

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4826



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

В.И. Приходько, В.Г. Тишин, Хоанг Зыонг Куан

УМЕНЬШЕНИЕ  
МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ АЦП  
НА 8192 КАНАЛА

1969

13 - 4826

В.И. Приходько, В.Г. Тишин, Хоанг Зыонг Куан

УМЕНЬШЕНИЕ  
МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ АЦП  
НА 8192 КАНАЛА

Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ

## 1. Введение

Для сокращения времени преобразования амплитуды импульса в цифровой код при построении аналого-цифрового преобразователя (АЦП) обычно используется метод поразрядного взвешивания в той или иной модификации. Однако применение методов нелинейного кодирования для решения задач спектрометрии встречает известные трудности, связанные с получением удовлетворительной дифференциальной линейности, особенно при большом числе каналов. В настоящее время известно несколько успешных попыток преодоления этих трудностей <sup>/1,2/</sup>.

Наибольшее распространение получил метод статистического усреднения ширины каналов, предложенный Гатти <sup>/3/</sup>. В данном методе кодируется не входной сигнал  $U$ , а сумма двух сигналов  $U + U_0$ , где  $U_0$  - некий искусственно генерируемый импульс. Этот дополнительный импульс формируется цифро-аналоговым преобразователем, цифровой код которого устанавливается в состояние  $P_0$ , соответствующее  $U_0$ . Величина  $P_0$  изменяется последовательно (или случайно) в каждом цикле кодирования на "1" в диапазоне  $0 + M$ . Из кода числа  $U + U_0$ , получаемого после преобразования, вычитается код  $P_0$ , в результате чего получается точный номер канала для  $U$ . Поскольку  $U$  и  $U_0$  - независимые величины, а импульсы в области, близкой к  $U$ , кодируются различными каналами АЦП, использующего для этой цели фактически  $M$  статистически разбросанных каналов, то средняя ширина канала становится практически независимой от места кодирования для входных импульсов любой амплитуды.

Необходимо отметить, что реализация данного принципа при построении АЦП на несколько тысяч каналов приводит к существенному усложнению и увеличению количества оборудования и требует применения сверхточных деталей <sup>/4/</sup>.

В рамках метода преобразования Вилкинсона улучшение быстродействия происходит за счет увеличения частоты генератора серии и соответствующего уменьшения разрешающего времени первых триггеров адресного счетчика. Известны АЦП, в которых скорость преобразования достигает 10 нсек на канал /5/. Однако прямое увеличение скорости преобразования не является радикальным решением проблемы уменьшения времени преобразования АЦП. Так, для входного устройства амплитудного анализатора на 8192 канала при частоте серии 100 Мгц максимальное время преобразования равно 80 мксек, что для ряда физических экспериментов еще достаточно велико.

В то же время можно заметить, что в рамках разработанного авторами режима работы АЦП с кусочно-линейной шкалой /6/ возможен другой, менее жесткий путь уменьшения времени преобразования. Этот путь /7/ в некотором смысле эквивалентен методу Макмагона-Санина, где запоминающий конденсатор в зарядном устройстве АЦП разряжается вначале большими ступеньками, а оставшаяся часть канала - малыми.

## 2. Описание метода

Упрощенная функциональная схема АЦП с малым временем преобразования приведена на рис. 1. В отличие от известных вариантов АЦП в данную схему добавлены три новых элемента: дискриминатор (5), синхронизирующее устройство (6) и коммутатор серии (8).

Устройство работает следующим образом. Емкость  $C$  заряжается, как обычно, до амплитудного значения входного импульса, а разряд происходит так же, как и в режиме с кусочно-линейной шкалой с переключением тока разряда. Но в отличие от этого режима в данном случае разряд всегда - двухступенчатый и, кроме того, одинаковый для импульсов любой амплитуды. Ширина канала на первой стадии разряда составляет:

$$\Delta_1 = \frac{8\text{В}}{64 \text{ кан}} \approx 128 \text{ мВ/кан},$$

на второй стадии:

