

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-272

10/11/75

13 - 8336

510/2-75

С.Г.Басиладзе, В.Тлачала

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ
ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ
С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПОРОГОМ,
ЗАДЕРЖКОЙ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ
ВЫХОДНОГО СИГНАЛА

1974

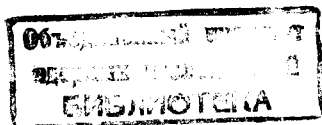
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 8336

С.Г.Басиладзе, В.Тлачала

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ
ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ
С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПОРОГОМ,
ЗАДЕРЖКОЙ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ
ВЫХОДНОГО СИГНАЛА**

Направлено в ПТЭ



Сбор информации и ее предварительная обработка - в настоящее время лишь часть функций, выполняемых ЭВМ "на линии" в крупных физических экспериментах. Значительное усложнение экспериментальных установок, рост количества измерительных каналов заставляет уделять все больше внимания вопросам автоматизации трудоемких работ, связанных с настройкой и калибровкой установки, а также контролю правильности ее работы. Ранее для этих целей применялись специализированные системы /1-3/. В настоящее время контроль как цифровой, так и детекторной электроники, а также функции настройки и калибровки последней все чаще передаются ЭВМ /4-12/, сопряженной с установкой двусторонней связью /13/. С помощью ЭВМ подбираются задержки /5,6,8,9/ и напряжения питания ФЭУ /6,7/, устанавливаются оптимальные величины коэффициентов усиления /4,12/, ослабления в аттенюаторах /6/, порога и длительности выходного импульса в дискриминаторах /8/. Снятие кривых задержанных совпадений /6,9,10/, контроль верности параметров /14/, управление логикой работы электроники также выполняются с помощью ЭВМ.

Для осуществления функций ЭВМ по настройке, контролю и управлению электронной аппаратурой детекторов необходим определенный набор блоков с цифровым управлением /12,15-17/, а именно: многофункциональные логические блоки /17-19/, блоки управления питанием ФЭУ /20,21/, усилители /4,14/, аттенюаторы /22-24/, блоки задержки /5,8,9,25-27/ и формирователи /8/.

Как известно, среди логических /временных/ блоков центральное место занимает формирователь импульсов. К современному наносекундному формирователю логических импульсов помимо традиционных высоких требо-

ваний к электрическим параметрам ^{/28/} - высокой чувствительности и стойкости к перегрузкам, повышенному быстродействию и временному разрешению, отсутствию влияния на выходной сигнал формы и длительности входного импульса - предъявляются требования к гибкости логики работы ^{/28-31/} и к обеспечению цифровой регулировки основных параметров ^{/8/}: порога, задержки и длительности выходного сигнала.

В настоящей работе описывается наносекундный формирователь импульсов, разработанный с учетом перечисленных выше требований и завершающий группу управляемых логических блоков ^{/18,27/} на интегральных схемах.

Блок-схема быстрой части формирователя показана на рис. 1. На входе имеется ограничитель больших сигналов, обеспечивающий защиту формирователя в диапазоне амплитуд входных импульсов не менее 1000. Использование на входе быстродействующего усилителя-ограничителя /по постоянному току/ позволило довести чувствительность схемы до 15 мВ. В усилителе осуществляется управление порогом срабатывания в диапазоне не менее 100. Дискриминация и формирование логических перепадов напряжения производится триггером Шмитта. Дифференцирующий каскад устраняет влияние длинных входных импульсов на работу формирователя выходных импульсов.

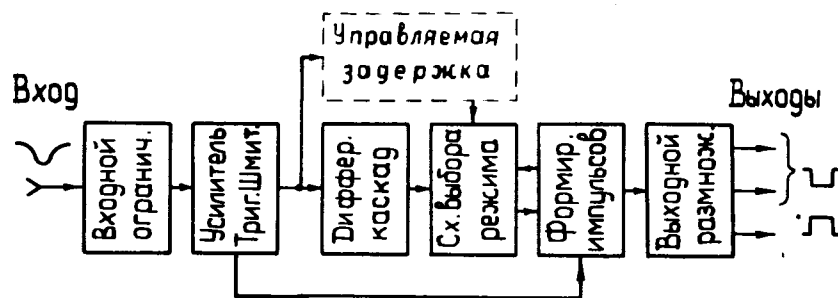


Рис. 1. Блок-схема быстрой части формирователя.

Особенностью формирователя является использование специальной схемы выбора логики его работы. Возможны четыре режима работы.

