

С 344.3а

Д-721

СООБШЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

ПТЭ, 1970, № 6, с. 110-111

20/61-40



13-5038

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

М.Н. Дражев, А.И. Иваненко

БЫСТРЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

1970

13-5038

М.Н. Дражев, А.И. Иваненко

БЫСТРЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

8376/2 ир

СОВЕТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
БИБЛИОТЕКА

В ряде областей физического эксперимента (временные измерения на полупроводниковых детекторах, исследования при помощи поляризованных мишеней, ЯМР и т.д.) необходимо линейно усиливать высокочастотные сигналы или импульсы с наносекундной длительностью и амплитудой порядка 10^{-3} в.

Независимо от того, что усилителям с такими параметрами посвящено большое число публикаций (см., например, /2,3,4,5/), из-за высокой добротности (произведение коэффициента усиления на полосу пропускания $\approx 10^{11}$ гц) их реализация связана с определенными трудностями принципиального и технического характера.

Исходя из упомянутых выше требований, на базе отечественных транзисторов и существующего опыта /1/ была предпринята попытка разработать усилитель с большим коэффициентом усиления (500 + 1000) и минимальным временем нарастания (3 нсек), а также с высокой линейностью и стабильностью основных параметров при возможно простом схемном решении.

Усилитель построен на основе двух секций с гальваническими межкаскадными соединениями и глубокой отрицательной связью как по постоянному, так и по переменному току (см. рис. 1), вследствие чего обеспечивается необходимая стабильность рабочих точек при изменении температуры и напряжения питания. Дополнительное снижение температурной зависимости осуществляется применением термисторов R_7 и R_{18} в цепях обратной связи.

Коэффициент усиления первой секции (T_1, T_2, T_3) с отключенной обратной связью (при условии идентичности параметров транзисторов) можно выразить как

$$K_{I_0} \approx \frac{Y_{21}^3 Z_2 Z_3}{Y_{21} Y_{11} Z_3 + Y_{11}} \quad (1)$$

(где Z_n - нагрузка соответствующего каскада), а при введении обратной связи коэффициент усиления определяется следующим образом:

$$K_I \approx \frac{K_{I_0}}{1 + \beta_1 K_{I_0}} \quad (2)$$

где

$$\beta_1 \approx \frac{R_2}{R_2 + R_5 + R_6 \parallel R_7} \approx 0,036 \quad (3)$$

Аналогично коэффициент усиления второй секции (T_4, T_5, T_6, T_7) будет равен:

$$K_{II_0} \approx \frac{Y_{21}^3 Z_5 Z_H}{Y_{21} Y_{11} Z_5 + Y_{11}} \quad (4)$$

$$K_{II} \approx \frac{K_{II_0}}{1 + \beta_2 K_{II_0}} \quad (5)$$

где

$$\beta_2 \approx \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{17} + R_{18}} \approx 0,041 \quad (6)$$

Здесь Z_H - нагрузка на выходе усилителя (согласованная линия).

С целью улучшения частотно-фазовой характеристики в каждой секции введены коррекции (L_2, C_3, L_4, C_{22}), что позволило достигнуть граничной частоты ≈ 160 МГц (рис. 2). В каждой секции предусмотрены также частотные коррекции по входу (L_1 и L_3), что дает возможность сохранить относительное постоянство полного входного сопротивления (см.рис.3) и тем самым уменьшить КСВ.

Поскольку в усилителе использована последовательная отрицательная связь, собственное время нарастания меняется незначительно с изменением уровня выходного сигнала/6/ и составляет 3 нсек для отрицательных импульсов с амплитудой 3 в на нагрузке 75 ом (см. рис.4, где время нарастания, обусловленное генератором импульсов Г5-12 и стробоскопическим осциллографом, равно ≈ 1 нсек; метки через 0,4 нсек).

Линейность усилителя (для отрицательных импульсов с длительностью 1 мксек на нагрузке 75 ом) показана на рис. 5.

Дифференциальная нелинейность не превышает 1,5% для выходных сигналов с амплитудой до 3 в (рис. 6).

