

УДК 681.327.6

Бахир А.И.
 Беляев В. Г.
 Ростовцев И.К.
 Симхес В.Я.
 Смирнов Г.Д.
 Темкин М.Б.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ЗАПОМИНАЮЩЕГО
 УСТРОЙСТВА МОДЕЛИ ЕС-1020

Рассматриваются особенности и принципы построения основных узлов постоянного запоминающего устройства трансформаторного типа с кодовыми картами в качестве носителя информации. Приводятся результаты, полученные при проектировании и производстве устройства.

В электронных вычислительных машинах содержатся большие массивы редко изменяющейся информации, необходимой для управления, диагностики, эмуляции и других функций. Использование для хранения такой информации постоянных запоминающих устройств (ПЗУ) позволяет повысить производительность и экономичность ЭВМ

К ПЗУ были предъявлены следующие основные требования:

информационная емкость	8192 слова;
разрядность слова	64 бит;
время выборки	650 нс;
цикл	~ 1000 нс

Кроме того, задавался ряд специфичных требований, обусловленных структурой, назначением и особенностями проектирования и производства ЕС-1020.

ЕС-1020 является машиной, программно совместимой со старшими моделями ЕС ЭВМ, математическое обеспечение которых разрабатывается. По мере ввода новых моделей ЕС ЭВМ будет корректироваться математическое обеспечение всех моделей, а следовательно, и содержимое ПЗУ ЕС-1020. Эти изменения потребуются проводить как на производстве, так и у потребителя. Кроме того, ведутся большие работы по углублению диагностики отказов ЕС-1020 и других моделей ЕС ЭВМ, развитие которых также повлечет корректировку информации. Наконец, сам процесс проектирования ЭВМ неизбежно связан с большими изменениями.

Поэтому при выборе способа построения ПЗУ в качестве решающего фактора принималась необходимость значительных изменений информации в ПЗУ на всех этапах создания и эксплуатации ЭВМ. Требовалось, чтобы разработчик ЭВМ, производитель и потребитель могли произвести собственными средствами. Существенное влияние на выбор типа ПЗУ имели и производственные требования, такие как [1]:

- технологичность;
- возможность организации автоматизированных процессов;
- взаимозаменяемость узлов;
- устойчивость узлов и ПЗУ в целом к разбросу параметров компонентов.

Наконец, значительную роль играли системные требования: возможность модернизации ЭВМ путем повышения скорости ПЗУ и наличие двух видов обслуживания: централизованного и индивидуального.

В результате сопоставления всех указанных требований и доступных средств их реализации были выбраны следующие основные принципы построения ПЗУ:

- | | |
|---|--|
| тип носителя информации | трансформаторный;
металлизированная
кодовая карта; |
| основной способ нанесения информации на карту | фотохимический, с помощью негатива или программноуправляемых координатографов со световым лучом. |

Для хранения постоянной информации используются весьма разнообразные физические явления. Известны ПЗУ, работающие на основе гальванической, индуктивной, емкостной связи между элементами; разрабатываются и начинают внедряться оптические и электронно-оптические устройства.

Наибольшее распространение сейчас получили так называемые трансформаторные ПЗУ, в которых хранение

двоичной информации основано на различном по величине или фазе взаимодействии между входными и выходными обмотками трансформатора. Трансформаторные ПЗУ обладают такими достоинствами, как низкая стоимость, большая плотность информации, высокие быстродействие, надежность, и могут быть освоены заводами без введения принципиально новых технологических процессов и длительной подготовки производства. Все эти качества трансформаторных ПЗУ делают их привлекательными в целом ряде применений.

Возможны два способа построения трансформаторных ПЗУ. По первому способу один ферритовый сердечник используется для хранения многих разрядов одного слова (запись информации производится с помощью выходных обмоток); по второму способу один сердечник хранит один разряд многих слов (запись информации осуществляется с помощью входных обмоток).

Устройства с одним сердечником на разряд в настоящее время фактически вытеснили устройства с одним сердечником на слово, главным образом, благодаря более удобной смене информации, возможности применения сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса.

