

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-202

11/x-76

13 - 9850

3966/2-76

Б.Ю.Балдин, З.В.Крумштейн, А.И.Ронжин

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДИСКРИМИНАТОР
С ТОЧНОЙ ВРЕМЕННОЙ ПРИВЯЗКОЙ

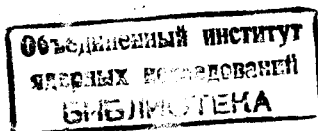
1976

13 - 9850

Б.Ю.Балдин, З.В.Крумштейн, А.И.Ронжин

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДИСКРИМИНАТОР
С ТОЧНОЙ ВРЕМЕННОЙ ПРИВЯЗКОЙ

Направлено в ПТЭ



Вопросам компенсации амплитудного разброса импульсов и оптимизации временной привязки к сигналам от детекторов посвящено большое количество работ /1-5/. Наиболее эффективным способом привязки к сигналам детекторов признан метод следящего порога /Constant Fraction Timing /¹⁶/. Вариант этого метода с использованием интегральной схемотехники предложен авторами работы /⁷/.

Большинство разработок, созданных ранее /⁸⁻¹¹/, является узкоспециальными приборами, имеющими ограниченное применение. Так, в частности, схемы, описанные в работах /^{8,9}/, выполнены на дискретных компонентах и не могут конкурировать с разработками на интегральных компонентах по стабильности и эксплуатационной надежности. Компенсированный формирователь на интегральных схемах /¹⁰/ имеет значительное гуляние выходного импульса / ~ 1 нс/ и использует неоптимальную моду временной привязки (zero crossing). Наконец, схема, приведенная в /¹¹/, предназначена для работы с ППД и имеет ограниченную полосу пропускания, не позволяющую использовать ее с быстрыми сцинтилляторами.

В настоящей работе описывается универсальный дискриминатор с тремя модами временной привязки, обеспечивающей оптимальное временное разрешение для большинства используемых в практике физического эксперимента детекторов. В основу разработки положен так называемый "разностный метод", предложенный в работе /⁷/.

Для реализации этого метода требуется широкополосный дифференциальный усилитель. Параметрами, наиболее близкими к требуемым, обладает усилитель, построенный на счетверенном приемнике с линии 1ЛП381. Недостатками этой микросхемы являются отсутствие симметричных выходов с каждого дифференциального каскада и невысокий коэффициент подавления синфазной помехи. Для устранения первого недостатка в схеме трехкаскадного усилителя /рис. 1/ используется источник опорного напряжения S_{1r} , построенный на одном дифференциальном каскаде с замкнутыми между собой входами. Выходной потенциал этого каскада равен порогу срабатывания интегральных схем серии 138 и составляет - 1,25 В по отношению к положительному полюсу

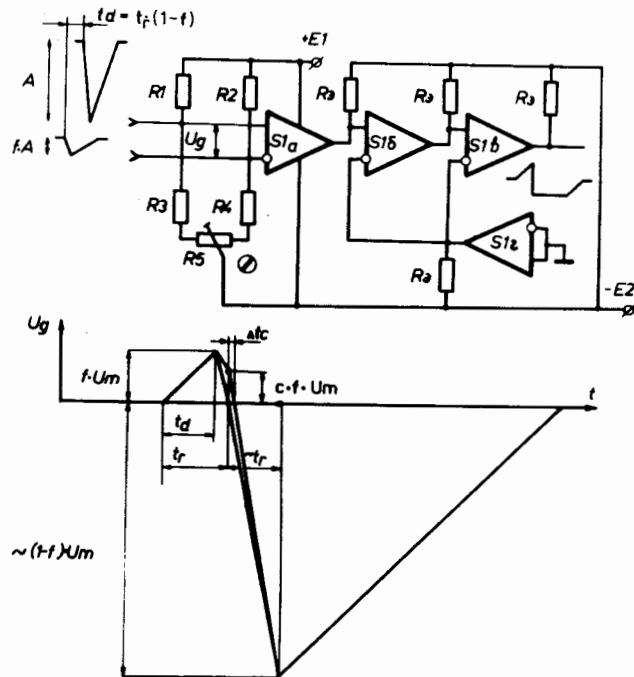


Рис. 1. Структурная схема дифференциального усилителя и формирование разностного сигнала.