$$\Delta_2 = \frac{128 \text{ мВ}}{128 \text{ кан}} = 1 \text{ мВ/кан}.$$

Момент переключения тока разряда фиксируется дискриминатором напряжения, порог которого равен  $\approx 2\Delta_1$ . После срабатывания дискриминатора синхронизирующее устройство пропускает еще два импульса серии и только вторым импульсом переключает ток разряда и коммутатор серии. Подобное техническое решение позволяет, во-первых, четко синхронизировать моменты переключения разрядного устройства и коммутатора серии с импульсами генератора серии и, во-вторых, устранить влияние нестабильности порога дискриминатора, при этом дискриминатор выполняет по существу логические, а не аналоговые функции. На первом участке разряда с шириной канала  $\Delta_1$  работает адресный счетчик 9 (6 бит), на втором участке серия регистрируется в счетчике 10 (7 бит), причем возможен перенос из 10-го в 9-ый. Последнее обстоятельство довольно существенно, так как при срабатывании дискриминатора (слева или справа от границы канала) для импульсов одной и той же амплитуды может возникнуть неопределенность в один канал  $\Delta_1$ , т.е. оставшееся напряжение на емкости может быть равно, например, либо  $0,5\Delta_1$ , либо  $1,5\Delta_1$ . В схеме с переносом эта неопределенность устраняется.

Момент окончания преобразования определяется по моменту включения обратной связи в зарядном устройстве. Адресный счетчик функционально выполнен единым блоком с двумя входами на 1-й и 8-й разряды. Таким образом, в счетчике непосредственно реализуется операция:

$$n_0 = n_1 \cdot 64 + n_2, \quad \text{где } n_1, n_2 - \text{состояния счетчиков 9 и 10,}$$

$n_0$  - код анализируемого сигнала. При скорости преобразования 0,1 мксек/кан (частота серии 10 Мгц) максимальное время преобразования АЦП составляет  $(64 + 128) \cdot 0,1 \approx 20$  мксек, т.е. в 40 раз меньше, чем для АЦП обычного типа, имеющего такое же быстродействие отдельных узлов. По точности преобразования эти АЦП эквивалентны. Стабилизация "нуля" и коэффициента усиления подобного АЦП может выполняться так же, как и в АЦП с кусочно-линейной шкалой.

### 3. Описание приставки к АЦП на 8192 канала

На рис. 2 приведена принципиальная схема приставки для уменьшения времени преобразования ранее разработанного авторами входного устройства на 8192 канала /8/. В качестве основного элемента узлов приставки выбран ключ типа "туннельный диод-транзистор" с управлением либо по базе, либо по эмиттеру транзистора /9/.

Дискриминатор напряжения выполнен на туннельном диоде  $T_{д3}$  с последующей формировкой сигнала на дифференциальном каскаде ( $T_6, T_7, T_8$ ). Момент перехода к меньшему току разряда фиксируется после запуска триггера (5) спадом импульса дискриминатора. Ключ  $T_3, T_{д2}$ , управляемый триггером (5), пропускает два импульса серии на триггер (4), который после пересчета сбрасывает триггер (5) в первоначальное состояние и одновременно запускает триггер (6). Последний собственно и выполняет функции управления коммутатором серии (3) и через  $T_{10}$  выключает больший ток разряда, оставляя разряд емкости меньшим током. Запуск триггера (6) фазирован с началом адресной серии.

### 4. Обсуждение результатов

Измерительные характеристики разработанного устройства проверялись с помощью генератора линейно-меняющейся амплитуды импульсов, генератора с ртутным реле, а также детектора ядерного излучения.

Основное внимание уделялось исследованию дифференциальной нелинейности, результаты измерения которой на одном из участков шкалы АЦП представлены на рис. 3.1 и 3.2. Если ширина больших каналов установлена меньше, чем ширина 64 малых каналов, т.е.  $\Delta_1 < 64\Delta_2$ , в измеряемом белом спектре появляются провалы (рис. 3.1), в обратном случае при  $\Delta_1 > 64\Delta_2$  будут наблюдаться перекрытия. Как провалы, так и перекрытия могут быть сведены к минимуму регулировкой токов разряда. Неточность согласования этих токов, а также влияние переходных процессов при переключении большего тока (меньший ток не коммутируется), не позволили получить в данном устройстве дифференциальную нелинейность лучше  $10 + 20\%$  (рис.3.2). Однако эта нелинейность может быть снижена до приемлемой величины в

1 ÷ 2% применением какого-либо из способов статистического разравнивания каналов.

На рис. 33 показан один из участков спектра, полученного от детектора ядерного излучения.

С помощью генератора точной амплитуды измерялось уширение линии генератора в различных точках шкалы АЦП (рис. 3.4).

