которого формируется одиночный импульс при подаче пищи (поднесении магнита – морковки к морде кролика) в течение 3 с после подачи раздражителя «свет». Кроме того, устройство содержит так называемую «рабочую память», на выходе которой формируется импульс длительностью 1 мин в случае заданного числа совпадений во времени двух раздражителей. В течение этого времени все импульсы, формируемые на выходе блока «оперативной памяти» при подаче раздражителя «Свет», поступают на второй элемент И. В результате светодиоды (глаза кролика) светятся как при подаче импульса «пища», так и при подаче импульса «свет», пока на выходе блока «рабочей памяти» сохраняется высокий уровень.

Автомат работает следующим образом. Первоначально нажатием на кнопку «Сброс» обнуляются счетчики СТ1 и СТ2. При поднесении магнита к герконовому датчику его контакты замыкаются, и за счет подачи низкого уровня на второй вход элемента ИЛИ на выходе элемента формируется высокий уровень В результате загораются «глаза кролика» (светодиоды), индицирующие реакцию на безусловный раздражитель. Так как счетчики находятся в нулевом состоянии, то за счет подачи нулевого кода на адресные входы мультиплексора на выходы МХ передается информация со вхо-

дов D0 В результате на его первом выходе формируется низкий, а на втором выходе – высокий уровень Если сначала подать световой сигнал, то на выходе формирователя F1 будет сформирован импульс положительной полярности длительностью около 3 с Если в течение 3 с будет подана «пицца», то за счет «дребезга» на С-входе при R=1 и D=1 триггер Т переключится в единичное состояние, а по окончании импульса на выходе F1

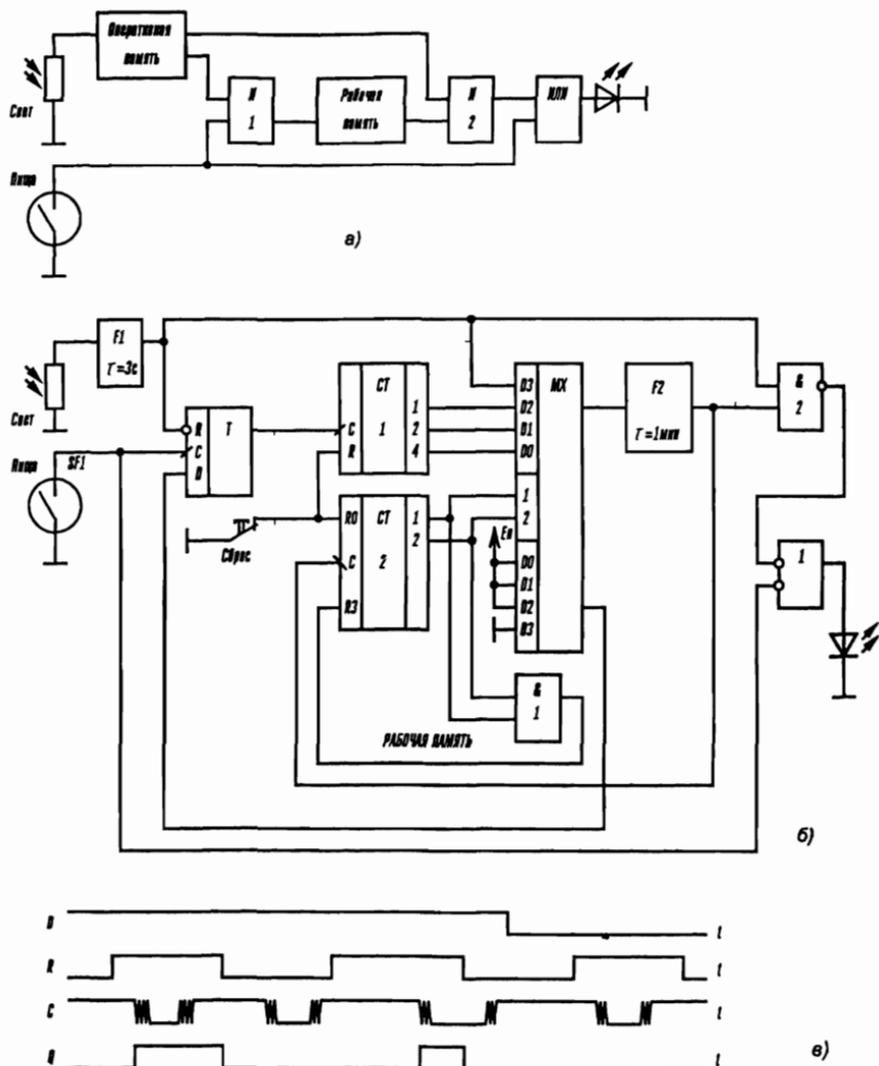


Рис 80 Автомат, моделирующий формирование условного рефлекса у животных
 а – упрощенная структурная схема б – функциональная схема, в – временные диаграммы напряжений на D-триггере

вновь установится в нулевое состояние (рис 80в). Число импульсов с выхода триггера Т подсчитывает счетчик СТ1. При появлении восьмого импульса совпадения раздражителей «Свет» и «Пища» отрицательный перепад напряжения со входа D0 первого МХ передается на первый выход МХ и запускает формирователь F2. На его выходе формируется импульс положительной полярности длительностью около 1 мин. В течение этого времени все импульсы, формируемые на выходе F1 при освещении фоторезистора, проходят через элемент И-НЕ. В результате в течение каждого импульса с выхода формирователя F1 глаза кролика светятся. По окончании импульса на выходе формирователя F2 выходной код счетчика СТ2 увеличивается на 1, в результате меняется код адреса МХ с 00 на 01. Нетрудно видеть, что в следующий раз формирователь F2 запустится после подачи на вход счетчика СТ1 четвертого импульса с выхода триггера Т. По спаду импульса на выходе F2 опять сменится адрес на входах МХ (с 01 на 10), и на выход МХ в последующем будут передаваться импульсы со входа D2. После подачи двух импульсов с выхода триггера Т на первом выходе МХ вновь появится отрицательный перепад напряжения, запускающий формирователь F2. По окончании импульса на выходе F2 код на адресных входах МХ станет равным 11, и на первый выход МХ будут проходить все импульсы с датчика «Свет». За счет высокого уровня с выхода элемента И счетчик СТ2 устанавливается в состояние "3", и код 11 на его выходе остается неизменным при подаче импульсов на вход С. Низкий уровень со второго выхода мультиплексора подается на D-вход триггера Т, и нулевое состояние триггера в последующем не меняется.

Очевидно, что после каждого запуска формирователя импульсов F2 вырабатывается условный рефлекс, и глаза-светодиоды зажигаются под действием раздражителя «Свет» в течение 1 мин. Как уже отмечалось, первый раз импульс на выходе F2 будет сформирован после восьми последовательных предъявлений «света» и «пищи». Второй и третий импульсы на выходе F2 будут сформированы после четырех, а потом после двух совпадений раздражителей «Свет» и «Пища» Затем условный рефлекс становится безусловным, и автомат запоминает его навсегда

Принципиальная схема автомата изображена на рис. 81. В качестве светочувствительного датчика используется фоторезистор СФ2-2, включенный в схему усилителя постоянного тока, собранного на транзисторе VT1. Ждущий мультивибратор DD4.1 формирует импульс длительностью около 3 с и выполняет роль «оперативной памяти». Триггер DD3.2 устраняет «дребезг» контактов геркона и вырабатывает импульс совпадения раздражителей «Свет» и «Пища». На микросхеме DD2.1 выполнен счетчик импульсов совпадений, а на счетном триггере DD3.1 и микросхеме DD2.2 реализован счетчик случаев формирования условного рефлекса. Код с выхода этого счетчика подается на адресные входы мультиплексора. Как уже отмечалось, значение кода на адресных входах МХ изменится после поступления 8-го, 12-го и 14-го импульсов совпадений. При этом первоначально на первый выход МХ передается информация со входа D0 первого МХ, а затем после трехкратного изменения кода адреса от 01 до 11 – со входов D1, D2 и D3, соответственно. После установления кода 11 на выходах счетчика, с одержащего триггер DD3.1 и одноразрядный двоичный счетчик

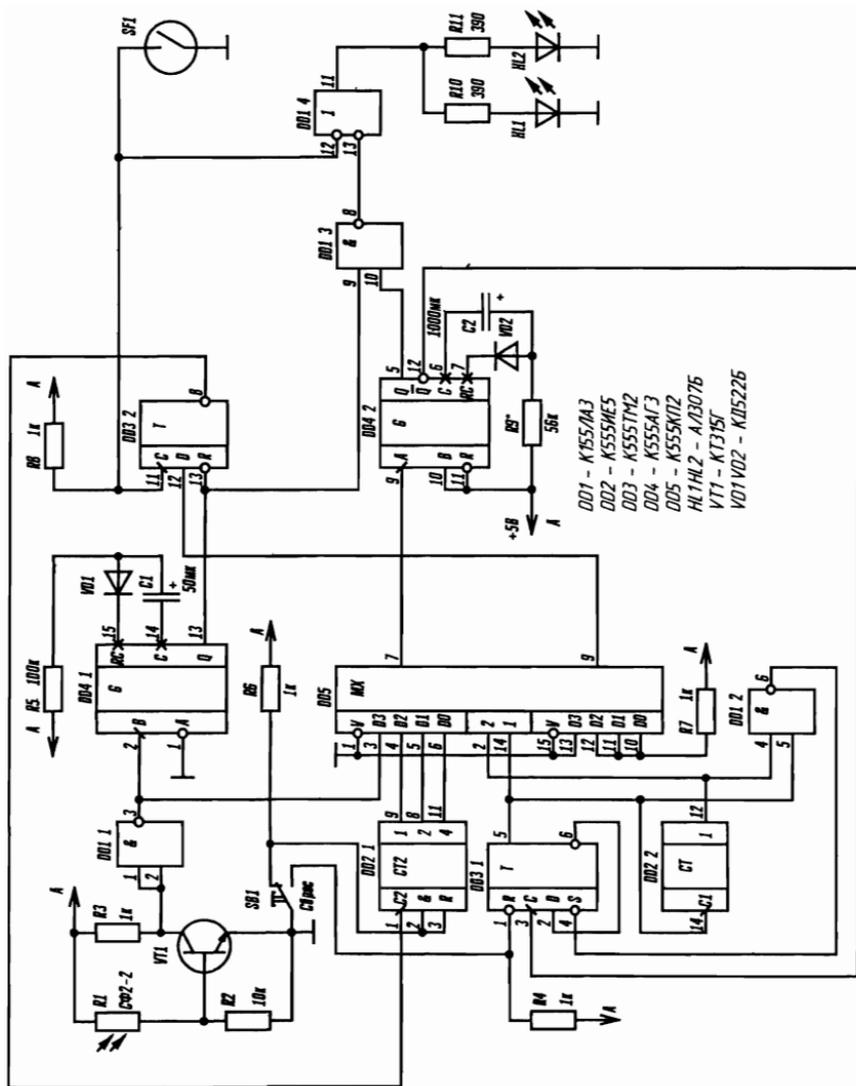


Рис 81 Принципиальная схема автомата, моделирующего формирование условного рефлекса

DD2.2, на выходе элемента DD1.2 формируется низкий уровень напряжения, устанавливающий триггер DD3.1 в единичное состояние. В последующем при формировании импульсов на выходе DD4.2 код на адресных входах МХ остается неизменным, равным 11. Импульсы совпадения раздражителей «Свет» и «Пища» не формируются, так как триггер DD3.2 будет находиться в нулевом состоянии либо за счет подачи низкого уровня на R-вход с выходов формирователя импульсов DD4.1, либо за счет подачи «дребезга» контактов геркона на вход С при низком уровне на D-входе, подаваемом со второго выхода МХ. В результате импульсы с выхода датчика «Свет» (VT1, DD1.1) через мультиплексор DD5 запускают формирователь DD4.2, и при каждой подаче «светового» сигнала на выходе элемента DD1.4 формируется импульс положительной полярности. Как следствие, загораются светодиоды HL1, HL2. Таким образом, условный рефлекс превратился в безусловный (закрепился навсегда).

2.4. Учебная модель ЭВМ

Описываемая учебная модель ЭВМ предназначена для ознакомления учащихся школ и других учебных заведений со структурой ЭВМ, двоичной и шестнадцатиричной системами счисления, основными логическими и арифметическими операциями. Выполненная на цифровых интегральных микросхемах средней степени интеграции, она обеспечивает наглядность и доступность в изучении материала.

Функциональная схема устройства изображена на рис. 82. Учебная модель содержит в упрощенном виде основные блоки ЭВМ: устройства ввода-вывода информации, устройство управления (УУ), арифметическо-логическое устройство (АЛУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), регистр-аккумулятор, накапливающий результат выполнения операций арифметическо-логическим устройством. Оперативное запоминающее устройство содержит четыре четырехразрядных регистра и ОЗУ 16x4 для записи и хранения промежуточных результатов вычислений. Регистры выполняют следующие функции:

- RG A – регистр операнда А;
- RG B – регистр операнда В;
- RG S – регистр команд;
- RS AD – регистр адреса ОЗУ.

Передача информации между блоками, входящими в состав ЭВМ, осуществляется по четырехразрядной шине. Информация в шину путем мультиплексирования может подаваться с выхода регистра-аккумулятора или с выхода ОЗУ.

Принципиальная схема модели ЭВМ изображена на рис. 83.

Устройство ввода данных содержит кнопку SB5, формирователь одиночных импульсов DD5.1 и счетчик DD8. При каждом нажатии кнопки SB5 на выходе триггера DD5.1 формируются импульсы положительной полярности, которые поступают на счетный вход счетчика DD8. На выходе счетчика формируется двоичный код числа поданных импульсов. Если пе-

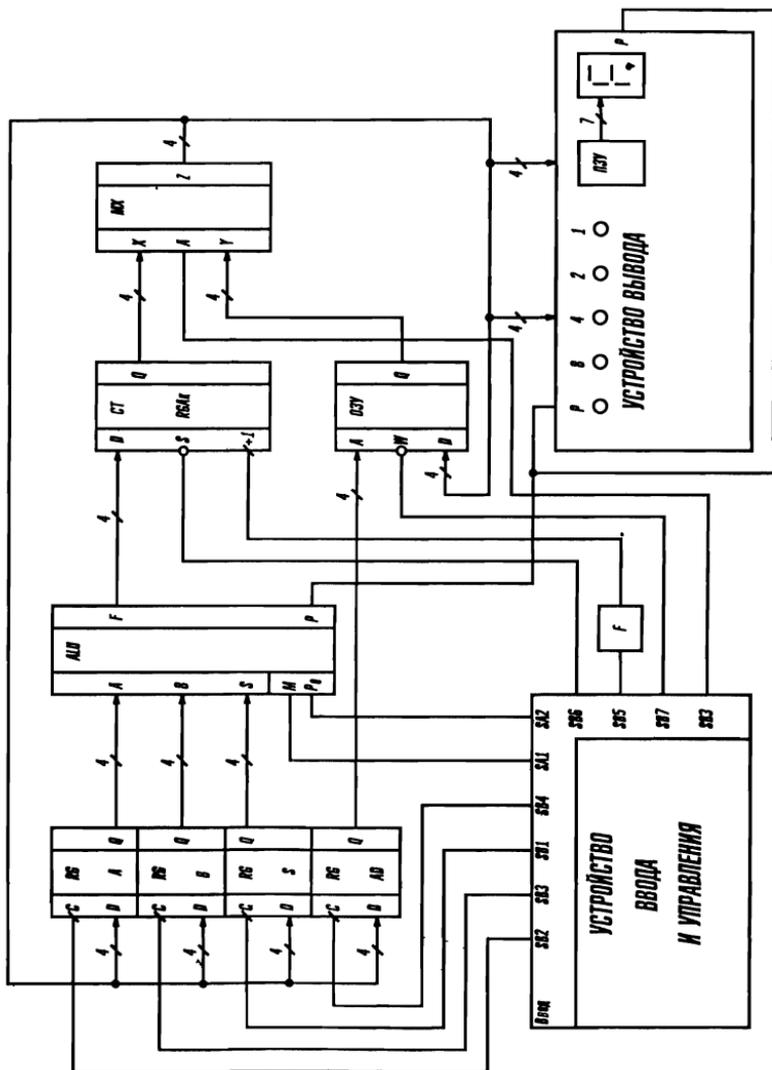


Рис 82 Функциональная схема учебной модели ЭВМ

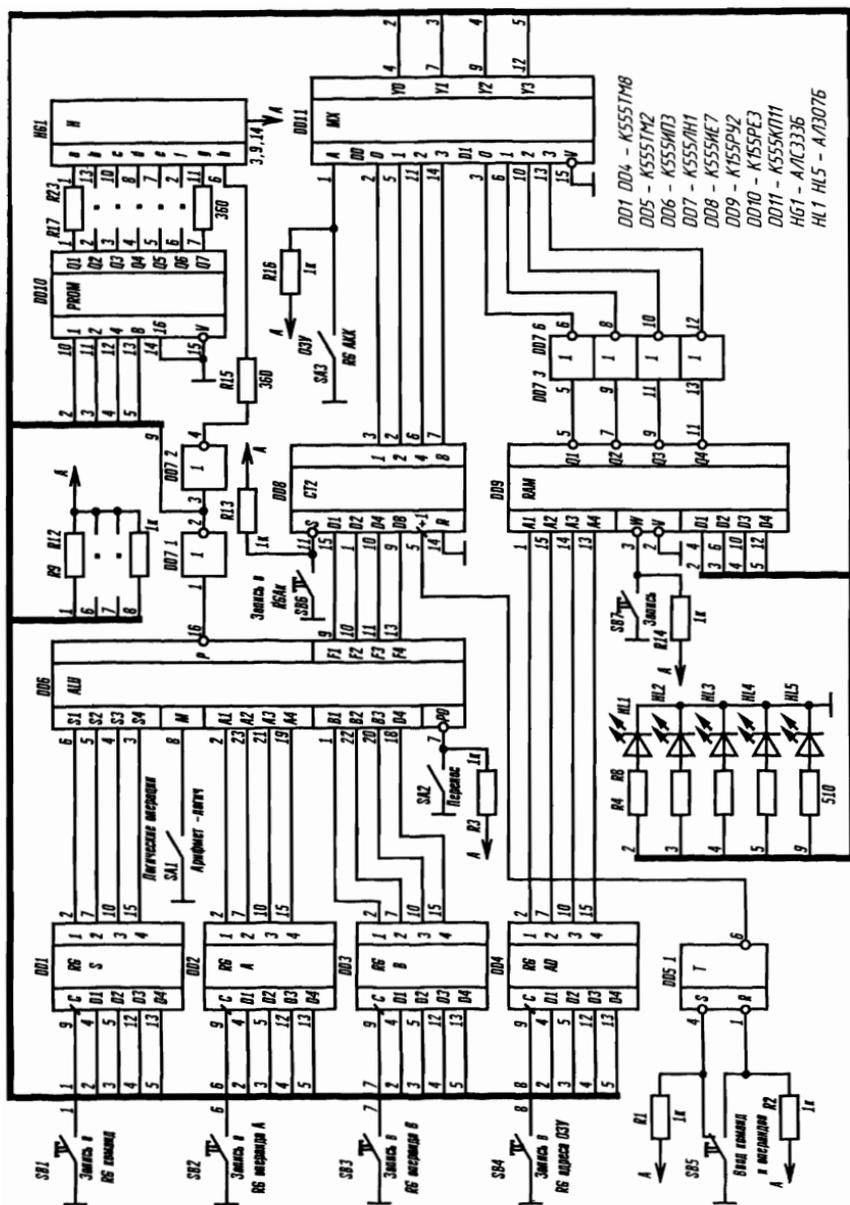


Рис 83 Принципиальная схема учебной модели ЭВМ

реключатель SA3 поставить в положение "RG Акк", то информация с выхода счетчика DD8 передается на выход мультиплексора DD11 шины данных. Заносимую в устройство информацию индицирует в двоичном коде светодиодный индикатор HL1–HL4, а в 16-ричном коде – цифровой дисплей HG1. При этом светящаяся запятая на цифровом дисплее индицирует старший разряд указанного кода. Преобразователь четырехразрядного двоичного кода в семисегментный код реализован на ПЗУ DD10. По четырехразрядной шине информация с выхода мультиплексора DD11 поступает на информационные входы всех оперативных регистров. С помощью кнопок SB1–SB4 можно осуществить запись информации из шины данных в любой из регистров DD1–DD4.

Таким образом, за три цикла последовательных нажатий кнопок SB5 и SB2, SB5 и SB3, SB5 и SB1 можно записать, соответственно, коды операндов A и B в регистры RG A (DD2), RG B (DD3) и код операции, выполняемой АЛУ, в регистр RG S (DD1). В зависимости от кода команды на входах S1–S4 и уровня на входе M (задается тумблером SA1) АЛУ может выполнять 16 логических и 16 арифметическо-логических операций, представленных в табл. 34. При выполнении арифметических операций наличие или отсутствие переноса задается положением тумблера SA2. Двоичный код с выходов F1–F4 АЛУ DD6 подается на информационные входы счетчика DD8, используемого помимо устройства ввода в качестве регистра-аккумулятора. Запись информации в RG. Акк. осуществляется нажатием на кнопку SB6, в результате чего на вход предустановки счетчика DD8 подается низкий уровень. После нажатия на кнопку SB6 результат выполнения операции (при нахождении тумблера SA3 в нижнем положении) отображается на светодиодах HL1–HL5 и цифровом дисплее HG1. При этом светодиод HL5 и запятая цифрового индикатора HG1 индицируют информацию с выхода переноса АЛУ только при выполнении арифметических операций.

Если нужно запомнить промежуточный результат математических вычислений, сформированный на выходе АЛУ DD6, то первоначально с помощью кнопки SB5 в счетчик DD8 вводят код ячейки ОЗУ DD9, в которую промежуточный результат должен быть занесен. Затем нажатием кнопки SB4 записывают код ячейки ОЗУ в регистр DD4. После этого нажимают на кнопку SB6 и записывают промежуточный результат вычислений в счетчик DD8. Так как тумблер SA3 по-прежнему находится в нижнем положении, то этот код окажется поданным на входы D1–D4 ОЗУ DD9. По нажатии кнопки SB7 низкий уровень подается на вход W ОЗУ, и осуществляется запись информации, поданной на входы D1–D4, в ячейку, адрес которой выставлен на входах A1–A4. Подобным образом можно заполнить несколько ячеек ОЗУ DD9.

В последующем можно проиндицировать состояние любой ячейки ОЗУ. Для этого в регистр RG AD следует описанным выше способом занести адрес нужной ячейки, а затем перевести тумблер SA3 в верхнее положение. На выход мультиплексора DD11 и, соответственно, в шину данных в этом случае передается код с выходов ОЗУ DD9. Этот код индицируется светодиодным индикатором HL1–HL4 и цифровым дисплеем HG1. При необходимости последующих цифровых вычислений код с выхода ОЗУ может быть занесен в любой из оперативных регистров.

Код операции				Вид операции		
S4	S3	S2	S1	Логические функции M=1	Арифметическо-логические операции M=0	
					P ₀ =1	P ₀ =0
0	0	0	0	\bar{A}	A	A + 1
0	0	0	1	$\overline{A \vee B}$	A ∨ B	(A ∨ B) + 1
0	0	1	0	$\overline{A \wedge B}$	A ∨ \bar{B}	(A ∨ \bar{B}) + 1
0	0	1	1	0	-1	0
0	1	0	0	$\overline{A \wedge B}$	A + A ∧ \bar{B}	A + A ∧ \bar{B} + 1
0	1	0	1	\bar{B}	(A ∨ B) + (A ∧ \bar{B})	(A ∨ B) + (A ∧ \bar{B}) + 1
0	1	1	0	A ⊕ B	A - B - 1	A - B
0	1	1	1	A ∧ \bar{B}	A ∧ \bar{B} - 1	$\bar{A} \wedge \bar{B}$
1	0	0	0	$\overline{A \wedge B}$	A + A ∧ B	A + A ∧ B + 1
1	0	0	1	A ⊕ \bar{B}	A + B	A + B + 1
1	0	1	0	B	(A ∨ \bar{B}) + A ∧ B	(A ∨ \bar{B}) + A ∧ B + 1
1	0	1	1	A ∧ B	A ∧ B - 1	A ∧ B
1	1	0	0	1	A + A	A + A + 1
1	1	0	1	A ∨ \bar{B}	(A ∨ B) + A	(A ∨ B) + A + 1
1	1	1	0	A ∨ B	(A ∨ \bar{B}) + A	($\bar{A} \vee \bar{B}$) + A + 1
1	1	1	1	A	A - 1	A

В качестве примера рассмотрим выполнение операции $(A \wedge B) + (D \oplus C)$. При проведении указанных вычислений необходимо сначала выполнить действия в левых скобках, промежуточный результат вычислений занести в ячейку ОЗУ DD9, затем выполнить действия в правых скобках и результат занести в регистр операнда A DD2. После этого содержимое ячейки ОЗУ, в которую был занесен промежуточный результат, необходимо переписать в регистр операнда B DD3. В заключение необходимо арифметически сложить операнды, занесенные в регистры RG A и RG B. Для выполнения указанных операций необходимо выполнить следующие действия:

- установить переключатель SA3 в нижнее положение;
- нажимая необходимое число раз на кнопку SB5, ввести код числа A в счетчик DD8 (индикация на HG1);
- нажать на кнопку SB2 и занести код числа A в регистр DD2;
- ввести в счетчик DD8 код числа B;
- нажать кнопку SB3 и занести код числа B в регистр DD3;
- установить тумблер SA1 в верхнее положение (логические операции);

- ввести в счетчик DD8 код числа "4" (код операции $\overline{A \wedge B}$, см табл 34),
 - нажать на кнопку SB1 и записать код числа "4" в регистр кода команд DD1, при этом на выходах F1–F4 АЛУ формируется код результата операции $(A \wedge B)$,
 - нажать на кнопку SB6 и переписать результат операции $\overline{A \wedge B}$ в счетчик DD8,
 - нажать на кнопку SB7 и записать код с выхода счетчика DD8 в ячейку памяти ОЗУ, адрес которой занесен в регистр DD4 после включения устройства Так как необходимо запомнить только один промежуточный результат, то адрес ячейки, в которую он занесен, безразличен Если бы следовало записать в ОЗУ несколько слов, то перед записью результата с выхода АЛУ в счетчик DD8 следовало ввести код адреса ячейки ОЗУ и нажатием кнопки SB4 переписать его в регистр DD4,
 - изложенным выше образом выполнить операцию $D \oplus C$ (код операции из табл 34 равен "6"),
 - нажатием кнопки SB2 записать код из шины данных в регистр DD2,
 - тумблер SA3 поставить в верхнее положение, в шину данных поступит код результата операции $\overline{A \wedge B}$, занесенный ранее в ОЗУ,
 - нажатием кнопки SB3 занести код из шины данных в регистр DD3,
 - вновь поставить тумблер SA3 в нижнее положение,
 - кнопкой SB5 ввести в счетчик DD8 код "9" (код операции $A+B$ в соответствии с табл 34),
 - нажатием кнопки SB1 записать код из шины данных в регистр DD1,
 - установить тумблер SA1 в нижнее положение (арифметическо-логические операции),
 - нажатием кнопки SB6 переписать код с выхода АЛУ в счетчик DD8,
 - результат операции индицируется на светодиодном индикаторе HL1–HL5 и цифровом дисплее HG1 При этом, если на цифровом дисплее светится запятая, то для получения результата в виде десятичного числа к индицируемому числу следует прибавить 16
- Учебная модель ЭВМ может быть выполнена в двух вариантах в виде настольного стенда или демонстрационного планшета На панели стенда наносят функциональную схему ЭВМ, размещают органы управления и индикации Для демонстрации в классе или аудитории модель изготавливают в виде планшета увеличенного размера Вместо светодиодов целесообразно использовать лампы накаливания, а для индикации цифрового кода – индикатор КЛЦ202

2.5. Программаторы учебного времени

Достаточно емким направлением для внедрения так называемой «малой автоматизации» является учебный процесс Одним из приложений в данной области может быть автоматизация подачи звонков во время учебных занятий Рассмотрим несколько вариантов устройств указанного назначения

Первый программатор предназначен для автоматической подачи звонков в учебных заведениях любого типа в соответствии с предварительно введенной программой. Программа набирается с помощью устройства ручного ввода. Программатор обеспечивает циклическое воспроизведение в реальном времени графика звонков в течение недели. Недельный интервал выбран с учетом особенностей двухсменной работы учебных заведений различного профиля, когда расписание звонков в будни и в субботу различны. С изменением графика звонков устройство следует перепрограммировать.

Программатор обеспечивает набор элементарных интервалов в графике звонков от 0 до 35 мин с шагом 5 мин. Число уставок в программе – до 999 – обеспечивает подачу звонков в течение недели. При этом могут быть выполнены два вида уставок – звонковая (заканчивающаяся подачей звонка длительностью 2...8 с) и незвонковая. Продолжительность звонка может дискретно изменяться с шагом 1 с.

Передняя панель программатора учебного времени изображена на рис. 84. На ней расположены трехразрядный цифровой индикатор номера уставки, цифровой индикатор кода длительности уставки, десять кнопок управления, объединенных в наборное поле, и переключатель режима, в зависимости от положения которого либо осуществляется ввод программы, либо реализуется автоматическая подача звонков



Рис 84 Передняя панель программатора учебного времени

Переключатели наборного поля разделены на две группы:

- кнопки «5», «10», «20», «3В», «СБР» для формирования значения и вида уставок;

- кнопки «ЗАП», «+1», «ТУ», «НУ», «ИНД» для формирования команд «Запись», «Увеличить на 1», «Точная установка», «Начальная установка» и «Индикация», соответственно.

Перед началом процесса программирования графика подачи звонков необходимо составить его в виде таблицы, в которой указаны номер, длительность и вид каждой уставки. Количество уставок на программируемом временном интервале не должно превышать 999. Переключатель режима следует установить в положение «Программа». Процесс программирования заключается в выполнении следующих операций:

- сначала нажимают кнопку «НУ» и обнуляют показания индикатора номера уставок;

- перед занесением кода любой уставки сначала нажимают кнопку «СБР», затем нажимают комбинацию кнопок «5», «10», «20» и вводят в устройство памяти код длительности уставки. Если интервал должен закончиться звонком, то следует нажать еще и кнопку «Зв»;

- затем нажимают кнопку «ЗАП» и код уставки запоминается. На индикаторе «Код уставки» при нажатии кнопки «ИНД» высвечивается число пятиминутных интервалов в уставке, занесенной в память. Свечение точки на цифровом индикаторе показывает, что интервал завершится подачей звонка. Если по какой-то причине оператор ввел ошибочный код уставки, то процесс программирования этой уставки следует повторить;

- затем нажатием кнопки «+1» увеличивают на 1 показания индикатора номера уставки и заносят в ячейку памяти с этим номером код очередной уставки;

- после записи в устройство памяти всего графика подачи звонков нажатием кнопки «ЗВ» набирают код «конца цикла» и заносят его в память.

Завершив процесс программирования, переключатель режима переводят в положение «Автомат» и, дождавшись момента начала цикла, нажатием кнопки «НУ» осуществляют пуск программы в автоматическом режиме. В последующем указанная программа циклически воспроизводится.

Функциональная схема программатора учебного времени изображена на рис. 85. Устройство работает следующим образом. После установки тумблера режима в верхнее положение («Программа») и нажатия на кнопку начальной установки «НУ» на выходе второго элемента ИЛИ формируется высокий уровень напряжения, устанавливающий счетчики адреса ОЗУ СТ1 и номера уставки СТ2 в нулевое состояние. На индикаторе БИ2 высвечиваются нулевые показания. Нажатием кнопки «Сброс» в блоке ручного ввода обнуляется регистр данных RG1, а затем с помощью кнопок «5», «10», «20», «ЗВ» в этот регистр заносится код уставки с нулевым адресом. По нажатию кнопки «Зап» регистр данных подключается выходами к шине данных. За счет низкого уровня на входе «Запись/Чтение» информация из шины данных заносится в ячейку ОЗУ с нулевым адресом. Кроме того, код уставки из шины данных по тактам Т3 таймера заносится в регистр RG2, значение уставки индицируется блоком индикации БИ1. При нажатии кнопки «+1» импульс с выхода формирователя F1 через первый элемент ИЛИ поступает на счетный вход счетчика адреса ОЗУ СТ1, увеличивая на 1 его выходной код. Затем набирается код очередной уставки, который записывается в ОЗУ. Аналогичным образом в ОЗУ заносится весь график подачи звонков. После последующего набора на блоке ручного ввода кода команды «КЦ» (Конец цикла) и записи его в ОЗУ на выходе логического устройства ЛУ формируется низкий уровень. В результате высоким уровнем напря-

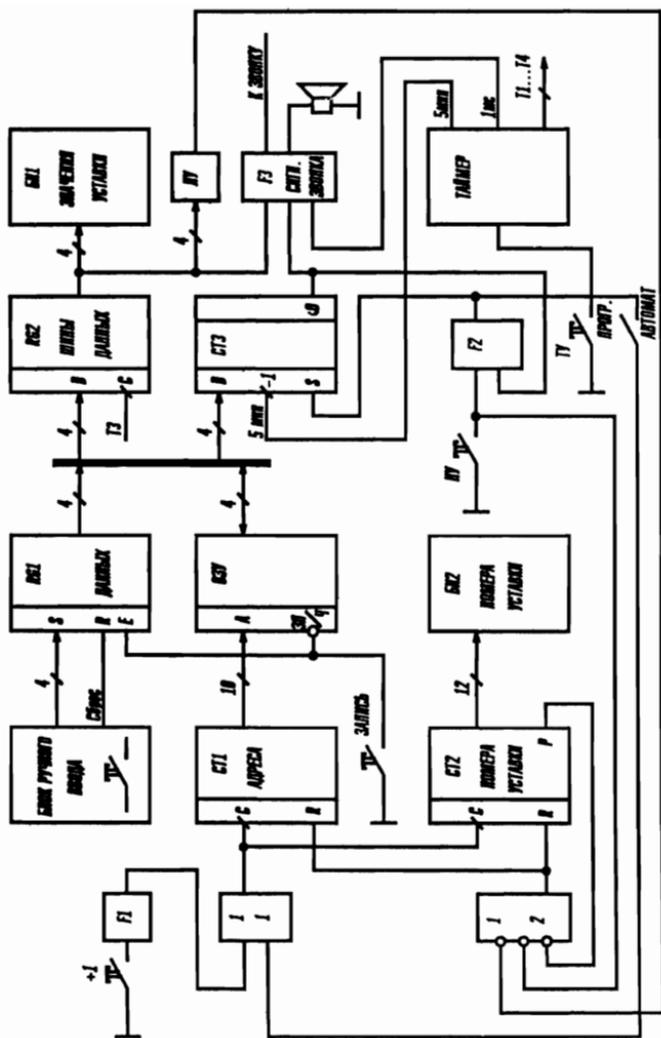
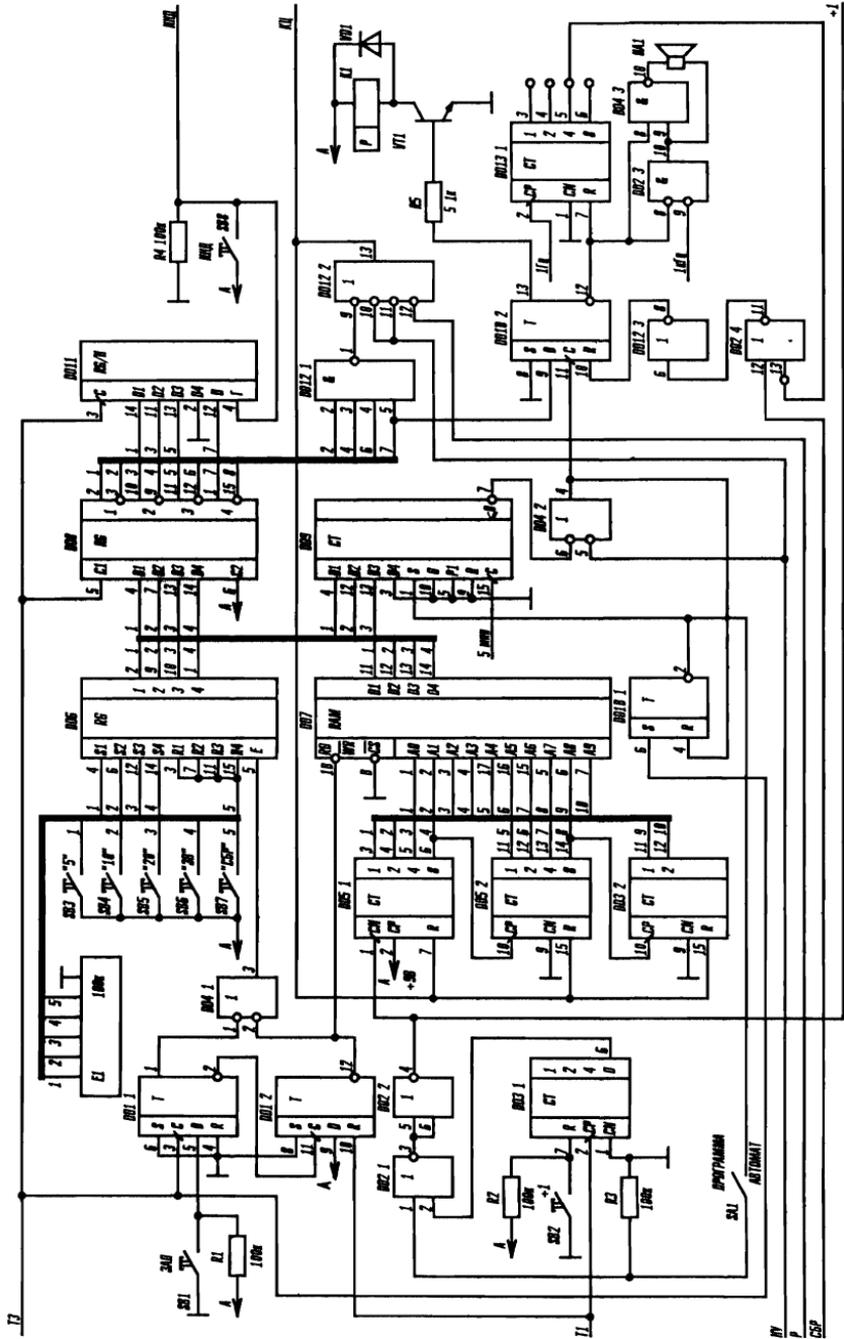


Рис 85 Функциональная схема программатора учебного времени

жения с выхода второго элемента ИЛИ вновь обнуляются счетчики СТ1 и СТ2. Процесс программирования завершен. Тумблер «Программа»– «Автомат» устанавливается в нижнее положение, и по достижению времени начала цикла необходимо нажать на кнопку «НУ». При этом импульсом высокого уровня с выхода формирователя F2 в реверсивный счетчик СТ3 заносится код уставки, занесенный в ячейку ОЗУ с нулевым адресом. Затем по тактовым импульсам с периодом 5 мин выходной код счетчика СТ3 монотонно уменьшается до 0, и на выходе переноса " ≤ 0 " формируется импульс низкого уровня. Если в этот момент на выходе старшего разряда регистра шины данных присутствует высокий уровень, то запускается формирователь F3 сигнала звонка, длительность которого можно дискретно изменять аппаратными средствами. Кроме того, запускается формирователь F2, импульс с выхода которого поступает на вход предустановки счетчика СТ3 и через первый элемент ИЛИ – на вход счетчика СТ1. По фронту импульса с выхода F2 на 1 увеличивается выходной код счетчика СТ1 адреса ОЗУ, и на информационные входы счетчика СТ3 с выхода ОЗУ подается код длительности очередной уставки. Этот код заносится в счетчик в режиме предустановки, после чего формируется очередной временной интервал, который может закончиться подачей звонка или отсутствием этого события. Одновременно с изменением выходного счетчика СТ1 увеличиваются на 1 выходной код счетчика СТ2 номера уставки и показания индикатора БИ2.