Влияние дестабилизирующих факторов иллюстрируется рис. 7 и рис. 8, из которых видно, что коэффициент усиления сохраняется в пределах $\pm 0,25\%$ при изменении температуры от 20°C до 50°C , т.е. эквивалентный температурный коэффициент усиления $\approx 1,7 \cdot 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$, а при изменении напряжения питания по постоянному току (± 12 в) на $\pm 10\%$ коэффициент усиления меняется на $\pm 0,1\%$, т.е. $10^{-4}/\%$.

Монтаж усилителя выполнен на шасси из серебряной фольги, укрепленной на текстолитовой платке. Общие габариты усилителя $32 \times 36 \times 100$ мм. Крепление импульсной части монтажа выполнено при помощи опорных конденсаторов и непосредственных соединений к шасси (см. рис. 9), а цепи питания находятся на текстолитовой платке снизу (см. рис. 10).

Все резисторы - МЛТ 0,125 вт, терморезисторы - СТЗ-17; индуктивности намотаны на резисторах МЛТ 30 ком 0,125 вт (L_1 и L_3 - 5 витков, L_2 - 11 витков, L_4 - 10 витков ПЭВ Φ 0,12).

Основные характеристики усилителя, нагруженного на 75-омную согласованную линию, приведены в таблице.

Л и т е р а т у р а

1. М. Дражев, С. Паржицкий. Препринт ОИЯИ, 3-3466, Дубна, 1967.
2. И. Дубровский. ПТЭ, 11, №2, 5 (1966).
3. A. Lavaitte. Note C.E.A., No 686, Grenoble, 1967.
4. E. Baldinger, A. Simmen, Z. Angew. Math. Phys., 15, 71 (1964).
5. A. Lavaitte. Note C.E.A., No 1249, Grenoble, 1969.
6. W. Melling, F. Stary. Nanosecond Pulse Techiques, Berlin, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел

13 апреля 1970 года.

Т а б л и ц а

№ пп	Характеристика		Примечание
1.	Полярность входных импульсов	отрицательная	возможна работа и на синусоидальных напряжениях
2.	Полярность выходных импульсов	отрицательная	
3.	коэффициент усиления	600	
4.	время нарастания	3 нсек	см.рис.4
5.	верхняя граничная частота	160 Мгц	см.рис.2
6.	Дифференциальная нелинейность	лучше 1,5%	см.рис.6
7.	Изменение усиления при изменении температуры	эквивалентно $1,7 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C}$	см.рис.7
8.	Изменение усиления при изменении напряжения питания	$10^{-4} / \%$	см.рис.8
9.	Максимальная амплитуда выходных импульсов на 75 ом	3,5в	см.рис.5
10.	Максимальное напряжение выходных синусоидальных сигналов (100 Мгц на 75ом)	0,8в эфф.	
11.	Шумы, приведённые к открытому входу	≈ 18 мкв эфф.	
12.	Задержка сигнала от входа до выхода	≈ 6 нсек	
13.	Расчётный коэффициент надёжности	$\lambda \approx 12 \cdot 10^{-6} / 4$	
14.	Питание	+12в 57ма -12в 40ма	
15.	Габариты	32x36x100 мм	

