

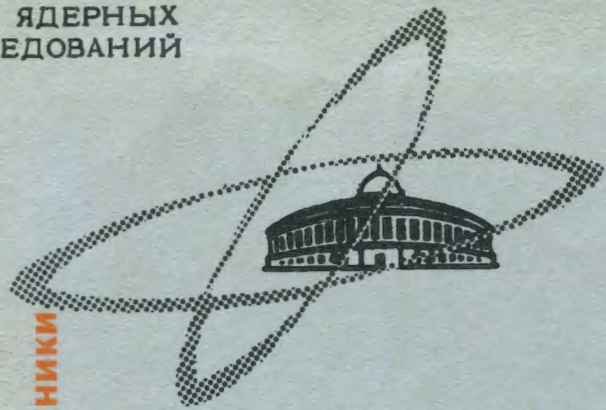
Ц 848
В-573

2/11-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3272



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

В.А. Владимиров, Ф. Дуда, Г.И. Забиякин,
З.В. Лысенко, В.И. Приходько, В.Г. Тишин,
В.Р. Трубников, Й. Томик

ЭВМ "МИНСК-2" В ЗАДАЧАХ РЕГИСТРАЦИИ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1967.

10 - 3272

4980/1 нр.
В.А. Владимиров, Ф. Дуда, Г.И. Забиякин,
З.В. Лысенко, В.И. Приходько, В.Г. Тишин,
В.Р. Трубников, Й. Томик

ЭВМ "МИНСК-2" В ЗАДАЧАХ РЕГИСТРАЦИИ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Многоканальные и особенно многомерные спектрометрические измерения обуславливают необходимость использовать регистрирующие приборы (анализаторы) с большой емкостью блоков памяти. Отдельные многоканальные анализаторы имеют ферритовые запоминающие устройства на 16 тыс. слов^{/1,2/}. По объему основного оборудования, относительной сложности их логической структуры, наконец, стоимости такие приборы становятся соизмеримыми с малыми вычислительными машинами.

Другим обстоятельством, вытекающим из специфики спектрометрических задач, является то, что в ряде случаев необходимо проводить достаточно сложную математическую обработку регистрируемых данных. Это, с одной стороны, побуждает расширять логические возможности многоканальных анализаторов путем добавления специальных (типовых для спектрометрии) операций обработки данных, с другой стороны, обуславливает широкое использование универсальных ЭВМ для обработки экспериментальной информации.

Универсальная вычислительная машина "Минск-2", позднее "Минск-22", является одной из распространенных в физических лабораториях машин. Представляет интерес проанализировать возможности этой машины применительно к задачам регистрации спектрометрической информации. Относительно небольшие дополнения, введенные в машину, делают её довольно универсальным спектрометрическим устройством, обеспечивающим многоканальную и многомерную регистрацию информации и её обработку. При этом сохраняются все возможности "Минск-2" как универсальной ЭВМ.

1. "Минск-2" как автономный многоканальный
анализатор

Универсальная вычислительная машина "Минск-2" ("Минск-22") имеет практически все функциональные блоки, которые могут обеспечить проведение многоканального анализа. ЭВМ имеет оперативную память на (4 + 8) тыс. 37-разрядных слов с циклом обращения 24 мксек; накопители на магнитной ленте (400 тыс. слов) со скоростью обмена информации 2500 слов в сек.; ввод информации с перфоленты ("Минск-22" имеет, кроме того, ввод с перфокарт и телетайпной линии связи); вывод информации на цифропечатающее устройство и перфоленту (у "Минск-22" - также на широкоформатную буквоцифропечать АЦПУ-128, телетайпную линию связи и перфокарты). Средняя скорость вычислений - 5 + 6 тыс. операций в сек. Числа представляются в двоичной форме 37 разрядами (включая знак) с фиксированной и плавающей запятой.

С точки зрения использования машины "Минск-2" в качестве регистрирующего устройства спектрометрических данных (анализатора) ей недостает внешнего цифрового ввода, а также входных блоков аналого-цифрового преобразования.