1. Режим с блокировкой входа на время длительности выходного сигнала /Ф-Б/ ^{/28,30,31/}.

2. Режим с продлением выходного сигнала при приходе вторичного входного импульса /Ф-АС - для использования в каналах антисовпадений ^{/28,31/} /.

3. Режим с продлением выходного сигнала после прерывания его на 5 нсек при приходе вторичного входного импульса /ФС - для снижения просчетов в каналах совпадений при больших нагрузках ^{/32/} /.

4. Режим ^{/28,30/} задания длительности выходного сигнала, равной большему из:

а/ длительности входного импульса между уровнями порогов срабатывания и отпускания триггера Шмитта, *

б/ длительности импульса, заданной регистром.

Ниже этот режим обозначен как Ф-ИЛИ, он необходим для получения максимальной эффективности схем совпадений при большом динамическом диапазоне сигналов со сцинтилляционных детекторов.

Принципиальная схема быстрой части формирователя показана на рис. 2. Ограничитель выполнен на диодах Д1 и Д2. Он обеспечивает согласование входа для импульсов с амплитудой от -5,5 В до +0,3 В. Усилитель собран из трех дифференциальных приемников - 1М1, 8М1 и 6М1**. Дифференциальный приемник серии К138^{/33/} имеет только один выход, и, следовательно, для образования парафразных выходов в первом каскаде усилителя необходимо перекрестное соединение двух схем - 1М1 и 8М1. К дополнительным входам этих схем подводится

* Приведенных ко входу усилителя.

** В тексте принято следующее обозначение микросхем: цифра, стоящая после буквы М, обозначает номер корпуса, в котором находится схема, а цифра, стоящая перед буквой М, - номер ножки корпуса, к которой присоединен выход этой схемы.

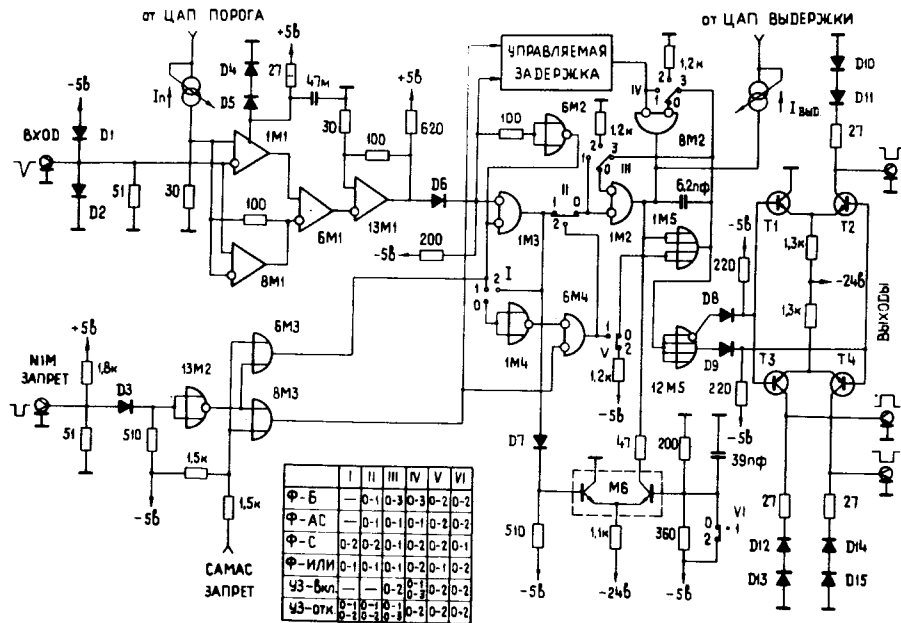


Рис. 2. Принципиальная схема быстрой части формирователя /M1 - 1ЛП381; M2, M4 - 1ЛБ383; M3 - 1ЛБ384; M5 - 1ЛБ382; M6 - 1ЛП371; T1 ÷ T4 - КТ316А; D1 ÷ D15 - КД503Б; D3 - Д814А; D4 - Д311/.

