

С.П. МАСЛОВ

КОМБИНИРОВАННОЕ ТРОИЧНОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Запоминающее устройство, описание которого является предметом этой статьи, представляет собой сочетание оперативного и постоянного ЗУ общей емкостью 2268 6-разрядных троичных кодов. Время выборки составляет 2,5 мкс, минимальным период обращения – 10 мкс.

Весь объем запоминающего устройства делится на отдельные части (зоны). Емкость одной зоны – 816-разрядное троичное слово. Объем ЗУ распределяется между ОЗУ и ПЗУ следующим образом: 9 зон – оперативное ЗУ, 1 зона – так называемая инженерная, ячейки которой используются в качестве некоторых регистров машины, и 18 зон – постоянное ЗУ. Схема и конструкция ПЗУ обеспечивают возможность простой смены содержимого любой его зоны.

СПОСОБЫ ЗАПИСИ ТРОИЧНЫХ КОДОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫБОРКИ В ПРЕДЕЛАХ ЗОНЫ

Запись троичных кодов в постоянном запоминающем устройстве, выполненном на магнитных сердечниках с НПП, осуществляется путем прошивки [1]. На рис. 1, а иллюстрирующем принцип действия троичного ПЗУ, показаны 6 сердечников с НПП, прошитых опрашивающими и воспринимающими проводами, и схема выборки ячейки внутри зоны ПЗУ, представляющая собой диодную матрицу размером 9×9 . Взаимная ориентация опрашивающего (вертикального) и воспринимающего (горизонтального) проводов может образо-

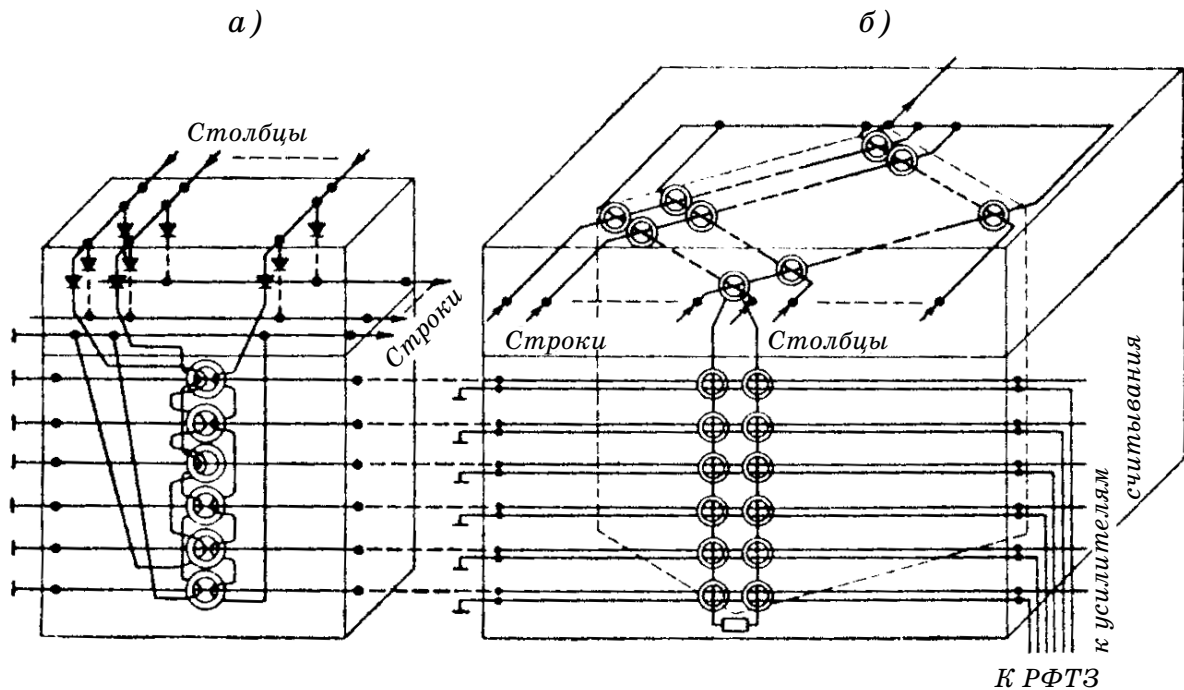


Рис. 1. Способы записи троичных кодов и организация выборки внутри зоны.

вывать три различных сочетания. Два из этих сочетаний, соответствующие троичным «1» и «-1», различаются направлением прошивки опрашивающего провода относительно воспринимающего, а третье – «0» – характеризуется тем, что опрашивающий провод минует сердечник. При считывании в результате возбуждения соответствующих строки и столбца диодной матрицы по одному из опрашивающих проводов протекает импульс тока. На воспринимающих проводах появляются сигналы, если считываются «1» и «-1», и не возникает сигнала, если считывается «0». Считанные сигналы «1» и «-1» имеют различную полярность. Показанная на рис. 1, а ситуация соответствует записи кодов 1 -1 1 0 1 0, -1 0 1 1 0 -1 и 1 - 1 0 - 1 1 1.

В ПЗУ используются сердечники Ф-1000 размером $10 \times 6 \times 5$ мм и диоды типа Д9Б. Количество витков, образуемых опрашивающим и воспринимающим проводами, соответственно 1 и 2. Амплитуда импульса опрашивающего тока – 50 мА, длительность – 4,5 мкс. Опрашивающий импульс подается в столбец диодной матрицы. При этом напряжение на одной из ее строк должно быть равно +0,5 В, а на восьми остальных +3 В.

Оперативное запоминающее устройство на сердечниках с ППГ выполнено по схеме с непосредственным выбором (система 2D) и двумя сердечниками на разряд. Выборка ячейки в пределах зоны и формирование токов считывания и записи осуществляются посредством матричного переключателя на сердечниках с ППГ. На рис. 1, б показана структура адресной и разрядной частей зоны ОЗУ. Для упрощения чертежа изображена только одна числовая линейка и отсутствует цепь тока смещения. Устройство является троичной модификацией двоичного ЗУ [2, 3]. Запись троичных «1» и «-1» осуществляется подобно записи двоичных «1» и «0». Третье состояние (троичный «0») представляется совпадающим направлением намагниченности обоих сердечников пары. Такое положение обеспечивается тем, что во время действия тока записи в цепи числа разрядные провода не возбуждаются. При считывании перемагничивается один из сердечников пары, если хранились «1» или «-1», и не перемагничивается ни одного сердечника, если хранился «0». В результате на воспринимающих: проводах, подобно тому как это происходит в ПЗУ, наводятся сигналы различных полярностей, если считываются «1» или «-1», и не возникает сигналов при считывании «0». Выборка ячейки зоны ОЗУ осуществляется возбуждением одной из строк и одного из столбцов, образованных двумя взаимно-перпендикулярными системами обмоток в матрице (9×9) координатных трансформаторов (КТ), импульсами токов выборки ступенчатой формы. Преимущества использования токов такой формы проанализированы в [4]; здесь отметим только, что это позволяет устанавливать амплитуды импульсов тока считывания и тока записи в цепи числа независимо друг от друга и от характеристик сердечника матричного переключателя.

