

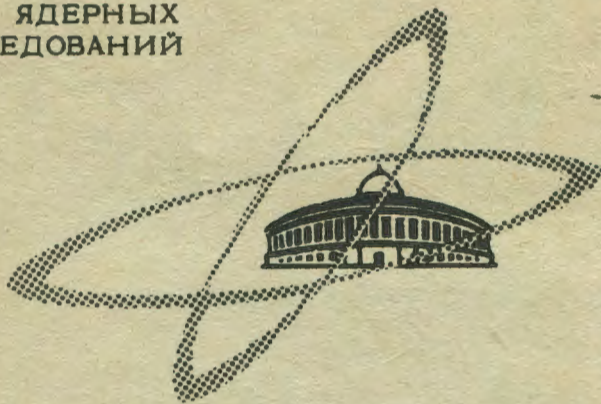
И-50

12/VIII

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 3911



Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, А.М.Сухов,  
В.Г.Тишин, Хоанг Зыонг Куан

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

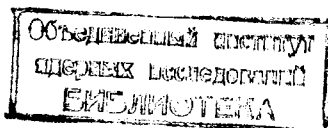
ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО  
АМПЛИТУДНОГО АНАЛИЗАТОРА  
НА 8192 КАНАЛА

1968

P13 - 3911

Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, А.М.Сухов,  
В.Г.Тишин, Хоанг Зыонг Куан

ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО  
АМПЛИТУДНОГО АНАЛИЗАТОРА  
НА 8192 КАНАЛА



В предыдущих работах<sup>/1-5/</sup> авторами были рассмотрены основные методы повышения точности, линейности, стабильности и быстродействия входных устройств амплитудных анализаторов, предназначенных для работы с полупроводниковыми детекторами. Проведенный в этих работах анализ схем аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и систем стабилизации "нуля" и коэффициента усиления, показал, что имеется принципиальная возможность дальнейшего повышения точности входных устройств (максимальное число каналов известных в настоящее время АЦП равно 4096).

В данной работе приводится краткое описание входного устройства на 8192 канала, выполненного на основе разработанного авторами в 1965 г. амплитудного кодировщика на 4096 каналов<sup>/1/</sup>. Увеличение числа каналов потребовалось, в первую очередь, для измерения  $\gamma$ -спектров в большем диапазоне энергий. Так, например, при разрешении детектора и усилительного тракта, равном 4 кэВ, для измерений в диапазоне 0-10 мэВ требуется не менее 8000 каналов.

Ниже отмечены основные особенности данной разработки и рассмотрены измерительные характеристики всего устройства в целом.

Функциональная схема входного устройства приведена на рис. 1. Импульс от детектора (Д) поступает на предусилитель (ПУ) и далее на линейный усилитель (ЛУ), состоящий из нескольких усилительных ( $k_1 \div k_8$ ) и формирующих каскадов ( $r_d, r_u$ ). С первого выхода усилителя сигнал после дифференцирования ( $r_{d2}$ ) поступает на вход линейных ворот (ЛВ). Импульс со второго выхода используется для запуска логики входного устройства. Вынесение цепей интегрирования ( $r_u$ )

