

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4379



А.Г.Петров

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УДЛИНИТЕЛЬ
НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

1969

13 - 4379

А.Г.Петров

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УДЛИНИТЕЛЬ
НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

Удлинители импульсов применяют для амплитудного анализа импульсов в наносекундном диапазоне длительностей. Такая необходимость часто возникает при исследовании амплитудного разброса временных ФЭУ и снятия с их помощью амплитудных спектров.

В удлинителях, амплитуда выходного импульса которых пропорциональна площади импульса на входе, существует весьма значительная зависимость от длительности и формы входного импульса ^{/1/}. Это делает их неудобными при непостоянной форме и длительности входного сигнала.

Дело обстоит несколько иначе в удлинителях, амплитуда выходного импульса которых пропорциональна амплитуде импульса на входе. Здесь входной импульс с низкоомного генератора (эмиттерный повторитель, согласованный кабель) заряжает ёмкость - через быстродействующий диод. При этом получается небольшая постоянная времени заряда, и амплитуда импульсов на выходе практически не зависит от длительностей импульсов на входе в широких пределах (10-100 нсек и выше).

Для нормальной работы существующих анализаторов требуется достаточно длинная плоская вершина (длительность импульса при заданном значении спада плоской вершины) - порядка одной микросекунды. Для получения плоской вершины с такой длительностью при экспоненциальном разряде запоминающей ёмкости длительность в основании импульса на выходе удлинителя должна быть не меньше 5-6 мксек. При данной загрузке это увеличивает вероятность наложения входных импульсов. В этом отношении некоторым преимуществом обладает удлинитель, в котором с помощью специальной цепочки обратной связи достигнута длительность в основании 3,5 мксек ^{/2/}.

В предлагаемой схеме форма выходного импульса прямоугольная, с длительностью в основании около 1 мксек, передний фронт искусственно затянута до 200 нсек, задний фронт ≈ 100 нсек. Спад плоской вершины не больше 5%. Такой импульс вполне достаточен для нормальной работы амплитудного анализатора. Это позволяет значительно уменьшить число наложений при данной нагрузке или, наоборот, повысить загрузку при сохранении числа наложений. В этой схеме также применяется принцип зарядки запоминающей ёмкости C_{II} от низкоомного генератора (согласованный кабель) через быстрый диод Д (рис. 1). При этом амплитуда

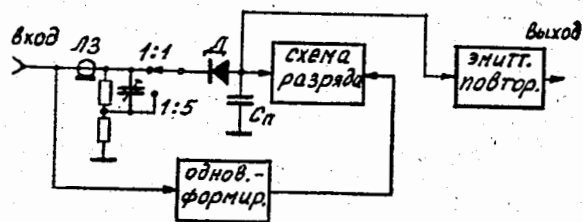


Рис. 1. Блок-схема удлинителя.

выходного импульса практически не зависит от длительности импульса на входе при $t_{вх.} = 10$ нсек.

Выбрано компромиссное значение ёмкости памяти ($C_{II} = 50$ пф), при которой получается вполне удовлетворительное быстродействие при небольшом спаде плоской вершины импульса. Для расширения диапазона измеряемых амплитуд на входе поставлен компенсированный делитель с коэффициентом деления 1:5.

Формирование прямоугольного выходного импульса осуществляется с помощью разрядной схемы, на вход которой поступают управляющие импульсы от чувствительного одновибратора-формирователя, запускаемого входным импульсом ^{/3/}. Сформированный импульс на ёмкости памяти передается на выход через эмиттерный повторитель с высоким входным сопротивлением.

Полная схема удлинителя показана на рис. 2. Схема разряда состоит из эмиттерного повторителя (T_1) и диода D_2 . Диод D_2 нормально открыт. Через него и диод D_1 протекает ток, который устанавливается с помощью потенциометров P_1 и P_2 . Во время прихода импульса с одновибратора он закрывается и дает возможность произвести зарядку емкости памяти. После прекращения действия управляющего импульса диод D_2 снова открывается и через него быстро разряжается емкость C_5 .

Схема одновибратора-формирователя составлена из формирователя-ограничителя (D_4, D_5, T_4) и одновибратора на туннельном диоде и транзисторах (T_5, T_6) ^{/4/}. Длительность сформированного импульса зависит от постоянной времени разряда емкости C_{17} (C_{17}, R_{24}) и начального смещения туннельного диода. В цепи обратной связи, осуществляемой диодом D_6 , поставлен эмиттерный повторитель (T_8), благодаря чему достигается уменьшение времени восстановления одновибратора.

Импульс на выходе одновибратора инвертируется каскадом на T_7 , работающим в ключевом режиме, и подается на схему разряда с отрицательной полярностью.

