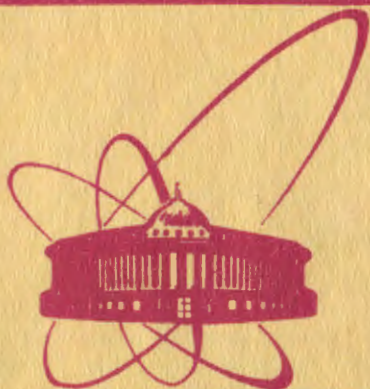


объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
дубна



1604/2-81

30/III-81

13-80-857

С.Г.Басиладзе, В.А.Будилов, П.К.Маньяков

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ  
ЗАРЯД-ЦИФРА И АМПЛИТУДА-ЦИФРА  
ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ  
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Направлено в ПТЭ*

1980

В современных экспериментах физики высоких энергий количество каналов измерения зарядов или амплитуд импульсов может достигать нескольких сот и более. Характерной особенностью экспериментальных установок является то, что для аппаратурного выделения искомым взаимодействий частиц используются довольно сложные устройства отбора, включая спецпроцессоры, причем время, затраченное на отбор, может достигать  $0,5 \div 1,0$  мкс. Задержку спектрометрических сигналов на время отбора можно осуществить, введя коаксиальные кабели в каждый канал измерения. В многоканальной системе расход кабеля окажется весьма значительным. Кроме того, ухудшится временное разрешение установки вследствие затягивания сигналов в длинных кабелях. Поэтому в современных системах задача решается в два этапа. Сначала предварительно выделяются "кандидаты" в искомые события с помощью схем совпадений /с задержкой  $30 \div 60$  нс/ и запускаются преобразователи. Затем устройство, выполняющее дополнительный отбор, вырабатывает импульс быстрого сброса преобразователей, если события не удовлетворяют заданным критериям.

Многоканальное спектрометрическое устройство, помимо высокой стабильности во времени и температуре, высокого разрешения и чувствительности, должно иметь малую мощность рассеяния и высокую плотность размещения измерительных каналов, малые перекрестные наводки с канала на канал.

В данной работе описываются два многоканальных преобразователя: заряд-цифра /ЗЦП/ и амплитуда-цифра /АЦП/. Они выполнены в виде отдельных 8-канальных блоков КАМАК. По характеристикам преобразователи приближаются к разработке <sup>1</sup>, а от <sup>2</sup> отличаются существенно меньшим мертвым временем /не более 30 мкс, вместо 500 мкс/ и наличием цепи быстрого сброса.

### ЗАРЯД-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Структурная схема ЗЦП приведена на рис. 1. Входной каскад - преобразователь заряд-временной интервал /ЗВП/ - содержит линейную схему пропускания, интегратор и устройство выделения временного интервала. Длительность временного интервала на выходе ЗВП пропорциональна величине заряда импульса, выделенного линейной схемой пропускания.

В исходном состоянии триггеры  $T_1$ ,  $T_2$  и счетчики  $CT_2$  находятся в состоянии "0", вход "Строб" разблокирован. Сигнал

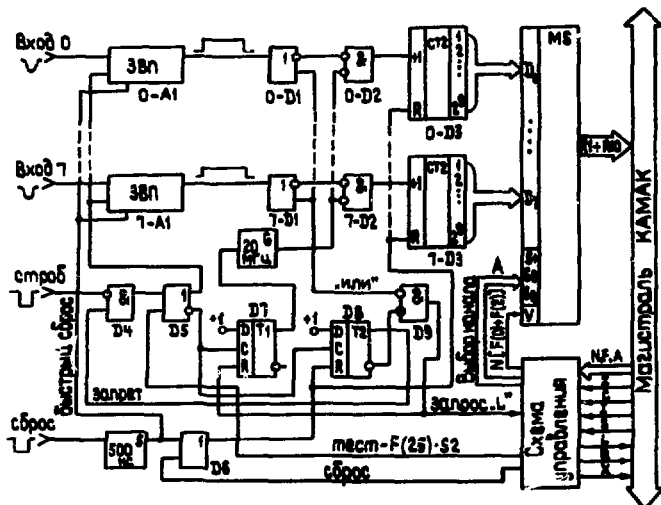


Рис. 1. Структурная схема заряд-цифрового преобразователя.

