

Ц 848

Ж-911

11/IV-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3120



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Б.Е. Журавлев, Т. Шетет, В.Д. Шibaев

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ЗАПОМИНАНИЕ
ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРАХ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

(Обзор)

1967.

10 - 3120

4900/1, 2р.

Б.Е. Журавлев, Т. Шетет, В.Д. Шibaев

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ЗАПОМИНАНИЕ
ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРАХ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

(Обзор)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В экспериментальной ядерной физике большое значение имеет регистрация электрических импульсов, статистически распределенных во времени. Так как всякий регистрирующий прибор обладает каким-то мертвым временем τ_M , то число регистрируемых импульсов N_p всегда меньше числа импульсов N_0 , поступающих на вход прибора, и при непродлеваемом мертвом времени равно

$$N_p = \frac{N_0}{1 + N_0 \tau_M} \quad (1)$$

Увеличение числа регистрируемых импульсов можно получить за счет уменьшения мертвого времени, что в одноканальных счетных системах не представляет больших трудностей. В настоящее время построены пересчетные устройства на десятки и сотни мегагерц. В многоканальных системах, как правило, для регистрации импульсов используются устройства, аналогичные запоминающим устройствам (ЗУ) вычислительных машин, где в качестве запоминающих элементов используются ферритовые кольца, магнитная лента, барабан, диски и т.п. Быстродействие подобных систем ограничивается как характеристиками самих запоминающих элементов, так и устройством управления, общим для всех каналов, и составляет десятки и сотни мксек на регистрацию одного импульса. Это приводит при статистическом распределении импульсов к потере информации (просчетам) и часто к искажению спектра.

С другой стороны, если бы то же количество импульсов приходило в ЗУ равномерно с периодом, равным или большим τ_M , то просчеты отсутствовали бы. Для этого необходимо эти импульсы предварительно запоминать в какой-либо быстрой памяти. Эта идея была в разное время независимо предложена несколькими авторами, а в 1954 г. впервые реализована И.В. Штрайном /1,41/

Подобные устройства широко применяются в настоящее время в технике временного, амплитудного и многомерного анализа и получили название "устройств промежуточной памяти" (УПП).

УПП находят применение и для несколько иной задачи: для согласования импульсного источника информации, обладающего малой средней интенсивностью, с достаточно быстрым накопителем, требующим, однако, определенного времени на подготовку к записи импульсов (например, магнитная лента со старт-стопным лентопротяжным механизмом). В этом случае целесообразно сначала накопить информацию в специальном ЗУ, а затем большим массивом переписать ее на ленту, барабан и т.д. Таким образом, основной задачей УПП является изменение распределения поступающей информации во времени с целью эффективного использования свойств основного ЗУ.

1. Классификация УПП

Применительно к задачам экспериментальной ядерной физики наиболее полно изучены два частных случая: 1) когда УПП непрерывно принимает информацию и передает ее также непрерывно в основное ЗУ ("разравнивающий" режим); 2) когда информация в УПП поступает импульсно, в течение определенного интервала времени, а передается в основное ЗУ в паузах между интервалами регистрации ("накопительный" режим). Проведено даже деление всех УПП по этим признакам на две группы^{1/2/}.

Однако целый ряд разработанных в последние годы устройств не укладывается в рамки этих двух групп. Поэтому, на наш взгляд, целесообразно составить более развернутую классификацию УПП по следующим характерным признакам (рис. 1).

I. Характер поступления информации на вход УПП

а) Непрерывное поступление информации.

б) Импульсный характер поступления информации. В этом режиме УПП либо работает с импульсным источником, либо импульсный характер информации на входе УПП задается искусственно самим УПП после заполнения всей его емкости^{3/}.

II. Характер считывания информации из УПП

а) Непрерывное считывание (этот режим может быть при любом характере поступления информации).

б) Импульсный характер считывания (при непрерывном поступлении информации на вход УПП).

в) Импульсный характер считывания (при импульсном характере поступления информации на вход УПП и совпадении, интервалов записи и считывания; по логике работы и расчету потерь этот режим совпадает с режимом работы УПП - непрерывное поступление информации при непрерывном считывании).

г) Импульсный характер считывания (считывание происходит в паузах между поступлениями информации, так что сумма интервалов считывания и записи равна периоду работы УПП).

III. Характер опроса У П П

а) Циклический (УПП постоянно или в течение интервала считывания - в зависимости от характера считывания - опрашивается периодической серией импульсов с периодом T опроса; считывание из УПП - при наличии в нем записанной информации - происходит ближайшим импульсом серии).

б) Нециклический (считывание из УПП происходит сразу же после записи в него информации, а затем, если УПП не освобождается предыдущим импульсом полностью, с интервалами времени, необходимыми для перезаписи в основную память).

IV. Соотношение периода опроса $T_{\text{опр}}$ и мертвого времени основного $3U \tau_M$ (это имеет значение только для циклического характера опроса УПП).

а) $T_{\text{опр}} \geq \tau_M$.

б) $T_{\text{опр}} < \tau_M$ (в граничном случае при $T_{\text{опр}} \rightarrow 0$

режим работы УПП приближается к работе с нециклическим характером опроса).

V. Соотношение паузы между поступлениями информации $T_{\text{паузы}}$ и временем, необходимым для считывания информации со всех S линеек УПП и равным произведению $S \cdot T_{\text{опр}}$ (для УПП с циклическим характером опроса) или $S \cdot \tau_M$ (для УПП с нециклическим характером опроса). Эта характеристика имеет значение только для УПП с импуль-

ным характером поступления информации и с непрерывным (или в паузах) характером считывания ее.

Таким образом, по этой классификации, чисто разравнивающий режим описывается двумя ветвями:

- 1) Непрерывный характер поступления информации при непрерывном считывании Iа - IIа.
- 2) Импульсный характер поступления информации и считывания при совпадении интервалов записи и считывания Iб - IIб.

Чисто накопительный режим описывается 14 ветвью: импульсный характер поступления информации при импульсном характере считывания (в паузах между поступлениями информации), при $T_{\text{паузы}} \geq S \cdot T_{\text{опр.}}$, т.е. Iб - IIб, IIIа, IVа, Va.

Проведенная классификация устройств промежуточной памяти учитывает только те характеристики, которые определяют просчеты устройства за счет конечной его емкости.

По виду запоминаемой информации УПП можно разделить на аналоговые и цифровые. Аналоговые устройства применяются в том случае, когда основной вклад в мертвое время анализатора вносит преобразователь измеряемой величины в код (например, при амплитудном анализе). В этом случае УПП устанавливается перед аналого-цифровым преобразователем.

Наибольшее распространение в многоканальных анализаторах получили цифровые УПП, которые и будут основной темой настоящего обзора.

2. Цифровые УПП

Разработка УПП ведется обычно в связи с определенными задачами физического эксперимента, от условий которого зависит выбор того или иного типа УПП, а также его емкость и быстродействие. Несмотря на большое разнообразие конкретных схем, опубликованных к настоящему времени, можно представить общую структурную схему цифровых УПП (рис. 2).

Входной регистр принимает информацию параллельным или последовательным кодом. Через некоторое время он опрашивается и параллельный код переносится в одну из свободных строк запоминающей матрицы, а

сам регистр сбрасывается. Устройство готово к приему следующего кода. В некоторых случаях все УПП состоит из одного регистра (емкость - одно слово). Иногда функции входного регистра выполняет адресный регистр преобразователя. Выходной регистр служит для согласования УПП с приемными блоками основного ЗУ. В некоторых УПП, работающих в чисто накопительном режиме, в качестве входного и выходного регистров используется один и тот же регистр /4/.

Коммутатор строк выбирает в определенной последовательности строки запоминающей матрицы при записи и считывании. Коммутатор строк может состоять либо из двух отдельных кольцевых счетчиков для записи и для считывания, либо из одного реверсивного счетчика, переключающего строки в прямом направлении при записи и в обратном направлении при считывании.

Устройство управления выполняет следующие функции:

- а) Управление выбором строк запоминающей матрицы при записи и считывании.
- б) Блокировка записи при заполнении всей емкости УПП и блокировка считывания при ее освобождении.
- в) Разделение циклов считывания и записи.
- г) Блокировка считывания на время работы основного ЗУ (если имеет место циклический характер опроса с $T_{\text{опр.}} < T_{\text{м}}$).
- д) Выработка командных импульсов в определенной последовательности: запуск формирователей импульсов записи и считывания запоминающей матрицы; опрос входного регистра; стробирование выходного сигнала; опрос выходного регистра; запуск основной памяти и т.д.

Одна из наиболее ранних разработок УПП принадлежит авторам /5/. Это устройство относится к шестой ветви нашего классификационного дерева. Проследим ее.

1. Характер поступления информации - импульсный.
2. Характер считывания - импульсный (интервал считывания совпадает с интервалом записи).

3. Характер опроса УПП - циклический.

4. $T_{\text{опр}} > r_m$

(или кратко: I б, II в, III а, IV а).

Остальные технические данные:

число строк - 4,

число разрядов - 10 двоичных разрядов,

мертвое время по входу - 1 мксек,

период опроса - 32 мксек.

Запоминание производится на ферритовых кольцах. Краткая блок-схема этого УПП приведена на рис. 3.

Выбор строк во время записи производится с помощью регистра (1), который является кольцевым счетчиком с модулем 4. Управление этим счетчиком производится сфазированным детекторным импульсом. Выбор строк во время считывания осуществляется с помощью другого регистра (2), регистра считывания, который является 2-разрядным двоичным счетчиком с диодным дешифратором. В случае применения двух отдельных счетчиков в коммутаторе строк блокировка записи и считывания производится рядом совпадений отдельных состояний этих счетчиков. Для блокировки считывания применяются совпадения типа $\sum \text{Зап}_n \text{Сч}_{n-1}$ (или в других устройствах $\sum \text{Зап}_n \text{Сч}_n$), которые соответствуют свободному от информации УПП (считывание "догнало" запись). Для реализации этих совпадений в рассматриваемом устройстве применяется в каждой строке по дополнительному, 11 сердечнику, которые намагничиваются при записи в данной строке информации. Выбранный дополнительный сердечник периодически опрашивается специальным генератором опроса (3). Если этот сердечник был намагничен при записи в данную строку информации, то первый же опрашивающий импульс перемагничивает его, наводя в выходной обмотке (общей для всех четырех дополнительных сердечников) сигнал запуска логики перезаписи информации из данной строки в основное ЗУ. В конце этого цикла счетчик (2) устанавливается в следующее положение и генератор опроса будет опрашивать следующий дополнительный сердечник и т.д. Блокировка считывания осуществляется здесь благодаря отсутствию намагниченного дополнительного сердечника.

Для блокировки записи могут применяться совпадения типа $\sum \text{Зап}_n \text{Сч}_{n+1}$. В этом случае запись "догоняет" считывание, т.е. заполняется вся емкость УПП. Недостатком рассматриваемого устройства является отсутствие блокиров-

ки записи при заполнении всей емкости, что может привести к наложению двух различных информаций в одной и той же строке.

УПП не имеет собственных входного и выходного регистров и использует адресные регистры временного кодировщика и основного ЗУ, так как постоянно работает только с этими блоками.

Позднее было описано ^{/6/} УПП на туннельных диодах с мертвым временем по входу 0,1 мксек. Логическое построение этого УПП осталось без изменения.

В работе ^{/7/} описано устройство, подобное по логике работы предыдущим УПП, но имеющее большее логическое завершение. По нашей классификации оно относится к 8-ой ветви (1б, IIа, IIIб, Va). Это УПП работает в режиме разравнивания статистической информации при записи на магнитную ленту. Характеристики этого устройства:

число строк - 10,

число разрядов - 16 двоичных разрядов,

мертвое время - 5 мксек.

Блок-схема УПП приведена на рис. 4. Коммутатор строк устройства имеет два отдельных счетчика, записи и считывания, имеются отдельно входной и выходной регистры. В отличие от ранее рассмотренного УПП здесь применены блокировки и считывания, и записи при достижении граничных значений, что позволяет избежать регистрации искаженных кодов при переполнении емкости устройства. В этом УПП имеется и регистрация просчитанных (незарегистрированных) импульсов. Блок-схема логики устройства приведена на рис. 5. Первое считывание информации из УПП производится сигналом "Пуск логики записи", последующие задаются одновибраторами задержки OB_1 , OB_2 , время задержки которых больше мертвого времени основного ЗУ. Управление считыванием производится блокировкой клапана (1) схемой выделения совпадений $\Sigma \text{Зап}_n \text{Сч}_{n-1}$. Управление записью производится блокировкой клапана (3) и входного регистра схемой выделения совпадений $\Sigma \text{Зап}_n \text{Сч}_{n+1}$. Дальнейшим усовершенствованием этого устройства явилась разработка УПП ^{/27/}, имеющего меньшее мертвое время - 1 мксек, более надежные запоминающие элементы, но логически ничем не отличающегося от описанного в предыдущей работе.

Более удобным в коммутаторе строк является применение вместо двух независимых счетчиков одного реверсивного. Блокировка записи при заполнении УПП и блокировка считывания при полном освобождении его емкости осу-

ществляется с помощью конечных состояний реверсивного счетчика. Для записи выбирается первая свободная строка, для считывания - последняя занятая. При записи делается шаг вперед, при считывании - шаг назад. УПП с подобным выбором строк описано в работе /8/. Это устройство было создано для работы с 1024-канальным временным анализатором. По нашей классификации оно относится к 7-й ветви:

- число строк - 4,
- число разрядов - 10 двоичных разрядов,
- мертвое время по входу - 1 мксек.

Блок-схема логики УПП приведена на рис. 6. Запись начинается с приходом импульса "Пуск логики записи", который после формирования проходит через клапан K_1 на запуск формирователей импульса записи по строкам. Клапан K_1 закрывается при заполнении всей емкости УПП. Считывание информации производится микросекундной серией импульсов, поступающей на клапан K_2 . Этот клапан блокируется через формирователь $ФИ_3$ триггером T_{17} в случае полного освоения УПП (до записи первого импульсного кода) и в случае записи кода (на один период микросекундной серии), а также через пороговую схему ПС в случае регистрации кода в основном ЗУ (на время регистрации). Пороговая схема осуществляет фазирование микросекундной серией заднего фронта блокирующего импульса.