Фиксация информации в запоминающих устройствах трансформаторного типа достигается определенным взаимным расположением входных и выходных обмоток относительно элементов индуктивной связи — сердечников, и в этом смысле под носителем информации понимаются входные или выходные обмотки.

В качестве элементов индуктивной связи в трансформаторных ПЗУ используются кольцевые, разрезные и разъемные сердечники. Разъемные сердечники, несмотря на известные трудности сопряжения составных частей магнитопровода, представляются наиболее приемлемыми при крупносерийном производстве по следующим причинам:

- запоминающий блок разделяется на механически несвязанные узлы;

- выделяются в отдельные операции процессы изготовления карт.

В ПЗУ применен разъемный П-образный сердечник марки 1500НМЗ-8, обладающий хорошими частотными свойствами, высокой температурной стабильностью, возможностью полного перекрытия потока и приемлемыми габаритными размерами.

Однако из-за удлиненной формы сердечника создается значительный поток рассеяния, который ухудшает быстродействие и соотношение сигнал-помеха. Кроме того, величина сигнала зависит от положения опрашиваемого провода в окне сердечника.

Для уменьшения потоков рассеяния введено экранирование сердечников незамкнутым слоем меди. Слой меди наносится на сердечник электролитическим способом. Экспериментально установлено, что при толщине медного экрана 15-20 мк разброс величины выходного сигнала от положения опрашиваемого провода практически отсутствует, а время переходных процессов, как это видно из рис.1, уменьшается в 1,5-2 раза [2].

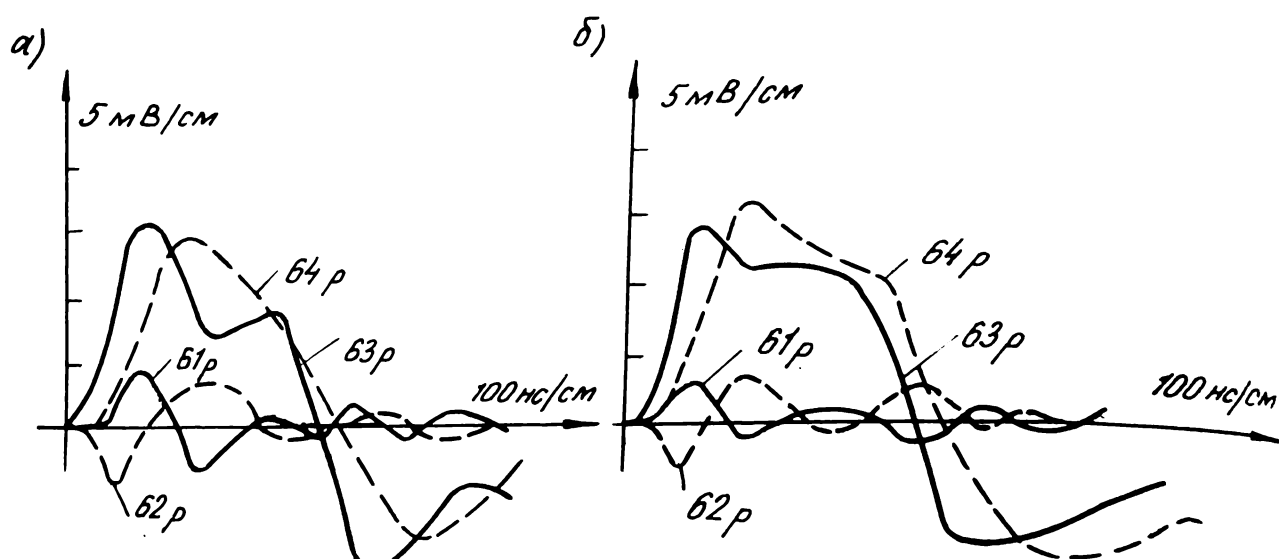


Рис.1. Осциллограммы считанных сигналов при неблагоприятном распределении информации:
 а - сердечники не экранированы; б - сердечники экранированы

В связи с тем, что устройство предназначено для использования в машине широкого применения, серьезное внимание было уделено способу занесения информации на кодую карту.

