



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

И.Ф. Колпаков

P - 895

ДЕКАДНЫЙ ПЕРЕСЧЕТНЫЙ ПРИБОР
С РАЗРЕШАЮЩИМ ВРЕМЕНЕМ 10^{-7} сек
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

Дубна 1962 год

И.Ф. Колпаков

P-895

ДЕКАДНЫЙ ПЕРЕСЧЕТНЫЙ ПРИБОР
С РАЗРЕШАЮЩИМ ВРЕМЕНЕМ 10^{-7} сек
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1359/6 48

Описываемый прибор предназначен для счета статистически распределенных во времени и периодических импульсов. Он использовался в экспериментах на синхротронном ОИЯИ. Его разрешающее время 10^{-7} сек. Прибор имеет счетную емкость 10^8 импульсов и содержит 8 декад - одну быструю, на триодах П401, и 7 медленных, на триодах П16. Такая емкость оказывается достаточной при существующих интенсивностях рабочих пучков ускорителя, чтобы обеспечить продолжительную работу устройства без дополнительного механического счетчика.

Описание схем декад

Декады были получены введением обратных связей в двоичный счетчик на триггерах с коэффициентом пересчета 16. Было изготовлено два пересчетных прибора, которые отличались типом используемых декад. Схема триггера, который применялся в декадах, приводится на рис. 1. Это триггер с внешним смещением с устранением насыщения посредством нелинейной обратной связи, который обладает повышенным быстродействием и не накладывает строгих требований на отбор триодов. Расчет схемы производился согласно данным работы /1/ на диапазон рабочих температур от -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Запуск триггера осуществлялся положительным импульсом в базы триодов через диодные ключевые схемы. Если триод T_1 в начальный момент закрыт, а T_2 открыт, то потенциал в точке "а" будет близок к потенциалу на коллекторе закрытого триода, т.е. диод D_1 будет смещен запирающим напряжением, близким к U_k . Диод D_2 будет, наоборот, открыт, поскольку в точке "б" будет действовать потенциал коллектора открытого триода, близкий к потенциалу земли. Запускающий импульс пройдет только на базу открытого триода и закроет его, но не пройдет на базу закрытого триода и не будет препятствовать открыванию триода T_1 отрицательным импульсом, поступающим с коллектора T_2 в базу T_1 . При запуске триггера без ключевых схем по счетному входу положительный импульс присутствует на базах обоих триодов и препятствует открыванию закрытого триода до своего прекращения. Триод T_1 открывается после окончания импульса, когда происходит разряд емкости C_k в его базу. Очевидно, если постоянная времени $C_k R_k$ будет меньше длительности входного импульса, выбор состояния триггера окажется неопределенным, поэтому при такой схеме запуска требуется формирование запускающих

импульсов по длительности. При использовании диодных ключевых схем триггер оказывается менее чувствительным к параметрам входных импульсов и можно запустить любое число триггерных ячеек друг от друга дифференцированием фронта выходного импульса без межкаскадных формирующих устройств.

Сопротивления R в диодных ключевых схемах (рис. 1) фиксируют потенциалы в точках а и б и должны быть на порядок меньше обратных сопротивлений диодов D . Однако величина их не должна быть очень малой, чтобы избежать прохождения запускающего импульса на коллектор открытого триода и связанного с этим ухудшения фронта выходного импульса триггера. Диоды D ставятся для ускорения разрядки емкости C и необходимы только в быстродействующих схемах.

Отсутствие межкаскадных формирователей, связанное с использованием диодных ключевых схем, позволило свести к минимуму число триодов, требуемое для построения декад. В декадах первого типа обратные связи были введены так, что при индикации веса триггеров в декадах равны 1-2-4-2. На рис. 2 показана принципиальная схема быстрой декады этого типа, на рис. 3 - медленной. Быстрая и медленная декады отличаются только номиналами применяемых емкостей и типами диодов и триодов. Работу декады можно пояснить таблицей 1.