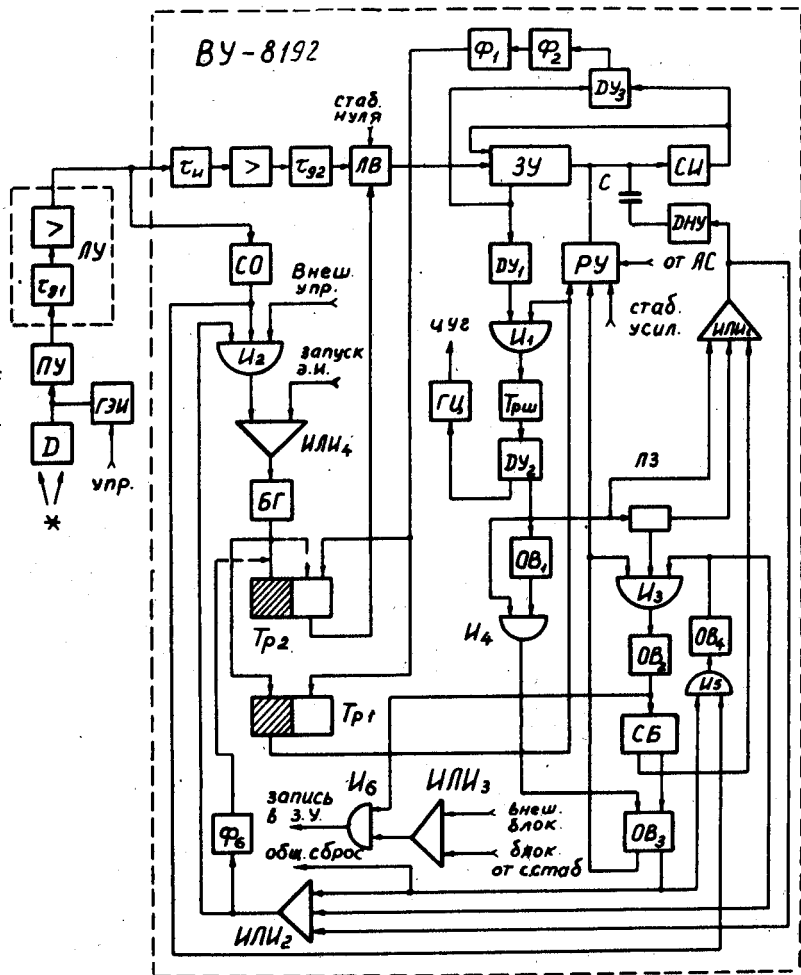


Рис. 1. Функциональная схема входного устройства на 8192 канала.

и второго дифференцирования ( $r_{д2}$ ) на вход амплитудного анализатора при работе с длинными кабельными линиями связи между детекторной аппаратурой и анализатором позволяет, с одной стороны, существенно уменьшить высокочастотные наводки на кабель и, с другой стороны, - осуществить запуск логики неинтегрированными сигналами, что, в свою очередь, дает следующие преимущества: 1) сводится к минимуму зависимость начала запуска логики ВУ от амплитуды входного сигнала; 2) упрощается схема дискриминатора нижнего уровня (логический порог); 3) дополнительное формирование коротких запускающих импульсов позволяет осуществить выделение наложенных импульсов.

Входное устройство может работать в двух режимах: с нормально открытыми и нормально закрытыми линейными воротами (на рис. 1 изображена схема с нормально закрытым входом; необходимые коммутации для перехода на другой режим показаны пунктиром).

Импульс запуска логики после дополнительного формирования в схеме обострения фронта (СО) подается на клапан  $И_2$  и, если входное устройство не занято преобразованием предшествующего сигнала, запускает блокинг-генератор (БГ), импульс с которого устанавливает в "1" триггер блокировки ЛВ ( $Тр_2$ ) и триггер выключения линейного разряда ( $Тр_1$ ) на время заряда запоминающего конденсатора (С). В зарядном устройстве (ЗУ), охваченном отрицательной обратной связью через согласователь импедансов (СИ), момент достижения максимума напряжения на емкости С определяется сравнением сигналов перед заряжающим диодом и после СИ (точки 1 и 2 на принципиальной схеме ЗУ (рис. 2)) с помощью дифференциального усилителя (ДУ<sub>3</sub>). Импульс с ДУ<sub>3</sub> после дополнительного формирования ( $\Phi_1, \Phi_2$ ) подается на сброс триггеров  $Тр_1, Тр_2$ , точно фиксируя таким образом момент запираия ЛВ.

Дальнейшая работа ВУ определяется фронтом импульса, поступающего из ЗУ после формирования дифференциальными усилителями ДУ<sub>1</sub>, ДУ<sub>2</sub> и триггером Шмитта (Трш.) С выхода ДУ<sub>1</sub> импульс поступает на вход схемы совпадения  $И_1$ , на другой вход которой подается импульс блокировки линейного разряда с  $Тр_1$ . Таким образом, начало работы генератора цуга (ГЦ), запускаемого импульсом с ДУ<sub>2</sub>, жестко связано с началом линейного разряда. Импульс с другого выхода ДУ<sub>2</sub> подается через сборку

