

1848
ЖК-911

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

4/2-65 ✓
2059



Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА С
ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ
ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОГО АНАЛИЗА

ТТЭ, 1966, №2, с 81-85.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

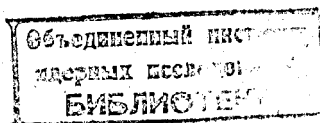
1965

2059

Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА С
ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ
ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Направлено в ПТЭ



31/3 19

Аппаратура для многоканального и многомерного анализа экспериментальных данных, поступающих в виде электрических сигналов от различных детекторов излучений, развивается в последние годы не только в направлении увеличения числа каналов, повышения быстродействия и точности измерений, но также и в направлении более широкого использования методов счетно-решающей техники для обработки экспериментальных данных.

В ряде случаев непосредственно в комплекс электронного оборудования для регистрации и обработки экспериментальной информации включаются универсальные цифровые вычислительные машины (ЦВМ)^{/1/}. Это значительно расширяет экспериментальные возможности, позволяя регистрировать данные одновременно от нескольких независимых экспериментов и в ходе самого эксперимента вести машинную обработку этих данных. Функции анализаторов по накоплению, сортировке и представлению данных экспериментатору выполняются в этом случае целым комплексом электронных устройств, объединенных в измерительный центр.

Наряду со спецификой отдельных измерительных центров к ним предъявляется в конечном счете ряд общих требований. Во-первых, для обеспечения накопления данных от нескольких экспериментов они должны иметь относительно большой объем запоминающих устройств; во-вторых, обеспечивать достаточную для данных условий скорость регистрации данных по всем используемым входам и, в-третьих, позволять непрерывно или периодически контролировать ход экспериментов, включая обработку экспериментальных данных на ЦВМ. Немаловажными являются также вопросы эффективного использования всего оборудования и эксплуатационная надежность работы этого оборудования.

Электронное оборудование измерительных центров для анализа и накопления экспериментальных данных конструируется обычно либо с жесткой (фиксированной) программой работы^{/2,3,4/}, либо с запоминаемой программой. В первом случае это устройство типа анализаторов, во-втором - специализированные или универсальные ЦВМ^{/5/}.

В тех случаях, когда операции по накоплению экспериментальных данных достаточно просты, устройства с фиксированной программой имеют ряд преимуществ перед устройствами с запоминаемой программой. Эти преимущества обусловлены прежде всего более простым оборудованием и более высоким быстродействием.

ЦВМ с запоминаемой программой, с другой стороны, обладают более широкими возможностями в проведении разносторонней обработки поступающей информации, в представлении результатов экспериментатору и другими особенностями, которые способствуют более эффективному проведению эксперимента.

Объединение этих двух устройств^{16/} (с фиксированной программой и ЦВМ с запоминаемой программой) позволяет значительно расширить возможности измерительных центров, удовлетворив в определенной мере указанные выше требования. Блок-схема такой смешанной регистрирующей системы приведена на рис. 1.

1. БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ

Основой системы, обеспечивающей накопление поканальной информации, является магнитное оперативное запоминающее устройство (МОЗУ), относительно большой емкости с адресным и числовым регистрами. МОЗУ может являться либо автономным устройством, либо одним из собственных МОЗУ вычислительной машины, допускающим внешнее независимое обращение. Программа обращения к МОЗУ фиксирована и аналогична программе многоканальных анализаторов с ферритовой памятью. Основными режимами этой программы являются режим регистрации (поканального накопления) экспериментальных данных и режим вывода данных, хранимых в МОЗУ, на другие устройства, в том числе непосредственно в ЦВМ, с которой это МОЗУ связано. Регистр числа МОЗУ должен предусматривать счетный режим работы, что позволяет за один такт обращения к памяти провести добавление единицы по выбранному адресу.

Режим регистрации осуществляется следующим образом. Экспериментальные данные, поступающие по нескольким независимым входам, блоками аналого-цифрового преобразования (АЦП) кодируются в двоичные параллельные коды. Эти коды заносятся в блоки промежуточной памяти. Число блоков промежуточной памяти (П.П.) равно числу входов. Основной задачей этих блоков является "разравнивание" статистически поступающей входной информации с целью снижения возможных просчетов при конечном времени обращения к памяти.

Коды из промежуточной памяти считываются периодически с частотой, устанавливаемой с помощью блока распределения тактов обращения к МОЗУ. Считываемые коды через многоканальную схему "ИЛИ" передаются на адресный регистр МОЗУ. В канал МОЗУ с заданным таким образом адресом происходит добавление единицы. С этой целью на регистр числа выводится содержимое канала, производится увеличение вынесенного числа на единицу и результат заносится в память по тому же адресу. Благодаря жестко фиксированной программе время операции по добавлению единицы в канал МОЗУ может быть сделано практически равным времени обращения к памяти.