Кодовая карта представляет собой тонкую изоляционную основу с нанесенной на нее методами печатного монтажа информационными проводниками. На карте размещаются четыре полноразрядных слова (два последовательно и два параллельно), т.е. 256 бит информации. Ширина металлизированного кодового проводника равна 0,5 мм.

В ПЗУ используются два вида кодовых карт - универсальные и специализированные, различающиеся способом изготовления и конфигурацией проводников (рис.2). Информация на универсальную карту заносится перфорацией проводников на заготовке, в которой предусмот-

рены проводники для фиксации и единиц, и нулей. Информация на специализированную карту заносится с помощью маски при экспонировании заготовки.

Для изготовления специализированных карт необходимо большее количество негативов или координатографов, что, конечно, усложняет производство карт. Вместе с тем, такой способ изготовления их исключает ошибки в информации, а также механические повреждения, неизбежные при перфорации. Поэтому на специализированные карты заносится основной объем информации при производстве ПЗУ, а на универсальные – при изменении информации у потребителя.

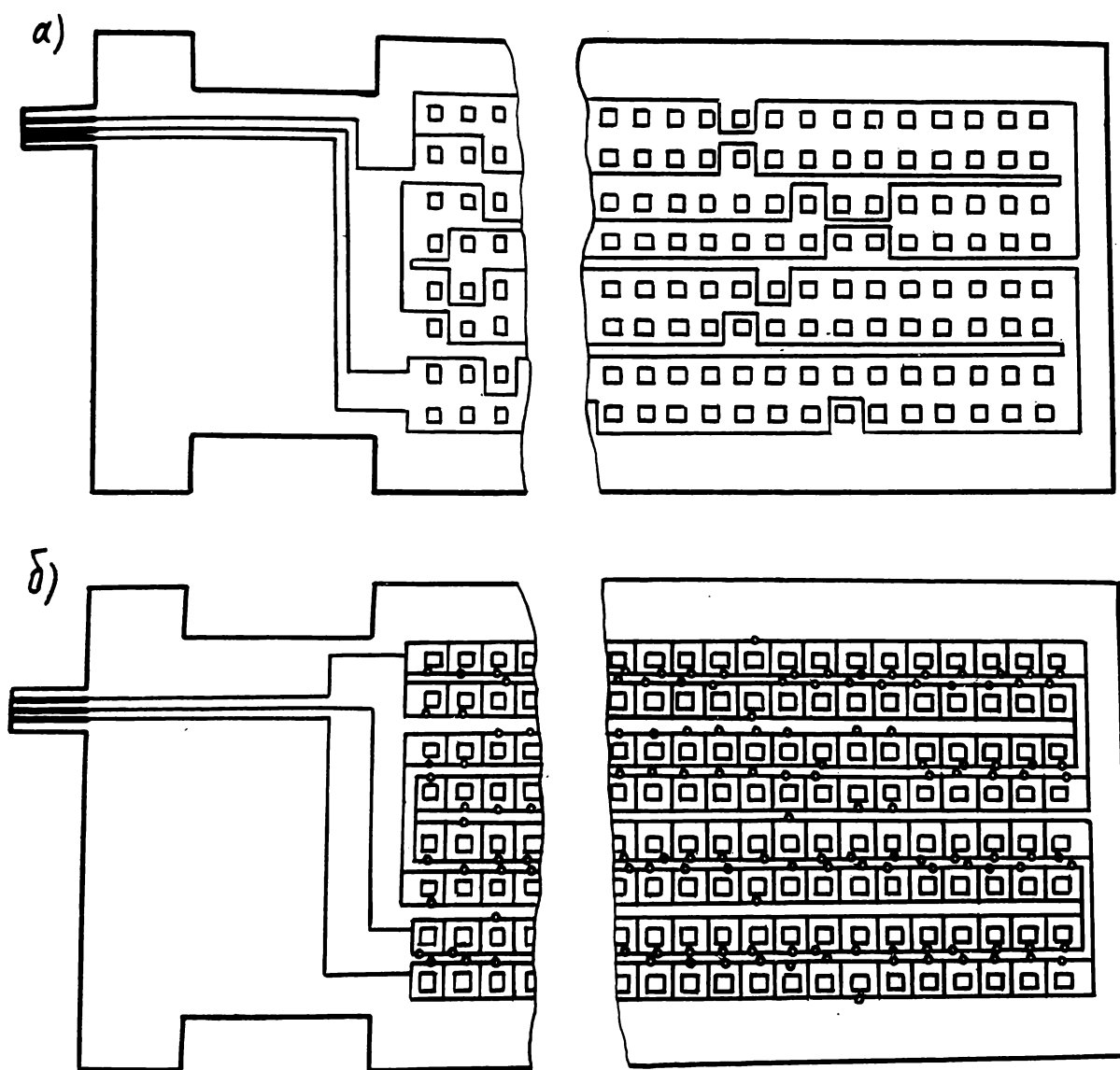


Рис.2. Типы кодовых карт:

а – специализированная; б – универсальная

Выбранные принципы и компоненты позволили вы-
полнить требования, предъявленные к ПЗУ.

Естественно, что наиболее желательными из ПЗУ являются такие, в которых достигается минимум оборудования и минимальные габариты. В трансформаторных ПЗУ большого объема и высокого быстродействия минимизация оборудования, как правило, ограничивается ростом внутренних помех, обусловленных паразитными емкостями, и вызываемой ими потерей работоспособности устройства в целом.

При создании ПЗУ ЕС-1020 были реализованы схемно-технические решения, направленные на устранение указанных противоречий.