"Строб" открывает линейные схемы пропускания во всех 3ВП и устанавливает триггеры  $T_1$ ,  $T_2$  в состояния "1" с задержкой, равной длительности поступившего импульса. Вход "Строб" блокируется, тем самым исключается поступление на 3ВП других импульсов на время преобразования и считывания информации. Триггер  $T_1$  запускает генератор стабильной частоты  $G$ , импульсы с которого поступают на счетные входы  $+1/$  счетчиков  $CT_2$  только во время наличия временных интервалов с 3ВП. На прямых выходах микросхем  $0 \div 7D1$ , объединенных по проводному "ИЛИ", выделяется импульс, длительность которого соответствует времени преобразования. По окончании этого импульса выходной сигнал с  $D9$  устанавливает триггер  $T_1$  в 0, а триггер запроса  $L$  - в состояние "1".  $T_1$  отключает генератор  $G$  и фиксирует конец преобразования.

По сигналу быстрого сброса импульс одновибратора  $S/500$  нс/прекращает процесс преобразования во всех 3ВП и возвращает их в исходное состояние. Время восстановления - 0,3 мкс после окончания импульса.

В преобразователе предусмотрена проверка его работы по сигналу  $F(25)$ . При этом линейные схемы пропускания стробируются импульсом длительностью 0,2 мкс. Если сигналы на входы не поступают, то в счетчиках преобразования будут зафиксированы числа, зависящие от внутренних параметров 3ВП /"пьедесталы"/.

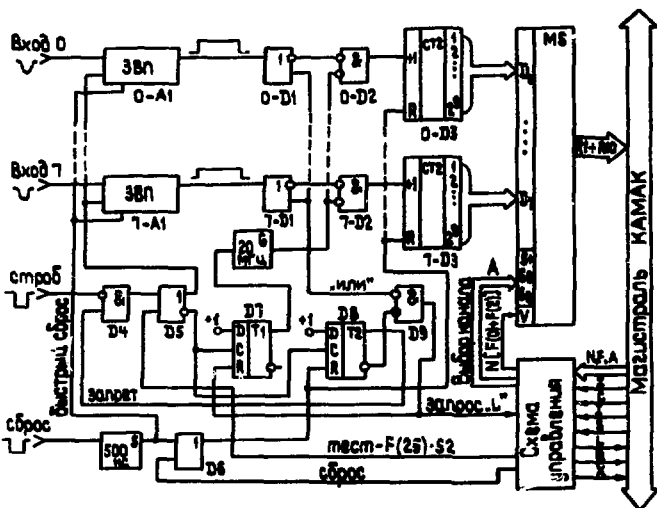


Рис. 1. Структурная схема заряд-цифрового преобразователя.

"Строб" открывает линейные схемы пропускания во всех ЗВП и устанавливает триггеры  $T_1$ ,  $T_2$  в состояние "1" с задержкой, равной длительности поступившего импульса. Вход "Строб" блокируется, тем самым исключается поступление на ЗВП других импульсов на время преобразования и считывания информации. Триггер  $T_1$  запускает генератор стабильной частоты  $G$ , импульсы с которого поступают на счетные входы  $+1/$  счетчиков  $CT_2$  только во время наличия временных интервалов с ЗВП. На прямых выходах микросхем  $0 \div 7DI$ , объединенных по проводному "ИЛИ", выделяется импульс, длительность которого соответствует времени преобразования. По окончании этого импульса выходной сигнал с  $D9$  устанавливает триггер  $T_1$  в 0, а триггер запроса  $L$  - в состояние "1".  $T_1$  отключает генератор  $G$  и фиксирует конец преобразования.

По сигналу быстрого сброса импульс одновибратора  $S/500$  нс/прекращает процесс преобразования во всех ЗВП и возвращает их в исходное состояние. Время восстановления - 0,3 мкс после окончания импульса.

В преобразователе предусмотрена проверка его работы по сигналу  $F(25)$ . При этом линейные схемы пропускания стробируются импульсом длительностью 0,2 мкс. Если сигналы на входы не поступают, то в счетчиках преобразования будут зафиксированы числа, зависящие от внутренних параметров ЗВП /"пьедесталы"/.

