

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н - 379

13-81-94

НГУЕН НГОК ЛАМ

**АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БЛОКИ
ДЛЯ АМПЛИТУДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ НА СИНХРОЦИКЛОТРОНЕ ОИЯИ**

Специальность: 05.11.10 - приборы для измерения
ионизирующих излучений и рентгеновские приборы

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1981

Работе выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель -

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ю.К.АКИМОВ.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук профессор

Р.Г.ОФЕНГЕНДЕН,

кандидат технических наук

В.Г.ТИШИН.

Ведущая организация -

Созданный научно-исследовательский институт приборостроения
(г. Москва)

Защита состоится " " 1981 года в часов на заседании специализированного совета Д.047.01.05 при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований по адресу: г. Дубне, Московской области, Объединенный институт ядерных исследований.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " " 1981 года.

Ученый секретарь специализированного совета

Ю.В.ТАРАН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Измерение амплитудных спектров с полупроводниковых и других детекторов ядерных излучений является одной из наиболее распространенных задач в современной ядерной физике. По мере развития методики эксперимента возрастают требования к соответствующей электронной аппаратуре, разработка которой является актуальной задачей. Настоящая диссертация посвящена созданию электронных блоков, необходимых для построения спектрометрических систем, используемых при проведении исследований на синхротронном ускорителе ОИЯИ.

Цель работы состояла в повышении точности, быстродействия, загрузки способности и многоканальности различных спектрометрических устройств.

Научная новизна и основные положения, защищаемые в диссертации

1. Предложен способ улучшения дифференциальной нелинейности двухступенчатых быстрых многозарядных аналого-цифровых преобразователей (АЦП), защищенный авторским свидетельством. На основе этого способа разработан новый прибор, отличающийся малым временем преобразования амплитуды в цифровой код: 6 мкс при 12 разрядах.

2. Разработано достаточно простое и недорогое устройство для подключения большого количества (32) спектрометрических датчиков к одному и тому же АЦП, при этом предложен новый вариант коммутации аналоговых сигналов, в котором для уменьшения "мертвого" времени пустые каналы пропускаются, а номер каждого канала, несущего информацию, определяется параллельно с преобразованием амплитуды сигнала в цифровой код.

3. Разработана с применением ряда новых схемных решений линейка аналоговых блоков для построения и калибровки спектрометра, рассчитанного на повышенные загрузки (предусилитель, основной усилитель, АЦП и генератор треугольных импульсов).

4. Разработана электронная аппаратура для многосекционной жидкоаргоновой ионизационной камеры и проведены исследования этого нового для детектирования ядерных частиц промежуточных энергий прибора.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что представленные в ней разработки, выполненные в основном в виде стандартных блоков, внедрены в физические и методические исследования в Лаборатории ядерных проблем и других лабораториях ОИЯИ. В числе этих бло-

ков такие сложные и важные для спектрометрии приборы, как прецизионный амплитудно-цифровой преобразователь и основной усилитель, выпускаемые мелкими сериями Опытным производством ОИЯИ.

ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация содержит 139 страниц машинописного текста, в том числе 89 рисунков, состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии, содержащей 174 наименования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении определена цель исследований, показана их актуальность.

Первая глава начинается с рассмотрения различных способов повышения загрузочной способности спектрометрических каналов путем оптимального формирования импульсов, обеспечивающего минимальный вклад шумов, применения различного рода восстановителей нулевой линии в спектрометре, а также выбора соответствующих схем предусилителей. Далее описываются разработанные автором электронные блоки, составляющие основную часть спектрометра: предусилитель, основной усилитель и амплитудно-цифровой преобразователь.

Прототипом основного усилителя (КА-214)^{1/1} послужил ранее широко использовавшийся в Лаборатории ядерных проблем усилитель (У-204) с формированием импульсов на RC-цепях. Для увеличения загрузочной способности до 10^5 имп/с в такой усилитель был введен новый, более эффективно действующий восстановитель нулевой линии, относящийся к категории времязависимых устройств и работающий по принципу запоминания напряжения для удержания нулевой линии. Кроме того, усилитель переведен в стандарт КАМАК, чтобы иметь возможность помещать его в одном каркасе с АЦП, который также выполнен в этом стандарте.