Т а б л и ц а 1

№ импульса на входе декады	Состояния триггеров декады
0	0-0-0-0
1	1-0-0-0
2	0-1-0-0
3	1-1-0-0
4	0-0-1-0
5	1-0-1-0
6	0-1-1-0
7	1-1-1-0
8	0-1-1-1
9	1-1-1-1

Схема считает до 7 как обычный двоичный счетчик. С приходом 8-го импульса 1-й, 2-й и 3-й триггеры устанавливаются в положение "0", а 4-й триггер устанавливается в положение "1". Однако сразу же после переброса 4-го триггера с выхода "0" этого триггера через емкости обратных связей (рис. 2, рис.3) 2-й и 3-й триггеры возвращаются в положение "1". Поскольку возврат триггеров осуществляется в режиме раздельного запуска, то в цепях обратных связей ключевых диодных схем не требуется. Ускоряющие емкости в 4-м триггере несколько увеличены, так как с выхода этого триггера необходимо запускать сразу два триггера. Это увеличение емкостей не сказывается на быстродействии декады, потому что 4-й триггер срабатывает реже, чем остальные триггеры декады. С приходом 8-го импульса на вход декады все триггеры устанавливаются в положение "1", с приходом 10-го импульса все триггеры возвращаются в положение "0".

Для запуска быстрой декады требуются положительные импульсы с амплитудой более 2,5в и длительностью более 20 нсек. Разрешающее время этой декады по отношению к двойным импульсам, измеренное на генераторе тройных импульсов, равно 10^{-7} сек, а периодические импульсы декада способна считать до частоты 5 Мгц. На рис. 4 демонстрируется форма импульса с первого триггера декады, когда разрешающая способность ячейки близка к предельной. Для запуска медленной декады требуются положительные импульсы с амплитудой более 2,5в и длительностью более 0,1 мксек. Максимальная частота счета периодических импульсов этой декадой близка к 500 Кгц.

Индикация состояний триггеров в быстрой и медленной декадах производится подключением через большое сопротивление к выходам "1" триггеров триодов типа П25, в коллектор которых через большое сопротивление были включены неоновые лампочки. Для установки триггеров декады в положение "0" в базы соответствующих триодов триггеров подается через сопротивление отрицательное смещение, достаточное для открывания этих триодов. Напряжения, используемые в схеме индикации, не стабилизированы и могут изменяться одновременно в диапазоне $-20\% \div +30\%$. Декады, быстрая и медленная, работают при отклонениях напряжения коллекторного питания в диапазоне $-7 - -15$ в и потребляют мощность порядка 0,4вт. Было изготовлено 3 быстрых и 15 медленных декад этого типа.

В описанной декаде на скорость работы накладывается ограничение тем, что после прихода 8-го импульса на вход декады 2-й и 3-й триггеры должны дважды изменить свое состояние перед приходом 9-го импульса. Это также снижает надежность работы декады. Декада второго типа свободна от этого недостатка и выполнена по схеме 1-2-4-8, более удобной для считывания показаний. На рис. 5 дана быстрая декада этого типа, на рис. 6 - медленная. Работа декады поясняется таблицей 2.

Т а б л и ц а 2

№ импульса на входе декады	Состояния триггеров декады
0	0-0-0-0
1	1-0-0-0
2	0-1-0-0
3	1-1-0-0
4	0-0-1-0
5	1-0-1-0
6	0-1-1-0
7	1-1-1-0
8	0-0-0-1
9	1-0-0-1

Принцип логического построения декады взят из работы ^{12/}. В этой декаде отсутствуют дополнительные обратные связи, а для получения требуемого коэффициента пересчета используются те же самые ключевые диодные схемы. Для этого ключевая диодная схема, через которую 2-й триггер устанавливается в положение "1", управляется выходом "1" 4-го триггера. Четвертый триггер по входу, через который устанавливается положение "1" в этом триггере, запускается от 3-го триггера, а по входу установки положения "0" - от 1-го триггера. До поступления 7-го импульса включительно декада считает как обычный двоичный счетчик, так как ключевая диодная схема во 2-м триггере, управляемая 4-м триггером, открыта,

поскольку на выходе этого триггера потенциал близок к потенциалу земли. С приходом 8-го импульса на вход декады 4-й триггер устанавливается в положение "1" и вход 2-го триггера оказывается закрытым. Девятый импульс устанавливает 1-й триггер в положение "1", с десятым импульсом 1-й и 4-й триггеры устанавливаются в положение "0", и схема оказывается в исходном состоянии. Декада второго типа работает при изменении напряжения коллекторного питания в диапазоне -5,5 - -15в. Остальные данные декады совпадают с данными декады первого типа. Была выполнена одна быстрая и 7 медленных декад второго типа.