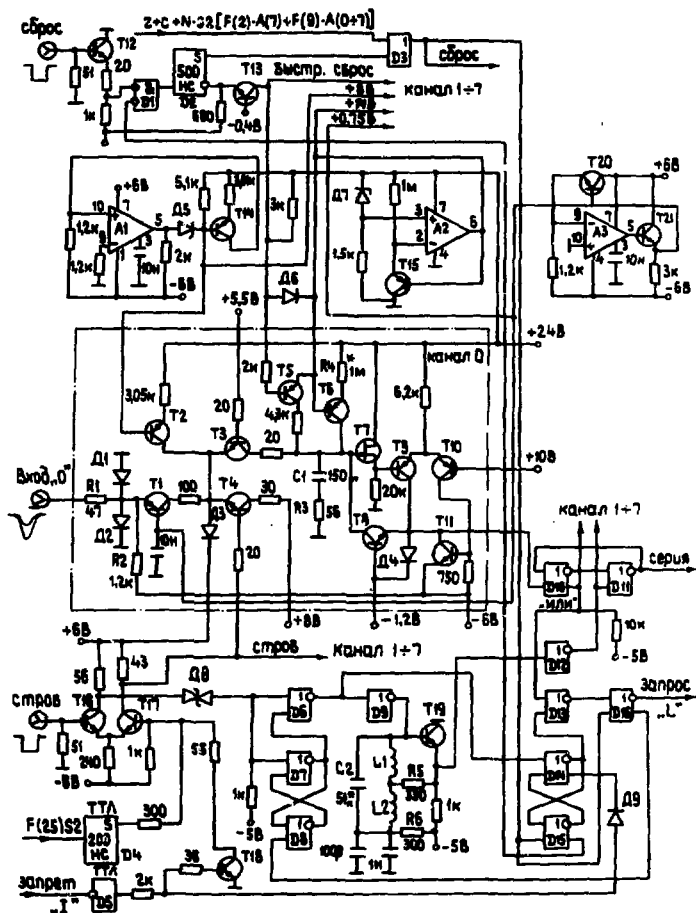


Рис. 2. Принципиальная схема ЗПС. Транзисторы Т1, Т3, Т4, Т8, Т11÷Т13, Т16, Т17, Т19÷Т21 - КТ316Д; Т2, Т5, Т6, Т9, Т10, Т14, Т15 - КТ326ВМ; Т18 - КТ363В. Диоды Д1÷Д4, Д6, Д9 - КД512А, Д5 - КС175А, Д7 - Д818Е, Д8 - КС162А. Микросхемы А1, А3 - К140УД1А, А2 - К140УД7; Д1÷Д16 - элементы К500ЛМ102, К500ЛМ105.

## АМПЛИТУДНО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

По своей структурной схеме АЦП похож на блок ЗЦП. Отличие состоит в том, что на каждый канал измерения предусмотрен свой строб-вход /рис. 3/. Общй сигнал "Пуск" разрешает, в течение своей длительности, поступление индивидуальных строб-импульсов, которые могут не совпадать во времени.

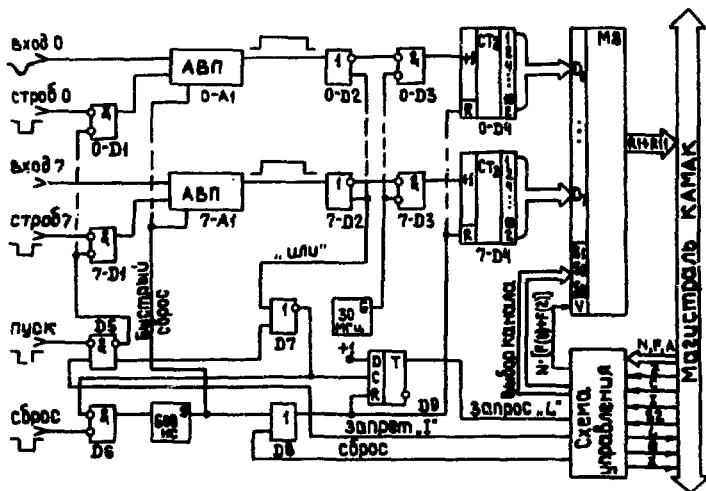


Рис. 3. Структурная схема амплитудно-цифрового преобразователя.

Преобразователь амплитуда-временной интервал /АВП/ построен на основе специализированной интегральной схемы /4/. Во время наличия интервалов с выхода АВП импульсы с генератора  $G$  поступают на счетчики  $СТ_2$ . Счетчики импульсов - двоичные 11-разрядные /11 разряд - переполнение/. Коммутатор  $MS$  и схема управления аналогичны схемам в ЗЦП. В преобразователе предусмотрен быстрый сброс импульсом одновибратора  $S$  /600 нс/. Время восстановления АВП после этого импульса - не более 300 нс.

На рис. 4 показана подробная схема одного канала АВП. Микросхема  $A1$  работает в режиме измерения амплитуд /выводы 3 и 4 соединены/. Возможен и режим измерения заряда /4/, если соединены выводы 4 и 5.