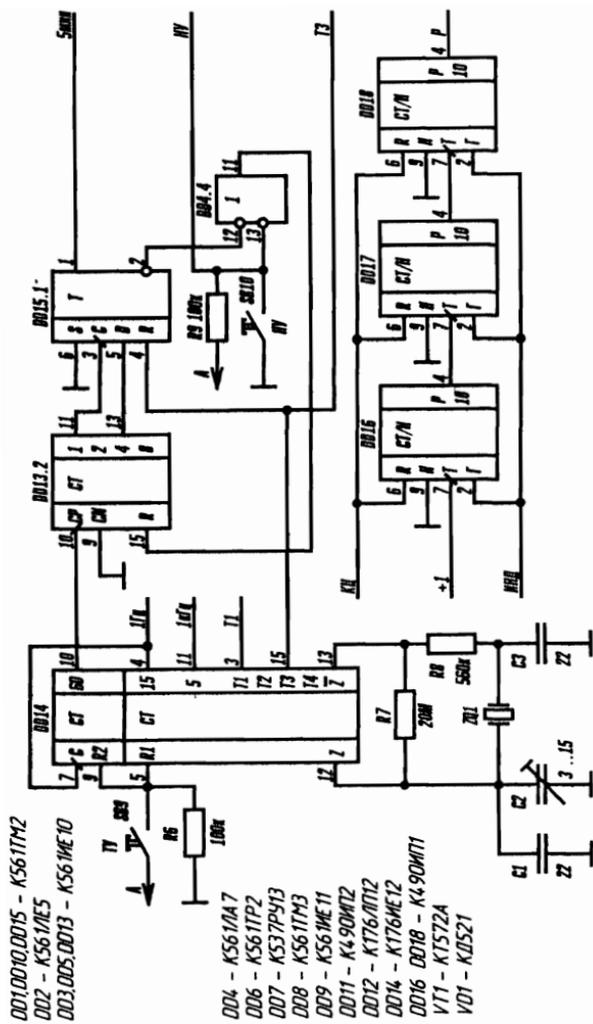
После завершения запрограммированного цикла подачи звонков на выходе ЛУ вновь формируется низкий уровень, устанавливающий счетчики СТ1 и СТ2 в нулевое состояние. Затем аналогичный цикл подачи звонков воспроизводится повторно. В устройстве предусмотрена возможность приведения к реальному времени сигналов на выходе таймера за счет нажатия кнопки ТУ («Точная установка»), которую следует выполнять одновременно с подачей соответствующего сигнала точного времени. Принципиальная схема программатора учебного времени изображена на рис. 86 а, б.

Блок ручного ввода содержит переключатели SB3–SB7. Регистр данных RG1 выполнен на микросхеме DD6, а регистр RG2 – на микросхеме DD8. Кроме того, в схему включен выходной регистр DD11 с встроенным индикатором. Формирователь F1 реализован на счетчике DD3.1, первый элемент ИЛИ выполнен на элементах DD2.1, DD2.2. Устройство управления режимами ОЗУ и регистра данных реализовано на триггерах DD1.1, DD1.2 и элементе DD4.1. Счетчик СТ1 адреса ОЗУ содержит микросхемы DD5.1, DD5.2 и DD3.2. Счетчик СТ2 номера уставки и блок индикации БИ2 реализованы на микросхемах DD16–DD18 с встроенными индикаторами. Формирователь интервалов времени (СТ3, F2) включает в себя реверсивный счетчик DD9, формирователь импульсов на триггере DD10.1 и элементе DD4.2. Логическое устройство реализовано на элементе DD12.1, формирователь импульса звонка – на микросхемах DD10.2, DD13.1, DD12.3, DD2.3, DD2.4, DD4.3 и усилителе VT1. Таймер выполнен на микросхеме DD14 и формирователе импульсов с периодом повторения 5 мин (DD13.2, DD15.1, DD4.4). Таймер обеспечивает формирование импульсных последовательностей с периодами 1 мин, 1с, 1 мс и четырех импульсных последовательностей с периодом примерно равным 8 мс (рис. 87).



а)

Рис 86 (начало)



б)

Рис. 86 (окончание). Принципиальная схема программатора учебного времени:
 а - программный блок; б - таймер и счетчик номера уставки

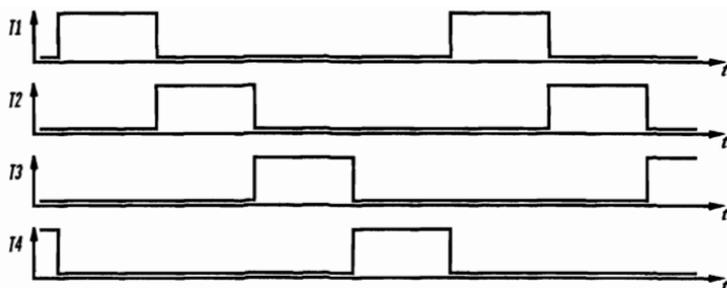


Рис 87 Временные диаграммы напряжений на выходе таймера

Устройство работает следующим образом. В режиме программирования тумблер SA1 устанавливается в верхнее положение. При нажатии кнопки SB10 «НУ» на выходе элемента DD12.2 формируется высокий уровень, обнуляющий счетчики DD5.1, DD5.2, DD3 2, DD16–DD18. При нажатии кнопки SB8 «ИНД» на индикаторах, встроенных в микросхемы DD16–DD18, высвечиваются нулевые показания. В последующем подразумевается, что для обеспечения индикации данных (номера и значения уставки) следует нажать на кнопку SB8. На адресных входах ОЗУ DD7 устанавливается нулевой код. Предположим, что первой в графике подачи звонков значится незвоноквая уставка длительностью 35 минут. Чтобы записать код этой уставки, необходимо первоначально нажатием кнопки SB7 «Сброс» установить триггеры регистра DD6 в нулевое состояние, а затем нажать на кнопки SB3–SB5 (сумма программируемых интервалов 5, 10 и 20 мин равна заданной). В регистр DD6 заносится код 0111. За счет подачи с выхода таймера DD14 импульсных последовательностей T1 и T3 триггер DD1.1 устанавливается в единичное состояние, а триггер DD1.2 – в нулевое. Как следствие, на вход E регистра DD6 с выхода элемента DD4.1 подается низкий уровень, и выходы этого регистра отключаются от шины данных. После ввода кода уставки в регистр DD6 и нажатия на кнопку SB1 «ЗАП» триггер DD1.1 по фронту импульса T3 устанавливается в нулевое состояние. По положительному перепаду напряжения с инверсного выхода триггера DD1.1 триггер DD1.2 переключается в единичное состояние. Как следствие, на вход E регистра DD6 подается высокий, а на вход RD/WR «запись/считывание» ОЗУ DD7 – низкий уровень. При этом информация с выхода регистра DD6 выводится в шину данных и записывается в ячейку ОЗУ с нулевым адресом. Кроме того, по каждому такту T3 информация из шины данных ОЗУ переписывается в регистр DD8, а затем по следующему такту – в регистр DD11 и отображается на встроенном в микросхему DD11 цифровом индикаторе. Первый–третий разряды информации, записанной в регистр DD11, воспроизводятся цифровым символом, а четвертый разряд – свечением «точки» на цифровом индикаторе. В данном случае в регистр записывается код 0111, а на цифровом индикаторе отображается десятичное число 7, которое показывает, что первый временной интервал, который в последующем будет сформирован, содержит семь пятиминутных интервалов

и является незвонковым После записи первой уставки необходимо кратковременно нажать на кнопку SB2 «+1», при этом разрешается работа счетчика DD3 1 и на его выходе по срезу импульса T1 формируется одиночный импульс высокого уровня, который через элементы DD2 1, DD2 2 подается на счетные входы счетчиков DD5 1 и DD16 В результате выходные коды счетчиков адреса (DD5 1, DD5 2, DD3 2) и номера уставок (DD16–DD18) синхронно увеличиваются на 1 Если удерживать некоторое время кнопку SB2 в нажатом состоянии, то импульсы на выходе счетчика DD3 1 формируются через каждые 125 мс Этот режим целесообразно использовать для ускорения процесса программирования при корректировке графика подачи звонков, когда необходимо изменить коды лишь нескольких уставок После установки нового адреса ОЗУ процесс программирования повторяется и в ячейку с указанным адресом заносится код очередной уставки Аналогичным образом в ОЗУ записываются коды всех остальных уставок, а затем нажатием кнопки SB6 «3В» в регистр DD6 заносится код 1000 «Конец цикла», который затем переписывается в ОЗУ DD7

Запись программы подачи звонков завершена Для перевода программатора на автоматический режим подачи звонков тумблер SA1 необходимо перевести в положение «Автомат» и в момент, предшествующий началу цикла, вновь нажать на кнопку SB10 начальной установки Помощью обнуления счетчиков адреса и номера уставки, за счет подачи высокого уровня на вход R на инверсном выходе триггера DD10 1 формируется высокий уровень, осуществляющий предустановку счетчика DD9 в состояние, соответствующее коду, записанному в ячейку ОЗУ DD7 с нулевым адресом

Кроме того, при нажатии кнопки SB10 высоким уровнем с выхода элемента DD4 4 счетчик DD13 2 обнуляется Импульсами T3 триггер DD15 1 устанавливается в нулевое состояние После отпускания кнопки SB10 «НУ», которое совпадает с моментом начала цикла подачи звонков, импульсами T3 триггер DD10 1 устанавливается в единичное состояние, и низким уровнем с инверсного выхода этого триггера разрешается работа счетчика DD9 в счетном режиме Одновременно на выходе элемента DD4 4 устанавливается низкий уровень, разрешающий формирование импульсов с периодом 5 мин На вход счетчика DD13 2 подаются импульсы с периодом 1 мин, выходной код счетчика монотонно увеличивается После поступления пятого импульса на входе С триггера DD15 1 возникает положительный перепад напряжения при высоком уровне на D-входе, триггер устанавливается в единичное состояние На выходе элемента DD4 4 формируется высокий уровень напряжения, счетчик DD13 2 обнуляется При поступлении импульса T3 на вход R триггер DD15 1 переключается в нулевое состояние Таким образом, на выходе триггера DD15 1 формируются импульсы положительной полярности длительностью около 4 мс с периодом повторения 5 мин Эти импульсы поступают на вычитающий вход счетчика DD9, последовательно уменьшая выходной код счетчика до 0 При появлении на выходе «≤ 0» счетчика DD9 низкого уровня на инверсном выходе триггера DD10 1 формируется импульс высокого уровня, по фронту которого выходной код счетчика адреса (DD5 1, DD5 2, DD3 2) увеличивается на 1 В соответствии с программой, записанной в ОЗУ, меняется код в шине данных ОЗУ Высоким уровнем на входе S счетчика DD9

осуществляется предустановка счетчика в состояние, определяемое кодом на выходе ОЗУ. Начинается формирование очередного временного интервала. Если следующий временной интервал, код которого записывается в ОЗУ, должен закончиться подачей звонка, то на прямом выходе "4" регистра DD8 появится высокий уровень. По фронту импульса с выхода элемента DD4.2 запускается формирователь импульса «звонка». Триггер DD10.2 устанавливается в единичное состояние, так как в момент положительного перепада на входе С на информационный вход D подается высокий уровень. Низким уровнем с инверсного выхода триггера DD10.2 разрешается работа счетчика DD13.1 в счетном режиме. Один из выходов счетчика (на рисунке "4") соединен со входом элемента DD2.4 перемычкой. Импульсы с частотой 1 Гц подаются с выхода таймера на счетный вход счетчика DD13.1. После поступления четвертого импульса на выходе "4" счетчика появится высокий уровень. Через элементы DD2.4 и DD12.3 он подается на вход R триггера DD10.2, переключая его в нулевое состояние. Высоким уровнем с инверсного выхода триггера DD10.2 счетчик DD13.1 устанавливается в нулевое состояние. Таким образом, на инверсном выходе триггера DD10.2 формируется импульс низкого уровня длительностью 4 секунды. При подаче низкого уровня на верхние по схеме входы элементов DD2.3, DD4.3 в пьезоэлектрическом звонке HA1 слышится тон с частотой 1 кГц. Одновременно в течение 4 с высоким уровнем с прямого выхода триггера DD10.2 отпирается транзистор VT1 и «срабатывает» реле K1, к контактам которого подключен внешний звонок.

Таким образом, автоматически воспроизводится весь цикл подачи звонков. В конце цикла, как следует из вышеизложенного, в ОЗУ заносится код 1000. После записи этого кода в выходной регистр DD8 на все входы элемента DD12.1 подаются высокие уровни. На выходе элемента DD12.2 появится высокий уровень, устанавливающий счетчики DD5.1, DD5.2, DD3.2, DD16–DD18 в нулевое состояние. В результате записанный в оперативную память график подачи звонков будет многократно воспроизводиться. Сигнал «КЦ» формируется также на выходе переполнения счетчика DD18, если количество уставок превысит 999.

В программаторе предусмотрена привязка графика подачи звонков к текущему времени. Необходимость такого режима обусловлена возможностью временного хода внутреннего таймера программатора. Для исключения возникающей за счет этого погрешности следует нажать и отпустить кнопку SB9 «ТУ» в момент подачи последнего звукового сигнала при трансляции сигналов точного времени.

При изменении графика подачи звонков необходимо вновь произвести запись требуемой программы в оперативное запоминающее устройство, выполнив все операции, указанные выше.

Все элементы программатора, кроме выходного усилителя с реле, могут в случае исчезновения напряжения сети переключаться на питание от батареи. В этом случае перепрограммирование после восстановления сетевого напряжения не требуется и подача звонков автоматически возобновляется.

Помимо функции автоматической подачи звонков в учебных заведениях, программатор можно использовать для автоматического включения и выключения устройств различного функционального назначения.

Процесс программирования можно значительно упростить и ускорить, а аппаратные затраты существенно снизить, если поставить задачу реализации устройства для подачи звонков в школе в условиях двухсменных занятий по шесть уроков в каждой смене. При этом длительность урока принимается равной 45 мин, длительность каждой из перемен между уроками может быть выбрана в пределах 5...30 мин, а длительность большой перемены между сменами 20...45 мин с дискретностью 5 мин.

На передней панели автомата «Школьные звонки» (рис. 88) расположены 11 переключателей длительности перемены, каждый из которых содержит 6 кнопок с зависимым включением. Кроме того, на панели находятся часовое табло, тумблер и кнопки для установки показаний часов и будильника, кнопка «Пуск».

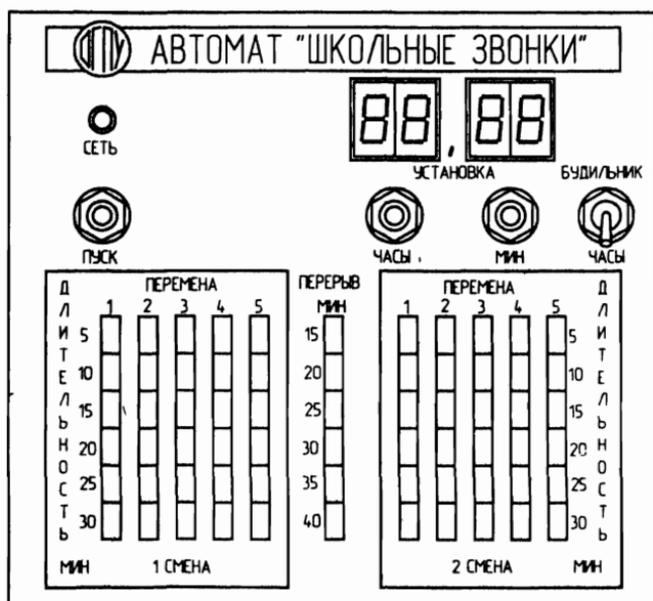


Рис. 88. Передняя панель программатора «Школьные звонки»

Функциональная схема программатора изображена на рис. 89 [54]. Она содержит часы, формирователи пятиминутных интервалов времени F1 и длительности звонка F2, счетчик-распределитель СТ1 и счетчик уроков СТ2, логическое устройство ЛУ и коммутатор К, представляющий собой набор из 11 переключателей длительности перемены.

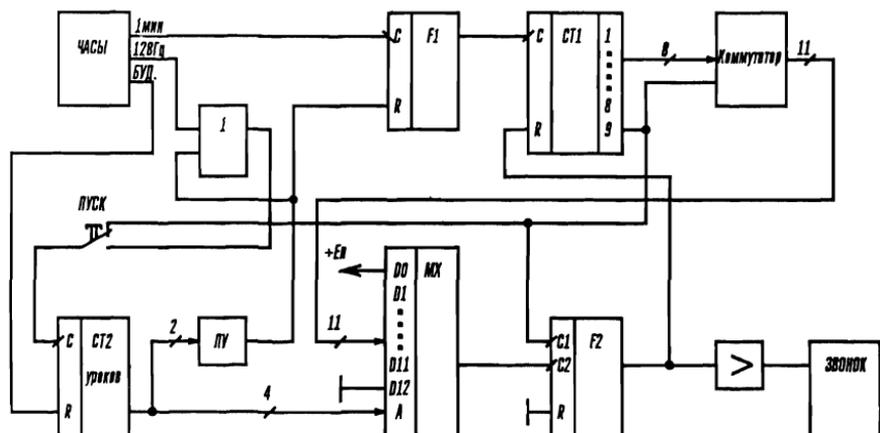


Рис 89. Функциональная схема программатора «Школьные звонки»

Устройство работает следующим образом. Первоначально после включения осуществляют установку текущего времени и времени начала занятий, которое соответствует времени установки будильника. Затем осуществляется программирование длительности каждой из перемен, включая большую переменную между сменами. Программа набирается нажатием в каждом из 11 переключателей кнопки, соответствующей заданной длительности переменной. После набора программы нажимают кнопку «Пуск», импульсы с частотой 128 Гц через элемент ИЛИ поступают на вход счетчика СТ2. Как только код на выходе счетчика примет значение 1100 на выходе ЛУ формируется высокий уровень, блокирующий формирователь пятиминутных импульсов F1 и подачу импульсов на счетчик СТ2. Напряжение на выходе мультиплексора принимает низкий уровень, в результате звонки не подаются до тех пор, пока не наступит время начала занятий. При этом с выхода «Будильник» часов на вход R счетчика СТ2 приходит импульс высокого уровня, и счетчик обнуляется. На адресные входы мультиплексора подается нулевой код. Так как информационный вход D0 мультиплексора соединен с плюсом источника питания, то на выходе мультиплексора формируется положительный перепад напряжения, запускающий формирователь звонка F2. Подается первый звонок, извещающий о начале занятий. Одновременно обнуляется счетчик СТ1. На выходе ЛУ появляется низкий уровень напряжения, разрешающий работу формирователя F1. Импульсы с периодом 5 мин подаются на счетный вход счетчика – распределителя СТ1, и на выходах «1»–«9» последовательно появляются импульсы высокого уровня. Следующий запуск формирователя F2 осуществляется импульсом с выхода «9» счетчика СТ1, то есть через 45 мин после звонка. Таким образом, очередной звонок прозвучит по окончании первого урока. При этом импульсом с выхода формирователя F2 обнулится счетчик СТ1, одновременно выходной код счетчика СТ2 увеличится на 1. Напряжение на выходе мультиплексора вновь принимает низкий уровень. Это обусловлено подачей на адресные входы MX кода 0001 и подачей на вход D1 MX низкого уровня через коммутатор с выхода счетчика СТ1. Если длительность пер-

174

вой перемены равна 5 мин, то выход "1" СТ1 через первую кнопку коммутатора соединен со входом D1 мультиплексора. В этом случае по приходу первого пятиминутного импульса на вход счетчика СТ1 на выходе "1" этого счетчика формируется высокий уровень. Соответственно, скачком изменится напряжение на выходе мультиплексора и вновь осуществится запуск формирователя F2. Прозвучит звонок на второй урок, и вновь обнулится счетчик СТ1. Снова начинается счет пятиминутных импульсов, и на входах счетчика СТ1 последовательно формируются импульсы высокого уровня. Однако, несмотря на то, что через 5 мин при выходном коде счетчика СТ2, равном 0001, на вход D1 мультиплексора окажется подан высокий уровень и на выходе МХ возникнет положительный перепад напряжения, повторно запуск формирователя F2 не произойдет. Формирователь F2 запускается либо каждым положительным перепадом напряжения на входе С1, либо следующим за ним положительным перепадом на входе С2, а два последовательных запуска по входу С2 невозможны. Поэтому очередной звонок прозвучит только через 45 мин, после окончания второго урока. В дальнейшем подача звонков будет осуществляться в соответствии с набранной программой. После окончания последнего, двенадцатого урока код на выходе счетчика СТ2 станет равным 1100 и на выходе логического устройства ЛУ формируется высокий уровень напряжения, блокирующий формирователь F1. Импульсы с периодом 5 мин при этом не формируются, и подача звонков не производится до момента, соответствующего началу занятий. При этом вновь обнулится счетчик СТ2 и снимется блокировка с формирователя F1.

Принципиальная схема автомата «Школьные звонки» изображена на рис. 90. Часы на схеме не изображены, они выполнены по традиционной схеме, описанной, например, в [3, 24]. Формирователь импульсов с периодом 5 мин реализован на счетчике DD1.1, триггере DD3.1 и элементе DD2.2, по принципу действия он полностью аналогичен формирователю, описанному в устройстве «Программатор учебного времени». Счетчик-распределитель реализован на микросхеме DD6, а счетчик уроков – на DD1.2. На элементах DD2.3 и DD2.1 реализовано логическое устройство. Мультиплексор «12 в 1» выполнен на микросхемах DD4, DD5, DD2.4, DD7.1–DD7.3. Нетрудно видеть, что при выходном коде счетчика DD1.2 от 0000 до 0111 мультиплексор DD5 переводится в высокоимпедансное состояние. В результате на вход синхронизации триггера DD7.1 подается напряжение с выхода мультиплексора DD4. При выходном коде счетчика DD1.2 от 1000 до 1111 в высокоимпедансное состояние переводится мультиплексор DD4 и на вход С DD7.1 подается напряжение с выхода мультиплексора DD5. Формирователь F2 содержит два универсальных триггера DD7.1 и DD7.2. Формирователь запускается либо подачей импульса высокого уровня с выхода "9" счетчика DD6, либо последующей подачей положительного перепада напряжения с выходов мультиплексоров DD4 или DD5 на вход С триггера DD7.1. В первом случае триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние, а счетчик DD6 обнуляется, так что импульс запуска имеет небольшую длительность. Затем на выходе DD7.2 формируется импульс положительной полярности, длительность которого определяется постоянной времени R1, С1 и составляет около 2 с. Во втором случае

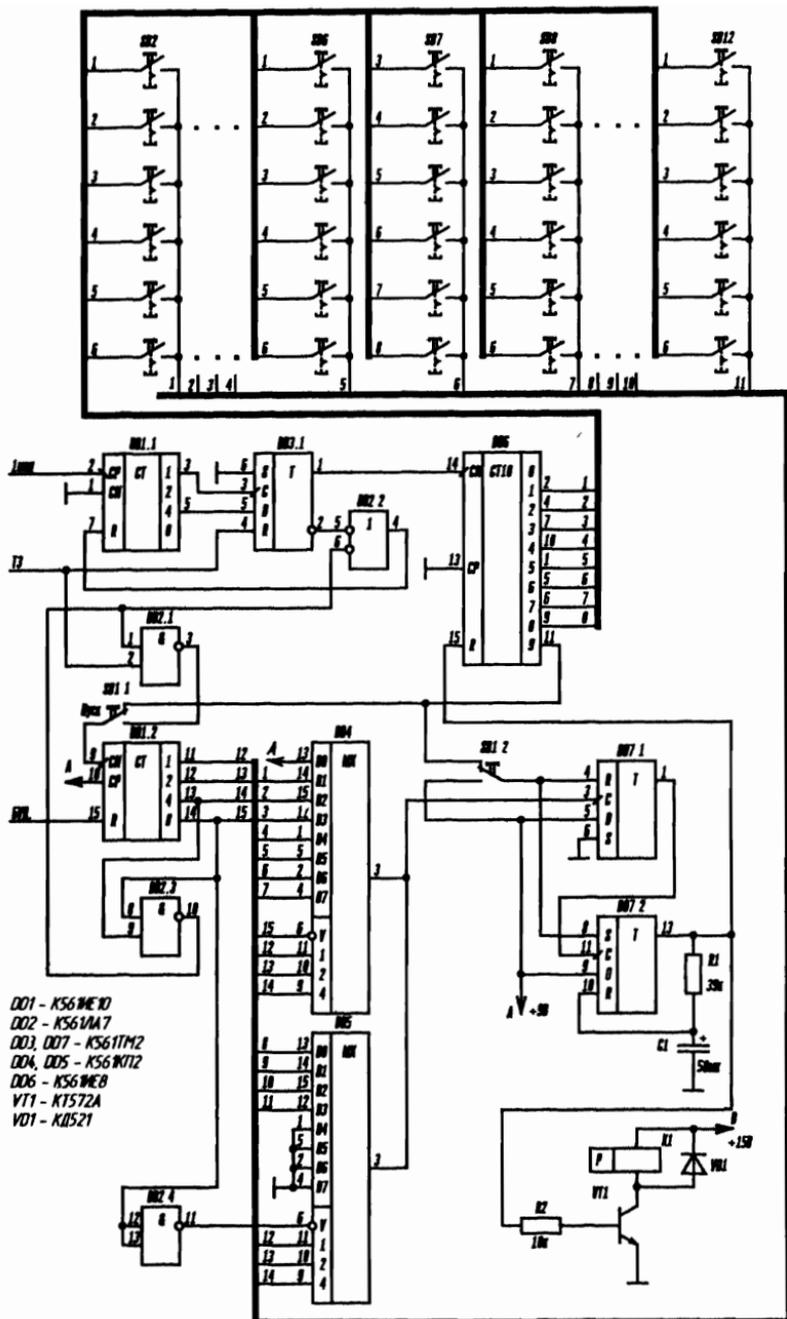


Рис. 90. Принципиальная схема программатора «Школьные звонки». Блок управления

при появлении положительного перепада на выходе одного из мультиплексов DD4, DD5 триггеры DD7.1 и DD7.2 последовательно устанавливаются в единичное состояние и вновь на выходе DD7.2 формируется импульс положительной полярности. Повторный запуск формирователя положительным перепадом с выхода мультиплексов DD4, DD5 невозможен до тех пор, пока триггер DD7.1 не будет установлен в нулевое состояние высоким уровнем с выхода "9" счетчика DD6, то есть до окончания очередного урока.

В течение импульса с выхода DD7.2 отпирается транзистор VT1, срабатывает реле K1, контакты которого управляют подачей звонка. Следует отметить, что в устройстве имеется принципиальная возможность оперативного изменения длительности урока. Такая необходимость может возникнуть, например, в предпраздничные дни. Для этого дополнительно необходимо ввести переключатель длительности урока, содержащий кнопки с зависимым включением, количество которых определяется желаемым числом интервалов длительности урока (достаточно 3–4). Подвижные контакты кнопок в этом случае следует подключить к выходам счетчика-распределителя, соответствующим требуемой продолжительности уроков, а вторые контакты всех кнопок необходимо соединить между собой и подключить через кнопку SB1.2 к R-входу триггера DD7.1 и S-входу триггера DD7.2. Работа автомата подробно рассмотрена при описании функциональной схемы.

Если поставить задачу обеспечения автоматической подачи звонков при питании устройства от сети и бесперебойную работу устройства управления при аварийном отключении сети, то блок питания следует выполнить по схеме на рис. 91. Он содержит стабилизированный источник питания +9 В, для питания блока управления и нестабилизированный источник питания +15 В для питания выходного усилителя и реле. В первый источник питания включена батарея E_n с напряжением, несколько меньшим 9 В. За счет диодов VD3, VD4 обеспечивается автоматическое переключение устройства на питание от батареи при аварийном отключении напряжения сети и автоматический возврат на питание от стабилизатора DA1 при появлении сетевого напряжения. Таким образом, после восстановления напряжения сети подача звонков возобновляется без перепрограммирования.

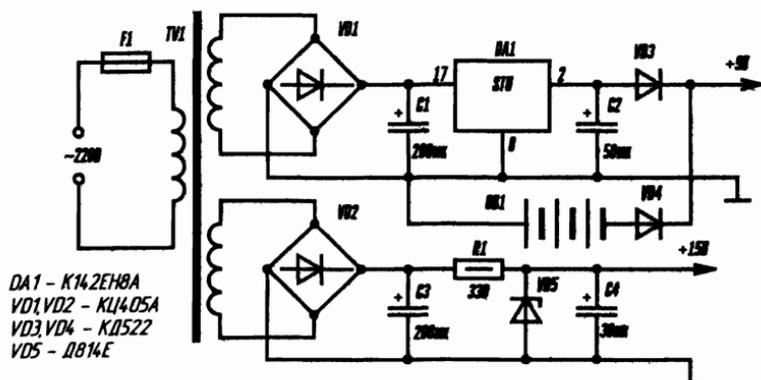


Рис. 91. Принципиальная схема блока питания

III: ЭЛЕКТРОННЫЕ АВТОМАТЫ ДЛЯ СПОРТА, КАБИНЕТОВ ПРОФОРИЕНТАЦИИ

Люди отличаются друг от друга не только внешним видом, своеобразием мышления и различным подходом к решению задач, систематически возникающих в нашей повседневной деятельности. Каждый человек неповторим и наделен разнообразными способностями, учесть которые зачастую просто не представляется возможным. И все-таки изучение этих свойств приводит к выявлению типичных черт, которые характерны для отдельных групп. Известно какими свойствами должны быть наделены представители различных профессий, а также спортсмены, специализирующиеся в разных видах спорта. Так, для стрелков чрезвычайно важна «твердость руки», это же качество необходимо и для монтажников радиоаппаратуры. Необходимым качеством водителя транспорта является способность оперативно реагировать на сигналы светофора, иметь быструю реакцию, позволяющую избежать аварий в сложной дорожной обстановке. Есть немало профессий (летчики, операторы сложных промышленных установок и другие), представители которых должны обладать повышенным вниманием, хорошей памятью, способностью быстро выполнять определенную последовательность действий в зависимости от информации, отображаемой на приборном табло.

В этом разделе описаны электронные устройства, которые могут найти применение в спорте и в кабинетах профориентации. Приборы позволяют выявлять способности человека к различного рода деятельности и определять пригодность к той или иной профессии. Они также помогают развивать определенные умения и навыки, необходимые для выполнения разнообразных профессиональных действий, занятий тем или иным видом спорта. Процесс испытаний в устройствах максимально автоматизирован, все приборы портативны и экономичны, результаты испытаний представлены в них в цифровой форме. Введение игровой ситуации и элемента соревновательности делает описанную аппаратуру пригодной для исследования школьников.

3.1. Рефлексометр «Цвет»

Цветовосприятие играет значительную роль в нашей жизни. Ежедневно мы сталкиваемся со множеством различных цветов и их сочетаний, например, когда становимся пешеходами или водителями. Человек во многих случаях должен предпринимать действия, характер которых зависит от увиденного им цвета. Причем здесь важны как правильность принятия решения в ответ на определенный цвет, так и быстрота реакции.

Описываемый рефлексометр предназначен для оценки способности испытуемого быстро и правильно реагировать на различные цвета, обеспечивая при этом координацию движений пальцев рук. По сравнению с приборами аналогичного назначения [33,63] рефлексометр «Цвет» обладает

расширенными функциональными возможностями и существенно более высокой достоверностью результатов испытаний. В рефлексометре обеспечены автоматическое предъявление цветового раздражителя по случайному закону и через случайные интервалы времени, а также цифровая индикация результатов испытаний с возможностью отдельной регистрации удачных попыток, попыток с плохим цветовосприятием, замедленной реакцией и отсутствием реагирования на интервале предъявления цветового раздражителя.

На передней панели (рис. 92) расположены трехцветный светодиод – раздражитель, переключатель «Реакция, мс», задающий допустимое время реагирования, индикаторы удачных попыток (хорошего цветовосприятия при допустимой скорости реакции) и ошибок (кнопка «Сброс», разъем для подключения пульта испытуемого, на котором установлены три кнопки: красного, желтого и зеленого цветов.

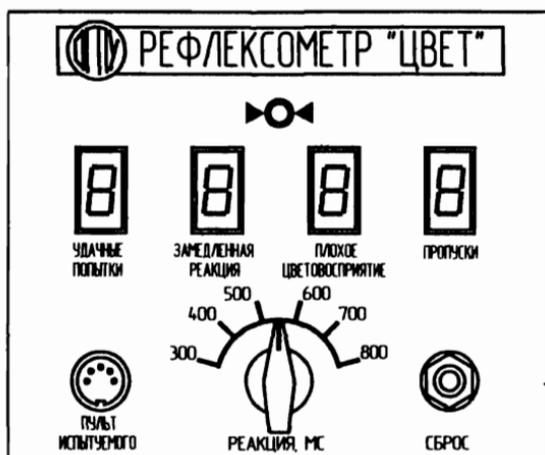


Рис. 92. Передняя панель рефлексометра «Цвет»

Алгоритм испытаний на каждом интервале предъявления раздражителя заключается в следующем. Первоначально загорается светодиод-раздражитель и светится в течение времени t_0 . Если в течение этого времени испытуемый нажимает кнопку того же цвета, что и раздражитель, попытка считается удачной. Если в течение t_0 испытуемый успевает среагировать на предъявление раздражителя, но нажимает кнопку другого цвета, ему засчитывается попытка с плохим цветовосприятием. Если же нажатие кнопки на пульте испытуемого осуществляется после того, как раздражитель погас, то засчитывается попытка с замедленной реакцией. Если же на интервале предъявления раздражителя испытуемый вообще не нажал кнопку на пульте, то ему засчитывается попытка с отсутствием реакции (пропуск).

Функциональная схема рефлексометра изображена на рис. 93, временные диаграммы, поясняющие ее работу – на рис. 94. Рефлексометр

содержит генератор случайных интервалов ГСИ, генератор случайного цвета ГСЦ, генератор тактов ГТ, блок кодирования БК, формирователи импульсов F1 и F2, устройство сравнения, счетчики СТ1–СТ4 для подсчета удачных попыток и ошибок. Устройство работает следующим образом. После включения питания нажимают кнопку «Сброс». При этом счетчики СТ1–СТ3 обнуляются, а в счетчик СТ4 заносится код „n” – числа попыток в цикле испытаний (например, 15). На выходе формирователя F2 формируется низкий уровень, блокирующий генератор случайного цвета и блок кодирования, а также запрещающий работу дешифратора DC. На обоих выходах ГСЦ при этом формируются высокие уровни, и цветовой раздражитель не светится. На втором выходе блока кодирования формируется низкий уровень, который не изменяется при нажатии кнопок SB1–SB3 на пульте испытуемого. Генератор случайных интервалов генерирует импульсы длительности t_d , равной времени предъявления раздражителя, и произвольной скважности, изменяющейся по квазислучайному закону. Для практических исследований целесообразно изменять t_d в пределах 300...800 мс, а период импульсов ГСИ в пределах 2...7с с шагом 1 с. Импульсы ГСИ и генератора тактов ГТ синхронизированы. При этом выполняется условие $f_{ГТ} \gg f_{ГСИ}$, частота ГТ составляет несколько килогерц. По фронту первого импульса ГСИ, следующего за отпусканием кнопки «Сброс», на выходе F2 формируется высокий уровень, разрешающий работу ГСЦ, БК и DC.

Индикаторы блоков БИ1–БИ4 гаснут, этот момент соответствует началу испытаний. В последующем по каждому фронту импульсов ГСИ на выходе ГСЦ по случайному закону формируются коды 00, 01 или 10 и в течение t_d на аноды светодиодов цветового раздражителя подается высокий уровень. В результате светится либо один (красный при коде 10 или зеленый при коде "01"), либо оба светодиода (в последнем случае индикатор светится желтым цветом). Задача испытуемого – после «загорания» цветового раздражителя нажать на пульте кнопку того же цвета, что и цвет раздражителя, и сделать это раньше, чем светодиод погаснет. При каждом нажатии кнопки на пульте испытуемого на первом выходе БК формируются коды 00, если нажата желтая кнопка, 10 – если нажата красная кнопка или 01, если нажата зеленая кнопка. На втором выходе БК формируется высокий уровень. Последующие нажатия других кнопок пульта в течение периода импульсов ГСИ не приводят к изменению кода на выходах БК. Коды на выходах ГСЦ и БК сравниваются устройством сравнения. Если указанные коды равны, на выходе устройства сравнения формируется низкий уровень, а если не равны – высокий. Положительным перепадом напряжения на втором выходе БК запускается формирователь импульсов F1. На его выходе формируется импульс положительной полярности, совпадающий по времени с положительным полупериодом импульса на выходе ГТ, следующим за фронтом импульса запуска. Импульсом с выхода формирователя F1 осуществляется стробирование дешифратора DC, причем это происходит в течение всего интервала испытаний, сформированного формирователем F2. По каждому фронту импульса на выходе ГСИ блок кодирования устанавливается в исходное состояние (низкий уровень на втором выходе, код 11 на первом выходе). Таким образом, на каждом периоде ГСИ, на котором испытуемый среагировал на предъявление раздражителя нажатием

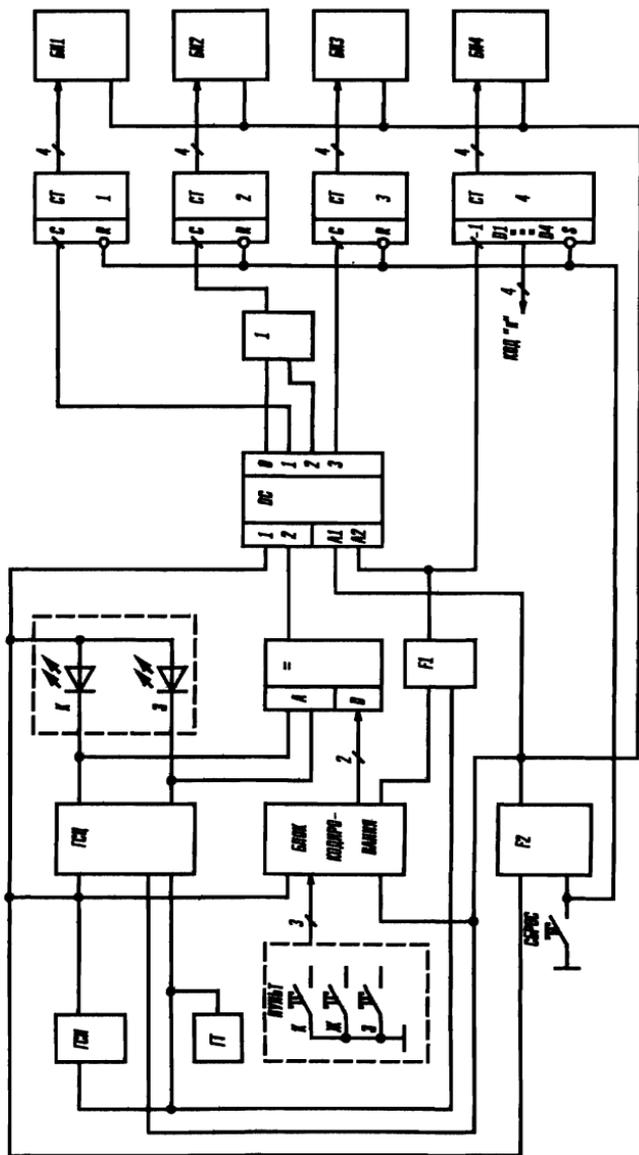


Рис. 93. Функциональная схема рефлексометра «Цвет»

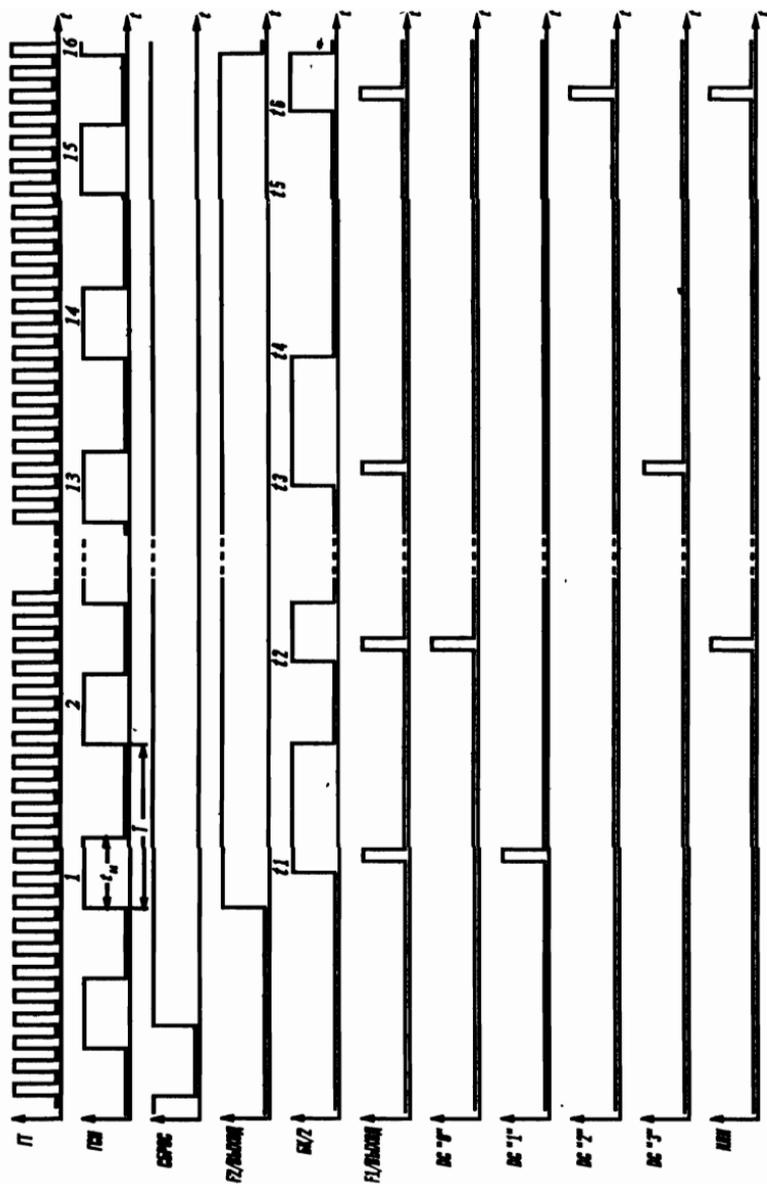


Рис. 94. Временные диаграммы напряжений на элементах рефлексометра «Цвет»

кнопки на пульте, на выходе F1 формируется одиночный импульс и осуществляется стробирование дешифратора. Если на информационные входы дешифратора подаются коды Q0 или 10 (нажата кнопка пульта в моменты t_2 , t_6 при низком уровне напряжения на выходе ГСИ, когда раздражитель не светится), то импульсы положительной полярности формируются на выходах "0" или "2" дешифратора и, соответственно, на выходе элемента ИЛИ. Формирование указанных импульсов свидетельствует о замедленной реакции испытуемого. В результате при каждой реакции замедленного типа выходной код счетчика СТ2 попыток с замедленной реакцией увеличивается на 1. Если испытуемый в момент t_1 , при высоком уровне напряжения на выходе ГСИ и светящемся индикаторе нажимает на кнопку того же цвета, что и цвет свечения раздражителя, то на выходе "1" ДС формируется импульс положительной полярности и выходной код счетчика СТ1 удачных попыток увеличивается на 1. Если же испытуемый в момент t_3 во время свечения раздражителя нажмет кнопку другого цвета, чем раздражитель, то на информационные входы ДС поступит код 11, и импульс положительной полярности будет сформирован на выходе "3" ДС. В результате на 1 увеличится выходной код счетчика СТ3 попыток с плохим цветосовпадением. При каждом нажатии любой кнопки на пульте выходной код счетчика СТ4 уменьшается на 1. Если же на интервале $t_4...t_5$ испытуемый не нажмет ни одну из кнопок пульта, то выходные коды счетчиков СТ1–СТ4 останутся неизменными.