Требования к деталям и оформление декад

Всюду в схемах использовались 10% четвертьваттные сопротивления и 20% конденсаторы. Расчет схем производился с учетом такого разброса деталей. Для повышения надежности работы декад величины ускоряющих емкостей намного превышают значения, следующие из расчета. В быстрых декадах использовались полупроводниковые триоды типа П401 и диоды типов Д2В, Д11 и Д10 (последние, как обладающие лучшими временными характеристиками, ставились на входах декад). Применение более высокочастотных диодов и триодов позволит улучшить быстродействие декад. В медленных декадах применялись триоды типа П16А и диоды Д9. Триоды контролировались на характеристикографе, позволявшем рассматривать семейство коллекторных характеристик триода в схеме с заземленным эмиттером. Годными считались триоды, у которых коэффициент усиления по току в схеме с заземленным эмиттером β был больше 20 и ток утечки коллектора при напряжении на коллекторе -10в и при заземленном эмиттере и базе не превышал 15 мка при комнатной температуре. Специального парного отбора триодов в схемы триггеров не производилось. Очевидно, что обратные сопротивления диодов должны, по крайней мере, на порядок превышать величины сопротивлений, используемых в схеме, поэтому годными считались диоды, у которых обратное сопротивление при рабочих напряжениях было больше 100 Ком. При правильном выполнении монтажа и удовлетворении перечисленных требований на детали специальной наладки декад не требовалось. Декады выполнялись обычным монтажом на двух платах, размещенных на стандартном 16-контактном разъеме. Конструктивное оформление декад демонстрируется на рис. 7. Медленные декады

полностью взаимозаменяемы. Быстрая декада также может работать на месте медленной декады. Размещение декад внутри прибора показано на рис. 8. Блочное исполнение прибора обеспечивает быстрое его восстановление в случае отказа одной из декад.

Схема управления и питания прибора

Прибор имеет систему управления и блок питания со стабилизатором. Устройство может работать в режиме ручного запуска (с установкой предварительного счета и без задания предварительного счета), в режиме автоматическом, с внешним пуском и остановкой, а также управления от таймера, например ЭС-1. Режим работы задается переключателями рода работы, расположенными на передней панели прибора, а управление осуществляется реле типа "РСМ", включенным последовательно с полупроводниковым триодом типа П15. При пуске прибора замыкается контакт реле, соединяющий вход первой декады с высокочастотным разъемом, расположенным на передней панели. Предварительный счет может быть задан до 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 . После набора заданного числа импульсов прибор останавливает аналогичный прибор, работающий в режиме внешнего управления. С пуском прибора с клеммы, расположенной на задней панели, снимается отрицательный импульс с амплитудой 20 в и длительностью порядка 5 мсек, достаточный для пуска другого такого же прибора. При наборе заданного числа импульсов с выхода первого триггера декады, соответствующей данному набранному числу, через большое сопротивление на клемму, находящуюся на задней панели, поступит сигнал, который, будучи поданными на управляемый прибор, запирает полупроводниковый триод, включенный последовательно с реле, и счет в этом приборе прекращается. Клеммы пуска и остановки устройства в режиме автоматического управления расположены также на задней панели. При работе прибора с таймером импульс остановки должен быть положительным с амплитудой более 20 в. Сброс показаний прибора во всех режимах работы осуществляется вручную нажатием кнопки на передней панели. Отсутствие механического счетчика обеспечивает удобство установки устройства на нуль.

Прибор питается от сети переменного тока напряжения 220 в. Чтобы увеличить надежность устройства при изменении напряжения внешней сети, напряжение коллекторного питания -10 в и напряжение смещения +1 в стабилизированы.

Питание на декады подается непосредственно, без развязывающих цепей. Прибор потребляет от сети мощность порядка 4 вт и готов к работе сразу после включения в сеть. Блок питания выполнен отдельно от декад и жестко крепится к корпусу устройства.