Сформированный таким образом отрицательный импульс на емкости памяти передается на выход схемы с помощью эмиттерного повторителя с высоким входным сопротивлением (T_2, T_3). Фронт искусственно затывается интегрирующей цепочкой $R_8, C_{вх.}$ до 200 нсек.

С целью уменьшения времени разрешения схемы и повышения нагрузочной способности в схеме поставлен восстановительный диод D_3 и осуществлена гальваническая связь емкости памяти с выходным эмиттерным повторителем.

Для получения полной зарядки емкости памяти (при разных длительностях входных импульсов) входной импульс должен поступать на диод D_1 почти одновременно с приходом управляющего импульса на диод D_2 . С этой целью в схеме введена линия задержки $ЛЗ_1$ в виде кабеля РК-100, длина которого (1,2 м) подобрана опытным путем.

Условия испытания

Характеристики схемы исследовались с использованием венгерского генератора точных амплитуд NZ-231 и многоканального анализатора АИ-4096. Схема испытывалась в диапазоне длительности входных импульсов $5 + 100$ нсек и диапазоне амплитуд $-0,5 + 25$ в при коэффициенте деления на выходе 1:1 и 1:5. Генератор двояных импульсов Г5-19 дал возможность определить такие параметры схемы, как максимальная частота и время разрешения по двояным импульсам.

Полученные результаты

1. Амплитудные характеристики удлинителя при разных длительностях входных импульсов показаны на рис. 3 (коэф. деления 1:1) и рис. 4 (коэф. деления 1:5). Интегральная нелинейность меньше 3% в диапазонах $0,8 + 10$ в и $2 + 25$ в. Точные измерения при амплитудах больше 25 в не проводились, хотя при измерениях, сделанных с помощью осциллографа, было видно, что линейность сохраняется и при 50 в. Нелинейность при меньших амплитудах наблюдается за счет нелинейности характеристики зарядного диода и небольшого пьедестала ($0,2 + 0,3$ в), выделяющегося на емкости памяти во время прихода управляющего импульса. Если нужно увеличить линейность в области малых амплитуд, это можно сделать в некоторой степени путем уменьшения амплитуды управляющего импульса, которая составляет 10 в, и тем самым снизить уровень пьедестала. Разумеется, при этом снижается верхний предел измеряемых амплитуд. Дальнейшего улучшения в этом направлении можно добиться применением следящей схемы (3). Это связано, конечно, с усложнением схемы удлинителя.

Из графиков видно, что амплитудные характеристики при 10, 20, 50 и 100 нсек полностью совпадают при положении входного делителя 1:5. При $t_{вх} = 5$ нсек линейность сохраняется, но амплитуда выходного сигнала падает на 30%. При положении входного делителя 1:1 амплитуда падает на 10% при $t_{вх} = 10$ нсек и на 50% - при $t_{вх} = 5$ нсек.

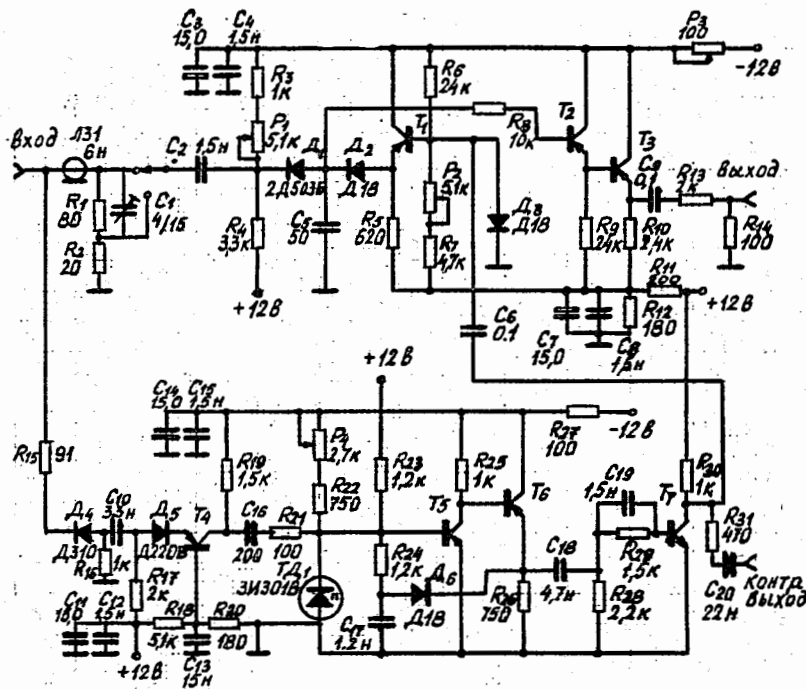


Рис. 2. Принципиальная схема.