аналоговый сигнал от цифроаналогового преобразователя, который определяет порог всего формирователя. Сигнал управления порогом образуется путем поразрядного сложения токов на сопротивлении 30 Ом, поступающих от токовых ключей, управляемых регистром порога. Сигнал с выходов схем 1M1, 8M1 дополнительно усиливается схемой 6M1. Для расширения полосы пропускания первый каскад охвачен обратной связью, которая реализована с помощью резистора 100 Ом, подключенного между выходом и входом схемы 8M1. Коэффициент усиления усилителя равен ~30. На схеме 13M1 собран триггер Шмитта с небольшим, ~50 мВ, гистерезисом. Схемы 1M1, 8M1, 6M1, 13M1 расположены в одном корпусе, используется питание +1 В /D4, D5/ и

-5 В. Это позволяет подключить вход усилителя непосредственно к входному высокочастотному разъему, но, с другой стороны, требует смещения уровня /диод D6/ при переходе к следующей части формирователя.

На рис. 3 приведены временные диаграммы в узловых точках схемы, иллюстрирующие логику работы формирователя в любом из возможных режимов его работы. Переключения, производимые для этого в шести точках схемы, сведены на рис. 2 в таблицу.

Режим Ф - Б. В этом режиме импульс с триггера Шмитта поступает на дифференцирующий каскад, собранный из схем 6M2 и 1M3. Укороченный до 4 нсек импульс проходит через согласующую схему 1M2 и запускает одновибратор /34/, собранный на схеме 1M5. Сигнал с выхода одновибратора подается на второй - блокирующий вход 1M2. Время выдержки одновибратора управляется током разряда времязадающей емкости, поступающим от специализированного цифроаналогового преобразова-

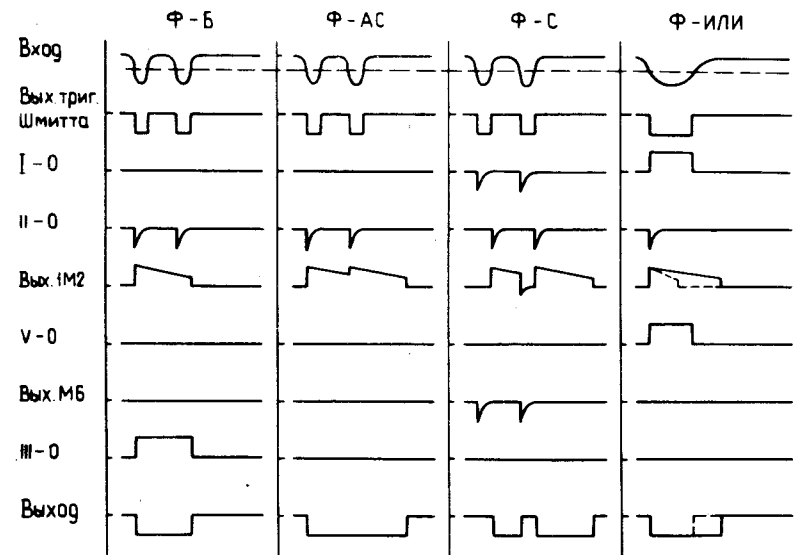


Рис. 3. Временные диаграммы в узловых точках схемы для разных режимов работы формирователя.

теля. Особенностью его является гиперболическая характеристика преобразования, которая позволяет реализовать линейную зависимость времени выдержки от состояния регистра.

Принципиальная схема гиперболического ЦАП показана на рис. 4. На транзисторе T_1 собран генератор тока I_r . Кроме того, в схеме имеется шесть параллельно соединенных транзисторных ключей, управляемых регистром. С их помощью можно параллельно соединить весовые резисторы с номиналами, обратно пропорциональными разряду, к которому они принадлежат. С коллектора транзистора T_3 вытекает ток разряда времязадающей емкости одновибратора $I_{\text{выд.}}$. Нетрудно доказать, что для описываемого преобразователя верна следующая зависимость:

$$I_{\text{выд.}} = \frac{I_r \times R}{R_3} \times \frac{1}{4 + N}, \quad /1/$$

где N - число, равное состоянию регистра.