Наиболее простым решением вопроса о вводе цифровых данных в "Минск" является использование канала фотоввода. Дальнейшая организация накопления и поканальная сортировка спектрометрической информации могут быть проведены либо непосредственно после приема одного числа, характеризующего исследуемый параметр, либо после приема некоторого массива чисел.

На рис. 1 приведена блок-схема, поясняющая связи машины "Минск-2" с дополнительными блоками, обеспечивающими проведение спектрометрических экспериментов.

Могут быть осуществлены следующие режимы

а) Режим поканальной сортировки поступающего события

Ввод цифровой информации от блока аналого-цифрового преобразования (АЦП) или блоков промежуточной памяти (ПП) осуществляется через сдвигающий регистр в регистр машины P1 по трем разрядам (аналогично работе фотоввода) с последующим сдвигом в этом регистре. При выполнении операции ввода (-50) команда задается с пульта машины, по сигналу из ЭВМ устройство управления

сдвигом генерирует последовательность управляющих сигналов, обеспечивающих передачу кода из регистра сдвига в регистр P1 машины (сигнал занесения кода в P1, 3 импульса сдвига на сдвигающий регистр). Программа операции поканальной сортировки (операция "+1") может быть представлена следующим простым алгоритмом:

$$\frac{1}{1} \cdot A \ B \ B \ a \frac{1}{1}, \text{ где}$$

A - ввод внешнего адреса в сумматор по команде:

"Ввод цифровой с перфоленты"	- 144 мксек,
B - формирование команды поканальной сортировки	- 120 мксек,
B - операция поканальной сортировки	- 96 мксек,
a - безусловная передача управления	- 72 мксек

Суммарное время на регистрацию одного события - 432 мксек.

Для записи программы приема и поканальной сортировки в МОЗУ машины достаточно выделить ~ 150 ячеек. Таким образом, в простейшем режиме машина "Минск-2" может быть использована как 8000-тысячный анализатор с временем регистрации цифровой информации порядка 0,5 мсек.

б) Режим групповой сортировки

Канал фотоввода может быть использован также в режиме ввода группы кодов, характеризующих исследуемое событие, с последующей поканальной сортировкой этих событий. Ввод в машину цифровой информации (в регистр P1) в этом случае аналогичен вышеописанному. Максимальное число кодов, накапливаемых в одной группе, определится примерно половиной слов оперативной памяти ЭВМ. При двух блоках МОЗУ это составляет 4000. Другая половина памяти резервируется в качестве рабочего поля для накопления спектров и хранения программ.

Особенностью группового ввода данных является то, что после передачи числа на регистр P1 в ЦУ машины подается сигнал "ПУСК РИЦ", по которому принятое число заносится в МОЗУ, и машина продолжает выполнять операцию ввода. Схема, приведенная на рис. 1, дополняется счётчиком числа вводимых чисел. Сигнал переполнения этого счётчика, соответствующий заданному числу вводимых данных, используется для формирования сигнала "ПУСК ЦУ фотовводом", по которому машина переходит на выполнение последующих операций

программы. Программа поканальной сортировки и накопления может быть представлена в виде следующего алгоритма:

$\begin{array}{c} \downarrow \\ \text{А} \\ \downarrow \\ \text{Б} \\ \downarrow \\ \text{В} \\ \downarrow \\ \text{Г} \\ \downarrow \\ \text{а} \\ \downarrow \\ \text{Д} \\ \downarrow \\ \text{б} \\ \downarrow \end{array}$

- | | |
|---|-------------|
| А - ввод группы из 4000 чисел с запоминанием их по нарастающему адресу МОЗУ | - 440 мсек, |
| Б - формирование команды "+1" по очередному принятому адресу | - 120 мсек, |
| В - выполнение команды "+1" по адресу | - 96 мсек, |
| Г - восстановление константы команды поканальной сортировки | - 72 мсек, |
| а - проверка окончания цикла сортировки группы | - 96 мсек, |
| Д-восстановление констант цикла | - 72 мсек, |
| б - безусловный переход на начало | - 72 мсек. |

Операторы "Б,В,Г,а" входят в состав цикла, число повторений в котором соответствует длине принятого массива чисел. Время выполнения цикла поканальной сортировки для 4000 принятых кодов занимает около 1,73 сек.