Формирователь F2 временного интервала испытаний работает таким образом, что по приходу на его вход (n+1)-го импульса с выхода ГСИ на его выходе формируется низкий уровень, блокирующий ГСЦ, БК и запрещающий работу дешифратора ДС. Предъявлений раздражителя в последующем не происходит, на всех выходах дешифратора формируются низкие уровни, и выходные коды счетчиков СТ1–СТ4 остаются неизменными. Кроме того, низким уровнем с выхода F2 снимается гашение с блоков индикации БИ1–БИ4, и на них высвечиваются результаты испытаний. Испытания завершены. Для их возобновления необходимо вновь нажать кнопку «Сброс».

Индикаторы БИ1–БИ3 индицируют результативные попытки. Как уже отмечалось выше, при каждой результативной попытке код счетчика СТ4 уменьшается на 1. Если на интервале предъявления раздражителя в каких-либо попытках испытуемый не реагировал на свечение индикатора нажатием кнопки на пульте, показания индикатора БИ4 в конце испытаний соответствует числу попыток такого рода.

Принципиальная схема рефлексометра изображена на рис. 95а,б. ГТ реализован на элементах DD1.1–DD1.3. ГСИ содержит вспомогательный генератор на элементах DD1.4–DD1.6, счетчики DD2, DD6, триггер DD5.1, формирователь импульсов DD7.1, логические элементы DD3.3, DD3.4. Генератор случайного цвета содержит счетчик на 3 (DD8, DD4.2) и элемент DD4.1. Блок кодирования реализован на логических элементах DD3.1–DD3.2, DD4.3 и триггерах DD9.1, DD9.2. Формирователь F1 выполнен на триггерах DD13.1, DD13.2, а формирователь F2 – на элементах DD11, DD4.4, DD12.1, счетчике DD14 и триггере DD5.2. Элемент ИЛИ реализован на элементах DD12.3, DD12.4. Счетчики СТ1–СТ4 выполнены, соответственно, на микросхемах DD16–DD19, а блоки индикации БИ1–БИ4 – на микросхемах DD20–DD23 и цифровых индикаторах HG1–HG4.

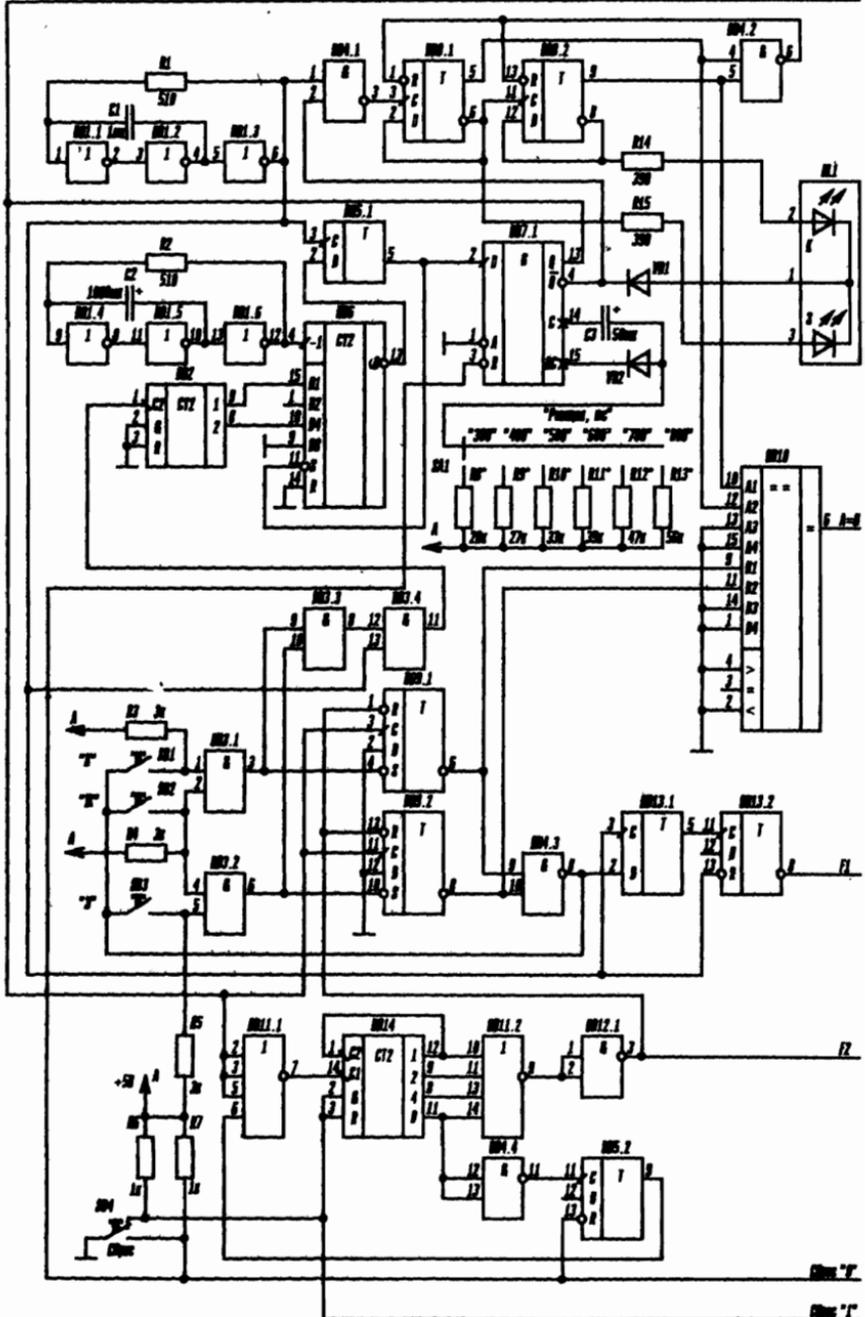


Рис. 95 (начало)

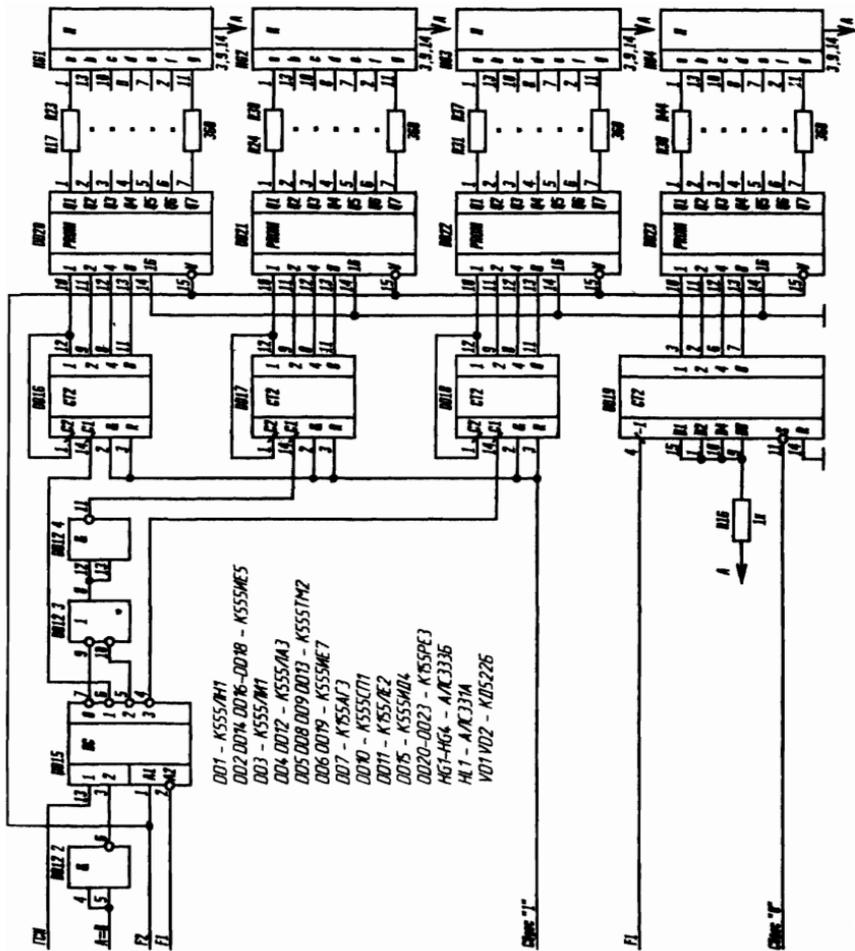


Рис. 95 (окончание). Принципиальная схема рефлексометра «Цвет»

Рефлексометр работает следующим образом. По нажатию кнопки SB4 «Сброс» обнуляются счетчики DD14, DD16–DD18. Триггер DD5.2 устанавливается в нулевое состояние, а в счетчик DD19 за счет подачи низкого уровня на вход S записывается код 1111, поданный на входы D1–D4. На выходе элемента DD11.2 формируется высокий, а на выходе элемента DD12.1 – низкий уровень напряжения, устанавливающий триггеры DD9.1, DD9.2 в нулевое состояние. Код на выходе счетчика DD6 является случайным. Светодиод-раздражитель HL1 не светится, так как на его катод с выхода Q формирователя DD7 подается высокий уровень. После отпускания кнопки «Сброс» разрешается работа счетчиков DD14, DD16–DD19. При ненажатых кнопках на пульте испытуемого на выходах элементов DD3.1, DD3.2 формируются высокие уровни, соответственно, высокий уровень подается на первый вход элемента DD3.4. Импульсы тактового генератора через элемент DD3.4 поступают на вход счетчика DD2, код на его выходе монотонно изменяется от 00 до 11. Кроме того, для обеспечения случайности формируемого интервала предъявления импульсов раздражителя через элементы DD3.3 и DD3.4 на вход счетчика DD2 при нажатии любой из кнопок пульта испытуемого подается «дребезг» контактов кнопок SB1–SB3. Импульсы вспомогательного генератора, собранного на элементах DD1.4–DD1.6, имеют период $T \approx 1$ с. За счет подачи этих импульсов на вычитающий вход счетчика DD6 его выходной код уменьшается до 0, при этом на выходе переноса «s0» формируется низкий уровень. На выходе триггера DD5.1 формируется низкий уровень, обеспечивающий предустановку счетчика DD6. Так как частота тактового генератора (DD1.1–DD1.3) много выше чем частота вспомогательного генератора (DD1.4–DD1.6) и эти частоты некрatны, то код на информационных входах счетчика DD6 в момент предустановки является случайным и может принимать любое значение от 010 до 111. После предустановки на выходе переноса счетчика DD6 формируется высокий уровень и по фронту импульса с выхода ГТ триггер DD5.1 устанавливается в единичное состояние. Положительным перепадом с выхода триггера DD5.1 запускается формирователь импульсов DD7.1, и на его выходе в зависимости от положения переключателя SA1 формируется импульс длительностью t_d и квазислучайным периодом от 2 до 7 с с шагом 1 с. По фронту первого импульса с выхода ГСИ, следующего за отпусканием кнопки «Сброс», на выходе элемента DD11.1 формируется отрицательный перепад напряжения, и на выходе счетчика DD14 появляется код 0001. Соответственно, на выходе элемента DD11.2 формируется низкий уровень, а на выходе элемента DD12.1 – высокий. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу формирователя F2, приведены на рис. 96а.

В паузах между импульсами ГСИ импульсы ГТ (DD1.1–DD1.3) через элемент DD4.1 поступают на счетный вход счетчика на 3 (DD8.1, DD8.2, DD4.2), многократно переполняя его, так как $f_{ГТ} \gg f_{ГСИ}$. Код на выходах счетчика монотонно меняется от 00 до 10. Как только на выходе ждущего мульти-вibratorа DD7.1 будет сформирован импульс, подача тактовых импульсов через элемент DD4.1 прекратится (за счет подачи низкого уровня на второй вход), на выходах счетчика сформируется случайный код от 00 до 10. За счет подачи низкого уровня на катоды светодиодов HL1 раздражитель будет светиться красным, зеленым или желтым цветом.

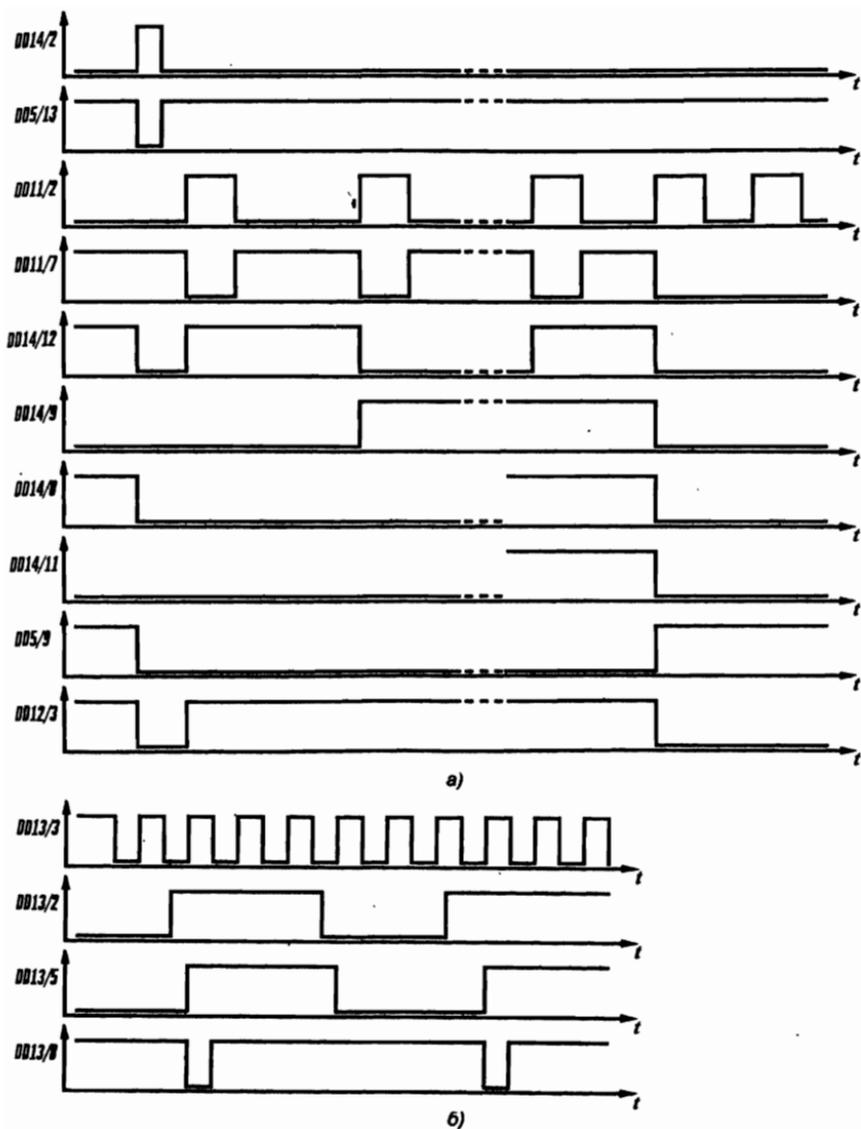


Рис. 96. Временные диаграммы напряжений:
 а – формирователя F1; б – формирователя F2

Задача испытуемого – после предъявления раздражителя нажать на пульте кнопку того же цвета. Первоначально на подвижные контакты всех кнопок пульта с выхода элемента DD4.3 подается низкий уровень. Если испытуемый нажмет, например, кнопку красного цвета, то низкий уровень через элемент DD3.1 будет подан на S-вход триггера DD9.1, устанавливая его в единичное состояние. На инверсном выходе этого триггера формиру-

ется низкий уровень, а на выходе элемента DD4.3 – высокий. За счет подачи этого уровня на подвижные контакты всех кнопок обеспечивается их блокировка, и последующие нажатия любой кнопки на пульте не изменяют состояние триггеров DD9.1, DD9.2. Таким образом, на выходе блока кодирования (прямые выходы триггеров DD9.1, DD9.2) на каждом интервале предъявления раздражителя формируется код от 00 до 10 (в случае результативной попытки) или 11, если реакции испытуемого на предъявление раздражителя не последовало. По каждому нажатию кнопки на пульте испытуемого на выходе элемента DD4.3 формируется высокий уровень. По фронту очередного импульса на выходе ГСИ, поступающего на С-входы триггеров DD9.1, DD9.2 одновременно с «загоранием» светодиода-раздражителя, эти триггеры устанавливаются в нулевое состояние (D-входы соединены с общим проводом), а на выходе элемента DD4.3 вновь формируется низкий уровень.

Импульсом с выхода элемента DD4.3 запускается формирователь F1 (DD13.1, DD13.2). Временные диаграммы, иллюстрирующие его работу, изображены на рис. 96б. Нетрудно видеть, что по фронту импульса с выхода ГТ, следующего за фронтом импульса на выходе элемента DD4.3, на выходе триггера DD13.2 формируется одиночный импульс отрицательной полярности, совпадающий по времени с положительным полупериодом импульса ГТ. Импульс с инверсного выхода триггера DD13.2 поступает на вычитающий вход счетчика DD19, уменьшая его выходной код на 1. Кроме того, этим же импульсом осуществляется стробирование дешифратора DD15. На вход A1 этого дешифратора подается импульс с выхода формирователя F2 (DD11, DD14, DD12.1, DD4.4, DD5.2). Как уже отмечалось выше, по фронту первого импульса с выхода ГСИ, следующего за отпусканием кнопки «Сброс», на выходе элемента DD12.1 формируется высокий уровень, который сохраняется в течение всего цикла испытаний (в рассматриваемом устройстве 15 попыток).

На информационные входы дешифратора DD15 подаются импульсы ГСИ и напряжение с выхода схемы сравнения (DD10, DD12.2). Устройство на микросхеме DD10 обеспечивает сравнение кодов с выходов ГСЦ (триггеры DD8.1, DD8.2) и блока кодирования (триггеры DD9.1, DD9.2). Если коды равны (нажата кнопка того же цвета, что и раздражитель), на выходе элемента DD12.2 формируется низкий уровень. Если коды не равны (нажата кнопка другого цвета, чем светящийся раздражитель, или вообще не нажата кнопка на пульте) – на выходе DD12.2 формируется высокий уровень. На одном из выходов дешифратора DD15 формируется импульс низкого уровня при подаче импульса стробирования на вход A2, то есть только при нажатии любой кнопки на пульте испытуемого. Низкий уровень формируется на выходах "0" и "2" дешифратора в случаях, если кнопка на пульте испытуемого нажата при низком уровне напряжения на выходе ГСИ, когда раздражитель не светится. Соответственно, импульс отрицательной полярности формируется в этом случае на выходе элемента DD12.4. При каждой реакции указанного типа на 1 возрастает код на выходе счетчика DD17 попыток с замедленной реакцией. Импульс отрицательной полярности на выходе "1" DC формируется при высоком уровне напряжения на выходе ГСИ, когда во время свечения раздражителя нажата кнопка того же цвета. При

каждой попытке такого типа возрастает на 1 код на выходе счетчика удачных попыток DD16. Импульс отрицательной полярности на выходе "3" DC формируется при коде 11 на информационных входах, то есть когда во время предъявления раздражителя испытуемый нажимает кнопку другого цвета. При этом на 1 возрастает код счетчика DD18 попыток с плохим цветовосприятием.

Код на выходе счетчика DD19 уменьшается на 1 при каждом нажатии кнопки любого цвета на пульте испытуемого. После завершения испытаний на выходе счетчика DD19 формируется код числа попыток, в которых испытуемый не реагировал на предъявления раздражителя.

При поступлении шестнадцатого импульса ГСИ через элемент DD11.1 на вход счетчика DD14 код на выходе счетчика становится равным 0000. За счет отрицательного перепада напряжения на выходе старшего разряда счетчика на С-входе триггера DD5.2 формируется положительный перепад напряжения, и триггер устанавливается в единичное состояние, так как на вход D подается высокий уровень. Высоким уровнем с выхода триггера DD5.2 блокируется подача импульсов ГСИ на вход счетчика D14 через элемент DD11.1. Кроме того, на выходе элемента DD11.2 формируется высокий, а на выходе элемента DD12.1 – низкий уровень напряжения. В результате триггеры DD9.1 и DD9.2 устанавливаются в нулевое состояние, на инверсных выходах триггеров формируются высокие уровни напряжения. Любые последующие нажатия кнопок SB1–SB3 не изменяют код на выходе БК, импульсы на выходе триггера DD13.2 не формируются. Кроме того, низким уровнем напряжения с выхода DD12.1 разрешается работа дешифраторов DD20–DD23 и на индикаторах HG1–HG4 высвечиваются результаты испытаний. Индикация может осуществляться в шестнадцатичном или десятичном кодах. При индикации в десятичном коде индикация десятка осуществляется за счет свечения запятой (в этом случае следует использовать восьмой выход ПЗУ, к которому необходимо подключить сегмент "h"). Коды программирования ПЗУ для индикации в шестнадцатичном и десятичном кодах приведены в табл. 35 и 36.

Для возобновления испытаний следует нажать кнопку SB4 «Сброс»

Таблица 35

Ад-рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	C0	F9	A4	B0	99	92	82	F8	80	90	88	83	C6	A1	86	8E
1	FF															

Таблица 36

Ад-рес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	C0	F9	A4	B0	99	92	82	F8	80	90	40	79	44	30	19	12
1	FF															

3.2. Рефлексометр «Реакция»

Прибор предназначен для интегральной оценки скорости реакции испытуемого на световой и звуковой раздражители. На передней панели прибора (рис. 97) расположены светодиод-раздражитель, индикаторы числа ошибок и среднего времени реакции, переключатель выбора раздражителя «Свет–Звук»; переключатель «16–32», определяющий число предъявлений раздражителя в цикле испытаний, кнопки «Сброс» и «Реакция».

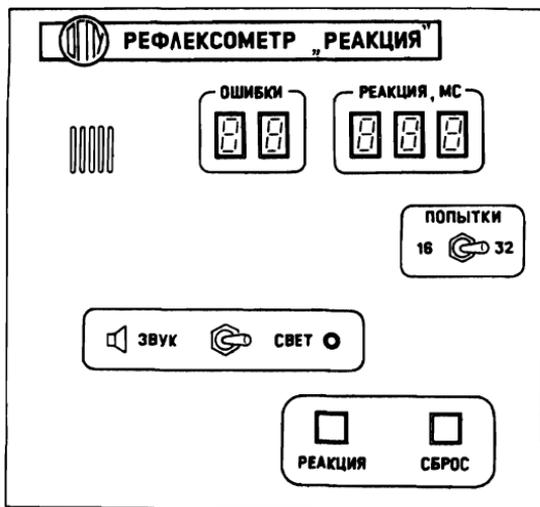


Рис 97. Передняя панель рефлексометра «Реакция»

После нажатия на кнопку «Сброс» обнуляются показания всех индикаторов. Затем по случайному закону либо включается светодиод, либо слышится тональный сигнал. Задача испытуемого – при каждом предъявлении раздражителя возможно быстрее нажать на кнопку «Реакция». По окончании цикла испытаний (16 или 32 предъявления раздражителя) на табло индицируются среднее время реакции и число ошибок. Ошибкой считается нажатие на кнопку «Реакция» в отсутствие раздражителя. Для возобновления испытаний необходимо нажать на кнопку «Сброс».

Функциональная схема рефлексометра изображена на рис. 98 [55]. Задающий генератор вырабатывает импульсные последовательности с частотами 1 Гц и 1 кГц. Первая из них запускает генератор случайных интервалов, который формирует импульсы длительностью 1 с и периодом 4, 5, 6 или 7 с. Формирование импульсов с каждым из указанных периодов равновероятно. На выходе формирователя 1 по фронту импульса ГСИ появляются импульсы длительностью $\tau = 0,6$ с. В течение этого времени звучит сигнал или включается светодиод. По фронту импульса с выхода формирователя 1 запускается измеритель времени. В момент нажатия кнопки «Реакция» с выхода формирователя 2 на вход логического устройства

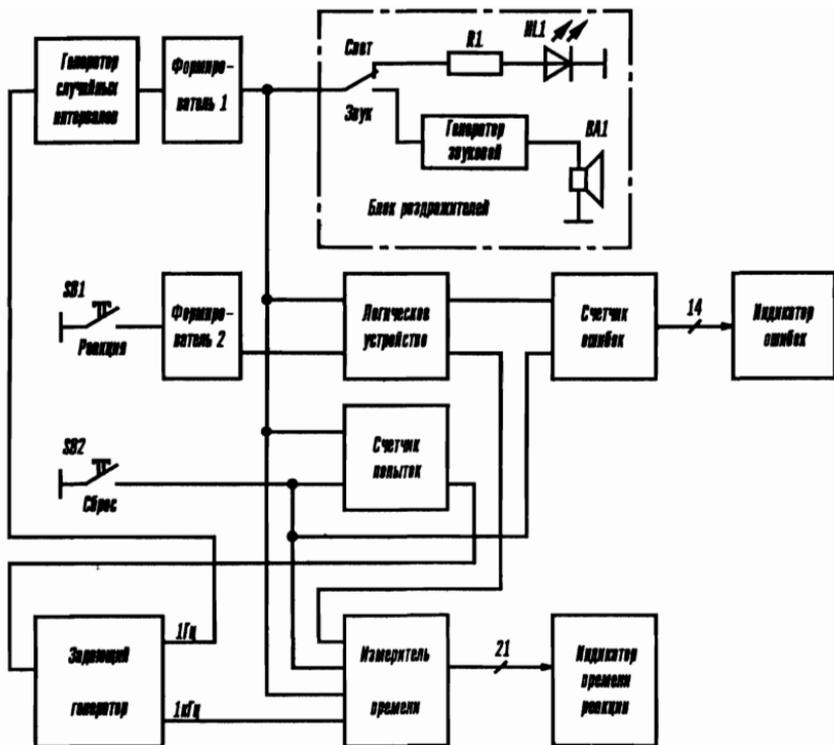


Рис. 98. Функциональная схема рефлексометра «Реакция»

ступает короткий импульс высокого уровня. Логическое устройство определяет, совпал ли по времени импульс на выходе формирователя 2 с импульсом формирователя 1. При их совпадении импульс с нижнего по схеме выхода логического устройства останавливает измеритель времени. Если же испытуемый нажал на кнопку «Реакция» с упреждением (до появления светового или звукового сигнала), то измеритель времени продолжает считать импульсы с периодом 1 мс в течение всего времени последующего предъявления раздражителя.

Аналогичному «штрафу» подвергается испытуемый, если на интервале между очередными предъявлениями раздражителя он вообще не нажал на кнопку «Реакция», т. е. не среагировал во время предъявления раздражителя и не сделал этого с упреждением. Такое «наказание» представляется оправданным, поскольку длительность действия раздражителя более чем в 2 раза превышает среднее время реакции, определенное в процессе экспериментальных исследований. С верхнего выхода логического устройства на вход счетчика ошибок поступают импульсы при каждом нажатии на кнопку «Реакция» во время паузы между предъявлениями раздражителя. Число предъявлений раздражителя считает счетчик попыток. Когда это число достигает заданного значения, на выходе счетчика попыток

появляется высокий уровень, блокирующий работу задающего генератора. Испытания закончены. Число ошибок в среднее время реакции показывают соответствующие индикаторы.

Принципиальная схема рефлексометра изображена на рис. 99. Задающий генератор реализован на микросхеме DD2. Генератор случайных интервалов содержит вспомогательный генератор на элементах DD1.1, DD1.2, счетчик DD3.1 с коэффициентом счета 4, реверсивный счетчик DD5 и инвертор DD4.1. На триггере DD6.1 собран первый формирователь импульсов. В блок раздражителей входят элементы DD4.3, DD9.2, DD9.3, транзисторы VT1–VT3, светодиод HL1 и динамическая головка BA1. На триггерах DD8.1 и DD10.1 выполнен второй формирователь импульсов. Логическое устройство содержит триггеры DD8.2, DD10.2, DD11.1 и элементы DD1.4, DD9.1, DD9.4. Измеритель времени собран на счетном триггере DD11.2 и счетчиках DD3.2, DD14–DD16. На счетчиках DD7.1, DD7.2 и элементах DD4.2, DD4.4 реализован счетчик попыток, а на микросхемах DD12, DD13 – счетчик ошибок. Индикация среднего времени реакции, затраченного испытуемым на одну попытку, осуществляется индикаторами HG3 – HG5, а индикация числа ошибок – индикаторами HG1, HG2.

Перед началом испытаний переключателями SA1 и SA2 устанавливают требуемый режим. После включения рефлексометра и нажатия на кнопку SB2 «Сброс» обнуляются счетчики DD2, DD7.1, DD7.2, DD3.2, DD12–DD16, триггеры DD8.2, DD10.2, DD11.1 устанавливаются в нулевое состояние. Индикаторы HG1–HG5 высвечивают нулевые показания. Испытания начинаются после отпускания кнопки «Сброс».

При этом запускается задающий генератор на микросхеме DD2, которая содержит также делитель частоты с коэффициентом деления 2^{15} . На выходах делителя формируются импульсные последовательности с частотами 1 Гц (выход "15") и 1024 Гц (выход "5"). Первая из них поступает на счетный вход реверсивного счетчика DD5, работающего в режиме вычитания. При появлении низкого уровня на выходе переноса этого счетчика запускается формирователь на триггере DD6.1, на прямом и инверсном выходах которого формируются соответственно положительные и отрицательные импульсы длительностью $\tau \approx 0,6$ с. В течение времени τ либо горит светодиод HL1 (переключатель SA1 в положении «Свет»), либо работает тональный генератор на элементах DD9.2, DD9.3, и динамическая головка воспроизводит звуковой сигнал. Импульс с выхода формирователя DD6.1 обеспечивает предустановку счетчика DD5. Так как вспомогательный генератор на элементах DD1.1, DD1.2 работает на частоте несколько кГц, то за период тактовых импульсов счетчик DD3.1 многократно переполняется, а код на его выходе изменяется от 00 до 11. Частоты вспомогательного и задающего генераторов не кратны, поэтому код на входах D1, D2 счетчика DD5 в моменты предустановки является случайным, а в счетчик равновероятно заносится код чисел 4, 5, 6 или 7. Временные диаграммы напряжений на элементах схемы изображены на рис. 100. При нажатии на кнопку SB1 «Реакция» на выходе триггера DD8.1 возникает положительный перепад напряжения, который запускает формирователь импульсов на триггере DD10.1, и на его выходе формируется короткий импульс высокого уровня.

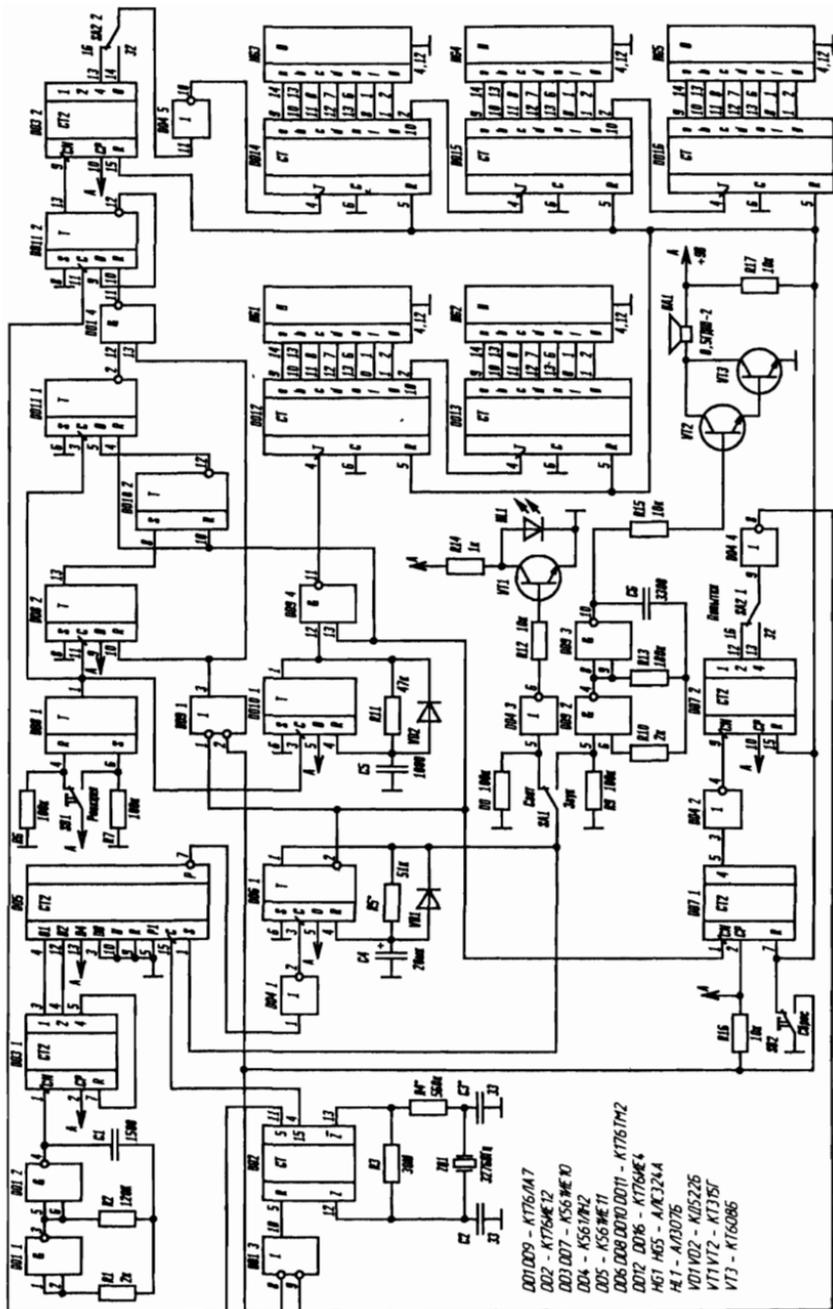


Рис. 99. Принципиальная схема рефлексометра «Реакция»

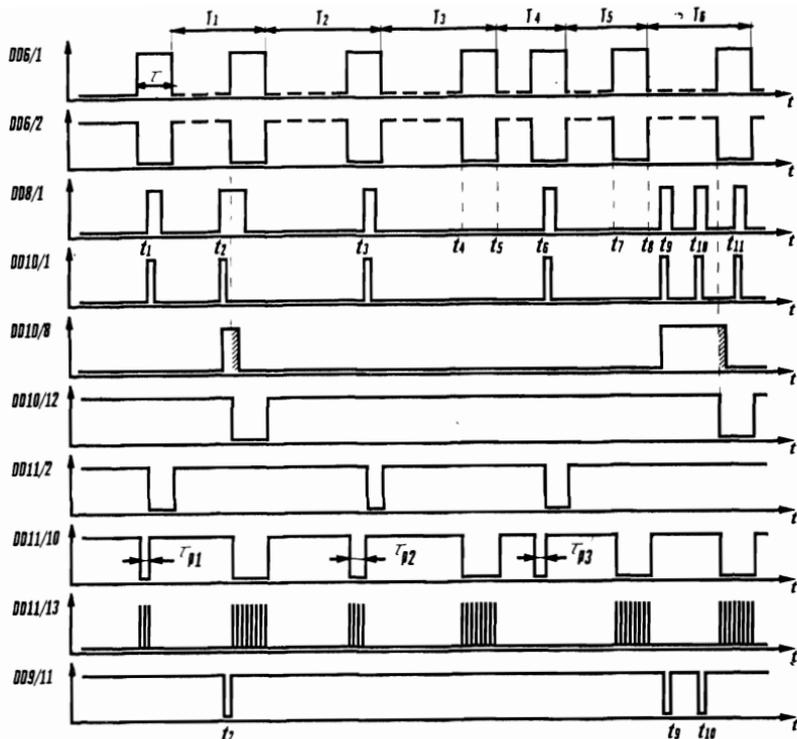


Рис. 100. Временные диаграммы напряжений

Если нажатие на кнопку SB1 совпадает с паузой между появлениями раздражителя (моменты t_2 , t_9 , t_{10}), когда напряжение на инверсном выходе формирователя DD6.1 имеет высокий уровень, то перепад на входе С установит триггер DD8.2 в единичное состояние, поскольку на входе R триггера действует в это время низкий уровень. Состояние триггера DD10.2 не изменится из-за подачи высокого уровня на вход R. Импульс высокого уровня с выхода триггера DD10.1 постукает на первый вход элемента DD9.4. На его выходе формируется импульс низкого уровня, увеличивающий на 1 выходной код счетчика ошибок DD12, DD13 и, соответственно, показания индикаторов HG1, HG2.