Во-первых, в оконечной ступени дешифратора адреса применена транзисторная матрица, изображенная на рис. 3, что позволило подсоединить один конец каждой входной обмотки к общей точке - источнику питания и избавиться от помехи, связанной с коммутацией шин выборки.

Во-вторых, в каждой числовой линейке входные обмотки включены таким образом, что общая точка половины из них расположена со стороны сердечника младшего разряда, а общая точка другой половины - со стороны сердечника старшего разряда [3].

Такое включение входных обмоток снижает уровень помех в 1,5-2 раза, так как наибольшие по величине помехи находятся в разрядах, расположенных у общей точки.

Объем оборудования устройства существенно зависит от числа координат, обслуживаемых одним усилителем, а также от способа подключения к нему выходных обмоток сердечников. Выходные обмотки сердечников одноименных разрядов всех числовых линеек соединяются параллельно [4], это сокращает оборудование и повышает устойчивость информационного блока к межкарточным емкостям и разбросу параметров тракта считывания. Кроме того, в каждой паре числовых линеек содержится одинаковое количество встречно и согласно соединенных обмоток. Комбинированное включение выходных обмоток ослабляет паразитные токи, которые возникают из-за возбуждения адресных проводников невыбранных числовых линеек [5].

В качестве материала для кодовых карт предполагалось использовать фольгированный фторопласт ФДФ-3М, обладающий высокими электрическими и механическими параметрами [6], однако достижение требуемых механических характеристик встречается в производстве значительные трудности. В связи с этим для изготовления кодовых карт был применен фольгированный стеклотекстолит ФДМЭ-1, лишенный указанных недостатков, но имеющий худшие электрические параметры: диэлектрическая проницаемость материала ФДФ-3М в 2-3 раза больше, чем у ма-