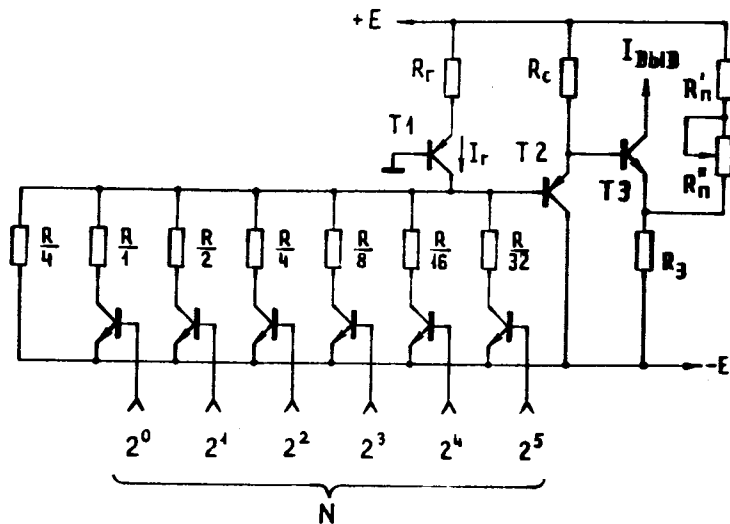


Рис. 4. Принципиальная схема цифроаналогового преобразователя с гиперболической характеристикой преобразования.

Поскольку $T_{\text{выд.}} \sim \frac{1}{I_{\text{выд.}}}, \quad /2/$

то $T_{\text{выд.}} \sim \frac{R}{I_r \times R_a} \times (4 + N). \quad /3/$

Режим Φ - АС. Работа формирователя в этом режиме отличается от работы в режиме Φ -Б отсутствием блокировки входа схемы 1М2 с выхода одновибратора. Механизм продлевания времени выдержки одновибратора вторичным входным сигналом поясняется в работе /34/.

Режим Φ - С. Для реализации работы дискриминатора в режиме прерывания входного импульса вторичным сигналом необходимо, чтобы импульсу запуска предшествовал импульс возврата одновибратора в начальное состояние. В данной схеме для этого предназначен токовый ключ М6. Продифференцированный импульс с выхода 1М3 переключает этот ключ, и его режимным током предварительно разряжается времязадающая емкость одновибратора. Для того, чтобы обеспечить временной сдвиг между импульсом возврата и импульсом запуска, последний задерживается дополнительно схемами 1М4 и 6М4.

Режим Φ - ИЛИ. Чтобы реализовать этот режим работы формирователя, необходимо соединить цепь запуска одновибратора согласно режиму Φ - Б, а к дополнительному входу 1М5 подвести сигнал с выхода 6М4. В данном случае схема 1М5 работает, с одной стороны, как одновибратор, а с другой - в качестве схемы сравнения. По двум отдельным входам этой схемы происходит сравнение импульса выдержки одновибратора с импульсом, поступающим с выхода схемы 6М4, длительность которого равна длительности входного импульса на уровне порога. Таким образом, на выходе схемы 1М5 появляется больший из сравниваемых импульсов.

В любом режиме работы формирователя импульс со схемы 1М5 обостряется схемой 12М5 и через смещающие диоды Д8, Д9 запускает выходной размножитель, собранный на транзисторах $T1 \div T4$ и диодах Д10 \div Д15. Применение в схеме размножителя кремниевых транзисторов КТ 316А дало возможность получить выходные

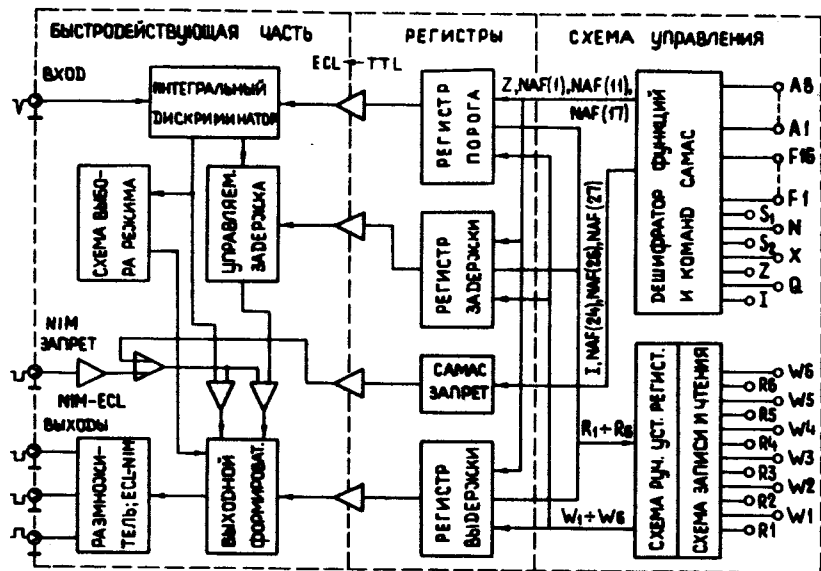


Рис. 5. Полная блок-схема формирователя с управляющей частью.

