

С 344.3g  
М-244

ВТТЭ, 1967, №6, 6.76-79

29/xii-66

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3042



И. Манца, Б.А. Зеленов, Л.К. Лебедева,  
М.А. Плышевский

100 МГЦ ПЕРЕСЧЕТНАЯ ДЕКАДА  
НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ  
С ИНДИКАЦИЕЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

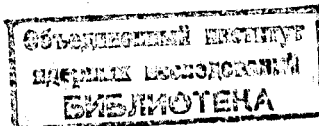
1966

13 - 3042

И. Манца, Б.А. Зеленев, Л.К. Лебедева,  
М.А. Плышевский

100 МГЦ ПЕРЕСЧЕТНАЯ ДЕКАДА  
НА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДАХ  
С ИНДИКАЦИЕЙ

Направлено в ПТЭ



4681/1 мп.

В связи с повышением быстродействия входных блоков, схем совпадений и дискриминаторов в аппаратуре, применяемой в экспериментах ядерной физики, появилась потребность создать быстрый пересчетный прибор, который соответствовал бы этим скоростям. С появлением быстрых транзисторов и туннельных диодов оказалось возможным решить эту задачу. Была разработана пересчетная декада на туннельных диодах и транзисторах с индикацией, построенная по системе 1-2-4-8 со скоростью счета 100 Мгц. Такая декада может работать совместно с пересчетным прибором, который широко используется в настоящее время в физических исследованиях в ОИЯИ. Блок-схема декады приведена на рис. 1.

Основой декады является бинарная ячейка на двух туннельных диодах. Таких ячеек в декаде всего четыре. Принятая схема бинарной ячейки обладает большим быстродействием, запускается однополярным импульсом и удобна для каскадирования. Особенностью построения декады является способ связи между ячейками и схема ключей, дающих возможность преобразования двоичного кода в десятичный. Связь между ячейками осуществляется при помощи переходного транзистора типа  $n-p-n$  в качестве усилителя и инвертора импульсов. Фронты скачков напряжения с ячейки дифференцируются малой емкостью и входным сопротивлением триода. Продифференцированные импульсы, которые триод усиливает и инвертирует, поступают на следующую ячейку. Запуск ячеек через подобные усилители-инверторы уменьшает нагрузку на ячейку, увеличивает ее быстродействие. Пересчет с двоичного кода на десятичный производится при помощи двух ключей и дополнительного усилителя. После прихода 8 импульсов на четвертую ячейку ячейка перебрашивается, первый ключ закрывает первый усилитель, в то время как второй

ключ открывает четвертый усилитель. Десятый импульс сбрасывает первую ячейку, проходит прямо через четвертый усилитель и сбрасывает четвертую ячейку. Это значит, что после десятого импульса декада находится в первоначальном состоянии.

В схеме были применены туннельные диоды на 5 ма из арсенида галлия с малыми емкостями и р-п-р и п-р-п транзисторы с граничными частотами порядка 700 Мгц.

Принципиальная схема пересчетной декады приведена на рис. 2. Импульсы положительной полярности поступают на входной усиливающий каскад, осуществленный на п-р-п транзисторе  $T_1$ . Отрицательные импульсы с коллектора  $T_1$  поступают через цепь  $C_3R_7$  на туннельный диод  $D_1$ , который формирует импульсы по амплитуде и длительности. С туннельного диода импульсы поступают на первую ячейку, которая перебрасывается с каждым приходившим импульсом. Первоначально ячейки находятся в таком состоянии, что у всех верхние туннельные диоды находятся в положении высокого напряжения, в то время как нижние - в положении низкого напряжения. После прихода первого импульса первая ячейка перебрасывается и туннельные диоды находятся в противоположном состоянии. Второй импульс перебрасывает туннельные диоды в первоначальное состояние, причем на нижнем ТД ( $D_3$ ) образуется положительный скачок напряжения. Этот скачок дифференцируется RC цепочкой, где  $C$  - переходная емкость,  $R$  - входное сопротивление триода. Триод  $T_2$  положительный импульс усиливает и инвертирует, так что на вторую ячейку поступает короткий отрицательный импульс достаточной амплитуды. Вторая ячейка работает таким способом, как и первая, только на нее приходят лишь 2,4,6,8 импульсы. На третью ячейку поступают 4 и 8 импульсы. С третьей ячейки через триод  $T_4$  поступает на четвертую ячейку только каждый 8 импульс. Десятый импульс поступает прямо через транзистор  $T_7$  на четвертую ячейку, сбрасывает ее, и декада возвращается в первоначальное состояние.