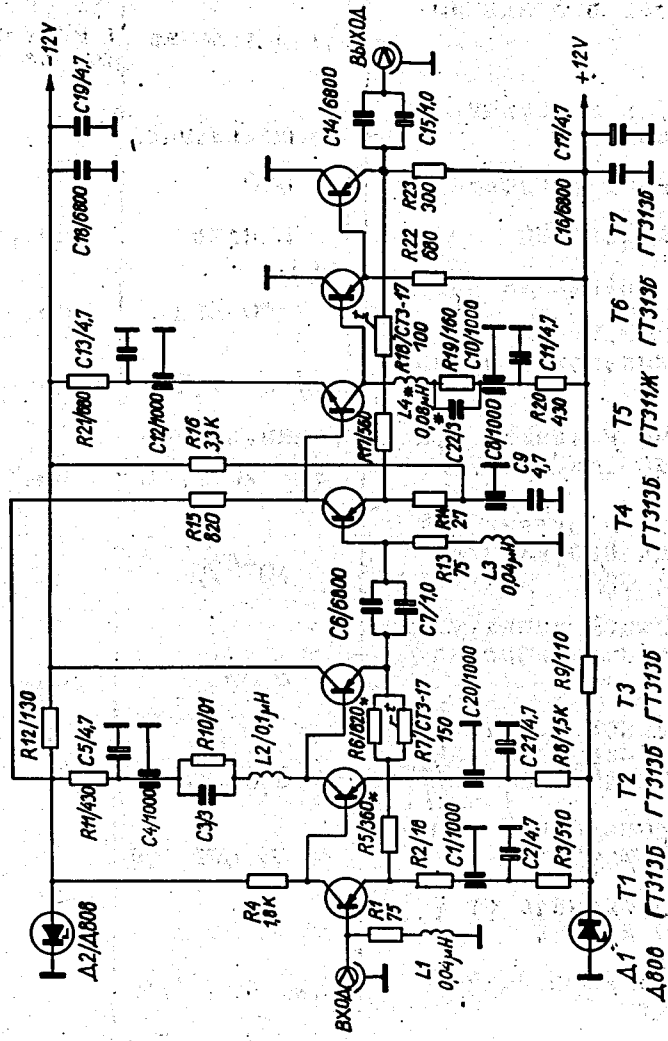


Рис. 1. Принципиальная схема быстрого линейного усилителя.

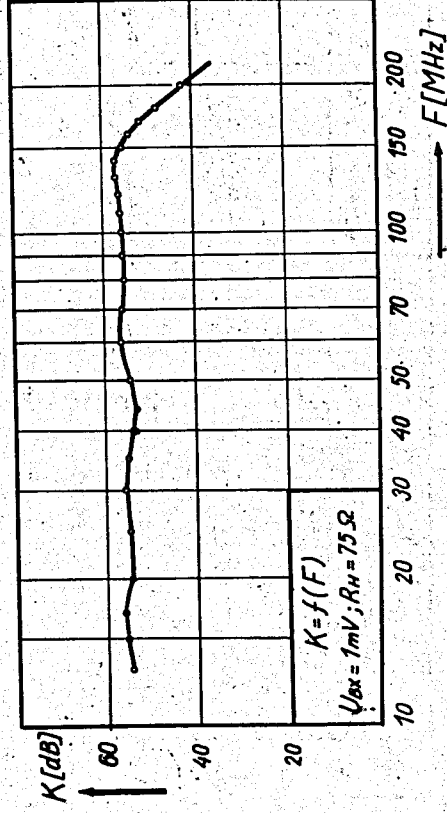


Рис. 2. Частотная характеристика усилителя.

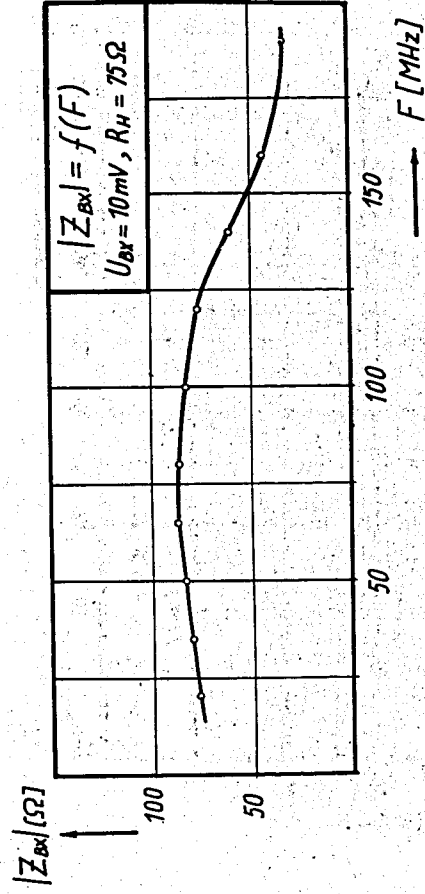


Рис. 3. Полное входное сопротивление усилителя как функция частоты.