импульсы с короткими $2 \div 3$ нсек/ фронтами. Дискриминатор имеет три выхода, два прямых и один инверсный, являющихся генераторами тока.

В описываемом формирователе имеется возможность подключения встроенной в модуль схемы задержки с цифровым управлением. Схема ее эквивалентна описанной в работе [27]. Кроме того, имеется цепь запрета, позволяющая блокировать формирователь либо быстрым NIM сигналом с разъема, помещенного на задней панели, либо сигналом запрета, поступающим с магистрали крейта.

Полная блок-схема формирователя с управляющей частью представлена на рис. 5. Состояние регистров порога, задержки и выдержки устанавливается либо по команде, поступающей с магистрали крейта, либо переносом информации, набранной с помощью переключателя, установленного на передней панели. Запись информации, поступающей с магистрали крейта, и ее считывание с ре-

гистров осуществляется посредством блока записи и чтения. Регистры, блок дешифратора и команд КАМАК, а также блок записи и чтения построены на интегральных микросхемах серии TTL. На передней панели находятся следующие клавишные переключатели: набор переключателей состояния регистров - 1, 2, 4, 8, 16, 32; переключатель режима работы - Р, либо ручной /клавиша запрета/, либо от ЭВМ; переключатели адресов - A_1 и A_2 и кнопка записи в регистры состояний - 3. Состояние регистров и их адрес индицируются лампочками, имеющи-

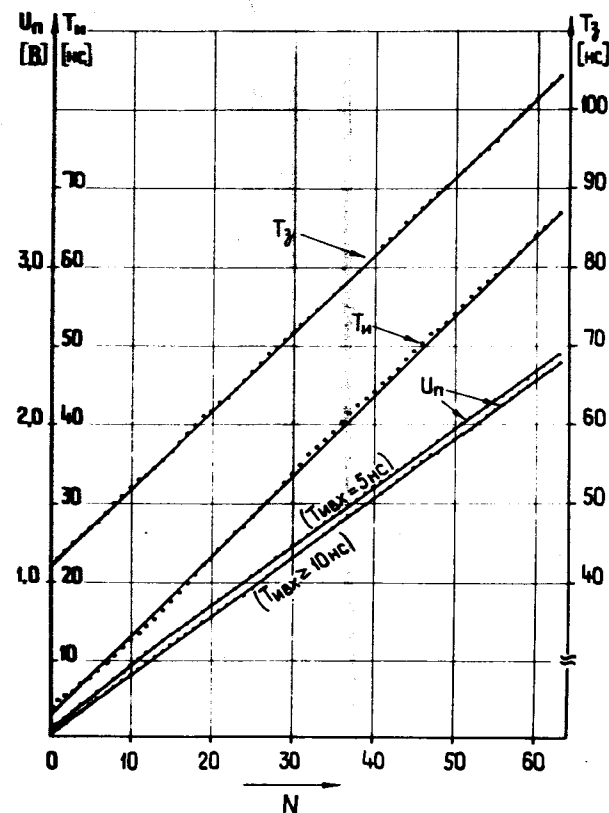


Рис. 6. Регулировочные характеристики порога, задержки и времени выдержки.

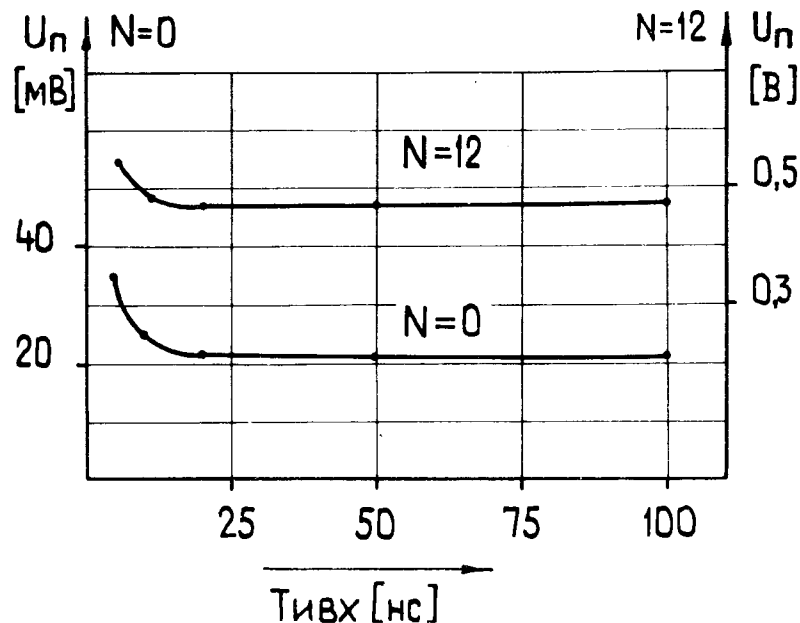


Рис. 7. Характеристика отклонения величины порога от номинального значения в зависимости от длительности входного импульса.