В качестве числовых (разрядных) сердечников ОЗУ используются сердечники 1,3ВТ размером $1,4 \times 1,0 \times 0,4$ мм. Координатные трансформаторы выполнены на сердечниках 0,27ВТ размером $4 \times 2,5 \times 1,5$ мм. Количество витков в обмотках строк и столбцов – 12. Обмотка смещения имеет 1 виток при токе 4 А. Обмотка, связанная с цепью числа, содержит 3 витка. Сопротивление в цепи числа – 1 Ом. Амплитуда прямого тока в цепи числа (тока считывания) – 1 А. Обратный ток (ток записи) и токи в разрядных проводах имеют величину 0,3 А. Эпоры импульсов тока выборки приведены на рис. 3, б ($i_{стр}$ и $i_{стл}$).

Параметры числовых сердечников ОЗУ, сердечников ПЗУ и амплитуда опрашивающих импульсов тока ПЗУ выбраны таким образом, чтобы важные для правильного функционирования усилителем считывания характеристики считанных сигналов были одинаковыми, независимо от того, происходит ли обращение к ОЗУ или к ПЗУ. Это дало возможность последовательно объединить воспринимающие провода ОЗУ и ПЗУ и подключить их к одному комплекту усилителей считывания.

БЛОК-СХЕМА ЗАПОМИНАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Блок-схема ЗУ, представленная на рис. 2, иллюстрирует коммутацию цепей выборки при работе ЗУ. Назначение отдельных частей блок-схемы будет объяснено в ходе дальнейшего изложения. Сейчас отметим только, что кубики большого размера соответствуют зонам ОЗУ, а кубики меньшего размера – зонам ПЗУ. Подобно тому, как показано на рис. 1, верхняя часть кубиков содержит оборудование адресной части (схема выборки) зоны, нижняя – разрядной. Некоммутируемые разрядные цепи, о соединении которых было сказано раньше, на схеме не показаны.

27 адресуемых зон запоминающего устройства (все, кроме инженерной зоны ИЗ) разбиты на 3 равные части, пронумерованные цифрами 1, –1 (ПЗУ) и 0 (ОЗУ). Зоны, содержащиеся в каждой девятке, пронумерованы девятиричными цифрами –4, –3, –2, –1, 0, 1, 2, 3, 4. (Чтобы не загромождать чертеж, в каждой девятке показаны только три зоны: –4, 0 и 4.) Для выборки определенной ячейки ЗУ необходимо указать номер ячейки в зоне, т.е. номера строки и столбца диодной матрицы ПЗУ или матрицы координатных трансформаторов ОЗУ, номер зоны и номер требуемой девятки зон. В соответствии со сказанным при каждом обращении к ЗУ оно получает от процессора управляющие импульсы «стр» по одному из девяти каналов, соответствующих строкам, «стл» по одному из девяти каналов, соответствующих столбцам, импульс «номер зоны» по одному из девяти каналов, управляющих коммутацией зон, и, если производится обращение к ПЗУ, импульсы «ПЗУ 1» либо «ПЗУ-1», с помощью которых осуществляется выбор требуемой половины ПЗУ. При обращении к инженерной зоне вместо сигнала «номер зоны» выдается сигнал «ИЗ». Помимо перечисленных импульсов, непосредственно управляющих адресными цепями, ЗУ получает ряд сигналов, осуществляющих запуск и сброс транзисторных триггеров в обслуживаемых цепях («ФТВ-1», «ФТВ-2», «сбр»). Назначение и конфигурация этих сигналов будут объяснены позднее.

Рассмотрим взаимодействие различных частей запоминающего устройства в двух режимах работы: обращение к ОЗУ и обращение к ПЗУ.

ОБРАЩЕНИЕ К ОЗУ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЗОНЕ

Импульсы тока ступенчатой формы для возбуждения строки и столбца матрицы координатных трансформаторов поступают с двух выходов формирователя токов выборки (ФТВ) на два входа переключателя токов выборки (ПТВ). В соответствии с тем, на какие два из 18 управляющих входов ПТВ поступили незадолго перед этим сигналы «стр» и «стл», импульсы токов вы-