В работе /8/ рассматривается более быстродействующее УПП с оригинальным решением вопроса коммутации строк.

Технические данные устройства:

- число строк - 3,
- число разрядов - 20 двоичных разрядов,
- время цикла - 0,1 мксек,
- мертвое время записи - 0,04 мксек.

Это УПП используется в режиме разравнивания статистической информации на входе основного ЗУ или более медленного УПП, характеристики которого приводятся ниже.

Упрощенная блок-схема устройства приведена на рис. 7. Запись начинается с приходом импульса SC , который взводит первый триггер FF_1 коммутатора строк. Перепад напряжения с этого триггера поступает на дифференцирующий каскад D , который формирует импульс записи в первую строку запоминающей матрицы. Вторая запись производится с приходом второго импульса SC ,

который взводит триггер FF_2 коммутатора строк. Связанный с ним дифференцирующий каскад D формирует импульс записи во вторую строку и т.д. Запись блокируется взведением последнего триггера FF_3 , который закрывает клапан G_1 . Считывание производится импульсом FM , который вначале сбрасывает триггеры выходного регистра, а затем сбрасывает тот триггер коммутатора, который был взведен при записи последним. Перепад напряжения с другого плеча триггера подается на связанный с ним дифференцирующий каскад, формирующий импульс считывания в соответствующую строку. Затем сбрасывается предыдущий триггер и т.д. до самого начала. Блокировка считывания производится сбрасыванием первого триггера FF_1 коммутатора. Специальная схема устраняет трудности, возникающие при одновременном приходе сигналов SC и FM .

В этой же работе упоминается о втором, более медленном УПП, имеющем подобную логическую структуру.

Технические данные:

число строк - 10,

число разрядов - 16 двоичных разрядов,

время цикла - 2 мксек,

мертвое время записи - 0,7 мксек.

Рассмотрим ниже несколько устройств, работающих в отличие от уже описанных в чисто накопительном режиме.

УПП, рассматриваемое в работе ^{10/}, описывается 14 (или 15) ветвью (1б, Пг, Ша, IV а). В целях уменьшения просчетов регистрируемых импульсов УПП состоит из двух работающих поочередно идентичных запоминающих устройств.

Технические данные каждого:

число строк - 32,

число разрядов - 20 двоичных разрядов,

мертвое время - 18 мксек.

Блок-схема УПП приведена на рис. 8. Поступающая из штепсельного коммутатора (ШК) информация в виде параллельного кода проходит на схему коммутации (СК), которая производит поочередную их передачу на одно из запоминающих устройств. На входе каждого устройства коды заносятся на ферритодиодный регистр (регистр А), служащий одновременно и схемой выборки горизонтальных токов записи для запоминающего устройства. Вертикальные токи

выбираются с помощью другого феррито-диодного регистра (регистр В), управление которым производится реверсивным одноктактным феррито-диодным сдвигающим регистром (СР). Все необходимые для записи импульсы образуются в схеме логики записи (логика зап.), которая запускается одновременно с занесением кодов на регистр А. Импульсы, необходимые для того, чтобы произвести считывание информации из УПП, образуются в схеме логики считывания. Импульсы считываемого параллельного кода после усиления выходными усилителями через схему ИЛИ подаются на входной регистр магнитофона. Одновременная работа двух запоминающих устройств требует введения дополнительных схем, определяющих правильное взаимодействие их между собой и с остальными блоками многомерного анализатора. С помощью этих схем блокируется вход многомерного анализатора, если в обоих запоминающих устройствах производится регистрация импульсов. Для этой цели из каждой схемы логики записи подаются импульсы, длительность которых равна времени регистрации импульсного кода. При совпадении этих импульсов, которое выявляется схемой совпадения B_1 , блокируется вход многомерного анализатора через схему ИЛИ-1. Блокировка входа происходит и при полном заполнении хотя бы одного из запоминающих устройств. В этом случае блокировка производится триггером T_1 . Считывание осуществляется импульсами из магнитофона. Если хотя бы в одно из запоминающих устройств производится запись, считывание блокируется клапаном B_2 , управление которым происходит через схему ИЛИ-2 импульсами из схем логики записи. С помощью триггера T_2 поочередно запускаются схемы логики считывания I и логики считывания II. При полном считывании, т.е. когда полностью освобождается то или иное устройство, запуск соответствующей схемы логики считывания блокируется триггером T_3 (или T_4), который закрывает клапан B_3 (B_4).

В работе^{14/} описывается УПП, работающая также в чисто накопительном режиме (14' ветвь классификационного дерева). Информация запоминается во время импульса синхротрона и передается в основную память на магнитной ленте в паузах.

Технические данные:

число строк - 32,

число разрядов - 96 двоичных разрядов,

мертвое время записи - 5 мксек.

Упрощенная блок-схема приведена на рис. 9. В качестве основного ЗУ используется однодвоймовая шестидорожечная магнитная лента. В целях экономии один и тот же регистр служит в качестве входного, выходного и сдвигающего регистра. Вход импульса "Пуск логики записи" блокируется на время записи и на весь период считывания. Считывание начинается после того, как заполняются все 32 строки УПП и сдвигающий регистр коммутатора строк перейдет в свое 33 положение, или окончатся импульс синхротрона (управление извне). При считывании информация сначала заносится на регистр X (все 96 разрядов), а затем 16 тактами по 8 разрядов переносится на магнитную ленту.

Иногда, при необходимости применения УПП большой емкости, в качестве УПП используют стандартные запоминающие устройства (или часть их). В работе^{/3/} описывается измерительная система с записью информации на магнитную ленту. Предварительно информация запоминается в УПП, в качестве которого используют половину стандартного запоминающего устройства на 1024 числа. Адресный код записывается в ячейках 0-511 через арифметический регистр R1 (рис. 10) по мере поступления анализируемых импульсов. Адресный регистр R1У с приходом каждого анализируемого импульса переходит к следующей ячейке запоминающего устройства, пока не перейдет к 511 ячейке. Запись в эту ячейку означает, что вся емкость УПП заполнена и необходимо всю информацию переписать на магнитную ленту. Весь цикл повторяется до тех пор, пока не будет израсходована вся магнитная лента.

В случае необходимости перед этим устройством может быть поставлено еще одно более быстрое УПП диодно-конденсаторного типа^{/11/} со следующими техническими данными:

число строк - 8,

число разрядов - 18 двоичных разрядов,

время обращения к УПП - 1,5 мксек,

время хранения информации без перезаписи - около 1 мсек,

частота перезаписи в следующее устройство - 66 кгц.

В качестве основного ЗУ используются стандартные накопители на магнитной ленте (например, от ЦВМ М-20).

Заслуживают внимания УПП, разработанные для записи информации, имеющей непрерывный характер, в то время как считывание происходит в отдельные

интервалы времени. По классификации эти устройства относятся к 4й ветви. УПП, рассматриваемое в работе /12/, было разработано для записи информации на магнитную ленту в формате, применяемом в вычислительной машине. Магнитная лента движется в старт-стопном режиме. Старт производится в момент времени, когда заполнение УПП входной информацией достигнет $P\%$ от всей емкости УПП. Значение $P\%$ выбирается с таким расчетом, чтобы за время ускорения ленты $T_{\text{уск}}$ была заполнена почти вся оставшаяся часть емкости УПП ($100 - P\%$). Запись на магнитную ленту начинается после того, как лента начнет двигаться с установившейся скоростью. Число занятых строк к моменту начала перезаписи информации на магнитную ленту определяется по следующей формуле:

$$V_a = PV + F_{\text{вх}} \cdot T_{\text{уск}}, \quad (2)$$

где V - полная емкость УПП,

$F_{\text{вх}}$ - средняя скорость поступления входной информации.

Минимальные размеры УПП определяют по формуле (если считать, что время ускорения и замедления одинаковы):

$$V_{\text{min}} \geq 2F_{\text{вх}} \cdot T_{\text{уск}}. \quad (3)$$

Краткая блок-схема устройства приведена на рис. 11. В коммутаторе строк имеется два отдельных счетчика для записи и для считывания. Старт ленты производится при совпадении показаний счетчика записи с показаниями, установленными заранее. Останов ленты произойдет после того, как совпадут показания обоих счетчиков (счетчика записи и счетчика считывания). При останове ленты обе счетчика сбрасываются.

Краткие характеристики описываемой системы:

1. Информация записывалась по 8 дорожкам девятидорожечной магнитной ленты.
2. Плотность записи - 800 импульсов/дюйм.
3. Скорость регистрации на магнитной ленте = $480 \cdot 10^3$ импульсов/сек.
4. Время ускорения (замедления) ленты = 0,006 сек.
5. Средняя скорость поступления информации постоянная.
6. Размеры УПП - 512x8; 1024x8; 2048x8; 4096x8.

Автор анализирует зависимости основных характеристик УПП (скорость поступления информации, размеры устройства, время регистрации на ленте и использование ленты) и приводит соответствующие графики.

2.1. Применение цифровых УПП в регистрирующих устройствах физики высоких энергий

Особенность применения УПП в регистрирующих устройствах физики высоких энергий связана в первую очередь с необходимостью автоматизации обработки большого количества информации, полученной на физических установках. Обработка осуществляется на ЦВМ, работающей в режиме "off-line", поэтому физические установки (камеры, многосчетчиковые системы и др.) вводят свою информацию в машину с помощью перфо- или магнитной ленты. Для сбора этой информации, а также для согласования с лентой с целью наиболее рационального использования ее применяют УПП (чаще всего на ферритовых сердечниках). Большое значение для выбора конструкции и логики работы УПП имеет тип физической установки (камеры, годоскопы, многоканальные счетные системы и т.д.). Достаточно полный обзор цифровых регистрирующих устройств физики высоких энергий, а вместе с ними и УПП был дан в работе^{/13/}. Ниже более подробно рассмотрим УПП, разработанное для приема информации от спинтилляционных счетчиков, расположенных вокруг искровой камеры и передачи ее на перфоленту^{/14/}. Между счетчиками и УПП находится годоскопическая система, производящая отбор сигналов, соответствующих одному из ожидаемых событий.

Технические данные устройства:

число чисел - 120,

число разрядов - 48 двоичных разрядов,

мертвое время записи - 10 мксек,

скорость перфоратора - 20 строк/сек,

время передачи одного числа - 0,8 сек,

максимальная скорость регистрации - 100 чисел/мин.

Перфоратор работает в непрерывном режиме. По нашей классификации это УПП можно отнести к 15 ветви. Блок-схема устройства приведена на рис. 12. С появлением ожидаемого события на входы 1-48 поступают импульсы, соответствующие коду данного события, а на вход А одновременно поступает им-

пульс "Пуск логики записи". Клапан И с отрицанием ($И\bar{O}_1$) открыт до тех пор, пока УПП не заполнится. Клапан B_1 нормально открыт, но с приходом каждого импульса "Пуск логики записи" закрывается на время, равное 10 мксек, что составляет мертвое время УПП по входу. Этот же клапан открывает нормально закрытые поразрядные ворота ПРВ, пропуская кодовые импульсы на цифровой регистр, где они временно хранятся. Импульс "Пуск логики записи", прошедший клапан B_1 , запускает адресную систему АС и дифференциальную пересчетную схему ДПС, служащую для контроля занятости ячеек УПП. Адресная система выбирает очередную свободную ячейку, в которую переходит содержание числового регистра ЧР. Считывание информации производится сигналом "Пуск логики считывания", поданным на вход Б. Этот сигнал формируется из тактового импульса ускорителя. Этот импульс взводит триггер $Tr.1$. Его срабатывание приводит к появлению сигнала на входе клапана с отрицанием $И\bar{O}_2$, который открыт до тех пор, пока УПП содержит хотя бы одну занятую ячейку. Сигнал с выхода этого клапана после задержки T_1 запускает дифференциальную пересчетную схему ДПС и адресную систему АС, производя вывод информации с очередной занятой ячейки УПП на регистр считывания через систему поразрядных ворот с усилителями считывания УВ. Одновременно этот же сигнал через задержку T_2 взводит триггер $Tr.2$, отпирающий клапан И. Импульсы с тактового генератора Г через формирователь Φ_K поступают на коммутатор тока K_0 , который производит шаговую передачу 48-разрядного слова по 4 разряда на перфоленту. Передача одного слова занимает 12 тактов. В начале передачи каждого числа на выходе V появляется маркерный импульс, а каждый тактовый импульс, сформированный формирователем Φ_y , появляется на IV выходе в качестве управляющего импульса для перфоратора. После окончания передачи числа триггеры $Tr.1$ и $Tr.2$ сбрасываются, закрывается клапан И, и можно снова производить считывание из УПП. Адресная система устройства состоит из двух отдельных схем выбора адреса при записи и при считывании.

2.2. Ц и ф р о в ы е У П П д л я о с н о в н ы х З У п е р и о д и ч е с к о г о т и п а

Особую группу по своей логической структуре составляют УПП, предназначенные для работы с основными ЗУ периодического типа (магнитные барабаны, диски, ленты задержки и т.д.). Большое распространение среди них получили

УПП, применяющие в качестве памяти динамические регистры (на ферритах, транзисторах, туннельных диодах и т.д.)^{/15,16/}, причем число динамических регистров равно числу двоичных разрядов устройства. Полезная информация в виде параллельных двоичных кодов заносится в соответствующие динамические регистры и циркулирует в них до тех пор, пока не будет переписана в основное ЗУ. Основное ЗУ выдает на схему сравнения последовательно все свои адреса, и для каждого из них поочередно все строки УПП "показывают" свои коды. В случае совпадения какого-либо кода УПП с адресом основного ЗУ по этому адресу происходит добавление "+1", и одновременно происходит стирание совпавшего кода в соответствующей строке УПП.