Таким образом происходит поканальное накопление информации по всем измеряемым параметрам. Очередность занесения информации из различных блоков промежуточной памяти в МОЗУ определяется также блоком распределения тактов (этот вопрос рассматривается ниже).

Режим обращения ЦВМ к МОЗУ происходит аналогично. Адрес (адреса), по которому необходимо вывести информацию из МОЗУ и передать в ЦВМ, задается от машины по кодовым шинам адреса (КША) через многоканальную схему "ИЛИ". Число по данному адресу выводится в машину через числовой регистр. Добавление единицы в регистр числа в этом случае не происходит.

Режим вывода информации на внешнее устройства (осциллографы, цифрпечать, самописец и т.д.) осуществляется таким же обращением к МОЗУ. Адрес выводимого канала задается через схему "ИЛИ", а код числа передается на внешнее устройство через регистр числа.

2. ПРИОРИТЕТ ПРОГРАММ И СКОРОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ

Специфика регистрации экспериментальных данных и требования обработки этих данных с помощью ЦВМ накладывают определенные условия на приоритетность обращения к МОЗУ. Наиболее высокий приоритет целесообразно закрепить за каналом регистрации экспериментальной информации, поскольку статистический характер поступления этой информации требует высокого быстродействия по входу (малое мертвое время) и не допускает произвольно большего времени ожидания из-за возможных потерь информации.

Обращение ЦВМ к МОЗУ может допускать большее время ожидания, поскольку может быть связано лишь с некоторым увеличением времени работы ЦВМ и принципиально не вызывает потерь информации. Наконец, самый низкий приоритет закрепляется за блоками вывода информации на осциллограф, цифрпечать и т.д.

Быстродействие системы регистрации при нескольких входах и одном общем устройстве памяти зависит как от времени обращения к МОЗУ, так и от количества входных каналов и от условий передачи кодов из блоков промежуточной памяти в МОЗУ.

При равномерно-статистическом поступлении информации соотношение между периодом передачи кодов из промежуточной в основную память (τ_1) и средней скоростью поступления информации для каждого из входных каналов n_1 может быть определено как:

$$n_1 \tau_1 = 0,7 - 0,8. \quad (1)$$

При емкости промежуточной памяти 8-10 слов это условие обеспечивает регистрацию статистической информации с просчетами менее одного процента^{17/}.

При конечном времени обращения к МОЗУ ($T_{обр}$) максимальная скорость регистрации входных данных могла быть обеспечена в том случае, если опрос блоков промежуточной памяти происходил бы по мере появления информации в каком-либо из

этих блоков. Однако из условий автономности и независимости экспериментов друг от друга, что в большинстве случаев является очень важным, желательно систему опроса выполнить так, чтобы период опроса данного блока промежуточной памяти был фиксирован и не зависел ни от изменения нагрузок в соседних каналах, ни от выключения или изменения условий эксперимента в других каналах.

Это можно обеспечить, если период опроса выбрать кратным целому числу периодов обращения к МОЗУ:

$$r_i = m T_{\text{обр}}$$

В простейшем случае m может быть равно числу входов. Однако более рационально периоды опроса каждого из входных каналов выбирать из условий поканальных нагрузок

$$r_i = m_i T_{\text{обр}} \quad (2)$$

где m_i зависит от n_i и определяется из условия (1). Число независимых входов k при этом должно быть таким, чтобы суммарные загрузки по всем входам удовлетворяли условию:

$$T_{\text{обр}} \times \sum_{i=1}^k n_i \leq (0,7 - 0,8). \quad (3)$$

Время обращения для большинства современных МОЗУ составляет примерно 10 - 20 мксек. Можно показать, что даже при относительно большом времени обращения может быть достигнуто быстрое действие регистрации для 4-5 независимых входов, сравнимое с быстрым действием промышленных анализаторов.

В качестве примера в таблице 1 приведены значения допустимых поканальных нагрузок (n_i), подсчитанных для следующих условий: $T_{\text{обр}} = 20$ мксек, 10 слов в каждом из блоков промежуточной памяти, просчеты составляют менее 1%.