источника питания. При нулевой разности сигналов на входе усилителя ($U_d = 0$) все каскады его находятся в линейном режиме и обеспечивают полное усиление ~ 125 . Из рассмотрения рис. 1 /при линейной аппроксимации входного сигнала/ следует, что временной сдвиг точки срабатывания из-за неполного подавления синфазного сигнала Δt_c равен:

$$\Delta t_c \approx t_r \frac{f \cdot c}{1-f}, \quad /1/$$

где t_r - время нарастания сигнала; $c = CMRR$ - коэффициент подавления синфазного сигнала; f - порог срабатывания, выраженный в долях от максимума амплитуды сигнала.

Таким образом, неполное подавление синфазного сигнала приводит к постоянному сдвигу точки пересечения нуля, не зависящему от амплитуды входного сигнала.

Коэффициент подавления синфазной помехи входным каскадом составляет -26 дБ, что дает сдвиг точки пересечения нуля $52,5$ нс для длительности фронта 5 нс и $f = 0,2$. Эта ошибка в определении точки пересечения нуля невелика и позволяет получить достаточно высокие характеристики компенсации амплитудного разброса.

Принципиальная схема дискриминатора представлена на рис. 2. Дискриминатор содержит два независимых канала, включенных на совпадения: канал временной привязки /КВП/ и дискриминатор нижнего уровня /ДНУ/. Кроме того, имеется канал управления, включающий транзистор Т2 и инвертор S3. В канале временной привязки установлен переключатель П1, позволяющий изменять моду временной привязки. Предусмотрено три режима работы:

- а/ однопороговая мода (LE),
- б/ двухпороговая мода с привязкой к переднему фронту (DL),
- в/ мода следящего порога с тремя значениями: $f=0,1; 0,2; 0,5$ (CF).

В режиме однопороговой моды КВП не работает и на вход усилителя подается смещение, превышающее максимальную амплитуду входного сигнала.

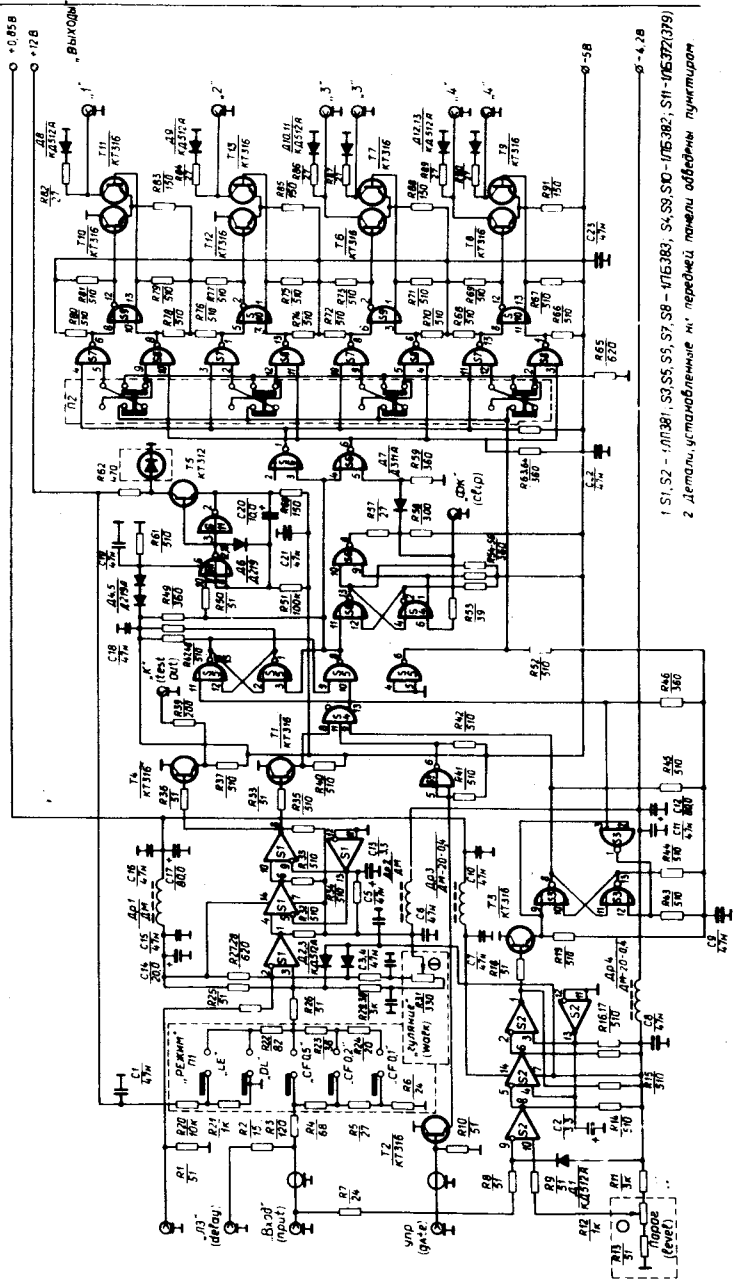


Рис. 2. Принципиальная схема универсального дискриминатора.

