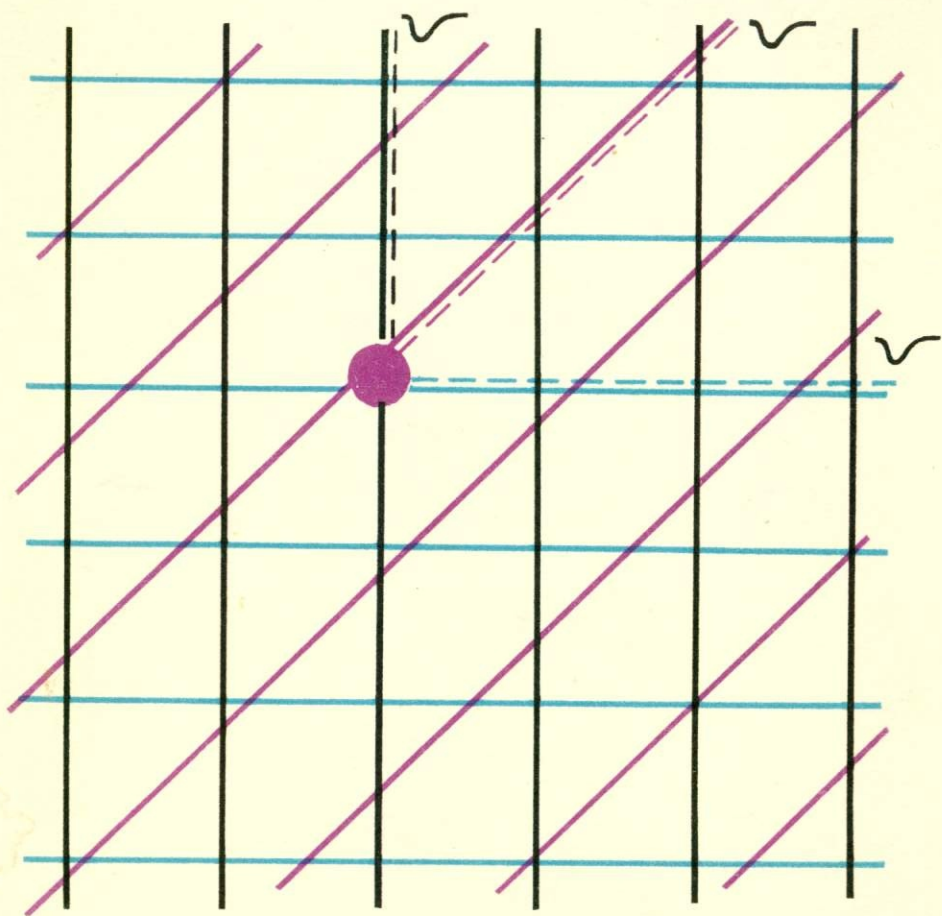


# ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ



ДУБНА 1973

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ СВЕТИМОСТИ ПО ОДНОКРАТНОМУ  
И ДВОЙНОМУ ТОРМОЗНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Н.И.Крупин, Е.П.Солодов

Институт ядерной физики СО АН СССР

Для измерения светимости на строящемся в Институте ядерной физики СО АН СССР ускорителе со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2М разработана система, представляющая собой телескоп из проволочных пропорциональных камер. Счет тормозных  $\gamma$ -квантов ведется по количеству электрон-позитронных пар, родившихся в конверторе. С координатных проволочных камер на экран ЭЛТ и на ЦПУ выводится пространственное распределение  $\gamma$ -квантов, образовавших пары в конверторе. Это позволяет по центру тяжести двух таких распределений от телескопов, расположенных по разные стороны от места встречи, определить положение сгустков в месте встречи с точностью, лучшей 0,5мм, а также учесть при расчете светимости краевые эффекты выпускных окон ускорителя. Абсолютное определение светимости будет вестись в основном по однократному тормозному излучению, т.к. при большой проектной светимости ВЭПП-2М  $L \approx 5 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$  определение светимости по двойному тормозному излучению становится практически невозможным из-за большого фона однократного тормозного излучения. Предполагаемая точность определения абсолютной величины светимости  $\sim 5\%$ .