Условие правильной работы схемы в качестве декады следующее: в случае, когда четвертая ячейка находится в положении "0", должен быть открыт транзистор  $T_2$  и закрыт транзистор  $T_7$ . В случае, когда четвертая ячейка находится в положении "1", должен быть закрыт транзистор  $T_2$  и открыт транзистор  $T_7$ .

Это условие выполнено следующим образом. Напряжение со спелней точки четвертой ячейки подается на базы двух транзисторов ( $T_6$  и  $T_8$ ) так называемых ключей через сопротивления  $R_{64}$  и  $R_{77}$ . В эмиттере  $T_6$  сопротивления  $R_{63}$ ,  $R_{65}$ ,  $R_{66}$ ,  $R_{67}$  и опорный диод  $D_{11}$  осуществляют делитель напряжения, от которого питается база транзистора  $T_2$ . В случае, когда четвертая ячейка находится в положении "0", т.е. на нижнем туннельном диоде  $D_9$ , имеется напряжение  $-0,12$  в, ключ  $T_6$  закрыт и в базе  $T_2$  появляется напряжение  $+0,28$  в. Транзистор  $T_2$  открыт, и приходящие в его базу импульсы с первой ячейки усиливаются и передаются во вторую ячейку.

В коллекторе второго ключа  $T_8$  находятся сопротивления  $R_{72}$ ,  $R_{73}$ ,  $R_{74}$ ,  $R_{75}$ ,  $R_{76}$  и опорные диоды  $D_{12}$  и  $D_{13}$ , образующие делитель напряжения, от которого питается база транзистора  $T_7$ . В то время, когда в базу ключа  $T_8$  подается напряжение  $-0,12$  в, транзистор закрывается и в его коллекторе появляется напряжение  $-2$  в. В точке между  $R_{73}$  и  $R_{74}$  напряжение равно 0, так что транзистор  $T_7$  закрыт и импульсы, поступающие на этот транзистор, не подходят.

В случае, когда четвертая ячейка восьмым импульсом перебрасывается, напряжение на нижнем туннельном диоде становится  $-0,7$  в. Это напряжение подается в базы транзисторов  $T_6$  и  $T_8$ , которые откроются. Из-за токов, протекающих через транзисторы  $T_6$  и  $T_8$ , напряжение в базах транзисторов  $T_2$  и  $T_7$  изменяется. Падение напряжения на  $R_{65}$  вызовет в базе  $T_2$  появление потенциала 0 в. Это значит, что транзистор  $T_2$  закроется. Падение напряжения на сопротивлении  $R_{76}$  вызовет преобладание плюсового напряжения в базе транзистора  $T_7$ , который откроется и усилит десятый импульс, поступивший с первой ячейки. Этот импульс сбросит четвертую ячейку в первоначальное состояние, и все повторится при следующих десяти импульсах.

Индикация была осуществлена при помощи двух низкочастотных транзисторов, включенных в качестве усилителей постоянного тока, и коммутаторных телефонных лампочек накаливания на напряжение 24 в и ток 35 ма, которые включены в коллектор второго транзистора. Чтобы не нагружать ячейку, база первого транзистора подключена к ней в точке между сопротивлениями через сопротивление 820 ом.

При испытании декады использовались генератор коротких импульсов, частоту повторения которых можно менять от 10 до 100 Мгц, и скоростной ос-

циллограф с чувствительностью 50 мв/см и с разверткой 5 нсек/см. На рис. 3-8 приведены некоторые характеризующие работу декады фотографии импульсов, снятых в различных точках схемы при частоте повторения входных импульсов 40 МГц.

Выходные импульсы при работе декады на частоте повторения 96 МГц показаны на рис. 9. Конструктивно декада выполнена на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита размерами 210x95 мм.

Две декады работали в течение двух месяцев параллельно на выходе наносекундной аппаратуры, действующей от источника радиоактивного излучения  $Co^{60}$ . Декады работали надежно.

В заключение авторы благодарят Н.Ф. Буланова и А.А. Рюмина за активное участие в работе.