На время выполнения поканальной сортировки вход регистрирующего тракта должен блокироваться. Для оценки быстродействия можно говорить о некотором среднем времени регистрации. При регистрации и сортировке по группам из 4000 кодов это среднее время составит около 580 мсек на событие. Таким образом, среднее быстродействие при регистрации информации как при групповой поканальной сортировке, так и при сортировке каждого события для "Минск-2" примерно одинаково (порядка 0,5 мсек). Однако режим групповой сортировки в ряде измерений с импульсным источником может оказаться предпочтительным, поскольку поканальная сортировка может проводиться в паузы между регистрациями.

Из приведенных оценок следует, что в задачах спектрометрии использование ЭВМ "Минск-2" наталкивается на затруднения, связанные, прежде всего, с малым быстродействием регистрации событий. Это относится, прежде всего, к операциям цифрового ввода и операциям программной организации поканальной сортировки.

Введение специализированных дополнительных команд в машину позволяет значительно расширить спектрометрические характеристики ЭВМ "Минск-2" как регистрирующего устройства.

2. Цифровой ввод информации в ЭВМ "Минск-2"

Уменьшение времени регистрации экспериментальных данных за счет укорочения времени операций ввода может быть достигнуто добавлением в систему команд специальной операции "быстрый ввод цифровой информации". Эта операция рассчитана на прием числа от внешнего устройства параллельным кодом и обеспечивает скорость ввода цифровой информации около 30 тыс. чисел в сек. Команда "быстрый ввод" выполнена за счет модификации стандартной команды "ввод цифровой с перфоленты" и, за исключением схем ввода числа, по своему построению аналогична стандартной. В этом случае режимы проведения спектрометрических измерений и построение алгоритмов программ поканальной сортировки останутся такими же, как и при вводе информации по каналу фототрубки.

Блок-схема канала "быстрого ввода" приведена на рис. 2. Обозначения блоков на этом рисунке аналогично обозначению, приведенному на рис. 1.

Центральное устройство (ЦУ) машины, расшифровав код операции цифрового ввода, подает в блоки АЦП или ПП сигнал опроса, по которому через группу клапанов код, характеризующий исследуемое событие, передается в регистр Р1 машины. Одновременно с этим в вычислительную машину приходит управляющий сигнал, запускающий распределитель импульсов (ПУСК РИЦ). Принятый код передается из регистра Р1 в МОЗУ, где записывается в ячейке, адрес которой указан в адресной части кода операции. Одновременно принятый код заносится в сумматор машины (Σ). После приема одного числа ЦУ машины подает регистрирующие блоки следующий сигнал опроса. Реакция устройства управления вводом на этот сигнал опроса определяется режимом проведения спектрометрических измерений и, следовательно, алгоритмом поканальной сортировки экспериментальных данных. Если проводится поканальная сортировка каждого события, то устройство управления вводом на второй сигнал опроса отвечает сигналом "ПУСК ЦУ", по которому центральное устройство переходит на выполнение других операций, записанных в программе поканальной сортировки.

В режиме групповой сортировки экспериментальной информации по каждому сигналу опроса в вычислительную машину вводятся новые адресные коды, которые записываются в памяти машины по нарастающим адресам. Окончание ввода экспериментальной информации задается сигналом переполнения одного из блоков МОЗУ машины (или же по внешнему сигналу). Этот сигнал, как и в предыдущем случае, запускает центральное устройство на выполнение программы поканальной сортировки данных принятого массива.

Уменьшение времени выполнения операций приема события приведет к некоторому сокращению и суммарного времени регистрации этого события в машине. В режиме поканальной сортировки каждого поступившего события время приема числа составляет около 70 мксек: 24 мксек - выход на операцию; 28 + 32 мксек - прием кода события; 18 мксек - окончание операции. Суммарное время регистрации одного события составит около 360 мксек (без учета времени кодирования).