На рис. 9 демонстрируется внешний вид прибора в кожухе со стороны передней панели. Прибор приспособлен для размещения в стандартной стойке для физической аппаратуры с расстоянием между крепящими винтами на передней панели 480 мм, его размеры - 485 x 90 x 390 мм³.

Работа прибора проверялась в течение продолжительного времени в экспериментах на синхроциклотроне ОИЯИ.

В заключение автор благодарит С.М. Коренченко за ряд ценных предложений и помощь при разработке прибора, В.С. Смирнова, выполнившего механический монтаж приборов, И.М. Широкова и Б.С. Краснобородова, выполнивших электрический монтаж, а также Ш.И. Барилко и В.И. Прилипко за ряд полезных обсуждений.

Л и т е р а т у р а

1. Б.Н. Кононов. Симметричные триггеры на плоскостных полупроводниковых триодах. Госэнергоиздат, Москва, 1960г.
2. А.П. Бирюков, Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий. Пересчетные устройства на полупроводниковых триодах. Препринт ОИЯИ № 605, Дубна, 1960 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1962 года.

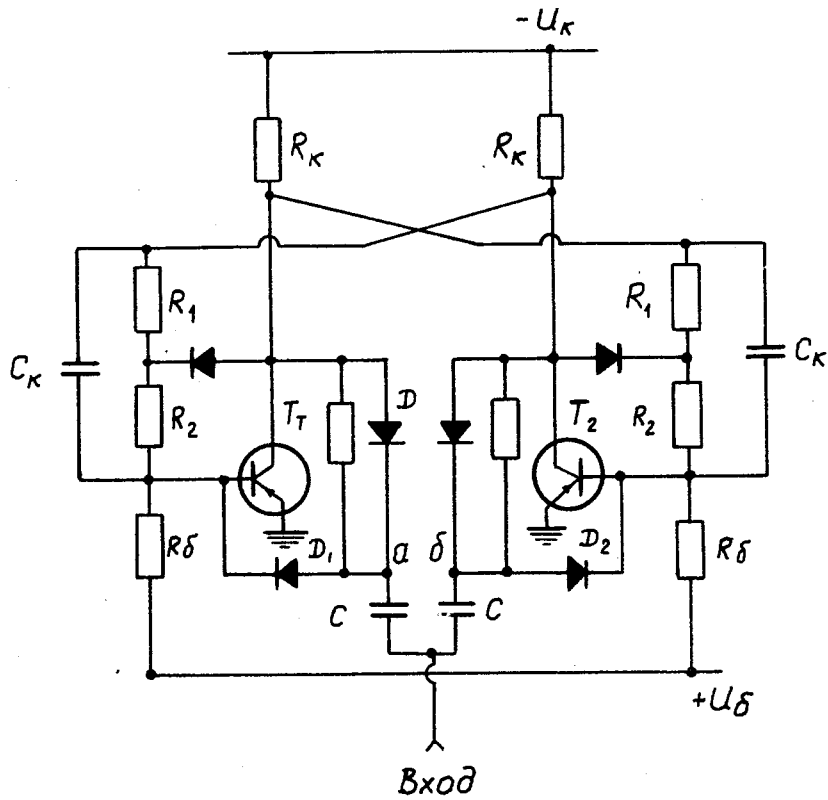


Рис. 1. Ненасыщенный триггер с запуском через ключевые диодные схемы.