Расположение пропорциональных камер в телескопе и их функциональное назначение указано на рис.1. Поглотитель задает порог регистрации  $\gamma$ -квантов  $\sim 5$  Мэв. Камеры с размером чувствительной области  $60 \times 60 \text{ мм}^2$  изготовлены из оргстекла. Проволочки  $\varnothing 20 \text{ мкм}$  натянуты с шагом 2мм. Высоковольтный электрод изготовлен из фольги толщиной 120мкм и находится на расстоянии

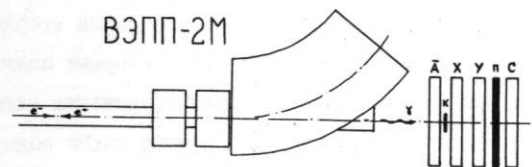


Рис.1. Схема измерения светимости по однократному тормозному излучению.

$\bar{A}$  -камера антисовпадений, защищает от заряженных частиц; К -конвертор  $\gamma$ -квантов; X, Y -координатные камеры; П -поглотитель; С -камера, срабатывающая от частиц, прошедших через поглотитель.

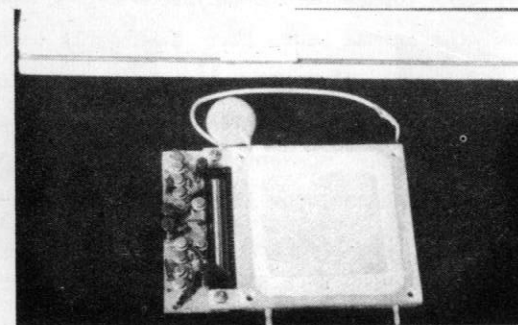


Рис.2. Внешний вид координатной камеры с линией задержки и усилителями.

3 мм от проволочек. Камеры продуваются смесью 50% Ar + 50% CO<sub>2</sub>. Рабочее напряжение камер ~ 3,0кВ. Плато имеет ширину 200 В при эффективности регистрации 99,6% и ширине ворот 30 нсек. Внешний вид одной такой камеры показан на рис.2.

Съем информации с координатных камер производится с помощью линий задержек, состоящих из намотанных на полиэтиленовый стержень катушек индуктивности и сосредоточенных емкостей, которыми являются собственные емкости проволочек. Задержка распространения сигнала равна 2 нсек на проволочку. Сигналы с двух концов линии задержки усиливаются усилителями, смонтированными непосредственно на камере. Сигналы с камер А и С, где проволочки соединены параллельно, усиливаются такими же усилителями. Время нарастания усилителя равно 20 нсек, коэффициент усиления по току составляет 2800.

Сигналы с усилителей двух телескопов по кабелям длиной ~ 40м поступают в блок электроники, собранный на интегральных схемах. В этом блоке размещены формирователи импульсов с порогом 50 мВ и логическая схема, позволяющая вести счет  $\gamma$ -квантов от однократного и двойного тормозного излучения и контролировать работу камер. Сформированные импульсы от усилителей координатных камер подаются на время-амплитудный конвертор, импульсы с которого анализируются амплитудным анализатором АИ-128. Типичная картина, получаемая на экране АИ-128 при облучении координатной камеры источником электронов ( $Sr^{90}$ ), приведена на рис.3.

В настоящее время один телескоп, внешний вид которого показан на рис.4, подготовлен для испытания на накопителе ВЭШ-2М.

В заключение авторы благодарят Л.М. Баркова за ценные обсуждения.

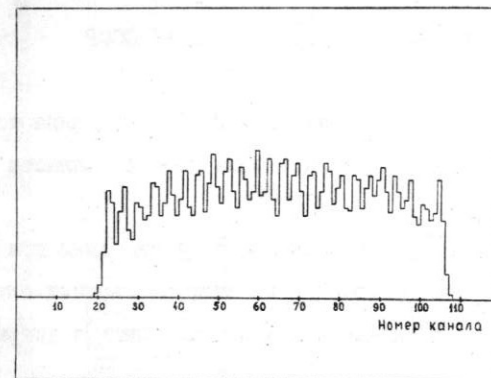


Рис.3. Распределение, наблюдаемое на экране АИ-128 при облучении телескопа электронами от радиоактивного источника. Видны пики от отдельных проволочек.