ИЛИ<sub>1</sub> на схему вычитания уровня (ДНУ), которая задает порог ВУ посредством вычитания части входного сигнала на зарядной емкости С. Этот же импульс, задержанный на 0,5 мксек в ЛЗ<sub>2</sub>, подается на вход Ф<sub>3</sub>, который формирует спад импульса, задающий момент окончания линейного разряда. Через схему совпадения И<sub>3</sub>, используемую для режима быстрого разряда, импульс с выхода Ф<sub>3</sub> запускает ОВ<sub>2</sub>, который взводит схему блокировки СБ, представляющую собой одновибратор с временем выдержки, равным времени работы памяти (32 мксек). Импульс с выхода ОВ<sub>2</sub> поступает также на схему И<sub>8</sub> и, если эта схема не закрыта сигналами блокировки от системы стабилизации и внешней блокировки, подается для запуска логики памяти.

Спадом импульса с СБ взводится ОВ<sub>3</sub>, включающий быстрый разряд в ЗУ и сбрасывающий через формирователь Ф<sub>5</sub> триггеры адресного счетчика и системы стабилизации. Длительность импульса ДНУ задается сигналами, поступающими на сборку ИЛИ<sub>1</sub>, так что выключение ДНУ происходит в момент окончания импульса с СБ перед быстрым разрядом.

Общая блокировка ВУ осуществляется через ИЛИ<sub>2</sub> импульсами с ДУ<sub>2</sub> - блокировка на время работы памяти и с ОВ<sub>3</sub> - блокировка на время быстрого разряда емкости. В тех случаях, когда входной импульс приходит во время быстрого разряда, импульс с выхода СО пропускается схемой И<sub>5</sub> и взводит ОВ<sub>4</sub>, который продлевает блокировку на время длительности импульса.

Если входной импульс не должен анализироваться ВУ, используется режим быстрого разряда. При этом фронтом импульса с ДУ<sub>2</sub> запускается одновибратор ОВ<sub>1</sub> с временем выдержки 5 + 6 мксек. Импульсы с ОВ<sub>1</sub> и ДУ<sub>2</sub> подаются на вход И<sub>4</sub>. На выходе И<sub>4</sub> сигнал появится лишь в случае, если сработает дискриминатор уровня напряжения на емкости (ДНУ) (анализируемый импульс меньше задаваемого порога преобразования, при этом импульс с ДУ<sub>2</sub> короче времени выдержки ОВ<sub>1</sub>).

Дальнейший анализ запрещается импульсом с выхода И<sub>4</sub>, который запускает одновибратор ОВ<sub>3</sub>, устанавливающий разрядное устройство (РУ) в режим быстрого разряда, и блокирующий через И<sub>3</sub> запуск ОВ<sub>2</sub>.

Длительность блокировки ВУ равна времени выдержки  $OB_1$  ( $5 + 6$  мксек) и  $OB_4$  (2 мксек), а также  $OB_3$ , если в пределах длительности импульса  $OB_3$  приходит входной импульс ( $5 + 6$  мксек), т.е. общее время блокировки в режиме быстрого разряда равно в среднем 10 мксек.

В данном входном устройстве предусмотрен режим работы с кусочно-линейной шкалой<sup>/6/</sup>. Это позволяет либо сократить число каналов, требуемых для измерения спектра в определенном диапазоне энергий, либо при том же числе каналов существенно расширить энергетический диапазон. Следствием этого является возможность значительного сокращения объема памяти (особенно в многомерных измерениях) и уменьшения длительности эксперимента. Данный режим осуществляется переключением тока разряда запоминающей емкости от триггеров адресного счётчика.

Для стабилизации "нуля" и коэффициента усиления применяется система стабилизации релейного типа<sup>/7/</sup>, в которой в качестве реперов используются электрические импульсы. Формирование реперных сигналов и запуск системы стабилизации производится автогенератором с частотой  $5 + 100$  гц. Для исключения потерь реперных импульсов за счёт мертвого времени преобразователя запускающие импульсы от автогенератора фазируются с моментом окончания преобразования. Стабильность генератора реперных импульсов ( $0,002\%/град\ C$ ) позволяет поддерживать дрейф "нуля" и коэффициента усиления в пределах одного канала (1 мв). Это обстоятельство, а также введение ряда усовершенствований в схемы входного устройства обеспечивают сохранение его измерительных характеристик (стабильность, интегральная линейность, быстроедействие и дополнительное размытие реперной линии собственными шумами АЦП) при переходе от 4096 к 8196 каналам.