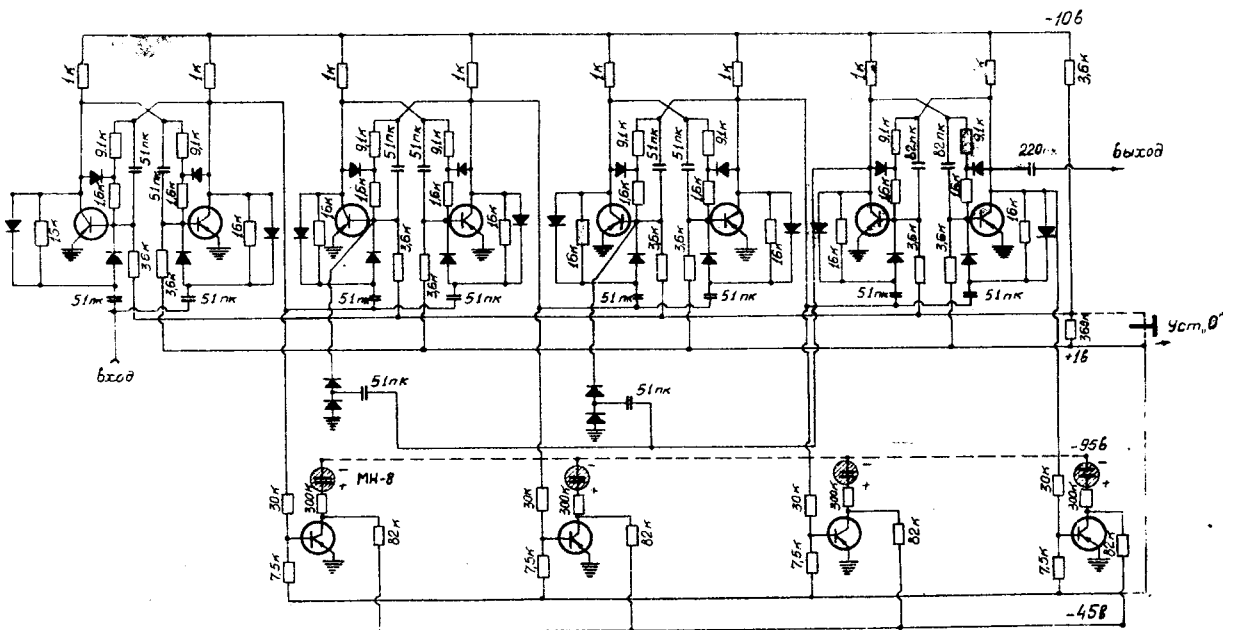


Рис. 2. Быстрая декада, выполненная по схеме 1-2-4-2.

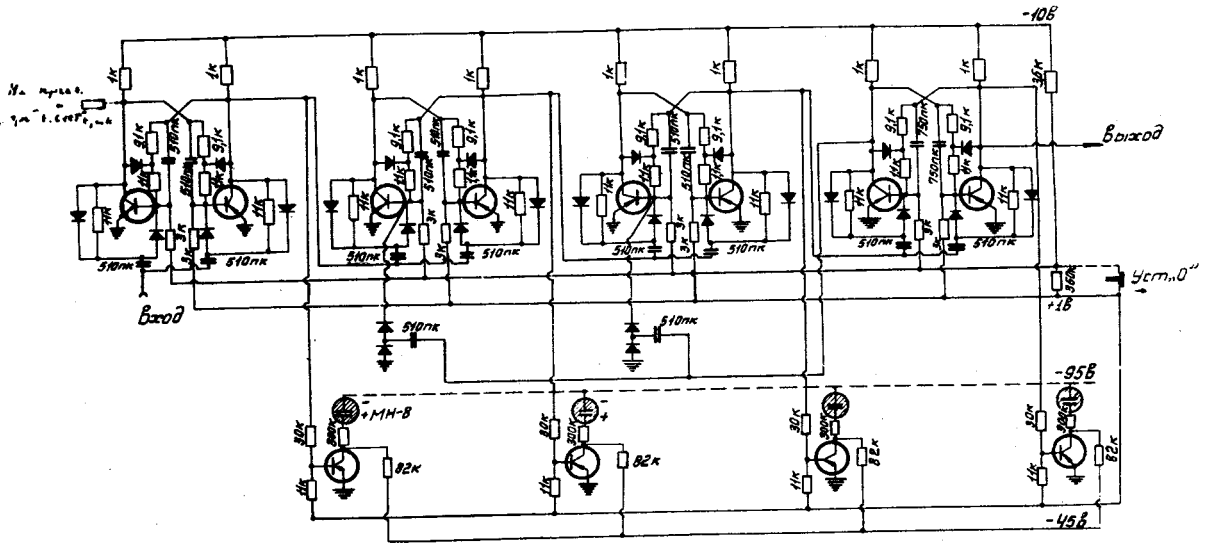


Рис. 3. Декада на 500 КГц, выполненная по схеме 1-2-4-2.