Когда на выходе триггера DD6.1 формируется следующий импульс раздражителя, триггер DD10.2 переходит в единичное состояние, так как после появления низкого уровня на входе R триггера напряжение на входе S еще некоторое время (на диаграмме заштриховано) сохраняет высокий уровень. Это время определяется задержкой распространения сигнала в элементе DD9.1 и в триггере DD8.2. Триггер DD11.1 будет находиться в нулевом состоянии в течение интервала τ (длительности следующего импульса раздражителя) независимо от того, выполнит ли испытуемый в течение указанного интервала повторное нажатие на кнопку SB1, или не

сделает этого. В результате в течение интервала τ на входе R счетного триггера DD11.2 действует низкий уровень, разрешающий счет импульсов тактового генератора с периодом 1 мс. Аналогичная ситуация возникает и в случае так называемого «пропуска», если на интервалах T_3 или T_5 испытуемый вообще не реагирует на появление раздражителя нажатием на кнопку «Реакция».

Если же нажатие на кнопку SB1 произошло во время предъявления раздражителя и «ранней реакции» при этом не было (моменты t_1 , t_3 , t_6), то триггер DD11.1 по фронту импульса с выхода триггера DD8.1 переключится в единичное состояние, поскольку на вход D этого триггера подан высокий уровень с инверсного выхода триггера DD10.2. Высокий уровень с выхода элемента DD1.4 запрещает работу счетного триггера DD11.2. Таким образом, на R-вход триггера DD11.2 подается импульс низкого уровня, длительность τ_p которого равна интервалу времени между появлением раздражителя и моментом нажатия на кнопку «Реакция» во время действия раздражителя.

Число предъявлений раздражителя подсчитывает счетчик попыток DD7.1, DD7.2. После 16 предъявлений раздражителя на выходе «2» счетчика DD7.2 появляется высокий уровень, а после 32 предъявлений высокий уровень формируется на выходе «4» этого счетчика. В зависимости от положения переключателя SA2 после 16 или 32 попыток высокий уровень по входу R блокирует задающий генератор на микросхеме DD2, и дальнейшего предъявления раздражителя не происходит. Испытания завершены. Переключателем SA2 меняется также коэффициент деления делителя частоты на триггере DD11.2 и счетчике DD3.2; он принимает значения 16 или 32, соответственно числу попыток. В результате индикаторы HG3–HG5 после окончания испытаний показывают среднее время реакции, затраченное испытуемым на одну попытку. Индикаторы HG1, HG2 отображают число ошибок, которое совершил испытуемый в цикле испытаний.

Для возобновления испытаний необходимо вновь нажать на кнопку SB2 «Сброс».

3.3. Рефлексометр «Ритм»

Прибор позволяет оценить способность испытуемого ритмично реагировать на периодический световой или звуковой сигналы.

На передней панели рефлексометра (рис. 101) расположены светодиод-раздражитель, линейка из 16 светодиодов, цифровой индикатор времени испытаний, переключатель «Режим», определяющий периодичность и длительность предъявления раздражителя, разъемы для подключения пульта испытуемого и блока питания. Переключателем «Свет»–«Звук» выбирается тип раздражителя. На пульте испытуемого установлены две кнопки: «Сброс» и «Реакция». Функциональная схема прибора изображена на рис. 102 [56]. Устройство работает следующим образом. После нажатия на кнопку «Сброс» обнуляются реверсивный счетчик и измеритель времени, блокируется тактовый генератор, а RS-триггер устанавливается в единичное состояние. Индикатор времени высвечивает нулевые показания, включается первый светодиод HL2 линейки. Прибор готов к началу испытаний.



Рис. 101. Передняя панель рефлексометра «Ритм»

В момент отпускания кнопки «Сброс» запускаются измеритель времени и тактовый генератор. В зависимости от положения переключателя «Свет»—«Звук» либо периодически включается светодиод-раздражитель HL1, либо периодически звучит тональный сигнал в динамической головке. Задача испытуемого – нажимать на кнопку SB2 «Реакция» в такт с сигналом раздражителя. При нажатии на кнопку SB2 на первом выходе формирователя импульсов возникает короткий импульс высокого уровня, поступающий на вход логического устройства. На другой вход этого устройства поступают импульсы с тактового генератора. Если импульс формирователя совпал с полупериодом высокого уровня тактовых импульсов (в течение которого либо включается светодиод HL1, либо слышится тональный сигнал в динамической головке), то на первом выходе логического устройства формируется короткий импульс и выходной код счетчика увеличивается на 1. Из-за изменения кода на выходе дешифратора положение включенного светодиода в линейке смещается на одну позицию вправо.

Если же импульс формирователя совпал с паузой между тактовыми импульсами, то короткий импульс со второго выхода логического устройства запускает генератор «штрафных» импульсов и на трех его выходах формируются, соответственно, один, два или три импульса, поступающие на информационные входы мультиплексора. На адресные входы мультиплексора подается код с выхода регистра. В зависимости от двоичного кода на выходе регистра в момент нажатия на кнопку «Реакция» на вычитающий вход счетчика с выхода мультиплексора поступят один, два или три импульса, в результате чего положение включенного светодиода линейки сместится влево на одну, две или три позиции. Запись информации в регистр осуществляется после отпускания кнопки «Реакция» подачей на вход С импульса с нижнего выхода формирователя.

В рефлексометре обеспечен так называемый «дифференцированный штраф». Если в момент неудачной попытки включенный светодиод линейки занимал одну из позиций в пределах «2–5», то испытуемый «штрафуется» на одну позицию. Если позиция включенного светодиода была одной из группы «6–10», то «штраф» составляет уже две позиции, а при «11–15» – три позиции.

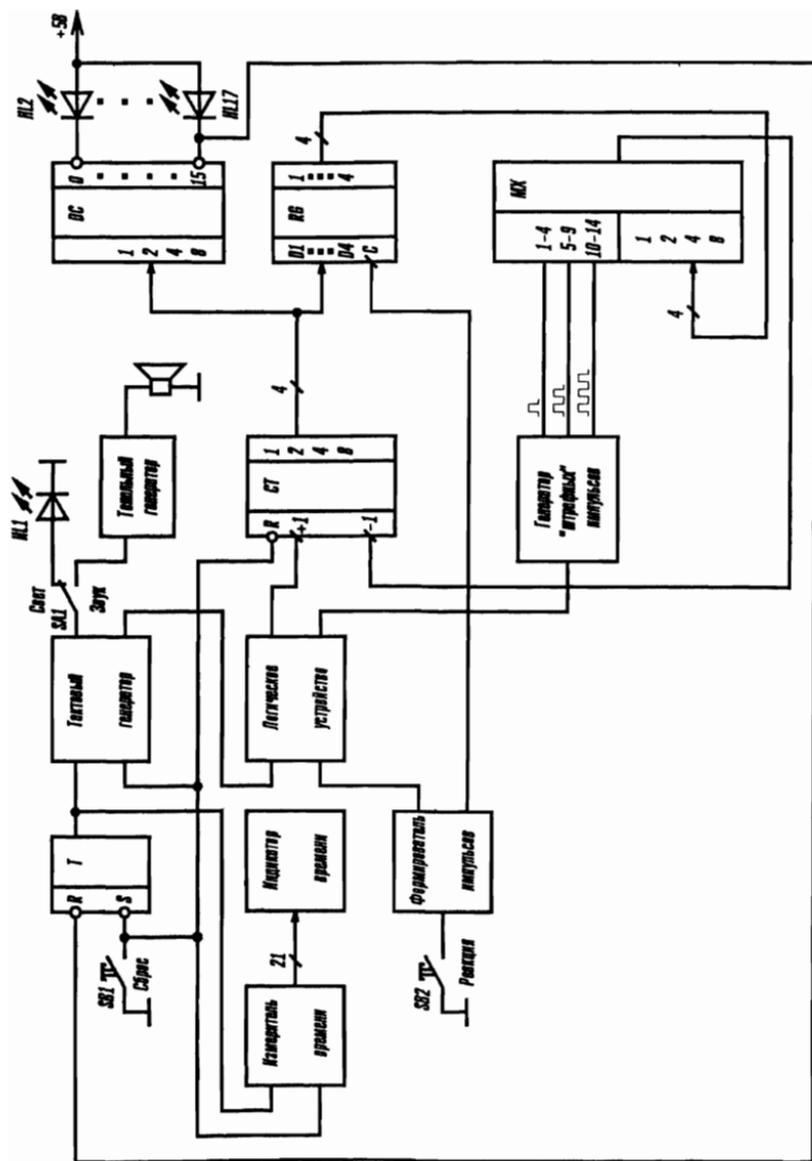


Рис. 102. Функциональная схема рефлексометра «Ритм»

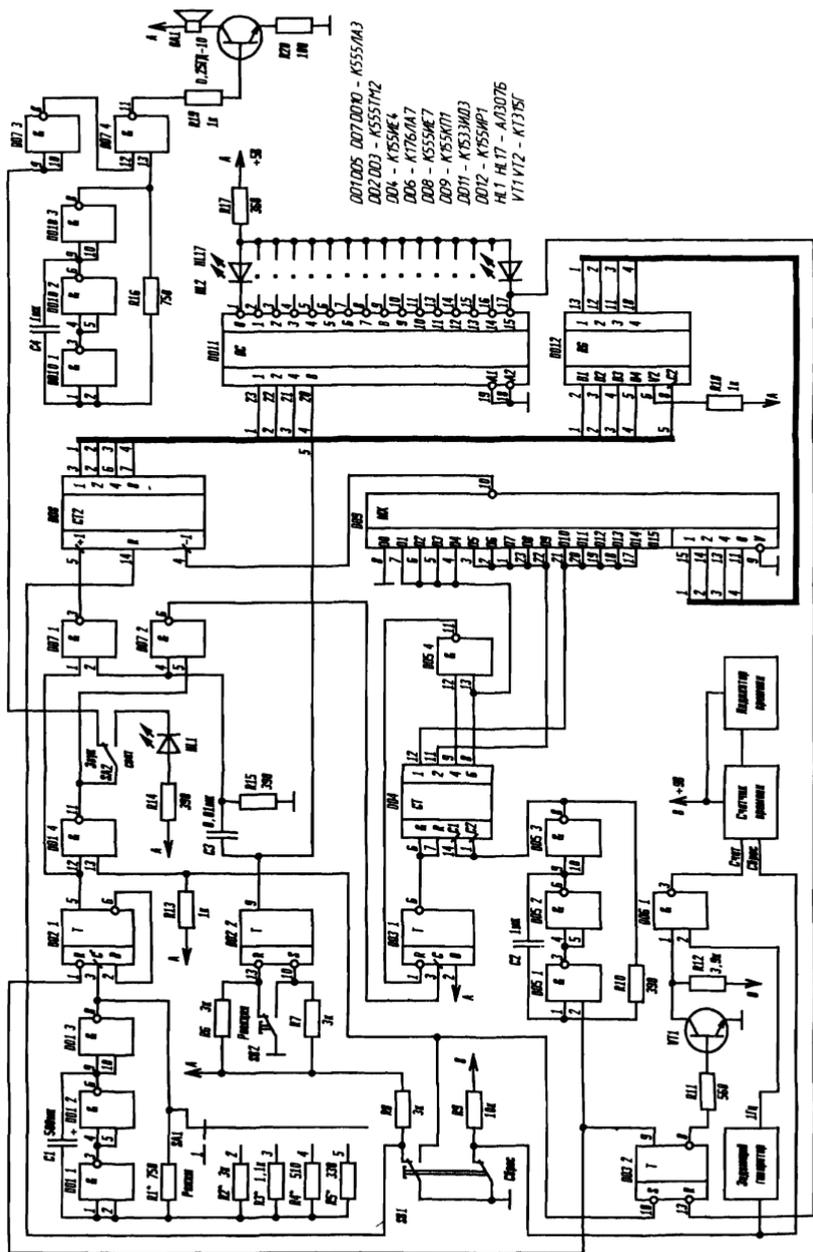
Испытания продолжают до тех пор, пока испытуемому удастся «зажечь» последний светодиод линейки. В этом случае низкий уровень с выхода «15» дешифратора переключает триггер в нулевое состояние, блокируется тактовый генератор и предъявления раздражителя в последующем не происходит. Измеритель времени останавливается, и индикатор показывает время, затраченное испытуемым на выполнение задания. По этому времени и оценивают способности испытуемого. Для возобновления испытаний необходимо вновь нажать на кнопку «Сброс».

Принципиальная схема рефлексометра изображена на рис. 103. Тактовый генератор собран на элементах DD1.1–DD1.4 и триггере DD2.1, логическое устройство – на элементах DD7.1, DD7.2, а тональный генератор – на элементах DD10.1–DD10.3, DD7.3, DD7.4. Триггер DD2.2 и дифференцирующая цепь C3, R15 образуют формирователь импульсов. К выходам дешифратора DD11 подключены светодиоды HL2–HL17 линейки. Генератор «штрафных» импульсов выполнен на элементах DD5.1–DD5.4, триггере DD3.1 и счетчике DD4. Измеритель времени испытаний такой же, как в рассмотренном выше автомате для контроля знаний «Экзаменатор-2». Он включает в себя задающий генератор секундных импульсов, счетчик времени и согласующее устройство на транзисторе VT1 и элементе DD6.1, необходимое при выполнении измерителя времени на микросхемах серии K176, обеспечивающих минимум аппаратных затрат и высокую экономичность.

Устройство работает следующим образом. При нажатии на кнопку SB1 «Сброс» обнуляется реверсивный счетчик DD8, на входы дешифратора DD11 подается нулевой код и включается светодиод HL2. Кроме того, обнуляется счетчик времени, блокируется задающий генератор. Подачей низкого уровня на вход элемента DD1.4 блокируется тактовый генератор, триггер DD3.2 устанавливается в единичное состояние и на первый вход элемента DD6.1 подается высокий уровень. Если переключатель SA2 находится в положении «Свет», то светодиод-раздражитель HL1 гаснет, а если в положении «Звук» – то на вход инвертора DD7.3 подается высокий уровень и импульсы с тонального генератора на усилитель звуковой частоты не поступают. Одновременно запускается вспомогательный генератор на элементах DD5.1–DD5.3.

После отпускания кнопки «Сброс» запускается тактовый генератор, разрешается работа счетчика времени и на его вход поступают импульсы с частотой 1 Гц. Начинается отсчет времени. Импульсы типа «меандр» с выхода тактового генератора поступают на первый вход элемента DD7.1 и через инвертор DD1.4 – на второй вход элемента DD7.2. Частоту тактовых импульсов можно менять в пределах 1...3 Гц переключателем SA1 «Режим». В положительные полупериоды тактовых импульсов включается светодиод или слышится тон в динамической головке.

Как уже отмечалось, задача испытуемого – нажимать на кнопку SB2 «Реакция» во время действия указанных сигналов. При нажатии на эту кнопку триггер DD2.2 переключается в единичное состояние и на выходе дифференцирующей цепи C3, R15 формируется короткий импульс высокого уровня, поступающий на входы элементов DD7.1 и DD7.2. Если этот импульс совпал с положительным полупериодом тактовых импульсов, то ко-



- 001005 - 0070010 - K555A/3
- 002003 - K555T/M2
- 004 - K555M/4
- 006 - K1762/A/7
- 009 - K555M/7
- 009 - K555K/11
- 0011 - K1533/M03
- 0012 - K155M/1
- RL1, RL17 - A/03076
- Y11 V12 - K1735C

Рис 103 Принципиальная схема рефлексометра «Ритм»

роткий импульс низкого уровня поступает на суммирующий вход счетчика DD8 и код на его выходе становится равным 0001. В результате низкий уровень появится на выходе "1" дешифратора DD11, и загорится светодиод HL3. После отпускания кнопки SB2 на прямом выходе триггера DD2.2 формируется отрицательный перепад напряжения, по которому содержимое счетчика DD8 переписывается в регистр DD12. В дальнейшем при каждом удачном нажатии на кнопку SB2 выходной код счетчика DD8 увеличивается на 1, а положение включенного светодиода в линейке смещается на одну позицию вправо.

Если же импульс с выхода формирователя поступит во время отрицательного полупериода тактовых импульсов, то на выходе элемента DD7.2 появится короткий отрицательный импульс, по фронту которого триггер DD3.1 установится в единичное состояние. Низкий уровень с выхода триггера разрешает работу счетчика-распределителя DD4, временные диаграммы напряжений на выходах которого изображены на рис. 104. Импульсы генератора на элементах DD5.1–DD5.3 поступают на счетные входы С1, С2 счетчика DD4. После поступления пятого импульса на выходах "4" и "6" счетчика появится высокий уровень, в результате низкий уровень с выхода элемента DD5.4 устанавливает триггер DD3.1 в нулевое состояние, а счетчик DD4 обнуляется.

Как видно из рис. 104, на выходе "1" счетчика формируются три, на выходе "2" – два, а на выходе "6" – один импульс. На адресные входы мультимплексора DD9 подается

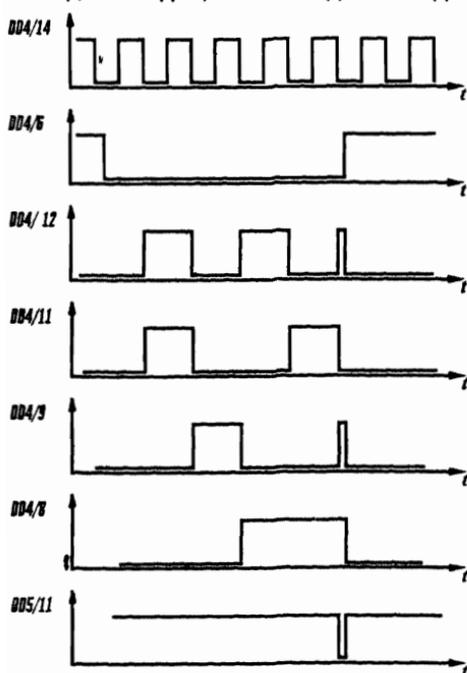


Рис. 104. Временные диаграммы напряжений

код с выхода регистра DD12. Поэтому на вычитающий вход счетчика DD8 в случае неудачной попытки поступают один, два или три импульса в зависимости от кода на выходе счетчика DD8 и позиции включенного светодиода линейки в момент нажатия на кнопку SB2. В частности, если десятичный эквивалент кода на выходе DD8 равен 1–4, то на вычитающий вход поступает один «штрафной» импульс, если 5–9 – два импульса, а если 10–14 – три импульса. Как следствие, положение включенного светодиода линейки смещается влево на одну, две или три позиции. После того как испытуемому удастся «зажечь» последний светодиод HL17 линейки, низкий уровень с выхода "15" дешифратора DD11 переводит триггер DD3.2 в нулевое состояние.

На первый вход элемента DD6.1 поступает низкий уровень, и подача секундных импульсов задающего генератора на счетчик времени прекращается, а индикатор времени показывает время, затраченное испытуемым на выполнение задания. Подачей низкого уровня напряжения на вход R триггер DD2.1 устанавливается в нулевое состояние, подача световых и звуковых сигналов прекращается. Одновременно блокируется вспомогательный генератор на элементах DD5.1–DD5.3, поэтому последующие нажатия на кнопку «Реакция» не изменяют состояния светодиодов в линейке. Испытания завершены. Для их возобновления следует нажать кнопку «Сброс».

Схему рефлексометра можно существенно упростить, ужесточив «наказание» за ошибочные действия испытуемого. На рис. 105 изображена принципиальная схема рефлексометра, реализующего следующий алгоритм функционирования. По нажатию кнопки «Сброс» все светодиоды линейного индикатора гаснут, ритмически загорается светодиод-раздражитель. При удачных попытках, когда испытуемый последовательно нажимает на кнопку «Реакция» во время свечения светодиода-раздражителя, на линейном индикаторе реализуется световой эффект «накапливающееся включение» (светится сначала один, затем два, три и т. д. до восьми светодиодов). Если же испытуемый совершит ошибку и нажмет на кнопку «Реакция» во время паузы между предъявлениями раздражителя, то все светодиоды линейного индикатора гаснут. Испытания продолжают до тех пор, пока испытуемому не удастся выполнить подряд восемь удачных попыток. В этом случае горят все светодиоды линейного индикатора, а светодиод-раздражитель гаснет.

Устройство содержит генератор тактов (ГТ) на элементах DD1.4, DD2.5, DD2.6, к выходу которого подключен светодиод-раздражитель HL1, формирователь импульсов на RS-триггере (DD1.1, DD1.2) и логических элементах DD2.2–DD2.4, DD1.3, блок управления линейным индикатором на регистре DD3 и блок индикации (HL2–HL9). Устройство работает следующим образом. По нажатию кнопки SB2 «Сброс» регистр DD3 обнуляется, и светодиоды HL2–HL9 гаснут. Высоким уровнем с выхода элемента DD2.1 разрешается работа генератора тактов. Ритмически загорается светодиод-раздражитель HL1. Импульсы с выхода ГТ подаются на вход SL регистра DD3. Так как на вход SR подан высокий уровень напряжения, то при горящем светодиоде HL1 регистр работает в режиме сдвига вправо ($SL=0, SR=1$), а при погашенном светодиоде – в режиме параллельной записи ($SL=SR=1$). На подвижный контакт кнопки SB1 «Реакция» с выхода старшего разряда регистра подается низкий уровень. На выходе RS-триггера на элементах DD1.1, DD1.2 по нажатию и отпусканию кнопки SB1 формируется одиночный импульс положительной полярности. По фронту этого импульса на выходе элемента DD1.3 формируется короткий импульс отрицательной полярности. Принцип работы формирователя импульсов описан в [24]. Импульс с выхода формирователя поступает на вход синхронизации регистра DD3. Если нажатие кнопки «Реакция» выполнено в момент свечения светодиода HL1, то высокий уровень со входа DR переписывается в младший разряд регистра, а информация в остальных разрядах сдвигается на одну позицию вправо. В результате на линейном индикаторе

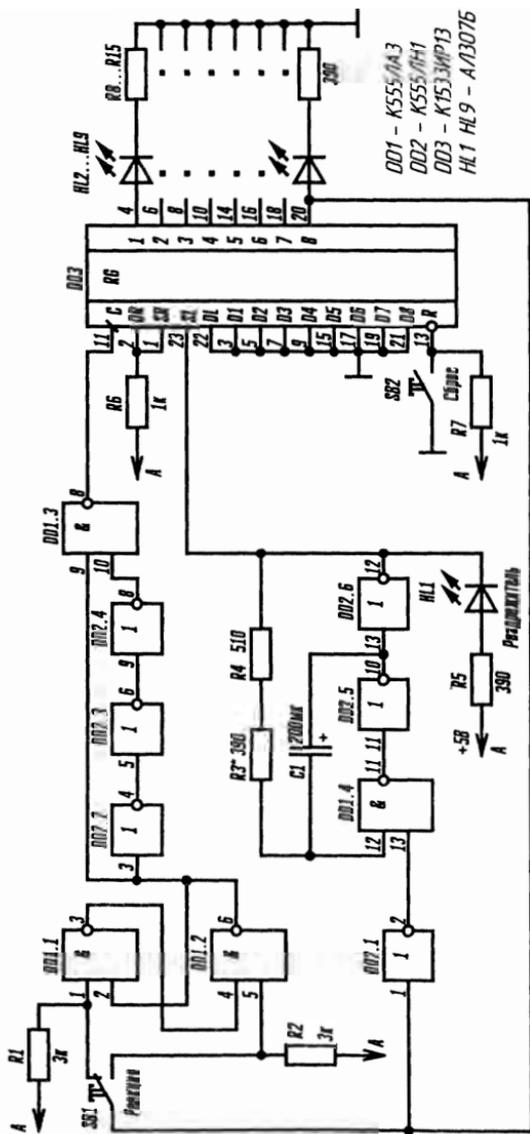


Рис. 105. Принципиальная схема упрощенного варианта рефлексометра «Ритм»

HL2–HL9 в случае удачных попыток наблюдается световой эффект «накапливающееся включение». Если же в какой-то момент испытуемый нажмет кнопку «Реакция» в паузе между предъявлениями раздражителя, то с выхода формирователя импульсов на вход синхронизации регистра DD3 вновь поступит короткий импульс, по положительному перепаду которого в регистр в режиме параллельной записи заносится нулевой код, поданный на входы D1–D8 регистра. Испытания надо начать сначала. Они завершатся только в случае восьми удачных попыток, следующих одна за другой. Как только загорится последний светодиод HL9 линейного индикатора, на выходе элемента DD2.1 формируется низкий уровень, блокирующий генератор импульсов (DD1.4, DD2.5, DD2.6). Светодиод HL1 гаснет. На подвижный контакт кнопки SB1 «Реакция» подается высокий уровень. В результате любые нажатия на кнопку SB1 не изменяет состояния RS-триггера на элементах DD1.1, DD1.2, импульсы на выходе формирователя отсутствуют и состояние органов индикации остается неизменным. Испытания завершены. Для их возобновления необходимо нажать кнопку «Сброс». О качестве реакции можно судить по времени, затраченном испытуемым на выполнение задания.

На базе описанного рефлексометра «Ритм» можно создать увлекательный игровой автомат [57]. Суть игры заключается в следующем. На передней панели устройства (рис. 106) находятся светодиод-раздражитель и линейный индикатор из 15 светодиодов. К игровому блоку подключаются пульты двух игроков, на каждом из которых находятся кнопки «Реакция». По нажатию кнопки «Установка» загорается средний светодиод линейного индикатора. Периодически загорается светодиод-раздражитель. Задача каждого из игроков – после загорания светодиода-раздражителя возможно быстрее нажать на кнопку на своем пульте. Если это с опережением сделал первый игрок, положение горящего светодиода шкального индикатора смещается на одну позицию влево. В случае опережающей реакции второго

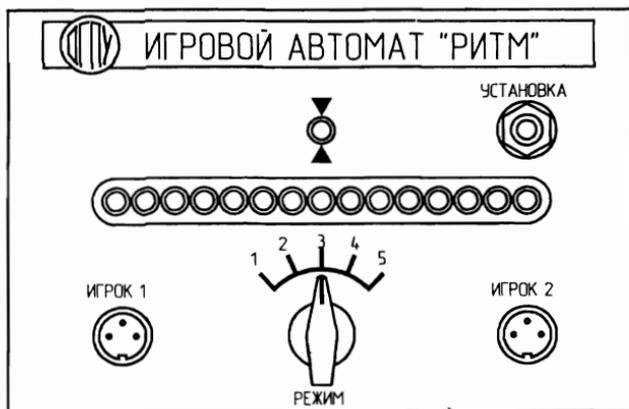


Рис. 106. Передняя панель игрового автомата «Ритм»

игрока положение горящего светодиода смещается на одну позицию вправо. Если же кто-то из игроков совершит ошибку и нажмет кнопку реакции на своем пульте во время паузы между предъявлениями раздражителя, то он «наказывается», и положение горящего светодиода меняется на одну позицию вправо (если ошибку совершил первый игрок) или влево (при ошибке второго игрока). Игра завершается после загорания любого из крайних светодиодов линейного индикатора.

Принципиальная схема игрового автомата изображена на рис. 107. Устройство работает следующим образом. По нажатию кнопки SB3 «Установка» на выходе элемента DD1.3 формируется высокий, а на выходе элемента DD2.6 – низкий уровень, блокирующий генератор импульсов, реализованный на элементах DD1.1, DD2.1, DD2.2. На выходе элемента DD2.3 формируется низкий уровень, и светодиод-раздражитель HL1 гаснет, а триггеры DD3.1 и DD3.2 устанавливаются в нулевое состояние. Кроме того, за счет подачи низкого уровня на вход R обнуляется регистр DD10. На выходе преобразователя кодов, реализованного на ПЗУ DD8, при этом формируется код 1000. За счет подачи низкого уровня на вход S предустановки счетчика DD6 в него заносится код 1000 с выхода ПЗУ, и в результате низкий уровень формируется на выходе «8» дешифратора DD9. Загорается светодиод HL9, расположенный в центре линейного индикатора. Игра начинается после отпускания кнопки SB3.

При этом снимается блокировка с генератора импульсов (DD1.1, DD2.1, DD2.2), частоту которого можно плавно изменять резистором R2 «Режим». Периодически загорается светодиод-раздражитель HL1. Низким уровнем с выхода элемента DD2.2 (во время свечения светодиода HL1) триггеры DD4.1, DD4.2 устанавливаются в нулевое состояние. Таким образом, до нажатия кнопки реакции любым играющим триггеры DD3.1, DD3.2, DD4.1, DD4.2 находятся в нулевом состоянии, а на выходах триггеров DD5.1 и DD5.2 формируются высокие уровни.

Как уже отмечалось выше, задача каждого из играющих – после загорания светодиода HL1 возможно быстрее нажать кнопку на своем пульте. Если первым нажмет кнопку SB2 второй играющий, то триггер DD3.2 за счет дребезга на входе С при высоком уровне на входах D и R переключится в единичное состояние. Триггер DD5.1 установится в нулевое состояние (так как S=1, R=0). Отрицательным перепадом на его прямом выходе запускается формирователь DD6.1. За счет подачи короткого отрицательного импульса на счетный вход счетчика DD7 выходной код счетчика увеличится на 1. Соответственно, изменится на одну позицию вправо положение горящего светодиода линейного индикатора HL2–HL16. Если затем, пока еще горит светодиод-раздражитель, среагирует нажатием кнопки SB1 первый играющий, то триггер DD3.1 установится в единичное состояние, на оба входа триггера DD5.1 будут поданы высокие уровни, состояние триггера DD5.1 не изменится. Соответственно, не изменится выходной код счетчика DD7 и положение горящего светодиода линейного индикатора HL2–HL16.

Если же первым на предъявление раздражителя HL1 среагирует первый играющий, то триггер DD3.1 переключится в единичное состояние. Триггер DD5.1 также установится в единичное состояние. Отрицательным перепадом на инверсном выходе триггера DD5.1 запустится формирователь

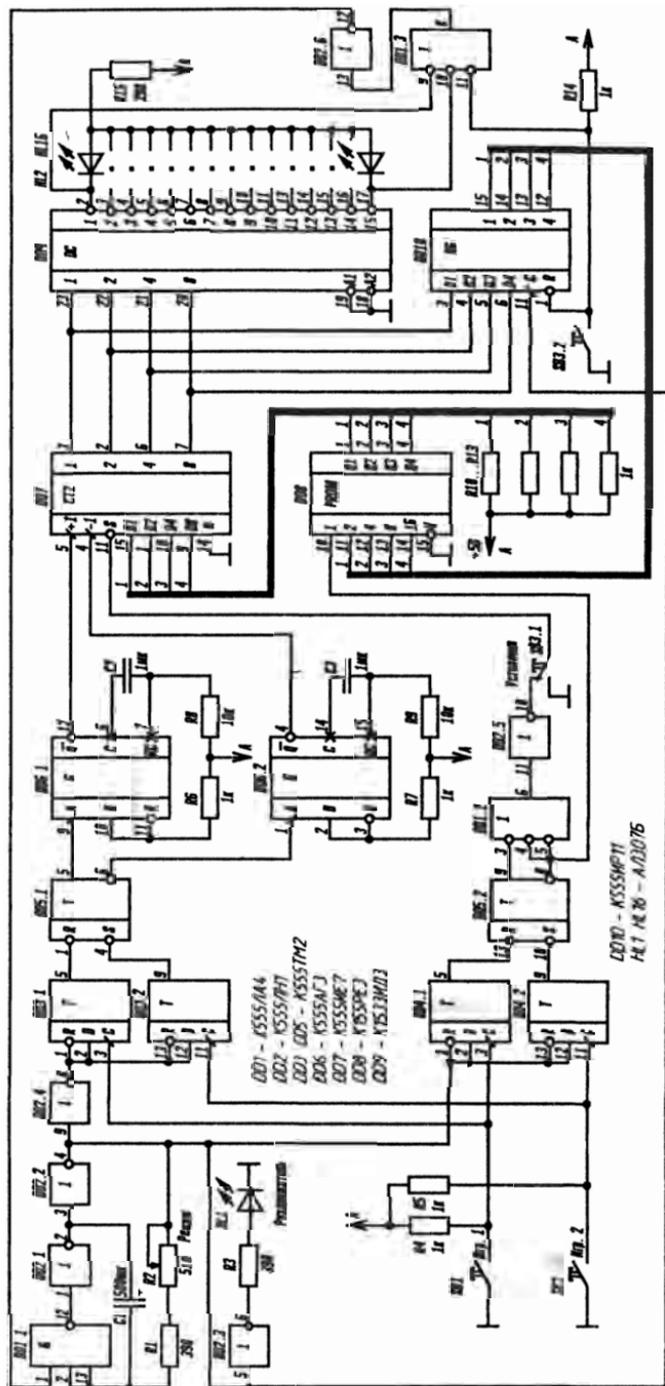


Рис. 107. Принципиальная схема игрового автомата «Ритм»

DD6.2, в результате на 1 уменьшится выходной код счетчика DD7, и положение горящего светодиода линейного индикатора сдвинется на одну позицию влево.

В течение интервала времени, пока светится светодиод-раздражитель HL1, триггеры DD4.1, DD4.2 находятся в нулевом состоянии за счет подачи низкого уровня с выхода элемента DD2.2 на входы R. На выходах триггера DD5.2 формируются высокие уровни напряжения, в результате на вход S предустановки счетчика DD7 подается высокий уровень. По положительному перепаду напряжения на выходе тактового генератора (DD1.1, DD2.1, DD2.2) в регистр DD10 переписывается код с выхода счетчика DD7. Этот код подается на второй-пятый входы преобразователя кода, реализованного на ПЗУ DD8. Если теперь кто-то из играющих, например, первый, совершит ошибку и нажмет кнопку SB1 при погашенном раздражителе, то триггер DD4.1 установится в единичное состояние. За счет подачи уровней R=1, S=0 триггер DD5.2 также установится в единичное состояние, и на его инверсном выходе сформируется низкий уровень, поступающий на первый вход ПЗУ DD8. При этом двоичный код на выходе преобразователя кода на 1 превышает код, подаваемый на второй-пятый входы ПЗУ. Этот код подается на информационные входы счетчика DD7. За счет подачи низкого уровня с инверсного выхода триггера DD5.2 на нижний по схеме вход элемента DD1.2 на его выходе формируется высокий, а на выходе элемента DD2.5 – низкий уровень напряжения, осуществляющий предустановку счетчика DD7. В результате в счетчик заносится код с выхода преобразователя кода DD8 и положение горящего светодиода в индикаторе HL2–HL16 смещается на одну позицию вправо.

Если же ошибку совершит второй игрок, то триггер DD4.2 установится в единичное состояние, а триггер DD5.2 – в нулевое. За счет подачи высокого уровня на первый вход ПЗУ DD8 на его выходе формируется код, на 1 меньший, чем код, подаваемый на второй-пятый входы ПЗУ. За счет подачи низкого уровня с прямого выхода триггера DD5.2 на верхний по схеме вход элемента DD1.2 на вход S счетчика DD7 подается низкий уровень, и в счетчик заносится код с выхода ПЗУ DD8. Положение горящего светодиода в линейном индикаторе HL2–HL16 смещается на одну позицию влево.

В результате удачных попыток одного из игроков и ошибок противника в конце концов загорится один их крайних светодиодов линейного индикатора (HL2 или HL16). За счет подачи низкого уровня с выхода дешифратора DD9 на элемент DD1.3 низким уровнем с выхода элемента DD2.6 блокируется генератор импульсов (DD1.1, DD2.1, DD2.2) и светодиод-раздражитель гаснет. Испытания завершены. Даже при случайном нажатии любым из играющих кнопок SB1 и SB2 игровая ситуация не меняется, поскольку триггеры DD3.1 и DD3.2 заблокированы низким уровнем на R-входах, а код на выходе ПЗУ DD8 при кодах на втором-пятом входах, равных 0001 или 1111, равен коду на этих входах, независимо от уровня на первом входе. Для возобновления игры надо нажать кнопку SB3 «Установка».

Коды программирования ПЗУ DD8 приведены в табл. 37.

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	08	08	01	01	03	01	04	02	05	03	06	04	07	05	08	06
1	09	07	0A	08	0B	09	0C	0A	0D	0B	0E	0C	0F	0D	0F	0F

3.4. Рефлексометр РДО

Рефлексометр РДО предназначен для исследования реакции на движущийся световой раздражитель, по которой можно определить тип и силу нервной системы человека [58].

Прибор состоит из двух блоков: блока РДО и блока управления, к которому подключен пульт испытуемого. Передние панели этих блоков изображены на рис. 108 и 109.

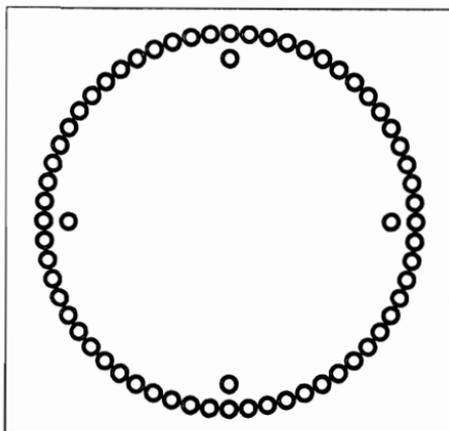


Рис. 108. Передняя панель блока РДО

На передней панели блока РДО по окружности расположены 60 светодиодов. Внутри круга расположены четыре светодиода, называемые указательными. Светодиоды, образующие окружность и расположенные напротив указательных, называются узловыми.

Алгоритм испытания заключается в следующем. На поле светодиодов, расположенных по окружности, моделируется световой эффект «бегущий огонь». Задача испытуемого заключается в том, чтобы нажатием кнопки «Стоп» на своем пульте остановить «движущийся раздражитель» в заданном узле. Узел, в котором следует остановить движущееся световое пятно, обозначается светящимся указательным светодиодом. Скорость движения «бегущего огня» может изменяться и задается оператором предварительно. После нажатия испытуемым на кнопку «Стоп» по окружности загораются один или два светодиода: узловой светодиод, расположенный напротив указательного, и светодиод, который светился в момент нажатия кнопки «Стоп».

Если время реакции (интервал времени с момента реагирования до момента загорания узлового светодиода при реакции с опережением или интервал времени с момента загорания узлового светодиода до момента реагирования при реакции с запаздыванием) не превышает $1/60$ времени одного оборота «бегущего огня», то светится только узловой светодиод. Прибор регистрирует время реакции в каждой попытке, а также число попыток с опережением и запаздыванием.