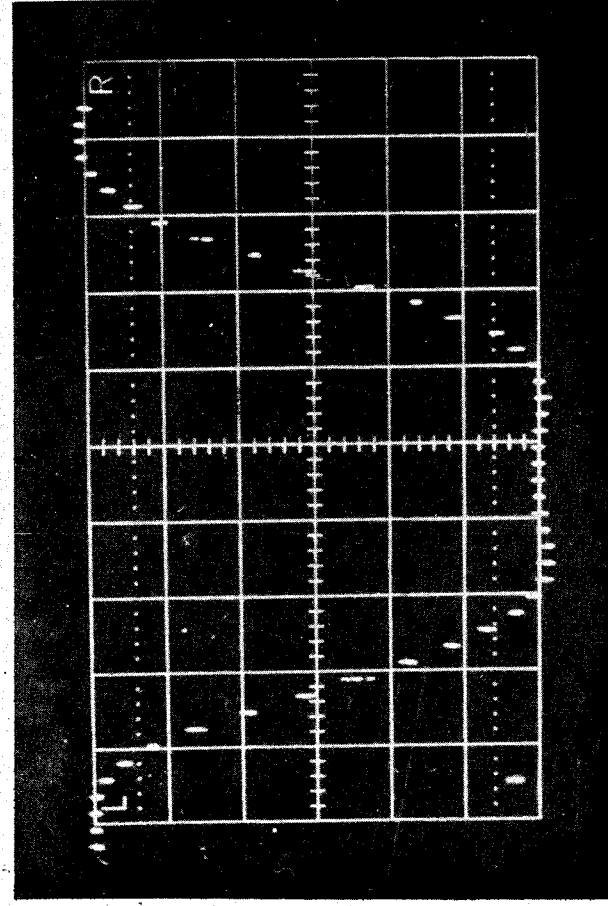


Рис. 4. Фотография выходных импульсов с амплитудой 3 в на нагрузке 75 ом. Собственное-время нарастания, обусловленное генератором и осциллографом, равно ≈ 1 нсек.

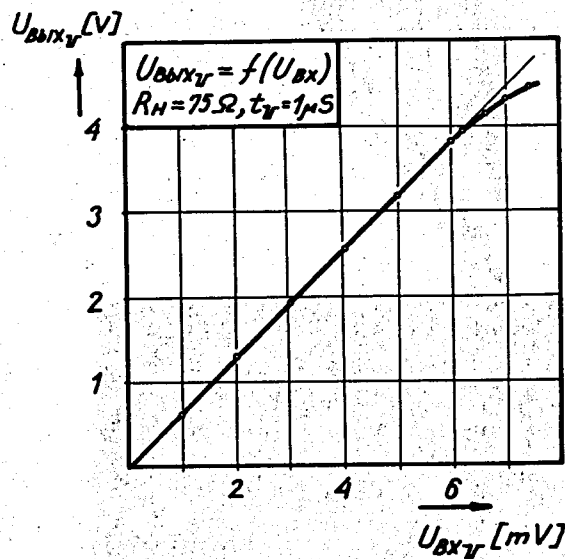


Рис. 5. Зависимость амплитуды выходных импульсов от входных.

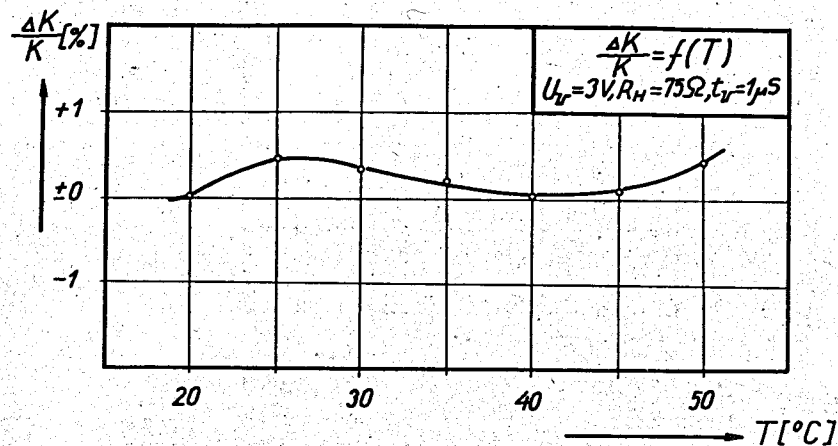


Рис. 7. Зависимость коэффициента усиления от температуры.