В режиме двухпороговой моды временная привязка осуществляется к переднему фронту сигнала, задержанного линией задержки, включенной между разъемами "ЛЗ". Срабатывание происходит на пороге 8-10 мВ. Регулировка порога привязки осуществляется потенциометром R31. Для того, чтобы не происходило искажений временной отметки канала КВП вблизи порога срабатывания ДНУ, в канал КВП введена задержка 10 нс на входе дискриминатора.

В режиме моды плавающего порога потенциометр R31 позволяет подобрать оптимальный порог привязки. ДНУ содержит аналогичный усилитель с регулировкой порога с помощью многооборотного потенциометра R12 и R-S триггер для улучшения пороговой характеристики. Как показали исследования, введение триггера существенно уменьшает зависимость порога срабатывания от длительности фронта входного сигнала. Логика сброса триггера такова, что он сбрасывается более поздним из двух сигналов: выходным сигналом схемы И-НЕ S4 или задним фронтом сигнала ДНУ. Это исключает неопределенности и вторичные срабатывания триггера на пороге срабатывания ДНУ.

Выходной сигнал совпадений укорачивается и запускает одновибратор на кабеле S4, S6. Длительность сигнала одновибратора равна $15 \text{ нс} + 4t_{\phi К}$. Длительность укороченного сигнала совпадений - 6 нс. Далее эти сигналы через пропускатели S7 и S8 поступают на выходные каскады. С помощью переключателей П2 длительность выходных сигналов на разъемах 1-4, 3, 4 может быть сделана либо фиксированной /6 нс/, либо регулируемой $\geq 15 \text{ нс}$ /. Такое разделение выходных сигналов позволяет уменьшить фон случайных совпадений при использовании сигналов дискриминатора одновременно для отбора временной информации и организации совпадений в заданном временном интервале. Наличие сопряженных по полярности сигналов 3, 4 позволяет легко организовать антисовпадения. Продлевание длительности выходного сигнала происходит при попадании вторичных запускающих сигналов во вторую половину длительности сигнала, сформированного одновибратором.

Схема индикации собрана на интегральной схеме S11, транзисторе Т5 и светодиоде АЛ102Б.

Исследования характеристик компенсации дискриминатора проводились на блок-схеме *рис. 3*. Изменение амплитуды светового импульса осуществлялось с помощью поляризаторов в диапазоне 1 : 100. Из рисунка видно, что временной сдвиг выходного сигнала дискриминатора /гуляние/ не превышает для компенсированной моды CF $0,2 \pm 75$ нс в диапазоне 1 : 85. Для пороговых амплитуд гуляние возрастает из-за ограниченной полосы пропускания дифференциального усилителя. Нужно заметить, что для небольших динамических диапазонов сигналов мода двойного порога обеспечивает достаточно хорошую независимость временной привязки от амплитуды входного сигнала /в частности, для диапазона 1:10 гуляние не превышает ± 100 нс/.

На *рис. 4* представлены кривые временного разрешения, полученные с радиоактивным источником ^{60}Co в различных условиях. Временное разрешение в 20%-ном энергетическом окне /вблизи максимума фотопика/ для сцинтилляторов Pilot F $\phi 8 \times 10 \text{ мм}^2$ в режиме двухпороговой моды составляло 195 нс, а в режиме моды CF 0,2 - 200 нс. Для сцинтиллятора NaJ(Tl) размерами $\phi 38 \times 32 \text{ мм}^2$ в тех же условиях для моды DL разрешение составило 640 нс и для моды CF 0,2 - 710 нс /*рис. 4б*/.

На мезонном пучке синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ были проведены измерения состава пучка /при импульсе $\sim 410 \text{ МэВ/с}$ / с помощью спектрометра по времени пролета. В базовых счетчиках использовались пластиковые сцинтилляторы на основе полистирола размерами $3 \times 3 \times 3 \text{ см}^3$ и $4 \times 4 \times 2,8 \text{ см}^3$, каждый из них через световоды просматривался двумя фотоумножителями, XP-1020 и XP-2020 соответственно. При использовании в спектрометре описанных выше дискриминаторов была получена ширина пика на полувысоте для электронов $\sim 130 \text{ нс}$.

