

А-807  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

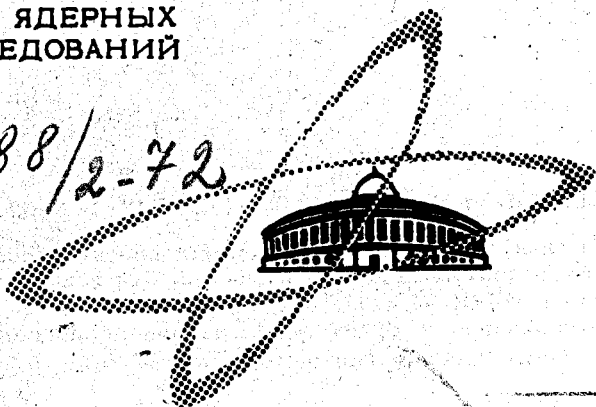
Дубна

3188/2-72

Е.К.

18/IX 72

13 - 6594



В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе

БЛОКИ БЫСТРОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ  
НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1972

13 - 6594

В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе

БЛОКИ БЫСТРОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ  
НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

*Направлено в ПТЭ*

Объединенный институт  
ядерных исследований  
Библиотека

До настоящего времени наносекундные блоки ядерной электроники, в частности, логические схемы, выполнялись на дискретных компонентах. Появление быстрых логических интегральных схем с эмиттерной связью открывает путь к постепенной замене дискретных компонентов интегральными. Это позволит резко сократить размеры, расширить функциональные возможности блоков и существенно повысить их надежность.

#### 1. СХЕМА СОВПАДЕНИЙ, тип I54.

Одной из основных логических схем ядерной электроники является устройство совпадений. В общем случае оно состоит из блоков задержки, входных формирователей в каналах совпадений и антисовпадений, элемента отбора совпадений и формирователя выходных импульсов. В начальный период разработок схем быстрой электроники на транзисторах /1,2/ вся электронная часть выполнялась в едином блоке. При реализации схемы на дискретных компонентах это приводило к вынужденной простоте схем формирователей. Они, как правило, не имели регулировки порога срабатывания и задаваемой длительности, с них нельзя было получить выходной сигнал существенно короче либо длиннее входного, кроме того, они имели сравнительно большое мертвое время. Дальнейшее развитие схем и повышение требований к их характеристикам привело к выделению формирователей в отдельные блоки /3/ и разделению их по типу логики работы /4/. Таким образом, в настоящее время устройство совпадений (4 канала совпадений и один запрета) собирается из 6+7 блоков и занимает кассету "Вишня" или половину крейта САМАС /5,6/.

В настоящей работе описывается блок совпадений, который, благодаря применению интегральных схем, функционально полностью

заменяет устройство совпадений, собранное из блоков на дискретных компонентах. В схеме имеются четыре отключаемые канала совпадений. Каждый канал состоит из входного ограничителя, схемы дифференцирования ограниченного сигнала, элементов регулируемой задержки и задания регулируемого времени разрешения на одновибраторах с нулевым мертвым временем\*. Канал антисовпадений состоит из входного ограничителя и одновибратора с нулевым мертвым временем для задания длительности сигнала запрета.

Длительность временных интервалов задается с помощью одновибратора, схема которого приведена на рис. 1а, а на рис. 1б дана временная диаграмма импульсов в узловых точках. Передним фронтом входного импульса производится переброс одновибратора. Формировка временного интервала начинается при закрывании запускающего эмиттерного повторителя задним фронтом входного импульса. Времязадающая емкость  $C_B$  разряжается его режимным током, регулировка которого позволяет изменять задаваемую длительность. По достижении потенциалом на входе одновибратора порогового уровня происходит обратный переброс схемы и быстрое восстановление напряжения на времязадающей емкости через запускающий эмиттерный повторитель. Если во время выдержки приходит вторичный входной сигнал, то времязадающая емкость заряжается до начальной величины током выходного эмиттерного повторителя, после чего происходит повторение разряда  $C_B$ , т.е. продление выходного сигнала на интервал между первым и вторичным входными

---

\* Логика работы одновибраторов — в продлении выходного сигнала от вторичного входного импульса.

сигналами. Для того, чтобы времязадающая емкость успела зарядиться с точностью не хуже 5% за время длительности входного сигнала, прошедшего дифференцирующую цепочку ( $\sim 7$  нсек), она выбрана минимальной величины (10 пф). Выбирая большие величины  $C_B$ , можно настраивать одновибраторы на работу в микросекундном или миллисекундном диапазонах в соответствии с данными табл. I.