Проверка интегральной линейности была проведена при измерении  $\gamma$ -излучения  $^{226}Ra$ , спектр которого приведен на рис. 3, 4, 5, 6. По данным этих измерений интегральная нелинейность не превышает 0,05% в диапазоне 0,1 + 8 в.

Дифференциальная нелинейность данного ВУ составляет  $\pm 2\%$ , в то время как для ВУ-4096<sup>/7/</sup> она равна  $\pm 1\%$ . Как показало экспериментальное исследование, ухудшение дифференциальной нелинейности связано в ос-

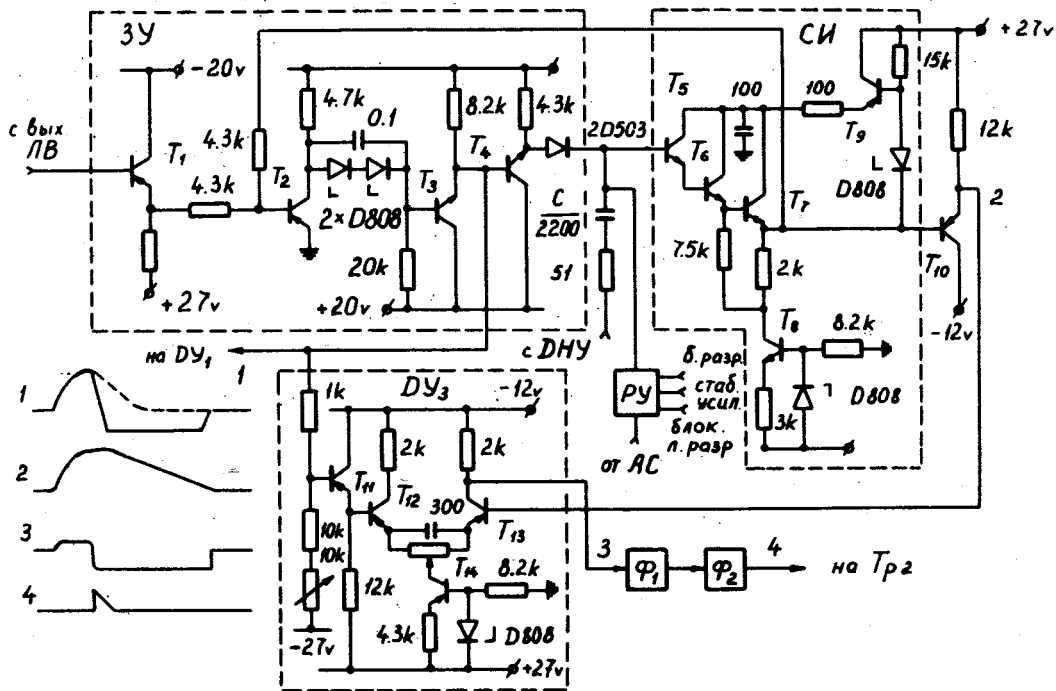


Рис. 2. Амплитудно-временной преобразователь. Транзисторы:  $T_1, T_2, T_{10} + T_{14}$  - 1Т308В;  $T_3 + T_9$  - 2Т301Е.