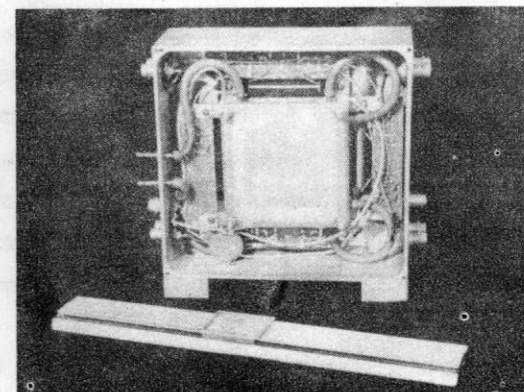


Рис.4. Внешний вид телескопа со снятой задней стенкой.



## ЛИТЕРАТУРА

1. J.C.Tarlé and H.Verweij, NIM, v.78, 93 (1970).
2. G. Amato et al., Proc. ICINEP, Dubna, 1970, p.257.
3. J.L.Pellegrin. SLAC - TN - 70 - 22 (1970).
4. Yu.V.Zanevsky et al., NIM, v.94, 233 (1971).
5. B.Bertolucci et al., IEEE Trans., NS-18, No.2 (1971)
6. Е.А.Силаев, ОИЯИ, I3-6669, Дубна, 1972 .
7. Е.А.Силаев, ОИЯИ, I3-7006, Дубна, 1973 .
8. Д.С.Бачелис, Н.И.Белоруссов, А.Е.Саамян  
Электрические кабели, провода и шнуры (справочник).  
"Энергия", м., 1971 .

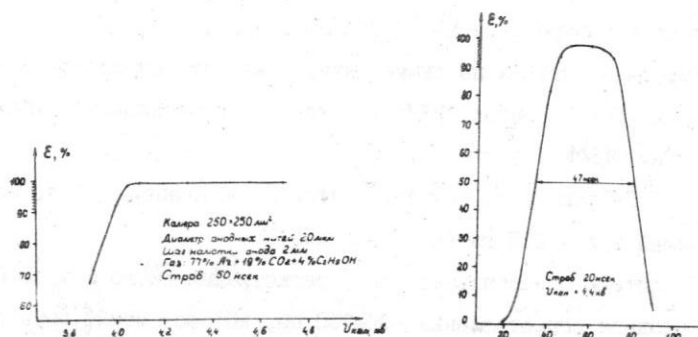


Рис.8 а) Зависимость эффективности регистрации от напряжения на камере;  
б) Кривая задержанных совпадений (усилитель по схеме рис.7, кабель ТПШ длиной 50 м).

## ЗАДЕРЖКА И ЛОГИКА МППК

С.Е.Бару, Ю.В.Коршунов, Г.А.Савинов  
Институт ядерной физики СО АН СССР  
Новосибирск

В работе рассмотрена часть электроники канала, состоящая из активного элемента задержки (одновибратор) и схемы фиксирования ( $\mathcal{D}$ -триггер или  $RS$ -триггер со схемой совпадения на входе). Изложены достоинства и недостатки предлагаемых вариантов, выбор которых в каждом конкретном случае зависит от условий решаемой задачи.

Используемые модули - советские интегральные микросхемы ТТЛ. Перепады напряжений на иллюстрациях - уровни ТТЛ.

### Одновибраторы

Одновибратор, показанный на рис. 1, построен из двух инверторов 2И-НЕ. Он легко блокируется, длительность генерируемого импульса  $t_u$  при смене микросхемы меняется не более чем на  $\pm 5\%$ ,  $t_u$  не зависит от длительности импульса на входе одновибратора ( $t_{bx}$ ). Затягивание заднего фронта  $t_u$  при  $t_{bx} > t_u$  не отражается на работе схемы фиксирования, т.к. изменение фронта происходит выше +1,5 в (уровень срабатывания схем ТТЛ),  $t_{bx} \geq 40$  нсек. К достоинствам одновибратора можно отнести также малую величину ёмкости  $C$  (при  $t_u = 350$  нсек,  $R = 510$  ом,  $C = 470$  пф), срабатывание на уровне +1,5 в независимо от фронта  $t_{bx}$ .