В режиме групповой сортировки время приема одного события сокращается в среднем до 32 мксек. С учетом времени на обработку массива (для 4000 кодов это время составляет 1,73 сек) среднее время регистрации одного события будет порядка 480 мксек.

Организация быстрого цифрового ввода с записью информации в МОЗУ дает возможность эффективно использовать машину при импульсных режимах поступления экспериментальной информации, либо в тех случаях, когда условия эксперимента позволяют искусственно организовать такой режим, прерывая регистрацию для проведения поканальной сортировки массива адресных кодов (например, при амплитудном анализе, проводя нормировку на "живое время").

Представляет особый интерес рассмотрение режима регистрации на машине "Минск-2" с использованием записи на магнитную ленту.

3. Многомерный анализ с магнитной лентой

Многомерный анализ с записью кодов на магнитную ленту включает в себя две обособленные операции. Первая - предусматривает накопление информации на ленте, вторая, выполняемая после окончания эксперимента, - поканальную сортировку записанных кодов. Накопление информации производится с использованием быстрого цифрового ввода, с формированием в МОЗУ массива из 4000 кодов и записью этого массива на магнитную ленту. Быстрый цифровой ввод обеспечивает запись одного числа в МОЗУ за $\tau = 32$ мксек. Без учета времени кодирования события в АЦП запись в мозу массива из 4 тыс. кодов займет около 130 мсек. Перезапись принятого массива из МОЗУ на магнитную ленту займет около 1,6сек (с контрольным чтением - 3,2 сек).

В пересчете на среднее время регистрации это составит около 400 мксек на событие или 800 мксек на событие при записи с контролем. Сортировка спектрометрической информации, полученной в эксперименте, может вестись различными способами в зависимости от программы обработки зарегистрированной информации. В качестве примера программы сортировки всей информации (что в ряде случаев не является необходимым) приведем программу сортировки многомерного спектра, которая занимает минимальное время работы машины.

$${}^2_2 A_1 \quad {}^1_1 A_2 \quad A_3 \quad A_4 \quad a \frac{1}{\uparrow} \quad b \frac{2}{\uparrow} \quad O_7$$

где A_1 - блок считывания нерассортированной информации (4000 чисел) с НМЛ - 1;

A_2 - блок считывания содержимого n каналов одного из параметров;

A_3 - сортировка информации по текущим n_1 каналам;

A_4 - запись на НМЛ - 2 рассортированной информации;

a - логический оператор, проверяющий, закончена ли сортировка 4000 чисел по всем N_1 каналам первого параметра;

b - логический оператор, определяющий, вся ли информация с магнитной ленты НМЛ - 1 рассортирована; если да, то управление передается оператору O_7 , если нет - оператору A_1 ;

O_7 - останов, далее либо смена магнитной ленты НМЛ - 1, либо окончание сортировки.

Информация с НМЛ - 1 считывается массивами по 4000 чисел в первый куб МОЗУ, сортируется по адресам во второй куб и записывается на НМЛ - 2.

Например, в двухмерном эксперименте (амплитуда-время) 128 x 128 каналов сортировка проводится одновременно на $n = 32$ временных канала по всем $N_1 = 128$ амплитудным каналам, для сортировки 10^6 событий такого спектра требуется примерно два с половиной часа работы машины. В эксперименте 256 x 256 для сортировки 10^6 событий потребуется порядка 6 + 7 часов (в этом случае $n = 16$).

На одной бобине ленты может быть записано порядка 200 тыс. событий.

4. Операция поканальной сортировки информации

Программная организация поканальной сортировки поступающих кодов ограничивает скорость работы машины в анализаторном режиме.

Характерная для спектрометрических приборов операция поканальной сортировки, обеспечивающая регистрацию поступающей информации со скоростью, близкой к частоте обращения к МОЗУ, может быть организована в системе команд машины. Схема, поясняющая организацию измерений на ЭВМ "Минск-2" с использованием этой операции, приведена на рис. 3.