Некоторым недостатком устройств, построенных по такому принципу, можно считать зависимость времени опроса УПП для каждого адреса основного ЗУ от емкости устройства. С увеличением емкости время опроса увеличивается, так как адрес основного ЗУ будет сравниваться с большим числом импульсных кодов. Более предпочтительны в этом отношении УПП с опросом одновременно по всем ячейкам^{/17/}. В этом случае время опроса при увеличении емкости устройства не изменяется. Для создания такого УПП используются запоминающие элементы с неразрушающим считыванием (например, биаксы).

Блок-схема подобного устройства для двумерного анализа приведена на рис. 18. В качестве основного ЗУ используется магнитный барабан, по окружности которого размещается информация об одном параметре, а по образующей — о другом. Соответственно и УПП разбивается на две части: запоминающее устройство с адресной выборкой информации ($ЗУ_1$) и запоминающее устройство с безадресной выборкой ($ЗУ_{ба}$). Импульсные коды обоих параметров поступают на регистры $РГ_1$ и $РГ_2$ и затем записываются в одной из свободных ячеек УПП. В режиме поиска и сравнения все числовые линейки $ЗУ_{ба}$ поразрядно опрашиваются схемой управления опросом СУО и сравниваются с разрядами адреса, записанного на регистре поиска $РГ_Б$ (управление этим регистром производится канальными импульсами из основного ЗУ). Если хотя бы в одном из разрядов имеется несовпадение, на выходной шине опроса появится импульс напряжения положительной полярности. Этот импульс подается на схему детектора, связанного с данной числовой линейкой. После опроса всех разрядов в детекторах запоминается информация о тех линейках, содержание которых совпало с поисковым адресом (если такие линейки были в УПП). За-

тем запускается схема управления детекторами УД, которая производит одно-временный опрос детекторов. Если совпадений нет, схема формирования импульсов СФИ вырабатывает импульс "Конец опроса", который сбрасывает детекторы и разрешает запись в УПП. Если хотя бы в одной числовой линейке ЗУ_{ба} был записан адрес поиска, то выдается импульс "Совпадение", который сбрасывает регистры РГ₃ и РГ₄. Затем производится опрос детекторов по координатам, определяющий адрес числовой линейки, в которой был записан адрес поиска. Информация из этой линейки переносится в основное ЗУ импульсом "Стирание", который вырабатывает импульс "Конец опроса". На регистрах РГ₃ и РГ₄ сохраняется адрес, свободный от информации. По этому адресу произойдет запоминание информации в следующем цикле записи. Подобные УПП значительно повышают быстродействие основных ЗУ периодического типа.

3. Запоминающие элементы цифровых УПП

Запоминающие элементы (ЗЭ) можно рассматривать с двух точек зрения: во-первых, с точки зрения метода запоминания, во-вторых, - системы выбора необходимых запоминающих ячеек в устройстве. С точки зрения метода запоминания ЗЭ можно разделить на три группы:

1. ЗЭ, не требующие для хранения информации электрической энергии.

Здесь относятся ферритовые кольца, магнитные пленки, магнитная лента, биаксы и т.д. Здесь электрическая энергия в виде импульсов тока требуется только в случае изменения содержания УПП.

2. ЗЭ, требующие для хранения информации электрическую энергию в виде постоянного тока. Сюда относятся: туннельные диоды, криотроны, триггеры и т.д. Для ЗЭ 1 и 2 группы характерным является наличие гистерезиса. Это значит, что на их характеристиках имеются два устойчивых состояния, позволяющие запоминать информацию в двоичном коде.

3. ЗЭ, информацию в которых необходимо периодически регенерировать. Сюда относятся те элементы, у которых нет устойчивых состояний, - это электронно-лучевые трубки, конденсаторы, линии задержки, персистеры и т.д. Большим недостатком таких ЗУ является то, что они могут "забывать" информацию.

Из упомянутых выше ЗЭ наиболее часто для запоминания информации в цифровых УПП применяются ферритовые кольца /3-5, 9, 10, 12, 14, 15, 18-24/, туннельные диоды /6, 8, 9, 25/, полупроводниковые триггеры /26, 27/, конденсаторы, реже - биаксы /17/.

Рассмотрим ниже кратко характеристики ЗЭ.

Ф е р р и т ы. На рис. 14 показана петля гистерезиса ферритового кольца, зависимость $B = f(H)$.

Как видим, сердечник обладает двумя устойчивыми состояниями $(+B_r, -B_r)$. Переход из одного состояния в другое возможен только в том случае, если напряженность приложенного поля (H) превышает некоторое пороговое значение $(\pm H_0)$. Как известно, время переключения равно

$$T = \frac{S_w}{H - H_0}, \quad (4)$$

где H_0 - коэрцитивная сила,

S_w - коэффициент переключения сердечника.

С увеличением H время переключения уменьшается. Следовательно, преимуществом с точки зрения быстродействия обладают те системы, где величина H не ограничивается.

М а г н и т н ы е п л е н к и. Магнитные пленки толщиной $1000 \div 2000 \text{ \AA}$, изготовленные из NiFe методом вакуумного испарения, в присутствии постоянного поля обладают в разных направлениях разными магнитными свойствами, B в направлении так называемой "оси легкого намагничивания" зависимость $B = f(H)$ почти идеально прямоугольная. Если направление намагничивания перпендикулярно к этой оси, зависимость $B = f(H)$ линейная (рис. 15). Подробно рассматривая свойства магнитных пленок, можно видеть, что в присутствии поперечного поля петля гистерезиса по оси легкого намагничивания становится уже. Таким образом, необходимое значение продольного поля для переключения пленки уменьшается. От величин $H_{\text{прод.}}$ и $H_{\text{попереч.}}$ зависит не только порог срабатывания, но и время переключения. Эта зависимость показана на рис. 16 /28/. Можно очень быстро переключить магнитную пленку с помощью одновременно поданных $H_{\text{прод.}}$ и $H_{\text{попереч.}}$.

Т у н н е л ь н ы е д и о д ы. Туннельный диод (ТД) является быстродействующим полупроводниковым прибором, вольт-амперная характе-

ристка которого имеет два устойчивых состояния (рис. 17). При подключении ТД через соответствующее сопротивление R_0 к напряжению U_0 его рабочая точка может устойчиво находиться по напряжению либо ниже $U_{\text{пик}}$ (точка "0"), либо выше $U_{\text{мин}}$ (точка "1"). Из одного устойчивого состояния в другое ТД переключается только в том случае, если ток, протекающий через ТД, будет выше $I_{\text{пик}}$, или ниже $I_{\text{мин}}$. Эти дополнительные токи $\pm \Delta I$ подаются на ТД из внешнего генератора тока. Широкое распространение ТД в импульсной технике объясняется их высоким быстродействием, малыми габаритами и устойчивостью работы при изменении температуры. Из параметров ТД параметры по напряжению более стабильны, чем по току, так как их значение зависит только от материала ТД.

Полупроводниковые триггеры. В быстродействующих УПП в качестве ЗЭ иногда используются триггеры на полупроводниковых триолах. Входное сопротивление их достаточно большое, чтобы обойтись без мощных генераторов тока записи и считывания ^{/26,27/}. Из-за сравнительно большой амплитуды выходных сигналов выходные усилители обычно не применяются, кроме того, в ряде случаев излишне также применение выходных регистров.

Конденсаторы. В тех УПП, где не требуется длительного хранения информации, в качестве ЗЭ можно использовать конденсатор. Конденсатор относится к той группе ЗЭ, в которых информация определяется наличием заряда. Можно создать целый ряд диодно-конденсаторных запоминающих ячеек, но наибольшее распространение получили двух- и трехполосные схемы. Принципиальная схема такого двухполосника и идеализированная характеристика диода показаны на рис. 18. Если на конденсаторе находится напряжение U_k в качестве запоминаемой информации, то для диода оно составит смещение - "0" или + "1". Информационное содержание запоминающей ячейки не меняется до тех пор, пока сумма напряжений U_k и $U_{\text{внешн.}}$ не превышает + И или - И.

Схема трехполосника и необходимая идеализированная характеристика диода представлены на рис. 19. Используют только половину вольт-амперной характеристики диодов. Информация запоминается на конденсаторе с помощью напряжения, поданного в точки XZ и снимается с точек YZ.

С точки зрения выбора необходимой запоминающей ячейки все системы, применяемые в УПП можно разделить на три группы:

1. Система внешнего выбора.
2. Система линейного выбора.
3. Система матричного выбора.

3.1. Система внешнего выбора

В данной системе запоминающие ячейки только запоминают информацию, а выбор нужных ячеек производится вне запоминающей плоскости. Система выбора несколько усложняется, но повышается надежность работы схемы и ее быстродействие. Хорошим примером подобных систем является система выбора, описанная в работе ^{/8/} (рис. 20). Запоминающим элементом (ЗЭ) является туннельный диод (ТД). При считывании опрашиваются все разряды выбранной строки. При записи с помощью схем И импульс записи подается только на те разряды выбранной строки, в которых хотим записать "1". Таким образом, разброс параметров ТД меньше влияет на надежность работы УПП.

3.2. Система линейного выбора

Если число разрядов в УПП достаточно большое, то вышеописанная система внешнего выбора становится неэкономичной из-за сложной системы записи. Если ЗЭ имеет пороговые свойства, то он может выполнять те функции, которые на рис. 18 выполняют схемы И. Такими свойствами обладают почти все цифровые ЗЭ. Запоминающая матрица с системой линейного выбора показана на рис. 21. Адрес нужной строки подается с помощью "а" разрядного двоичного числа. Дешифратор выбирает соответствующую выходную шину из 2^n возможных. На этой шине находятся все разряды нужной нам строки. Возбуждая эту шину, считываем оттуда одновременно всю информацию. При записи одновременно с возбуждением шины строк возбуждаются и шины разрядов, по которым записываются "1". Переключаются только те ЗЭ, на которые подается возбуждение по обеим шинам. При применении ферритовых колец в качестве ЗЭ считывание производится полным током по строкам, а запись - совпадением полуточков ^{/5,18,30/}. Максимально допустимая величина этих полуточков определяет минимальное время переключения сердечников при записи. Избирательное отношение при записи в этом случае равно 2:1. Для повышения этого отношения существуют различные методы. Например ^{/14/}, можно создавать возбуждение по строкам $\frac{2}{3}H_0$, а по разрядам $\pm \frac{1}{3}H_0$ в зависимости от записываемой информации. Иногда используют метод, изображенный на рис. 22.

При создании более быстродействующих УПП в качестве ЗЭ часто применяют туннельные диоды (ТД). Запись в них в системе линейной выборки может производиться двумя способами:

- 1) способом совпадения токов,
- 2) способом совпадения напряжений.

По первому способу работают системы ^{/31,32,8/}. Считывание в них производится перевозбуждением, что ускоряет переключение ТД. Запись осуществляется совпадением полупериодов (рис. 23). Оптимальное значение этих полупериодов с точки зрения стабильности:

$$I_{\text{пик.}} = \frac{2}{3}(I_{\text{мин.}} - I_{\text{мин.}}) \quad (5)$$

В системе внешнего выбора такого ограничения не было. При достаточно большой матрице, чтобы удовлетворить этому требованию, необходимо тщательно подбирать отдельные ТД ^{/25,33/} или с помощью смещения надлежащим образом выбирать одну из рабочих точек ^{/32/}. Как видим, при записи информации в этих системах используются пороговые свойства ТД по току. Но так как токовые параметры ТД менее стабильны, чем параметры по напряжению, то выгоднее применять запоминание способом совпадения напряжений ^{/32,34,35/} (рис. 24).

С помощью обращенного диода или другого нелинейного элемента создается нагрузочная линия специальной формы. При записи и считывании на матрицу подаются соответствующие импульсы напряжения, под влиянием которых относительное положение вольт-амперной характеристики ТД и нагрузочной линии меняется.

Если число строк в УПП выше $50 \div 60$ и требуется достаточное быстродействие (время обращения ≤ 100 нсек), то использовать диоды становится невыгодным, так как размеры матрицы становятся большими и быстродействие снижается. В таких случаях используют тонкие магнитные пленки. При подаче одновременно продольного и поперечного возбуждения время переключения пленочных ЗЭ будет лежать в пределах 10 нсек. Матрица на подобных элементах и эпюры возбуждающих токов показаны на рис. 25. Сигнальная шина в этой матрице идет параллельно шине строк. По такому принципу работает УПП, описанное в ^{/36/}. Существенным недостатком магнитных пленок являются большие токи управления и малые выходные сигналы.

Особую группу запоминающих ячеек составляют диодно-конденсаторные схемы. Особенность их состоит в том, что в них невозможно долгое время хранить информацию. Продолжительное хранение информации осуществляется периодическим ее переписыванием. Это неудобство не очень заметно в тех УПП, где информация хранится короткое время, и достаточно быстро переписывается в основное ЗУ. Диодно-конденсаторные матрицы работают по системе с линейным выбором в режиме совпадения напряжений ^{/38,39/}. Описанная в ^{/38/} матрица и принципиальная схема запоминающей ячейки представлены на рис. 26.

3.3. Система матричного выбора

Если не только число разрядов, но и число строк в УПП достаточно велико, система линейного выбора требует слишком сложного дешифратора. В этом случае используется система трехмерного или так называемого "матричного" выбора. В этой системе используются пороговые свойства ЗЭ как при записи, так и при считывании. Механизм работы запоминающей матрицы изображен на рис. 27. Дешифратор разбит на две части. Число выходных шин каждой части равно $2^{n/2}$, где

n — общее число двоичных разрядов адреса.

При считывании одна из горизонтальных и одна из вертикальных шин опрашиваются импульсами одинаковой полярности. При этом все запоминающие элементы, находящиеся на пересечении этих шин, выдают сигналы на шины $S_1 \div S_1$ в зависимости от того, содержит ли ЗЭ "1" (шины S не показаны на рис. 27). При записи полярность сигналов шин X и Y меняется и в зависимости от того, записывается ли по данному разряду "0" или "1", на шины Z_1 подается или не подается импульс запрета записи. УПП с системой матричного выбора описаны в работах ^{/30,22,25/}. В этой системе нельзя применить перевозбуждение ЗЭ, так как отдельные возбуждения строго ограничены определенной пороговой величиной.