Недостатки - сильная зависимость  $t_u$  от напряжения питания - изменение  $U_{\text{пит.}}$  на  $\pm 10\%$  вызывает  $\Delta t_u \leq 18\% t_u$  ном; необходимость применения диода и дополнительного источника питания для

уменьшения отрицательного выброса на входе второго инвертора и уменьшения времени восстановления ( $t_{\text{восст.}}$ ) до 150 нсек; значительный температурный уход  $t_u$  (до +17%  $t_{u \text{ ном}}$  при изменении  $t^\circ$  от +23°C до +65°C); трудность температурной стабилизации.

$$\text{Здесь и далее } t_{\text{восст.}} = T_{\text{вх}} - t_u,$$

где  $T_{\text{вх}}$  - период частоты импульсов на входе одновибратора.

$t_{\text{восст.}}$  определяется при увеличении частоты  $f_{\text{вх}}$  до момента, когда уменьшение  $t_u$  достигает 5%. Ток, потребляемый одновибратором, - 7 ма.

Одновибратор, показанный на рис. 2 (инвертор № 4 - с открытым коллектором), имеет  $t_{\text{восст.}}$ , равное 100 нсек,  $t_{\text{вх min}}$ , равное 40 нсек, параметры  $t_u$  (длительность и фронты) не зависят от длительности  $t_{\text{вх}}$ ; при смене микросхемы  $t_u$  меняется не более, чем на  $\pm 5\%$ ; срабатывание одновибратора происходит на уровне +1,5в независимо от фронта  $t_{\text{вх}}$ . Прекращение генерации импульса  $t_u$  происходит на начальном участке экспоненты, что ослабляет зависимость  $t_u$  от различия порогов срабатывания и их нестабильности в инверторе № 3.

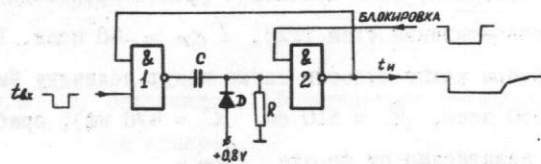


Рис. 1. Элемент задержки № 1.

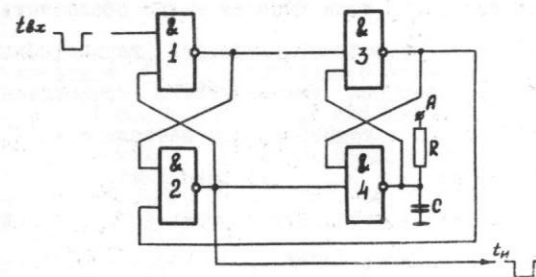


Рис. 2. Элемент задержки № 2.

Поскольку порог срабатывания инвертора № 3 снижается на 12% при изменении  $t^\circ$  от +23°C до +65°C,  $t_u$  уменьшается на те же 12%, если заряд ёмкости  $C$  происходит в основном через сопротивление  $R$ . Обеспечив изменение  $V_A = f(t^\circ)$  по кривой, аналогичной температурному уходу порога инвертора № 3, получим термостабильный одновибратор.

Узел температурной стабилизации, схема которого показана на рис. 3, может обслуживать несколько каналов, находящихся в одинаковых тепловых условиях с термистором.

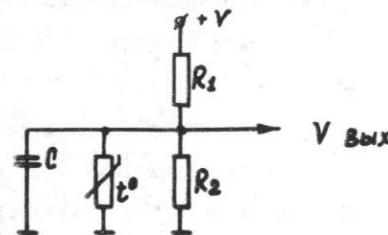


Рис. 3. Узел температурной стабилизации.

Для микросхем ТТЛ, используемых в одновибраторе,

$$I_{\text{вх}} = I \text{ ма } \pm 0,3 \text{ ма.}$$

Большую часть зарядного тока ёмкости может обеспечить входная цепь инвертора № 3. Это не вызовет ухудшения термостабильности, поскольку входной ток инвертора уменьшается с коэффициентом 2 мка/град, что составляет в температурном интервале  $+23^{\circ}\text{C} - (+65^{\circ}\text{C})$  более 0,1 ма, или 10% от  $I_{\text{вх ном}}$ , равного 1 ма.

Стремление применить минимальную ёмкость  $C$ , сократить потребление тока каналом, уменьшить нагрузку на узел температурой стабилизации приводит к следующим соображениям при построении одновибратора.