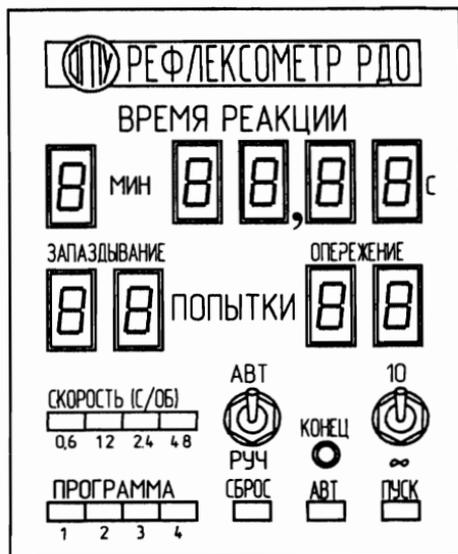


Рис. 109 Передняя панель блока управления рефлексометра РДО

Функциональная схема рефлексометра РДО изображена на рис. 110. Устройство содержит генератор опорных частот (ГОЧ), на выходах которого формируются импульсы четырех частот (12,5 Гц, 25 Гц, 50 Гц, 100 Гц). С выхода коммутатора скоростей (КС) в зависимости от положения переключателя «Скорость, с/об» сигнал одной из указанных частот поступает на входы блоков управления индикаторами. При этом БУИ1 управляет первой группой светодиодов, которые расположены по окружности в блоке РДО, а БУИ2 – группой узловых светодиодов. Одновременно сигналы управления группой узловых светодиодов БИ2 через кнопочный коммутатор программ (КП) поступают на вход блока управления (БУ). Этим же коммутатором управляется третья группа светодиодов – указательных (БИ3). Блок управления, в зависимости от состояния кнопок «Стоп», «Пуск» и тумблера «Режим», формирует сигналы управления для БУИ1, БУИ2 и блока регистрации времени реакции БР, а также сигналы управления для блоков регистрации попыток с опережением и запаздыванием (БР+ и БР-, соответственно). Блок индикации БИ4 индицирует время реакции в каждой попытке, а блоки БИ5, БИ6 – число попыток с опережением и запаздыванием.

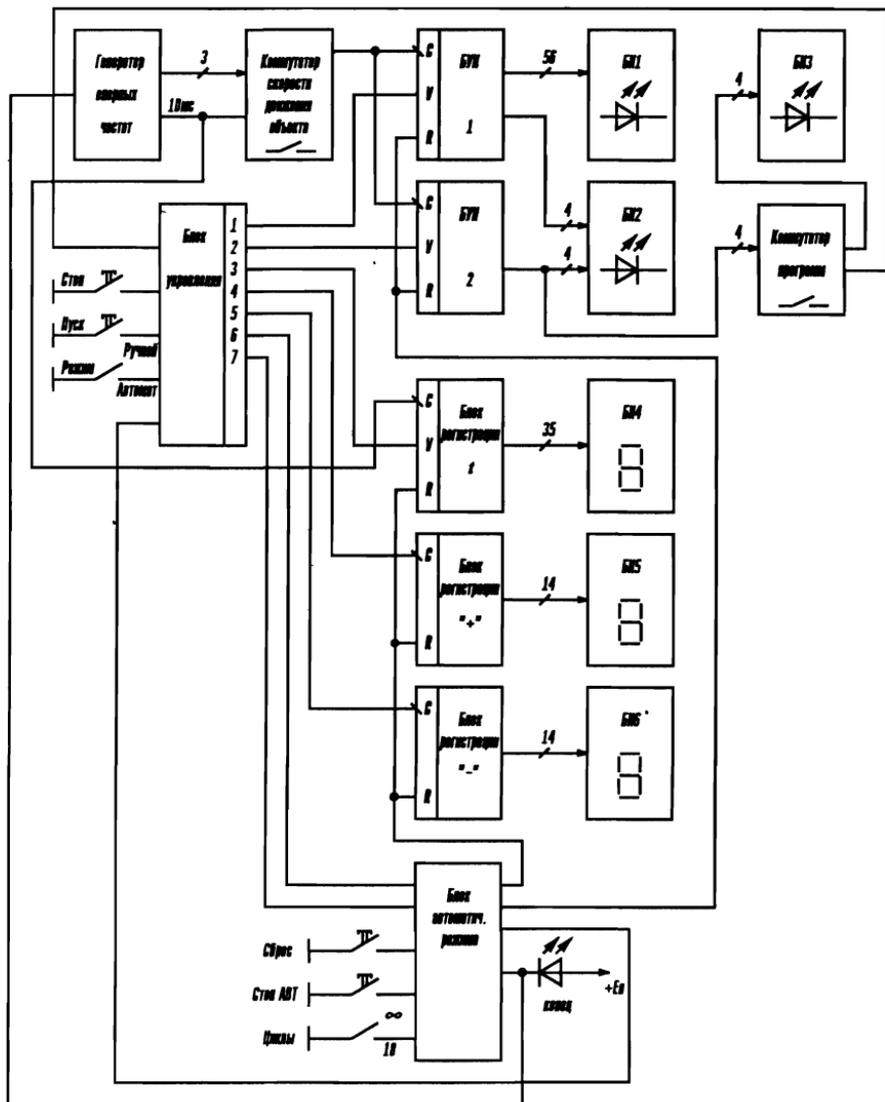


Рис. 110. Функциональная схема РДО

Блок автоматического режима вырабатывает сигналы сброса и блокировки ГОЧ, обеспечивает ограничение времени реакции испытуемого с запаздыванием до 1 с, осуществляет отсчет 10 попыток в автоматическом режиме. Возможны два режима работы устройства: ручной и автоматический.

Ручной режим.

Перед началом испытаний переключатель «Режим» устанавливают в верхнее положение («Ручной»), кнопочным коммутатором скоростей (КС) выбирают необходимую скорость движения светового раздражителя, при этом меняется частота импульсов, подаваемых с генератора опорных частот на входы БУИ1 и БУИ2. Переключателем программ выбирают узел остановки раздражителя, при этом в БИЗ светится выбранный указательный светодиод, а к первому входу блока управления подключается выход БУИ2, управляющий узловым светодиодом, расположенным напротив светящегося указательного светодиода.

После нажатия на кнопку «Сброс» на первом–третьем выходах блока автоматического режима (БАР) формируются высокие уровни напряжения, обнуляющие блоки управления индикаторами БУИ1 и БУИ2, блоки регистрации БР_г, БР₊, БР₋ и устанавливающие в исходное состояние блок управления (БУ).

В блоках индикации БИ4–БИ6 индицируются нулевые показания. На первом–третьем выходах БУ формируются низкие уровни напряжения, запрещающие работу БУИ1, БУИ2, и БР_г. На остальных выходах БУ формируются высокие уровни. На выходах БУИ1 и БУИ2 формируется позиционный код, которым включается верхний узловой светодиод HL60.

По нажатию кнопки «Пуск» на первом и втором выходах БУ формируются высокие уровни напряжения, разрешающие работу БУИ1 и БУИ2. Позиционный код на выходе этих блоков начинает монотонно изменяться, и на индикаторах БИ1 и БИ2 наблюдается эффект «бегущего огня». Задача испытуемого – нажать кнопку «Стоп» в тот момент, когда светится узловой светодиод, расположенный напротив светящегося указательного светодиода. Реакция испытуемого может быть с опережением или запаздыванием. В случае нажатия кнопки «Стоп» с опережением на первом выходе БУ формируется низкий уровень, запрещающий работу БУИ1. В соответствии с установившимся в этот момент позиционным кодом на выходе БУИ1 в блоке индикации БИ1 будет светиться светодиод, который горел в момент нажатия кнопки «Стоп». Одновременно на третьем выходе БУ появится высокий, а на четвертом выходе БУ – низкий уровень напряжения. Высокий уровень на третьем выходе БУ разрешит работу БР_г. Отрицательный перепад напряжения на четвертом выходе БУ увеличит на 1 выходной код БР₊. Показания индикатора БИ5 увеличатся на 1. Счет времени будет продолжаться до тех пор, пока БУИ2 не включит узловой светодиод, находящийся напротив заданного указательного светодиода. Как только это произойдет, на втором выходе коммутатора программ КП появится низкий уровень. При этом на втором и третьем выходах БУ появятся низкие уровни, запрещающие работу БУИ2 и БР_г. В БИ2 будет светиться узловой светодиод, показывающий место, где следовало остановить «движущийся объект», а на выходе БР_г формируется код, определяющий время реакции, которое индицируется на БИ4. Для установки устройства в исходное состояние надо нажать кнопку «Сброс».

При реакции с запаздыванием сначала на блок управления приходит сигнал с коммутатора программ (в момент загорания узлового светодиода). При этом на втором выходе БУ формируется низкий уровень, который за-

прещает работу БУИ2. В результате в БИ2 будет светиться узловой светодиод, указывающий позицию необходимой остановки «движущегося объекта». БУИ1 продолжает отсчет, и на расположенных по окружности светодиодах будет наблюдаться эффект «бегущего огня». Одновременно на третьем выходе формируется высокий, а на пятом выходе БУ – низкий уровень. Высоким уровнем с третьего выхода БУ разрешается работа БР₁, и начинается отсчет времени реакции. Отрицательным перепадом напряжения с пятого выхода БУ выходной код БР – увеличится на 1. Соответственно, на 1 увеличатся показания индикатора БИБ числа попыток с запаздыванием. Отсчет времени будет продолжаться до тех пор, пока не будет нажата кнопка «Стоп». Как только это будет выполнено, на первом и третьем выходах БУ появятся низкие уровни, запрещающие работу БУИ1 и БР₁. В блоке индикации БИ1 останется светиться светодиод, который светился в момент нажатия кнопки «Стоп». БР₁ регистрирует время реакции, которое индицируется на блоке индикации БИ4. В исходное состояние устройство устанавливается нажатием на кнопку «Сброс».

Автоматический режим

В этом случае переключатель «Режим» устанавливается в нижнее по схеме положение («Авт.»). Переключатель «Циклы» устанавливается, в зависимости от условий испытаний, в положение «10» или в положение «∞» Автоматический режим принципиально отличается от ручного только тем, что начало очередной попытки происходит автоматически через время τ (в нашем случае 6 с) после регистрации времени реакции. Кроме того, максимальное время реакции с запаздыванием ограничено 1 с. В процессе испытаний время реакции в каждой попытке и число попыток с опережением и запаздыванием суммируются.

По первоначальному нажатию кнопок «Сброс» и «Пуск» на всех выходах блока автоматического режима и блока управления формируются такие же уровни, как и при работе устройства в ручном режиме.

Как и в ручном режиме, в процессе испытаний могут регистрироваться попытки с запаздывающей и опережающей реакцией. При регистрации попытки с запаздыванием при загорании узлового светодиода, расположенного напротив указательного, дополнительно к ранее формируемым сигналам на седьмом выходе блока управления формируется отрицательный перепад, по которому блок автоматического режима начинает отслеживать интервал времени длительностью 1 с. Если во время этого интервала не была нажата кнопка «Стоп», на третьем выходе БАР формируется импульс отрицательной полярности длительностью 6 с, осуществляющий предустановку БУ. В результате на выходах «1»–«3» БУ формируются сигналы низкого, а на остальных выходах – сигналы высокого уровня. При этом запрещается работа блоков БУИ1, БУИ2 и БР₁. В течение первых трех секунд шестисекундного интервала индикация на БИ1 и БИ2 сохраняется. По окончании трехсекундного интервала на втором выходе БАР формируется импульс положительной полярности (назовем его импульсом частичного сброса), устанавливающий БУИ1 и БУИ2 в исходное состояние, при котором в БИ2 загорается верхний (на панели) узловой светодиод. Результаты, зафиксированные БР₋, БР₊ и БР₁, сохраняются. По окончании импульса на

третьем выходе блока автоматического режима блок управления формирует на выходе такие же сигналы, как при нажатии кнопки «Пуск». Если кнопка «Стоп» была нажата до окончания секундного интервала после загорания узлового светодиода, то на шестом выходе БУ формируется низкий уровень и возникшим отрицательным перепадом напряжения в БАР запускается формирователь импульса длительностью 6 с. На выходах БАР и БУ формируются сигналы, как и в описанном выше случае.

При фиксации попытки с опережением после нажатия кнопки «Стоп» низкие уровни формируются на первом и четвертом выходах БУ, на остальных – высокие уровни. В результате на 1 увеличиваются показания индикатора попыток с опережением и блокируется БУИ1. После прихода на первый вход БУ низкого уровня с выхода коммутатора программ на шестом выходе БУ формируется низкий уровень, по которому, как и в предыдущем случае, формируются импульсы частичного сброса и предустановки БУ.

Если было установлено число циклов, равное 10, то после регистрации времени десятой попытки на четвертом выходе БАР формируется низкий уровень, который блокирует генератор опорных частот. Загорается светодиод «Конец». При количестве попыток, равном бесконечности, завершить испытания можно нажатием кнопки «СТОП АВТ». При этом низкий уровень, как и в предыдущем случае, формируется на четвертом выходе БАР и загорается светодиод «Конец».

Для возобновления испытаний необходимо нажать кнопку «Сброс».

Принципиальная схема рефлексометра РДО изображена на рис. 111а–в. Блок управления (БУ) реализован на триггерах DD1.1, DD1.2, триггере на элементах DD2.1, DD2.2 и ПЗУ DD4. Генератор опорных частот содержит задающий генератор (DD3.1–DD3.3) и счетчик DD5. Блок автоматического режима (БАР) содержит формирователи импульсов DD7.1, DD10.1, DD10.2, логические элементы DD6.1–DD6.3, DD2.3, DD2.4, DD11.1, DD11.2, счетчик DD8 и триггеры DD9.1, DD9.2. Блок управления индикаторами БУИ1 реализован на микросхемах DD12–DD17 и элементах DD3.4, DD26.2, DD11.3, DD11.4. На микросхемах DD18–DD24 собран блок управления индикаторами БУИ2. Измеритель времени содержит счетчики DD28–DD32 и элементы DD26.1, DD27.1, DD27.2. Блоки регистрации попыток с опережением и запаздыванием выполнены на счетчиках DD33, DD34 и DD35, DD36, соответственно. Нумерация указательных, узловых светодиодов и светодиодов, расположенных по окружности на передней панели блока РДО, приведена на рис. 112. Эта же нумерация светодиодов указана на принципиальной схеме на рис. 111б. Как отмечалось выше, возможна работа устройства в двух режимах: ручном и автоматическом.

Ручной режим

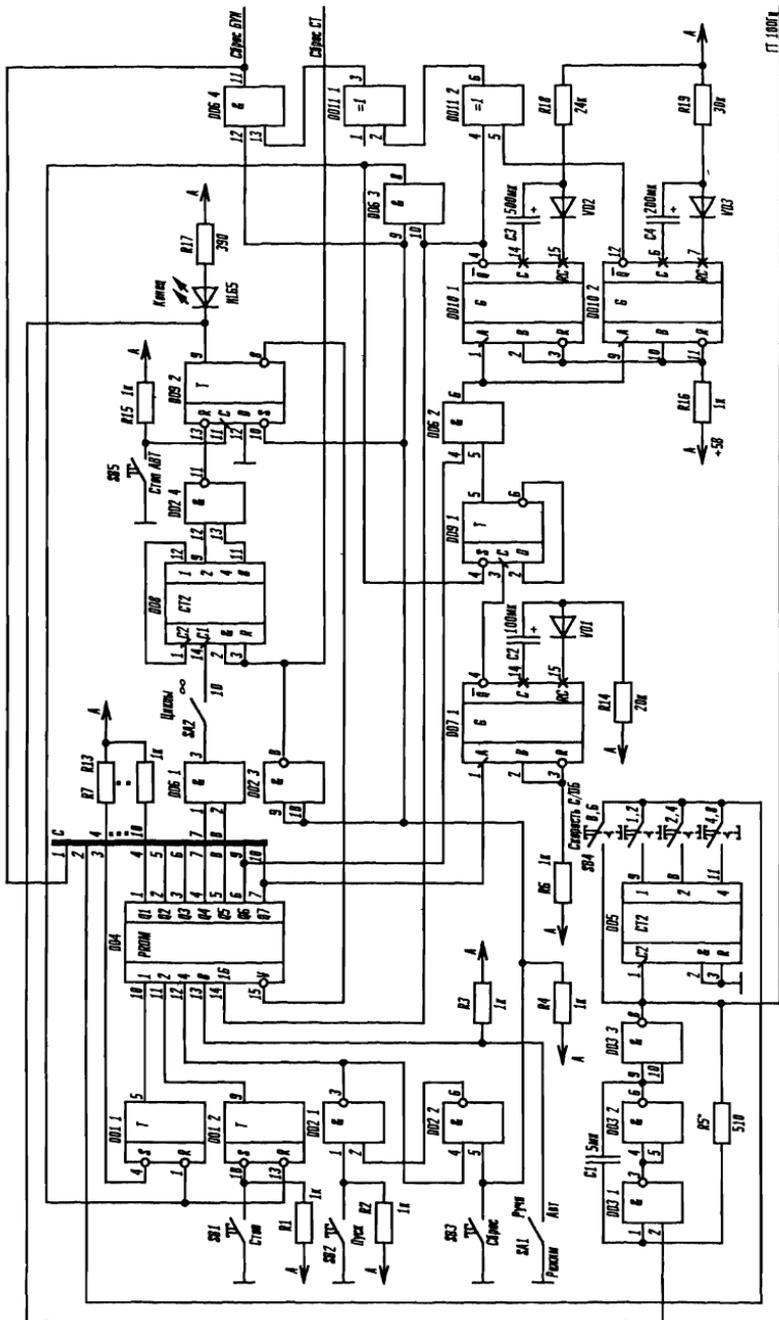
Перед началом испытаний переключатель SA1 «Режим» устанавливают в верхнее положение, переключателем SB4 «Скорость, с/об» выбирают необходимую скорость движения светового раздражителя. Переключателем SB6 «Программа» выбирают узел остановки раздражителя, при этом загорается один из указательных светодиодов HL61–HL64, а один из выходов старших разрядов дешифраторов DD21–DD24 подключается ко входу S триггера DD1.1. После нажатия на кнопку SB3 «Сброс» триггер на эле-

ментах DD2.1, DD2.2 устанавливается в нулевое, а триггер DD9.2 – в единичное состояние. Высоким уровнем с прямого выхода триггера DD9.2 разрешается работа тактового генератора на элементах DD3.1–DD3.3 с частотой 100 Гц. За счет подачи низкого уровня с выхода элемента DD6.3 триггеры DD1.1 и DD1.2 устанавливаются в нулевое, а триггер DD9.1 – в единичное состояние. Высоким уровнем с выхода элемента DD2.3 обнуляется счетчик числа попыток DD8. Одновременно обнуляются счетчики DD28–DD36 и на индикаторах HG1–HG9 индицируются нулевые показания. За счет подачи низкого уровня с выхода элемента DD6.4 на входы элементов DD26.2 и DD18.2 обнуляются счетчики DD12, DD13, DD19, DD20 и на круговом индикаторе HL1–HL60 (рис.112) загорается светодиод HL60. На выходах Q1–Q3 ПЗУ DD4 формируются низкие уровни, запрещающие подачу импульсов с выхода коммутатора скорости на входы счетчиков DD12 (через элемент DD3.4), DD19 (через элемент DD18.1) и импульсов ГТ на вход счетчика DD30 (через элемент DD26.1), на остальных выходах ПЗУ – высокие уровни напряжения.

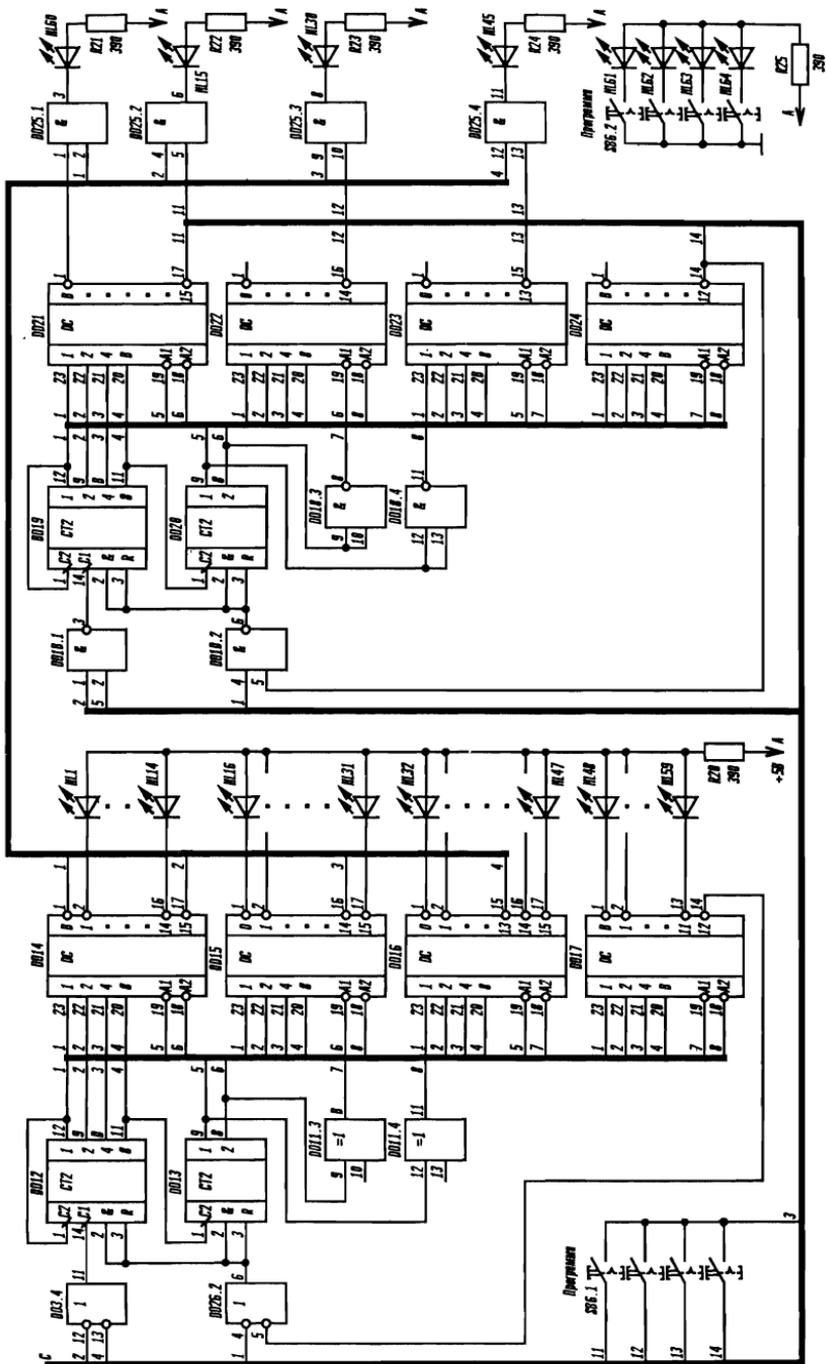
По нажатию кнопки «Пуск» триггер на элементах DD2.1, DD2.2 устанавливается в единичное состояние, в результате чего на выходах Q1 и Q2 ПЗУ DD4 формируются высокие уровни напряжения, разрешающие прохождение импульсов с выходов ГТ или счетчика DD5 (в зависимости от состояния переключателя SB4) через элементы DD3.4 и DD18.1. Выходные коды счетчиков DD12, DD13 и DD19, DD20 монотонно увеличиваются, а на индикаторах HL1–HL60 наблюдается эффект «бегущего огня».

Задача испытуемого – нажать кнопку SB1 «Стоп» в момент, когда будет светиться узловой светодиод (HL15, HL30, HL45 или HL60), расположенный напротив светящегося указательного светодиода (HL61–HL64).

Как отмечалось выше, реакция может быть с опережением или запаздыванием. В случае нажатия кнопки SB1 «Стоп» с опережением на выходах Q1 и Q4 ПЗУ DD4 формируются низкие уровни, а на выходе Q3 – высокий. Низким уровнем с выхода Q1 DD4 запрещается прохождение тактовых импульсов через элемент DD3.4 на вход счетчиков DD12, DD13. В результате на круговом светодиодном индикаторе HL1–HL60 будет светиться тот светодиод, который горел в момент нажатия кнопки SB1. Высокий уровень на выходе Q3 DD4 разрешает прохождение импульсов с частотой 100 Гц с выхода ГТ через элементы DD26.1, DD27.2 на вход счетчика DD30. Начинается отсчет времени. За счет отрицательного перепада напряжения на входе Q4 DD4 выходной код счетчиков DD33, DD34 и показания индикаторов HG6, HG7 увеличиваются на 1. Счет времени будет продолжаться до тех пор, пока низкий уровень не появится на том выходе дешифраторов DD21–DD24, который через переключатель SB6.1 соединен со входом S триггера DD1.1. В этом случае загорается узловой светодиод (HL15, HL30, HL45 или HL60), который расположен напротив горящего указательного светодиода. Одновременно триггер DD1.1 переключается в единичное состояние. В результате на выходах Q2 и Q3 ПЗУ DD4 появятся низкие уровни, запрещающие прохождение импульсов через элементы DD18.1 и DD26.1. Отсчет времени прекращается, и на индикаторах HG1–HG5 индицируется время реакции в данной попытке. Кроме того, остается гореть один из узловых светодиодов HL15, HL30, HL45 или HL60, индици-



ЛТ. 601.1



6)

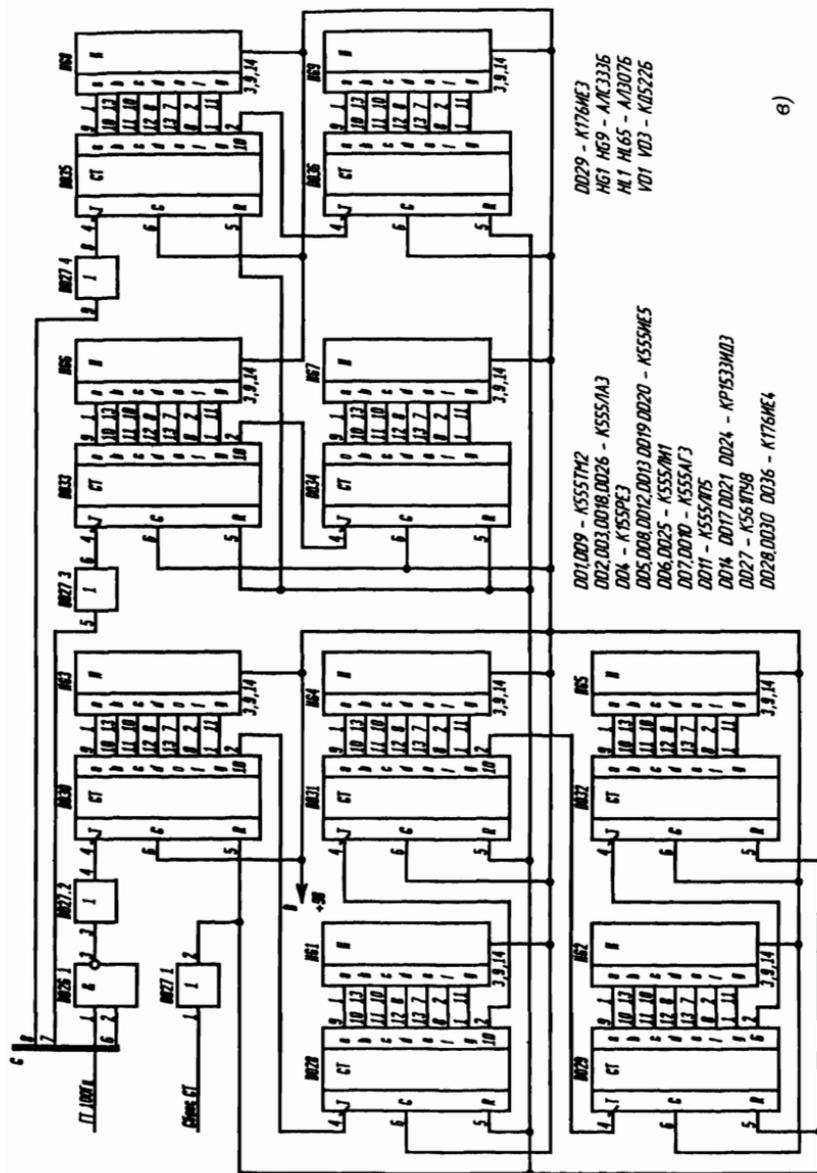


Рис 111 Принципиальная схема рефлексометра РДО а – блок управления, блок автоматического режима и генератора опорных частот, б – блоки управления индикаторами, в – блоки регистрации времени и числа попыток

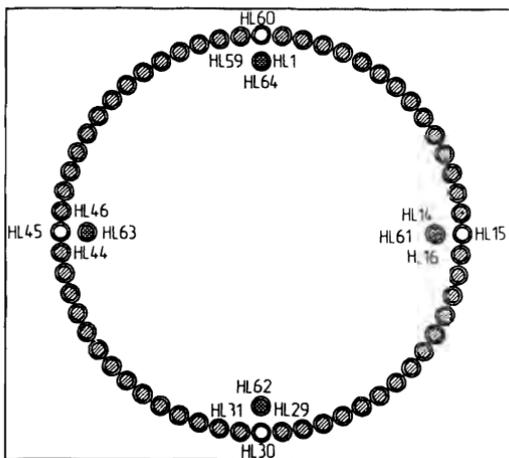


Рис 112 Схема расположения светодиодов на передней панели блока РДО

рующийся место, где следовало остановить «движущийся объект». Для установки устройства в исходное состояние следует нажать кнопок SB3 «Сброс».

При реакции с запаздыванием сначала на вход S триггера DD1.1 приходит низкий уровень с переключателя SB6.1 и на выходах Q2 и Q5 ПЗУ DD4 формируются низкие уровни, а на выходе Q3 – высокий уровень. Как следствие, блокируется прохождение тактовых импульсов через элемент DD18.1, и будет светиться узловой светодиод, который горел в этот момент. Отрицательным перепадом напряжения на входе элемента DD27.4 увеличится на 1 выходной код счетчика попыток с запаздыванием (DD35, DD36) и показания индикаторов HG8, HG9. Высоким уровнем на выходе Q3 будет разрешено прохождение импульсов с частотой 100 Гц через элементы DD26.1 и DD27.2 на вход счетчика времени (DD28–DD32), и начнется отсчет времени реакции. Он будет продолжаться до тех пор, пока испытуемый не нажмет кнопку SB1 «Стоп» Триггер DD1.2 при этом установится в единичное состояние, на выходах Q1 и Q3 микросхемы DD4 будут сформированы низкие уровни. Низкий уровень с выхода Q1 запретит прохождение тактовых импульсов на счетчики DD12, DD13, и на круговом индикаторе HL1–HL60 останется гореть светодиод, который светился в момент нажатия кнопки «Стоп». Низким уровнем с выхода Q3 DD4 запрещается прохождение импульсов через элемент DD26.1, и на индикаторах HG1–HG5 высвечивается время реакции в очередной попытке. В исходное состояние, как обычно, устройство устанавливается нажатием кнопки SB3 «Сброс».

Автоматический режим

В этом режиме переключатель SA1 устанавливается в нижнее положение, а тумблер SA2 «Циклы» в положение "10" или "∞" в зависимости от числа попыток в цикле испытаний. Отличие условий работы устройства в автоматическом режиме по сравнению с ручным оговорено выше при

описании функциональной схемы. Как уже отмечалось, по первоначальному нажатию кнопки SB3 «Сброс» и SB2 «Пуск» на всех выходах ПЗУ DD4 формируются такие же сигналы, как и в ручном режиме.

Рассмотрим, как работает устройство в автоматическом режиме в случае попытки с запаздыванием и опережением.

Если испытуемый реагирует на «движущийся объект» с запаздыванием, то после загорания узлового светодиода, расположенного напротив горящего указательного светодиода, триггер DD1.1 устанавливается в единичное состояние. Дополнительно к сигналам, которые формировались в этом случае в ручном режиме испытаний, на выходе Q7 ПЗУ DD4 формируется низкий уровень. Отрицательным перепадом напряжения на этом выходе запускается формирователь DD7.1, на выходе которого формируется импульс длительностью около 1 с. Если в течение этого временного интервала испытуемый не успевает нажать кнопку SB1 «Стоп», то положительным перепадом напряжения на выходе формирователя DD7.1 триггер DD9.1 переключается в нулевое состояние. Отрицательным перепадом на выходе элемента DD6.2 запускаются два формирователя: DD10.1 ($t_u \approx 6\text{с}$) и DD10.2 ($t_u \approx 3\text{с}$). Низким уровнем с выхода формирователя DD10.1 через элемент DD6.3 триггеры DD1.1, DD1.2 устанавливаются в нулевое состояние, а триггер DD9.1 – в единичное состояние. В результате на входы ПЗУ DD4 подается код 00100, при котором на выходах Q1–Q3 формируются низкие уровни, а на остальных выходах – высокие. При этом блокируется прохождение импульсов на счетчики DD12, DD19 и DD30. Эффект «бегущего огня» на круговом светодиодном индикаторе и отсчет времени прекращаются. В течение первых трех секунд шестисекундного интервала индикация на круговом индикаторе HL1–HL60 сохраняется. По завершению импульса с выхода формирователя DD10.2 на выходе элемента DD11.2 формируется трехсекундный импульс положительной полярности. Импульс такой же длительности, но отрицательной полярности формируется на выходе элемента DD6.4. В результате высоким уровнем с выхода элемента DD26.2 обнуляются счетчики DD12, DD13, а высоким уровнем с выхода элемента DD18.2 – счетчики DD19, DD20. На круговом индикаторе HL1–HL60 загорается светодиод HL60, результаты, зафиксированные счетчиками времени, попыток с опережением и запаздыванием, сохраняются. По окончании импульса формирователя DD10.1 при входном коде ПЗУ DD4 10100 на его выходе формируются такие же сигналы, как и при нажатии кнопки «Пуск». Если кнопка SB1 «Стоп» была нажата до окончания секундного интервала после загорания узлового светодиода, то на выходе Q6 DD4 формируется низкий уровень и отрицательным перепадом напряжения на выходе элемента DD6.2, как и в предыдущем случае, запускаются формирователи DD10.1, DD10.2. Все формируемые сигналы на выходах ПЗУ DD4 и элемента DD6.4 полностью идентичны сигналам, формируемым в предыдущем случае.

При фиксации попытки с опережением после нажатия на кнопку SB1 «Стоп» низкие уровни формируются на выходах Q1 и Q4 ПЗУ DD4, на остальных выходах – высокие уровни. В результате блокируется подача импульсов через элемент DD3.4 на счетчики DD12, DD13, и на индикаторах HL1–HL60 остается гореть светодиод, который светился в момент нажатия

кнопки «Стоп». Отрицательным перепадом напряжения с выхода Q4 DD4 на 1 увеличивается выходной код счетчика попыток с опережением (DD33, DD34). После загорания узлового светодиода, расположенного напротив горящего указательного светодиода, низким уровнем с выхода переключателя SB6.1 триггер DD1.1 устанавливается в единичное состояние. На выходе Q6 ПЗУ DD4 формируется отрицательный перепад напряжения, запускающий через элемент DD6.2 формирователи импульсов DD10.1, DD10.2. Все формируемые при этом сигналы полностью идентичны описанным в случае попытки с запаздыванием. По завершению импульса на выходе формирователя DD10.1 на выходе ПЗУ DD4 формируются сигналы, аналогичные сформированным при нажатии кнопки «Пуск». Показания измерителя времени и счетчиков попыток с опережением и запаздыванием изменяются в процессе испытаний с нарастающим итогом.

Если тумблером SA2 было установлено количество циклов, равное 10, то при любой попытке (с опережением или запаздыванием) выходной код счетчика DD8 изменяется с нарастающим итогом, после десятой попытки на выходе элемента DD2.4 формируется низкий уровень, устанавливающий триггер DD9.2 в нулевое состояние. В результате низким уровнем с прямого выхода триггера DD9.2 блокируется генератор тактов (DD3.1–DD3.3), загорается светодиод HL65 «Конец» и в последующем запуске «движущегося объекта» не происходит, показания цифровых индикаторов не изменяются.

При числе попыток, равном бесконечности, для завершения испытаний необходимо нажать кнопку SB5 «Стоп АВТ.». За счет «дребезга» на входе С при D=0 триггер DD9.2 устанавливается в единичное состояние и блокирует генератор тактов. Испытания завершены. Для их возобновления необходимо нажать кнопку SB3 «Сброс». По времени реакции и количеству попыток с опережением и запаздыванием можно судить о типе и силе нервной системы испытуемого.

Коды программирования ПЗУ DD4 приведены в табл. 38.

Т а б л и ц а 38

Адрес 16-ричный	14	15	16	17	1С	1D	1E	Осталь- ные
Выходной код	7В	2D	76	58	7В	6D	76	78

3.5. Тестер «Временные интервалы»

Прибор предназначен для оценки возможностей человека определять протяженность временных интервалов без использования хронометрической техники. В профессиональной деятельности операторов промышленных установок, космонавтов и летчиков, представителей ряда других специальностей приходится пользоваться субъективной оценкой времени.

Передняя панель тестера изображена на рис. 113. Длительность формируемого интервала времени задается переключателем «т.с», содержащим



Рис 113 Передняя панель тестера «Временные интервалы»

семь кнопок с зависимым включением. Пределы изменения указанной длительности 1...7 с с шагом 1 с. Кроме того, на передней панели находятся кнопки «Сброс», «Пуск» и «Стоп», три светодиода «Пуск», «-» («Опережение»), «+» («Запаздывание»), а также трехразрядный цифровой индикатор, на котором отображается время ошибки реагирования.

Испытания проводятся следующим образом. Переключателем «т, с» выбирают длительность формируемого интервала. Затем нажимают на кнопку «Сброс», при этом гаснут все светодиоды и цифровой индикатор. Испытания начинаются нажатием кнопки «Пуск», после чего загорается светодиод «Пуск». Задача испытуемого – по прошествии выбранного временного интервала нажать на кнопку «Стоп». Тестер регистрирует опережение или запаздывание реакции испытуемого (загоранием светодиодов «+» или «-», соответственно), а также время ошибки реагирования (разность между заданным временным интервалом и временем, прошедшим с момента нажатия кнопки «Пуск» до момента нажатия кнопки «Стоп»).

Функциональная схема психологического тестера «Временные интервалы» изображена на рис. 114. Устройство работает следующим образом. Перед началом испытаний переключателем, входящим в формирователь F интервалов времени, задают длительность формируемого тестером временного интервала (от 1 до 7 с с шагом 1 с). Затем нажатием на кнопку «Сброс» триггеры T1–T3 устанавливаются в нулевое состояние, гаснет светодиод «Пуск», низким уровнем с прямого выхода триггера T3 блокируется генератор тактов (ГТ), а низким уровнем с выхода триггера T2 гасится индикатор времени ошибки. Кроме того обнуляется счетчик СТ₁ времени, в исходное состояние устанавливаются формирователь F интервала времени t и блок регистрации ошибки (БРО). Светодиоды «-» и «+», подключенные к выходу БРО, гаснут. Коду 000 на входе ЛУ соответствует выходной код 110. На выходе формирователя F в исходном состоянии напряжение имеет высокий уровень.

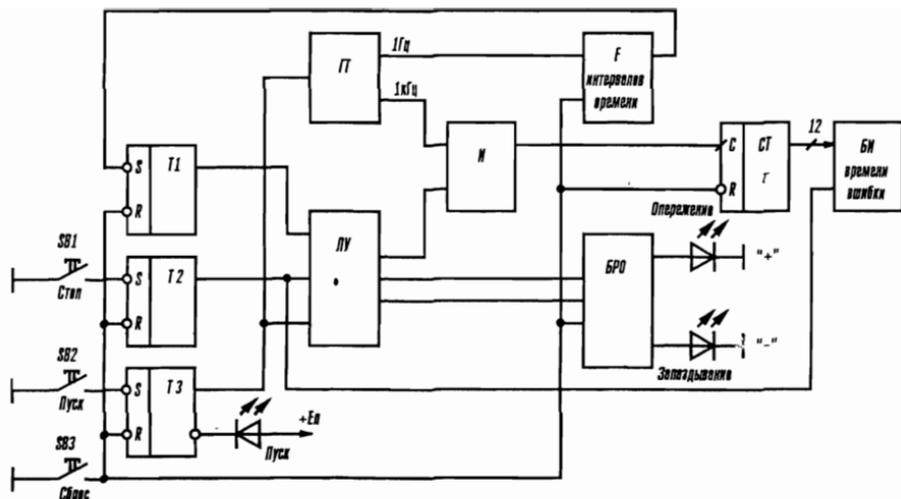


Рис. 114. Функциональная схема тестера «Временные интервалы»

По нажатию кнопки «Пуск» триггер Т3 устанавливается в единичное состояние, загорается светодиод «Пуск». Высоким уровнем с выхода триггера Т3 разрешается работа тактового генератора, на выходе которого формируются импульсы с частотами 1 Гц и 1кГц. Код на входе ЛУ становится равным 100, выходной код при этом не меняется. Подачей импульсов с частотой 1 Гц запускается формирователь F.