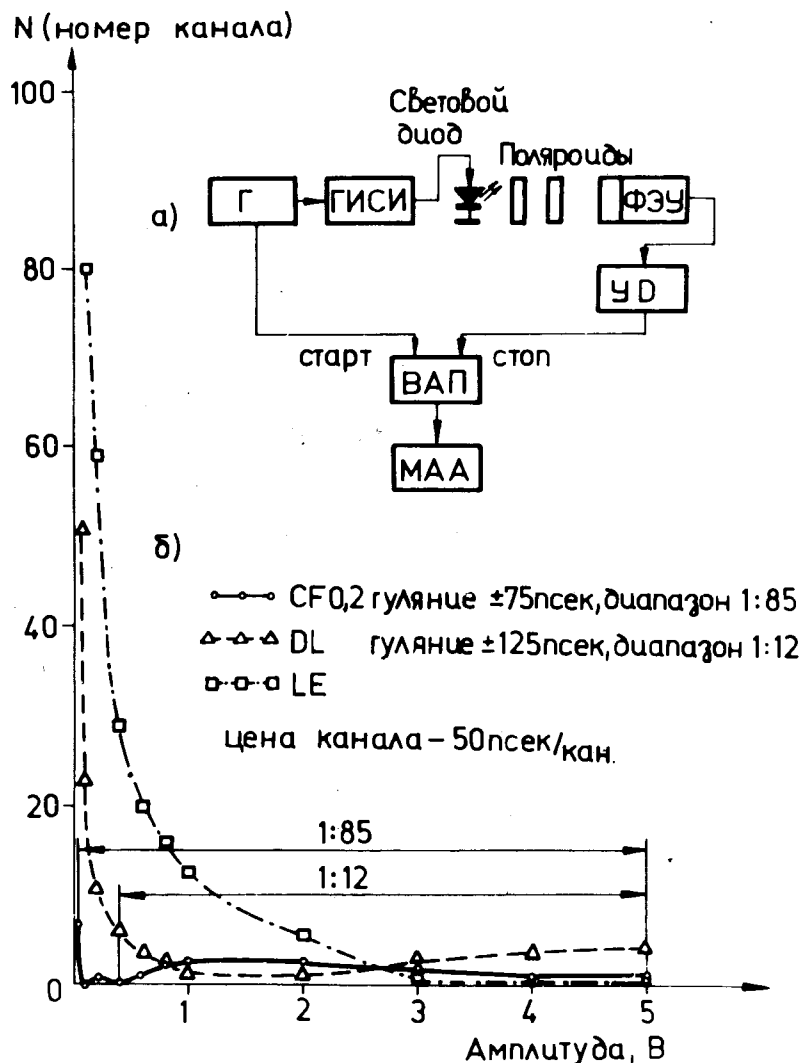
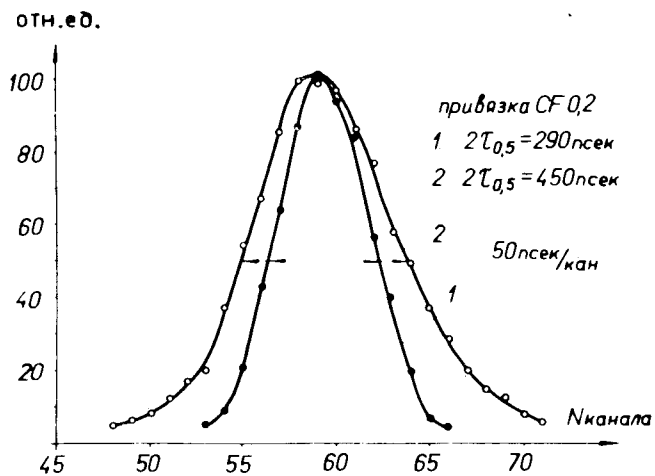
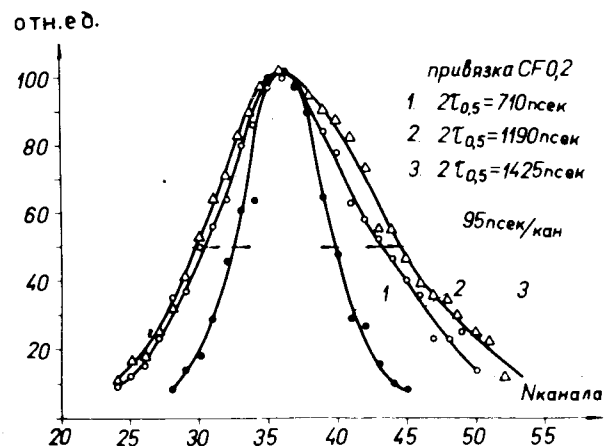


Рис. 3. Характеристики универсального дискриминатора /УД - универсальный дискриминатор, ГИСИ - импульсный генератор для светодиодов, ВАП - время-амплитудный преобразователь, МАО - анализатор/.