1. Желание отказаться от подгонки  $t_u$  при настройке вызывает необходимость применения прецизионных и термостабильных сопротивлений и ёмкостей. Чтобы уменьшить влияние упомянутого выше разброса входного тока на  $t_u$  и свести его к приемлемой величине ( $\pm 2\% t_u$ ), необходимо, как показывает расчет, применить резистор 510 ом. Точка А подключена к цепи температурной стабилизации. Т.к. одновибратор работает на начальном участке экспоненты заряда ёмкости  $C$ , точность  $R$  и  $C$  прямо входит в точность  $t_u$ .

Недостатки способа - увеличение ка 10 ма, т.е. почти вдвое, потребления тока одновибратором; необходимость применения прецизионных  $R$  и  $C$ ; значительная величина ёмкости  $C$  (2400 пф при  $t_u = 350$  нсек).

2. Применение подгонки  $t_u$  при настройке делает возможным использование неprecизионных, но термостабильных  $R$  и  $C$ , резко сокращает потребление тока одновибратором; значительно уменьшается ёмкость  $C$ . Регулировка  $t_u$  производится изменением  $R$ . Чтобы реализовать эту возможность, при  $I_{\text{вх}} = 1,3$  ма подбирается ёмкость  $C$  такого номинала (300 пф), чтобы обеспечить

$$t_u = 1,25 t_{u \text{ ном}},$$

где  $t_{u \text{ ном}} = 350$  нсек.

Тогда для получения  $t_{u \text{ ном}}$  необходимо применить  $R = 13$  ком при  $I_{\text{вх}} = 1,3$  ма, и  $R = 6,2$  ком при  $I_{\text{вх}} = 0,7$  ма. При других  $I_{\text{вх}}$  значения  $R$  лежат между этими двумя величинами.

Видно, что даже при  $I_{\text{вх}} = 0,7$  ма через сопротивление течет только около половины зарядного тока. Поэтому влияние  $\alpha_T$  сопротивления  $R$  на  $t_u$  уменьшается по крайней мере вдвое. Поэтому же отказ от термостабилизации точки А приводит даже в худшем случае (при  $I_{\text{вх}} = 0,7$  ма) к уменьшению  $t_u$  в вышеупомянутом интервале температур только на 6% (без учета температурного ухода  $R$  и  $C$ ).

3. Регулировка  $t_u$  путем подбора ёмкости  $C$  (установка рядом с основной термостабильной ёмкостью подгоночной ёмкости) позволяет исключить вообще  $R$  с его  $\alpha_T$ , и, конечно, термостабилизацию.  $t_u$  в этом случае изменяется в указанном интервале температур не более чем на  $\pm 3\%$  (без учета температурного ухода ёмкости  $C$ ). Еще более уменьшается потребление энергии одновибратором.

Недостатки описываемого одновибратора - необходимость применения четырех инверторов двух типов, усложнение схемы при необходимости блокировки (см. рис. 7), значительная зависимость  $t_u$  от  $V_{\text{пит}}$

При изменении  $V_{\text{пит}}$  на  $\pm 10\%$ ,  $t_u$  изменяется

при $R = 6,2$ ком	на $\pm 6\%$
при $R = 13$ ком	на $+ 11\%$ $- 6\%$
при $R = \infty$	на $+ 15\%$ $- 11\%$

Ток, потребляемый одновибратором, равен 12 ма.



Одновибратор, показанный на рис. 4, по своим параметрам полностью идентичен описанному выше. Для его построения применен элемент ИЛИ - НЕ, благодаря чему схема несколько упростилась. Одновибратор легко блокируется; поэтому, например, применение его в схеме, показанной на рис. 7, приводит к сокращению числа микросхем и упрощению всей схемы.

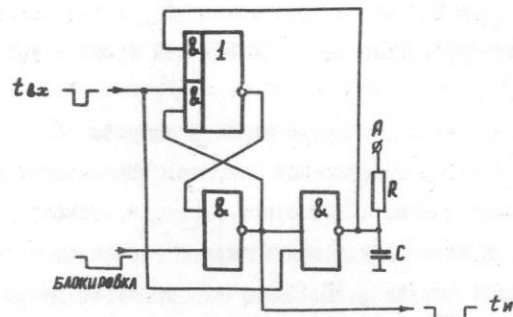


Рис. 4. Элемент задержки № 3.