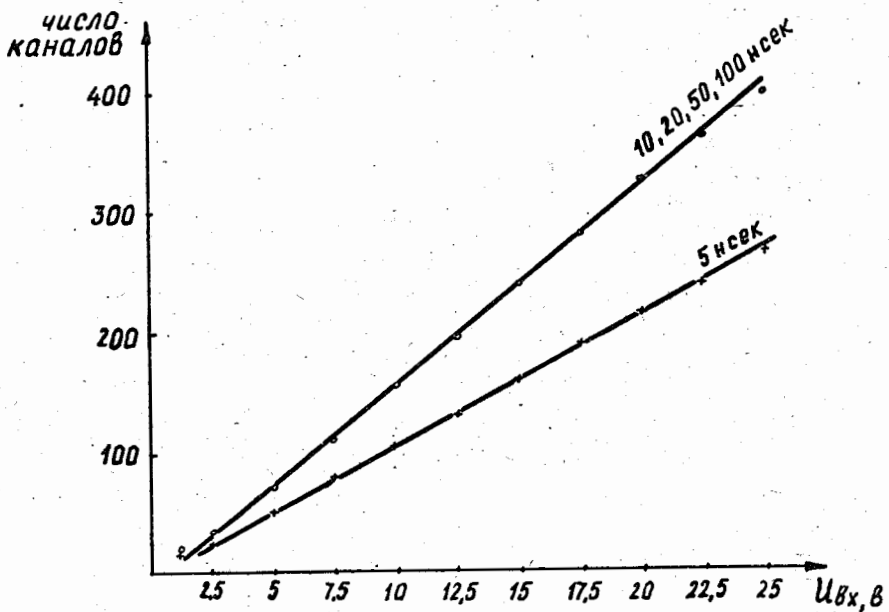


Рис. 3. Амплитудные характеристики удлинителя при разных длительностях импульсов на входе и коэффициент деления входного делителя 1:5.

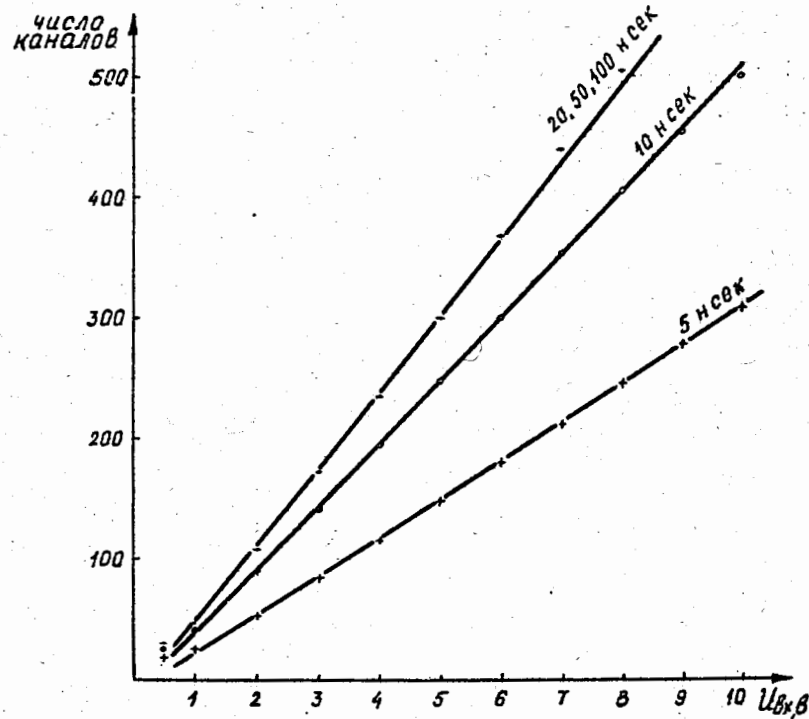


Рис. 4. Амплитудные характеристики удлинителя при разных длительностях импульсов на входе и коэффициент деления входного делителя 1:1.

Наблюдение формы сигнала на входе и последующих точках схемы осциллографом с полосой пропускаемых частот 1000 Мгц показало, что в этом случае появляются отраженные импульсы в кабеле задержки, который несколько рассогласовывается в конце при непосредственном подключении емкости памяти. Эти отраженные импульсы приводят к ухудшению временных характеристик схемы. Надо отметить, что степень рассогласования уменьшается с увеличением длительности фронта подаваемых импульсов. На зависимость амплитуды на выходе от длительности импульсов на входе (рис. 3 и 4) влияет еще переходный процесс в диодах заряда и разряда, который в этом случае протекает гораздо сложнее, чем в случае, когда есть только диод заряда ^{/2/}. Особенно это проявляется в случае импульсов с коротким передним фронтом ($t_{\phi} < 3$ нсек). Для дальнейшего улучшения временных характеристик схемы надо позаботиться об уменьшении длины кабеля задержки (путем уменьшения времени задержки в одновибраторе) и улучшении его согласования на вход схемы.