Проведенное исследование характеристик разработанного устройства показало, что описанный выше способ уменьшения времени преобразования АЦП с большим числом каналов может быть с успехом использован при создании подобных приборов.

### Л и т е р а т у р а

1. U.Pelligrini. *Int. Symp. on Nuclear Electronics, Versailles, Sept. (1968), Sci. Programm, p. 73.*
2. V.Svelto et al. *Int. Symp. on Nuclear Electronics, Versailles, Sept. (1968), Sci. Programm, p.73.*
3. G.Gottini, E.Gatti, V.Svelto. *Nucl. Instr. Meth., 24, (1963), p. 241.*
4. K.Kandiah et al. *Int. Symp. on Nuclear Electronics, Versailles, Sept. (1968), Sci. Programm, p. 63.*
5. R.F.Rumhorst et al. *Int. Symp. on Nuclear Electronics, Versailles, Sept. (1968), Sci. Programm, p. 76.*
6. Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, Хоанг Зыонг Куан. *Препринт ОИЯИ, P10-3754, Дубна 1968.*
7. R.Patzelt. *Nucl. Instr. Meth., 70 (1969), №1, p 61.*
8. Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, А.М.Сухов, В.Г.Тишин, Хоанг Зыонг Куан. *Препринт ОИЯИ P13-3911, Дубна 1968.*
9. А.В.Матвеев и др. *Сб. "Ядерное приборостроение", Атомиздат, Москва, вып. IX (1968), стр. 75.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 ноября 1969 года.

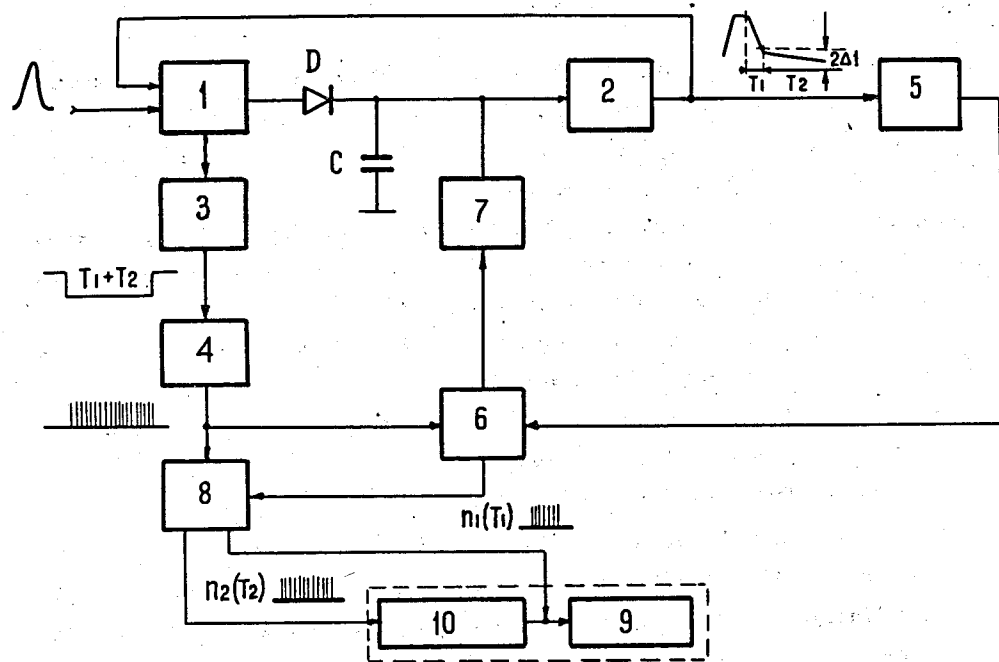


Рис. 1. Блок-схема АЦП с малым временем преобразования. 1 - зарядное устройство, 2 - согласователь импеданса, 3 - формирователь интервала разряда, 4 - генератор серии, 5 - дискриминатор напряжения, 6 - синхронизирующее устройство, 7 - разрядное устройство, 8 - коммутатор серии, 9-10 - адресные счётчики, соответственно шесть и семь бит.