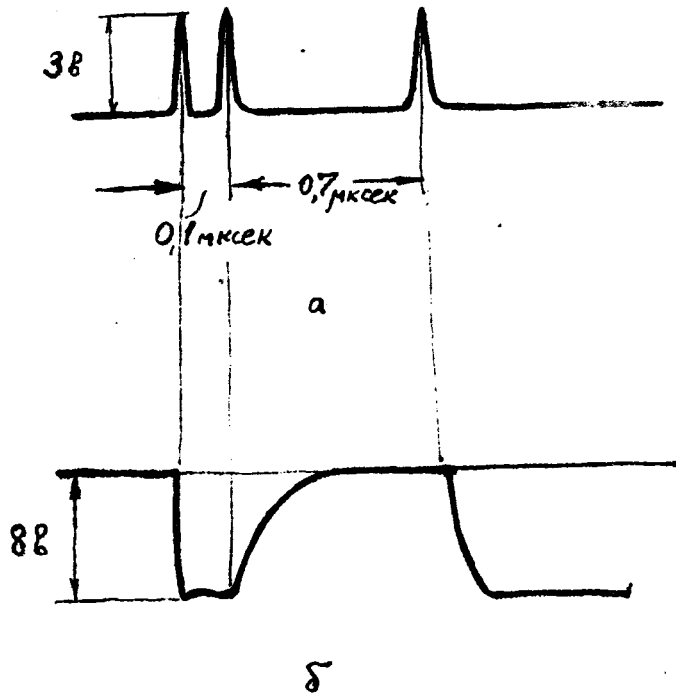


Рис. 4. Работа первого триггера быстрой декады при разрешающей способности, близкой к предельной; а) импульсы на входе декады, б) форма импульса с выхода первого триггера декады.

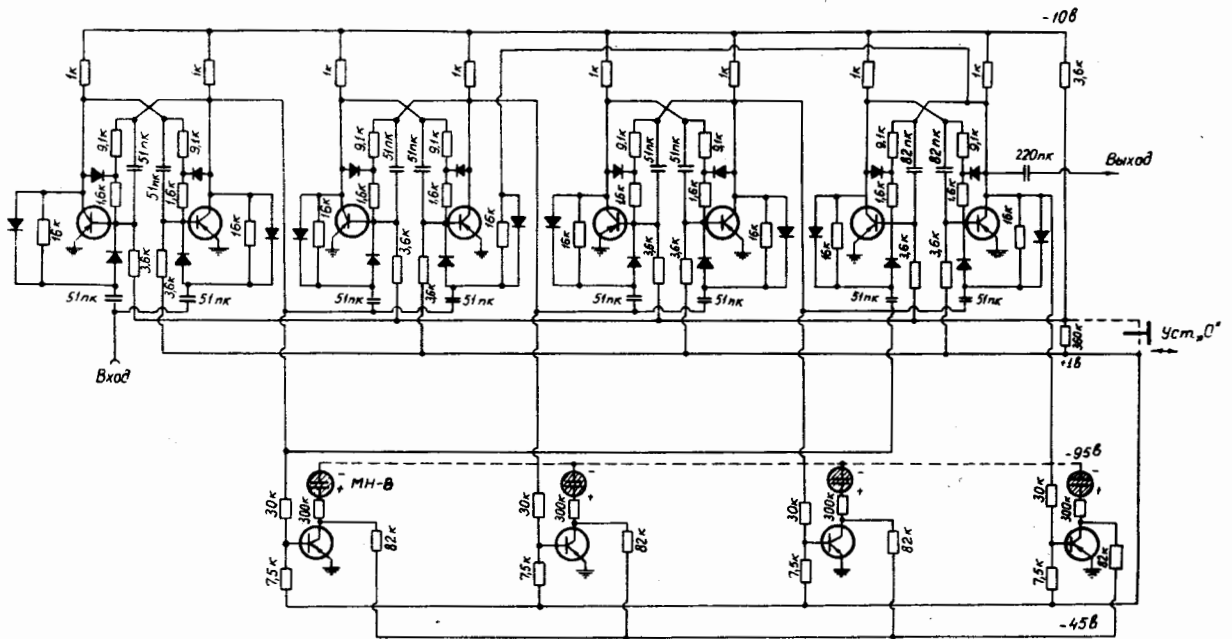


Рис. 5. Быстрая декада, выполненная по схеме 1-2-4-8.