Ввод цифровой информации от блоков АЦП или ПП осуществляется по описанному выше каналу быстрого ввода на кодовые шины числа (КШЧ) машины. Управляющие сигналы, обеспечивающие ввод и поканальную сортировку принятых событий, формируются в специальной схеме, введенной в центральное устройство (ЦУ) машины. Операция поканальной сортировки является групповой операцией, в которой после первого такта машины, когда код операции заносится в регистр дешифратора операций, ЦУ переключается на третий такт, который затем повторяется. Длительность третьего такта при выполнении операции поканальной сортировки увеличивается до 36 мксек за счёт введения трех дополнительных шагов в последовательность тактовых импульсов. Введение дополнительных шагов в третьем такте позволило выполнить за один такт машины операцию добавления единицы к выбранному из МОЗУ числу.

Код от блоков аналого-цифрового преобразования, являющийся адресом обращения к МОЗУ, поступает на КШЧ по сигналу "запрос", который формируется в ЦУ в конце очередного такта (I_{36}). По этому сигналу устройство управления вводом опрашивает блоки АЦП. Поступивший код переносится на шины адреса машины (КША) и устанавливает регистр адреса (РА) МОЗУ на нужный адрес.

Первым импульсом третьего такта (I_{31}) формируются управляющие сигналы, обеспечивающие считывание числа из МОЗУ по заданному таким образом адресу, и одновременно в сумматор и в регистр Р1 машины заносится единица (временные диаграммы приведены на рис. 4). Код чтения из МОЗУ приходит на счётные входы триггеров сумматора, в результате чего выполняется операция поразрядного сложения с занесенной ранее единицей. Логическое условие переносов в сумматоре вырабатывается по специальному сигналу (+4) из сравнения состояний одних и тех же разрядов сумматора и регистра Р1. После этого про-

исходит запись полученного числа в ту же ячейку МОЗУ, устанавливаются в исходное состояние регистры и сумматор.

Последним импульсом данного такта (I_{36}) запрашивается очередной код регистрируемого события.

То обстоятельство, что при спектрометрических измерениях не требуется, как правило, набирать в каналы больше чем несколько десятков тысяч событий, позволяет использовать блоки МОЗУ для хранения информации в несколько этапов. Это дает прямое увеличение числа каналов в регистрируемом спектре.

Разбиение блоков памяти машины (8 тыс. слов, 37 разрядов) на 2, 3 и 4 этажа позволяет проводить измерения с 16, 24 и 32 тыс. каналов соответственно. При этом емкость каналов составит 18, 12 и 8 разрядов. Заметим, что уменьшение емкости каналов до относительно небольшой величины (8 + 12 разрядов для обычного анализатора недопустимо мало) в условиях работы на машине может компенсироваться перезаписью информации на магнитную ленту по заполнению каналов.

Распределение экспериментальной информации по этажам МОЗУ выполняют дешифратор этажа и клапанная схема опроса. Управление дешифратором осуществляется старшими разрядами кода, поступающего от АЦП или ПП. Перед занесением единицы в сумматор сигналом от ЦУ машины опрашиваются клапаны дешифратора. В соответствии с полученным признаком этажа занесение единицы производится в соответствующий разряд сумматора, являющийся младшим разрядом выбранного канала. Таким образом, единица добавляется к части поступающего из МОЗУ на сумматор числа, соответствующего содержанию задаваемого канала спектра.

5. Вывод и представление результатов

Накопление большого объема экспериментальной информации обуславливает серьезные требования к устройствам вывода информации из регистрирующих устройств и обработки полученных результатов. При использовании ЭВМ в качестве автономного многоканального анализатора вопросы вывода и обработки накопленной информации сводятся к решению программных вопросов организации работы на машине.

Помимо внешних устройств самой машины "Минск" (цифрочет, перфоратор, широкоформатная букво-цифрочет, телетайп), для вывода и представления данных удобно использовать осциллографические устройства. Организация вывода на экран трубки информации в виде, удобном для восприятия человеком, может быть обеспечена программным путем. Дополнительные возможности для обработки спектрметрических данных с помощью осциллографа и машины появляются при наличии у осциллографа "светового карандаша".