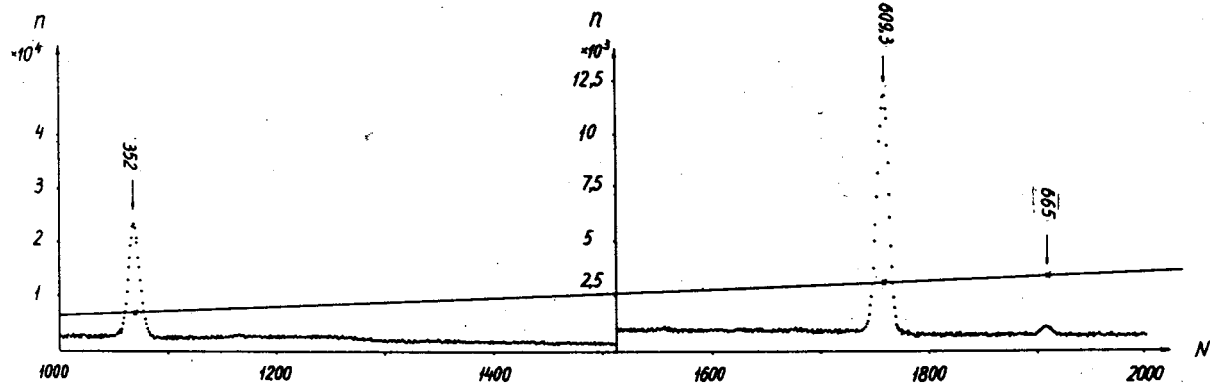
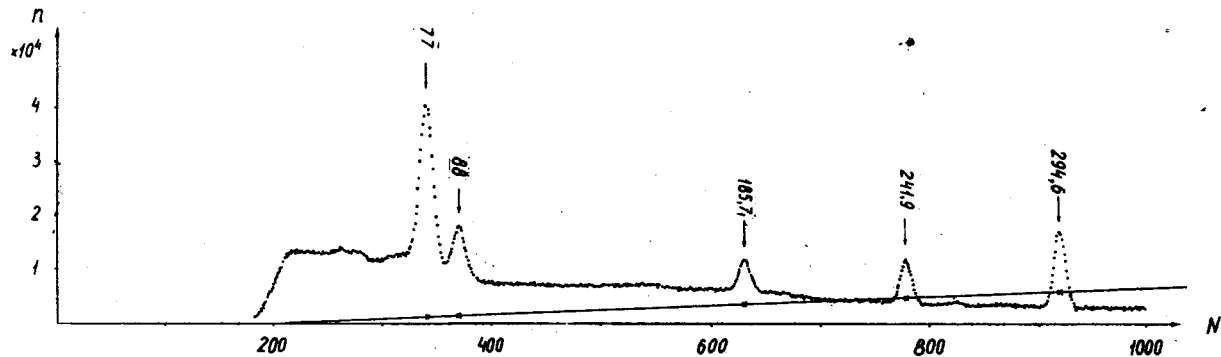


Рис. 3. Спектр гамма-излучения  $^{226}\text{Ra}$ .

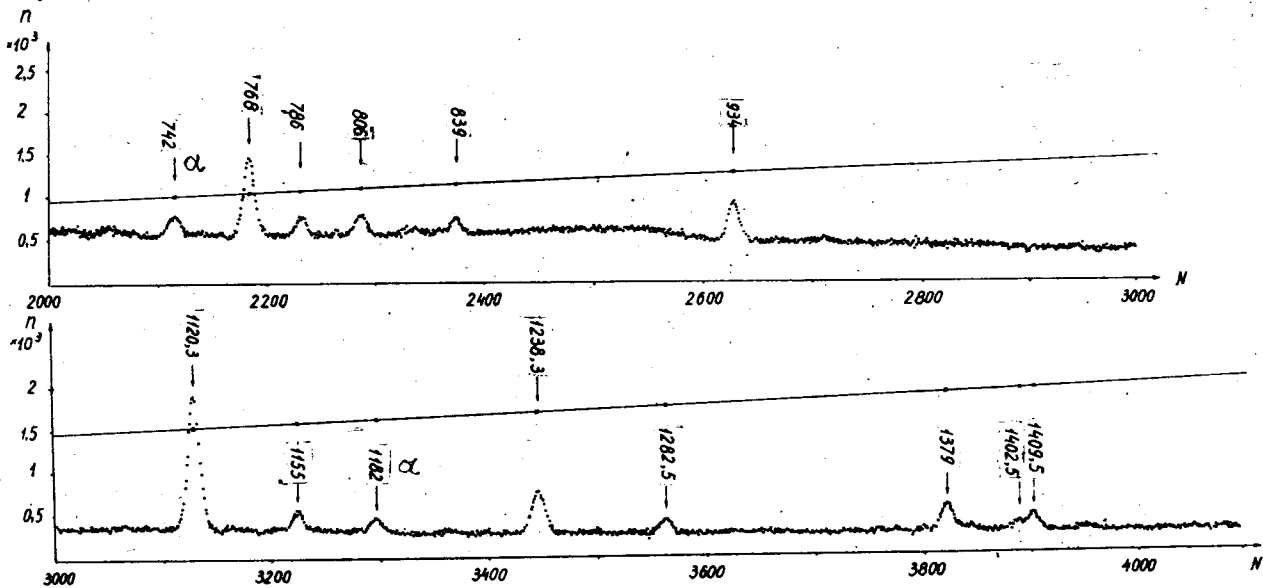


Рис. 4. Спектр гамма-излучения <sup>226</sup>Ra .