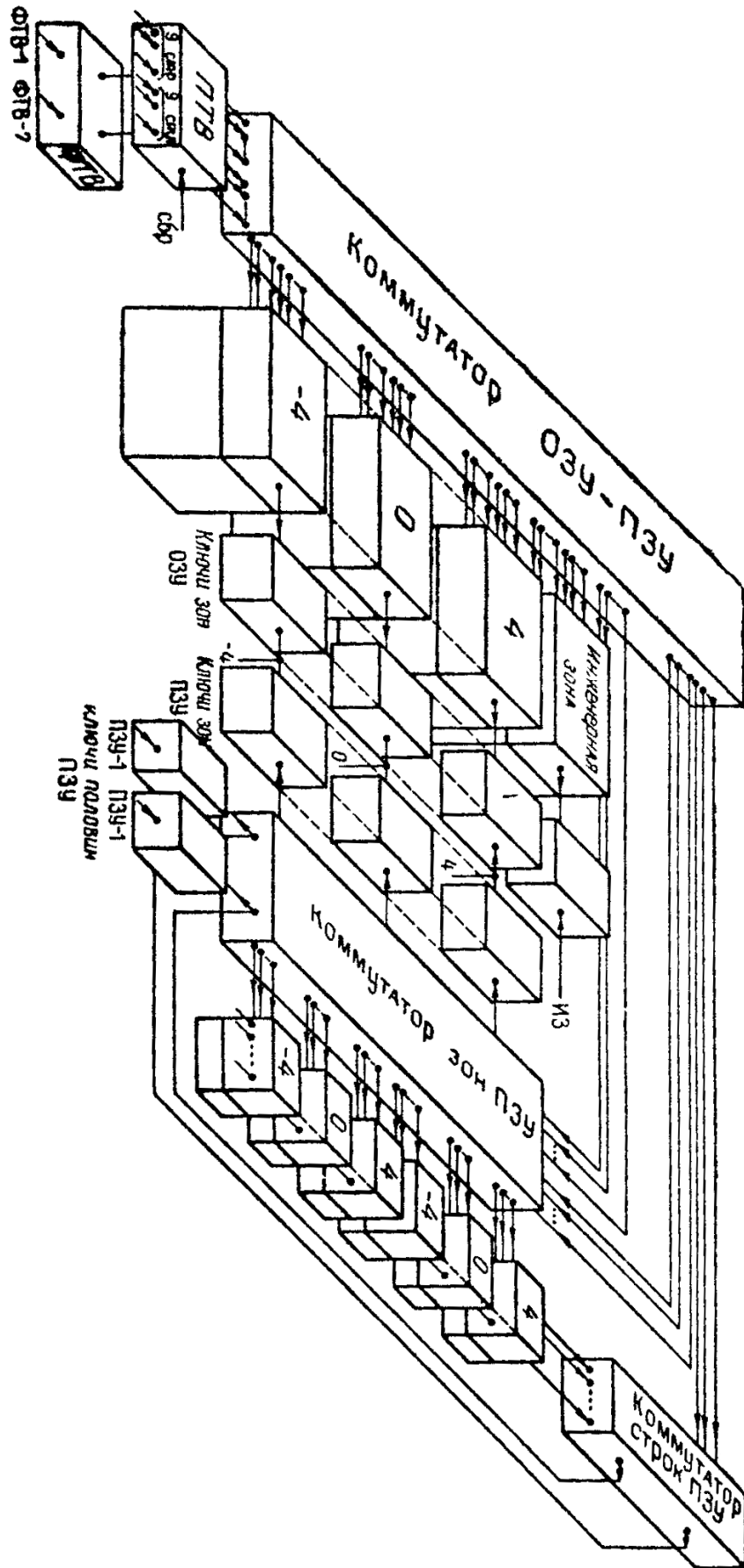


Рис. 2. Блок-схема запоминающего устройства

борки с выходов ФТВ окажутся подключенными к двум из 18 выходов коммутатора ОЗУ-ПЗУ. Коммутатор имеет 207 выходов, 162 из которых (18×9) подключены к входам адресных частей 9 зон ОЗУ, 18 – к 18 входам адресной части инженерной зоны ИЗ, а оставшиеся 27 ($9 \times 2 + 9$) используются для управления ПЗУ. Коммутация 18 выходов ПТВ, из которых при каждом обращении возбуждены только 2, осуществляется 12 различными способами

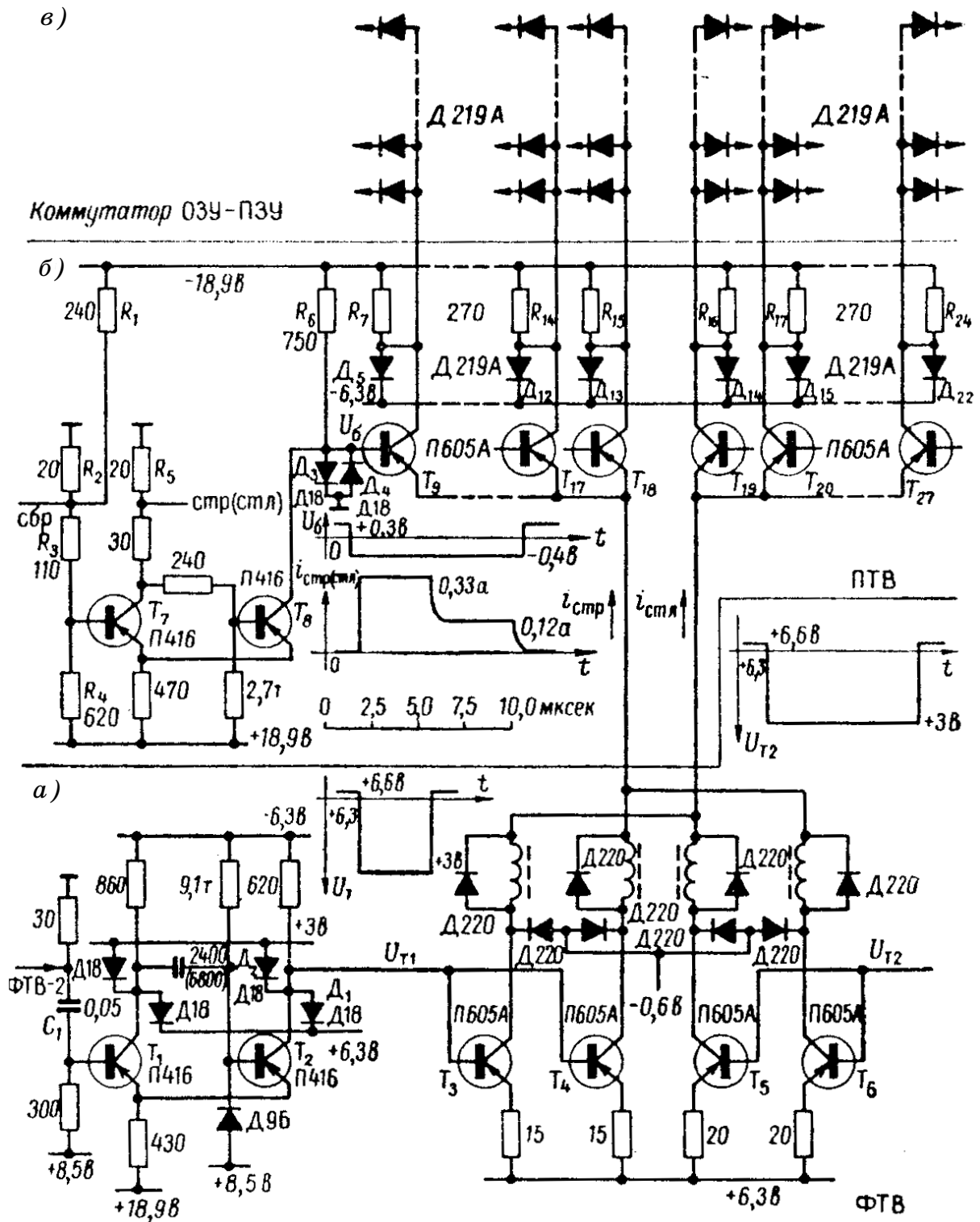


Рис. 3. Принципиальные схемы ФТВ, ПТВ и коммутатора ОЗУ-ПЗУ.

в зависимости от того, на какой из 12 ключей (9 ключей ОЗУ, 1 ключ ИЗ и 2 ключа половин ПЗУ) подан управляющий сигнал «номер зоны», «ИЗ», «ПЗУ 1» или «ПЗУ-1».

При каждом обращении срабатывает только один из перечисленных ключей. При обращении к зоне ОЗУ или к инженерной зоне импульсы токов выборки поступают на соответствующие столбец и строку матрицы координатных трансформаторов выбираемой зоны. В результате оказывается возбужденной цепь числа ячейки, с которой связан координатный трансформатор, оказавшийся на пересечении заданных столбца и строки.

ОБРАЩЕНИЕ К ПЗУ

Как было уже сказано, при обращении к ПЗУ срабатывает один из ключей, определяющих выбор требуемой половины ПЗУ. Управляющий импульс «номер зоны» в этом случае поступает не на вход одного из ключей зон ОЗУ, а на вход одного из ключей зон ПЗУ (узел, осуществляющий это переключение, на блок-схеме не показан). Выходы коммутатора ОЗУ-ПЗУ, соответствующие столбцам (9×2), выходы ключей зон ПЗУ и ключей половин ПЗУ связаны с коммутатором зон ПЗУ. Назначение этого узла состоит в следующем. Во-первых, здесь происходит преобразование импульсов тока выборки в импульсы тока, амплитуда которых имеет значение, необходимое для работы ПЗУ. Во-вторых, отсюда осуществляется возбуждение требуемого столбца выбираемой зоны ПЗУ в соответствии со значениями управляющих сигналов.