Входной сигнал при открытой схеме пропускания проходит через резистор  $R1$ , буферный усилитель и выделяется на резисторе  $R5$ . В это время конденсатор  $C2$  /вывод 5/ заряжается до амплитудного значения на  $R5$ . При уменьшении амплитуды входного им-

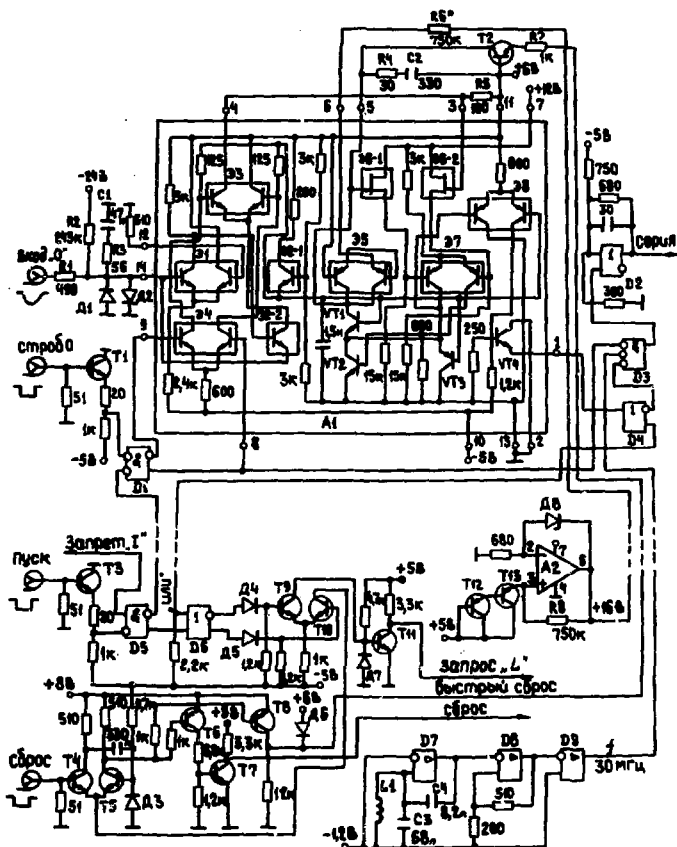


Рис. 4. Принципиальная схема АЩ. Транзисторы Т1 - КТ316Д; Т2, Т6, Т8, Т12, Т13 - КТ326БМ; Т3÷Т5, Т7, Т9÷Т11 - КТ315. Диоды Д1÷Д7 - КД512А, Д8 - Д818Е. А1 - специализированная интегральная схема; А2 - К140УД7; Д1 - элемент К500ЛМ101; Д2 ÷ Д5 - элементы К500ЛМ105; Д7 ÷ Д9 - К500ЛМ115.

пульса обратная связь во встроенном в А1 операционном усилителе разрывается, и на выходе /вывод 1/ выделяется временной интервал. Конденсатор разряжается постоянным током. Из источника разрядного тока внешними элементами является резистор R6 и источник опорного напряжения +16В, выполненный на стабилизаторе Д8 и операционном усилителе А2. Транзисторы Т12, Т13 необходимы для термокомпенсации транзисторных переходов Э5.

При быстром сбросе срабатывает одновибратор на транзисторах Т4, Т5. Транзистор Т8 входит в насыщение, подавая импульс амплитудой 2 В /на все АВП/, при этом конденсатор С2 разряжается через резистор R7 и транзистор Т3. Транзисторы Т6, Т7 формируют импульс на сброс регистров счетчиков. Сигнал "Пуск!" если нет запрета "1", разрешает поступление строб-импульсов на D1 и суммируется с сигналом "ИЛИ" всех преобразователей на D6. Транзисторы Т9, Т10 разрешают быстрый сброс только на время преобразования. Ток из Т9 переключается в Т10, последовательно с которым включен транзистор Т4. Блокировка с одновибратора Т4, Т5 снимается. Сигнал с Т11 по окончании преобразования устанавливает триггер запроса "L" в единичное состояние.

Важной частью АЦП является генератор /30 МГц/ непрерывного действия, выполненный на LC-контуре (L1, C3). Усилительным элементом служит дифференциальный приемник D7, с выхода которого введена обратная связь через конденсатор С4. На частоте параллельного резонанса обратная связь становится положительной, и в контуре возникают автоколебания. Относительные изменения величин L и C с температурой близки по значению и имеют противоположный знак. Стабильность частоты  $\sim 0,5 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ . Импульсы с генератора формируются триггером Шмитта D8 и оконечным каскадом D9. Выделение серии импульсов временным интервалом с АВП происходит на элементе D3. Из-за отсутствия синхронизации начала и конца измеряемого интервала с частотой генератора возникает погрешность дискретности  $\pm 1$  отсчет. D2 выполняет дополнительную формировку импульсов, поступающих на счетчик. Нагрузочные резисторы микросхем на рис. 2 и 4 не указаны.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

### Заряд-цифровой преобразователь

Количество измерительных каналов - 8. Входное сопротивление - 50 Ом. Полярность входного сигнала - отрицательная. Максимальный входной сигнал - 1 В /20 мА на 50 Ом/. Время переключения линейной схемы пропускания - 2 нс. Длительность сигнала "Строб" -  $20 \div 200$  нс. Длительность сигнала "Сброс" -  $50 \div 100$  нс. Время восстановления после сигнала "Сброс" - 800 нс.