$C_B$	10 пф	43 пф	510 пф	1000 пф	...	100,0 мкф
$t_{\text{и}}$	8+90нсек;	14+150нсек;	50+1500нсек;	0,5+2,8мксек;	...	4+250мсек

Однако необходимо иметь в виду, что с переходом к большим времязадающим емкостям изменяется тип логики работы формирователя. При приходе вторичного импульса большая емкость уже не успевает заряжаться до начальной величины (на рис. 1б - штрих-пунктиром), а начиная с  $C_B = 510$  пф ее подзарядом практически можно пренебречь, т.е. выходная длительность одновибратора не изменится. Следовательно, у одновибратора появляется мертвое время, равное длительности выходного сигнала.

На рис. 2 представлена принципиальная схема блока совпадений. В каналах совпадений входной ограничитель собран на диодах  $D_1 + D_3$ . Дискриминатор входных сигналов состоит из трех последовательных инверторов (для обострения порога срабатывания) -  $M_1, M_5$ . Регулировка порога срабатывания дискриминатора производится переменным сопротивлением  $R_4$ , расположенным на печатной плате. Дифференцирование входного сигнала осуществляется интегральными схемами  $M_2, M_6$ . Длительность импульса после укорачивающей цепочки равна величине полной задержки двух инверторов и составляет 7 нсек. Этим импульсом запускается одновибратор задержки -  $M_3$ , после чего через дифференцирующую цепочку -  $M_4, M_7$

задним фронтом импульса задержки включается одновибратор совпадений (М5), задавший время разрешения. Переменные сопротивления  $R_6$  и  $R_{10}$ , регулирующие времена выдержек этих одновибраторов, выведены под шлиц на переднюю панель. К осям движков этих потенциометров через делители  $R_7 \div R_8$  и  $R_{11} \div R_{12}$  подведены контрольные потенциалы  $U_K$ , по которым, используя градуировочную кривую (рис. 3а), можно выставлять требуемые длительности импульсов одновибраторов без помощи осциллографа.

Отключение канала производится тумблером П1.С выхода одновибратора М5 импульс проходит через два инвертора (М18), обостряющие его фронты, и подается на интегральную логическую схему "И" (М24).

Канал антисовпадений также содержит входной ограничитель (Д4+Д6), дискриминирующую цепочку (М6, М19) и цепочку дифференцирования, но одновибратор задержки в нем отсутствует во избежание потерь импульсов в канале запрета. Кроме того, в схеме обострителя фронтов (М21) после одновибратора задания длительности импульсов запрета использован дополнительный вход "ИЛИ" для продления сигнала запрета, если на вход антисовпадений поступит импульс с длительностью большей, чем задаваемая одновибратором. В схеме имеется также вход запрета срабатывания (М9) положительным сигналом с уровнями ТЛ с разъема питания.

При наличии сигнала совпадений импульс поступает через обостритель М10 на формирователь выходных логических уровней импульса И-НЕ (М26), а через обостритель М22 на дифференцирующую цепочку М11, М23, на одновибратор формирования сигнала совпадений по длительности и далее на формирователи выходных уровней тока (М13, М14, М25, М27).

КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. На рис.3а приведена зависимость задержки в каналах от амплитуды ступенчатого входного сигнала. На рис.3б приведена зависимость величины порога в каналах от длительности входного прямоугольного сигнала. Там же показана зависимость предельной частоты. одновибраторов от задаваемой ими длительности, при которой еще имеется разделение выходных сигналов (окончания предыдущего и начала последующего).

### Вход

- |  |   |
|--|---|
| Полярность сигналов                      | - отрицательная.  |
| Импеданс                                 | - 50 ом.  |
| Коэффициент отражения                    | - $\leq -0,1$ .   |
| Порог срабатывания                       | - плавно регулируется в пределах от 200 до 800 мв.  |
| Допустимый диапазон входных амплитуд     | - 0+ -50в в импульсе,<br>0+ -15в по постоянному току.   |
| Допустимые длительности входного сигнала | любые, свыше 6+10 нсек.   |
| Мертвое время каналов                    | - равно большому из<br>а) длительности входного сигнала,<br>б) мертвого времени цепочки дифференцирования ( $\sim 14$ нсек.   |
| Режим работы                             | - 1) совпадений:<br>а) два из двух,<br>б) три из трех,<br>в) четыре из четырех,<br>2) срабатывание по одному включенному каналу;<br>3) вход антисовпадений может использоваться как пятый вход совпадений для инверсного сигнала. |
| Мертвое время элемента совпадений        | - равно большому из:<br>а) мертвого времени каналов совпадений,<br>б) длительности наибольшей задержки одновибраторов за-   |