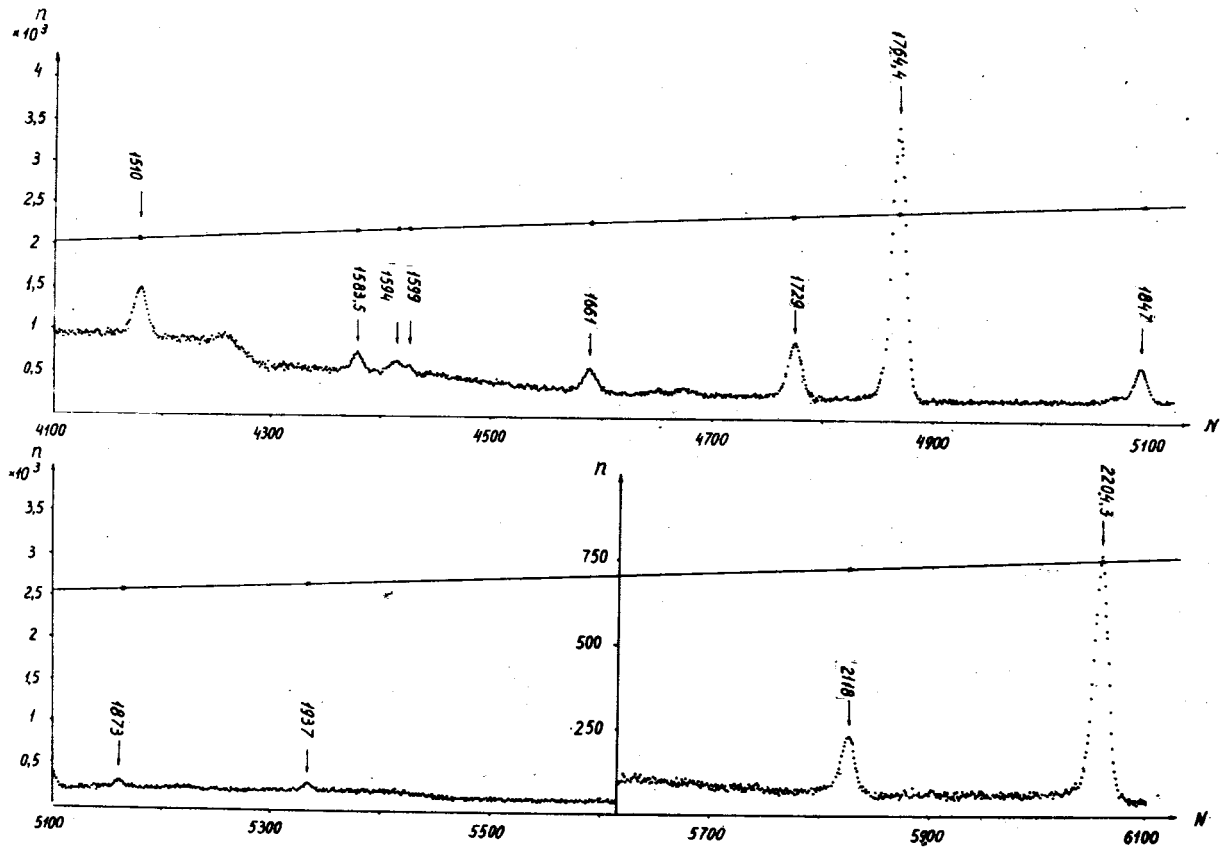


Рис. 5. Спектр гамма-излучения  $^{226}\text{Ra}$ .