2. Максимальная частота периодических импульсов, при которой амплитуда выходных импульсов падает не больше чем на 5%, составляет 350 кГц. Время разрешения схемы при тех же условиях составляет $\approx 1,5$ мксек (измерено с помощью генератора сдвоенных импульсов).

3. Время разрешения самого одновибратора получилось $\approx 1,1$ мксек при длительности его импульса 1 мксек. Чувствительность одновибратора не хуже 0,2 в. Стабильность запуска хорошая в диапазоне входных амплитуд 0,2 + 50 в и диапазоне длительностей импульсов на входе 5 + 500 нсек.

4. На рис. 5 показаны амплитудные характеристики удлинителя при длительности входных импульсов 20 нсек и температурах 20 и 50°C. Видно, что смещение амплитудных характеристик не больше 3%. Большое отклонение получается при амплитудах меньше 1 в, где сказывается увеличение пьедестала за счет уменьшения обратного сопротивления диода D_2 при повышении температуры. Одновременно было проведено исследование амплитудного разброса на выходе удлинителя при температурах 20 и 50°C. Относительная ширина пика на полувысоте, измеренная

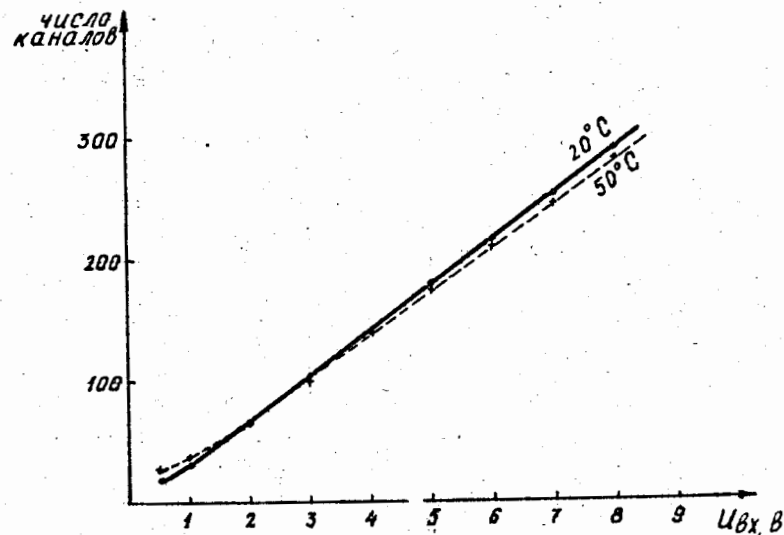


Рис. 5. Амплитудные характеристики удлинителя при температурах 20 и 50°C.

на анализаторе, оказалась соответственно меньше 0,8 и 0,9%, т.е. удлинитель ухудшает амплитудное разрешение всего тракта (спинтиллятор-анализатор) не больше, чем на указанную величину.

5. Полярность входных и выходных импульсов отрицательная. Максимальная амплитуда выходных импульсов на нагрузке 100 ом составляет 400 мв.

В схеме применены следующие транзисторы: T_1 -ГТ313А; $T_2 + T_6$ - ГТ308А; T_7 -КТ312Б. Если заменить все транзисторы на более высокочастотные, можно уменьшить время задержки в одновибраторе и получить лучшие временные и частотные параметры.

6. Питание схемы $+12$ в. Максимальная потребляемая мощность 2вт. Схема собрана в виде стандартного блока с размерами по передней панели 120x80 мм.

В заключение автор благодарит В.И. Ляшенко за большую помощь, оказанную при испытании схемы и оформлении данной работы, и В.Ф.Поенок за выполнение монтажа удлинителя.

Л и т е р а т у р а

1. И.Ф. Колпаков. Препринт ОИЯИ 2778, Дубна, 1966 г.
2. Е.А. Мелешко, В.И. Селиванов. Материалы симпозиума по наносекундной ядерной электронике, стр., 248, Дубна 1967 г.
3. А.П. Цитович. "Ядерная радиоэлектроника". Изд-во "Наука", Москва 1967 г., стр. 382, стр. 396.
4. А.А. Санин, П.Н. Шарейко. Препринт №14, Физический институт АН СССР им. П.Н. Лебедева. Лаборатория фото-мезонных процессов. Москва 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

31 марта 1969 года.