### Л и т е р а т у р а

1. А.Г. Грачев, С.С. Кирилов. Восьмиканальный пересчетный прибор на полупроводниках с выводом данных на цифропечать. Препринт ОИЯИ, 1922, Дубна, 1965.
2. Ю.Н. Денисов, В.М. Лачинов, В.И. Приляпко. Быстродействующие пересчетные схемы на туннельных диодах и транзисторах. Препринт ОИЯИ, 1705, Дубна, 1964.
3. J. K. Whittaker, P. Cavanagh. A 100 MHz Digital Time - of - Flight System. *Electronique nucleaire* 1963, Paris, Colloque International organise par la S. F. E. R., p. 679-684.
4. J. P. Duchemin. Ensemble de comtage a faible tempe de resclution *Electronique nucleaire* 1963, Paris, Colloque International organise par la S. F. E. R., 755-760.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 ноября 1966 г.

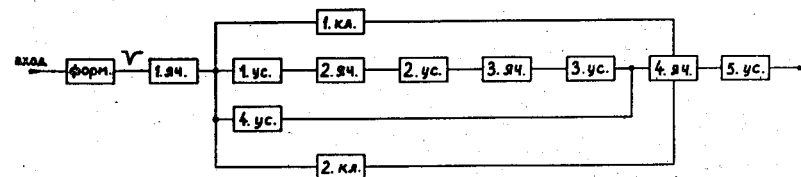


Рис. 1. Блок-схема декады.

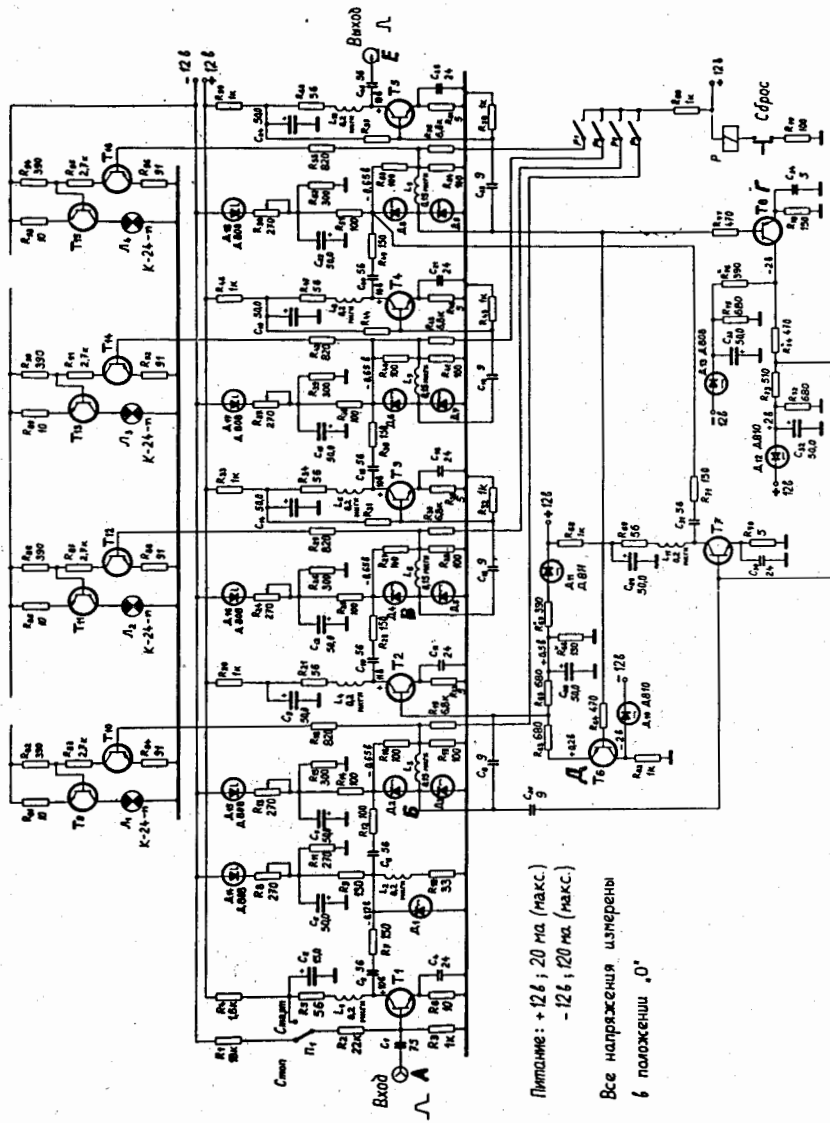


Рис. 2. Схема 100 МГц пересчетной декады с винтичкой.