Длительность импульсов одновибраторов совпадений

Минимальное перекрытие сигналов, необходимое для срабатывания схемы

Разрешающее время

### Выходы

Число выходов

Уровни выходных сигналов

Импеданс

Собственная задержка по каналам совпадений

- а) импульса "И-НЕ"  
б) импульсов, сформированных по длительности

Регулируемая задержка в каналах совпадений

Задержка по каналу запрета

- а) импульсов "И-НЕ"  
б) импульсов, сформированных по длительности

Длительность формируемых сигналов совпадений

Фронты выходных сигналов

Максимальная рабочая частота

Относительный коэффициент тем-

держки\*.

- плавно регулируется в пределах 8+90 нсек.

- 5 нсек.

- равно минимальной длительности импульса одновибраторов совпадений минус 5 нсек.

- 1 непосредственный инверсный выход совпадений "И-НЕ" и 2 выхода, сформированных по длительности.

- 0 + -18 ма.

- высокоомный (генераторы тока).

- 45 нсек,

- 65 нсек.

- плавно изменяется в пределах 0 + 80 нсек.

- 25 нсек,

- 45 нсек.

- плавно регулируется в пределах 8 + 90 нсек.

- не хуже 3,5 нсек.

- 70 Мгц.

\*

Сигнал совпадений появляется в том случае, если перед пришедшими на вход сигналами не было импульсов в интервале, равном времени выдержки одновибраторов задержки.



пературного дрейфа времени выдержи  
одновибраторов  $- K_t = 10^{-5} t^{649} / ^\circ\text{C} \cdot \text{нсек.}$

Токи, потребляемые блоком  $- -6\text{в} - 1,1 \text{ а,}$   
 $+24\text{в} - 13 \text{ ма,}$

На рис.4а показаны кривые задержанных двойных совпадений (1,2,3), снятые от  $\alpha$  - пика источника  $Am^{243}$ , для времен выдержек одновибраторов совпадений, равных соответственно 10;40 и 80 нсек. Штрих-пунктирной линией показана кривая антисовпадений для длительностей сигналов: 60 нсек у одновибратора запрета и 20 нсек у одновибраторов совпадений. Сдвиг кривой указывает на то, что задержка в канале запрета меньше, чем минимальная в каналах совпадений. На рис.4б приведено плато по счету двойных совпадений при различных напряжениях питания фотоумножителей ФЭУ-36. Интенсивность счета  $\alpha$  - пика составляла  $\sim 4 \cdot 10^3 \text{ сек}^{-1}$ .

## 2. СТРОБИРУЕМЫЙ РАЗВЕТВИТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ, тип 132.

Разветвитель логических сигналов предназначен для работы в многоканальных системах. Он имеет два суммирующих логических входы, вход запрета срабатывания (с передней панели и с разъема питания), двенадцать прямых выходов и один инверсный.

Принципиальная схема блока приведена на рис.5. Разветвитель состоит из входных преобразователей уровней (М1; 1/2 М2) схемы "ИЛИ" (1/2 М2), обострителей (М4+М7) и формирователей выходных уровней (М8+М9).

### КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

#### Вход

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Число входов          | - 2 суммирующих и 1 вход запрета. |
| Полярность сигналов   | - отрицательная.                  |
| Импеданс              | - 50 ом.                          |
| Коэффициент отражения | - $\leq -0,15$ .                  |

Длительность входного сигнала	- любая, свыше 6 нсек.
<b>Выход</b>	
Число выходов	- 12 прямых, 1 инверсный.
Уровни выходных сигналов	- 0 + -18 ма.
Импеданс	- высокоомный (генераторы тока).
Собственная задержка по входу "ИЛИ"	- 22 нсек.
Задержка по входу запрета	- 17 нсек.
Фронты выходных сигналов	- не хуже 3,5 нсек.
Максимальная рабочая частота	- не менее 85 Мгц.
Минимальное время разрешения окончания предыдущего импульса и начала следующего	- 4 нсек.
Логические уровни сигналов запрета с разъема питания	- 0 + +4 в.
Токи, потребляемые блоком	- 6в - 410 ма, +24в - 30 ма.

### 3. СТРОБИРУЕМЫЙ СМЕСИТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ, тип 142.

Смеситель импульсов также предназначен для работы в многоканальных системах. Он содержит 12 входов логического сложения, вход запрета срабатывания (С передней панели и с разъема питания), два прямых выхода и один инверсный.