Диапазон измеряемых сигналов -  $0 \div 256$  пКл /512 уровней квантования/. Чувствительность - 0,5 пКл/отсчет. Время преобразования - 25 мкс. "Пьедестал" -  $/4 \div 0,15/T$ , пКл / T - длительность строб-сигнала в нс/. Интегральная нелинейность - 0,4%. Температурная стабильность коэффициента преобразования -  $5 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ , пьедестала - 0,05 пКл/ $^\circ\text{C}$  / T строб = 100 нс/.



Информация со счетчиков выводится на шины  $R1 \div R10$   
 $/2^0 \div 2^9$  /,  $R10$  - разряд переполнения.

Потребляемый ток:  $+6В - 1,2А$ ;  $-6В - 0,5 А$ ;  $+24В - 0,08А$ .

### Амплитудно-цифровой преобразователь

Количество измерительных каналов - 8. Входное сопротивление - 500 Ом. Полярность сигнала - отрицательная. Длительность сигналов: входного, "Строб", "Пуск", "Сброс"  $\geq 100$  нс. Время восстановления после сигнала "Сброс" - 900 нс.

Диапазон измеряемых амплитуд -  $0 \div 5 В / 1024$  уровней квантования/. Чувствительность - 5 мВ/отсчет. Время преобразования - 30 мкс. "Пьедестал" -  $40 \div 50$  мВ. Интегральная нелинейность - 0,3%. Температурная стабильность коэффициента преобразования -  $2 \cdot 10^{-4} / ^\circ C$ . Информация со счетчиков выводится на шины  $R1 \div R11 / 2^0 \div 2^{10}$  /,  $R11$  - разряд переполнения.

Потребляемый ток:  $+6В - 1,25 А$ ;  $-6 В - 0,55 А$ ;  $+24В - 0,03А$ ;  
 $-24 В - 0,001 А$ .

### Общие характеристики ЗЦП и АЦП

Входы: "Строб", "Сброс", "Пуск". Входное сопротивление - 50 Ом. Полярность сигналов - отрицательная. Амплитуда - 0,8В. Команды и функции КАМАК

- $F(0) \cdot A(0 \div 7)$  - чтение данных с выходного регистра выбранного канала.
- $F(2) \cdot A(0 \div 6)$  - чтение данных с выходного регистра выбранного канала.
- $F(2) \cdot A(7)$  - чтение регистра канала 7, сброс всех регистров, сброс L .
- $F(8) \cdot A(0 \div 7)$  - проверка L .
- $F(10) \cdot A(0 \div 7)$  - сброс L .
- $F(9) \cdot A(0 \div 7)$  - сброс всех регистров, сброс L .
- $F(24) \cdot A(0 \div 7)$  - запрет L .
- $F(26) \cdot A(0 \div 7)$  - разрешение L .
- $F(25) \cdot A(0 \div 7)$  - проверка всех каналов /только для ЗЦП/.
- C - сброс всех регистров, сброс L .
- Z - сброс всех регистров, сброс L , запрет L .
- I - блокировка входа.
- $Q = I$  - на все команды F.A , кроме  $F(8) \cdot A(0 \div 7)$  , где  $Q = L$  .
- $X = I$  - на все команды F.A .

Сигнал L устанавливается после окончания преобразования.  
Исполнение - ячейка КАМАК единичной ширины.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность В.И.Какуриной и Л.Г.Булаевой за техническую помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fast-Pulse Instrumentation Cataloge. Le Croy Research Systems Corporation. USA, N.Y., 1977.
2. Бушнин Ю.Б. и др. ПТЭ, №3, 1980, с. 80-83.
3. Глушковский М.Е., Волков Е.К., Малышев В.Н. Схемы на транзисторах с контуром ударного возбуждения. Ядерное приборостроение. Труды Союзного НИИ приборостроения. Выпуск X, 1969, с. 35-45.
4. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 13-80-514, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 декабря 1980 года.