Задача испытуемого – после загорания светодиода «Пуск» через заданный интервал времени нажать на кнопку «Стоп», пользуясь только «биологическими часами». При этом возможны два варианта:

- испытуемый нажимает кнопку «Стоп» до завершения заданного интервала времени;
- испытуемый нажимает кнопку «Стоп» с опозданием.

Рассмотрим оба варианта. В первом случае после нажатия кнопки «Стоп» триггер Т2 устанавливается в единичное состояние и код на входе ЛУ становится равным 110. Ему соответствует выходной код 101. Высоким уровнем с первого выхода ЛУ разрешается прохождение импульсов с частотой 1 кГц через элемент И на вход счетчика СТ. Высоким уровнем с выхода триггера Т2 снимается гашение с индикатора времени ошибки. По завершению предварительно выбранного интервала времени τ на выходе формирователя F появляется низкий уровень, устанавливающий триггер Т1 в единичное состояние. Код на входе ЛУ становится равным 111, ему соответствует выходной код 110. За счет формирования положительного перепада напряжения на втором выходе ЛУ на первом выходе БРО формируется высокий уровень и зажигается светодиод «+» («Опережение»). Низким уровнем с первого выхода ЛУ блокируется прохождение импульсов ГТ через элемент И на вход счетчика времени СТ. Отсчет времени прекращается, и на цифровом индикаторе индицируется время опережения, с которым среагировал испытуемый по отношению к заданному интервалу времени.

Во втором случае, если испытуемый нажмет на кнопку «Стоп» с опозданием (после завершения заданного интервала времени), то автомат работает следующим образом. Так как формирование временного интервала завершается до нажатия испытуемым кнопки «Стоп», то сначала на выходе формирователя F появляется низкий уровень, устанавливающий триггер T1 в единичное состояние. На входе ЛУ формируется код 101, ему соответствует выходной код 011. Высоким уровнем с первого выхода ЛУ разрешается прохождение импульсов ГТ через элемент И на вход счетчика СТ. Начинается отсчет времени. После нажатия кнопки «Стоп» триггер T2 устанавливается в единичное состояние и высоким уровнем с его выхода снимается гашение с индикатора времени. Входной код ЛУ становится равным 111, ему соответствует выходной код 110. За счет положительного перепада напряжения на третьем выходе ЛУ на втором выходе блока регистрации ошибки формируется высокий уровень, и загорается светодиод «—» («Запаздывание»). Низким уровнем с первого выхода ЛУ блокируется прохождение импульсов ГТ на счетчик времени, отсчет времени прекращается, и на цифровом индикаторе индицируется время запаздывания, показанное испытуемым в этой попытке. Для возобновления испытаний необходимо нажать кнопку «Сброс».

Принципиальная схема тестера «Временные интервалы» изображена на рис. 115. Триггеры T1, T2 и T3 реализованы, соответственно, на логических элементах DD1.1, DD1.2, микросхемах DD2.1 и DD2.2. Тактовый генератор выполнен с кварцевой стабилизацией частоты на микросхеме DD3. Логическое устройство ЛУ собрано на ПЗУ DD4, формирователь временных интервалов содержит счетчик DD6, дешифратор DD8 и переключатель SB4. Блок регистрации ошибки реализован на триггерах DD7.1, DD7.2, счетчик времени – на микросхемах DD9–DD12. Блок индикации времени содержит цифровые индикаторы HG1–HG3. Для согласования уровней микросхем ТТЛ и КМОП используются преобразователи уровней (DD5, VT1–VT3).

Устройство работает следующим образом. Первоначально переключателем SB4 выбирают длительность временного интервала (например, 5 с). После нажатия на кнопку SB3 «Сброс» триггеры DD2.1, DD2.2 и триггер на элементах DD1.1, DD1.2 устанавливаются в нулевое состояние, обнуляются счетчики DD9–DD12. Высоким уровнем напряжения с выхода элемента DD1.3 обнуляется счетчик DD6. На выходах «1–7» дешифратора DD8 формируется высокий уровень. Через замкнутый контакт переключателя SB4 высокий уровень с выхода «5» DC подается на вход S триггера на элементах DD1.1, DD1.2. Высоким уровнем с инверсного выхода триггера DD2.2 гасится светодиод HL1 «Пуск». Низким уровнем с прямых выходов триггеров DD2.1 и DD2.2 запираются транзисторы VT1, VT3. В результате подачи высокого уровня на вход R микросхемы DD3 блокируется генератор тактов. Напряжение питания на индикаторы HG1–HG3 не подается и они не светятся. На выходах Q2 и Q3 ПЗУ DD4 формируется высокий уровень, а на Q1 – низкий. По нажатию кнопки SB2 «Пуск» триггер DD2.2 устанавливается в единичное состояние, загорается светодиод HL1 «Пуск». На входах ПЗУ формируется код 00100, выходной код остается неизменным.

Задача испытуемого, как отмечалось выше, – после загорания светодиода «Пуск» нажать кнопку «Стоп» через заданный интервал времени.

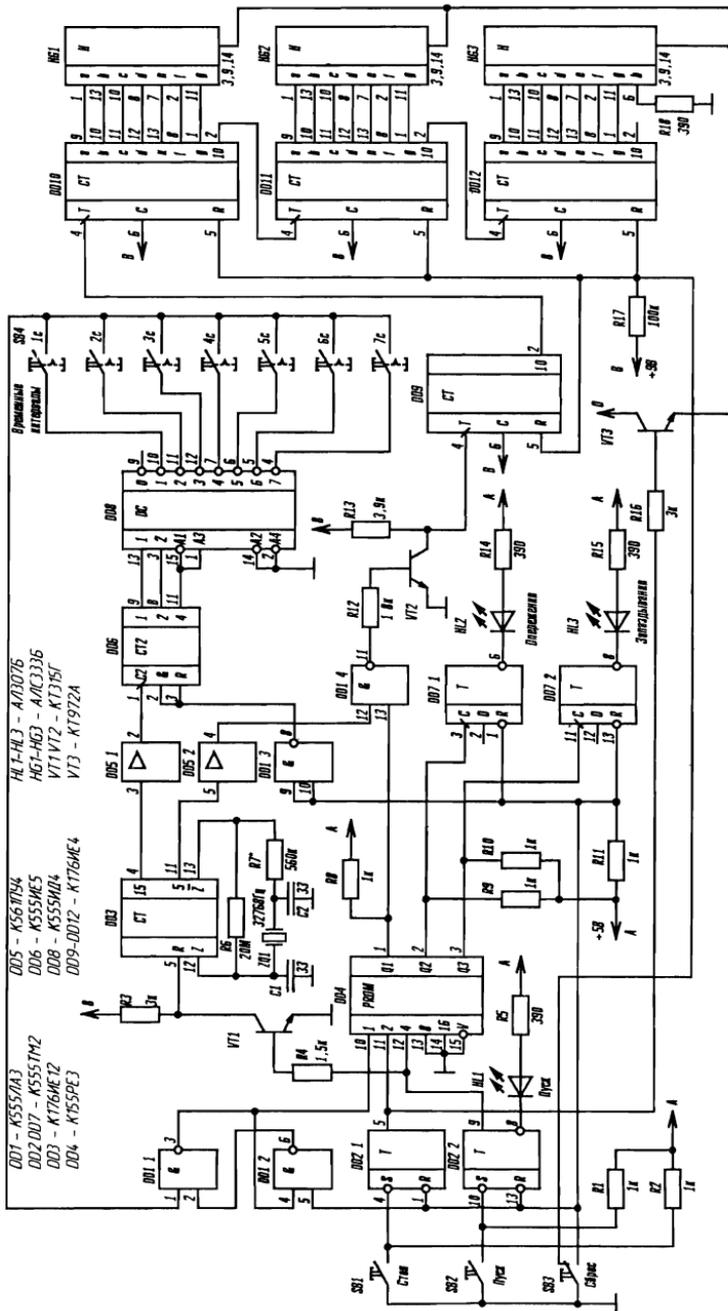


Рис 115 Принципиальная схема тестера «Временные интервалы»

При этом возможны два варианта:

- испытуемый нажимает на кнопку «Стоп» с запаздыванием, когда формирование временного интервала уже завершилось;
- испытуемый нажимает на кнопку «Стоп» с опережением.

Рассмотрим первый случай.

После нажатия кнопки SB2 высоким уровнем с прямого выхода триггера DD2.2 отпирается транзистор VT1 и низким уровнем на входе R разрешается работа генератора DD3. На выходе "15" формируются импульсы с периодом 1 с, а на выходе "5" – с периодом около 1 мс. Импульсы с периодом 1 с поступают на вход счетчика DD6, начинается формирование временного интервала. Код на выходе счетчика DD6 монотонно возрастает. Дешифратор DD8 преобразует двоичный код в позиционный. Низкий уровень последовательно появляется на выходах дешифратора, причем через каждую секунду положение выхода, на котором формируется низкий уровень, смещается на одну позицию вправо. Как только низкий уровень появится на выходе (в нашем случае "5"), к которому подключена нажатая клавиша переключателя SB4, он поступает на S-вход триггера, собранного на элементах DD1.1, DD1.2, устанавливая его в единичное состояние. На входах ПЗУ формируется код 00101, при котором на выходах Q1 и Q2 – высокий уровень напряжения, а на выходе Q3 – низкий. Импульсы с периодом 1 мс с выхода генератора тактов через элементы DD5.2 и DD1.4 и транзистор VT2 поступают на вход счетчика времени DD9–DD12. Начинается отсчет времени. Если теперь испытуемый нажмет на кнопку SB1 «Стоп», то триггер DD2.1 установится в единичное состояние, на входах ПЗУ DD4 формируется код 00111, которому соответствует выходной код 110. За счет положительного перепада напряжения на выходе Q3 микросхемы DD4 триггер DD7.2 устанавливается в единичное состояние и загорается светодиод HL3 «–» («Запаздывание»). Низким уровнем с выхода Q1 DD4 блокируется прохождение тактовых импульсов через элемент DD1.4 на вход счетчика времени. Отсчет времени прекращается. Высоким уровнем с выхода триггера DD2.1 отпирается транзистор VT3, и напряжение питания подается на аноды светодиодов цифровых индикаторов HG1–HG3. На индикаторах высвечивается время запаздывания, которое имело место со стороны испытуемого при определении длительности формируемого временного интервала.

Если же испытуемый нажмет кнопку SB1 «Стоп» до завершения формирования временного интервала, то триггер DD2.1 установится в единичное состояние. Как и в предыдущем случае, снимется гашение с индикаторов HG1–HG3. На входах ПЗУ DD8 формируется код 00110, при котором на выходах Q1, Q3 формируется высокий, а на выходе Q2 – низкий уровень напряжения. Высоким уровнем с выхода Q1 разрешается прохождение тактовых импульсов через элемент DD1.4 на счетчик времени. Начинается отсчет времени. Как только формирование временного интервала завершится и низкий уровень появится на общем выводе переключателя SB4, триггер на элементах DD1.1, DD1.2 переключится в единичное состояние. На входах ПЗУ DD4 формируется код 00111, которому, как отмечалось выше, соответствует выходной код 110. Положительным перепадом с выхода Q2 микросхемы DD4 триггер DD7.1 установится в единичное состояние,

и загорится светодиод HL2 «+» («Опережение»). Низким уровнем с выхода Q1 DD4 заблокируется прохождение тактовых импульсов через элемент DD1.4 на вход счетчика времени (DD9–DD12). Отсчет времени прекратится, и на индикаторах HG1–HG3 высветится время опережения, имевшего место со стороны испытуемого при определении длительности заданного временного интервала в данной попытке.

Для возобновления испытаний необходимо нажать кнопку SB3 «Сброс».

Нетрудно видеть, что длительность формируемых интервалов можно пропорционально увеличить в "n" раз, включив между генератором тактов и счетчиком DD6 делитель частоты с коэффициентом деления "n".

3.6. Тремометр

Прибор предназначен для психофизиологических исследований, в частности, для оценки так называемого тремора. Введите щуп с иглой на конце в узкое отверстие в металлической пластине и удерживайте его около минуты так, чтобы не касаться края отверстия. Или попробуйте провести щуп внутри лабиринта сложной конфигурации с узкой прорезью. Вы неизбежно коснетесь края отверстия или прорези лабиринта. Число касаний тем больше, чем меньше диаметр отверстия или ширина прорези. Причиной тому – едва уловимая дрожь рук (тремор). Чем более спокоен или менее утомлен человек, тем меньше тремор, а значит, меньше число касаний щупом края отверстия. И наоборот, чем больше тремор, тем более утомлен или раздражен человек. Измеряя тремор спортсменов до и после тренировок, можно выявить наиболее способных.

Описываемый тремометр позволяет измерять число касаний за 10 с и 1 мин. Кроме того, есть возможность решать и противоположную задачу – проверять двигательную реакцию. Для этого нужно ввести щуп в отверстие и постараться возможно большее число раз коснуться щупом края отверстия в течение заданного времени. Сравнение числа касаний до и после выполнения какой-либо работы позволяет судить о физических данных испытуемого.

В комплект устройства входит металлический планшет (рис. 116) с отверстиями различного диаметра и лабиринтами разнообразной конфигурации с разной шириной прорези. Планшет соединяют гибким проводником с общим проводом прибора, щуп подключают к тремометру через разъем. Передняя панель прибора изображена на рис. 117. На ней находятся двухразрядный цифровой индикатор числа касаний, светодиод «Измерение», переключатель «Время», которым задают время испытаний, кнопка «Сброс», разъемы для подключения щупа и источника питания.

Принципиальная электрическая схема тремометра изображена на рис. 118 [59]. Прибор содержит тактовый генератор на элементах DD1.1–DD1.4, узел защиты от «дребезга» контакта щупа с планшетом DD2.1, DD2.2, узел «штрафа» за длительное касание DD4.1, DD4.2, DD5.1, формирователь интервала счета DD8, DD3.3, DD3.4, DD9, DD5.2, счетчик числа касаний DD6, DD7, индикатор этого числа HG1, HG2.

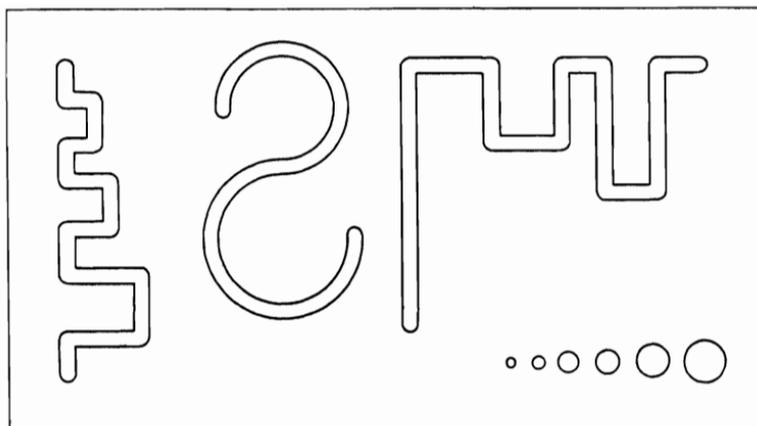


Рис. 116. Планшет треморометра



Рис. 117. Передняя панель треморометра

Автомат, как уже отмечалось, считает число касаний щупом края отверстия на планшете. Но если с целью улучшения результата испытуемый попытается схитрить и, однократно коснувшись стенки лабиринта, сделает попытку провести щупом вдоль прорези, то приблизительно через каждые 0,5 с ем будет засчитываться за это штрафное касание [59].

Нажатием на кнопку SB1 «Сброс» перед началом испытаний блокируется задающий генератор DD8, обнуляются счетчики DD6, DD7, DD9. При этом триггер DD5.2 устанавливается в нулевое состояние, светодиод HL1 гаснет. После отпускания кнопки SB1 запускается задающий генератор DD8, и на его выходах "15" и "60" формируются импульсные последовательности с периодом 1 с и 1 мин, соответственно. Разрешается работа счетчиков DD6, DD7, DD9, загорается светодиод HL1, что свидетельствует о начале испытаний. Высокий уровень с выхода триггера DD5.2 разрешает

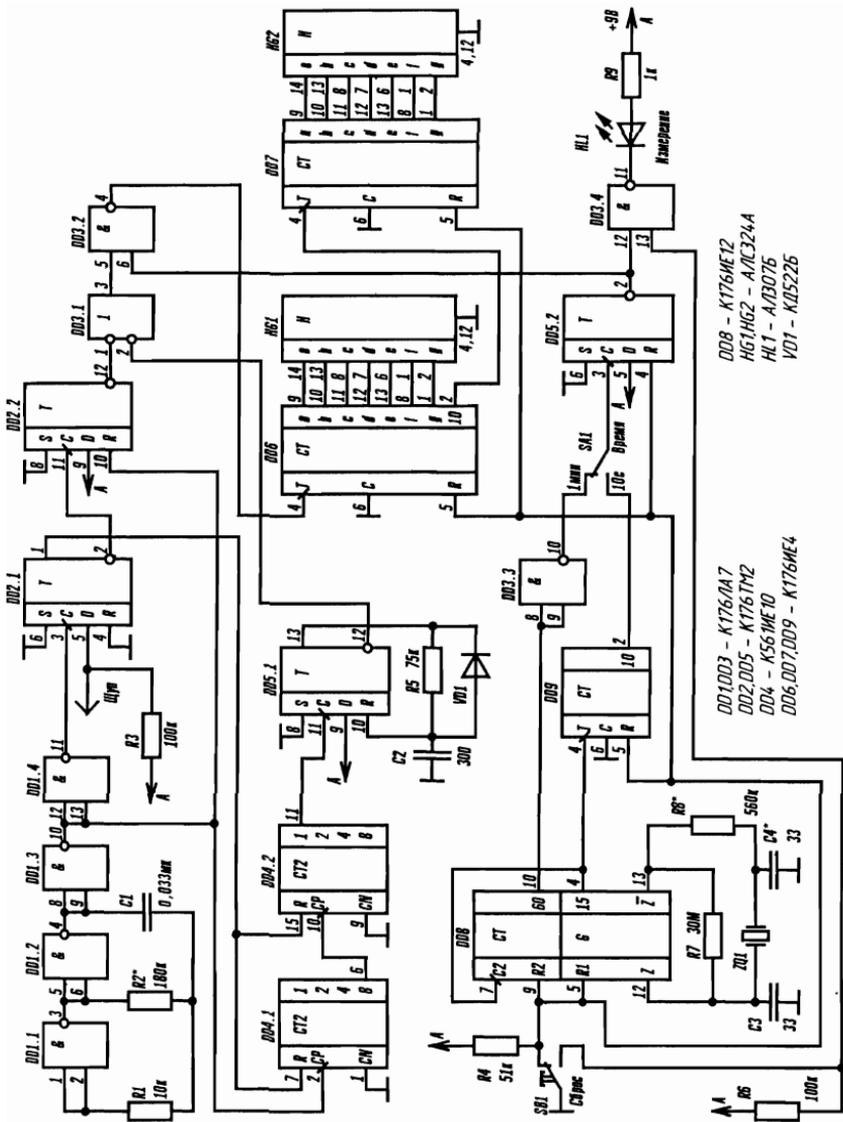


Рис. 118. Принципиальная схема тремометра

прохождение импульсов с выхода элемента DD3.1 на вход счетчика касаний DD6, DD7. Тактовый генератор на элементах DD1.1–DD1.4 вырабатывает импульсы с периодом около 15 мс, что несколько превышает длительность «дребезга».

До того момента, пока щуп не коснулся планшета, он находится под напряжением питания, и триггер DD2.1 устанавливается в единичное состояние, а триггер DD2.2 – в нулевое состояние. В результате на вход R счетчиков DD4.1, DD4.2 подается обнуляющий их высокий уровень. При касании щупом планшета по фронту тактового импульса триггер DD2.1 устанавливается в нулевое состояние, а триггер DD2.2 – в единичное состояние. Как только напряжение на выходе элемента DD1.3 примет высокий уровень, триггер DD2.2 переключится в нулевое состояние. Через элементы DD3.1 и DD3.2 сформированный на выходе триггера DD2.2 импульс поступит на вход счетчика касаний DD6, DD7. Кроме того, при подаче низкого уровня на входы R счетчиков DD4.1 и DD4.2 они начинают считать импульсы тактового генератора.

Если длительность касания превышает 240 мс (16 периодов тактовых импульсов), то на выходе «1» счетчика DD4.2 возникает положительный перепад напряжения, по которому на выходе одновибратора DD5.1 формируется короткий отрицательный импульс. Эти импульсы будут в дальнейшем повторяться каждые 480 мс в течение всего времени непрерывного контакта щупа с планшетом. Импульсы с выхода формирователя DD5.1 через элементы DD3.1 и DD3.2 поступают на вход счетчика касаний. Если же касание является «коротким» (менее 240 мс), то как только щуп перестает касаться планшета, триггер DD2.1 устанавливается в единичное состояние, счетчики DD4.1, DD4.2 обнуляются и формирования «штрафных» импульсов не происходит.

По прошествии 10 с или 1 мин (в зависимости от положения переключателя SA1) перепад напряжения на входе С устанавливает триггер DD5.2 в единичное состояние и подача импульсов с формирователя DD5.1 и триггера DD2.2 на вход счетчика DD6 прекращается. Одновременно гаснет светодиод HL1, что свидетельствует о завершении испытаний. Результаты испытаний отображают индикаторы HG1 и HG2. Для возобновления испытаний следует нажать на кнопку SB1 «Сброс».

3.7. Прибор «Теппинг-тест»

Этот прибор позволяет определить скорость двигательной реакции испытуемого. По максимально достигнутому темпу движения и степени его изменчивости можно судить о силе нервной системы.

На лицевой панели прибора (рис. 119) имеются десять металлизированных площадок, светодиоды «Старт» и «Стоп», цифровые индикаторы числа касаний, кнопка «Сброс», переключатели попыток и режима просмотра результатов испытаний. На боковой стенке прибора расположены разъемы для подключения щупа и осциллографа.

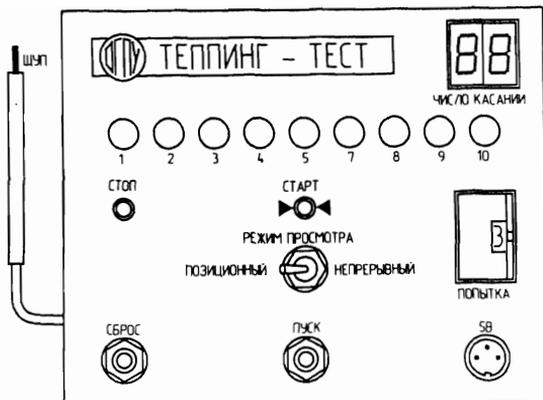


Рис. 119. Лицевая панель прибора «Теплинг-тест»

Испытания проводятся следующим образом. После нажатия на кнопку «Сброс» все светодиоды гаснут, на цифровом индикаторе появляются нулевые показания. После отпускания кнопки «Сброс» загорается светодиод «Старт». Испытуемый должен с максимальным темпом касаться щупом первой контактной площадки до тех пор, пока не погаснет светодиод «Старт».

После гашения светодиода «Старт» испытуемый переносит щуп к следующей контактной площадке. При загорании светодиода «Старт» испытания повторяются. Подобным образом испытуемый проводит цикл испытаний из 10 попыток, после чего загорается светодиод «Стоп». Результаты испытаний фиксируются автоматически. Для просмотра результатов испытаний переключатель «Режим просмотра» устанавливают в положение «Позиционный». Переключателем «Попытки» последовательно устанавливают номера десяти попыток, при этом на цифровых индикаторах индицируется число касаний щупом контактной площадки в этой попытке. Результаты испытаний заносятся в таблицу. Затем переключатель «Режим просмотра» устанавливают в положение «Непрерывный». Регуляторами времени развертки и усиления по вертикали осциллографа устанавливается изображение, удобное для наблюдения. На экране осциллографа можно наблюдать гистограмму, отображающую результаты в цикле испытаний из 10 попыток.

Функциональная схема прибора изображена на рис. 120, временные диаграммы на элементах схемы – на рис. 121. Устройство работает следующим образом. По нажатию на кнопку «Сброс» за счет подачи высокого уровня на входы R обнуляются счетчики СТ1 числа касаний и СТ2 числа попыток, блокируется работа генератора интервалов измерения, гаснут светодиоды «Старт» и «Стоп». Низким уровнем напряжения с первого выхода счетчика СТ2 разрешается работа формирователя F1. По отпусканию кнопки «Сброс» на выходе генератора интервалов измерения формируются импульсы со скважностью 6. При этом в течение каждого периода формируемых импульсов на 5 с загорается светодиод «Старт» и разрешается

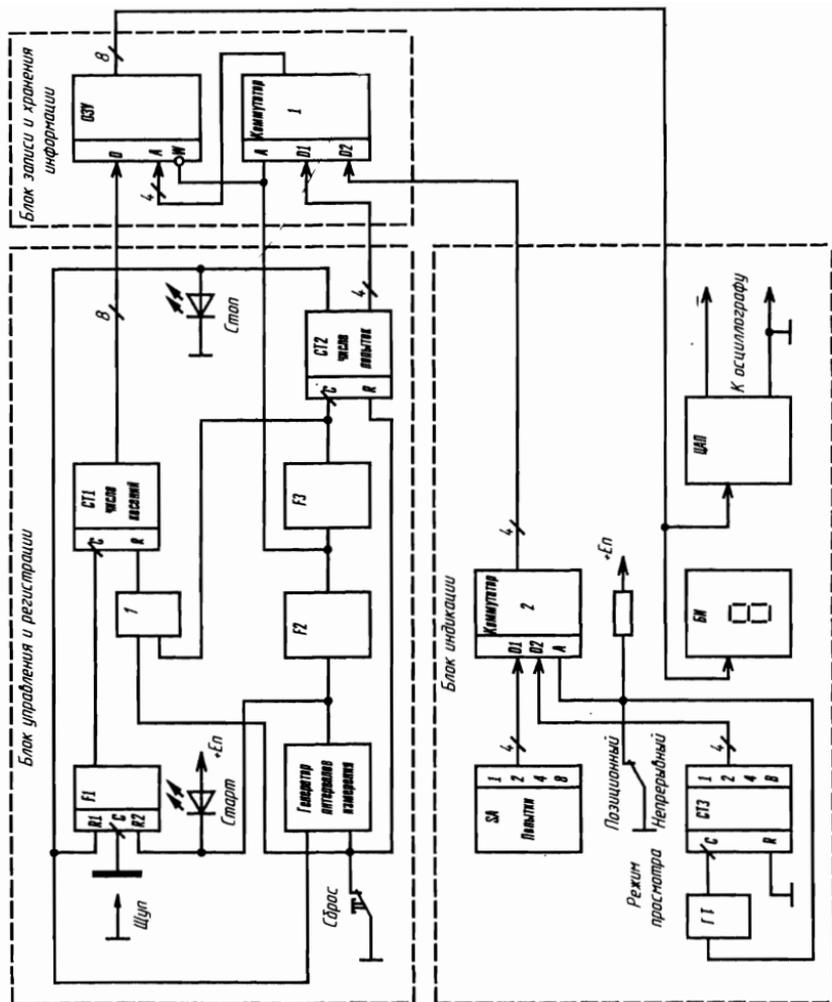


Рис. 120. Функциональная схема прибора «Теплинг-тест»

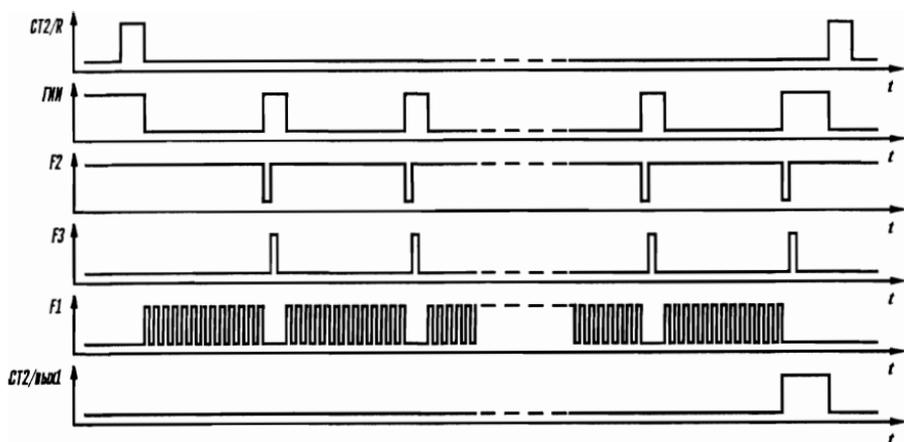


Рис. 121. Временные диаграммы напряжений

работа формирователя F1, на выходе которого формируются одиночные импульсы при каждом касании щупом контактной площадки. Импульсы с выхода формирователя F1 подсчитываются счетчиком числа касаний СТ1, выход которого подключен к информационному входу оперативного запоминающего устройства.

По фронту импульса генератора интервалов измерения (ГИИ) гаснет светодиод «Старт». Подачей высокого уровня на вход R2 блокируется формирователь F1, подача импульсов на вход счетчика СТ1 прекращается. На выходе СТ1 формируется двоично-десятичный код числа касаний щупом контактной площадки за первый пятисекундный интервал. Кроме того, по фронту импульса на выходе ГИИ запускается формирователь импульсов F2. На его выходе формируется короткий импульс отрицательной полярности (рис. 121). Этот импульс подается на адресный вход первого коммутатора, и нулевой код со второго выхода счетчика СТ2 через коммутатор 1 подается на адресный вход ОЗУ. Одновременно низкий уровень с выхода формирователя F2 подается на вход W записи ОЗУ. В результате в ячейку с нулевым адресом заносится код числа касаний в первой попытке. Положительным перепадом напряжения с выхода формирователя F2 запускается формирователь F3, и на его выходе формируется короткий импульс положительной полярности (рис. 121), обнуляющий счетчик числа касаний СТ1 и увеличивающий на 1 выходной код счетчика числа попыток СТ2.

По срезу следующего импульса генератора интервалов измерения вновь загорается светодиод «Старт» и разрешается работа формирователя импульсов F1. В каждой попытке на выходе счетчика СТ1 формируется код числа касаний щупом контактной площадки. После окончания интервала измерения этот код заносится в ячейку ОЗУ, адрес которой задается кодом с выхода счетчика попыток СТ2. После записи результатов испытаний в ОЗУ код счетчика попыток импульсом с выхода формирователя F3 увеличивается на 1. После окончания десятой попытки на первом выходе счетчика СТ2 формируется высокий уровень, блокирующий формирователь

F1 и генератор интервалов измерения. Последующие касания щупом контактных площадок не изменяют показаний устройства индикации.

После окончания цикла испытаний можно выполнить просмотр их результатов, который может производиться в двух режимах: позиционном и непрерывном. При установке переключателя «Режим просмотра» в положение «Позиционный» блокируется работа тактового генератора ГТ. На адресный вход коммутатора 2 подается низкий уровень. На переключателе «Попытки» выставляется номер попытки, на выходе переключателя формируется двоичный код номера попытки. Через коммутатор 2 этот код передается на входы D2 коммутатора 1. Так как на адресный вход этого коммутатора с выхода формирователя F2 подается высокий уровень, то код номера попытки через первый коммутатор поступает на адресные входы ОЗУ, в результате на цифровом табло БИ высвечивается число касаний щупом контактной площадки, выполненных испытуемым в данной попытке. Можно последовательно просмотреть на БИ результаты всех попыток в цикле испытаний и занести их в таблицу для последующего анализа и составления гистограммы, по характеру которой определяется тип нервной системы. Эту же гистограмму можно наблюдать на экране осциллографа в непрерывном режиме. Осциллограф подключается к выходу цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Переключатель режима просмотра устанавливается в нижнее по схеме положение. При этом высоким уровнем, подаваемым на вход блокировки генератора тактов, разрешается его работа. На адресный вход коммутатора 2 подается высокий уровень, в результате на выход коммутатора передается код счетчика СТ3, монотонно изменяющийся от 0000 до 1001 с тактовой частотой около 10 кГц. Так как на адресный вход коммутатора 1 с выхода формирователя F2 подается высокий уровень, то на адресные входы ОЗУ поступает код с выхода коммутатора 2. На вход W ОЗУ также подается высокий уровень, и происходит считывание информации по каждому из адресов (от 0000 до 1001). Двоично-десятичный код с выхода ОЗУ преобразуется с помощью цифро-аналогового преобразователя в аналоговый сигнал, подаваемый на вход Y осциллографа. В результате на экране осциллографа наблюдается гистограмма, отображающая результаты испытаний.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 122а,б. Генератор интервалов измерения содержит вспомогательный генератор на элементах DD1.1–DD1.3 ($f \approx 1$ Гц) и счетчик DD4. Формирователь импульсов F1 реализован на генераторе (DD1.4, DD2.1, DD2.2) с частотой примерно равной 80 Гц и триггере DD5.1. Счетчик числа касаний выполнен на микросхемах DD7, DD9. Формирователи импульсов F2 и F3 реализованы на ждущих мультивибраторах DD6.1 и DD6.2, соответственно. На микросхеме DD13 и элементе DD2.3 выполнен счетчик числа попыток. Оперативно-запоминающее устройство содержит две микросхемы: DD11 и DD12. Коммутатор 1 реализован на мультиплексоре DD10, а тактовый генератор ГТ – на элементах DD3.1–DD3.3. Счетчик СТ3 и коммутатор 2 выполнены на счетчике с предустановкой (DD8). Блок индикации БИ содержит элементы DD2.4, DD3.4, DD14.1–DD14.6, дешифраторы DD15 и DD16, цифровые индикаторы HG1, HG2. Цифро-аналоговый преобразователь ЦАП выполнен с использованием резисторной сетки R12–R28.

Устройство работает следующим образом. При нажатии на кнопку SB1 «Сброс» обнуляются счетчики DD4, DD7, DD9, DD13. Светодиод HL1 гаснет. Высоким уровнем с выхода элемента DD2.3 разрешается работа первого и второго генераторов на элементах DD1.1–DD1.4, DD2.1, DD2.2. По отпусканию кнопки SB1 загорается светодиод HL1 «Старт», разрешается работа счетчиков DD4, DD7, DD9, DD13, запускается формирователь интервалов измерения. Задача испытуемого – касаться щупом металлизированной контактной площадки с максимальной скоростью. При каждом касании на выходе триггера DD5.1 формируется одиночный импульс отрицательной полярности. Выбор частоты генератора на элементах DD1.4, DD2.1, DD2.2 обеспечивает защиту от «дребезга» контактов. Число формируемых импульсов подсчитывается счетчиками DD7, DD9. После поступления на вход счетчика DD4 с выхода вспомогательного генератора пятого импульса счетчик устанавливается в девятое состояние, и на выходе старшего разряда формируется высокий уровень, светодиод HL1 гаснет. Положительным перепадом напряжения с выхода «8» счетчика DD4 запускается формирователь импульсов DD6.1, и на его выходе формируется короткий импульс отрицательной полярности. Низкий уровень с выхода формирователя DD6.1 подается на адресный вход мультиплексора DD10. В результате нулевой код с выхода счетчика DD13 через MX DD10 подается на адресные входы ОЗУ DD11, DD12. На информационные входы ОЗУ подается выходной код счетчиков касаний DD7, DD9. При подаче отрицательного импульса с выхода формирователя DD6.1 на вход W ОЗУ DD11, DD12 в ячейку ОЗУ с нулевым адресом заносится код числа касаний щупом металлизированной площадки в первой попытке. Двоичный код с выхода ОЗУ преобразуется дешифраторами DD15, DD16 в семисегментный, и на индикаторах HG1, HG2 высвечивается результат испытаний в первой попытке. Положительным перепадом импульса на выходе формирователя DD6.1 запускается формирователь импульсов DD6.2. На его выходе формируется короткий импульс положительной полярности, обнуляющий счетчики DD7, DD9 и увеличивающий на 1 выходной код счетчика попыток DD13.

После поступления очередного (шестого) импульса вспомогательного генератора на вход счетчика DD4 последний обнуляется и вновь загорается светодиод HL1 «Старт», сигнализируя о начале очередной попытки. Таким образом, на выходе старшего разряда счетчика DD4 формируются импульсы со скважностью 6 и периодом около 6с. В результате светодиода «Старт» светится 5 с, после чего следует пауза в 1 с, в течение которой испытуемый перемещает щуп к следующей контактной площадке. В последующем после каждого загорания светодиода HL1 «Старт» испытуемый осуществляет касания щупом контактной площадки в течение импульса низкого уровня, формируемого на выходе старшего разряда счетчика DD4. По гашению светодиода «Старт» запускается формирователь DD6.1, импульсом с выхода которого в ОЗУ DD11, DD12 заносится код с выходов счетчиков DD7, DD9. Положительным перепадом напряжения с выхода DD6.1 запускается формирователь DD6.2, импульсом с выхода которого обнуляются счетчики DD7, DD9 и увеличивается на 1 код счетчика DD13, соответствующий адресу ячейки ОЗУ, в которую будет записан результат очередной попытки. После десятой попытки, когда код на выходе счетчика

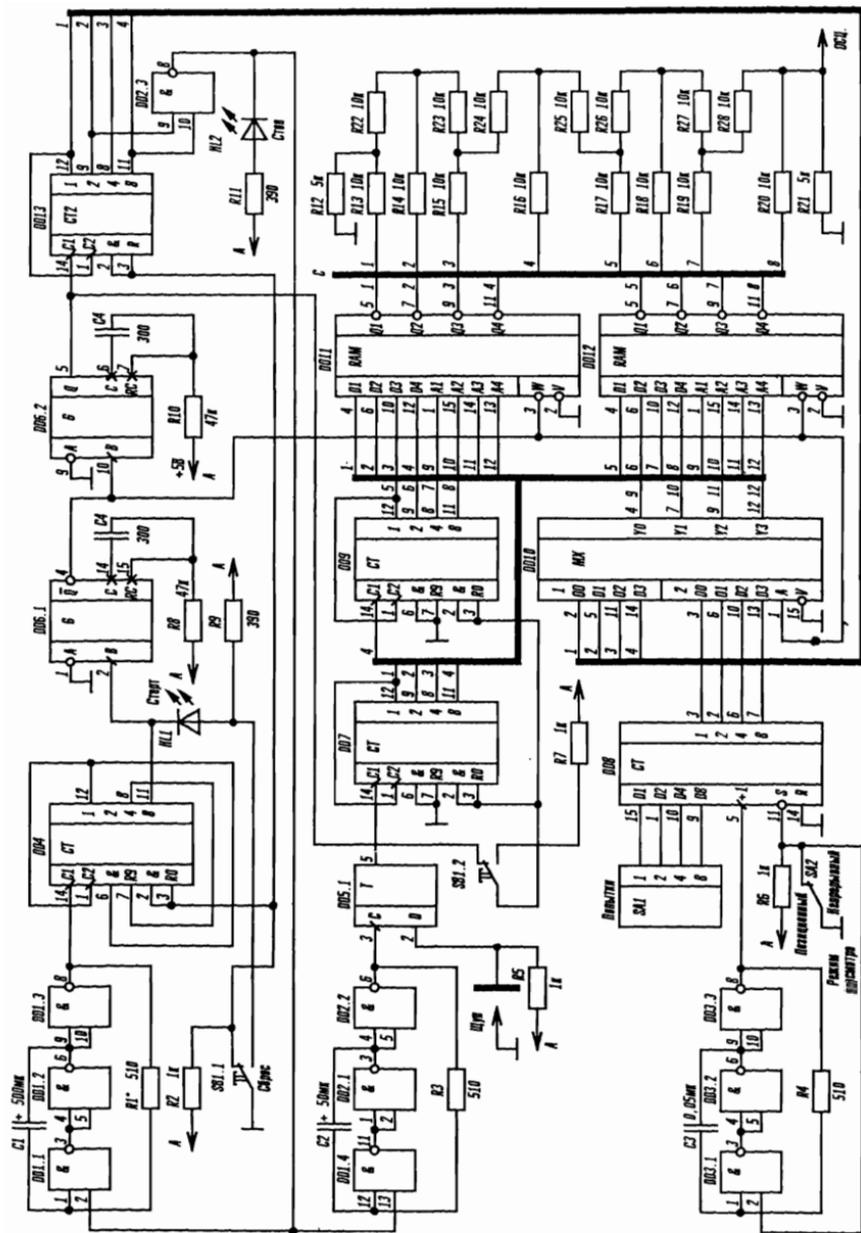


Рис. 122 (начало)

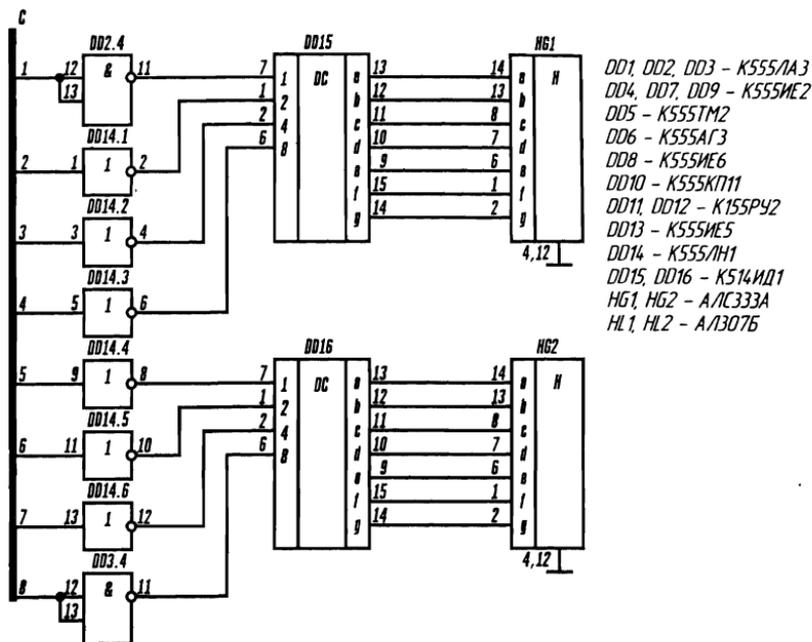


Рис. 122 (окончание). Принципиальная схема прибора «Теппинг-тест»

DD13 становится равным 1010, на выходе элемента DD2.3 формируется низкий уровень, блокирующий генераторы на элементах DD1.1–DD1.3 и DD1.4, DD2.1, DD2.2. Импульсы на выходе генератора интервалов измерения и формирователя импульсов касания в дальнейшем не формируются, светодиод HL1 «Старт» не горит, показания органов индикации не изменяются.