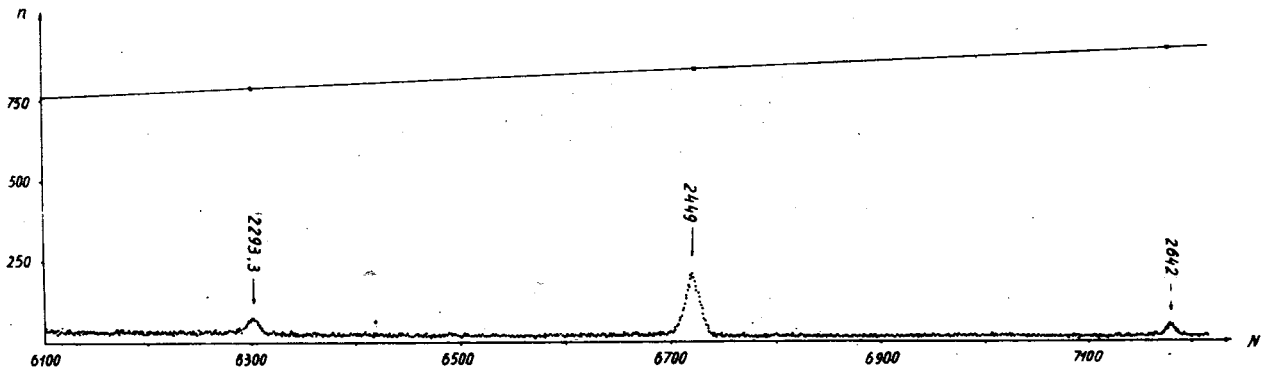


Рис. 6. Спектр гамма-излучения  $^{226}\text{Ra}$ .

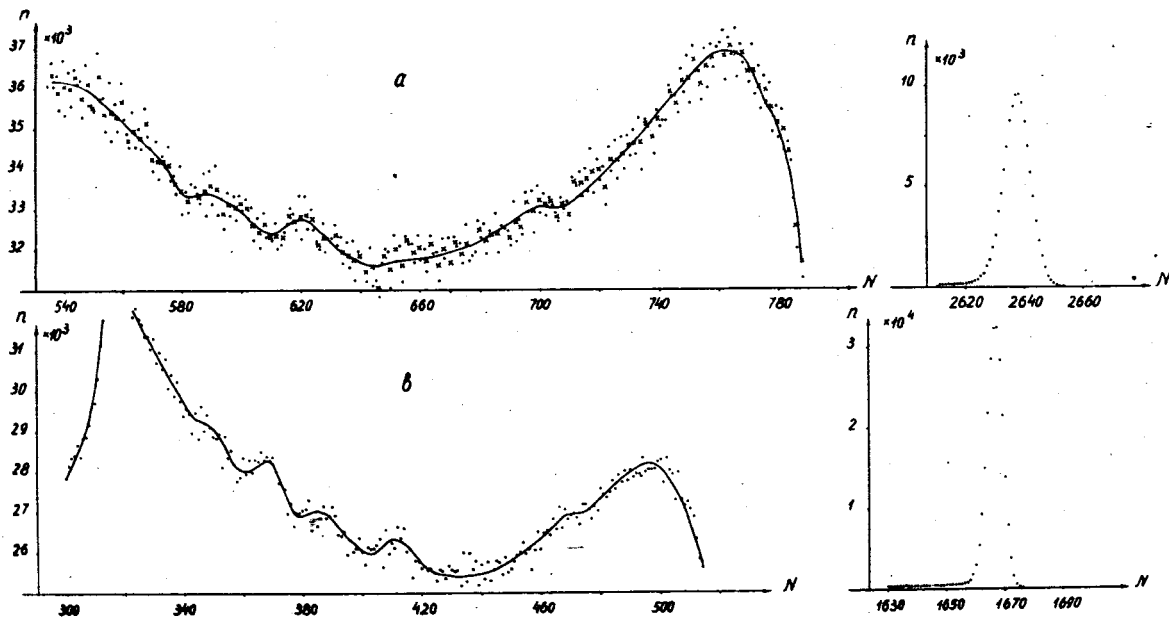


Рис. 7. Спектр гамма-излучения  $^{23}\text{Na}$ .

- а) частота пула 25 Мгц (8192 канала),  $x$  - усреднение по чётным и нечётным каналам;  
 б) частота пула 12 Мгц (4096 каналов).