Входы	I вариант		II вариант		III вариант	
	r_i	n_i	r_i	n_i	r_i	n_i
I	80	$1,2 \cdot 10^4$	40	$2 \cdot 10^4$	60	$1,4 \cdot 10^4$
II	80	$1,2 \cdot 10^4$	80	$1,2 \cdot 10^4$	120	$7 \cdot 10^3$
III	80	$1,2 \cdot 10^4$	160	$5,6 \cdot 10^3$	120	$7 \cdot 10^3$
IV	80	$1,2 \cdot 10^4$	160	$5,6 \cdot 10^3$	120	$7 \cdot 10^3$
V					240	$3,5 \cdot 10^3$
VI					240	$3,5 \cdot 10^3$

3. ОБРАЩЕНИЕ ЦВМ И ВЫВОД НА ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА

Обращение ЦВМ к МОЗУ должно быть обеспечено без прерывания режима накопления информации. Можно отметить два способа решения этой проблемы. Во-первых, ЦВМ так же, как и входным каналам, могут быть выделены определенные такты обращения к МОЗУ^{2/}. Во время этих тактов по адресам, поступающим от ЦВМ, из МОЗУ выводится информация. Однако учет статистического характера регистрируемой информации позволяет более экономично провести распределение тактов. Машине могут быть отданы все свободные такты, во время которых не происходит передача информации из блоков промежуточной памяти к МОЗУ. Даже при предельных нагрузках из выражения (3) следует, что 20-30% всех тактов обращения не будут использоваться для записи информации в МОЗУ. При $T_{\text{обр}} = 10-20$ мксек средняя частота обращения ЦВМ может в этом случае достигать нескольких десятков кГц.

При импульсном режиме работы, когда время поступления информации чередуется с относительно большими паузами (например, измерения времени пролета), свободных тактов становится значительно больше, чем тактов, при которых происходит запись информации в МОЗУ. В связи с этим условия работы ЦВМ по обращению к МОЗУ в значительной мере расширяются.

Аналогичным образом организован и вывод из МОЗУ на внешние устройства - осциллографические индикаторы, контролирующие набор информации, автономные цифровые печатающие устройства и т.д.

На схеме (рис. 1) распределение тактов обращения к МОЗУ осуществляется с помощью двух распределителей. Распределитель тактов опроса коммутирует между блоками промежуточной памяти импульс от генератора, частота работы которого равна максимально возможной частоте обращения к МОЗУ. Если в промежуточной памяти есть коды, то они по этим тактам переносятся в МОЗУ. Если кодов нет, происходит дополнительное распределение свободных тактов между ЦВМ и внешними устройствами.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕМА МОЗУ

Параметры МОЗУ, предназначенного для накопления данных от нескольких независимых экспериментов, определяются, с одной стороны, особенностями регистрации статистических величин, с другой стороны, условиями связи этого МОЗУ с ЦВМ.

В анализаторной технике на число используемых каналов обычно накладываются ограничения, связанные либо с ограниченным разрешением детекторной аппаратуры (примером может служить амплитудный анализ), либо с ограничениями числа каналов

(адресов) используемой "памяти". Последнее особенно характерно для многомерного и в определенной степени — для временного анализа.

Емкость каналов выбирается обычно из условий обеспечения допустимой ошибки, связанной с регистрацией случайных событий. При емкости каналов, равной нескольким десяткам тысяч, погрешность не превышает нескольких десятых процента. В большинстве случаев емкость каналов фиксируют в расчете на максимально возможные параметры. Обычно блоки памяти анализаторов имеют не меньше 16-17 разрядов.

В целом ряде экспериментов, однако, измерения далеко не требуют использования максимального числа каналов анализатора и набора информации до полной емкости памяти. Такое "недоиспользование" МОЗУ наиболее разительно при проведении нескольких автономных экспериментов одновременно.

Применяемая ЦВМ, в свою очередь, диктует ряд требований к МОЗУ. Наиболее желательно применение МОЗУ с такими же параметрами, как и МОЗУ в ЦВМ. Это значительно облегчает обращение машины к автономному МОЗУ. Для современных малых универсальных ЦВМ, которые нашли применение в измерительных центрах^{11/}, характерно относительно большое число разрядов.

Согласование спектрометрических требований и особенностей работы с ЦВМ могло быть проведено при произвольном разбиении всего объема машинного МОЗУ на отдельные части, диктуемые особенностями экспериментов. Однако реализация такого крайнего случая связана со значительными осложнениями адресного и числового регистров МОЗУ (прежде всего за счет обеспечения нужных в этом случае коммутаций).

Компромиссом между жесткой фиксацией числа и емкости каналов и произвольным разбиением МОЗУ может быть разбиение с определенным модулем. Так, для МОЗУ с 4096 адресами и 37 разрядами целесообразно принять разбиение по числу каналов (адресам) в двоичной системе, начиная с некоторого минимума (например, с 2^8). В свою очередь, разряды следует разбивать на 2 или 3 части в зависимости от специфики экспериментов.