Наряду с этим следует подчеркнуть, что система организации команд на машине "Минск-2" ("Минск-22") не позволяет достаточно просто организовать наблюдение за набором информации в ходе эксперимента. В связи с этим удобно подключить автономный блок индикации с ограниченными функциями представления спектрметрической информации как некоторое внешнее устройство машины.

Работа этого блока осуществляется следующим образом. Если в момент прихода запроса от ЭВМ (рис. 3) блоки АЦП или ПП не имеют информации, то этот такт машины используется для вывода хранящейся в МОЗУ информации на осциллограф. Автономный счетчик адреса блока осциллографа последовательно канал за каналом задает на КШЧ адрес ячейки памяти МОЗУ. Как и в режиме регистрации, ЭВМ выбирает число из МОЗУ, но в сумматор при этом не поступает единица; так что изменения числа в МОЗУ не происходит. Код числа, выведенного на сумматор, через регистр вывода (РВ) подается на цифро-аналоговый преобразователь блока индикации, который управляет отключением луча по вертикали. Отклонение по горизонтальной оси происходит в соответствии с кодом счетчика адреса. Максимальная длина массива, выводимого на осциллограф, в осуществленном режиме составляла 4096 каналов. Имелся ряд дополнительных органов управления, позволяющих выбирать различные участки спектра и т.д.

З а м е ч а н и я

Из приведенных выше результатов вытекает, что относительно несложные и небольшие по объему оборудования дополнения к основному комплексу машины "Минск-2" ("Минск-22") открывают широкие возможности использования этой ЭВМ совместно с блоками аналого-цифрового преобразования в качестве мно-

гоканального и многомерного устройства регистрации спектрметрической информации (см. таблицу 1). При этом полностью сохраняются возможности самой машины как универсального вычислителя.

Полученные результаты могут быть основанием для сопоставления многоканальных анализаторов с фиксированной программой работы и малых (средних) ЭВМ. Если для анализаторов с несколькими сотнями (и даже с одной-двумя тысячами) каналов, выполненных как специализированные спектрметрические приборы, сохраняется некоторое преимущество перед ЭВМ по компактности, простоте управления, минимальному объему выходных устройств и, следовательно, стоимости, то при сопоставлении анализаторов с числом каналов порядка нескольких тысяч и более указанные преимущества практически сглаживаются. Предпочтение может быть отдано многоканальным регистрирующим системам на основе ЭВМ.

На вычислительной машине "Минск-2" Объединенного института ядерных исследований были осуществлены указанные выше режимы (кроме передачи данных через тракт фотоввода в силу его недостаточного быстродействия). Машина "Минск-2" как регистратор спектрметрической информации и устройство обработки использовалась в ряде экспериментов.

Обработка спектров проводилась с использованием "светового карандаша".

Л и т е р а т у р а

1. С.С.Курочкин, А.Л.Белоус, В.Н.Саличко. Измерительный комплекс типа АИ-16000. Труды 5 конференции по ядерной радиоэлектронике. Москва, Госатомиздат, 1965 г. т. 3, стр. 137.
2. Л.А.Маталин, С.И.Чубаров, А.А.Иванов. Многоканальные анализаторы ядерной физики. Москва, Атомиздат, 1964г.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 апреля 1967 года.

Таблица 1

Основные спектрометрические характеристики регистрирующего устройства на основе машины "Минск-2"

Параметры	Ввод по каналу фотоввода				Цифровой (быстрый) ввод			
	Посылаемая сортировка каждого события	Групповая логическая сортировка	Посылаемая сортировка каждого события	Групповая логическая сортировка	Посылаемая сортировка каждого события	Групповая логическая сортировка	Запись кода на магнитную ленту	Со специальной операцией "+1"
1. Число каналов (тысяч)	8 т.	4т.	8т.	4т.	2 ³⁶	18т. (18 разр.) 24т. (12 разр.) 36т. (9разр.)		
2. Время приема кода (мксек)	144	104	68 + 72	28 + 32	28 + 32			
3. Время посылки сортировки								
а) одного события (мксек)	288	-	288	-	-	36		
б) группы из 4000 событий (сек)	-	1,73	-	1,73	-	-		
4. Время регистрации события (мксек)	482	580 (среднее)	360	460 (среднее)	400	36		
5. Число дополнит. ячеек	-	-	3	3	3	8		
а) в ЭВМ "Минск-2"	-	-	10	10	10	10		
б) во внешних схемах	16	30	10	10	10	4		