В трехмерном режиме запоминающая линейка на ТД работает так, как показано на рис. 28. Оптимальные значения токов I_x и I_y с точки зрения надежности определяются из уравнения

$$I_x = I_y = \frac{1}{2} \left[\frac{2}{3} (I_{\text{пик.}} - I_{\text{мин.}}) \right] \quad (6)$$

Из этого видно, что полезный диапазон работы ТД по отношению к системе линейного выбора уменьшился в два раза.

4. Счетные характеристики УПП

4.1. Разравнивающий режим

Чтобы упростить рассмотрение вопроса о просчетах системы, обычно считают, что события, подлежащие регистрации, распределены по закону Пуассона с постоянной средней интенсивностью N_0 . В общем случае счетная характеристика УПП в разравнивающем режиме зависит не только от N_0 , но и от мертвого времени по входу УПП $r_{вх.}$, от емкости УПП S , от мертвого времени основной памяти r_M . Как было показано выше, мертвое время по входу $r_{вх.}$ можно сделать очень малым и его влиянием на изменение счета можно пренебречь. При заполнении всей емкости УПП его вход блокируется. Период опроса устройства может быть разным в пределах

$$0 < \theta \leq r_M. \quad (7)$$

На время регистрации одного события в основной памяти выход генератора блокируется. Естественно, что, если $\theta > r_M$, необходимость в такой блокировке отсутствует. УПП в разравнивающем режиме являются типичными одноканальными системами массового обслуживания с ограниченной очередью, поэтому удобно воспользоваться математическим аппаратом теории массового обслуживания, который хорошо развит.

1) Циклический опрос $\theta = r_M / 18$.

Обозначим через $P_k(t_1)$ вероятность того, что в момент времени t_1 , непосредственно предшествующий произвольно выбранному импульсу опроса, в УПП зарегистрировано k событий ($k \leq S$). Если $k = 0$, т.е. УПП свободно, то при его опросе считывание производится не будет. Вероятность считывания, а значит, и вероятность регистрации события в основной памяти будет, очевидно, равна $1 - P_0$, где P_0 — вероятность того, что УПП свободно, а число событий, зарегистрированных в единицу времени,

$$N_p = \frac{1}{r_M} (1 - P_0). \quad (8)$$

Поделив обе части равенства на N_0 , получим отношение зарегистрированных событий к поступившим:

$$n = \frac{N_p}{N_0} = \frac{1 - P_0}{N_0 \cdot r_M} = \frac{1 - P_0}{\lambda} \quad (9)$$

где $\lambda = N_0 \cdot r_M$.

Из выражения (9) видно, что если мы сможем определить P_0 , то поставленная задача будет решена. Рассмотрим моменты времени t_1 и $t_1 + \theta$ и проведем следующие рассуждения.

В момент времени $t_1 + \theta$ УПП будет свободно, если оно было свободно в момент t_1 и за время θ ни одного события не поступило, или в момент t_1 было записано одно событие, которое было сразу же сосчитано, а за время θ ни одного события не поступило. Запишем это математически:

$$P_0(t_1 + \theta) = [P_0(t_1) + P_1(t_1)] g_0(\theta), \quad (10)$$

где $g_0(\theta)$ – вероятность отсутствия события в интервале θ . Рассуждая аналогично, напишем вероятности для других состояний УПП:

$$P_1(t_1 + \theta) = [P_0(t_1) + P_1(t_1)] \cdot g_1(\theta) + P_2(t_1) \cdot g_0(\theta), \quad (11)$$

$$P_2(t_1 + \theta) = [P_0(t_1) + P_1(t_1)] + P_2(t_1) g_1(\theta) + P_3(t_1) \cdot g_0(\theta)$$

и т.д.

Здесь $g_i(\theta)$ – вероятность поступления i событий за время θ .

Для распределения Пуассона

$$g_i(\theta) = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda} \quad (12)$$

Ограничиваясь рассмотрением только установившихся значений, т.е. рассмотрением процесса через достаточно большое время после начала регистрации, можно сказать, что $P_k(t)$ не является функцией времени, т.е.

$$P_k(t_1) = P_k(t_1 + \theta) = P_k(t_1 \pm j\theta) = P_k \quad (13)$$

где $j = 1, 2, 3, 4 \dots$

Учитывая выражения (12) и (13), составим систему S уравнений для $P_k [k = 0, 1, 2, 3 \dots (S-1)]$:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= (P_0 + P_1) e^{-\lambda} , \\
 P_1 &= (P_0 + P_1) \lambda e^{-\lambda} + P_2 e^{-\lambda} , \\
 P_2 &= (P_0 + P_1) \frac{\lambda^2}{2!} e^{-\lambda} + P_2 \lambda e^{-\lambda} + P_3 e^{-\lambda} , \\
 &\text{-----} \\
 &\text{-----} \\
 P_{s-1} &= (P_0 + P_1) \frac{\lambda^{(s-1)}}{(S-1)!} e^{-\lambda} + \dots + P_s e^{-\lambda} .
 \end{aligned} \tag{14}$$

Решаем эти уравнения относительно P_0 :

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_0 (e^\lambda - 1) , \\
 P_2 &= P_0 [e^{2\lambda} - e^\lambda (1 + \lambda)] , \\
 P_3 &= P_0 [e^{3\lambda} - e^{2\lambda} + e^\lambda (\lambda + \frac{\lambda^2}{2})]
 \end{aligned} \tag{15}$$

и т.д.

Учитывая в качестве дополнительного уравнения условие нормировки

$$\sum_{k=0}^s P_k = 1 , \tag{16}$$

проведем суммирование, придавая S различные целочисленные значения:

$$\begin{aligned}
 \text{для } S=1 \quad \sum_{k=0}^1 P_k &= P_0 e^\lambda = 1 , \\
 \text{для } S=2 \quad \sum_{k=0}^2 P_k &= P_0 (e^{2\lambda} - \lambda e^\lambda) = 1 , \\
 \text{для } S=3 \quad \sum_{k=0}^3 P_k &= P_0 (e^{3\lambda} - 2\lambda e^{2\lambda} + \frac{\lambda^2}{2} e^\lambda) = 1 , \\
 \text{для } S=4 \quad \sum_{k=0}^4 P_k &= P_0 (e^{4\lambda} - 3\lambda e^{3\lambda} + \frac{(2\lambda)^2}{2!} e^{2\lambda} - \frac{\lambda^3}{3!} e^\lambda) = 1 .
 \end{aligned} \tag{17}$$

Результаты, полученные в работах /1,5/, несколько отличаются от (17).

Это объясняется ошибочным утверждением авторов, что вероятность потерь r равна вероятности заполнения всей емкости УПП P_s , — здесь не учтено, что система уравнений справедлива только для моментов времени, непосредственно предшествующих сигналу опроса УПП, а не для произвольных. Из выражений (17) нетрудно определить P_0 для УПП различной емкости, объединив выражение в скобках общим законом:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^s e^{j\lambda} \cdot \frac{(-j\lambda)^{(s-k)}}{(s-k)!}} \quad (18)$$

На рис. 31 приведено семейство кривых /18/, характеризующих относительные потери счета как функцию λ и S ,

$$r = 1 - u = f(\lambda, S). \quad (19)$$

2) Н е ц и к л и ч е с к и й о п р о с ($\theta \rightarrow 0$). Рассмотрим интервал времени между двумя соседними отсчетами основного ЗУ с мертвым временем τ_M . Он будет складываться из мертвого времени τ_M и времени ожидания следующего отсчета /40/, если спустя время τ после начала первого, УПП окажется свободным. Если к этому моменту времени в УПП будет храниться информация, то время ожидания равно нулю. Обозначив вероятность наличия ожидания через P_0 , можно записать среднюю интенсивность отсчетов в основной памяти в виде

$$N_p = \frac{1}{\tau_M + \bar{T} \cdot P_0}, \quad (20)$$

где $\bar{T}_{ож}$ — среднее время ожидания.

Для случая, когда события распределены по закону Пуассона,

$$\bar{T}_{ож} = \frac{1}{N_0}, \quad (21)$$

а выражение (20) примет вид

$$N_p = \frac{N_0}{N_0 \tau_M + P_0},$$

или

$$a = \frac{N_D}{N_0} = \frac{1}{\lambda + P_0} \quad (22)$$

Для определения P_0 составим си тому уравнений, связывающую вероятности состояний УПП в моменты времени t_1 и t_2 , соответствующие окончанию регистрации двух соседних произвольно выбранных импульсов, приняв те же обозначения, что и в (4.1,1). В момент времени t_2 (рис. 29) УПП будет свободно в двух случаях:

а) Если оно было свободно в t_1 и за время $t_2 - t_1 = \tau_M$ на вход не поступило ни одного импульса. Импульс, зарегистрированный в момент времени t_0 , будет сразу же сосчитан из УПП.

б) Если в момент t_1 в УПП остается записанным один импульс и за $t_2 - t_1 = \tau_M$ не поступит ни одного импульса.

Таким образом,

$$P_0(t_2) = [P_0(t_1) + P_1(t_1)] \cdot g_0(\tau_M).$$

В результате аналогичных рассуждений получим уравнения для $P_1(t_2)$, $P_2(t_2)$ и т.д.

$$P_1(t_2) = [P_0(t_1) + P_1(t_1)] \cdot g_1(\tau_M) + P_2(t_1) \cdot g_0(\tau_M),$$

$$P_2(t_2) = [P_0(t_1) + P_1(t_1)] g_2(\tau_M) + P_2(t_1) g_1(\tau_M) + P_3(t_1) \cdot g_0(\tau_M)$$

и т.д. Для установившегося режима, рассмотрим которого мы ограничимся, $P_k(t_2) = P_k(t_1)$ и система уравнений примет вид:

$$P_0 = (P_0 + P_1) e^{-\lambda \tau_M},$$

$$P_1 = (P_0 + P_1) \lambda \tau_M e^{-\lambda \tau_M} + P_2 e^{-\lambda \tau_M},$$

$$P_2 = (P_0 + P_1) \frac{\lambda^2 \tau_M^2}{2} e^{-\lambda \tau_M} + P_2 \lambda \tau_M e^{-\lambda \tau_M} + P_3 e^{-\lambda \tau_M}$$

и т.д.

Нетрудно видеть, что эта система уравнений полностью идентична системе (14), решение которой мы уже получили. Повторим его:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{j=1}^{\infty} \frac{e^{(\mu\lambda)} (-\mu\lambda)^{(s-j)}}{(s-j)!}}$$

Интересно провести сравнение относительных потерь счета УПП при циклическом $r_{ц}$ и нециклическом $r_{н}$ опросе при одинаковой интенсивности N_0 и одинаковой емкости УПП S .

$$r_{ц.} = 1 - \frac{1 - P_0}{\lambda}; \quad r_{н.} = 1 - \frac{1}{\lambda + P_0}$$

Исключая из этих выражений P_0 , получим

$$r_{н} = \frac{\lambda \cdot r_{ц}}{1 + \lambda \cdot r_{ц}} \quad (23)$$

В большинстве интересующих нас случаев $r = (1-2) \cdot 10^{-2}$, а $\lambda = N_0 \tau_{М}$ для разравнивающего режима работы УПП редко превышает значение $0,7 \div 0,8$, поэтому выражение (23) может быть заменено приближенным равенством:

$$r_{н} = \lambda \cdot r_{ц} \quad (24)$$

3) Ц и к л и ч е с к и й о п р о с ($0 < \theta < \tau_{М}$)

Для определения счетных характеристик в этом случае воспользуемся формулой, применяемой при нециклическом опросе,

$$N_{сч} = \frac{1}{\tau_{М} + T_{ож} \cdot P_0}$$

Время ожидания $T_{ож}$ будет кратным периоду опроса θ , и вероятность того, что $T_{ож} = k\theta$, будет определяться следующим соотношением:

$$H(k\theta) = e^{-k\theta} \sum_{j=0}^{k-1} \frac{(-N_0 \theta)^j}{j!} (1 - e^{-N_0 \theta}) \quad (25)$$

где $k = 1, 2, 3, 4 \dots$

Отсюда нетрудно определить среднее значение времени ожидания:

$$\bar{T}_{\text{ож}} = \theta \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot e^{-(k-1)N_0\theta} \cdot (1 - e^{-N_0\theta}) = \frac{\theta}{1 - e^{-N_0\theta}}. \quad (26)$$

Для определения вероятности ожидания P_0 рассмотрим моменты времени t_1 и t_2 , соответствующие началу и окончанию времени ожидания (рис. 20).