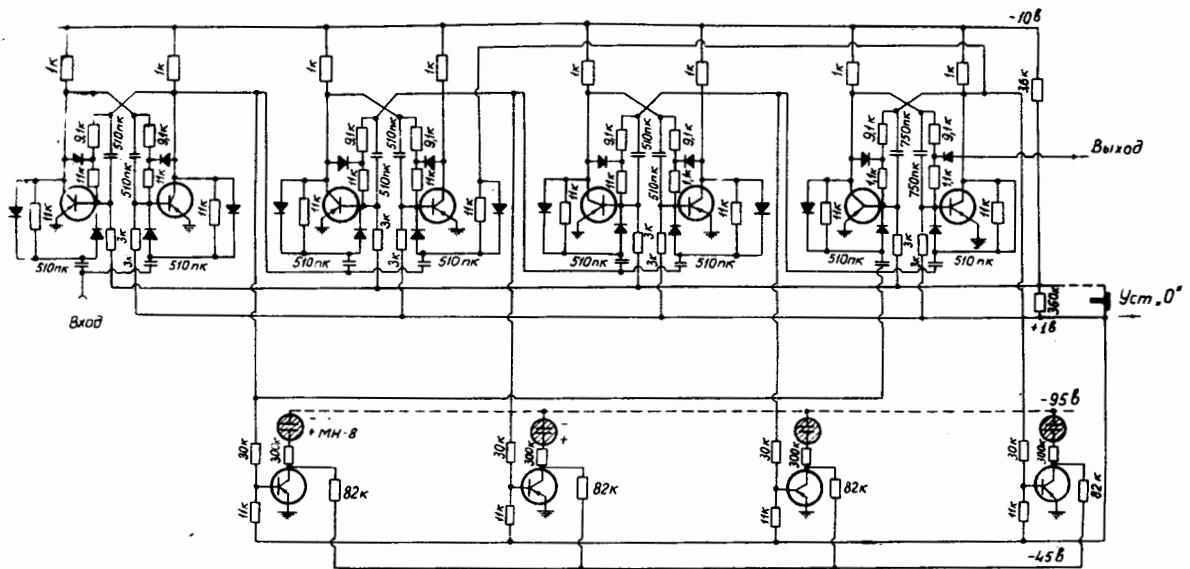
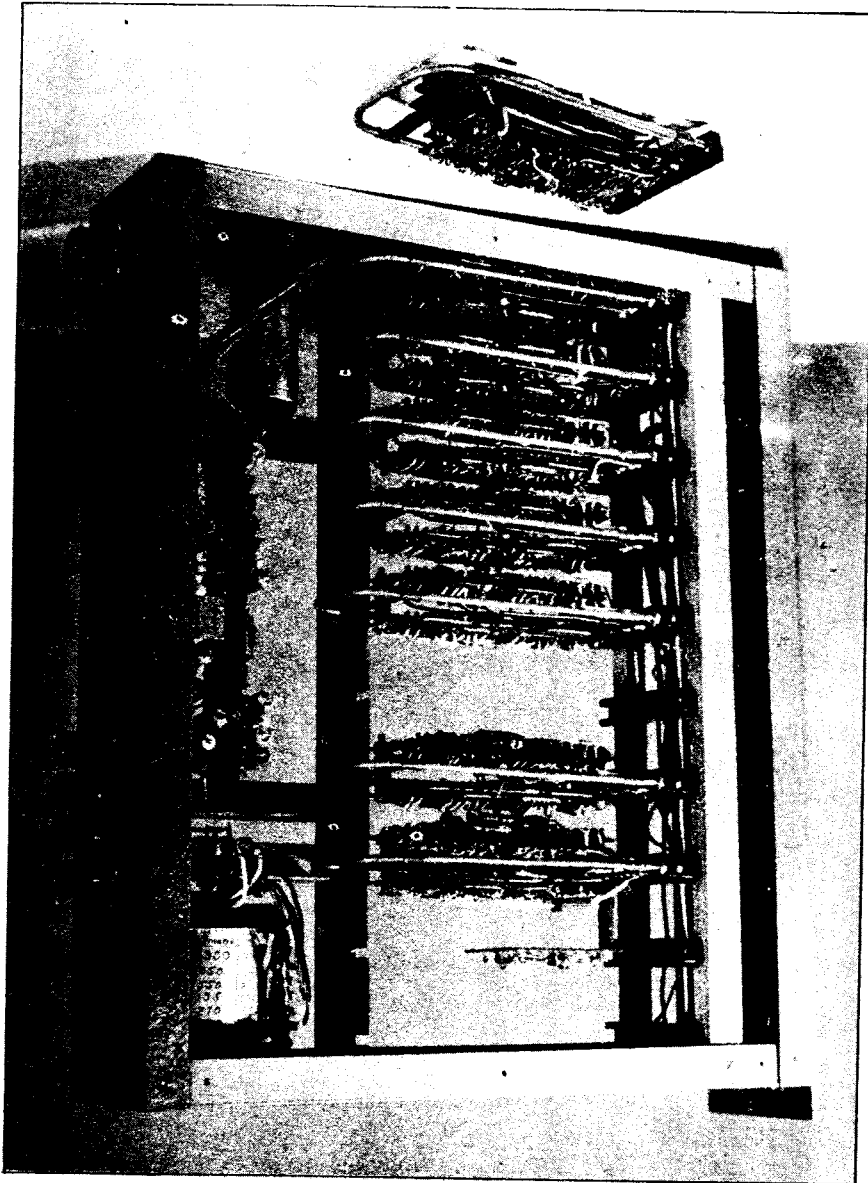