Для улучшения загрузочной способности предусилителя (П-215) его зарядочувствительная секция выполнена с большим линейным динамическим диапазоном (0 ± 20)В, что позволило работать до загрузок $2 \cdot 10^5$ имп/с^{2/1}. Об этом свидетельствует рис. 1, на котором показана зависимость разрешения от загрузки при использовании германиевого детектора объемом 41 см^3 и радиоактивного источника ^{60}Co . Из рисунка видно также преимущество П-215 и КА-214 по сравнению со старыми блоками П-213 и У-204. Данные, приведенные на рисунке, получены с использованием разработанного нами амплитудно-цифрового преобразователя КА-209^{3/1}, выполненного по принципу Вилкинсона с частотой тактового генератора 100 МГц. Число каналов АЦП может изменяться и составляет: 256, 512, 1024 и 4096. Нелинейность: интегральная - 0,1%, дифференциальная - 1%, температурная нестабильность - 0,3 квант/°С при 4096 каналах. Логи-

ка АЦП максимально приближена к требованиям многомерного анализа. Два АЦП размещены в одном блоке КАМАК шириной 2М и обеспечивают независимое преобразование сигналов, имея общий тактовый генератор. При разработке КА-209 за основу был взят имеющийся в Лаборатории ядерных проблем прибор типа КА-206 (один АЦП в блоке КАМАК шириной 2М), в отличие от которого новый (сдвоенный АЦП) имеет другую логику управления. Кроме того, в него введен восстановитель нулевой линии.

Вторая глава посвящена генераторам импульсов, позволяющим проверять линейность электронных блоков, а также оценивать их загрузочную способность. Для измерения дифференциальной нелинейности на практике широко используются генераторы "белого" спектра импульсов, характеризующегося равномерным распределением амплитуд в заданном диапазоне. В главе рассмотрены пути построения таких генераторов и способы измерения их точности и стабильности, детально описан разработанный автором генератор треугольных импульсов с периодом до $40 \mu\text{s}$, обеспечивающий точность измерения дифференциальной нелинейности АЦП на уровне десятой доли процента. Отметим, что импульсы треугольной формы имеют преимущество по сравнению с широко используемыми на практике пилообразными импульсами благодаря компенсации нелинейностей в прямом и обратном ходе и обеспечивают меньшее время измерения нелинейностей АЦП.

Измерение нелинейности АЦП проводится путем подачи треугольных импульсов на вход его линейных входов, управляемых стробирующими импульсами, причем вершины треугольников для большей точности из стробирования исключаются. Для проверки всего спектрометрического тракта, начиная с предусилителя, генератор треугольных импульсов может быть применен как источник линейно меняющегося напряжения, переключаемого ртутным реле.

Центральным узлом генератора является интегратор, в котором импульсы треугольной формы создаются путем попеременного заряда емкости токами I и $-2I+I$, равными по величине и отличающимися направлением. Максимальное и минимальное напряжения треугольных импульсов определяются порогами дискриминаторов нижнего и верхнего уровней.

В главе рассмотрен также вопрос об определении дифференциальной нелинейности в случае не очень большой статистики отсчетов по гауссовской кривой, описывающей распределение этих нелинейностей при измерении белого спектра.

В заключение приведен сравнительно простой способ оценки загрузочной способности электронных блоков, основанный на одной из разновидностей использования генератора пачек импульсов.

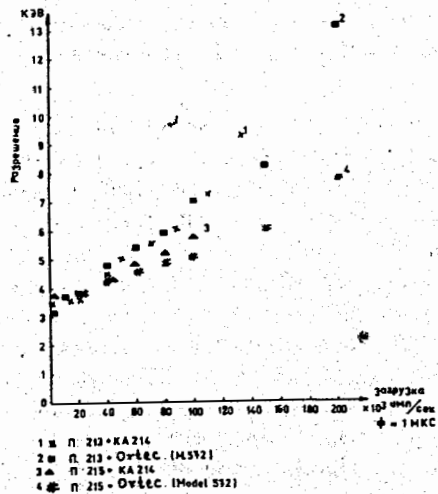


Рис. 1. Зависимость разрешения от загрузки для различных комбинаций предусилителей и усилителей.

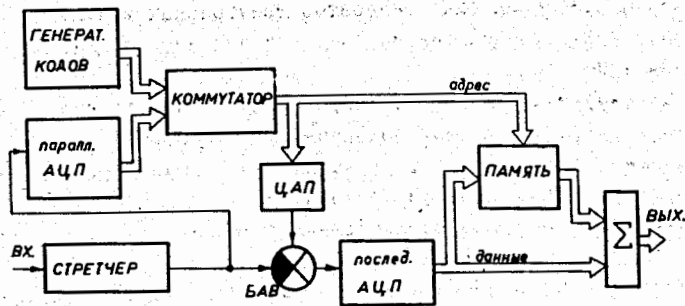


Рис. 2. К принципу действия двухступенчатого АЦП.

В третьей главе рассмотрены способы построения АЦП с малым временем преобразования для целей ядерной спектрометрии.

Изложены два пути построения: повышение быстродействия точных АЦП типа Вилкинсона и создание быстрых АЦП с улучшенной линейностью преобразования.