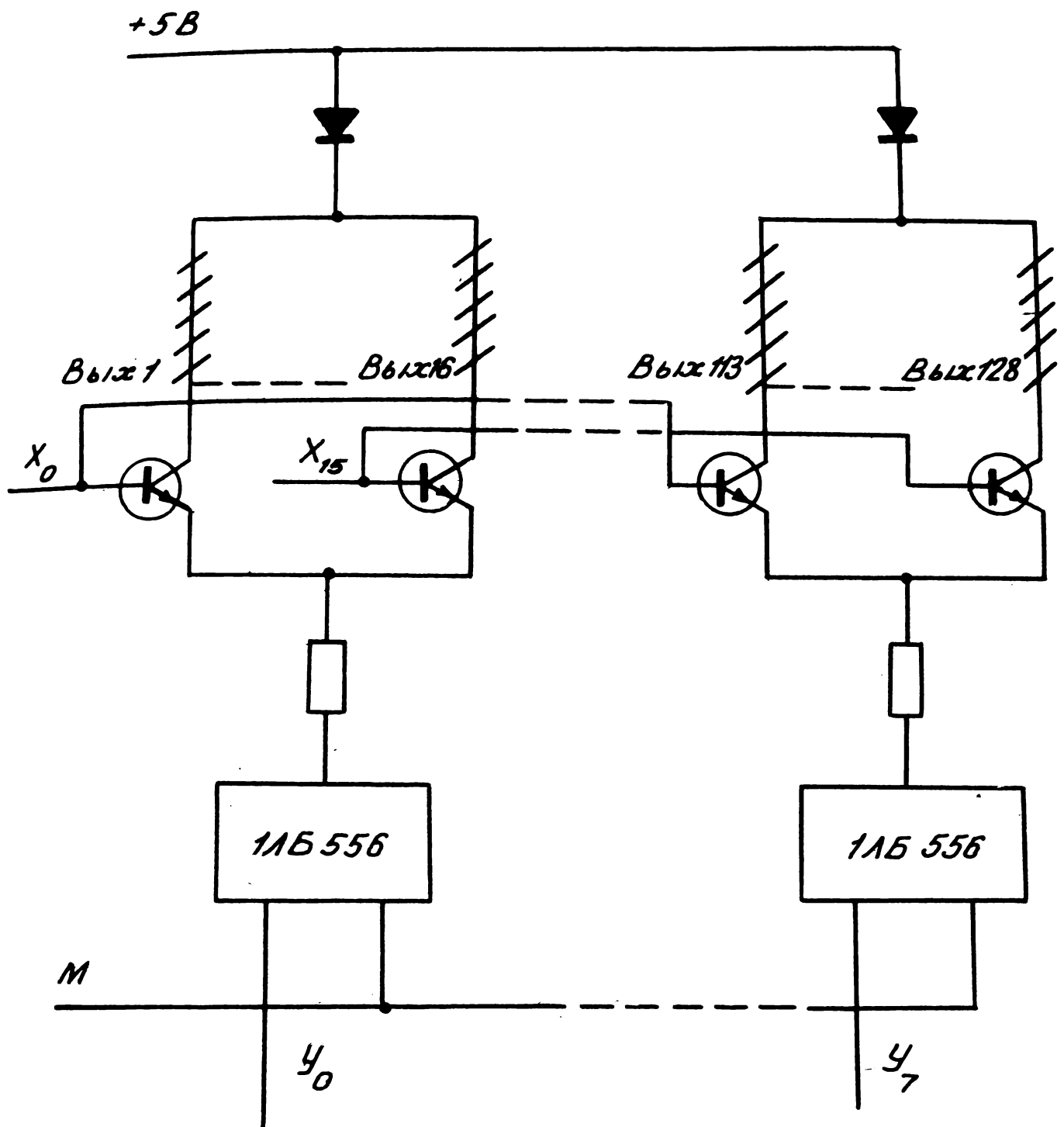


Рис.3. Схема второй ступени дешифратора

В реальной конструкции карты отделены друг от друга воздушной прослойкой - зазором, который уменьшает эффективную электрическую емкость между картами. Поэтому при переходе на материал ФДМЭ-1 вольтсекундная площадь помехи возросла примерно на 50%, амплитуда помехи на 15% и работоспособность устройства осталась на достаточно высоком уровне.

Выбор числовой линейки в ПЗУ осуществляется следующим образом.