мися на передней панели. В режиме управления от ЭВМ возможна ручная проверка состояния регистров данных с помощью переключателей адресов.

На рис. 6 представлены регулировочные характеристики порога, задержки и времени выдержки. Поскольку величина порога зависит от длительности входного сигнала, отдельно приводятся регулировочные характеристики порога для входных импульсов с длительностью 5 нсек и для импульсов с длительностью 10 нсек и более.

Отклонение величины порога от его номинального значения в зависимости от длительности входного импульса иллюстрируется рис. 7.

На рис. 8 даны зависимости максимальной рабочей частоты и приращения выходной задержки от амплитуды входного импульса. Характеристика $f_{\text{макс}} = f(U_{\text{вх}})$ сни-

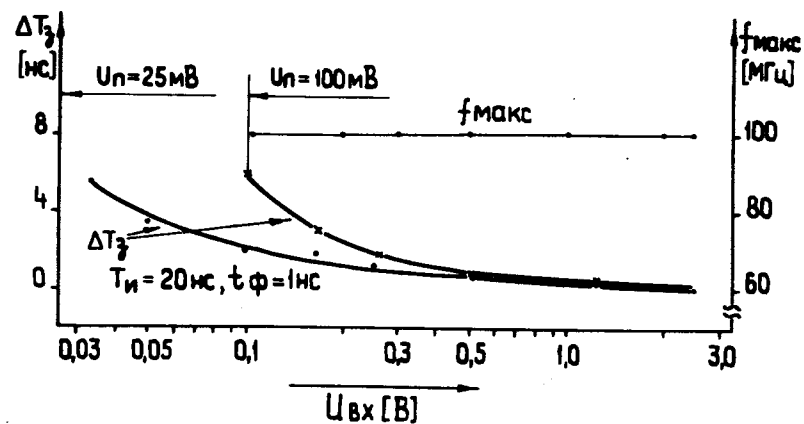


Рис. 8. Зависимость максимальной рабочей частоты и приращения выходной задержки от амплитуды входного импульса.

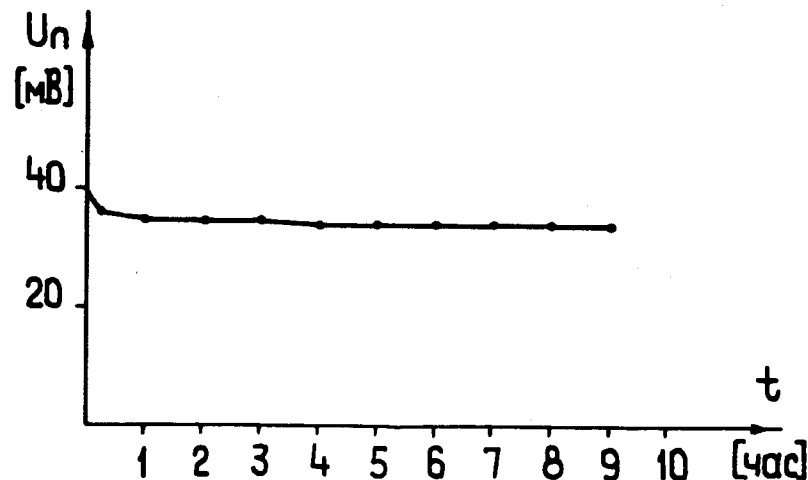


Рис. 9. Характеристика временного дрейфа минимального порога формирователя.

малась с помощью генератора типа Г5-22. Временной дрейф минимального порога формирователя иллюстрируется рис. 9.