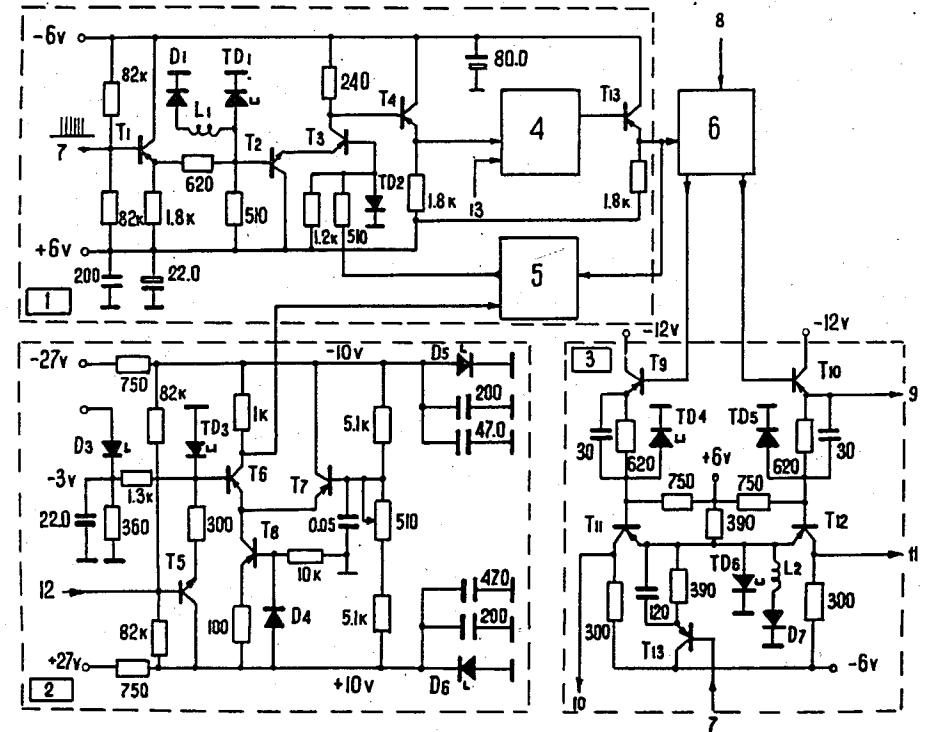


Рис. 2. Схема приставки для уменьшения времени преобразования АЦП на 8192 канала. 1 - синхронизирующее устройство, 2 - дискриминатор напряжения, 3 - коммутатор серии, 4,5,6 - триггеры, 7 - вход кодовой серии, 8 - сигнал запуска, 9 - выход на разрядное устройство, 10,11 - выход серии на адресный счетчик, 12 - вход от согласователя импедансов, 13 - сигнал сброса.

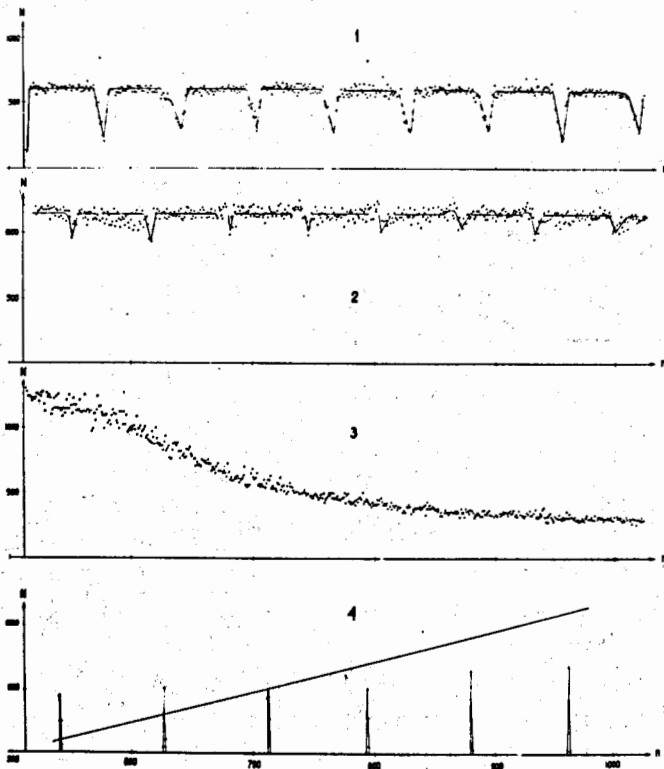


Рис. 3. 1) Измерение дифференциальной нелинейности при  $\Delta_1 < 64\Delta_2$ ; 2) то же при выравненных токах разряда, 3) спектр от источника излучения, 4) измерение размытия линии генератора точной амплитуды в различных точках шкалы.