$P_0(t_2) = 0$ (т.к. t_2 является началом очередного считывания)

$$\begin{aligned} P_1(t_2) &= P_1(t_1) + P_0(t_1) \cdot P_{01}, \\ P_2(t_2) &= P_2(t_1) + P_0(t_1) \cdot P_{02}, \\ P_3(t_2) &= P_3(t_1) + P_0(t_1) \cdot P_{03}, \\ &\dots \\ P_s(t_2) &= P_s(t_1) + P_0(t_1) \cdot P_{0s}, \end{aligned} \quad (27)$$

где P_{0k} - вероятность регистрации в УПП k импульсов за время $t_2 - t_1$ при условии, что в момент t_1 УПП было свободно. Из условия, что за время $t_2 - t_1$ не было произведено ни одного считывания, ясно, что все k импульсов должны быть зарегистрированы в последний перед моментом t_2 период опроса θ , а за все предшествующие ему периоды, начиная с момента t_1 , регистрации не было. Поскольку таких периодов может быть любое целое число, включая нуль, вероятность P_{0k} можно записать следующим образом:

$$P_{0k} = e^{-N_0\theta} \cdot \frac{(N_0\theta)^k}{k!} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} e^{-iN_0\theta} = \frac{(N_0\theta)^k}{k!} e^{-N_0\theta} \frac{1}{1 - e^{-N_0\theta}}, \quad (28)$$

а для $k < s$

$$P_{0s} = \frac{1}{1 - e^{-N_0\theta}} \sum_{j=s}^{\infty} \frac{(N_0\theta)^j}{j!} \cdot e^{-N_0\theta} = \frac{L_s}{1 - e^{-N_0\theta}}. \quad (29)$$

Подставляя эти выражения в (27), получим уравнения, связывающие вероятности состояний системы перед началом считывания и перед окончанием регистрации в основном ЗУ предшествующего импульса. Рассматривая только установившийся процесс и учитывая, что при этом вероятности состояния УПП одинаковы

для любого отсчета основного ЗУ, мы можем составить еще одну систему S уравнений для $P_k(t_1)$ и $P_k(t_2)$.

$$\begin{aligned}
 P_0(t_1) &= P_1(t_2) e^{-\lambda}, \\
 P_1(t_1) &= P_1(t_2) \lambda \cdot e^{-\lambda} + P_2(t_1) e^{-\lambda}, \\
 P_2(t_1) &= P_1(t_2) \frac{\lambda^2}{2} e^{-\lambda} + P_2(t_1) \lambda \cdot e^{-\lambda} + P_3(t_1) e^{-\lambda}, \\
 &\dots \dots \dots \\
 P_{s-1}(t_1) &= P_1(t_2) \frac{\lambda^{(s-1)}}{(s-1)!} e^{-\lambda} + \dots + P_s(t_1) e^{-\lambda}.
 \end{aligned} \tag{30}$$

Решая совместно системы (27) и (30) относительно $P_k(t_1) = P_k$, для различных значений емкости УПП получим:

$$\begin{aligned}
 S = 1. \quad P_1 &= P_0 (e^{-\lambda} - 1), \\
 S = 2. \quad P_1 &= P_0 \left(e^{-\lambda} - \frac{a \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right),
 \end{aligned}$$

где $a = N_0 \theta$.

$$\begin{aligned}
 P_2 &= P_0 \left[e^{2\lambda} - e^{-\lambda} \left(\lambda + \frac{a \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right) - \frac{L(\theta)}{1 - e^{-a}} \right], \\
 S=3. \quad P_1 &= P_0 \left(e^{-\lambda} - \frac{a \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right), \\
 P_2 &= P_0 \left[e^{2\lambda} - e^{-\lambda} \left(\lambda + \frac{a \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right) + \frac{a^2}{2} \cdot \frac{e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right], \\
 P_3 &= P_0 \left[e^{3\lambda} - e^{2\lambda} \left(2\lambda + \frac{a \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right) + e^{-\lambda} \left(\frac{\lambda^2}{2} + \frac{\lambda a \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} - \frac{\frac{a^2}{2} \cdot e^{-a}}{1 - e^{-a}} \right) - \frac{L_3(\theta)}{1 - e^{-a}} \right].
 \end{aligned} \tag{31}$$

Учитывая условие нормировки $\sum_{i=0}^s P_i = 1$, получим суммы для $S = 1, 2, 3 \dots$

$$\begin{aligned}
 S = 1. \quad 1 &= P_0 e^{-\lambda}, \\
 S = 2. \quad 1 &= P_0 \left[(e^{2\lambda} - \lambda e^{-\lambda}) + e^{-\lambda} \frac{L_2}{1 - e^{-a}} \right].
 \end{aligned} \tag{32}$$

$$S = 3. \quad 1 = P_0 \left[(e^{3\lambda} - 2\lambda e^{2\lambda} + \frac{\lambda^2}{2} e^\lambda) + \frac{L_2}{1 - e^{-\alpha}} (e^{2\lambda} + \lambda e^\lambda) + \frac{L_3}{1 - e^{-\alpha}} \cdot e^\lambda \right]. \quad (32)$$

и т.д.

Обозначив выражения в круглых скобках через A_1, A_2, A_3 и т.д., где индекс обозначает высшую степень при e^λ , можем объединить их общим законом:

$$A_k = \sum_{j=1}^k \frac{(-j\lambda)^{(k-j)}}{(k-j)!} \cdot e^{j\lambda}. \quad (33)$$

Перепишем (32) в более общем виде, обозначив через $P_0(S)$ вероятность ожидания при емкости УПП, равной S :

$$\begin{aligned} 1 &= P_0(S=1) \cdot A_1 \frac{L_1}{L_1}, \\ 1 &= P_0(S=2) \cdot (A_2 \frac{L_1}{L_1} + A_1 \frac{L_2}{L_1}), \\ 1 &= P_0(S=3) \cdot (A_3 \frac{L_1}{L_1} + A_2 \frac{L_2}{L_1} + A_1 \frac{L_3}{L_1}), \end{aligned} \quad (34)$$

$$1 = P_0(S) \cdot \frac{1}{L_1} \sum_{j=0}^S A_{s-j} L_{j+1}.$$

Таким образом, мы выполнили поставленную задачу по определению $P_0(S)$:

$$P_0(S) = \frac{L_1}{\sum_{j=0}^S A_{s-j} \cdot L_{j+1}}. \quad (35)$$

Подставив (26) и (35) в (20) и производя соответствующие преобразования, получим счетную характеристику:

$$\mu = \frac{N_p}{N_0} = \frac{i}{\lambda + \frac{\alpha}{\sum_{j=0}^S A_{s-j} \cdot L_{j+1}}}. \quad (36)$$

4.2. Накопительный режим

Будем считать, так же как и для разравнивающего режима, что мертвое время по входу достаточно мало и основные потери счета происходят за счет конечной емкости УПП. Рассмотрим одну из задач накопительного режима. При работе с пульсирующими источниками излучения УПП накапливает импульсы (коды) из одной вспышки. Считывание производится в паузах между вспышками. Для простоты будем считать, что внутри измеряемого интервала импульсы распределены по закону Пуассона. Если S – емкость УПП, g_i – вероятность поступления на вход i импульсов за измеряемый интервал $T_{\text{изм}}$ и в паузах между вспышками УПП полностью освобождается, то относительные потери информации будут ^{2/}:

$$r = \frac{1}{N_0 \cdot T_{\text{изм}}} \sum_{m=1}^{\infty} m g_{S+m}(T_{\text{изм}}, N_0). \quad (37)$$

В некоторых экспериментах (например, временной анализ) интересно знать не только суммарные потери, но и распределение вероятности потерь внутри измеряемого интервала, т.е.:

$$r = f(t), \quad \text{где} \quad 0 \leq t \leq T_{\text{изм}}.$$

Вероятность того, что импульс, поступивший на вход в отрезок времени Δt , отстоящий от начала на время t , будет потерян, равна вероятности застать в это время УПП заполненной.

$$r_1(t) = \sum_{m=0}^{\infty} g_{S+m}(N_0, t). \quad (38)$$

В конце измеряемого интервала, где потери будут максимальны,

$$r_{1\text{max}} = \sum_{m=0}^{\infty} g_{S+m}(N_0, T_{\text{изм}}), \quad (39)$$

$\sum_{m=0}^{\infty} g_{S+m}$ представляет вероятность поступления на вход S и более импульсов, распределенных по закону Пуассона с средней интенсивностью N_0 , и может быть взята из таблиц. Чтобы удобнее сравнивать (37) и (39), путем неслож-

ных преобразований (37) можно привести к следующему виду:

$$r = \sum_{m=0}^{\infty} g_{s+m} - \frac{S}{N_0 \cdot T_{ИЗМ}} \sum_{m=0}^{\infty} g_{s+m+1}. \quad (40)$$

В работе /42/ рассматривается задача выбора оптимального соотношения между объемом УПП и скоростью считывания при импульсном характере поступления информации и считывании ее в паузах. В случае работы УПП с основной памятью типа непрерывно движущейся ленты полное очищение УПП приведет к уменьшению заполнения ленты информацией, т.к. число импульсов, накопленных в каждом цикле, будет статистически меняться. Поэтому предлагается неполное очищение УПП с передачей в основную память за каждый цикл равных количеств слов. В этом случае имеет место "вторичное разравнивание". Задача решалась методом статистического моделирования исследуемого процесса (Монте-Карло) на электронной цифровой вычислительной машине (ЭЦВМ). Позднее эти же результаты были получены путем решения на ЭЦВМ системы уравнений, описывающей распределение вероятностей пребывания системы в любом из состояний /43/.

Несмотря на широкие возможности ЭЦВМ, очень трудно учесть все реальные условия, в которых работают УПП, поэтому большой интерес представляет создание модели УПП и снятие характеристик в реальных условиях /37/. С помощью модели были проверены известные соотношения между параметрами УПП в разравнивающем /18/ и накопительном /2/ режимах, а также сняты зависимости потерь УПП, работающего в более сложных условиях (импульсный характер поступления информации и непрерывная перезапись ее в основную память), при изменении в широких пределах числа запоминающих элементов, средней скорости поступления импульсов, временного интервала, в течение которого поступают импульсы, и скорости перезаписи. Результаты этой работы в виде графиков приведены на рис. 30.

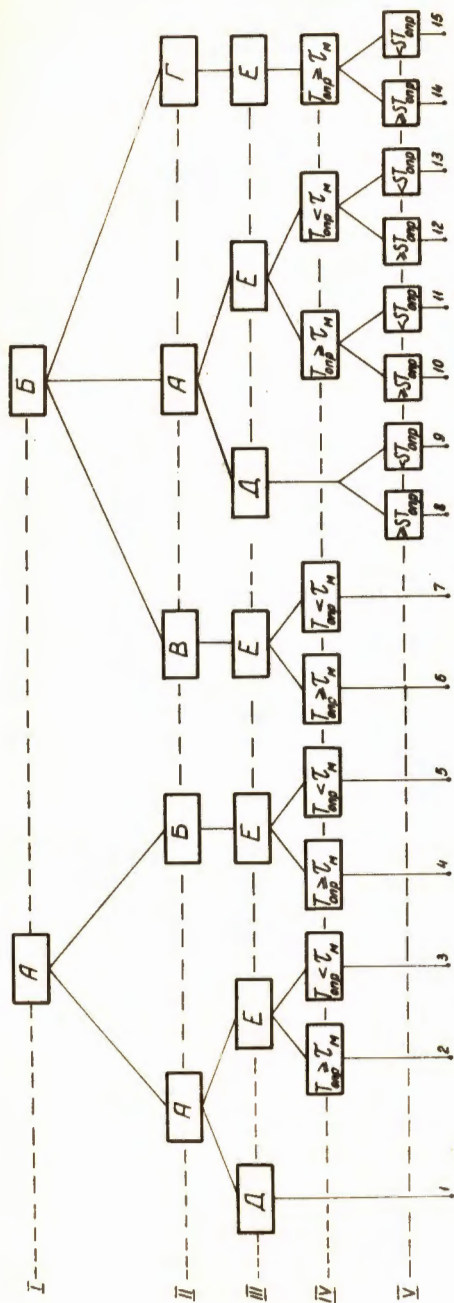
Л и т е р а т у р а

1. R.E. Bell, *Canad. J. Phys.*, **34**, 563 (1956).
2. Л.А. Маталин, С.И. Чубаров, А.А. Иванов. Многоканальные анализаторы ядерной физики, Атомиздат, 1964.
3. С.С. Курочкин, А.Ф. Белов и др. Многомерные анализаторы с промежуточным запоминанием на магнитной ленте. Труды VI -й научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, т.3, ч. II М., Атомиздат, 1963, стр. 66.

4. W.A. Higinbotham and D.W. Potter. IRE Trans. on NS, vol. NS-8, July, 1961, No.3, p.51.
5. Л.А. Маталин, А.М. Шиманский и др. Приборы и техника эксперимента, № 3, 54 (1960).
6. А.А. Иванов, Л.А. Маталин. Приборы и техника эксперимента, № 2, 81 (1963).
7. Y. Amram, H. Guillon, D. Tandardini, Nuclear Electronics, II, IAEA, Vienna, 1962, p. 91.
8. Ш.И. Барилко, А.А. Зарецкий. Промежуточная память на туннельных диодах для многоканального временного анализатора. Препринт ОИЯИ, 130, Дубна, 1963.
9. W. Stuber. Proc. EANDC Conf. on Automatic Acquisition and Reduction of Nuclear Data, July, 1964. Karlsruhe, p. 368.
10. Г.П. Жуков, Ш.И. Барилко, Г.И. Забиякин и др. Анализатор с магнитной лентой. Труды VI -й конференции по ядерной радиоэлектронике, т.3, ч.1, М., Атомиздат, 1965, стр. 187.
11. С.С. Курочкин, А.Ф. Белов и др. Труды СНИИП, вып. 1, М., Атомиздат, 1964, стр. 63.
12. R.F. Cervin a Buffer-Tape Data Storage System for Recording Data on Computer Compatible Tape. Wescon/65, 18.2, San-Francisco, August, 24-27, 1965.
13. Г.И. Забиякин. Препринт ОИЯИ, 1834, Дубна, 1965.
14. Б. Шебештьен. Препринт ОИЯИ, 1412, Дубна, 1963.
15. И.В. Штраших, В.Н. Бочкарев, А.Н. Волков, А.М. Клабуков. Многомерная система регистрации ЦИРУ. Труды V-й научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, т.2, ч. II, М., Атомиздат, 1963, стр. 135.
16. А.Е. Головин, А.П. Цитович. Разравнивающая буферная схема на динамических регистрах. Труды VI -й конференции по ядерной радиоэлектронике, т. 2, М., Атомиздат, 1965, стр. 20.
17. Т.Б. Любанский, Р.Т. Оффенгенден, П.Н. Светличный. Промежуточное запоминающее устройство с выборкой информации по содержанию. Труды VI -й конференции по ядерной радиоэлектронике, т. 3, ч. II, М., Атомиздат, 1965, стр. 44.
18. T.K. Alexander, H.G. Reddering and J.M. Kennedy. A Transistor Magnetic Core Buffer Store Used as a De-randomizer. CREL-779, Chalk River, Ontario, Nov., 1959.
19. I.N. Hooton. AFRE-R 3422, 1960, Harwell.
20. Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин, В.Д. Шибяев, И.В. Штраших. Nuclear Electronics, II, IAEA, p. 61, 1962.
21. А.В. Андриашин, Б.Я. Герасимов, А.Б. Екатов и др. Многомерный анализатор с предварительной обработкой информации и памятью комбинированного типа. Труды VI -й конференции по ядерной радиоэлектронике, т. 2, М., Атомиздат, 1965, стр. 147.