Предложен способ^{19/} уменьшения дифференциальной нелинейности двухступенчатых многоразрядных быстрых АЦП, в которых обычно из-за использования неточных и нестабильных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) существует несоответствие между старшими разрядами, задаваемыми первым АЦП, и младшими разрядами, получаемыми из второго АЦП, преобразующего остаток вычитания аналогового эквивалента старших разрядов первого АЦП из входного сигнала. В результате такого несоответствия возникают провалы и выбросы на местах "сшивки" поддиапазонов, определяемых первым АЦП.

Предлагаемый прибор (рис. 2) позволяет измерять величины поддиапазонов с точностью второго, многоразрядного прецизионного АЦП. В блок введены также генератор кодов, схема памяти и коммутатор. Прибор работает по двум циклам: калибровки и измерения. Заранее, в цикле калибровки измеряются с помощью второго АЦП все уровни ЦАП, соответствующие величинам поддиапазонов и задаваемые генератором кодов, и результаты записываются в память по соответствующим адресам. Эти коды берутся в цикле измерения для задания значений величин поддиапазонов, которые в обычном двухступенчатом АЦП берутся непосредственно из первого АЦП. Значения внутри поддиапазонов получаются, как в обычном двухступенчатом АЦП: второй АЦП преобразует остаток сигнала на выходе вычитателя, который выполняет вычитание выходного напряжения первого АЦП из входного сигнала. Выходное слово создается сумматором. Неточность, которая может появиться в определении величин поддиапазонов и значений внутри поддиапазонов в разных циклах, исправляется повторением калибровки.

В разработанном нами 12-разрядном приборе^{15/} процесс калибровки занимал несущественную часть времени - 0,04%. Первый, быстрый АЦП, формирующий 4 разряда, выполнен на 16 компараторах и включает в себя также регистр и дешифратор (см. рис. 3). Время преобразования прибора (6 мкс) определяется в основном вторым АЦП, работающим по принципу Вилкинсона с тактовым генератором 100 МГц и используемым в рабочем цикле для нахождения значений внутри поддиапазонов, на каждый из которых отводится по 8 разрядов. Дифференциальная нелинейность преобразования - 5%, интегральная - 0,1%. В прибор введен также разравниватель, который уменьшает дифференциальную нелинейность более чем в 10 раз.

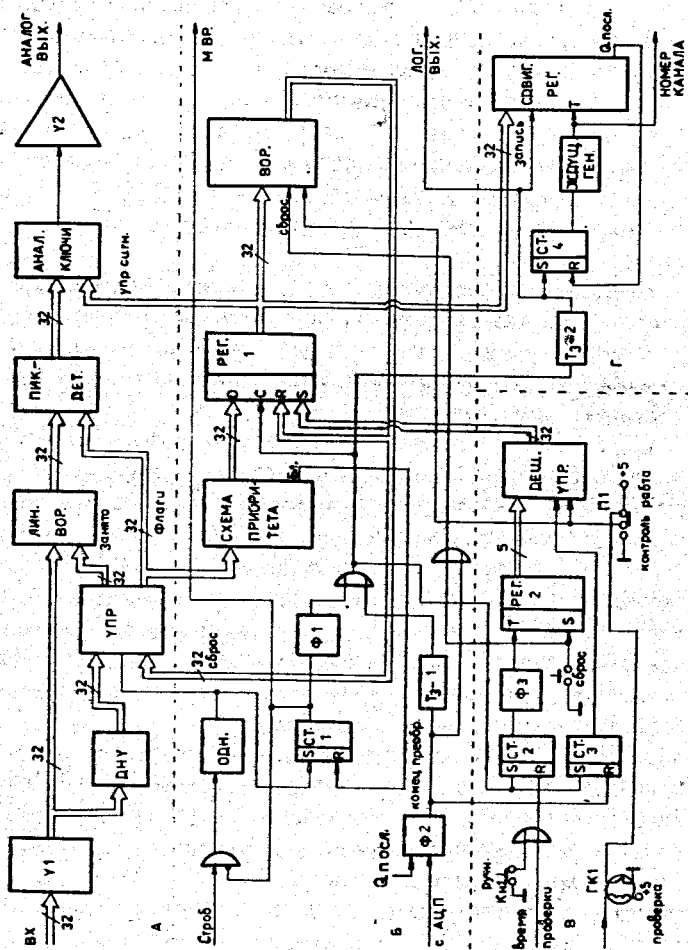


Рис. 4. Устройство обработки аналоговых сигналов от 32 детекторов.