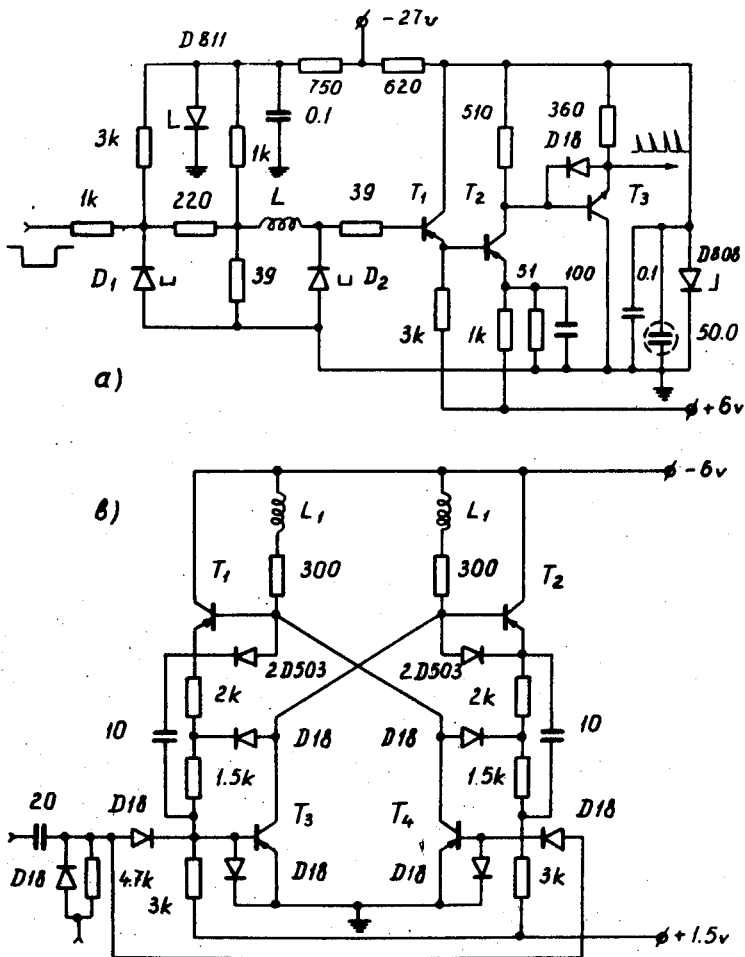


Рис. 8. Принципиальная схема: а) генератор цуга ( $T_3$  - 2Т301Е;  $T_1$ ,  $T_2$  - 1Т313В;  $D_1$  - 3И301Б;  $D_2$  - 3И301Г); в) первый триггер адресного счётчика ( $T_1$  +  $T_4$  - 1Т313В,  $f = 70$  МГц).

новном с повышением частоты генератора цуга (до 25 мгц). При этом возможно появление неполноценного импульса в конце цуга. Так как порог срабатывания первого триггера адресного счётчика различен для двух состояний триггера, то в преобразователе наблюдается неравномерность ширины чётных и нечётных каналов. На рис. 7 приведен спектр  $^{23}\text{Na}$ , измеренный для проверки дифференциальной нелинейности: а) частота цуга 25 мгц (8192 канала); б) частота 12 мгц (4096 каналов). Схема ГЦ и первого триггера адресного счётчика показана на рис. 8. При усреднении отсчётов в чётных и нечётных каналах (рис. 7а) отмеченный выше эффект исчезает. Таким образом, измерительные характеристики разработанного входного устройства удовлетворяют современным требованиям физического эксперимента.

### Л и т е р а т у р а

1. В.И.Приходько, В.Г.Тишин. Препринт ОИЯИ 2492, Дубна 1985.
2. В.И.Приходько, В.Г.Тишин. Препринт ОИЯИ Р-2394, Дубна 1985.
3. В.И.Приходько, В.Г.Тишин. Препринт ОИЯИ Р-2707, Дубна 1986.
4. Э.Г.Имаев, Ке Ен Сун, В.И.Приходько, А.М.Сухов, В.Г.Тишин. Препринт ОИЯИ Р10-3332, Дубна 1987.
5. Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, Б.В.Фефилов. Препринт ОИЯИ Р13-3246, Дубна 1987.
6. Э.Г.Имаев, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, Хоадг Зыонг Куан. Препринт ОИЯТ Р10-3754, Дубна 1988.
7. В.Г.Тишин. Диссертация, Дубна 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 июня 1988 года.