22. F. Evans, F.A., Kirsten. *Nuclear Instrum. and Methods*, 12, No 1, p. 39, 1961.
23. C. Whitehead et al. *Proc. of the Internat. Symp., Paris, 25-27 Nov.*, p. 379, 1963.
24. F.H. Wells, I.N. Hooton, F.C. Page, *Journal Brit. IRE*, October, p. 749, 1960.
25. Л.А. Тимохин, С.Н. Флоренцев. *Приборы и техника эксперимента*, № 2, 77, (1965).
26. De Lotto. *Nuclear Electronics*, II, IAEA, Vienna, p. 55, 1962.
27. A. Boucherie. *Proc. of the Internat. Symp., Paris, 25-27 November*, p. 409, 1963.
28. И.В. Штраниях, В.Н. Бочкарев, А.Н. Волков и др. *Proc. of the Internat. Symp., Paris, 25-27 Nov.*, p. 587, 1963.
29. J.A. Rajchman. *Proc. IRE*, vol. 49, No. 1, p. 105, 1961.
30. W.E. Bradly. *Transistorized Ferrite Core Buffer Memory*. *Proc. Nat. El. Conf.*, vol. XII, p. 308, 1956.
31. M.M. Kaufman. *IRE Internat. Conven. Record*, 1960, p. 114.
32. M.M. Kaufman, L. Dillon and G.J. Ammon, *IEEE Internat. Conv. Record*, part I, March 23-26, 1964.
33. D.I. Crawford, N.D. Pricer, J.J. Zasio, *IBM Journal*, July, 1963, p. 199.
34. Shigeru Takahashi and Osamu Iskii. *Electronics*, Oct. 20, 1961.
35. P.M. Thompson. *Industrial Electronics*, March, p. 303, 1963.
36. B. Alexandre, G. Antier, G. Grunberg. *Proc. of the Internat. Symp., Paris, 25-27 Nov.*, p. 657, 1963.
37. Г.И. Забиякин, Т. Шетет, В.Д. Шibaев. *Учет импульсности в работе промежуточной памяти*. Препринт ОИЯИ, Р-2319, Дубна, 1965.
38. A.C. Conway. *Proc. IEE*, vol. 106, Part. B, supp. No. 16.
39. M.M. Kaufman. *Proc. Nat. Elect. Conf.*, vol. XV.
40. В.О. Вяземский. *Диссертация, ЛЭТИ, 1960*.
41. А.Е. Воронков, Л.Н. Кораблев, И.Д. Мурин, И.В. Штраниях. *Быстродействующий многоканальный амплитудный анализатор*. ВИНТИ, изд. АН СССР, 1957.
42. Г.И. Забиякин, Г.А. Ососков. *Приборы и техника эксперимента*, № 6, 73 (1963).
43. Г.А. Ососков, И.И. Шелонцев. Препринт ОИЯИ, 2535, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1967 г.



Примечание:

- I - характер поступления информации навод УПП.
- II - " " " считывания " " " из УПП.
- III - " " " опроса УПП
- IV - соотношение периода опроса $T_{оп}$ и мертвого времени основной памяти T_m
- V - соотношение временного интервала между поступлениями информации $T_{пост}$ и временем, необходимым для считывания информации.

А - непрерывный
 Б - импульсный
 В - считывание в интервале записи
 Г - считывание в паузах
 Д - нециклический
 Е - циклический

Рис. 1. Классификация УПП.

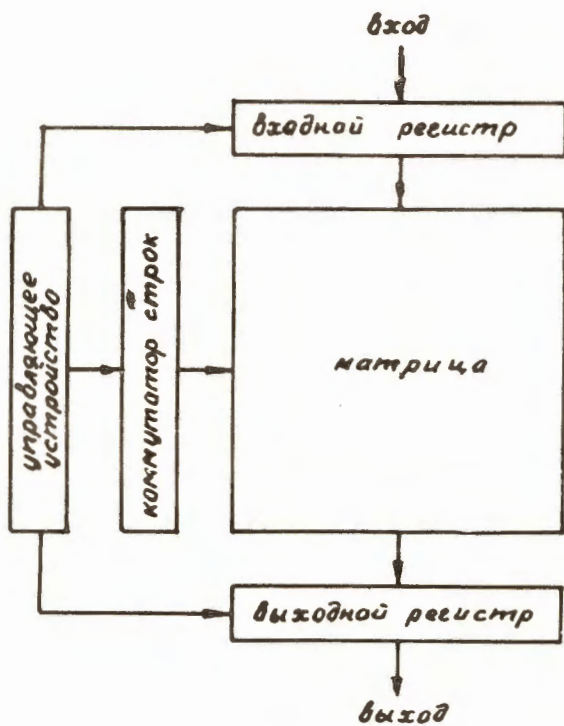


Рис. 2. Обобщенная блок-схема УПП.

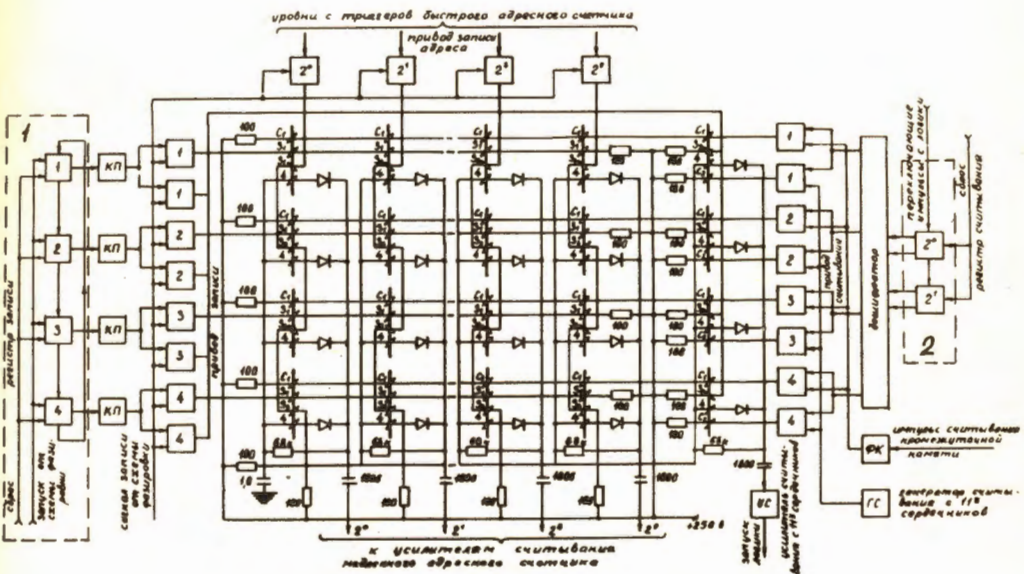


Рис. 3. Блок-схема УПП для временного кодировщика /5/.

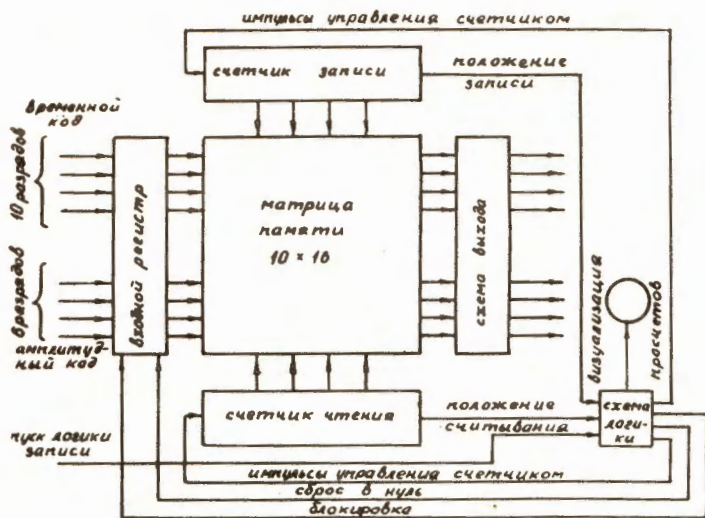


Рис. 4. Блок-схема с блокировками состояний счетчиков коммутатора /7/.

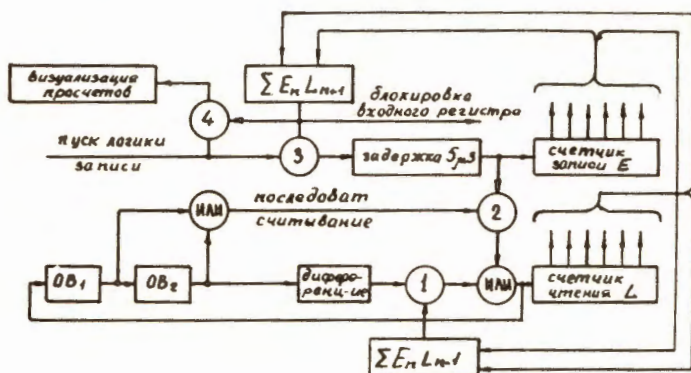


Рис. 5. Блок-схема логики УПП с блокировками состояний счетчиков $\Sigma E_n L_{n+1} = \Sigma Зап_n Cч_{n+1}$ и $\Sigma E_n L_{n-1} = \Sigma Зап_n Cч_{n-1}$ /7/.

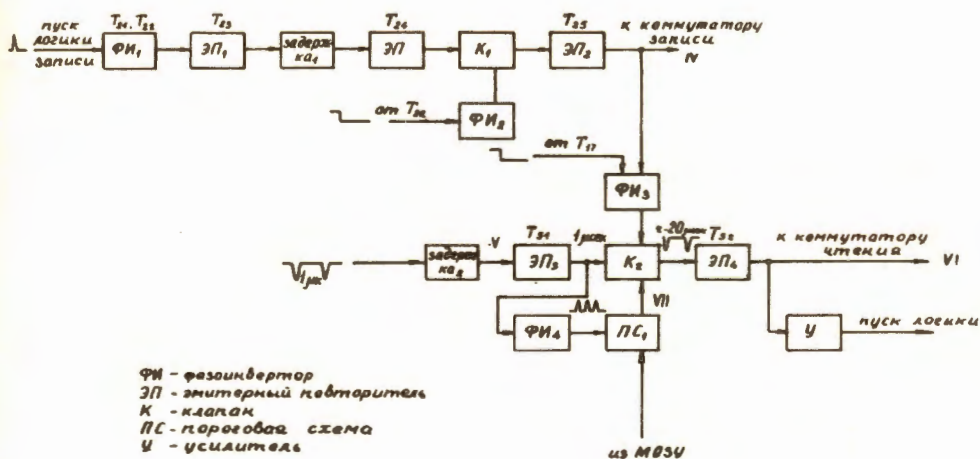


Рис. 6. Блок-схема логики УПП с коммутатором в виде реверсивного двоичного счетчика /8/.

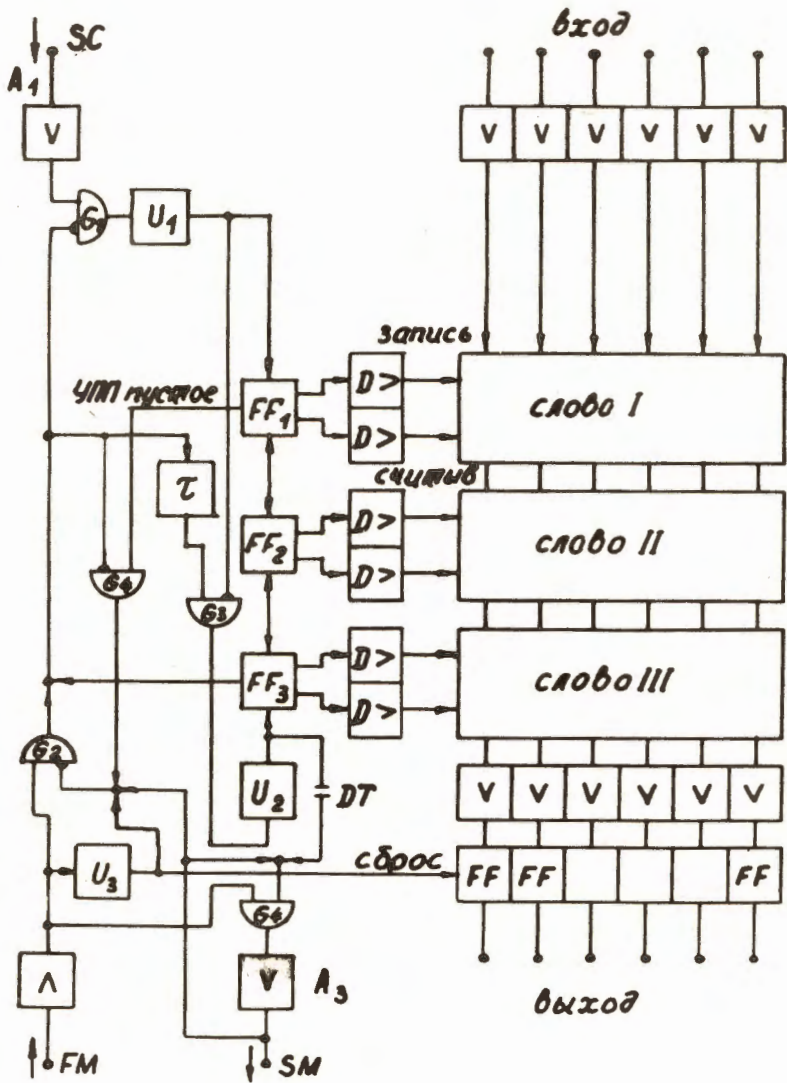


Рис. 7. Блок-схема УПП с коммутатором в виде реверсивного сдвигающего регистра^{8/}.