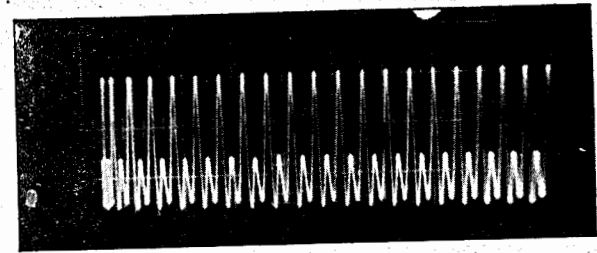


Рис. 3. Форма входных импульсов (точка А). 50 нсек/см; 0,5 в/см.

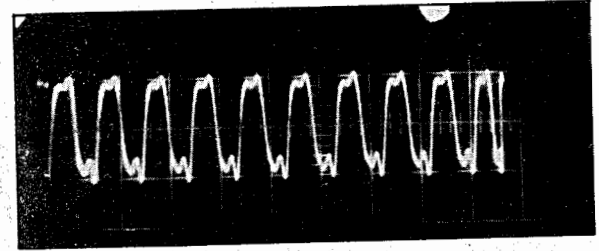


Рис. 4. Форма импульсов на выходе первой ячейки (точка Б). 50 нсек/см; 0,25 в/см.

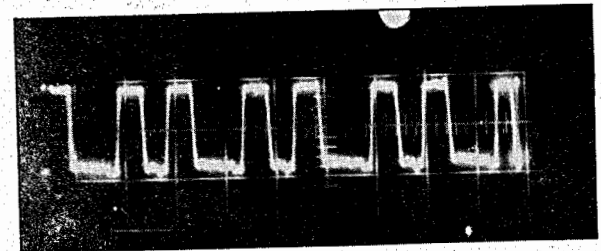


Рис. 5. Форма импульсов на выходе второй ячейки (точка В).  
100 нсек/см; 0,25 в/см.

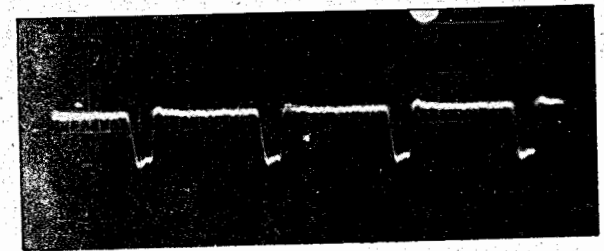


Рис. 6. Форма импульсов в эмиттере ключа Т<sub>8</sub> (точка Г).  
100 нсек/см; 0,25 в/см.

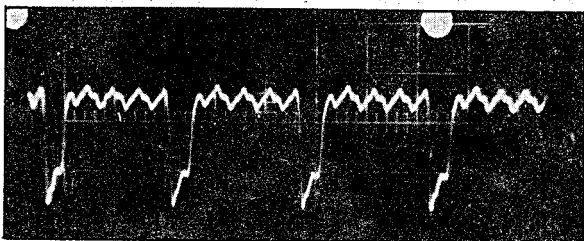


Рис. 7. Форма импульсов в эмиттере ключа  $T_8$  (точка Д).  
100 нсек/см; 0,25 в/см.

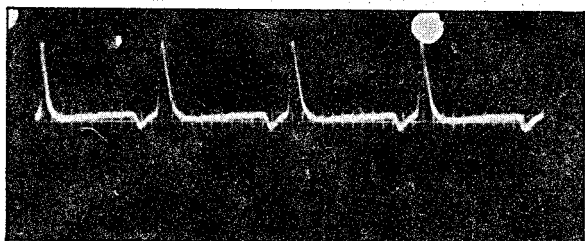


Рис. 8. Импульсы на выходе декады (точка Е).  
100 нсек/см; 2,5 в/см.

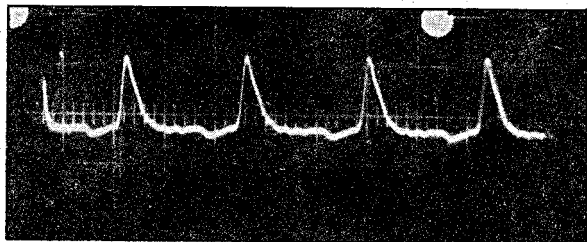


Рис. 8. Импульсы на выходе декады (точка Е) 50 нсек/см; 2,5 в/см при частоте повторения входных импульсов 98 Мгц.