Тринадцатиразрядный код адреса (0-12 разр.) поступает из центрального процессора на регистр адреса

ПЗУ и импульсом синхронизации заносится в него. Старшие разряды (8-12) определяют одну из 32 числовых линеек (дешифратор координаты М), разряды 5-7 - группу из 16 входных обмоток (дешифратор координаты У), разряды 1-4 - входную обмотку (дешифратор координаты Х), нулевой разряд определяет слово на входной обмотке. Каждая числовая линейка управляется транзисторной матрицей на 128 выходов (16 координат Х и 8 координат У). Для снижения помехи координаты Х, У объединены так, что по координате Х одновременно опрашивается группа из четырех, а по координате У - группа из 16 числовых линеек. Дешифратор координаты М осуществляет выбор числовой линейки. Через выбранный транзистор и входную обмотку, включенную в коллекторную цепь, протекает ток опроса амплитудой 40 мА, определяемой напряжением источника питания +5В и токозадающими сопротивлениями. Транзисторная матрица и все схемы управления выполнены на элементах в микросхемном исполнении.

Считанный с разрядных трансформаторов сигнал 10-15 мВ поступает на усилитель считывания, в котором стробирующим сигналом разрешается прохождение четного или нечетного слова. С выхода усилителя информация поступает на соответствующие разряды регистра микрокоманд, а затем в центральный процессор.

Схема управления выдает разнесенные по времени импульсы, управляющие работой всех узлов ПЗУ.

В ПЗУ предусмотрен контроль "по нечету" информации 62-й разряд регистра микрокоманд является контрольным для адресного регистра, а 63-й разряд - для самого регистра микрокоманд.

Состояние триггеров в регистрах, а также результаты сверок схемы контроля с помощью устройства индикации передаются на центральный пульт управления.

Конструктивно ПЗУ занимает четыре типовые панели, из которых на двух расположен узел хранения информации, состоящий из четырех блоков числовых линеек, а на двух других - электронная часть: регистры адресные и микрокоманд, дешифраторы, усилители, схема управления и схема контроля.

Блок числовых линеек состоит из восьми линеек и представляет собой функционально и конструктивно законченный узел, который имеет разъемные связи как по входным, так и по выходным цепям. Конструкция блока числовых линеек предусматривает удобный доступ к электрическим элементам в рабочем состоянии, что облегчает поиск неисправностей.

Все числовые линейки имеют одинаковое устройство и отличаются друг от друга только информационным содержанием [7].

Принятые способы построения узлов и блоков позволили удовлетворить заданным требованиям и получить следующие основные показатели:

плотность информации	20000 бит/дм ³ ,
потребляемая мощность	60 Вт,
отношение сигнала к помехе на выходе информационного блока в составе процессора	5:1.

Проведенные исследования и анализ работы устройства показали, что применение более быстродействующих логических и усилительных интегральных схем позволит достичь времени обращения к ПЗУ данного типа порядка 300–400 нс.

Л и т е р а т у р а

1. Бахир А.И. и др. ПЗУ большой емкости и высокого быстродействия. Научно-техническое совещание по развитию и совершенствованию запоминающих устройств для ЭВМ. Сборник тезисов докладов. Л., 1971.

2. Бахир А.И. и др. Результаты исследования постоянно запоминающего устройства. Научно-техническая конференция "Проектирование технических средств и математического обеспечения ЭВМ". Сборник тезисов докладов, Минск, 1973.

3. Бахир А.И. Трансформаторное запоминающее устройство. Авторское свидетельство № 362349. Бюллетень изобретений, 1973, № 2.

4. Бардиж В.В., Бахир А.И. Сравнительная оценка способов объединения выходных обмоток числовых линеек трансформаторных запоминающих устройств. — "Вопросы радиоэлектроники", сер.ЭВТ, 1973, вып.8.

5. Бахир А.И. Постоянное запоминающее устройство трансформаторного типа. Авторское свидетельство № 364027. Бюллетень изобретений, 1973, № 4.

6. Дмитрук А.Г. и др. Новый пленочный фольгированный фторопласт ФДФ-3М для изготовления печатных плат, гибких шлейфов и карт постоянных запоминающих устройств. — "Вопросы радиоэлектроники", сер.ЭВТ, 1971, вып.6.

Статья поступила в ноябре 1973 года