Рис. 6. Декада на 500 КГц, выполненная по схеме 1-2-4-8.

Рис. 8. Общий вид прибора со снятым крышкой и пышками кожи.



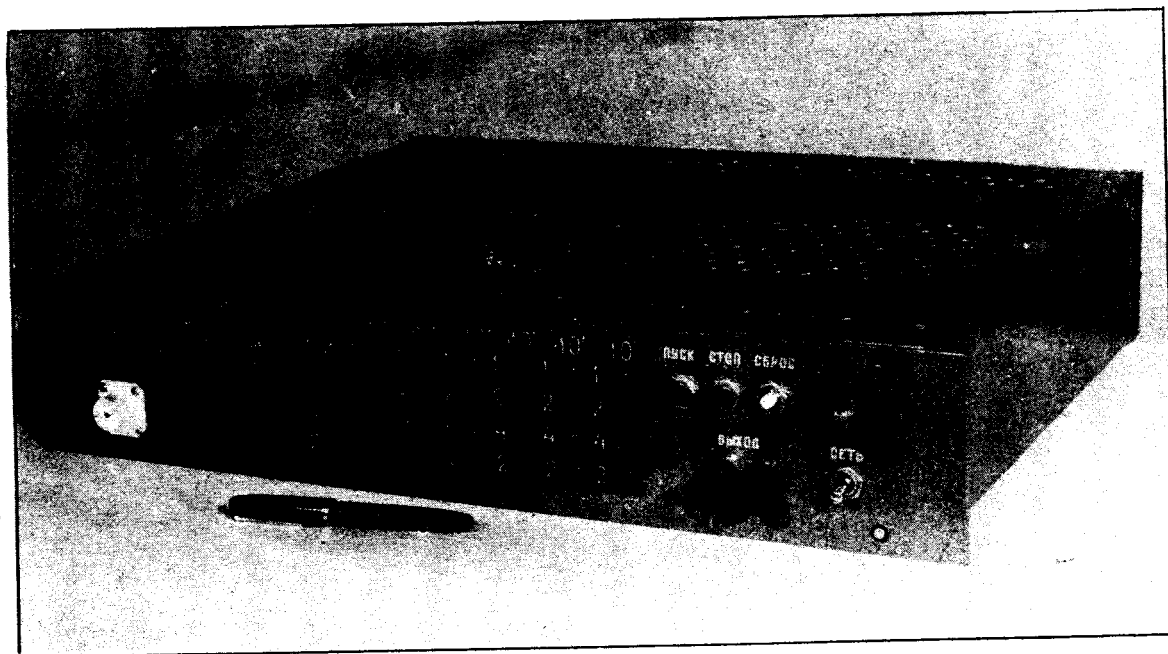


Рис. 9. Внешний вид прибора со стороны передней панели.