Испытания завершены. Для просмотра результатов испытаний в каждой попытке тумблер SA2 «Режим просмотра» ставят в положение «Позиционный». Тактовый генератор на элементах DD3.1–DD3.3 при этом блокируется. Счетчик DD8 работает в режиме предустановки. Код на выходе счетчика идентичен коду на входах D1–D4, устанавливаемому с помощью переключателя «Попытки». На адресный вход мультиплексора DD10 с выхода формирователя DD6.1 подается высокий уровень. В результате на выход мультиплексора передается информация с выхода счетчика DD8. Таким образом, на адресные входы ОЗУ поступает код с выхода переключателя «Попытки». Так как на входы W ОЗУ подается высокий уровень, то ОЗУ работает в режиме считывания. Изменяя положение переключателя «Попытки», можно последовательно считать с индикаторов HG1, HG2 информацию о числе касаний щупом контактной площадки в каждой попытке.

Если переключатель режима просмотра SA2 установить в положение «Непрерывный», то разрешается работа тактового генератора на элементах DD1.1–DD1.3, микросхема DD8 переводится в режим суммирующего

счетчика, и код на ее выходе монотонно изменяется от 0000 до 1001 с частотой около 10кГц. Так как код с выхода счетчика DD8 подается на адресные входы ОЗУ, то происходит последовательное считывание информации из ячеек с указанными адресами. Код с выхода ОЗУ преобразуется в аналоговый сигнал с помощью ЦАП, реализованного на резисторах R12–R28. В результате на экране осциллографа можно наблюдать гистограмму, отображающую результаты в цикле испытаний.

Для возобновления испытаний необходимо нажать на кнопку SB1 «Сброс».

3.8. Приборы для исследования свойств внимания

Наше поведение в различных ситуациях и характер трудовой деятельности во многом определены свойствами нашего внимания. И школьникам, и студентам во время занятий часто приходится зарисовывать с доски чертеж или схему, переписывать сложные формулы. Сколько раз приходится вам посмотреть на доску, чтобы перенести чертеж или формулу в тетрадь? Часто ли вы проходите по улице мимо своих знакомых и, хотя у вас хорошее зрение, не замечаете их? Можете ли вы выполнять одновременно несколько дел, требующих внимания: например, читать книгу и смотреть телевизор или писать и одновременно отвечать на вопросы? Легко ли переходите от одного дела к другому?

Все это в значительной степени зависит от свойств внимания: объема, распределения и переключения внимания. Изучение индивидуальных особенностей внимания можно эффективно проводить с помощью прибора, передняя панель которого изображена на рис. 123. На передней панели размещено наборное поле из 64 металлизированных площадок, на которых нанесены в хаотическом порядке черные и красные цифры (красные цифры на рисунке условно обведены окружностями) от 1 до 32.



Рис. 123. Передняя панель прибора для психологических исследований

Кроме того, на передней панели смонтированы табло «Ошибка», цифровые индикаторы числа ошибок и затраченного времени, переключатель «Режим» и кнопка «Сброс». Переключателем «Режим» можно выбрать один из восьми возможных режимов испытаний. Рассмотрим одну из методик исследования. Она состоит из трех серий испытаний.

В первой серии вам необходимо последовательно находить и касаться щупом площадок с черными цифрами в возрастающем порядке (от 1 до 32).

Во второй серии находите и последовательно касайтесь щупом площадок с красными цифрами в убывающем порядке (от 32 до 1).

В третьей серии нужно выполнять оба задания сразу, т. е. касаться щупом площадок с черными цифрами в возрастающем порядке и площадок с красными цифрами в убывающем порядке попеременно. Например: 1-я черная – 32-я красная, 2-я черная – 31-я красная и т. д.

Прибор фиксирует число ошибок и время, затраченное на выполнение каждого задания. Объем внимания определяется по формуле

$$t_0 = (t_1 + t_2) / 2,$$

где t_0 – объем внимания; t_1 , t_2 – время в первой и второй сериях испытаний. Распределение внимания $t_p = t_3$, где t_3 – время работы в третьей серии. Переключение внимания рассчитывается по формуле

$$t_n = t_3 - (t_1 + t_2).$$

Ошибки учитывают как дополнительный показатель, и за каждую ошибку к результату испытаний в серии добавляется штрафное время.

Функциональная схема прибора изображена на рис. 124 [60, 61]. Устройство работает следующим образом. После нажатия на кнопку «Сброс» обнуляются счетчики ошибок СТ1, удачных попыток СТ2 и времени СТ3, а RS-триггер устанавливается в нулевое состояние. Табло «Ошибка» не светится, а индикаторы числа ошибок и времени высвечивают нулевые показания. В результате подачи нулевого кода с выхода счетчика СТ2 на вход программного блока с его первого выхода на вход В узла сравнения подается шестизначный двоичный код номера площадки наборного поля, на которую нанесено число, соответствующее началу программы. Со второго выхода программного блока подается высокий уровень, разрешающий работу задающего генератора. После отпускания кнопки «Сброс» начинается отсчет времени. Испытания начались. Если щуп не касается ни одной из площадок наборного поля, то на выходе ГОТ блока кодирования формируется низкий уровень, а на выходе КОД этого блока код монотонно увеличивается от 000000 до 111111. Если испытуемый касается щупом одной из контактных площадок наборного поля, то через интервал времени, превышающий «дребезг» этого контакта, на выходе КОД блока кодирования появляется шестизначный двоичный код этой площадки, а на выходе ГОТ – высокий уровень.

Код с выхода блока кодирования поступает на вход А узла сравнения и сравнивается с кодом на входе В. Если эти коды равны, то на выходе узла сравнения формируется низкий уровень. По перепаду с выхода ГОТ блока кодирования формирователь F2 вырабатывает импульс низкого уровня, увеличивающий на 1 код на выходе счетчика правильных ответов СТ2.

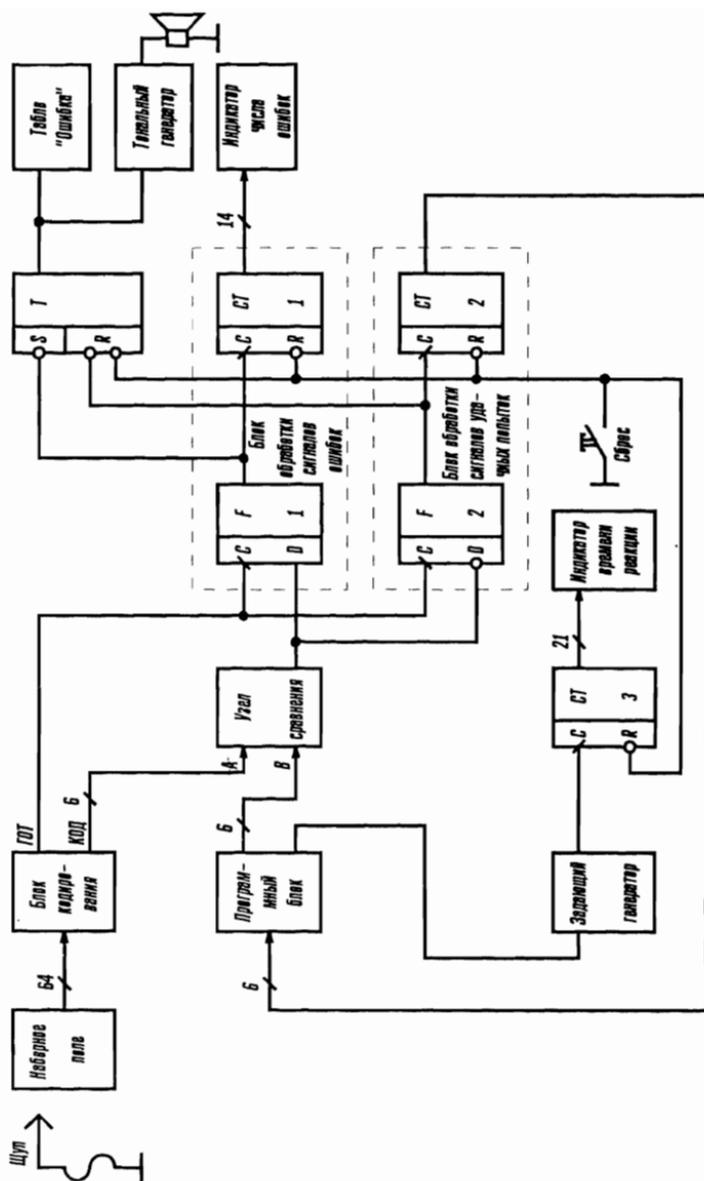


Рис. 124. Функциональная схема прибора «Тренажер»

С выхода программного блока на вход В узла сравнения поступает новый код номера площадки наборного поля, которой испытываемому необходимо коснуться следующим «ходом».

Если же испытываемый коснется другой контактной площадки, то с блока кодирования на вход А узла сравнения, как и в предыдущем случае, поступит код этой площадки. На выходе узла сравнения появится высокий уровень и по перепаду напряжения с выхода ГОТ запустится формирователь F1. Импульс низкого уровня с его выхода установит RS-триггер в единичное состояние и увеличит на 1 код на выходе счетчика ошибок. В результате светится табло «Ошибка», в динамической головке звучит сигнал, свидетельствующий о совершенной ошибке, а показания индикатора ошибок увеличиваются на 1. Табло «Ошибка» будет включено до тех пор, пока испытываемый не коснется площадки наборного поля, предусмотренной программой. При этом импульс отрицательной полярности с выхода формирователя F2 переключит RS-триггер в нулевое состояние, табло «Ошибка» погаснет, звук в динамической головке прекратится, а код на выходе счетчика правильных ответов увеличится на 1.

Испытания в каждой серии продолжаются до тех пор, пока число удачных попыток не достигнет значения, установленного программой для данной серии. При этом на втором выходе программного блока формируется низкий уровень, блокирующий задающий генератор, а индикатор времени показывает время, затраченное испытываемым на выполнение задания. По показаниям индикаторов ошибок и времени можно дать оценку параметров внимания.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 125 а, б. Блок кодирования содержит тактовый генератор на элементах DD1.1–DD1.3, логические элементы DD1.4, DD2.1 и DD2.3, счетчики DD3.1, DD4.1, DD15 и DD17, мультиплексоры DD7–DD9, DD11, DD13, триггер DD19.1. На элементах DD14.1–DD14.4, DD6.2, DD6.3 и DD16 собран узел сравнения двух шестиразрядных двоичных чисел. Программный блок выполнен на ПЗУ DD12, элементе DD2.2 и триггере DD5.1, выбор программы осуществляют переключателем SA1. На триггерах DD18.1, DD18.2 реализованы формирователи импульсов F1 и F2. Подсчет числа ошибок обеспечивают счетчики DD20, DD23, а индикацию – цифровые индикаторы HG1, HG3. Счетчик удачных попыток выполнен на микросхемах DD3.2, DD4.2, DD10. Задающий генератор DD21, счетчики DD22, DD24, DD25 и индикаторы HG2, HG4, HG5 обеспечивают подсчет и индикацию времени испытаний.

Перед началом испытаний переключателем SA1 выбирают нужную программу. При нажатии на кнопку SB1 «Сброс» обнуляются счетчики DD3, DD4, DD10, DD20, DD22–DD25. Триггер DD5.1 устанавливается в единичное, а триггеры DD18.2 и DD19.2 – в нулевое состояние. Табло «Ошибка» гаснет, звуковой сигнал отсутствует. Индикаторы времени и числа ошибок высвечивают нулевые показания. При отпускании кнопки «Сброс» начинается отсчет времени. Испытания начались.

Пока испытываемый не касается ни одной из контактных площадок, на выходах мультиплексоров DD7–DD9, DD11 присутствует низкий уровень, а на выходе DD13 – высокий уровень. Уровень логического 0 на входе R счетчиков DD15 и DD17 разрешает их работу, и через интервал времени,

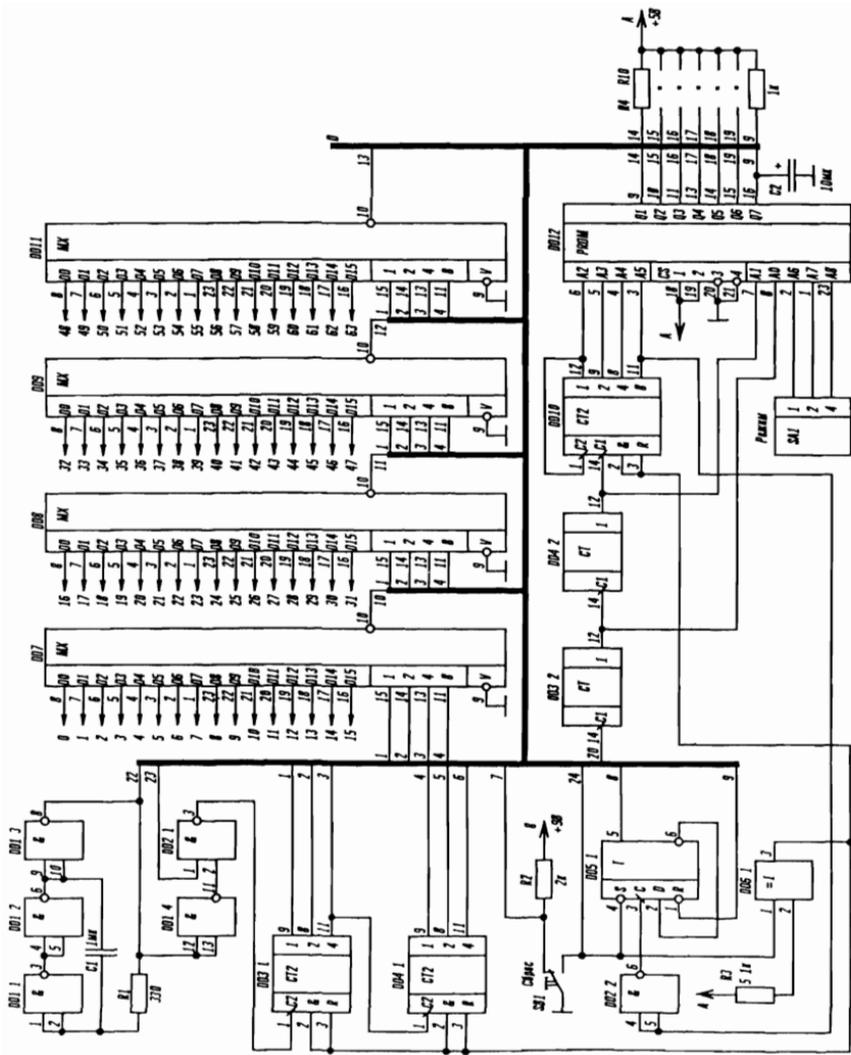


Рис 125 (начало)

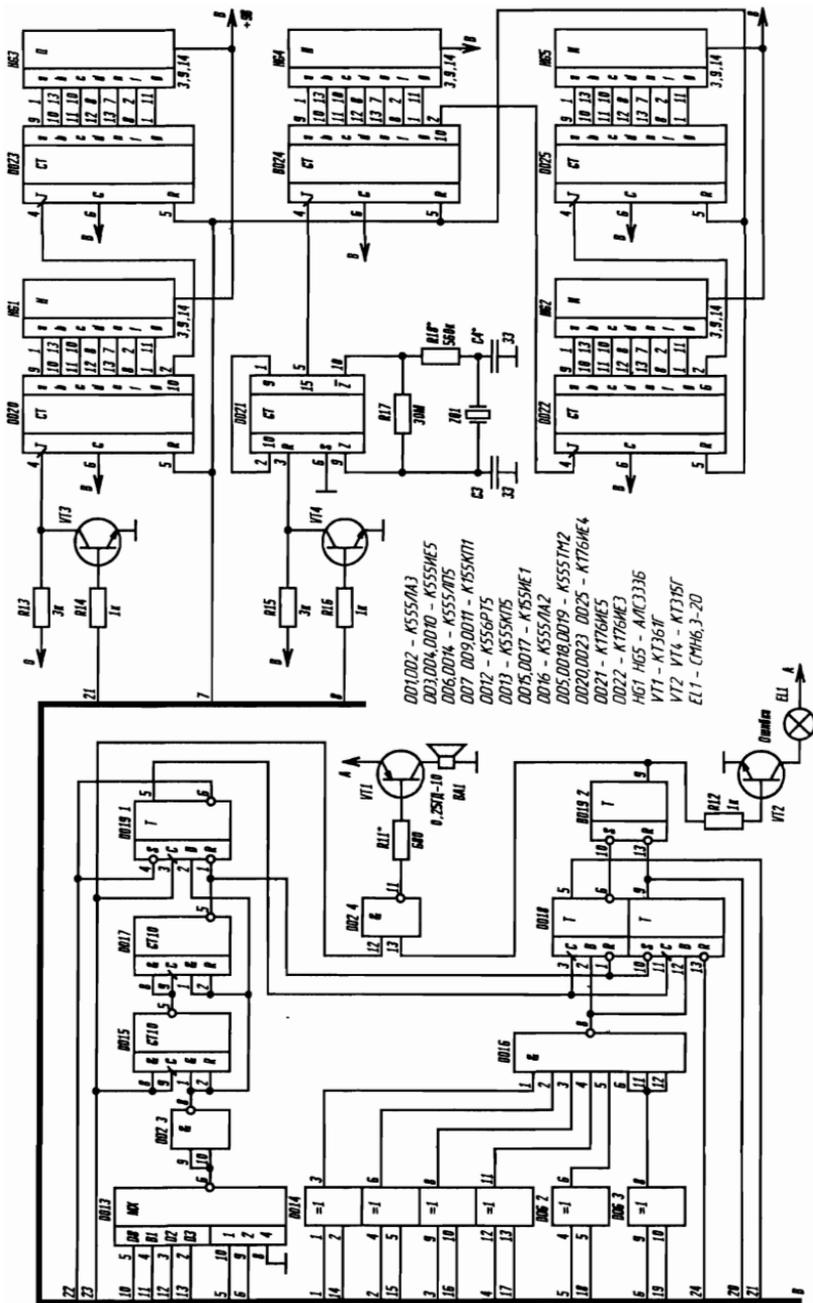


Рис. 125 (окончание). Принципиальная схема прибора «Тренажер»

равный ста периодам тактовых импульсов (период равен 0,2 мс), на выходе счетчика DD17 формируется импульс отрицательной полярности, устанавливающий триггеры DD19.1 и DD18.1 в нулевое, а триггер DD18.2 – в единичное состояние.

С выходов Q1–Q6 ПЗУ DD12 на нижние по схеме входы элементов DD14.1–DD14.4, DD6.2, DD6.3 подается шестиразрядный код, инверсный коду той площадки наборного поля, которой испытуемый должен коснуться в начале выбранной программы, а на выходе Q7 формируется высокий уровень. Предположим, что испытуемый коснулся указанной площадки. В основном режиме счетчик DD3.1, DD4.1 считает импульсы, поступающие с генератора DD1.1–DD1.3 через элементы DD1.4, DD2.1. Для каждого из состояний счетчика мультиплексоры DD7–DD9, DD11 опрашивают состояние соответствующих контактов наборного поля. В момент опроса контакта, которого касается щуп, на выходе соответствующего мультиплексора появляется сигнал высокого уровня, подаваемый на один из информационных входов мультиплексора DD13. Когда на адресных входах указанного мультиплексора формируется код, соответствующий номеру этого информационного входа, на выходе мультиплексора действует низкий уровень.

Высокий уровень напряжения с выхода инвертора DD2.3 обнуляет счетчики DD15 и DD17 и готовит триггер DD19.1 для установки в единичное состояние по фронту тактового импульса. Перейдя в это состояние, триггер становится на самоблокировку и остается в единичном состоянии до поступления на его вход R сигнала низкого уровня с выхода счетчика DD17. Такой сигнал может появиться только через сто периодов тактовых импульсов (100 – общий коэффициент пересчета счетчиков DD15 и DD17) после установления сигнала низкого уровня на входах R счетчиков, т. е. после того, как щуп перестанет касаться площадки наборного поля. С появлением сигнала ГОТ низкий уровень с инверсного выхода триггера DD19.1 блокирует подачу тактовых импульсов через элемент DD2.1 на счетчик DD3.1, и на выходе счетчиков DD3.1, DD4.1 формируется код площадки, которой касается щупом испытуемый.

Если на входы узла сравнения DD14.1–DD14.4, DD6.2, DD6.3 подаются коды, инверсные друг другу, то на всех входах элемента DD16 появляется высокий уровень, а на выходе – низкий. В этом случае после формирования сигнала ГОТ триггер DD18.2 устанавливается в нулевое состояние, а состояние триггера DD18.1 не меняется. Отрицательный перепад напряжения с выхода триггера DD18.2 поступает на вход счетчика удачных попыток (DD3.2, DD4.2, DD10), и код на его выходе увеличивается на 1. В результате с выходов Q1–Q6 ПЗУ DD12 на вход узла сравнения подается код, инверсный коду площадки, которой испытуемый должен коснуться следующим ходом, а на выходе Q7 ПЗУ вновь формируется высокий уровень. Триггер DD19.2 остается в нулевом состоянии, поэтому табло «Ошибка» не светится и звуковой сигнал отсутствует. После того, как щуп перестанет касаться площадки наборного поля; триггер DD18.2 импульсами с выхода счетчика DD17 вновь установится в единичное состояние.

Если же испытуемый коснется другой площадки (не предусмотренной программой при очередном ходе), то хотя бы на одном из выходов элементов DD14.1–DD14.4, DD6.2, DD6.3 появится низкий уровень. По

фронту импульса ГОТ триггер DD18.1 установится в единичное состояние, а состояние триггера DD18.2 останется неизменным. Низкий уровень с инверсного выхода триггера DD18.1 переключит триггер DD19.2 в единичное состояние. В результате светится табло «Ошибка», а в динамической головке слышится тон с частотой тактового генератора. Положительный перепад напряжения с прямого выхода триггера DD18.1 увеличивает на 1 код на выходе счетчика ошибок (DD20, DD23). Соответственно, увеличиваются показания индикаторов числа ошибок HG1, HG3. После того, как испытуемый перестанет касаться площадки наборного поля, импульс отрицательной полярности с выхода счетчика DD17 возвратит триггер DD18.1 в нулевое состояние. Однако состояние триггера DD19.2 при этом не меняется. Оно изменится только тогда, когда испытуемый коснется щупом площадки наборного поля, предусмотренной очередным шагом программы, т. е. после очередной удачной попытки. Тогда на выходе элемента DD16 появится низкий уровень, и по фронту импульса ГОТ триггеры DD18.2, а затем DD19.2 переключатся в нулевое состояние. Табло «Ошибка» гаснет, звуковой сигнал прекращается. Испытания продолжаются. Как следует из описания задания, число «шагов» программы составляет либо 32 (серии 1 и 2), либо 64 (серия 3).

После 32-й удачной попытки в первой и второй сериях на выходе Q7 ПЗУ DD12 появляется низкий уровень. Триггер DD5.1 устанавливается в нулевое состояние, на вход R микросхемы DD21 подается высокий уровень напряжения, и подача импульсов на счетчик времени прекращается. Индикаторы HG2, HG4, HG5 показывают время, затраченное испытуемым на серию испытаний.

Если же число шагов в серии равно 64, то после последней удачной попытки счетчик DD10 обнуляется. Отрицательный перепад на выходе «8» этого счетчика после инвертирования элементом DD2.2 переключает счетный триггер DD5.1 в нулевое состояние. В результате подача секундных импульсов на счетчик времени прекращается. Испытания завершены. Для их возобновления необходимо вновь нажать на кнопку «Сброс» и выбрать программу испытаний переключателем SA1.

В табл. 39 приведена карта программирования ПЗУ DD12, обеспечивающего реализацию трех описанных выше серий.

Попробуйте самостоятельно разработать таблицу программирования на дополнительные пять серий испытаний. Например, можно задать, чтобы испытуемый последовательно касался площадок с нечетными черными цифрами, следующими в порядке возрастания, или площадок с четными красными цифрами, следующими в убывающем порядке. Возможны и другие программы испытаний.

Если использовать сменные трафареты, устанавливаемые на наборное поле, на которые вместо цифр нанести, например, буквы русского алфавита, то можно реализовать игровой автомат «Буквы по алфавиту», аналогичный описанному в [19].

Суть этой игры заключается в следующем. После нажатия на кнопку «Сброс» играющий должен последовательно касаться площадок наборного поля, придерживаясь порядка следования букв в русском алфавите. Одновременно запускается измеритель времени. После того, как весь алфавит

Таблица 39

Адрес		Код 16-ричный															
		4C	70	66	59	44	5D	49	73	67	62	76	5A	4E	74	50	7A
I	5E	69	55	72	5F	51	5C	6C	40	65	46	43	7E	4F	61	6E	
	00	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
	78	56	4B	6D	53	7D	57	64	79	54	60	6B	41	5B	71	42	
II	75	48	6F	52	47	63	7F	6A	4D	7B	58	77	4A	7C	45	68	
	00	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	
	4C	78	70	56	66	4B	59	6D	44	53	5D	7D	49	57	73	64	
III	67	79	62	54	76	60	5A	6B	4E	41	74	5B	50	71	7A	42	
	5E	75	69	48	55	6F	72	52	5F	47	51	63	5C	7F	6C	6A	
	40	4D	65	7B	46	58	43	77	7E	4A	4F	7C	61	45	6E	68	

пройден игроком без ошибок, таймер останавливается и индикаторы показывают время испытаний. Как и в предыдущем случае, автомат внимательно следит за соблюдением правил игры, каждую ошибку сопровождает свечением табло «Ошибка» и звуковым сигналом. Игроющему необходимо исправить ошибку и коснуться площадки с буквой, предусмотренной программой испытаний. Так как в русском алфавите 33 буквы, а программа предусматривает только 32 шага, то буквы ь, ъ следует нанести на одну площадку.

Еще одним устройством, позволяющим оценить параметры внимания, является описываемый ниже тренажер [62], передняя панель которого изображена на рис. 126. На ней находится наборное поле, выполненное в виде 18×20 металлизированных площадок, на которые нанесены корректурные знаки в виде окружности с восемью видами разрывов. В специальной литературе такие знаки получили название колец Ландольта. Число площадок с корректурным знаком каждого вида равно 45. В процессе выполнения задания испытуемый должен касаться щупом, соединенным с общим проводом, только тех площадок, на которые нанесен корректурный знак, выбранный переключателем «Режим». После просмотра каждой строки следует щупом касаться датчика окончания просмотра строки – контактной площадки без корректурного знака, расположенной в конце строки. При этом включается светодиод, который находится в начале строки и сигнализирует о том, что просмотр строки закончен.

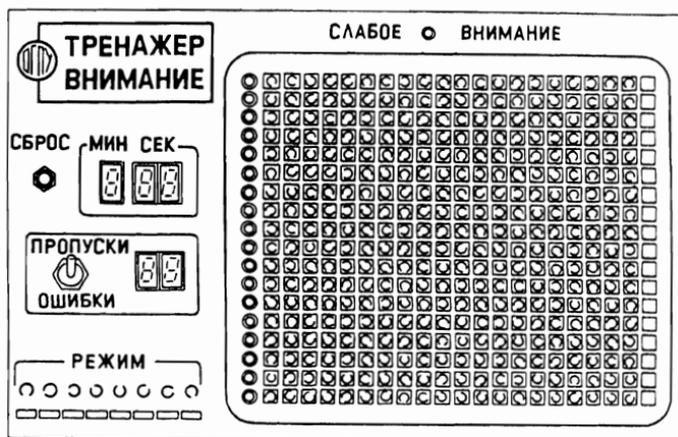


Рис. 126. Передняя панель тренажера «Внимание»

На передней панели расположены также кнопка «Сброс», цифровые индикаторы и светодиодный индикатор слабого внимания, свечение которого свидетельствует о нецелесообразности дальнейших испытаний. Первый цифровой индикатор по завершении цикла испытаний, в зависимости от положения переключателя рода индикации, показывает либо число ошибок – касаний площадок с корректурным знаком, отличным от выбранного переключателем «Режим», либо число «пропусков» – число площадок с задан-

ным программой корректурным знаком, которых испытуемый не коснулся в процессе испытаний. Второй цифровой индикатор показывает время, затраченное испытуемым на выполнение задания.

Функциональная схема прибора изображена на рис. 127. Отметим, что площадки наборного поля с одинаковыми корректурными знаками соединены между собой перемычками. Датчики окончания просмотра строки подключены ко входу блока памяти. К первой группе выходов этого блока подключены светодиодные индикаторы просмотра строки. Площадки наборного поля, на которые нанесены корректурные знаки, соединены со входом коммутатора, представляющего собой переключатель «Режим» типа П2К с восьмью зависимыми кнопками (по числу видов корректурных знаков). Знак, который следует отслеживать при испытании, выбирают нажатием на соответствующую кнопку переключателя «Режим». В результате все контактные площадки с выбранным корректурным знаком оказываются подключенными ко входу формирователя F2, а все остальные – соединены между собой и подключены ко входу формирователя F1. Входы блокирования обоих формирователей соединены со вторым выходом блока памяти, подключенным также ко входу блокировки генератора тактов и входу гашения дешифратора.

На входы D1–D8 счетчика СТ2 удачных попыток с задатчика кода подается двоично-десятичный код числа 45. Выходы счетчиков удачных попыток и ошибок (СТ1) через двухканальный мультиплексор МХ могут быть подключены ко входу дешифратора подачей на адресный вход X мультиплексора низкого или высокого уровня переключателем рода индикации SA1.

После включения прибора переключателем «Режим» выбирают корректурный знак, площадок с изображением которого будет касаться испытуемый в процессе выполнения задания. Затем нажатием на кнопку «Сброс» обнуляются ячейки памяти, все индикаторы просмотренных строк гаснут. Одновременно обнуляются счетчик ошибок и счетчик измерителя времени. Индикатор времени высвечивает нулевые показания. RS-триггер устанавливается в нулевое состояние и светодиодный индикатор слабого внимания гаснет. Высокий уровень со второго выхода блока памяти разрешает работу формирователей F1 и F2, тактового генератора и гасит цифровой индикатор «Пропуски»–«Ошибки». Подачей низкого уровня на вход предустановки S в счетчик удачных попыток СТ2 заносят число 45, код которого набран задатчиком кода.

После отпускания кнопки «Сброс» начинается отсчет времени. Испытания начались. Если испытуемый касается площадки с выбранным корректурным знаком, то на выходе формирователя F2 появляется короткий импульс положительной полярности и код на выходе счетчика СТ2 уменьшается на 1. Если же испытуемый совершит ошибку и коснется площадки с другим корректурным знаком, то короткий импульс высокого уровня появится на выходе формирователя F1 и код на выходе счетчика ошибок СТ1 увеличится на 1.

Максимально регистрируемое число ошибок определяется коэффициентом пересчета счетчика СТ1, который выбран равным 100. После со- той ошибки на выходе Р счетчика СТ1 формируется импульс отрицательной

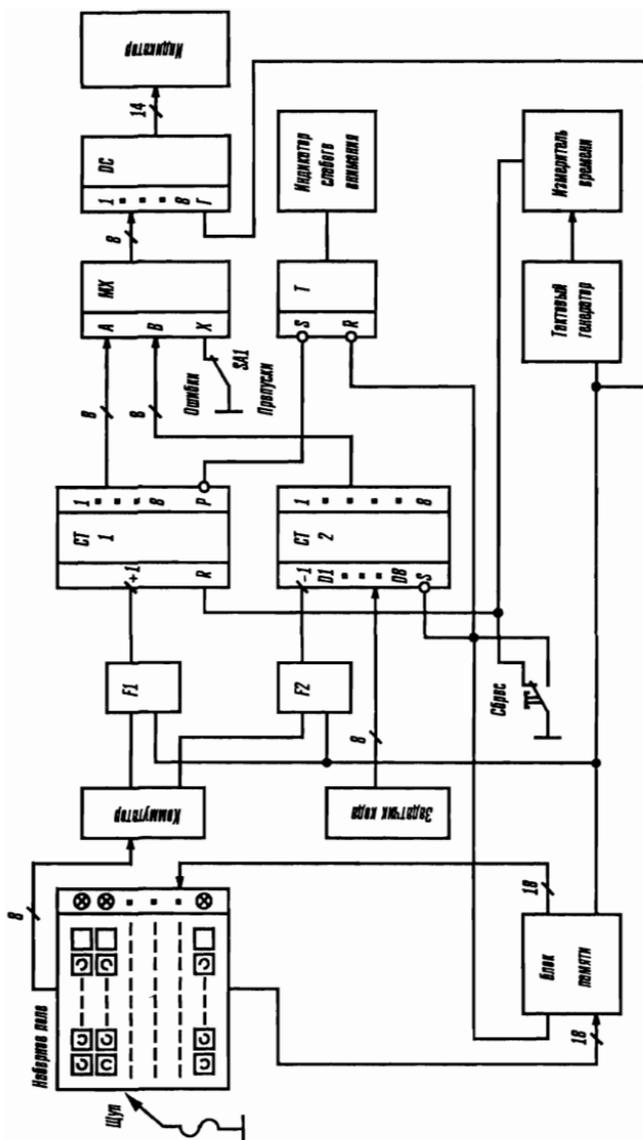


Рис 127 Функциональная схема тренажера «Внимание»

полярности, и RS-триггер устанавливается в единичное состояние. Включается светодиодный индикатор слабого внимания.

После просмотра каждой строки испытуемый должен касаться щупом площадки датчика окончания просмотра строки. В результате подачи низкого уровня на вход блока памяти на выходе соответствующей ячейки блока появляется высокий уровень и включается светодиод, расположенный в начале просмотренной строки. После того, как испытуемый завершил выполнение задания, он должен коснуться щупом датчика просмотра последней строки. При этом загорится индикатор окончания просмотра последней строки, а на втором выходе блока памяти сформируется низкий уровень, блокирующий тактовый генератор и разрешающий индикацию результатов испытаний. На вход дешифратора поступает информация с выхода счетчика ошибок (контакты переключателя SA1 замкнуты) либо с выхода счетчика удачных попыток (контакты переключателя SA1 разомкнуты), и, таким образом, индицируется либо число ошибок, либо число «пропусков».

Принципиальная схема тренажера изображена на рис. 128. Блок памяти реализован на 18 RS-триггерах (микросхемы DD2–DD10), к выходу каждого триггера подключены индикаторы просмотра строк HL1–HL18. Требуемый корректурный знак выбирают переключателем SB1. Формирователи F1 и F2 выполнены на вспомогательном генераторе DD1.1–DD1.4 и триггерах DD11.1–DD11.2. На микросхемах DD13, DD17 реализован счетчик ошибок, а на микросхемах DD12, DD16 – счетчик пропусков.

Информация с выходов счетчиков может быть поочередно подана на дешифраторы DD24, DD25 через мультиплексоры DD20, DD21. Выбор информации (число ошибок или число «пропусков»), которую показывают цифровые индикаторы HG4, HG5, осуществляется изменением адреса на входах мультиплексоров переключателем SA1. Светодиод HL19 является индикатором слабого внимания испытуемого. Генератор тактовых импульсов на частоту 1 Гц собран на микросхеме DD14. Измеритель времени реализован на счетчиках с дешифраторами DD18, DD22, DD23 и индикаторах HG1–HG3. Элемент DD15.1 служит для согласования уровней ТТЛ и КМОП.

После выбора режима испытаний переключателем SB1 нажатием на кнопку SB2 обнуляют счетчики DD18, DD22, DD23, и индикаторы HG1–HG3 высвечивают нулевые показания. Триггеры DD2–DD10, DD19.1 устанавливаются в нулевое состояние, и светодиоды HL1–HL19 гаснут. Подачей низкого уровня на входы предустановки S в счетчик «пропусков» DD12, DD16 записывается код числа 45, а в счетчик ошибок DD13, DD17 – нулевой код. Низкий уровень с прямого выхода триггера DD10.2 поступает на входы гашения дешифраторов DD24, DD25, поэтому индикаторы HG4, HG5 не светятся. Низкий уровень на входе R1 микросхемы DD14 запускает тактовый генератор. Начинается отсчет времени – испытания начались.

Как видно из схемы, площадки с выбранным корректурным знаком подключены ко входу D триггера DD11.1, а остальные площадки объединены между собой и подключены ко входу D триггера DD11.2. Частота вспомогательного генератора выбрана около 50 Гц, что обеспечивает защиту от «дребезга» контакта при касании щупом площадок наборного поля. До касания щупом площадки триггеры DD11.1 и DD11.2 находятся в единичном состоянии и на счетные входы счетчиков DD12, DD13 подан низкий уровень.

После того как испытуемый коснется щупом одной из площадок наборного поля, на вход D одного из триггеров DD11.1 или DD11.2 (в зависимости от того, коснулся ли испытуемый площадки с заданным знаком или допустил ошибку) будет подан низкий уровень. По фронту очередного импульса вспомогательного генератора один из триггеров DD11.1 или DD11.2 переключится в нулевое состояние, и на вход счетчика, подключенного к выходу триггера, поступит счетный импульс, изменяющий на 1 выходной код счетчика. После того, как щуп перестанет касаться площадки, триггер вновь установится в единичное состояние. При каждом касании площадки с заданным знаком код на выходе счетчиков DD12, DD16 уменьшается на 1, а в результате ошибки код на выходе счетчиков DD13, DD17 увеличивается на 1. Если число ошибок достигнет 100, то низкий уровень с выхода « ≥ 9 » счетчика DD17 переключит триггер DD19.1 в единичное состояние и включится светодиод HL19.