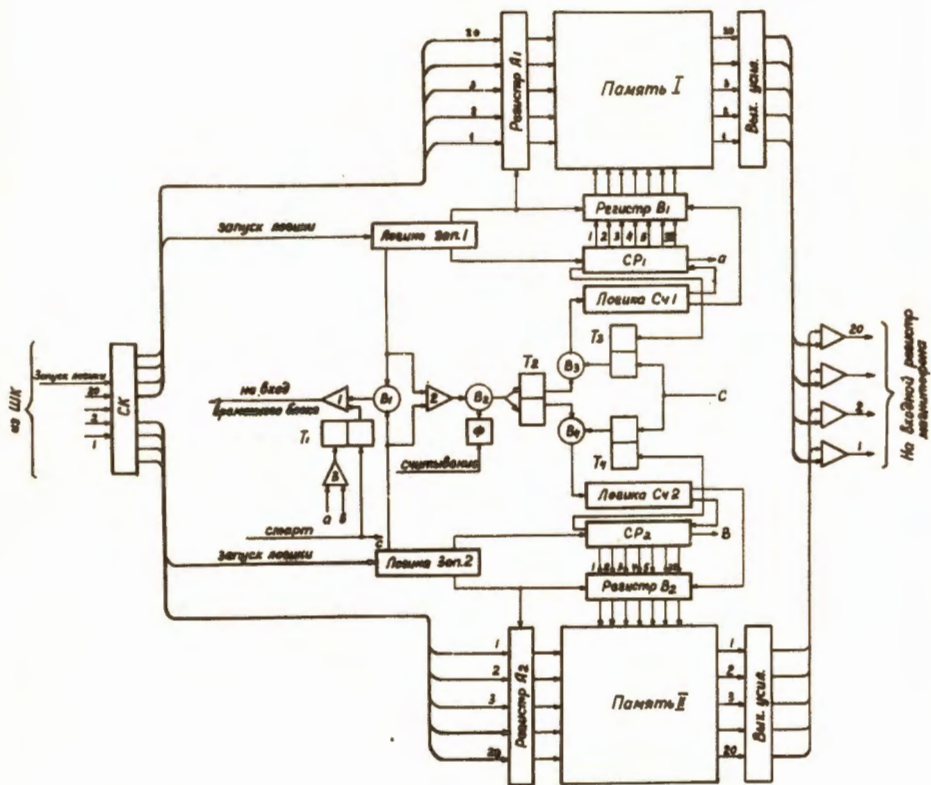


Рис. 8. Блок-схема УПП накопительного типа с поочередным запоминанием на двух блоках памяти /10/.

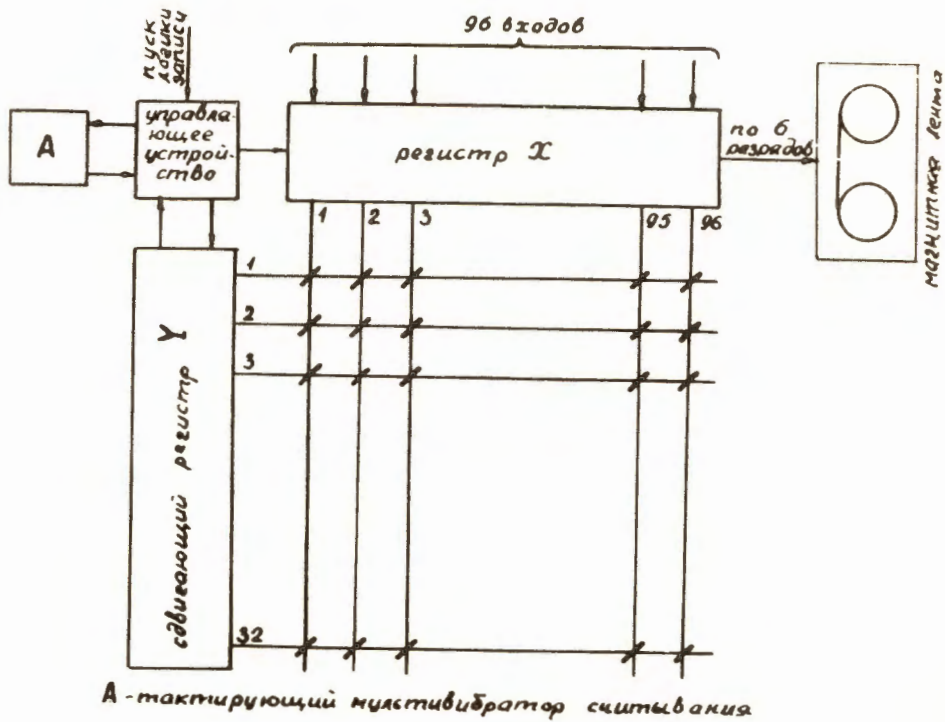


Рис. 9. Блок-схема накопительного УПП в системе запоминания информации на узкой магнитной ленте^{4/}.

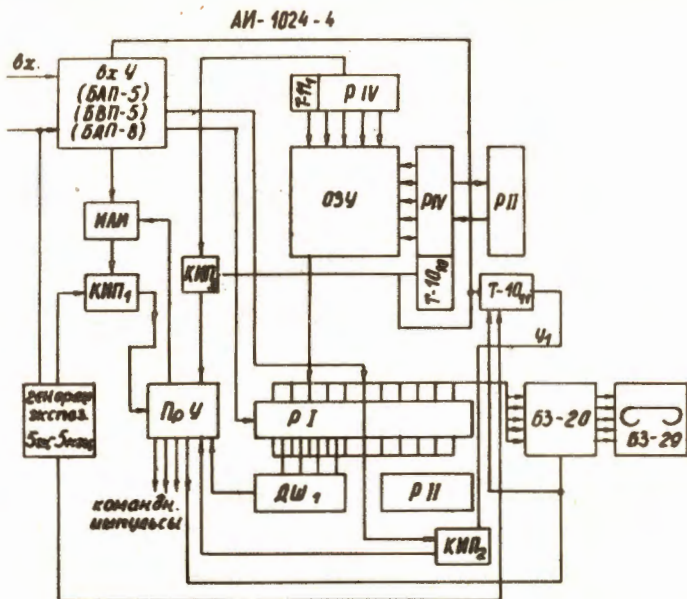


Рис. 10. Блок-схема УПП с записью массивов чисел на машинную магнитную ленту/3/.

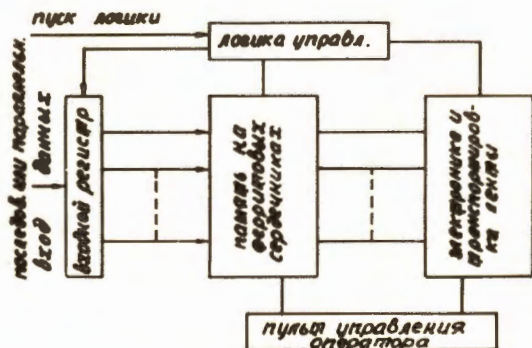


Рис. 11. Блок-схема УПП с записью массивов чисел на машинную ленту при непрерывном поступлении информации/12/.

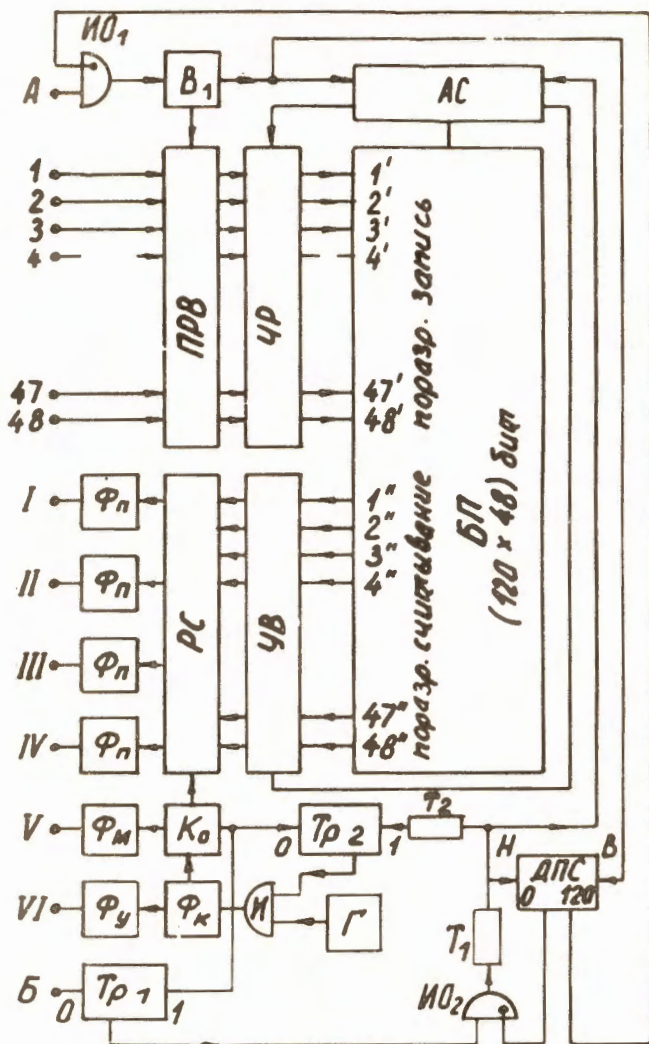
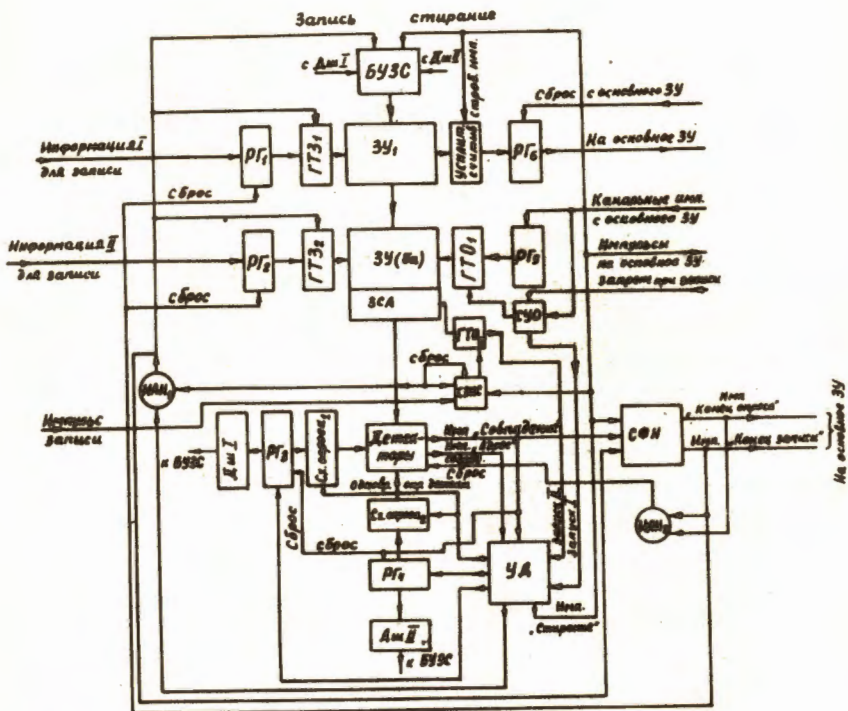


Рис. 12. Блок-схема УПП в годоскопической системе ^{/14/}.



Примечание: СЗМС — система запоминания импульсов стирания
 ЗСА — запоминание свободных адресов
 ГТО — генераторы токов опроса
 ГТЗ — генераторы токов записи
 БУЗС — блок управления записью и стиранием.

Рис. 13. Блок-схема УПП для системы многомерного анализа с памятью периодического типа^{17/}.

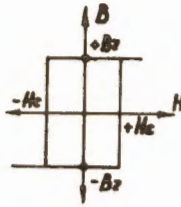


Рис. 14. Характеристика намагничивания ферритового сердечника.

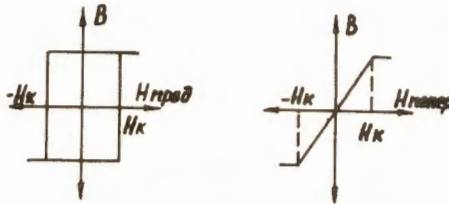


Рис. 15. Характеристики намагничивания тонких магнитных пленок.

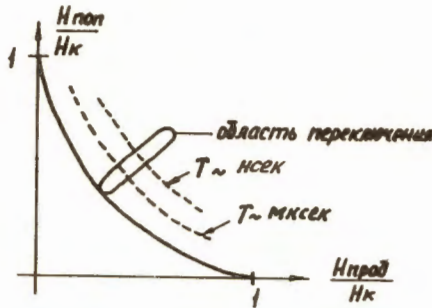


Рис. 16. Зависимость времени переключения магнитной пленки от относительной напряженности продольного и поперечного полей.

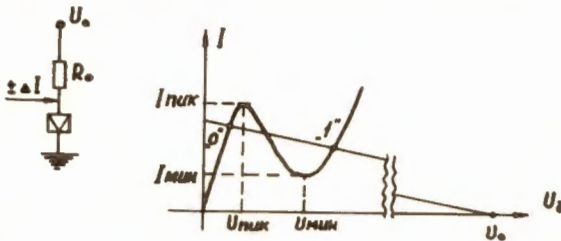


Рис. 17. Схема включения (а) и вольт-амперная характеристика (б) туннельного диода.

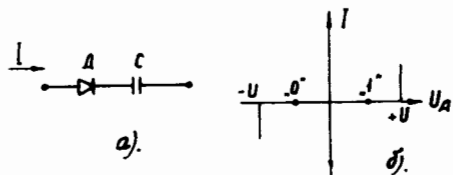


Рис. 18. Схема (а) и идеализированная характеристика (б) диодно-конденсаторного двухполюсника.

