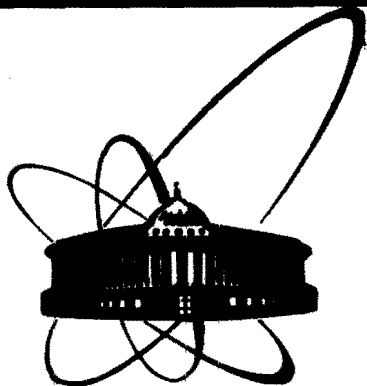


87-625



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

M702

13-87-625

Г.В.Мицын

**128-КАНАЛЬНЫЙ ЛОГАРИФМИЧЕСКИЙ АЦП
ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОГО
КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА**

1987

1. ВВЕДЕНИЕ

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ совместно с ВОНЦ АМН СССР ведутся работы по созданию простого варианта горизонтального 128-канального рентгеновского компьютерного томографа /РКТ/, совмещенного с автоматическим устройством "Мезон" для сканирующего ротационного облучения пучками протонов глубоко локализованных опухолей пациента^{1/1}. Общая схема расположения РКТ и устройства "Мезон" изображена на рис.1. Отличительной особенностью данной томографической установки является то, что рентгеновский аппарат и блок с детектирующей аппаратурой неподвижны, а просвечиваемый веерным пучком рентгеновских лучей

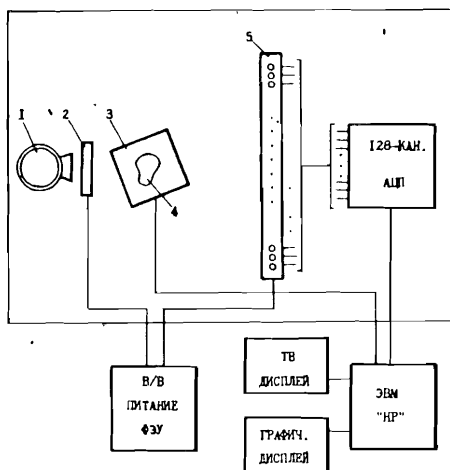


Рис.1. Общая схема установки. 1 - рентгеновский аппарат с коллиматором, 2 - мониторный счетчик, 3 - ротационный стенд установки "Мезон", 4 - исследуемый объект, 5 - блок детекторов.

пациент находится во вращающемся кресле устройства "Мезон", работающего на связи с ЭВМ НР-21МХ.

Достоинством такой комбинированной установки является возможность выполнения диагностических и терапевтических процедур для одного и того же положения пациента, что позволяет существенно повысить точность клинической топографии и перейти к терапии таких опухолей, при облучении которых невозможно применение внутриволостных датчиков, а также ослабить требования к воспроизводимости положения пациента при фракционированном облучении.

На первом этапе разработки РКТ на 32-канальном макете установки исследовалась возможность использовать метод накопления заряда от фотоумножителей блока детекторов на емкостях соединительных кабелей, а также коммутатор аналоговых сигналов КА 003/2/ и линейный АЦП КА 007/3/. Однако проведенные испытания выявили ряд существенных недостатков этого метода. Во-первых, большой $\sim 10^{-6}$ А/средний анодный ток фотоумножителей ФЭУ-85 приводит к дрейфу их коэффициентов усиления за время измерения на $5 \div 10\%$ ^{4/}. Во-вторых, используемые сцинтилляторы CsI(Tl) имеют компоненту длительного /несколько минут/ послесвечения^{5/}. Это вызывает дополнительные искажения детектируемого сигнала.

Следует отметить, что поскольку рентгеновское излучение ослабляется в веществе по экспоненциальному закону и измерению подлежит показатель экспоненты, то представляется более удобным использовать АЦП с логарифмической зависимостью.

Целью настоящей работы являлось создание 128-канального логарифмического АЦП, применение которого позволило бы избежать указанных недостатков.

2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Конструктивно АЦП оформлен в пяти блоках КАМАК. Аналоговая часть схемы сосредоточена в четырех блоках двойной ширины, каждый из которых содержит 32 одинаковых канала. Вся логическая часть расположена в цифровом блоке тройной ширины.

Упрощенная принципиальная схема одного из каналов аналоговой части АЦП приведена на рис.2, эпюры напряжений, поясняющие работу схемы, представлены на рис.3. На вход схемы поступают сигналы отрицательной полярности с предварительных усилителей с коэффициентом усиления ~ 15 , расположенных в непосредственной близости от фотоумножителей блока детекторов.