Строки всех зон ПЗУ соединены в параллель и возбуждаются от коммутатора строк ПЗУ, назначение которого состоит в том, чтобы преобразовать импульсы тока выборки, соответствующие строкам, в импульсы напряжения, требуемые для работы ПЗУ. Характер работы этого узла не зависит от того, из какой половины ПЗУ происходит считывание. Таким образом, при всяком обращении к ПЗУ оказываются возбужденными одноименные строки всех зон и один столбец требуемой зоны. В результате по опрашивающему проводу, находящемуся на пересечении этих столбца и строки, пройдет импульс тока.

Выскажем некоторые соображения в обоснование такой структуры ЗУ.

Небольшая длина слова (6 разрядов) была выбрана по следующим мотивам. С одной стороны, это дало возможность уменьшить количество оборудования в схемах формирователей разрядных токов записи (РФТЗ) и усилителей чтения (УЧ). Последние относятся к числу наиболее сложных узлов запоминающего устройства. С другой стороны, принятое число разрядов является предельным, при котором еще удастся выполнить зону ПЗУ в виде сменного блока с 30-контактным разъемом и обеспечить тем самым легкую смену содержимого любой из зон ПЗУ. Само собой разумеется, что такой путь связан с увеличением количества оборудования в адресной части ЗУ. Поэтому он будет оправдан при том условии, что инженерная реализация аппарата выборки осуществляется простыми и экономными средствами. Использование в адресной части ОЗУ матричного переключателя на сердечниках, а в ПЗУ диодной матрицы на дешевых диодах продиктовано стремлением выполнить это условие.

Разбивка всего массива оперативной памяти на зоны (в случае использования в качестве аппарата выборки внутри зоны матричного коммутатора на сердечниках) позволяет не предъявлять чрезмерно высоких требований к нагрузочной способности (по напряжению) источников токов выборки. Это связано с тем, что при такой разбивке снижается количество «полувыбранных», т. е. находящихся под воздействием только одного тока выборки, координатных трансформаторов, возбуждаемых от данного источника. Помимо снижения нагрузочной способности источников, уменьшается и число таких источников. Правда, при этом в схему приходится вводить коммутатор и управляющие им схемы (ключи ОЗУ). Если считать, что источник тока выборки и ключ равноценны по оборудованию, то можно показать, что использование разбивки в рассматриваемом случае приводит к сокращению аппаратных затрат в схеме выборки приблизительно вдвое. Отметим, что быстродействие ЗУ не снижается из-за необходимости производить коммутацию в процессе выборки. Таким образом, предельная частота обращений не зависит от того, находятся ли выбираемые ячейки в пределах одной зоны или в разных зонах.

Нетрудно заметить, что аппарату выборки ОЗУ присуща некоторая избыточность. В принципе можно было бы возбуждать, например, столбец, относящийся к выбранной зоне, и строки всех зон. Резкое возрастание числа «полувыбранных» координатных трансформаторов и связанная с этим необходимость увеличить нагрузочную способность источников, возбуждающих строки, явились причинами, но которым такая структура цепей выборки не была реализована. Вместе с тем в ПЗУ, где для выборки в пределах зоны служит диодная матрица, таких ограничений не существует и такой избыточности нет.

Как следует из описания функционирования устройства в режиме обращения к ПЗУ, в этом случае работает тот же аппарат выборки столбцов и строк, что и при обращении к ОЗУ (ПТВ). Коммутация зон ПЗУ происходит по двум уровням. С одной стороны, выбор необходимой половины зон ПЗУ выполняется подобно выбору зоны ОЗУ (ключи половин ПЗУ аналогичны по устройству ключам зон ОЗУ). С другой стороны, выбор зоны ПЗУ в пределах данной половины, осуществляется более простыми, по сравнению с коммутатором и ключами зон ОЗУ, устройствами – коммутатором и ключами зон ПЗУ. Это объясняется тем, что для возбуждения ПЗУ необходимы существенно меньшие токи и напряжения, чем для возбуждения ОЗУ. Такая двухуровневая структура аппарата выборки ПЗУ позволяет использовать для управления ЗУ один набор сигналов «номер зоны» независимо от того, к какой части запоминающего устройства производится обращение.

Отметим, что большая часть оборудования в схеме выборки связана с выполнением обращения к ОЗУ. Это оборудование осталось бы без изменений и в том случае, если бы ПЗУ не входило в состав устройства. Таким образом, можно сказать, что в описываемой разработке удалось существенно расширить возможности запоминающего устройства за счет добавления ПЗУ при незначительном усложнении обслуживаемых схем. Это соображение тем более справедливо и по отношению к оборудованию разрядной части устройства – о возможности ограничиться одним комплектом усилителей чтения для ОЗУ и ПЗУ уже говорилось.

При разработке обслуживающих схем основное внимание было обращено на то, чтобы обеспечить высокую надежность работы запоминающего устройства и стабильность тех параметров импульсов тока выборки, которые имеют существенное значение для правильного функционирования. Вместе с тем было желательным не допустить неоправданного усложнения схем, обеспечив в то же время не критичность их к разбросу параметров используемых деталей (в первую очередь транзисторов).

Специфика данного запоминающего устройства заключается, в частности, в том, что процессор машины, для которой оно предназначено, выполнен на логических элементах типа быстродействующих магнитных усилителей, питаемых импульсами тока [5]. Характерной особенностью устройств, выполненных на таких элементах, является сравнительно невысокое быстродействие (в рассматриваемом случае тактовая частота логической части составляет 200 кГц). Это обстоятельство упрощает временную привязку всего цикла работы ЗУ и его отдельных этапов к циклу процессора. Другая особенность состоит в своеобразии сигналов (управляющих и информационных), поступающих из процессора в запоминающее устройство (и обратно). Сигналы, получаемые с выходов типовых логических элементов, представляют собой трапецеидальные импульсы тока положительной или отрицательной полярности с амплитудой 50 мА. Длительность импульсов сильно зависит от величины сопротивления нагрузки; при этом максимальное значение этого сопротивления, соответствующее наименьшей длительности, как правило, не должно превышать 30–50 Ом. Питание логических элементов осуществляется от двухфазной системы тактовых импульсов. Таким образом, при указанном значении тактовой частоты можно достаточно просто получать управляющие импульсы, сдвинутые друг относительно друга на четвертую часть полного цикла работы ЗУ (10 мкс). В тех редких случаях, когда для управления ЗУ требовались сигналы, временное положение которых отличается от приведенного, производилось алгебраическое сложение двух одновременных импульсов тока различной полярности и различной длительности. Изменяя последнюю, можно получить импульс любой полярности практически на любом этапе цикла. Таким способом формируются сигналы «ФТВ-1», «ФТВ-2» и «сбр».