После просмотра каждой строки испытуемый касается площадки, расположенной в конце этой строки. Низкий уровень подается на соединенный с этой площадкой вход S триггера и переключает его в единичное состояние. Включается один из светодиодов HL1–HL18. После выполнения задания испытуемый касается последней (нижней) площадки – датчика просмотренных строк – и триггер DD10.2 устанавливается в единичное состояние. Включается светодиод HL18, высокий уровень на входе R1 микросхемы DD14 блокирует работу тактового генератора, и отсчет времени прекращается. Индикаторы HG1–HG3 высвечивают время, затраченное испытуемым на выполнение задания. Высокий уровень с прямого выхода триггера DD10.2 подается на входы гашения дешифраторов DD24, DD25, разрешая индикацию данных на индикаторах HG4, HG5.

При разомкнутом переключателе SA1 на входы дешифраторов DD24 и DD25 через мультиплексоры DD20, DD21 подается код с выходов счетчиков DD13, DD17 и, таким образом, индицируется число ошибок. При замкнутом переключателе SA1 обеспечивается индикация числа «пропусков». Последующие касания щупом контактных площадок наборного поля не изменяют показаний индикаторов HG4, HG5, так как низким уровнем с инверсного выхода триггера DD10.2 блокированы формирователи импульсов на триггерах DD11.1, DD11.2. Испытания завершены. Для возобновления испытаний необходимо нажать на кнопку SB2 «Сброс».

IV. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ УСТРОЙСТВ НА ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

В этой книге описаны 60 устройств различного функционального назначения, как простых, так и довольно сложных. Если опытный радиолюбитель способен сразу приступить к изготовлению практически любой из описанных конструкций, то начинающий может и растеряться. Итак, с чего начать?

Вообще нет необходимости соблюдать определенную последовательность выбора устройств для изготовления, но все же следует учитывать и интересы, и уровень подготовки. Для приобретения опыта работы с цифровыми микросхемами сначала нужно собрать те устройства, которые содержат три–пять микросхем. Целесообразно начинать работу с наиболее дешевыми и распространенными микросхемами серии K155. Чтобы описания устройств, приведенные в книге, были понятны до конца, следует по [4, 24, 31] ознакомиться с основами цифровой техники. Если устройство собрано без ошибок и все детали исправны, оно, как правило, налаживания не требует. Ошибки же, допущенные при монтаже устройств на микросхемах серии K155 (кроме изменения полярности напряжения питания), не приведут к выходу микросхемы из строя.

Собирать устройства удобнее всего на макетных монтажных платах, изготовленных из двустороннего фольгированного стеклотекстолита. На одной стороне платы располагают площадки для установки микросхем и навесных элементов, а на другой – контактные площадки, соединяемые отрезками монтажного провода. Один из возможных вариантов такой платы изображен на рис. 129. На одной из сторон платы должны быть проложены широкие дорожки – к ним подводят напряжение питания. Необходимо сначала выполнить весь монтаж проводников, проверить его правильность, отсутствие замыканий соседних площадок и только после этого устанавливать микросхемы и другие навесные элементы – резисторы, конденсаторы и т. д.

Для удобства монтажа рекомендуется сначала по принципиальной схеме составить так называемую «расписку» – таблицу, в которой оговорены все соединения между контактными площадками на монтажной плате. При этом расстановку микросхем на плате следует выполнять, стремясь сократить длину монтажных соединений между ними, а не в порядке, указанном на схеме.

На миллиметровой бумаге нужно выполнить эскиз расположения микросхем на плате, а затем на принципиальной схеме обозначить в кодированных обозначениях посадочные места каждой из микросхем. При проводном монтаже не следует применять жгутование и параллельную укладку проводов. Соединения ведут по кратчайшему пути. Рассмотрим правила выполнения монтажных работ [11].

Монтаж микросхем удобно выполнять паяльником малых размеров с номинальной мощностью до 20 Вт. При отсутствии такого паяльника следует

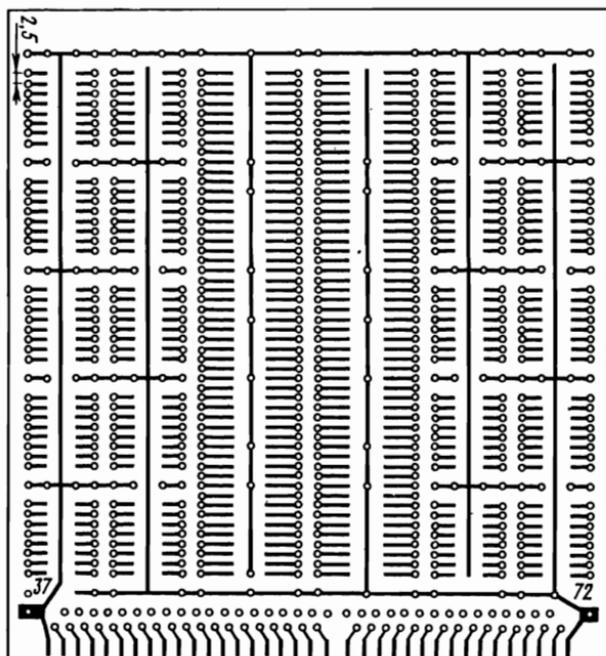
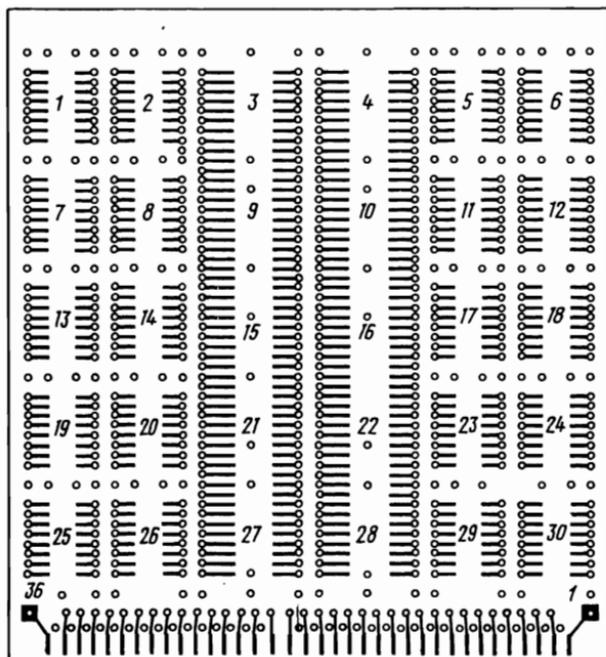


Рис. 129. Макетная печатная плата

выточить насадку или наконечник с диаметром рабочей части 2,5...3 мм или проточить рабочую часть наконечника до такого же диаметра. Как правило, нужно использовать нагревательный элемент на напряжении не более 36 В. Для изменения температуры «жала» паяльника имеет смысл подключать паяльник к регулятору мощности. Температура паяльника должна быть такой, чтобы при касании легко расплавились маленькие кусочки припоя. При пайке в бытовых условиях следует пользоваться спиртоканифольным флюсом или твердой канифолью. Для приготовления флюса одну весовую порцию мелко натертой канифоли нужно смешать с двумя порциями этилового спирта. Не допускается паять микросхемы и навесные элементы кислотным флюсом, поскольку в последующем места пайки, даже после промывки спиртом, сильно корродируют.

Для выполнения проводного монтажа на макетной плате соединительные проводники следует выполнять проводом типа МГТФ или использовать для этой цели лакированные обмоточные провода. Удаление слоя изоляции на концах соединительных проводников из провода МГТФ лучше выполнять с помощью «обжигалки», так как использование скальпеля или кусачек может привести к механическим повреждениям медной жилы. Концы монтажного провода перед пайкой необходимо тщательно залудить.

Как видно из чертежа макетной платы на рис. 129, микросхемы на ней можно установить двумя способами: выводы микросхем вставить в металлизированные отверстия и затем запаять, или сформовать перед установкой и припаять к контактным площадкам так же, как выводы планарных микросхем. Следует отметить, что для радиолюбителей, особенно начинающих, второй способ монтажа наиболее предпочтителен по двум причинам. Во-первых, в этом случае значительно упрощается процесс замены микросхем. Ведь для того, чтобы выпаять из платы микросхему, выводы которой запаяны в металлизированные отверстия, необходимо использовать приспособление для группового разогрева всех контактных площадок. Во-вторых, в процессе поиска неисправностей устройств, особенно собранных на ТТЛ-микросхемах, часто возникает необходимость «поднять» один из выводов микросхемы, чтобы проконтролировать наличие на этом выводе соответствующего логического уровня или подать на этот вывод необходимое напряжение. Для формовки выводов микросхем в пластмассовых и керамических корпусах можно использовать простейшие приспособления [65]. Для исключения образования разнопотенциальных проводников от зарядов статического электричества целесообразно на ручку паяльника намотать несколько витков тонкого провода без изоляции (можно металлической ленты) и соединить его с металлической частью паяльника. Принятие таких мер уменьшит вероятность выхода из строя микросхем на КМДП-структурах от действия статического электричества. Жало паяльника и измерительная аппаратура (осциллограф, источник питания, генератор импульсов) следует заземлять. Формовку выводов и монтаж КМДП-микросхем желательно производить с применением антиэлектростатических браслетов. После выполнения монтажа надо его тщательно проверить, используя при этом авометр.

Обозначение микросхемы	Число выводов	Потребляемая мощность мВт	Выводы питания		Обозначение микросхемы	Число выводов	Потребляемая мощность мВт	Выводы питания	
			+5 В	Общий				+5 В	Общий
K155АГ3	16	30	16	8	K155ЛА2	14	26	14	7
K555АГ3	16	110	16	8	K555ЛА2	14	4,4	14	7
K155ИД3	24	250	24	12	K155ЛА3	14	110	14	7
KP153ЗИД3	24	75	24	12	K555ЛА3	14	16,5	14	7
K155ИД4	16	210	16	8	K155ЛА4	14	82	14	7
K555ИД4	16	55	16	8	K555ЛА4	14	13,5	14	7
K514ИД1	16	250	16	8	K155ЛА8	14	110	14	7
K514ИД2	16	250	16	8	K1533ЛА8	14	13,5	14	7
K155ИЕ1	14	150	14	7	K155ЛЕ1	14	135	14	7
K155ИЕ2	14	265	5	10	K555ЛЕ1	14	34	14	7
K555ИЕ2	14	45	5	10	K155ЛЕ2	16	95	16	8
K155ИЕ4	14	255	5	10	K155ЛИ1	14	165	14	7
K155ИЕ5	14	265	5	10	K555ЛИ1	14	36	14	7
K555ИЕ5	14	45	5	10	K155ЛЛ1	14	190	14	7
K155ИЕ6	16	510	16	8	K555ЛЛ1	14	44	14	7
K555ИЕ6	16	170	16	8	K155ЛН1	14	165	14	7
K155ИЕ7	16	510	16	8	K555ЛН1	14	25	14	7
K555ИЕ7	16	170	16	8	K155ЛН2	14	165	14	7
K155ИЕ8	16	600	16	8	K555ЛН2	14	25	14	7
K155ИМ3	16	640	5	12	K155ЛП5	14	250	14	7
K555ИМ6	16	200	16	8	K555ЛП5	14	55	14	7
K155ИП3	24	750	24	12	K155РЕ3	16	550	16	8
K155ИР1	14	410	14	7	K556РТ4	16	650	16	8
K155ИР13	24	580	24	12	K556РТ5	24	950	24	12
K1533ИР13	24	200	24	12	K573РФ2	24	580	24	12
K155КП1	24	360	24	12	K573РФ4	24	580	24	12
K155КП2	16	315	16	8	K555СП1	16	100	16	8
K555КП2	16	55	16	8	K155ТМ2	14	150	14	7
K155КП5	14	230	14	7	K555ТМ2	14	44	14	7
K155КП7	16	260	16	8	K155ТМ5	14	265	14	7
K555КП7	16	55	16	8	K155ТМ7	16	265	16	8
K555КП11	16	66	16	8	K555ТМ7	16	66	16	8
K155ЛА1	14	55	14	7	K155ТМ8	16	225	16	8
K555ЛА1	14	8,25	14	7	K555ТМ8	16	99	16	8

Обозначение микросхемы	Число выводов	Выводы питания		Обозначение микросхемы	Число выводов	Выводы питания	
		+9 В	Общий			+9 В	Общий
K176IE1	14	14	7	K176ЛЕ5	14	14	7
K176IE2	16	16	7	K561ЛЕ5	14	14	7
K176IE3	14	14	7	K561ЛЕ10	14	14	7
K176IE4	14	14	7	K561ЛН2	14	14	7
K176IE5	14	14	7	K176ЛП12	14	14	7
K176IE8	16	16	8	K561ПУ4	16	1	8
K561E10	16	16	8	K561ПУ8	14	14	7
K561IE11	16	16	8	K176ТМ2	14	14	7
K176IE12	16	16	8	K561ТМ2	14	14	7
K176ЛА7	14	14	7	K561ТМ3	16	16	8
K561ЛА7	14	14	7	K561ТР2	16	16	8

Особое внимание следует обратить на проверку правильности монтажа цепей питания. В табл. 40, 41 указаны выводы питания и потребляемая мощность всех микросхем, используемых в описанных в книге устройствах.

Устанавливают микросхемы на монтажную плату обычно в определенной последовательности. Сначала монтируют микросхемы и навесные элементы тактовых и вспомогательных генераторов и проверяют их работу. Затем последовательно устанавливают микросхемы других функциональных узлов, работоспособность которых можно проконтролировать самостоятельно. Такой порядок проверки правильности монтажа значительно облегчает поиск неисправностей. Если какая-то из микросхем все-таки не работает, сначала проверяют, поступает ли на нее напряжение питания. Затем контролируют подачу сигналов на остальные выводы микросхемы. Проверку удобно выполнять с помощью осциллографа или логических пробников, подключая их вход непосредственно к выводам микросхемы – это поможет обнаружить нарушения металлизации отверстий в плате.

Подготовленные радиолюбители могут самостоятельно разработать и изготовить печатную плату, на которой методом печатного монтажа обеспечены все необходимые соединения между элементами устройства. При этом целесообразно использовать линейно-многорядное расположение микросхем, обеспечивающее наибольшую плотность их установки. Для ориентации микросхем на печатной плате целесообразно намечать «ключи», определяющие положения их первого вывода. «Ключи» так или иначе, указаны и на каждой выпускаемой промышленностью микросхеме: либо

канавкой или точкой на корпусе, либо особой формой корпуса. Выводы отсчитывают от «ключа» против часовой стрелки (на виде сверху). При разработке монтажных схем различных устройств всегда возникает вопрос: что делать с неиспользуемыми входами интегральных микросхем? Если по логике работы на вход необходимо подать уровень логического 0, то этот вход заземляют. Если следует подать уровень логической 1, то тут может быть несколько вариантов [4, 65]. Во-первых, неиспользуемые входы микросхем серии K155 можно оставлять неподключенными, припаявая их лишь к монтажной площадке на плате. Для интегральных микросхем серий ТТЛ с диодами Шотки (K555) оставлять входы неподключенными не рекомендуется, а для микросхем серий КМДП (K176 и K561) это недопустимо. Неиспользуемые входы микросхем в ряде случаев можно подключать к используемым входам того же элемента (например, в логических элементах), что, правда, увеличивает нагрузку на микросхему, которая служит источником сигнала. Можно объединить неиспользуемые входы и в зависимости от функционального назначения подключить их либо к плюсовому проводу питания через резистор 1 кОм (для микросхем ТТЛ до 20 входов) или непосредственно для микросхем КМДП. Входы микросхем серий K555 и КР1533 также допускается подключать входы к источнику +5 В непосредственно.

Многие описанные в книге устройства имеют кнопочные органы управления: тумблеры или переключатели, устанавливаемые на лицевой панели. Так как панель управления, как правило, удалена от монтажной платы, то провода, соединяющие органы управления с микросхемами, могут стать источником ложных сигналов из-за возникающих наводок. Надежный способ исключения ложных срабатываний – подача напряжения от источника питания через дополнительный резистор сопротивлением 1...5 кОм (для микросхем ТТЛ) или 10...100 кОм (для микросхем КМДП) на каждый вывод микросхемы, соединяемый с органами управления.

Во многих описанных устройствах использованы микросхемы памяти типов K155PE3, K556PT4, K576PT5, K573PФ2, программирование которых выполняют предварительно перед установкой их на монтажные платы. Программирование ПЗУ осуществляют вручную или с помощью автоматических программаторов под управлением ЭВМ [27, 65].

Следует отметить, что в случае ошибки программирования микросхемы памяти типа K5P3PФ2 с помощью источника ультрафиолетовых лучей можно выполнять стирание записанной информации и затем снова производить программирование ПЗУ. После программирования следует выполнить термотренировку микросхем памяти, а затем повторно проконтролировать правильность программирования согласно таблицы истинности. Наиболее просто выполнить термотренировку, выдерживая ПЗУ в выключенном состоянии при температуре 65...70 °С в течение 5 суток. Микросхемы, у которых в процессе термотренировки произошла потеря записанной информации, допускается программировать повторно с повторением термотренировки и последующего контроля. При установке микросхемы ПЗУ на печатную плату следует начинать пайку с выводов, на которые подается напряжение питания. Пайку остальных выводов можно производить в любой последовательности.

Для исключения импульсных помех на печатной плате между плюсовой и минусовой шиной питания необходимо установить блокировочные низкочастотные и высокочастотные конденсаторы. Емкость низкочастотного электролитического конденсатора следует выбрать в пределах 50...500 мкФ. На плате достаточно установить один такой конденсатор. Кроме того, на каждые пять микросхем следует ставить один керамический высокочастотный конденсатор емкостью 0,047...0,33 мкФ. Конденсаторы следует располагать на плате по возможности равномерно. Их следует также устанавливать рядом со всеми микросхемами с мощным выходом (например, К155ЛА8, нагруженными на лампы накаливания).

Микросхемы серий К555 и КР1533 можно применять вместо аналогичных микросхем серии К155 (естественно, допускается и обратная замена). Возможно совместное использование микросхем серий К555 и К155, однако следует учитывать, что нагрузочная способность микросхем серий К555 на микросхемы серии К155 составляет 5. При размещении собранной платы в корпусе следует убедиться, что радиокомпоненты, установленные на ней, а также ни один из выводов не касаются металлической поверхности корпуса. Соединительные провода между платой и передней панелью должны иметь длину, позволяющую снимать панель и поворачивать плату так, чтобы обеспечивать доступ ко всем элементам на ней для ремонта и регулировки.

Остановимся на выборе источников питания. Устройства, реализованные на микросхемах серии ТТЛ, рассчитаны на работу с напряжением +5 В. По техническим условиям для ТТЛ-микросхем необходима довольно жесткая стабилизация напряжения питания, обычно $\pm 5\%$ (т. е. диапазон допустимых напряжений составляет 4,75...5,25 В). Тем не менее, как правило, ТТЛ-микросхемы могут работать и при большем разбросе напряжения питания: 4,5...5,5 В. При этом логическая функция элемента остается одной и той же, однако от напряжения питания зависят переключательные свойства элемента. В частности, при уменьшении номинального напряжения питания возрастает задержка распространения, т. е. время прохождения изменения логического уровня со входа на выход элемента. Однако в описанных устройствах это обстоятельство не является существенным. В то же время следует обратить внимание на верхнее предельное напряжение питания для ТТЛ-микросхем: абсолютное максимальное напряжение составляет +5,5 В. Даже при незначительном превышении этого напряжения в течение длительного времени микросхема выйдет из строя. Для КМДП-микросхем допускается изменение напряжения питания в более широких пределах. Подавляющее большинство их устойчиво работают в диапазоне напряжений 3...15 В. Как и у ТТЛ-микросхем, быстродействие КМДП-микросхем ухудшается при понижении напряжения питания. При напряжении питания 9...15 В. быстродействие КМДП-схем примерно в 2 раза выше, чем при номинальном напряжении +5 В, однако этот фактор не является определяющим. В подавляющем большинстве приведенных устройств на КМДП-микросхемах содержатся счетчики с дешифраторами, к выходам которых подключают цифровые светодиодные индикаторы. При напряжении питания, меньшем +9 В, яркость свечения этих индикаторов значительно падает. Поэтому для питания конструкций с КМДП-микросхемами можно

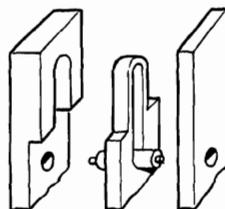
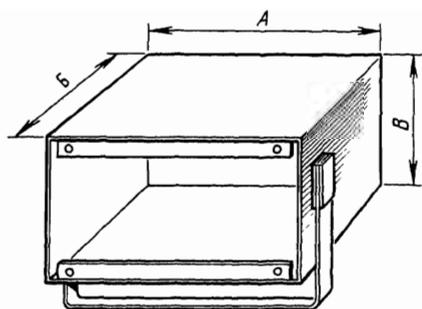
использовать источник питания с номинальным постоянным напряжением в пределах 9...12 В.

Все описанные устройства потребляют от источника напряжения +5 В ток не более 1 А, а от источника +9 В – ток не более 0,4 А. Поэтому для налаживания устройств целесообразно использовать универсальный блок питания с двумя источниками питания на указанные значения напряжения.

Схемы блока питания могут быть самыми разнообразными [3, 15, 36, 64]. При построении стабилизированных источников питания желательно использовать схемы, обеспечивающие защиту источника от коротких замыканий, чтобы ошибки в монтаже не приводили к выходу из строя блока питания. Наименьшие габаритные размеры и хорошие параметры среди источников вторичного электропитания с непрерывным регулированием имеют стабилизаторы напряжения на микросхемах К142ЕН5 и К142ЕН8. Все большее распространение, несмотря на схемную сложность, получают импульсные стабилизаторы напряжения (в том числе и бестрансформаторные), обладающие повышенным коэффициентом полезного действия и минимальными габаритными размерами. Перед подключением изготовленного устройства к блоку питания следует проконтролировать с помощью авометра отсутствие короткого замыкания по цепи питания. Перепапку элементов на монтажной плате в процессе наладки следует выполнять при отключенном источнике питания.

Желательно оснастить источник питания миллиамперметром, показывающим потребляемый ток. Так как в табл. 40 указана предельная мощность потребления каждой микросхемы, вы можете оценить ток, потребляемый выбранным вами устройством. При этом следует иметь в виду, что реальное потребление в 1,5...2 раза меньше предельного. Если же реальное потребление тока от источника питания превышает предельное расчетное значение, то следует искать ошибки в монтаже или неисправность компонентов.

Все описанные в книге устройства могут быть размещены в корпусах трех вариантов. Общий вид корпусов представлен на рис. 130–132. Приборный корпус (см. рис. 130) имеет ручку, фиксируемую в двух положениях и используемую как для переноски устройства, так и в качестве подставки. Типоразмер корпуса выбирают, исходя из габаритов монтажной платы и числа органов управления на передней панели устройства. Корпус такого вида целесообразно использовать в большинстве игровых автоматов и рефлексометров. Исключение – игровые автоматы «Волейбол», «Теннис» и «Электронные салки», на передних панелях которых расположены органы управления игрой обоих игроков, а также индикаторы игровой ситуации. Эти автоматы целесообразно поместить в горизонтальный уплощенный корпус (см. рис. 131). Корпус с наклонной передней панелью (см. рис. 132) удобен для экзаменаторов всех типов, приборов для психологических исследований, на верхней панели которых располагают наборное поле и органы управления, многих игровых автоматов («Тир», «Охота», «Переправа» и др.)



	A, мм	B, мм	B, мм
I	300	200	140
II	200	150	120

Рис. 130. Общий вид приборного корпуса

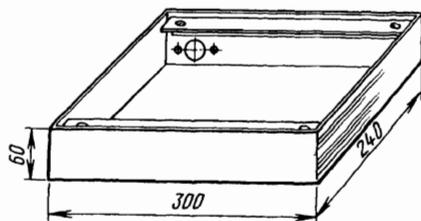


Рис. 131. Общий вид горизонтального уплощенного корпуса

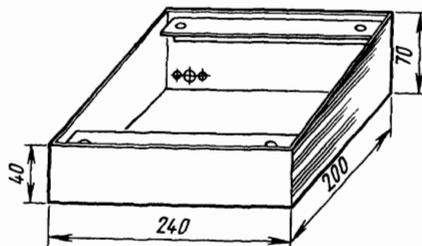


Рис. 132. Общий вид корпуса с наклонной передней панелью

Заключение

Приведены описания разнообразных цифровых игровых автоматов, устройств бытового назначения, приборов для спорта и кабинетов профориентации, программаторов учебного времени, демонстрационных и контролирующих знаний устройств для учебных заведений. Читатели найдут в книге множество оригинальных технических решений функциональных узлов цифровых устройств, широко используемых в радиолюбительской практике. Автор надеется, что, прочитав эту книгу, радиолюбители смогут повторить любой из описанных в ней приборов и автоматов. В то же время автор полагает, что в своей деятельности читатели не ограничатся простым копированием описанных устройств, а будут экспериментировать, искать пути к дальнейшему улучшению и совершенствованию и возможно найдут свои идеи в разработке полезных и интересных устройств различного назначения.

Список литературы

1. Алгинин Б.Е. Кружок электронной автоматики. – М.: Просвещение, 1990. – 191 с.
2. Беспалов Г. Экзаменатор // В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1987. – Вып. 98. – с. 3–11.
3. Бирюков С.А. С микросхемами на Ты (Цифровые измерительные устройства, источники питания, автоматика). – М.: Символ-Р, 1998. – 192 с.
4. Бирюков С.А. Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП. – М.: ДМК, 1999. – 240 с.
5. Борисов В.Г., Партин А.С. Практикум радиолюбителя по цифровой технике. – М.: Патриот, 1991. – 140 с.
6. Борисов В.Г. Кружок радиотехнического конструирования. – М.: Просвещение. – 1990. – 223 с.
7. Быстров Ю.А., Гапунов А.П., Персианов Г.М. Сто схем с индикаторами. – М.: Радио и связь. – 1981. – 80 с.
8. Вдовин А.И. Занимательные электронные устройства. – М.: Радио и связь, 1981. – 80 с.
9. Гордин А.Б. Занимательная кибернетика. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
10. Дробница Н.А. Измеритель скорости реакции человека // В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1984. – Вып. 86. – С. 9–13.
11. Дробница Н.А. 60 схем радиолюбительских устройств. – М.: Радио и связь, 1988. – 120 с.
12. Золотарев А., Мельник В., Поздняков Ю. Многофункциональный автомат световых эффектов // В помощь радиолюбителю – М.: Издательство ДОСААФ, 1986. – Вып. 95. – С. 52–62.
13. Евсеев А.Н. Игра «Кто первый?» // В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1979. – Вып. 65. – С. 39–41.
14. Евсеев А.Н. Электронные устройства для дома. – М.: Радио и связь, 1994. – 143 с.
15. Евсеев А.Н. Полезные схемы для радиолюбителей. Вып. 2. – М.: Солон-Р, 2000. – 240 с.
16. Иванов Б.С. Радиоэлектронные игрушки. – М.: Радио и связь, 1986. – 80 с.
17. Игошев Б.М., Комский Д.М. Кибернетика в самоделках. – М.: Энергия, 1978. – 128 с.
18. Комский Д.М., Игошев Б.М. Электронные автоматы и игры. – М.: Энергия, 1981. – 168 с.
19. Комский Д.М. Игротека автоматов. – М.: Энергоиздат, 1987. – 224 с.
20. Комский Д.М. Кружок технической кибернетики. – М.: Просвещение, 1991. – 193 с.
21. Кордемский Б.А., Ахадов А.А. Удивительный мир чисел. – М.: Просвещение, 1987. – 144 с.
22. Коваль А. Автомат световых эффектов на ППЗУ // В помощь радиолюбителю. М.: Издательство ДОСААФ, 1990. – Вып. 108. – С. 3–9.
23. Корлыханов В. Музыкальная шкатулка // Моделист-конструктор. – 1985. – №1. – С. 45–47.
24. Мальцева Л.А., Фромберг Э.М., Ямпольский В.С. Основы цифровой техники. – М.: Радио и связь. – 1986. – 128 с.
25. А.с. № 1410082 СССР. Устройство для контроля знаний / Мальцева Л.А., Фромберг Э.М., Архипов А.А. – Опубл. 1988, Бюл. № 26.
26. Патент № 2022314 РФ. Программатор учебного времени / Мальцева Л.А., Фром-

МРБ. Конструкции на элементах цифровой техники

Э. М. Фромберг
Горячая линия

: К-04765
Ст 24

эм К155РЕ3 // В помощь радиолюбителю. – С. 26–32.

» радиолюбителю. – М.: Издательство
цифровую технику. – М.: Радио и связь,



9 785935 170776

30. Паскалев Ж. Электронные игры. – М.: Радио и связь, 1981. – 110 с.
31. Паскалев Ж. Первые шаги в вычислительной технике. – М.: Радио и связь, 1987. – 112 с.
32. Полин А. Музыкальная шкатулка//Радио. – 1981. – № 2. – С. 47–48.
33. Пономарев Л.Д., Евсеев А.Н. Конструкции юных радиолюбителей – М.: Радио и связь, 1985. – 80 с.
34. Пристайло О., Поздняков Ю. Автомат световых эффектов//В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1990. – Вып. 107. – С. 13–20.
35. Сэколов Г., Сорокин Н. Электронный музыкальный звонок//В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1983. – Вып. 80. – С. 68–72.
36. Трейслер Р., Мейо Дж. 44 источника электропитания для любительских электронных устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
37. А.с. № 1291168 СССР. Электронный отгадчик/Фромберг Э.М., Ямпольский В.С. – Оpubл. 1987, Бюл. № 7.
38. Патент № 2064313 РФ. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Сорокин С.Д., Воронов И.А. – Оpubл. 1996, Бюл. № 21.
39. А.с. № 1743630 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М. – Оpubл. 1992, Бюл. № 24.
40. А.с. № 1569026 СССР. Электронная игра/Фромберг Э.М. – Оpubл. 1987, Бюл. № 21.
41. А.с. № 1597205 СССР. Электронная игра/Фромберг Э.М., Бегляков В.Н. – Оpubл. 1990, Бюл. № 37.
42. А.с. № 1400827 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Кривчик В.С., Ямпольский В.С., Гадалов А.Г. – Оpubл. 1988, Бюл. № 21.
43. А.с. № 1650174 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Кривчик В.Я., Гадалов А.Г. – Оpubл. 1991, Бюл. № 19.
44. А.с. № 1836975 СССР. Устройство управления электронной игрой /Фромберг Э.М., Калашников А.В., Демидов М.М. – Оpubл. 1991, Бюл. № 19.
45. А.с. № 1836975 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М. – Оpubл. 1993, Бюл. № 32.
46. А.с. № 1787471 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Кривчик В.Я. – Оpubл. 1993, Бюл. № 12.
47. А.с. № 1400628 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Ямпольский В.С., Алимов В.Г. – Оpubл. 1988, Бюл. № 21.
48. Патент № 2068724 РФ. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Гамбург М.А. – Оpubл. 1996, Бюл. № 31.
49. А.с. № 1299595 СССР. Электронная игра/Фромберг Э.М., Якимчик В.В. – Оpubл. 1990, Бюл. № 10.
50. А.с. № 1288745 СССР. Вечный календарь/Фромберг Э.М., Кривчик В.Я., Ямпольский В.С. – Оpubл. 1987, Бюл. № 5.
51. А.с. № 1485295 СССР. Вечный календарь/Фромберг Э.М., Ямпольский В.С. – Оpubл. 1989, Бюл. № 21.
52. А.с. № 1568077 СССР. Вечный календарь/Фромберг Э.М., Якимчик В.В.- Оpubл. 1990, Бюл. № 10.
53. А.с. № 1394224 СССР. Устройство для моделирования процесса формирования рефлексов у животных/Фромберг Э.М., Ямпольский В.С. – Оpubл. 1988, Бюл. № 17.
54. А.с. № 1675643 СССР. Программатор учебного времени /Фромберг Э.М., Ямпольский В.С., Сорокин С.Д., Алексеенко С.Н. – Оpubл. 1991, Бюл. № 33.
55. А.с. № 1664285 СССР. Устройство для психологических исследований/Фромберг Э.М., Кривчик В.Я., Партуга С.В. – Оpubл. 1991, Бюл. № 27.
56. А.с. № 1369734 СССР. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Ямпольский В.С., Лазарис А.Ю. – Оpubл. 1988, Бюл. № 4.
57. Патент № 2067486 РФ. Устройство управления электронной игрой/Фромберг Э.М., Сорокин С.Д., Блохин А.Ю. – Оpubл. 1996, Бюл. № 28.

58. Патент № 2080091 РФ. Устройство для психологических исследований /Фромберг Э.М., Алгазин А.Б., Бабилов В.П. – Оpubл. 1997, Бюл. № 15.
59. А.с. № 1407482 СССР. Тремометр/Фромберг Э.М., Ямпольский В.С., Кривчик В.Я., Сабитов К.А. – Оpubл. 1988, Бюл. № 25.
60. А.с. № 1568974 СССР. Устройство для психологических исследований /Фромберг Э.М., Кривчик В.Я., Сергиенко С.А. – Оpubл. 1990, Бюл. № 21.
61. А.с. № 1662497 СССР. Устройство для психологических исследований/Фромберг Э.М. – Оpubл. 1991, Бюл. № 26.
62. А.с. № 1547810 СССР. Устройство для проведения корректурных проб/Фромберг Э.М., Цвелой В.А. -Оpubл. 1990, Бюл. № 9.
63. Фромберг Э.М. Конструкции на элементах цифровой техники. – М.: Радио и связь. – 1990. – 157 с.
64. Хейзерман Д. Применение интегральных схем. – М.: Мир. – 1984. – 208 с.
65. Цифровые и аналоговые микросхемы: Справочник/Под ред. Якубовского В.С. – М. Радио и связь, 1989. – 496 с.
66. Череватенко В., Череватенко А. Программируемый музыкальный звонок-автомат //В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1989. – Вып.103. – С. 52–64.
67. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы. Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 352 с.
68. Шкурников А. Электронная таблица умножения//В помощь радиолюбителю. – М.: Издательство ДОСААФ, 1979. – Вып. 65. – С. 51–58.
69. Ямпольский В.С. Основы автоматики и электронно-вычислительной техники. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
70. Янсен И. Курс цифровой электроники: В 4-х томах. – М.: Мир, 1987. – Т. 1–4.

Содержание

Предисловие	3
I. Электронные автоматы и игры	5
1.1. Простейшие игровые автоматы и устройства	5
1.2. Электронные отгадчики	13
1.3. Автоматические светодинамические установки	22
1.4. Музыкальные шкатулки	32
1.5. Игровой автомат «Кто первый?»	42
1.6. Игровой автомат «Падающая звезда»	58
1.7. «Электронные салки»	64
1.8. Игровой автомат «Волейбол»	70
1.9. Игровой автомат «Теннис»	78
1.10. Электронная игра «Тир»	87
1.11. Игровой автомат «Охота»	97
1.12. Логические игры	108
1.13. Электронная игра Баше	118
1.14. Вечный календарь	124
II. Электронные автоматы в школе	131
2.1. Электронные светофоры	131
2.2. Автоматы для контроля знаний	134
2.3. Автоматы для демонстрации процесса формирования условного рефлекса у животных	154
2.4. Учебная модель ЭВМ	158
2.5. Программаторы учебного времени	163
III. Электронные автоматы для спорта, кабинетов Профориентации	178
3.1. Рефлексометр «Цвет»	178
3.2. Рефлексометр «Реакция»	190
3.3. Рефлексометр «Ритм»	195
3.4. Рефлексометр РДО	207
3.5. Тестер «Временные интервалы»	219
3.6. Треморометр	225
3.7. Прибор «Теппинг-тест»	226
3.8. Приборы для исследования свойств внимания	236
IV. Практические рекомендации по изготовлению устройств на цифровых интегральных микросхемах	251
Заключение	259
Список литературы	260

**В издательстве «Горячая линия–Телеком»
в серии «Массовая радиобиблиотека»
вышли в свет и поступили в продажу следующие книги:**

Шило В.Л. Популярные микросхемы КМОП: Справочник.

В справочнике приведено 125 типов отечественных и зарубежных микросхем КМОП. Рассмотрены логические элементы, триггеры, счетчики, регистры и более сложные микросхемы средней степени интеграции. Даны структурные схемы, параметры, цоколевки, а также новые схемные решения.

Для радиолюбителей, может быть полезен студентам, специалистам, занимающимся разработкой, эксплуатацией и ремонтом радиоэлектронной аппаратуры.

Кардашев Г.А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств.

Дается введение в схемотехническое моделирование аналоговых электронных устройств на компьютере.

Моделирование выполняется без формул на языке схем и графиков с использованием наиболее простых и популярных программ Electronics Workbench и Micro-Cap. Подробно рассказывается методика компьютерного моделирования более 150 простейших схем, и приводятся соответствующие результаты в виде screen shot (экранных снимков). Изложение сопровождается необходимыми советами по применению программ.

Поясняется смысл используемых терминов. Разбираются парадоксы, возникающие при моделировании реальных устройств.

Рассматривается компьютерное моделирование ряда аналоговых устройств, которые могут быть изготовлены самостоятельно из электронных наборов и модулей комплектов «Мастер КИТ».

Для широкого круга читателей.

Приобрести эти книги можно через почтовое агентство DESSY

www.top-kniga.ru, www.dessy.ru

**С авторскими предложениями просим обращаться по
e-mail: radios@cityline.ru**

Новый магазин "ЧИП и ДИП"

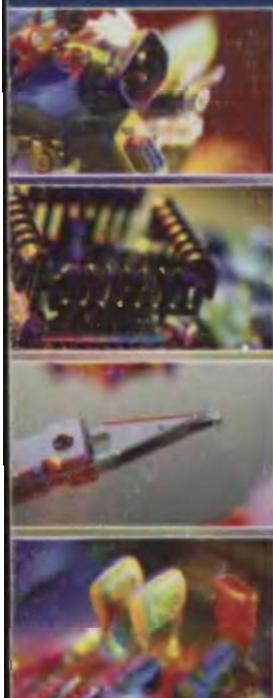
ЧИП и ДИП

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И ПРИБОРЫ

www.chip-dip.ru



Чип и Дип поставляет электронные компоненты и приборы для инженеров-разработчиков, конструкторских бюро, опытного и мелкосерийного производства, служб эксплуатации и ремонта, сервисных центров и учебных заведений



РОССИЯ 129110 г. Москва, д.п. 936
e-mail: sales@chip-dip.ru

Оптовый офис
г. Москва,
ул. Гиляровского, 39
Тел. факс: (095) 973 70 73
(многоканальный)
факс: (095) 971-31-45

Магазины:
Центральный: г. Москва,
ул. Беговая, 2
с 09:00 до 19:30
суббота до 18:00
Тел. для справок (095) 284-56-78,
284-36-69, 281-99-17, 971-18-27

г. Москва,
ул. Гиляровского, 39
с 09:00 до 19:30
суббота до 18:00
Тел. для справок (095) 284-56-78,
284-36-69, 281-99-17, 971-18-27

г. Москва
ул. Ивана Франко,
д. 40, к. 1, стр. 2
Тел.: (095) 417-33-55
e-mail: dipkorpus@platan.ru

г. С.-Петербург,
Кронвержский просп., 73
Тел.: (812) 232-83-06, 232-59-87

г. Ярославль, ул. Ленина, 83
Тел.: (0852) 30-15-68
e-mail: chip-dip@yartelport.ru

ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

тел./факс: (095) 797-59-99
<http://www.platan.ru>