Краткие характеристики

Вход

Число входов	- 1
Импеданс	- 50 Ом, в пределах - +0,3 ÷ -5,5 В
Полярность импульсов	- отрицательная
Коэффициент отражения для перепадов с фронтами 1 нсек	- <10%, в пределах + 0,3 ÷ -5,5 В
Стойкость к перегрузкам	- до ± 25 В
Допустимая длительность	- любая, свыше 5 нсек
Минимальный порог срабатывания	- 25 мВ для импульсов с длительностью 10 нсек и более, 35 мВ для импульсов 5 нсек
Диапазон линейной установки порога	- 25 мВ ÷ 2,5 В
Число градаций	- 63
Интегральная линейность	
а/ для входных импульсов ≥ 10 нсек	- 0,5%
б/ для входных импульсов - 5 нсек	- 1,5%
Неопределенность	
а/ $U_{п} = 25 \text{ мВ}$	- ~1 мВ
б/ $U_{п} = 2,0 \text{ В}$	- 10 мВ
Дрейф порога при изменении напряжения питания:	
а/ -6 В ± 0,2 В	- +0,05%/мВ
б/ +6 В ± 0,2 В	- +0,03%/мВ
в/ -24 В ± 0,2 В	- +0,01%/мВ
Температурный дрейф порога в диапазоне 0 ÷ 40°С:	
а/ для входных импульсов ≥ 10 нсек	- +0,4%/°С
б/ для входных импульсов - 5 нсек	- +0,8%/°С

Мертвое время

- равно большому из:
 - а/ длительности входного импульса плюс 5 нсек
 - б/ времени выдержки плюс 5 нсек

Выход

Число выходов	- 2 прямых /1 мА, -16 мА/ 1 инверсный /-16 мА, 0 мА/
Импеданс	- высокоомный, генератора тока
Минимальная задержка	
а/ без управляемой схемы задержки	- 20 нсек
б/ с управляемой схемой задержки	- 42 нсек
в/ в режиме Ф - С	- добавляется 5 нсек
Диапазон линейной установки задержки	- 0 ÷ 63 нсек
число градаций	- 63 /шаг - 1 нсек/
интегральная линейность	- 0,5%
Дрейф задержки при изменении напряжения питания -6 В	- не более 1 нсек/В
Температурный дрейф задержки в диапазоне 0 ÷ 40°С	- +0,1%/°С
Диапазон линейной установки длительности выходного сигнала	- 4 ÷ 67 нсек
число градаций	- 63 /шаг - 1 нсек/
интегральная нелинейность	- 1,5%
Дрейф длительности выходного сигнала при изменении напряжения питания	
а/ -6 В ± 0,2 В	- +0,02%/мВ
б/ +6 В ± 0,2 В	- +0,01%/мВ
в/ -24 В ± 0,2 В	- -0,002%/мВ

Температурный дрейф
длительности выходного
сигнала в диапазоне
 $0 \div 40^\circ\text{C}$ - $-0,1\%/^\circ\text{C}$

Максимальная рабочая
частота

а/ без управляемой системы
задержки - 100 МГц

б/ с управляемой системой
задержки - 80 МГц

Токи, потребляемые блоком

- $-6 \text{ В}/1,2 \text{ А}$
- $+6 \text{ В}/0,8 \text{ А}$
- $-24 \text{ В}/100 \text{ мА}$
- $+24 \text{ В}/10 \text{ мА}$

Температурный диапазон - $0 \div 40^\circ\text{C}$

Управление:

от ЭВМ

ручное

Р

Установка ручного
управления

Субадреса:

а/ регистр порога

A(0)

$A_1=0, A_2=0$

б/ регистр задержки

A(1)

$A_1=1, A_2=0$

в/ регистр выдержки

A(2)

$A_1=0, A_2=1$

г/ дополнительный
запрет

A(0)

$A_1=1, A_2=1$

Команды:

чтение состояния
регистров

NAF(1)

A_1, A_2

сброс регистров

NAF(11)S₂

запись информации

в регистры

NAF(17)S₁

$PA_1 A_2^3$

установка допол-

нительного запрета

NAF(24)S₁

$A_1=1, A_2=1$

сброс доп. запрета

NAF(26)S₁

$A_1 \vee A_2 \neq 1$

проверка доп. запрета

NAF(27)

а/ запрет установлен

X=1, Q=0

б/ запрет снят

X=1, Q=1

расшифровка любого NAF

а/ Р включено

X=1, Q=0

б/ Р отключено X=1, Q=1
запрет I
общий сброс ZS₂
Сигналы:
запись информации W₁ ÷ W₆
чтение информации R₁ ÷ R₆

переключатели
1,2,4,8,16,32
лампочки Л1 ÷ Л6

В заключение авторы считают своим долгом поблагодарить В.И.Какурину и В.А.Григорьеву за помощь в работе.