#### Схемы фиксации

Варианты схем фиксации на рис. 5, 6, 7 показаны с элементами задержки и выходными ключами. Параметры схем фиксации приведены в таблице I. Поскольку схемы решены без дифференцирования  $t_u$  (с целью выделения импульса в момент заднего фронта  $t_u$ ) и схемы совпадения со стробом в явном виде нет, оказалось необходимым ввести понятие  $t$  з.ф.экв. - длительность импульса, подаваемого на второй вход этой схемы совпадения (на первый вход поступает стробирующий импульс).

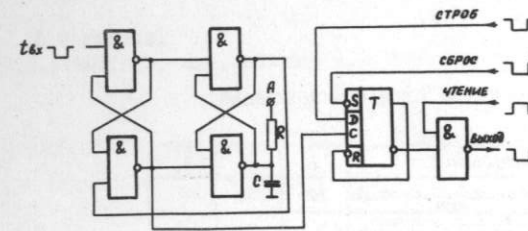


Рис. 5. Вариант электроники со схемой фиксации № 1.

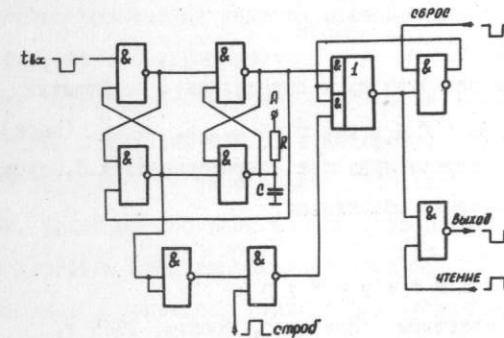


Рис. 6. Вариант электроники со схемой фиксации № 2.

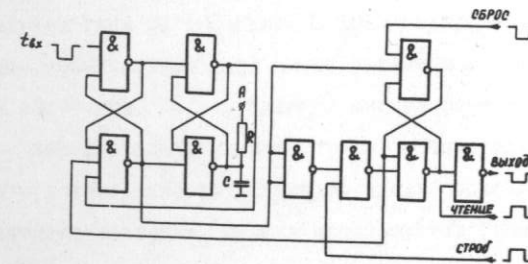


Рис. 7. Вариант электроники со схемой фиксации № 3.

Таблица № I.

Параметры схем фиксирования.

Схемы фиксирования	1	2	3
Минимальная длительность строба мксек	20	30	20
Из элементов задержки, который можно подключить к данной схеме	1, 2, 3	2	1, 3
Необходимое число корпусов микросхем	0,5	1,25	1 1/2
$t_{з.ф. экв}$ (нсек)	20	30	40

Разрешающее время для этих схем определяется по формуле

$$t_{\text{разр}} = t_{\text{строба}} + t_{\text{з.ф. экв}} - 2t_{\text{строба}} \text{ мин (нсек)}$$

В заключение авторы приносят благодарность А.П.Онучину за уточнение задач и полезные обсуждения.

#### Л и т е р а т у р а

Г. Р.М.Малинин. Резисторы. "Энергия", Москва, 1965 г.

#### ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ, ВЫПОЛНЕННЫЙ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ ТТЛ

В.В.Вишняков, Л.К.Лыткин, Л.П.Черненко

Объединенный институт ядерных исследований

Пропорциональная камера обладает рядом преимуществ по сравнению с другими детекторами частиц. Однако перспективы её широкого применения непосредственно связаны с развитием регистрирующей электроники.

Для регистрации сигналов с пропорциональной камеры главным образом применяют схему, в которой полезный сигнал с проволоки выделяется и запоминается соответствующим электронным каналом. Такой способ дает возможность полностью использовать многие свойства пропорциональной камеры.

На рис. 1 приведена функциональная схема одного электронного канала и соответствующие временные диаграммы, поясняющие его работу<sup>/1/</sup>.

Входные усилители-дискриминаторы, как правило, построены на модулях типа МС 1035 или МС 1020 (например, /2-4/), в которых дифференциальная пара имеет усиление 6+7 и полосу пропускания 40+70 мГц. После усиления сигнал формируется одновибратором, порог срабатывания которого подбирается таким образом, чтобы чувствительность канала по входу составляла 0,2+1 мВ. Как элемент задержки, широко используется одновибратор.

В данной работе рассмотрена возможность создания канала, отличного от широко используемого. Она основана на при-