Применение предусилителей позволяет уменьшить средний анодный ток фотоумножителей до значения $\sim 10^{-7}$ А, что необходимо для стабильной работы ФЭУ. Здесь же производится частичное ин-

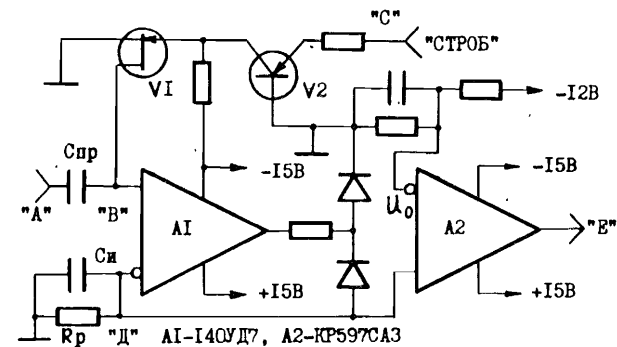


Рис.2

тегрирование импульсов на входной RC-цепи с постоянной времени интегрирования ~ 5 мс. Это дает возможность собирать в амплитуде сигнала около половины всего заряда, приходящего с фотоумножителя за время одного импульса рентгеновского аппарата.

С предварительных усилителей сигнал через разделительную емкость $C_{пр}$ поступает на вход схемы преобразователя "амплитуда - время" с логарифмической зависимостью, собранной на микросхемах A1, A2. Проходная емкость позволяет измерять только полезный сигнал, в котором отсутствуют ошибки, связанные с послесвечением сцинтилляторов CsI(Tl) и дрейфом "нуля" предварительных усилителей.

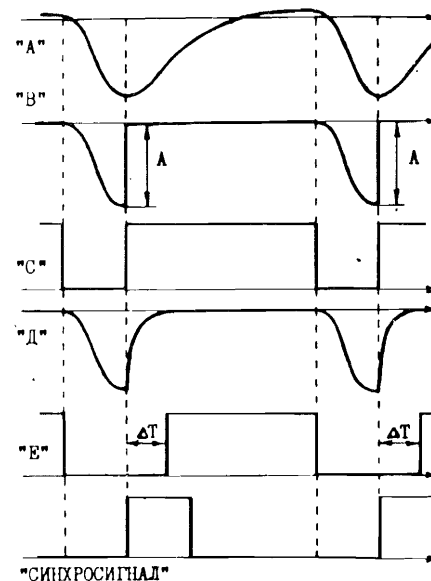


Рис.3

Ключ на транзисторах V1, V2 служит для восстановления постоянной составляющей сигнала, а также для получения импульсов с крутым спадом заднего фронта /см. рис.3, точка 'В'/ . Последнее необходимо для нормальной работы схемы, заряжающей измерительную емкость $C_{и}$ до напряжения, равного амплитуде входного сигнала 'А'. Работа ключа синхронизована по времени с импульсами рентгеновского аппарата внешним сигналом 'Строб', вырабатываемым цифровым блоком АЦП.

По заднему фронту сигнала 'Строб' начинается разряд измерительной емкости через разрядное сопротивление $R_{р}$ по закону $U(t) = Ae^{-t/\tau}$, где τ - по-

стоянная времени разряда $\sim 0,8$ мс/. Это напряжение сравнивается компаратором А2 с постоянным опорным напряжением U_0 ~ 5 мВ/. Промежуток времени между задним фронтом сигнала "Строб" и положительным фронтом импульса компаратора /см.рис.3, точка "Е"/ будет равен $\Delta T = \tau \ln(A/U_0)$. Таким способом реализуется логарифмическая зависимость кодирования амплитуды входных сигналов.

Структурная схема цифровой части АЦП представлена на рис.4. Она включает в себя стробируемый генератор прямоугольных импульсов с частотой 10 МГц, счетчик адреса, счетчик разрядов, схему выработки синхроимпульсов, а также 8 идентичных ячеек, каждая из которых содержит коммутатор логических сигналов с 16 входов на один выход /К155КП1/ и буферную память на 16 слов по 12 разрядов каждое /3 микросхемы К155РУ2/. На рис.4 показана только одна из таких ячеек.

Схема работает следующим образом. По заднему фронту сигнала "Строб" на генератор прямоугольных импульсов поступает синхросигнал длительностью 6,4 мс, который разрешает прохождение тактовых импульсов частотой 10 МГц на коммутатор логических сигналов и счетчик адреса. Это вызывает последовательный круговой опрос всех 16 входов коммутатора, выход которого соединен со входом записи микросхем буферной памяти. Запись цифрового кода со счетчика разрядов в ячейки памяти данного канала происходит при наличии на соответствующем входе коммутатора сигнала компаратора аналогового блока.

На вход счетчика разрядов поступают импульсы с частотой, в 16 раз меньшей тактовой, поэтому его состояние изменяется только после того, как происходит опрос всех 16 входов коммутатора.