Принципиальная схема смесителя представлена на рис.6. Она состоит из входных преобразователей уровней (M1+M6, 1/2 M7), схемы "ИЛИ" (M8, M11-M12, 1/2 M7), схемы запрета (M13) и формирователей выходных уровней (M9+M10). Различия в характеристиках по сравнению с предыдущей схемой сводятся, помимо количества входов и выходов, к разнице в задержках, которые составляют 18 нсек по входам "ИЛИ" и 10 нсек по входу запрета, и потребляемых токах, равных 370 ма и 130 ма от источников -6в и +24в соответственно.

## КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ БЛОКОВ.

Конструктивно блоки выполнены в стандарте САМАС. Схема совпадений имеет двойную ширину передней панели, а разветвитель - одинарный. Разветвитель и смеситель выполнены на половине печатной платы и могут быть реализованы и в стандарте "Вишня"/6/.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из приведенных выше характеристик, блоки на имеющихся в настоящее время интегральных схемах с эмиттерной связью по предельным временным параметрам уступают аналогичным устройствам, реализованным из блоков /5,6/ на дискретных компонентах примерно в 1,5 раза. Однако их параметры таковы, что они уже могут широко использоваться в электронных физических установках. Кроме того, эти блоки имеют существенное преимущество с точки зрения функциональных возможностей и по размерам. Надежность таких блоков выше, важным преимуществом является и то, что они практически не требуют наладки.

В заключение авторы хотят поблагодарить В.И.Какурину, А.А.Виноградову, В.А.Григорьеву и В.И.Максименкову за помощь в составлении технической документации и монтаж образцов схем.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. И.А.Голутвин, Д.В.Заневский. Современные схемы совпадений наносекундного диапазона, предназначенные для использования в экспериментах на ускорителях. Сообщение ОИЯИ 1558, Дубна, 1964 г.
2. С.Г.Басиладзе. ПТЭ, № 5, 1966 г., стр.123-127.
3. H.Verweij, G.Vismara. Pulse shapers for Standartizing photomultiplier Signals and other application. CERN 69-26, Geneva, 1969.
4. С.Г.Басиладзе. Универсальный формирователь импульсов. Препринт ОИЯИ 13-5732, Дубна, 1971 г.
5. В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе, В.Я.Гвоздев, А.Г.Грачев, И.Ф.Колпаков, П.К.Маньяков, Н.М.Никитки, В.А.Смирнов. Система быстрых электронных блоков для физических экспериментов. Сообщение ОИЯИ 13-5447, Дубна, 1970 г.
6. С.Г.Басиладзе, В.Я.Гвоздев, И.Ф.Колпаков, П.К.Маньяков, В.Тлачала. Система быстрых электронных блоков в стандарте "САМАС-Вишня". Сообщение ОИЯИ 13-6383, Дубна, 1972 г.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 июля 1972 г.

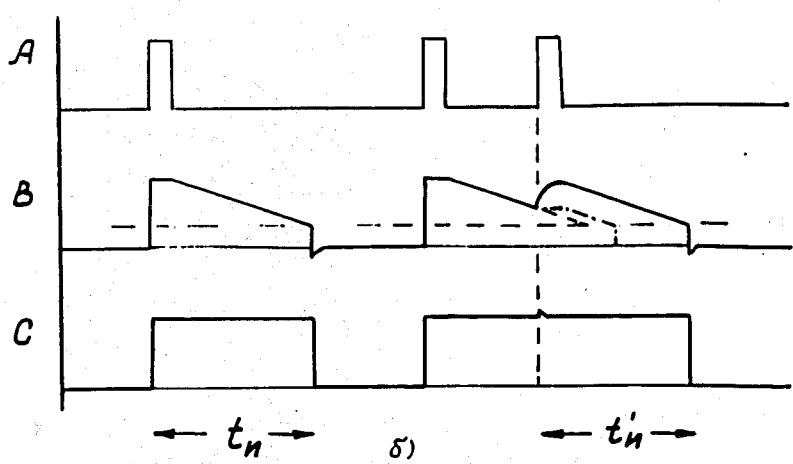
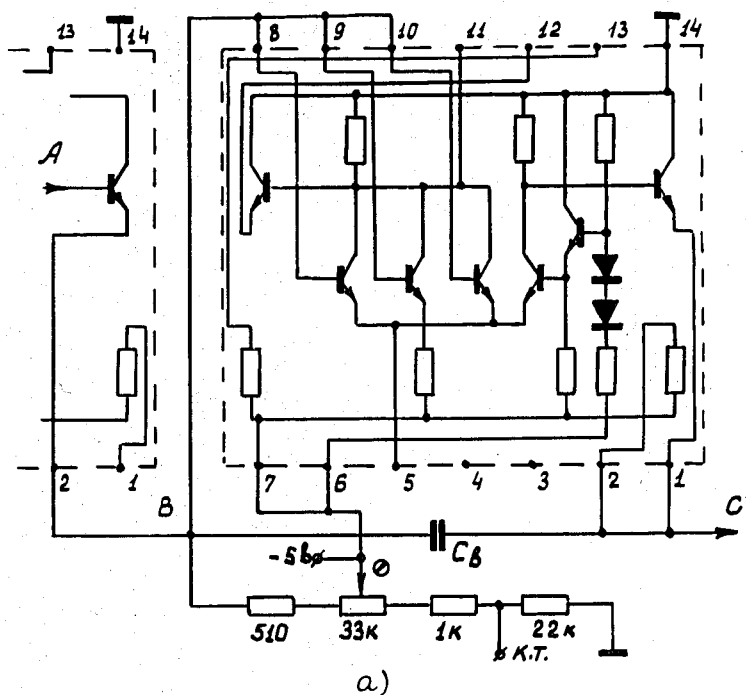