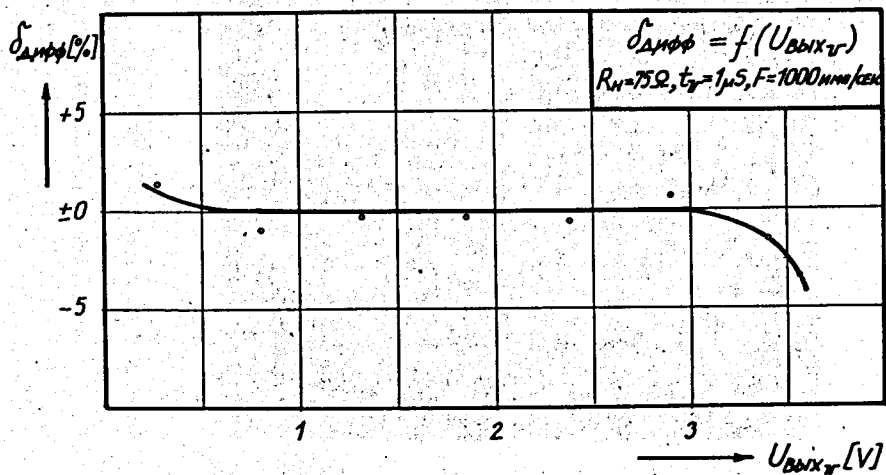


Рис. 6. Зависимость дифференциальной нелинейности от амплитуды выходных импульсов.

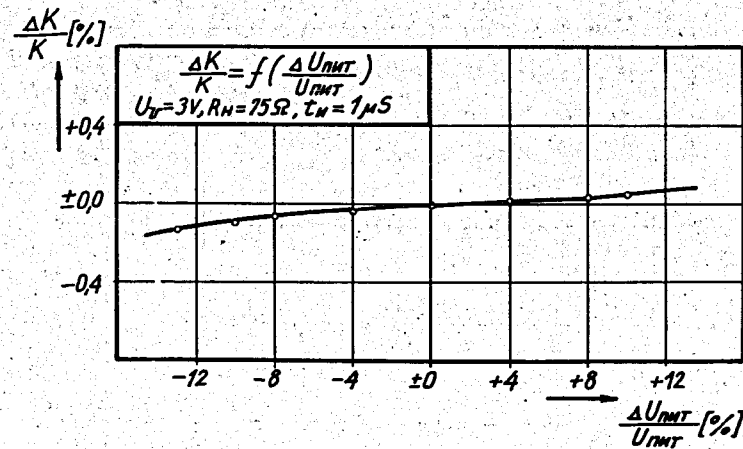


Рис. 8. Зависимость коэффициента усиления от напряжения питания ($\pm 12 \text{ В}$).