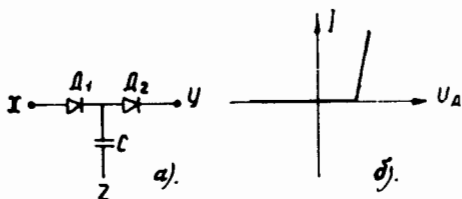


Рис. 19. Схема (а) и идеализированная характеристика (б) диодно-конденсаторного трехполюсника.

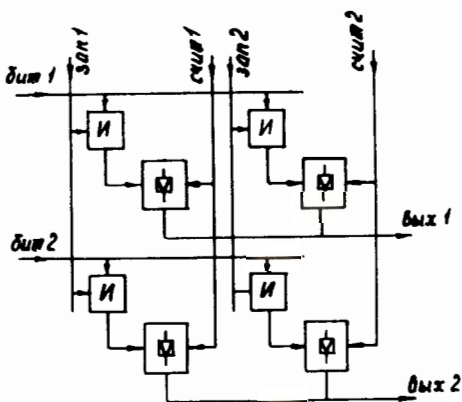


Рис. 20. Система внешнего выбора запоминающих элементов.

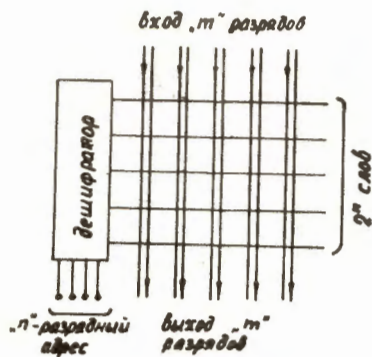


Рис. 21. Система линейного выбора запоминающих элементов.

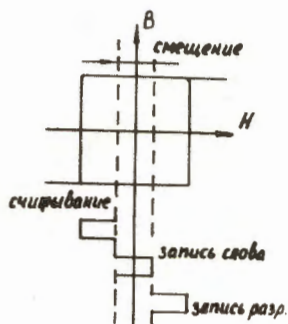


Рис. 22. Выбор запоминающих элементов с дополнительным смещением.

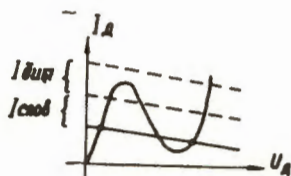


Рис. 23. Переключение туннельного диода по способу совпадения токов.

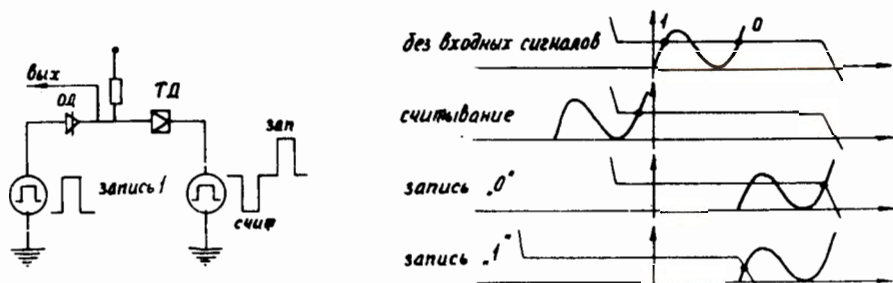


Рис. 24. Схема включения (а) и работа туннельного диода (б) по способу совпадения напряжений.

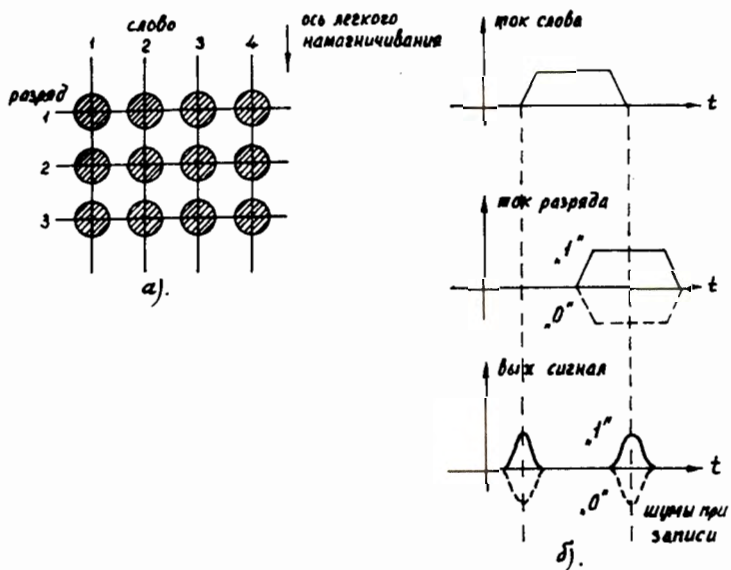


Рис. 25. Запоминающая матрица на тонких магнитных пленках (а) и характерные сигналы (б).

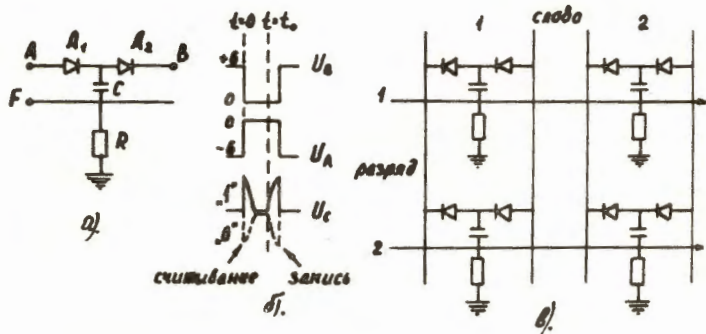


Рис. 26. Диодно-конденсаторная ячейка (а), характерные сигналы (б) и диодно-конденсаторная матрица (в).

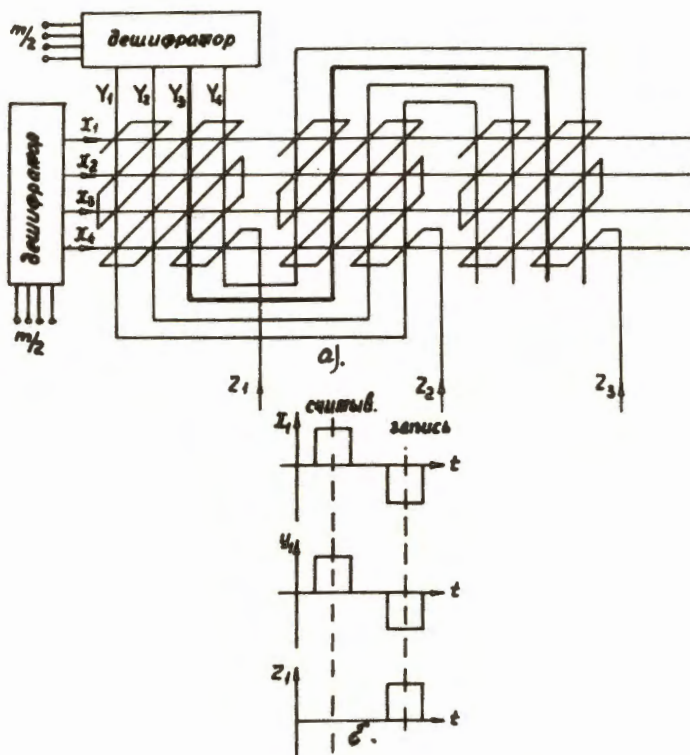


Рис. 27. Система матричного выбора (а) и характерные сигналы (б).

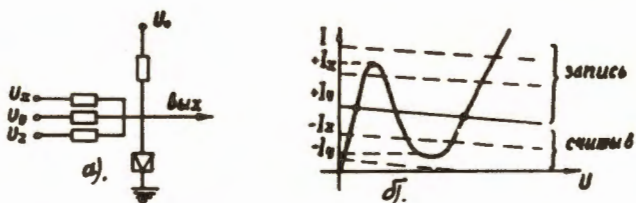


Рис. 28. Запоминающая ячейка на туннельном диоде (а) и выбор рабочей точки (б) в матричной системе памяти.



Рис. 29. Временная диаграмма для нециклического опроса.

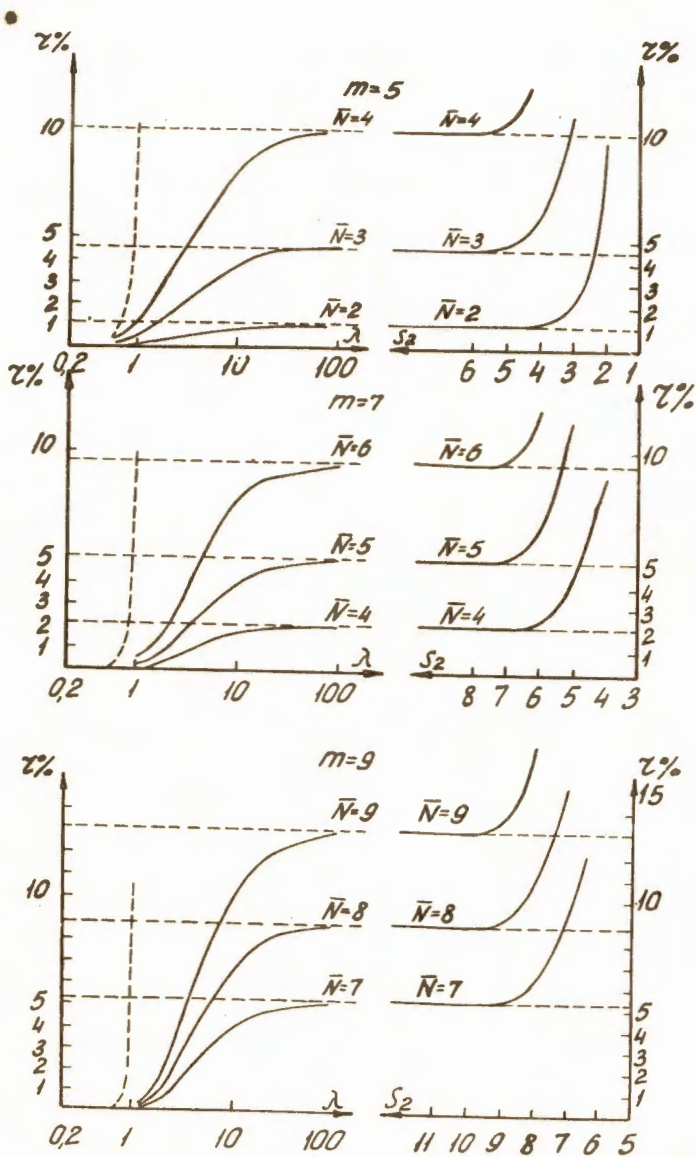


Рис. 30. Зависимости просчетов УПП, снятые с помощью модели /37/.

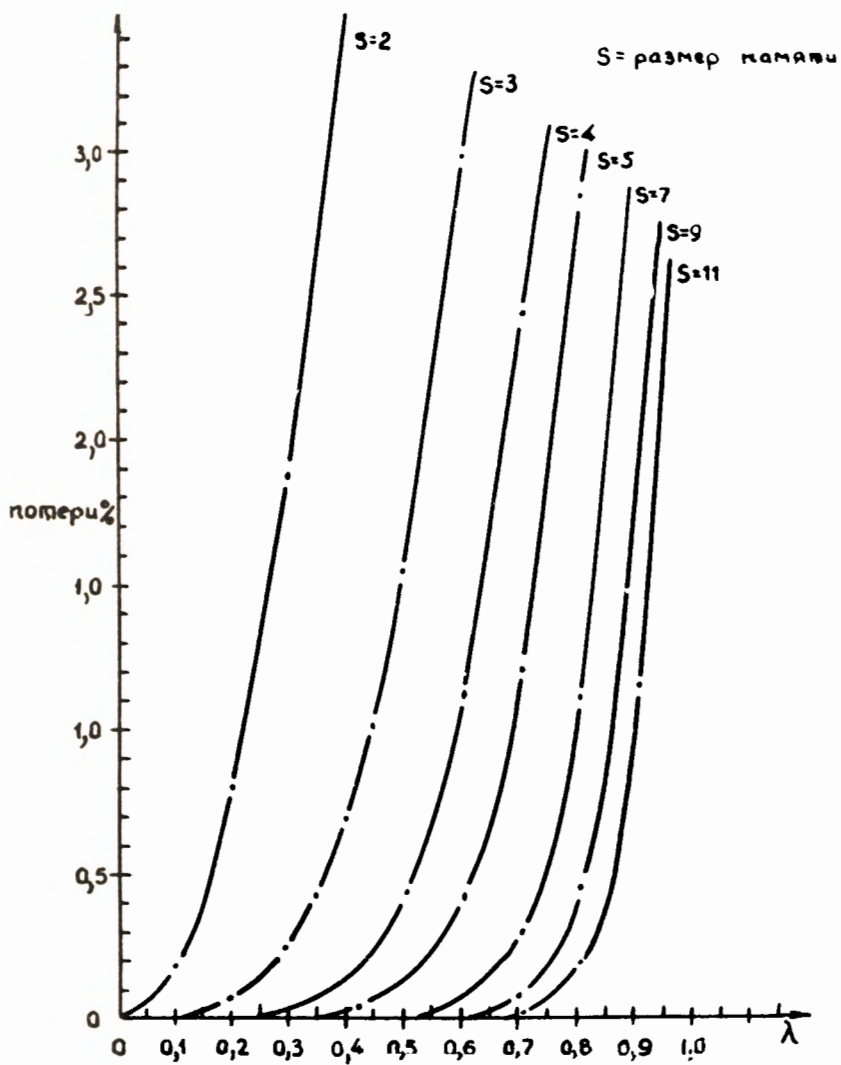


Рис. 31. Относительные потери счета как функция λ и s /18/.