Рис.1. а) Принципиальная схема времязадающего одновибратора;  
 б) Временная диаграмма импульсов.

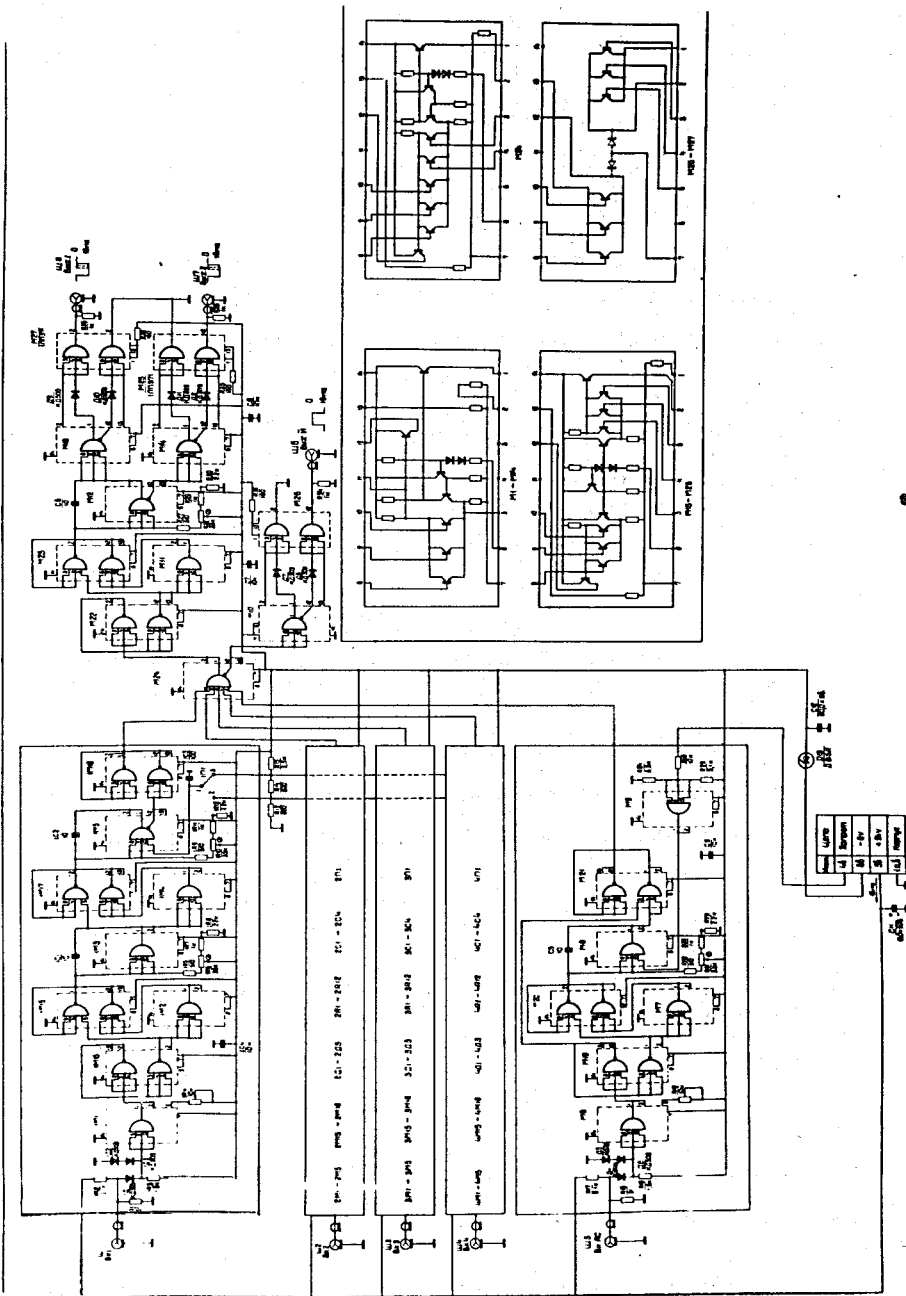


Рис.2. Принципиальная схема блока совпадений.

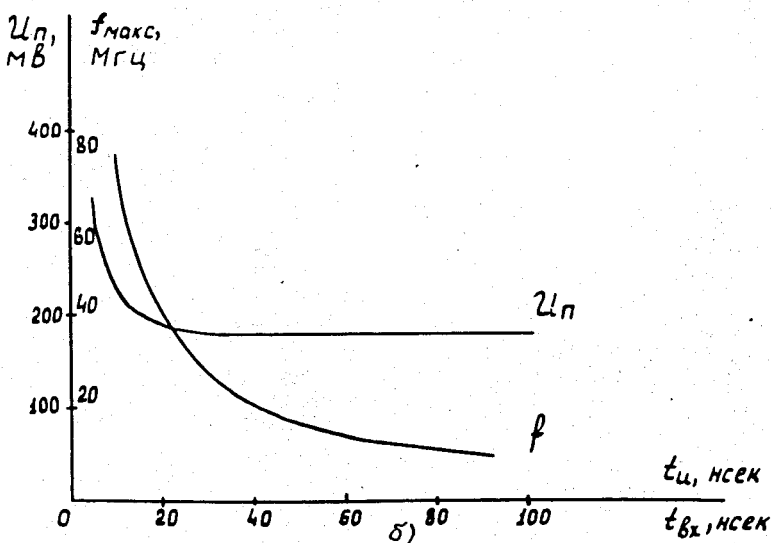
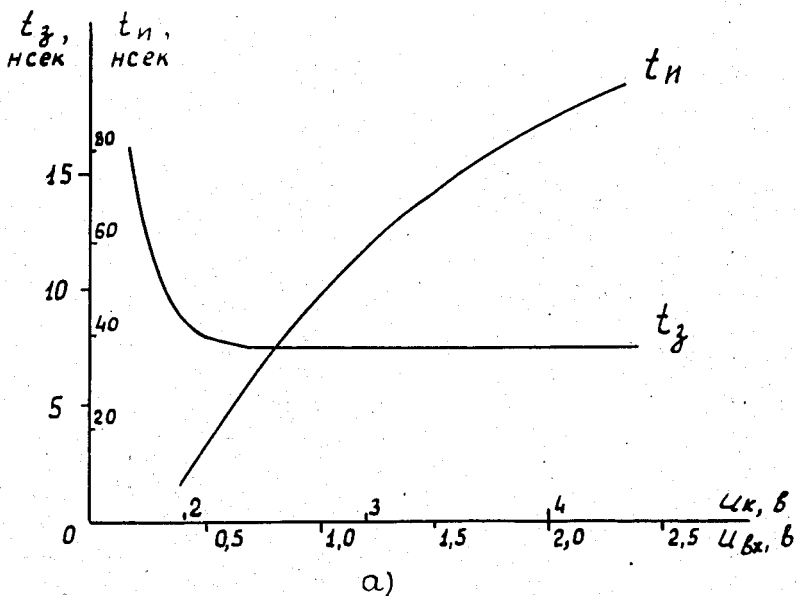


Рис.3. а) Зависимость задержки в каналах от амплитуды входного сигнала и градуировочная кривая одновибратора.

б) Зависимости порога срабатывания от длительности входного сигнала и предельной частоты одновибратора от задаваемой длительности.