а)



б)

Рис. 4. Спектры γ - γ -совпадений при различной ширине амплитудных спектров.

а/ старт		стоп	
XP1020, NE102, ϕ 25 x 25 мм ³		XP1020, NE102 ϕ 25 x 25 мм ³	
1. 1,08 МэВ - 1,33 МэВ		1,08 МэВ - 1,33 МэВ	
2. 1,08 МэВ - 1,33 МэВ		13,3 кэВ - 1,33 МэВ	
б/ старт		стоп	
XP1020, NE102 ϕ 25 x 25 мм ³		XP1020, NaJ(Tl) ϕ 3 x 32 мм ²	
1. 1,08 МэВ - 1,33 МэВ		1,08 МэВ - 1,33 МэВ	
2. - " -		1,33 кэВ - 1,33 кэВ	
3. - " -		33 кэВ - 1,33 кэВ.	

Основные параметры универсального дискриминатора

Входное сопротивление	- 50 Ом
Отражения от входа	- не более 8%
Диапазон входных сигналов	- 50 мВ - 5 В
Регулировка порога дискриминации	- 50 мВ - 1,05 В
Мертвое время * :	
а/ в режиме LE определяется длительностью входного сигнала на пороге дискриминации, но не менее 16 нс;	
б/ в режиме DL определяется длительностью входного сигнала на пороге 8 мВ, но не менее 40 нс;	
в/ в режиме CF определяется длительностью входного сигнала на пороге 8 мВ, но не менее 50 нс.	
Задержка выходных сигналов * :	
а/ в режиме LE	- 25 нс;
б/ в режиме DL, CF	- 30 нс + t _{л.з.}
Длительность выходных сигналов:	
а/ фиксированная	- ≤ 6 нс
б/ регулируемая	- 15 нс + 4t ф.к.
Стабильность задержки срабатывания	- 1,8 нс/мВ
Стабильность порога срабатывания	- 0,05%/град.
Уровни выходных сигналов и сигналов управления	- 0-16 мА/50 Ом
Гуляние выходного импульса в диапазоне амплитуд	
а/ для фронта 5 нс	- 1 : 50
б/ для фронта 20 нс	- 75 нс;
	- 175 нс

* Следует отметить, что использование более быстродействующих компонентов в качестве дифференциального усилителя сигналов /например, аналогичных MC 10116 фирмы "Motorola" / позволит улучшить эти параметры дискриминатора.

В заключение авторы пользуются возможностью выразить благодарность Б.Ж.Залиханову за измерения, проведенные на мезонном пучке, Б.А.Аликову и Н.Ф.Школа за помощь в измерениях, а также В.Г.Зинову и В.И.Крышкину за ценные обсуждения.

Литература

1. L.Karlsson. NIM, 100, 193 /1972/.
2. K.Bialkowski, M.Moszynski. NIM, 105, 51 /1972/.
3. A.Ogata. Nucl. Instr. and Meth., 69, 344 /1969/.
4. D.A.Gedcke, W.J.McDonald NIM, 55, 377 /1967/.
5. P.Sen, A.P.Patro. NIM, 81, 197 /1970/.
6. D.A.Gedcke, W.J.McDonald. NIM, 56, 253 /1968/.
7. M.R.Maier, P.Sperr. NIM, 87, 13 /1970/.
8. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала. ПТЭ, №5, 128 /1973/.
9. В.Ф.Борейко, В.М.Гребенюк, В.Г.Зинов. ПТЭ, №6, 143 /1972/.
10. Ю.Б.Бушнин, А.Ф.Дунайцев, В.А.Сенько. ПТЭ, №4, 140 /1973/.
11. Ю.К.Акимов, К.Андерт, А.И.Калинин, Х.-Г.Ортлепп. NIM, 104, 581 (1972),

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июня 1976 года.