ФОРМИРОВАТЕЛЬ ТОКОВ ВЫБОРКИ (ФТВ)

Принципиальная схема ФТВ приведена на рис. 3, а. Формирователь содержит два транзисторных кипп-реле, запускаемых и сбрасываемых сигналами «ФТВ-1» и «ФТВ-2», и 4 транзистора-формирователя импульсов тока. (На рисунке показано только одно кипп-реле, содержащее транзисторы T_1 и T_2 .) Кипп-реле выполнено по схеме с эмиттерной связью; в отсутствие возбуждающих импульсов транзистор T_2 отперт и напряжение на его коллекторе фиксировано диодом D_1 на уровне +6,6 В. После того как на базу запертого T_1 через конденсатор C_1 поступит отрицательный запускающий импульс, состояние схемы изменится: запертым окажется T_2 , а напряжение на его коллекторе, фиксированное диодом D_2 , будет иметь величину +3 В. Это состояние схемы сохранится до того момента, когда на базу T_1 поступит положительный сбрасывающий импульс. В случае, если сбрасывающий импульс

почему-либо не поступит, схема возвратится в исходное положение самостоятельно. Сформированный таким образом отрицательный импульс напряжения, эпюра которого приведена на схеме (U_{T1}), поступит на базы транзисторов T_3 , T_4 , назначение которых заключается в том, чтобы сформировать импульс тока требуемой амплитуды. Второе кipp-реле ФТВ, не показанное на схеме, срабатывает от сигнала «ФТВ-2». Формируемый им импульс напряжения U_{T2} , обладающий большей по сравнению с U_{T1} длительностью, поступает на базы транзисторов T_5 и T_6 . Их функции аналогичны функциям T_3 и T_4 . Транзисторы T_3 , T_4 , T_5 и T_6 нормально заперты вследствие того, что напряжение на их базах (+ 6,6 В) несколько более положительно по отношению к напряжению на их эмиттерах (+6,3 В). При поступлении отрицательных импульсов с кipp-реле в коллекторной цепи каждого транзистора начинает протекать ток, величина которого пропорциональна (при заданной амплитуде открывающего импульса) сопротивлению в цепи эмиттера. Коллекторные цепи транзисторов-формирователей широкого и узкого импульсов попарно объединяются. В результате в двух каналах, которыми ФТВ связан с последующей схемой, формируются импульсы тока $i_{стр}$ и $i_{стл}$ требуемой ступенчатой конфигурации. Назначение дросселей и связанных с ними диодов в коллекторных цепях T_3 , T_4 , T_5 и T_6 состоит в том, чтобы увеличить длительности задних фронтов импульсов тока (узкого и широкого).

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ТОКОВ ВЫБОРКИ (ПТВ)

Принципиальная схема ПТВ приведена на рис. 3, б. ПТВ связан со схемой ФТВ и получает от нее два импульса тока выборки ступенчатой формы по двум каналам. Функции ПТВ заключаются в том, чтобы выдать импульсы тока выборки по двум (из 18) выходным каналам в соответствии с номерами требуемых строки и столбца. Основной частью ПТВ являются 18 транзисторов, разделенных на две группы: $T_9 - T_{18}$ и $T_{19} - T_{27}$. Эмиттеры транзисторов в каждой группе соединены друг с другом и с одной из шин, связывающих ПТВ с ФТВ. Каждая девятка транзисторов представляет собой девятиканальный переключатель тока. Переключение осуществляется следующим образом. До поступления управляющих импульсов напряжение на базах всех транзисторов имеет величину +0,3 В. Приблизительно за 0,5 мкс до поступления тока выборки $i_{стр(стл)}$ напряжение на базе одного из транзисторов в каждой девятке, соответствующего выбираемой строке (столбцу), становится равным -0,4 В. Таким образом, создаются условия для того, чтобы импульс тока выборки протекал в цепи эмиттера именно того транзистора, напряжение на базе которого в данный момент отрицательно, поскольку эмиттерные переходы остальных 8 транзисторов в этой ситуации заперты. После окончания импульса тока выборки напряжение на базе транзистора приобретает первоначальное значение. Эпюра напряжения на базе U_6 приведенная на рис. 3, б, соответствует пропусканию импульса тока через T_9 . Формирование отрицательных импульсов на базах транзисторов-переключателей осуществляется с помощью триггеров. Для упрощения чертежа на рис. 3, б показан только один триггер, содержащий транзисторы T_7 и T_8 . Триггер выполнен по схеме с эмиттерной связью; его нормальное состояние характеризуется протеканием тока через транзистор T_8 . Установка в это состояние осущес-

твляется сигналом «сбр», поступающим в конце каждого обращения к ЗУ. Цепь, по которой происходит установка, содержит сопротивления R_1, R_2, R_3, R_4 и является общей для всех 18 триггеров ПТВ. Величина тока, протекающего через T_8 , выбрана с таким расчетом, чтобы по диоду D_3 , подключенному к базе T_9 , протекал в прямом направлении ток около 10 мА. Тем самым обеспечивается положительное (относительно земли) напряжение на базе T_9 . Запуск триггера производится положительным импульсом напряжения, возникающим на сопротивлении R_5 в результате протекания по нему импульса тока «стр(стл)» положительной полярности. В результате транзистор T_8 переходит в запертое состояние, и напряжение на базе T_9 определяется падением напряжения на диоде D_4 , возникающим благодаря тому, что через него протекает ток (около 25 мА), задаваемый сопротивлением R_6 . Диоды D_5-D_{22} не позволяют коллекторному потенциалу транзисторов возрасти выше уровня $-6,3$ В; это необходимо для того, чтобы предотвратить насыщение T_9-T_{27} на начальном этапе протекания импульсов тока выборки, когда падение напряжения на выбираемой цепи (строке, столбце) имеет наибольшее значение. Следует отметить, что и на любом другом этапе цикла ЗУ режим транзисторов ПТВ характеризуется отсутствием насыщения. Таким образом обеспечивается высокое внутреннее сопротивление источников токов выборки, что особенно необходимо при формировании обратного тока в цепи числа [4]. Сопротивления R_7-R_{24} осуществляют привязку выходных шин ПТВ к уровню $-18,9$ В. Одновременно эти сопротивления служат для демпфирования паразитных осцилляций в нагрузке.

КОММУТАТОР ОЗУ-ПЗУ

Коммутатор ОЗУ-ПЗУ, изображенный на рис. 3, в, содержит в себе две диодные матрицы (9×12 и 9×11). Первая матрица используется для коммутации импульсов тока выборки, соответствующих столбцам, вторая – строкам. Как следует из описания работы блок-схемы и ПТВ, при всяком обращении к запоминающему устройству импульсы токов выборки проходят от двух выходов ПТВ через строку и столбец выбираемой зоны или схемы, связанные с ПЗУ, к одному из 12 ключей.