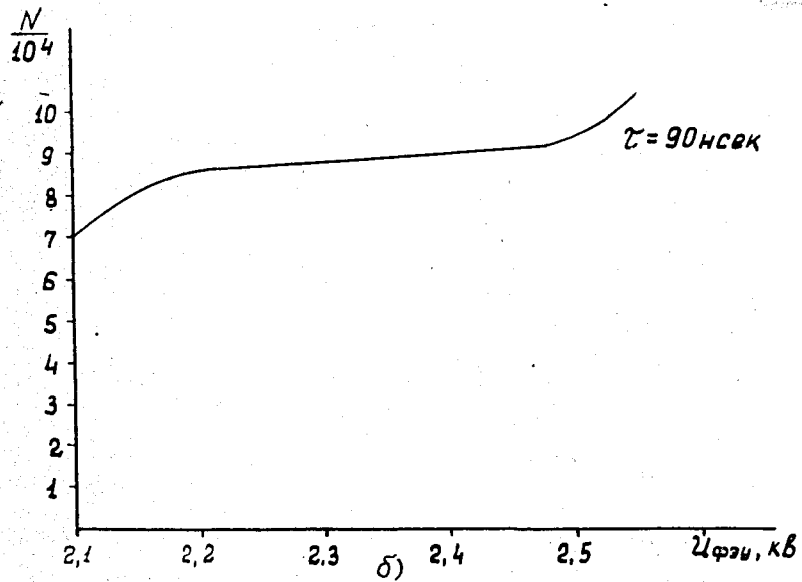
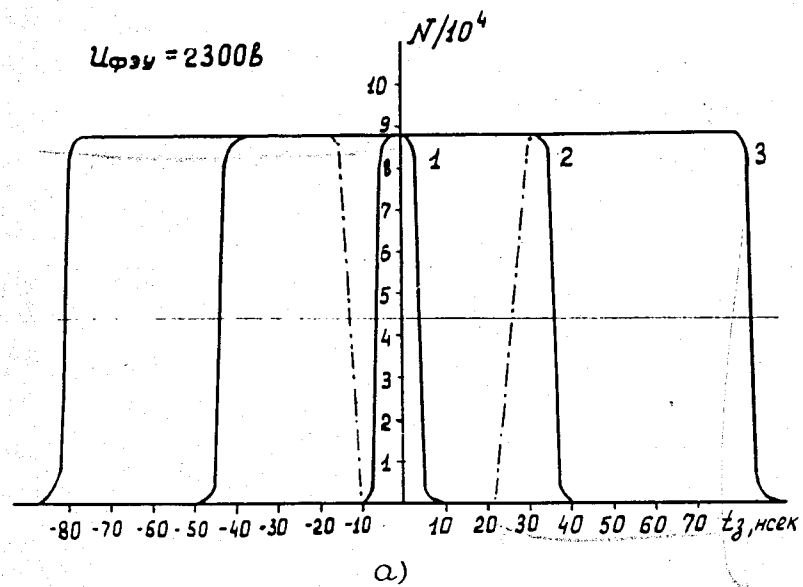


Рис.4. а) Кривые задержанных совпадений.  
 б) Плато по счету двойных совпадений.