Достоинством камеры является то, что входящая в нее частица почти всю свою энергию теряет в рабочей среде. В связи с этим камеру можно использовать для определения пробега заряженных частиц с одновременным измерением их ионизационных потерь в отдельных секциях с разрешением 100 кэВ. Такие измерения дают полную информацию о типе и энергии частиц. Для этой цели нами было разработано электронное устройство, состоящее из 24 усилительно-дискриминирующих ячеек^{1/1}, приемника состояний дискриминаторов и блока отбора событий^{1/8}. Каждая усилительно-дискриминирующая ячейка выполнена на двух микросхемах. Первая из них – усилитель с коэффициентом усиления 200, вторая – дискриминатор с чувствительностью 30 мВ.

Приемник преобразует информацию с 24 дискриминаторов в последовательную серию импульсов с шагом 100 нс для отправки на расстояние в другой зал по одному кабелю. Блок отбора принимает эту серию и выдает число импульсов, соответствующее числу секций камеры, пройденных частицей.

Заключение. Основные результаты диссертации сводятся к следующему.

1. Рассмотрены современные направления развития аналоговой спектрометрической аппаратуры с точки зрения повышения ее нагрузочной способности и линейности, а также применения в многодетчиковых системах.
2. Разработана линейка аналоговых блоков, предназначенных для построения и калировки спектрометра, рассчитанного на повышенные нагрузки. В линейку входят:
 - а) предусилитель,
 - б) основной усилитель,
 - в) амплитудно-цифровой преобразователь на 4096 каналов,
 - г) генератор треугольных импульсов.
3. Предложен и реализован новый способ построения быстрого двухступенчатого АЦП с улучшенной дифференциальной нелинейностью.
4. Разработано устройство для многодетчиковых систем с новым вариантом коммутации аналоговых сигналов, позволяющим сократить время перевода данных из группы спектрометрических каналов в один АЦП.
5. Разработана электронная аппаратура для исследования и применения многосекционной жидкоаргоновой ионизационной камеры – нового прибора для экспериментов с частицами промежуточных энергий.

Основные материалы, составившие диссертацию, отражены в работах^{1/1-9/}, а также частично использована публикация^{1/10/}. Существенная часть этих материалов докладывалась на Совещании по полупроводниковым детекторам (Киев, октябрь 1978), X Международном симпозиуме по ядер-

ной электронике (Дрезден, апрель 1980), I Всесоюзном семинаре по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях (Душанбе, октябрь 1980).

Л и т е р а т у р а

1. Акимов Ю.К., Банифатов А.Е., Калинин А.И., Нгуен Нгок Лэм, Тюпиков В.К. Усилительные и дискриминирующие блоки, устройства. ОИЯИ, 13-80-506, Дубна, 1980.
2. Банифатов А.Е., Калинин А.И., Нгуен Нгок Лэм. Зарядочувствительный предусилитель для повышенных нагрузок. ОИЯИ Б1-13-80-834, Дубна, 1980.
3. Мерзляков С.И., Нгуен Нгок Лэм. Сдвоенный 4096-канальный АЦП. ОИЯИ, 13-11818, Дубна, 1978.
4. Акимов Ю.К., Мерзляков С.И., Нгуен Нгок Лэм. Генератор треугольных импульсов для определения нелинейности спектрометрической аппаратуры. ОИЯИ 13-10726, Дубна, 1977.
5. Калинин А.И., Мерзляков С.И., Нгуен Нгок Лэм. Быстродействующий АЦП. В сб. "Труды X Международного симпозиума по ядерной электронике", Дрезден, апрель 1980, стр. 27.
6. Акимов Ю.К., Динь Ши Хьен, Нгуен Нгок Лэм. Устройство обработки аналоговых сигналов в многоканальном спектрометре. В сб. "Тезисы Первого всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях", Душанбе, октябрь 1980, стр. 166. Сообщение ОИЯИ, 13-80-773, Дубна, 1980.
7. Акимов Ю.К., Додохов В.Х., Жуков В.А., Калинин А.И., Нгуен Нгок Лэм, Тюпиков В.К., Шилов С.Н. Предусилители для многосекционной жидководородной ионизационной камеры. ОИЯИ, Р13-80-618, Дубна, 1980.
8. Акимов Ю.К., Нгуен Нгок Лэм. Схема для определения места остановки частицы в пробном телескопе. ОИЯИ, Б1-80-507, Дубна, 1980.
9. Калинин А.И., Мерзляков С.И., Нгуен Нгок Лэм. Двухступенчатый АЦП. Авторское свидетельство № 809543 (СССР) от 26 октября 1977 г., Бюллетень ОИПОТЗ, 1981, №9, с.263.
10. Акимов Ю.К., Додохов В.Х., Жуков В.А., Калинин А.И., Нгуен Нгок Лэм, Тюпиков В.К., Шилов С.Н. Многосекционная жидководородная ионизационная камера (устройство и результаты испытаний). ОИЯИ, Р13-80-605, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 февраля 1981 года.