Можно отметить, что при увеличении числа каналов, как правило, уменьшаются требования к емкости используемых каналов (при неизменной интенсивности источника частиц). В связи с этим, например, МОЗУ с указанной емкостью может быть использовано как 12288 канальная система регистрации с емкостью каналов 2^{12} .

Предложенное модульное разбиение МОЗУ позволяет также выделять разное число каналов и емкость этих каналов отдельным экспериментам или отдельным участкам спектра.

Практическая реализация модульного разбиения обеспечивается относительно несложной коммутацией старших разрядов адресного регистра и такой коммутацией

арифметического регистра, при которой добавление единицы происходит только в одну из выбранных групп разрядов арифметического регистра.

В таблице 2 приведены примеры возможного разбиения МОЗУ с 4096 адресами на различные группы. Если емкость МОЗУ составляет 36 разрядов, то каждый из вариантов таблицы в свою очередь может представлять удвоенное число каналов анализа с емкостью канала 2^{18} или утроенное число каналов с емкостью 2^{12} .

Т а б л и ц а 2

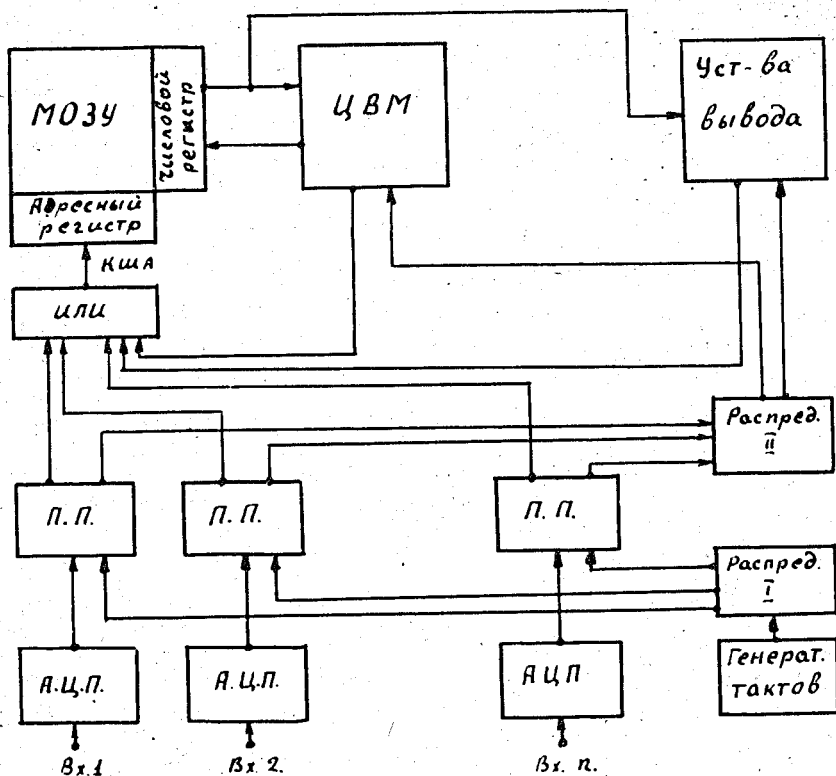
Входы Варианты	1	2	3	4	5	6
I	4096	0	0	0	0	0
2	2048	2048	0	0	0	0
3	2048	1024	1024	0	0	0
4	2048	1024	512	512	0	0
5	2048	1024	512	256	256	0
6.	2048	1024	256	256	256	256
7	2048	512	512	512	512	0
8	2048	512	512	512	256	256
9	1024	512	512	512	512	512
10	1024	1024	1024	1024	0	0
II	1024	1024	1024	1024	512	0
12	1024	1024	1024	512	256	256

Л и т е р а т у р а

1. Г.И.Забянкин. "Многоканальные цифровые регистрирующие устройства и вычислительные машины для накопления и обработки данных физического эксперимента (ЦВМ и измерительные центры). Препринт ОИЯИ 1834, Дубна, 1984 г.
2. Д.М.Калинкер. Вестник АН СССР № 7 (1984) стр. 60.
3. И.В.Штранх, В.Н.Бочкарев, А.В.Волков, В.М.Герасимов и др. Electronique Nucleaire, p. 587, Paris, 1983.
4. Г.П.Жуков, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забянкин, В.Н.Замрий. ПТЭ № 6 (1984).

5. R.J.Spinrad JEEE Trans №-11, №3, p.324, 1964.
6. J.Lend, A.Pederson, Electronique Nucleaire, Paris p.539, 1963.
7. Л.А.Маталин, С.И.Чубаров, А.И.Иванов. "Многоканальные анализаторы ядерной физики". Атомиздат 1965 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 марта 1965 г.



Р и с. 1.