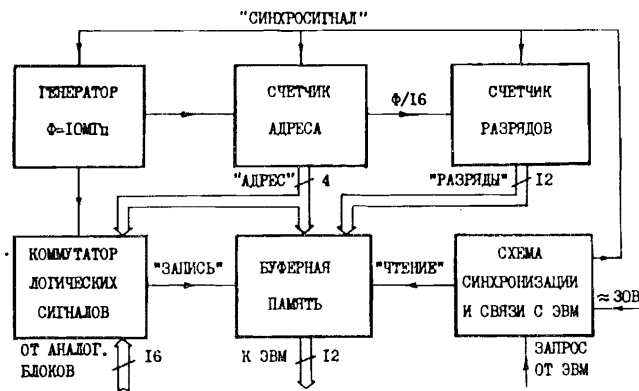


Рис.4

По окончании синхроимпульса в ячейках буферной памяти будет записан цифровой код, пропорциональный времени преобразования ΔT соответствующего канала, после чего, при наличии сигнала запроса от ЭВМ, начинается передача данных из буферной памяти в ЭВМ. Опрос всех каналов занимает не более 400 мкс.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ АЦП

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Число каналов | - 128 |
| 2. Число разрядов каждого канала | - 12 |
| 3. Динамический диапазон измеряемых импульсов | - от 5 мВ до 10 В |
| 4. Погрешность измерения в диапазоне от 20 мВ до 10 В | - < 3% |
| 5. Полярность входных сигналов | - отрицательная |
| 6. Синхронизация | - внешняя или от сети ≈ 220 В |
| 7. Длительность входных импульсов | - от 50 мкс до 10 мс |
| 8. Время преобразования | - 6,4 мс |

В процессе наладки АЦП выяснилось, что тепловой дрейф входных токов и напряжений смещения микросхем А1 и А2 приводит к нестабильности коэффициентов τ и U_0 и погрешности в определении амплитуд входных сигналов. Однако проведенные измерения показали, что после двухчасового прогрева блока дрейф становится незначительным и за время подготовки и проведения облучения / ~ 30 мин/ погрешность не превышает $1 \pm 2\%$. Это является приемлемым и не приводит к заметным искажениям результата измерений.

4. ВЫВОДЫ

Разработанный 128-канальный логарифмический АЦП позволил повысить стабильность работы РКТ, увеличить динамический диапазон регистрируемых с ФЭУ импульсов, повысить относительную точность измерений и уменьшить влияние длительного послесвечения сцинтилляторов CsI(Tl) на качество изображения.

В заключение автор выражает признательность О.В.Савченко за постановку задачи и постоянную поддержку в работе, В.Г.Зинову, В.М.Абазову за консультации и ряд полезных советов, С.А.Кутузову и А.Г.Молоканову за многочисленные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абазов В.М. и др. ОИЯИ, 18-80-156, Дубна, 1980.
2. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-10576, Дубна, 1977.
3. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-80-650, Дубна, 1980.
4. Матвеев В.В., Хазанов Б.И. Приборы для измерения ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1967.
5. Farukhi M.R. et al. - IEEE Transactions on Nuclear Science, 1982, NS-29, p.1237.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 августа 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Мицын Г.В.

13-87-625

128-канальный логарифмический АЦП для рентгеновского компьютерного томографа

Разработан 128-канальный 12-разрядный логарифмический АЦП, предназначенный для работы в составе рентгеновского компьютерного томографа. Конструктивно АЦП выполнен в виде 5 блоков КАМАК /4 - двойной ширины, 1 -, тройной/. На вход схемы поступают сигналы с предварительных усилителей детектирующей системы. Цифровой код, пропорциональный логарифму амплитуды входного сигнала, считывается в ЭВМ HP-21MX. АЦП имеет следующие основные параметры: динамический диапазон измеряемых импульсов - от 5 мВ до 10 В, погрешность преобразования в диапазоне от 20 мВ до 10 В - не более 3%, время преобразования - 6,4 мс, время передачи данных в ЭВМ - не более 400 мкс. Разработанный блок позволил повысить стабильность работы томографа, увеличить динамический диапазон регистрируемых сигналов и повысить относительную точность измерений.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Mitsin G.V.

13-87-625

128-Channel Logarithmic ADC for x-Ray Computerized Tomograph

The 128-channel 12-bit logarithmic ADC has been developed which is intended for operation as a part of computerized x-ray tomograph. ADC consists of 5 CAMAC blocks (4 blocks of double width, 1 block of triple width). Signals from the preamplifiers of detecting system pass to the circuit input. Digital code proportional to the logarithm of input signal amplitude passes to HP-21MX computer. The main parameters of the ADC are as follows: dynamic range of input signals is from 5 mV to 10 V, the conversion error in 20 mV to 10 V range is no more than 3%, the conversion time is 6.4 ms, time of data transfer to the computer is no more than 400 mks. The developed device made it possible to increase the stability of tomograph operation, to expand the dynamic range of signal registered and to improve a relative precision of the measurement.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987