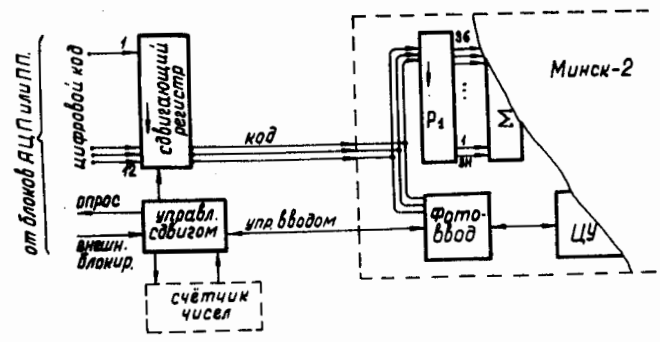


Рис. 1.

Схема ввода цифровой информации по каналу фотоввода. АПП - аналого-цифровой преобразователь, ПП - промежуточная память, Р₁ - регистр 1, Σ - сумматор, ЦУ - центральное устройство.

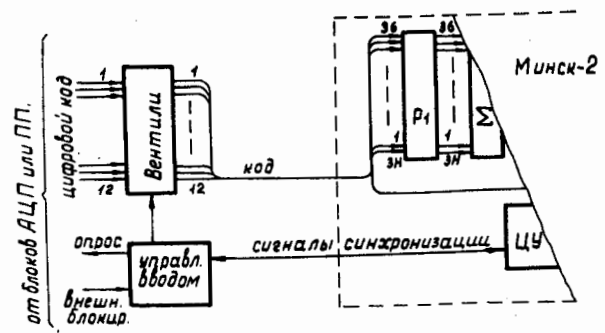


Рис. 2.

Схема ввода цифровой информации по дополнительной операции "Быстрый ввод".

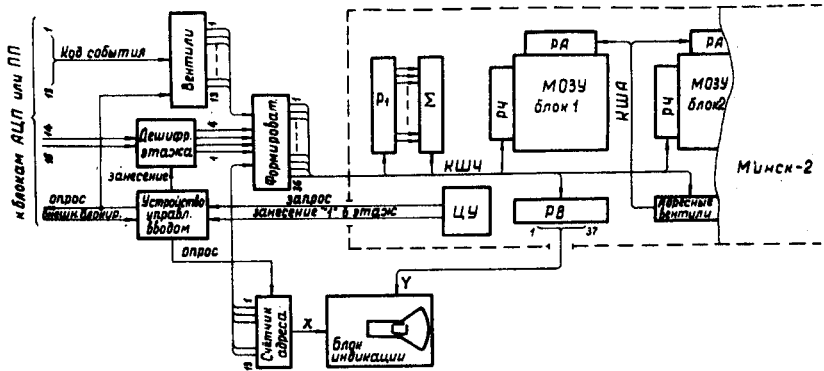


Рис . 3. Блок-схема многоканального регистрирующего устройства на основе ЭВМ "Минск-2".

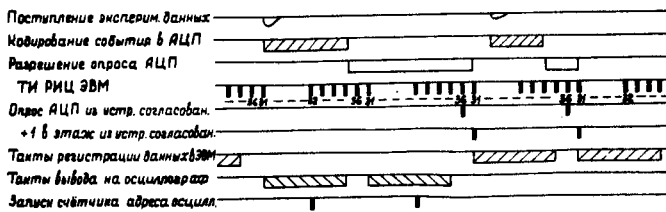


Рис. 4. Временная диаграмма работы устройства.