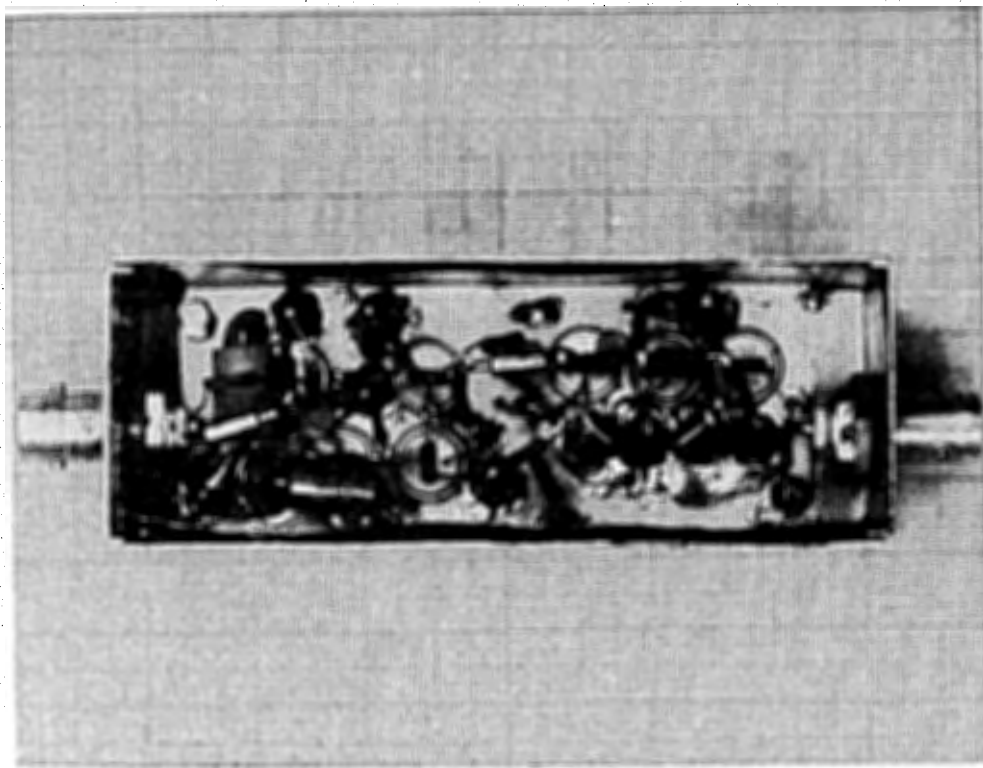


Рис. 9. Общий вид импульсной части монтажа усилителя.

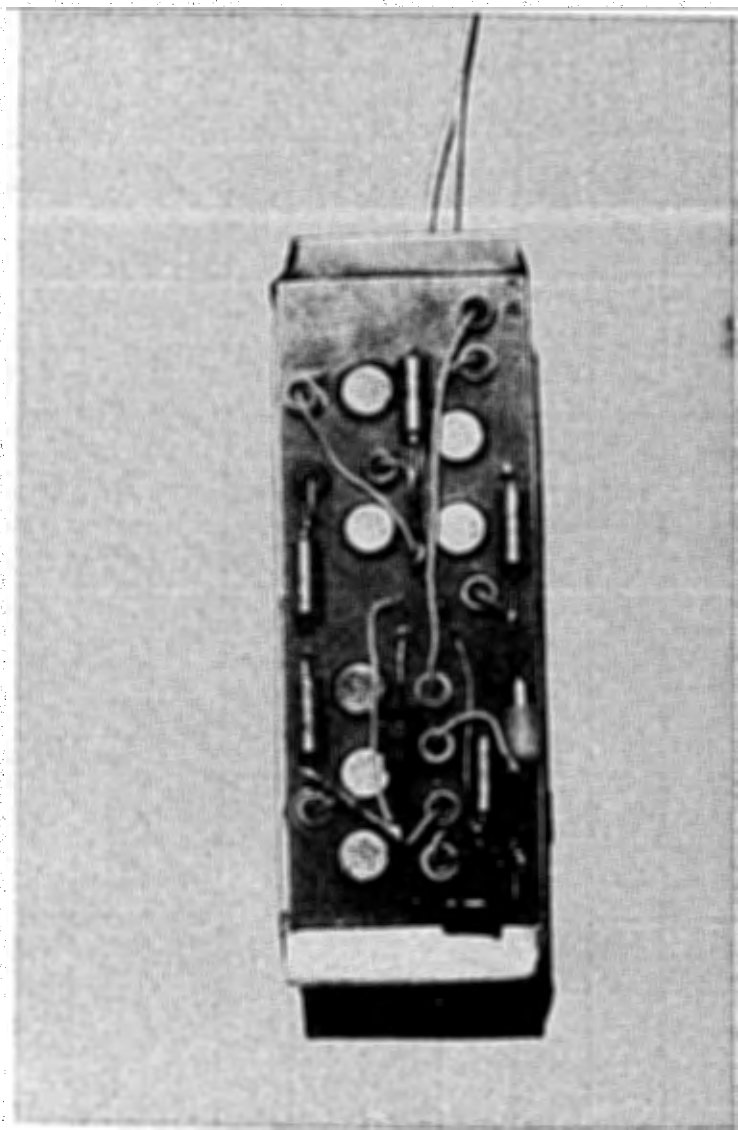


Рис. 10. Общий вид цепи питания монтажа.