КЛЮЧИ ОЗУ

Принципиальная схема одного ключа ОЗУ показана на рис. 4. Такое же устройство имеют ключи, осуществляющие коммутацию инженерной зоны и половин ПЗУ. Для работы коммутатора ОЗУ-ПЗУ необходимо, чтобы напряжение на выходах неизбранных ключей было около -6 В; напряжение на выходе ключа, связанного с выбираемой зоной, должно составлять -16 В. Основным элементом ключа – транзистор T_1 . Напряжение на его базе и мало отличающееся от него напряжение на эмиттере фиксируется диодами D_1 или D_2 соответственно на уровнях $-6,3$ В или -16 В. В отсутствие управляющего импульса тока осуществляется фиксация на уровне $-6,3$ В благодаря тому, что через D_1 проходит ток, задаваемый сопротивлением R_3 . Включение ключа (т. е. изменение напряжения на его выходе с -6 В до -10 В) происходит в результате того, что управляющий импульс тока «номер зоны» поступает в пер-

вичную обмотку трансформатора Тр. Ток, протекающий вследствие этого по вторичной обмотке трансформатора, включенной между базой и эмиттером T_1 , по мере нарастания сначала приводит к прекращению тока, ранее протекавшего через диод D_1 , а затем начинает увеличивать ток базы T_1 . Это вызывает возрастание тока, текущего через транзистор T_1 , и снижение напряжения на его эмиттере (выходе ключа). После того как напряжение на базе (и на эмиттере) T_1 достигает величины $-16 В$, открывается диод D_2 , анод которого подключен к уровню $-16 В$. Это обстоятельство препятствует дальнейшему изменению напряжения на выходе ключа, и оно остается на уровне, близком к $-16 В$. В результате включения ключа на его выход поступает импульс тока, являющийся суммой импульсов токов выборки строки и столбца ($i_{стр} + i_{стл}$). После окончания управляющего импульса тока состояние «включено»

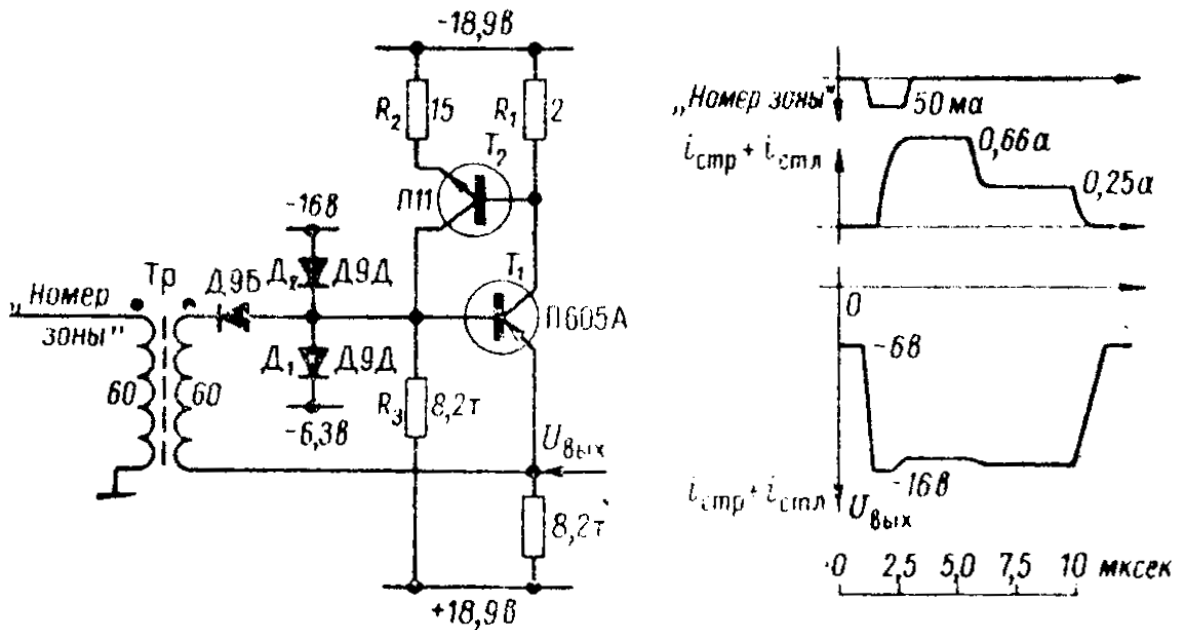


Рис. 4. Принципиальная схема ключа зон ОЗУ.

поддерживается за счет самого коммутируемого тока. Для этого в схеме имеется цепь положительной обратной связи, включающая в себя транзистор T_2 и сопротивления R_1, R_2 . Сигнал обратной связи, пропорциональный коммутируемому току, снимается с сопротивления R_1 , включенного последовательно в коллекторную цепь T_1 . Этот сигнал управляет током транзистора T_2 , коллектор которого соединен непосредственно с базой T_1 . Ток T_2 обеспечивает открытое состояние диода D_2 и фиксацию базы T_1 на уровне $-16 В$ после того, как управляющий импульс тока уже окончился. Такое положение сохраняется до тех пор, пока существует ток в выходной цепи ключа. С окончанием коммутируемого импульса ключ возвращается в исходное состояние. Эпюры напряжений и токов в различных частях схемы приведены на рис. 4. Для нормального функционирования ключа необходимо, чтобы управляющий и коммутируемый импульсы несколько перекрывались по времени. Отметим, что несмотря на наличие в схеме трансформатора, новое срабатывание ключа может происходить практически сразу после предшествующего. Это связано с тем, что трансформатор используется только для подачи управляющего им-

пульса тока. В остальное время ключ работает, по сути дела, как триггер на транзисторах с проводимостью разного типа. Поскольку схема не содержит реактивностей, она может работать со скважностью, практически равной 1.

КОММУТАТОР ЗОН ПЗУ

На рис. 5 представлена принципиальная схема коммутатора зон ПЗУ и связанных с ней схем ключей зон ПЗУ и коммутатора строк ПЗУ. Функция коммутатора зон ПЗУ заключается в том, чтобы, получив от коммутатора