Литература

1. E.Nadav et al. Nucl. Instr. and Meth., 59, No. 1, 173 175 (1968).
2. Б.Ю.Балдин и др. ОИЯИ, 13-6207, Дубна, 1971.
3. А.Г.Петров, Ю.А.Щербаков. ОИЯИ, P13-6859, Дубна, 1971.
4. L.V.Robinson and F.S.Goulding. Nucl. Instr. and Meth., 75, 117 (1969).
5. F.Pozar. Nucl. Instr. and Meth., 74, 315 321 (1969).
6. B.Zacharov and A.C.Peatfield. Automatic Calibrations of Experiments. The ACE System. International Conference on Instrumentation for High Energy Physics, Dubna, USSR, September 1970, p. 52÷59.
7. D.Basello et al. An Automatic Apparatus for High-Energy Experiments with On-Line Computer. International Conference on Instrumentation for High-Energy Physics, Dubna, USSR, September 1970, p. 36 ÷ 45.
8. F.Pozar. Nucl. Instr. and Meth., 91, 253 265 (1971).
9. P.Horvath. IEEE Trans. Nucl.Sci., NS-20, No. 1, 193 199 (1973).
10. А.А.Борисов и др. ПТЭ, №3, 49 53 /1973/.
11. Т.В.Беспалова и др. Измерение характеристик аналоговых блоков, выполняемых в стандарте КАМАК, с помощью ЭВМ. Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, P13-7616, Дубна, 1974.
12. В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе. Блоки быстрой электроники с управлением от ЭВМ. Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, D13-7616, Дубна, 1974.
13. Смолри, например: Euratom Report, EUR 4100 e, March, 1969.
14. K.Zander. Digital Control of Analog Signals. Труды Шестого симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, D13-6210, Дубна, 1972, стр. 204.

15. D. Maeder, M. Sabev. System de circuits logiques avec affichage et commande en vue d'une telecommande par ordinateur. Proc. Internationale Symposium Nucl. Electronics, Versailles, Sept. 1968, p. 571.
16. И.Ф.Колпаков. Сбор. трудов: Физика элементарных частиц и атомного ядра, т. 4, вып. 1, стр. 285-305, Москва, Атомиздат, 1973.
17. J. Bouinac et al. Integrating NIM Modules into an On-Line System, Ecole Polytechnique, L.P.N.H.E. 06.73 (01), Paris, March, 1973.
18. С.Г.Басиладзе, А.Н.Парфенов. ОИЯИ, 13-7672, Дубна, 1974.
19. SEN GGG 2017 Six-Fold Controlled Gate, Фирменный проспект, 1971.
20. D. Maeder. Digital High-Voltage Supply for Automatic Testing and Regulation of Photomultiplier Gain; Ispra Nuclear Electronics Symposium, EUR 4289e, p. 265-267, May, 1969.
21. W. Heep, W. Stiefel. CAMAC - Hochspannungsmodul, Typ LEM-52/15-1, Kernforschungszentrum Karlsruhe bericht 22/71-3, 1971.
22. Nuclear Enterprises. CAMAC Compatible Modular Data Transfer System, Catalogue 1973.
23. SAIP-Schlumberger. Catalogue CAMAC, 1972-1973.
24. Rohde and Schwarz. Measuring Instruments, Catalogue 1972/1973.
25. Проспект фирмы. J and P. Engineering. CERN Courier, No. 8, 1969.
26. Проспект фирмы. Frieske, 1971.
27. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала. ОИЯИ, 13-7601, Дубна, 1974.
28. LRS, Fast-Pulse Instrumentation for Particle Physics, Catalogue Spring, 1973.
29. С.Г.Басиладзе. ОИЯИ, 13-5732, Дубна, 1971.
30. A. Barna and E.L. Cisneros. Nucl. Instr. and Meth., 75, 261-265 (1969).
31. Ю.Б.Бушнин и др. ИФВЭ, 72-49, Серпухов, 1972.
32. С.Г.Басиладзе. ОИЯИ, 13-6331, Дубна, 1972.
33. К.А.Валиев и др. Электронная промышленность, вып. 7/13/, стр. 56 /1972/.
34. В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе. ОИЯИ, 13-6594, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 октября 1974 года.