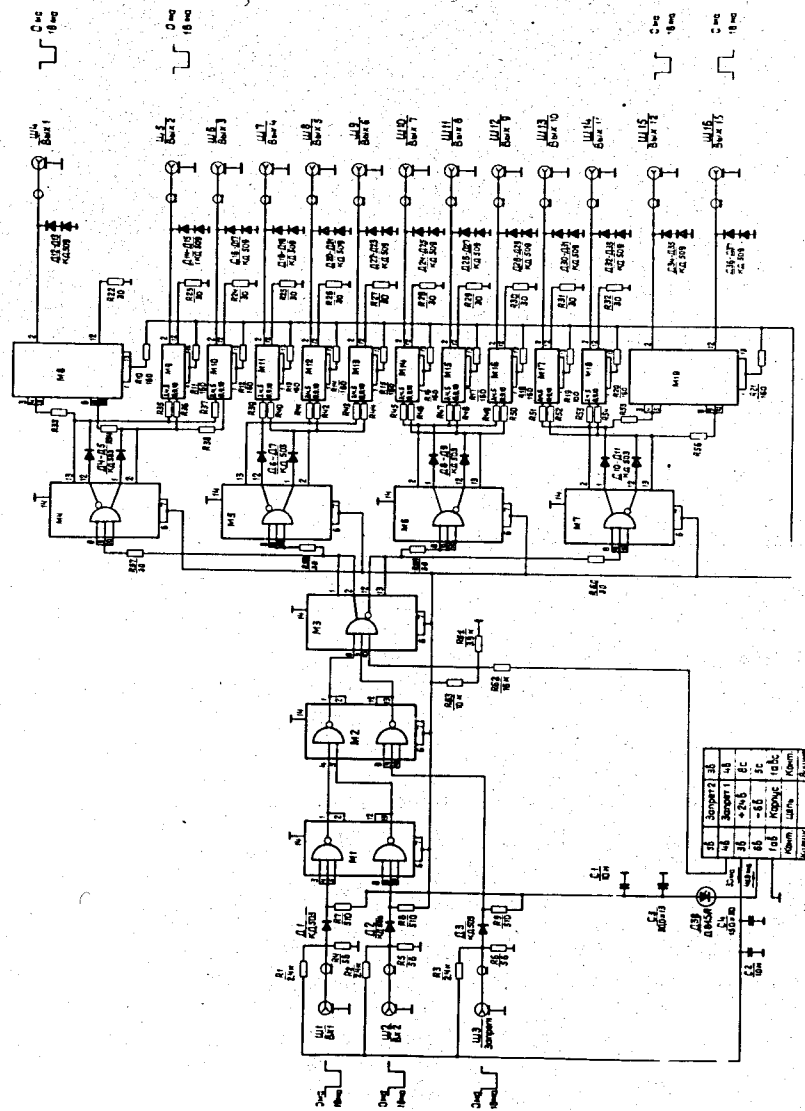


Рис.5. Принципиальная схема разветвителя.



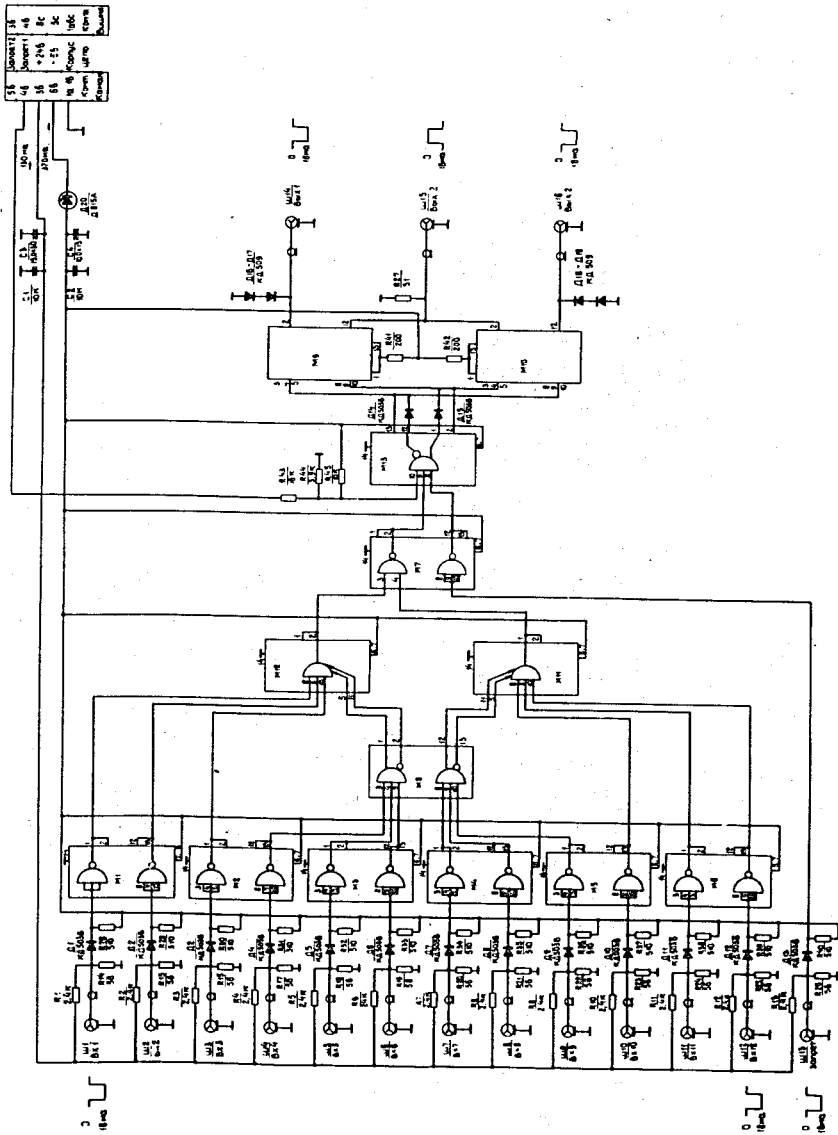


Рис. 6. Принципиальная схема смесителя.