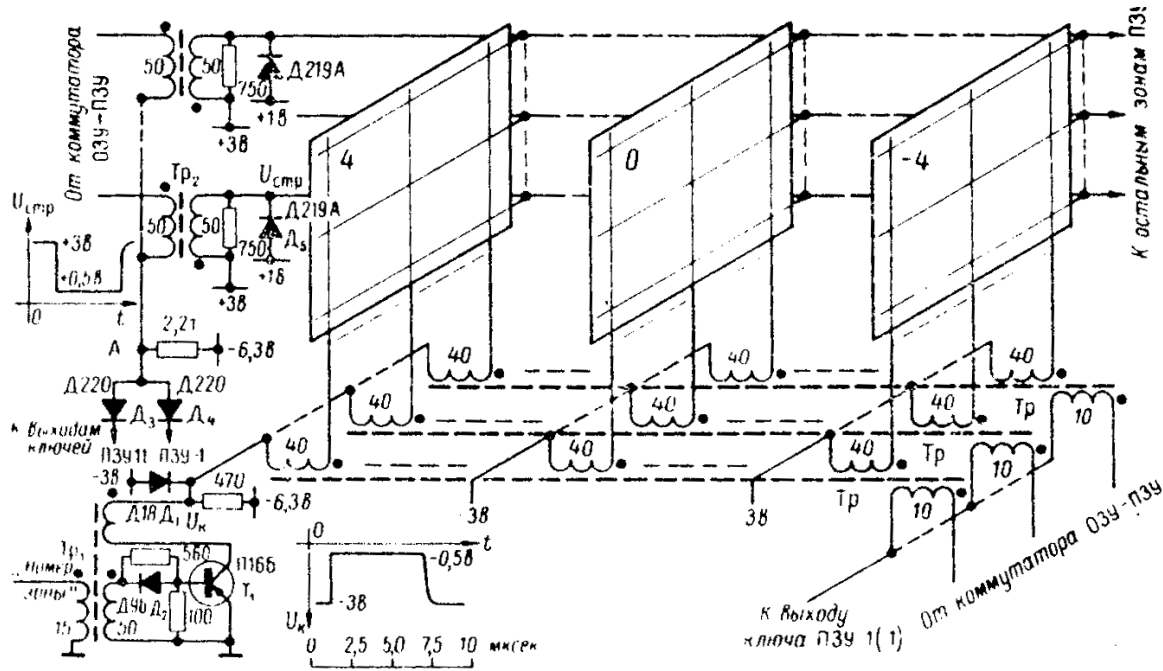


Рис. 5. Принципиальные схемы коммутатора зон, ключей зон и коммутатора строк ПЗУ.

ОЗУ-ПЗУ импульс тока выборки*, соответствующий столбцу, выдать импульс тока необходимой амплитуды (50 мА) в требуемый столбец, диодной матрицы выбираемой зоны ПЗУ. Коммутатор ПЗУ управляется, с одной стороны, выходами коммутатора ОЗУ-ПЗУ и ключами ПЗУ 1 и ПЗУ-1 и, с другой стороны, ключами зон ПЗУ. Включение последних осуществляется сигналами «номер зоны», которые при обращении к ПЗУ переключаются со входов ключей зон ОЗУ на входы ключей зон ПЗУ. Коммутатор состоит из двух одинаковых частей, каждая из которых связана с определенной половиной зон ПЗУ. Обе части коммутатора имеют одинаковое устройство и управляются одним комплектом ключей зон ПЗУ. Основной частью коммутатора является трансформатор Тр, содержащий одну первичную и девять вторичных обмоток. На рис. 5 для упрощения чертежа показаны 3 из 9 трансформаторов, входящих в состав одной из двух частей, составляющих коммутатор. Общая точка, объединяющая одноименные концы первичных обмоток 9 трансформаторов, соединена с выходом ключа ПЗУ1 (ПЗУ-1).

* Поскольку для выборки из ПЗУ не требуется, чтобы ток выборки имел ступенчатую форму, в этом режиме сигнал «ФТВ-2» из процесса не выдается и триггер в схеме ФТВ (рис. 3, а), формирующий широкий импульс, не возбуждается.

Другие концы первичных обмоток связаны с соответствующими выходами коммутатора ОЗУ-ПЗУ. Коммутация первичных обмоток 9 трансформаторов осуществляется совершенно аналогично коммутации 9 столбцов зоны ОЗУ. Наличие нескольких вторичных обмоток даст возможность обеспечить передачу импульса тока выборки из первичной обмотки в одну из нескольких возможных цепей.

В верхней части рис. 5 условно показаны 3 из 9 зон ПЗУ, связанных с данной частью коммутатора зон ПЗУ. Как видно из схемы, концы вторичных обмоток одного трансформатора подключены к одноименным столбцам диодных матриц, входящих в состав каждой зоны ПЗУ. Работа ключей зон ПЗУ и коммутатора строк будет рассмотрена позднее. Для понимания работы коммутатора необходимо знать, что напряжение на выходе невозбужденных ключей зон ПЗУ равно $-3 B$, а на выходе ключа выбираемы зоны $-0,5 B$. Напряжение на невозбужденной строке диодной матрицы зоны составляет $+3 B$. Выбираемая строка имеет потенциал около $+0,5 B$. Напомним, что одновременно может быть возбуждена только одна строка и один из ключей. В ситуации, представленной эппюрами на рис. 5, осуществляется выбор ячейки ПЗУ, расположенной на перекрестье нижней строки и крайнего левого столбца зоны ПЗУ, имеющей номер 4. Легко убедиться, что при этом матричные диоды, находящиеся в невыбранных перекрестьях, заперты либо со стороны анода напряжением $-3 B$ с выхода ключа зон, либо со стороны катода напряжением $+3 B$ с выхода коммутатора строк, либо, наконец, тем и другим одновременно. Минимальное запирающее напряжение $1 B = 0,5 B + 0,5 B$ прикладывается к единственному диоду, который связан с опрашивающим проводом выбираемой ячейки. Таким образом, при поступлении импульса тока выборки в первичную обмотку трансформатора замкнутой окажется лишь цепь той из его вторичных обмоток, где диод находится под наименьшим запирающим напряжением. Отметим, что запирающее напряжение такой же величины прикладывается к диодам, которые находятся в цепях вторичных обмоток невозбужденных трансформаторов. Запирание этих диодов предотвращает шунтирование избранной цепи другими опрашивающими цепями. Трансформатор выполнен повышающим, таким путем достигается получение импульса тока необходимой амплитуды на выходе коммутатора.

КЛЮЧИ ЗОН ПЗУ

Принципиальная схема одного из ключей зон ПЗУ представлена в нижней части рис. 5. Транзистор T_1 нормально заперт. В этом состоянии ключа напряжение на его выходе фиксируется диодом D_1 на уровне $-3 B$. Включение ключа происходит при подаче в первичную обмотку трансформатора Tr_1 импульса тока «номер зоны». Вторичная обмотка Tr_1 через диод D_2 соединена с базой T_1 ; ток, возникающий в этой цепи, вызывает насыщение T_1 и напряжение на выходе ключа повышается до величины $-0,5 B$ (падение на участке коллектор – эмиттер). В дальнейшем состояние «включено» обеспечивается самим коммутируемым током за счет положительной обратной связи. Обратная связь осуществляется через специальную обмотку трансформатора, включенную последовательно в коллекторной цепи.

КОММУТАТОР СТРОК ПЗУ

Принципиальная схема коммутатора строк ПЗУ изображена в левой части рис. 5. Коммутатор преобразует импульсы тока выборки ($i_{стр}$) в импульсы напряжения, необходимые для коммутации ПЗУ. Схема не содержит активных элементов. Основной ее частью является трансформатор Tr_2 (для упрощения чертежа на рис. 5 показаны два из девяти трансформаторов). Напряжение на невозбужденном выходе коммутатора имеет величину $+3 В$. Как уже говорилось, коммутатор строк ПЗУ формирует импульс напряжения на выбираемой строке независимо от того, к какой из половин ПЗУ происходит обращение. Для этого общая точка первичных обмоток всех трансформаторов (точка A) соединяется с выходами обоих ключей – ПЗУ 1 и ПЗУ-1 через разделительные диода D_3 и D_4 . При поступлении импульса тока выборки на один из входов коммутатора ток, возникающий в цепи вторичной обмотки трансформатора, открывает диод D_5 , и напряжение на соответствующем выходе фиксируется на уровне $+0,5 В$.

УСИЛИТЕЛЬ ЧТЕНИЯ (УЧ)

В рассматриваемом запоминающем устройстве реализован способ распознавания хранимой информации не по ЭДС считанного сигнала, а по его вольтсекундному интегралу. Обсуждению достоинств такого способа распознавания посвящена работа [6]. Там же приводится принципиальная схема усилителя и излагаются особенности ее расчета.

РАЗРЯДНЫЕ ФОРМИРОВАТЕЛИ ТОКОВ ЗАПИСИ (РФТЗ)

Назначение РФТЗ состоит в формировании импульсов тока записи, амплитуда которых составляет $0,3 А$, в разрядных проводах, проходящих через числовые сердечники ОЗУ. Формирователи управляются импульсами тока различной полярности, поступающими с выходов типовых логических элементов, и выдают в соответствующую разрядную цепь импульсы тока записи, полярность которых определяется значением записываемого троичного разряда. Принципиальная схема РФТЗ изображена на рис. 6.

Формирователь состоит из двух одинаковых частей (транзисторы T_1 и T_2); каждая часть обеспечивает выдачу импульса определенной полярности. Пока управляющий импульс i_p не подан, оба транзистора РФТЗ заперты по базе напряжением $+1 В$. Если в первичную обмотку входного трансформатора Tr_1 поступит импульс тока положительной полярности, то произойдет отпирание T_1 и напряжение на его базе понизится (диод D_1 по которому ранее протекал ток, задаваемый сопротивлением R_1 , при этом запрется).

Снижение напряжения на базе T_1 ограничивается величиной $-6,6 В$ благодаря фиксирующему действию диода D_2 . В результате отпирания T_1 в его коллекторной цепи и связанной с ней обмотке выходного трансформатора Tr_2 возникнет импульс тока. Управляющий импульс отрицательной полярности вызывает отпирание T_2 и формирование импульса тока в другой обмотке Tr_2 . Эпюры, иллюстрирующие работу схемы, приведены на рис. 6. Включение об-

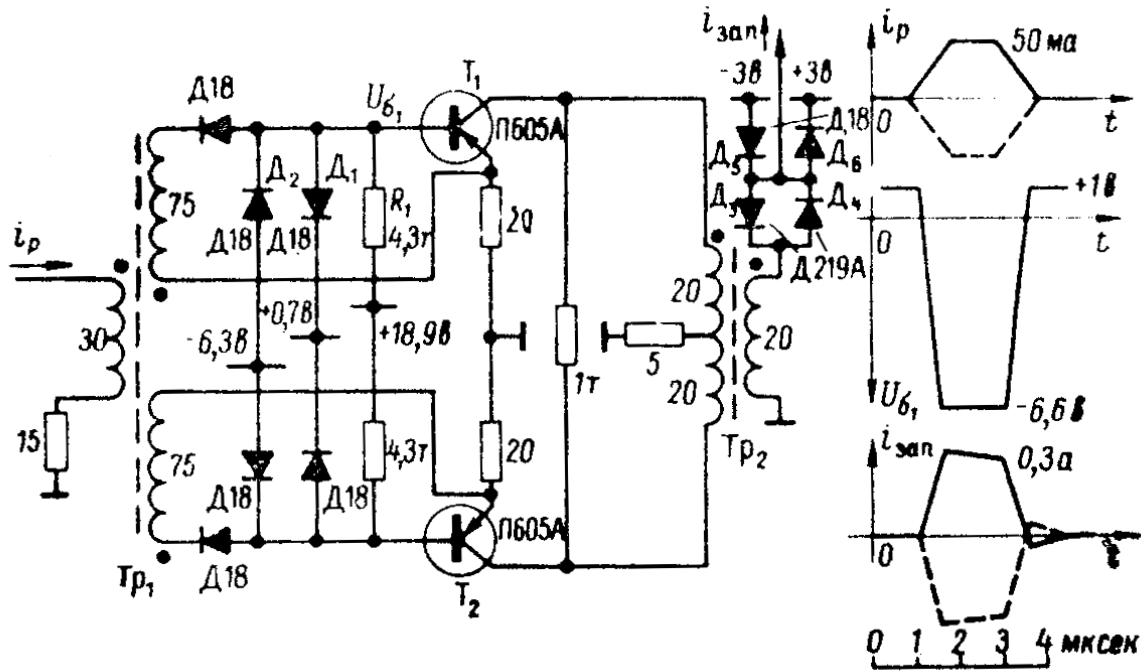


Рис. 6. Принципиальная схема РФТЗ.

моток выполнено таким образом, что полярность импульса тока записи $i_{\text{зап}}$ в разрядной цепи соответствует полярности импульса i_p . Диоды D_3, D_4 , включенные последовательно в цепь нагрузки, служат для того, чтобы исключить смещение нулевого уровня тока при частом следовании импульсов $i_{\text{зап}}$ одной полярности. Диоды D_5 и D_6 ограничивают амплитуду всплесков напряжения на разрядном проводе. Это, с одной стороны, стабилизирует длительности переднего и заднего фронтов импульса тока $i_{\text{зап}}$ и, с другой стороны, предотвращает «забивание» усилителя чтения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.П. Брусенцов, В.В. Веригина, С.П. Маслов. Способ записи информации в постоянном запоминающем устройстве. Авторское свидетельство № 170745.
2. В.В. Веригин, Н.С. Карцева, С.П. Маслов. Способ записи кодов. Авторское свидетельство № 145391.
3. С.П. Маслов. В сб.: Вычислительная техника и вопросы кибернетики, вып. 7. Изд. МГУ, 1970, стр. 34–52.
4. С.П. Маслов. В сб.: Магнитные цифровые элементы и устройства. Изд. МГУ, 1966, стр. 160–185.
5. Н.П. Брусенцов. В сб.: Магнитные цифровые элементы. Изд. «Наука», 1968, стр. 112–116.
6. С.П. Маслов, В.П. Розин. В сб.: Вычислительная техника и вопросы кибернетики, вып. 7. Изд. МГУ, 1970, стр. 134–150.

Статья поступила в редакцию 2 февраля 1970 г.