

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ТОЧНЫЙ ПОВТОРИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

ДАНИЛОВ А. А.

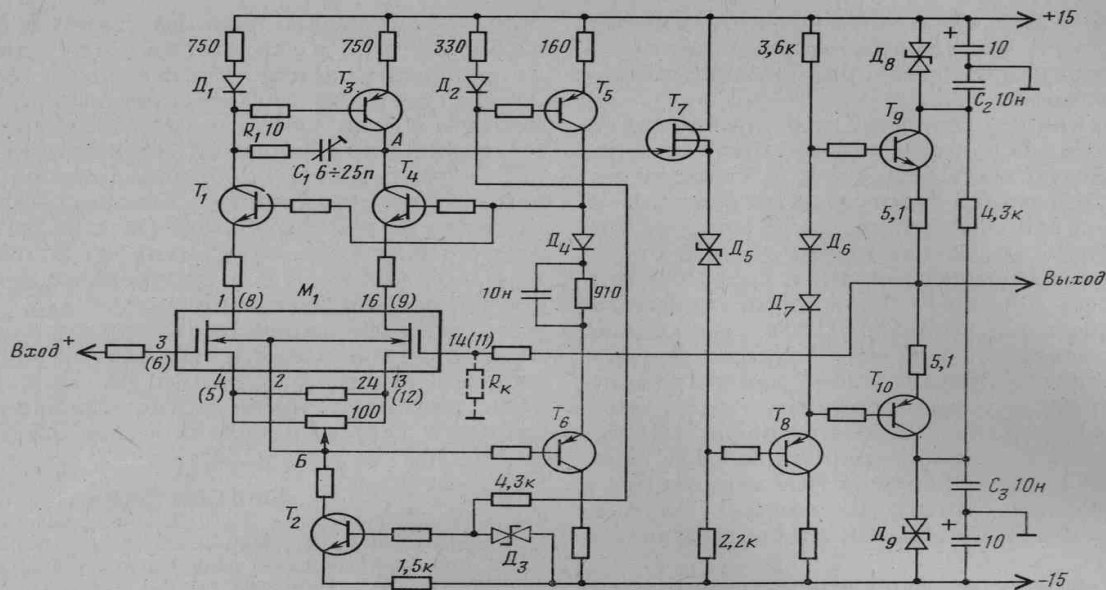
Описан повторитель напряжения с м.д.п.-транзисторами на входе, обеспечивающий время установления выходного напряжения $\pm 2,5$ В не более 18 нс с погрешностью 0,5% и 30 нс с погрешностью 0,05% от установившегося значения при допустимой емкости нагрузки 150 пФ; коэффициент ослабления синфазного сигнала 60 дБ.

При построении информационно-измерительных систем и устройств обработки широкополосных аналоговых сигналов часто возникает потребность в буферных повторителях напряжения. Однако не всегда удается реализовать требуемые точностные параметры при помощи эмиттерных и истоковых повторителей, даже выполненных по усовершенствованным схемам, так как первые обладают значительным напряжением смещения и большим входным током, а у вторых практически невозможно получить необходимую линейность передаточной характеристики.

Эмиттерные и истоковые повторители, стабилизированные при помощи интегральных

операционных усилителей (и.о.у.), не позволяют до конца преодолеть указанные недостатки, так как параллельный канал в неинвертирующем усилителе реально может улучшить лишь статические параметры устройства. Если же частота сопряжения каналов выбрана недостаточно низкой, резко возрастает время установления. Это явление обусловлено чрезвычайно высокими требованиями, предъявляемыми к точности и стабильности цепей сопряжения низкочастотного и высокочастотного каналов усиления, а также паразитными тепловыми процессами в интегральной структуре первого каскада и.о.у. при динамической перегрузке синфазным сигналом.

87



Принципиальная схема повторителя. M_1 — КР590КН8; T_1, T_2, T_4, T_9 — КТ371А, $T_3, T_5, T_6, T_8, T_{10}$ — КТ3109Б, T_7 — КР307Б; D_1, D_2, D_4, D_6, D_7 — КД512А, D_3 — КС162А, D_5 — КС191А, D_8, D_9 — КС182А; резисторы без номиналов — антипаразитные 51 ÷ 100 Ом

Как известно [1, 2], при работе и.о.у. со 100%-ной отрицательной обратной связью (о.о.с.) трудно получить малое время установления и требуемый коэффициент ослабления синфазного сигнала в широкой полосе частот. Поэтому далеко не каждый быстродействующий и.о.у. допускает работу в режиме повторителя напряжения, так как у большинства универсальных приборов собственный фазовый сдвиг на частоте среза превышает 135° при активной нагрузке, а линейность преобразования первого каскада и.о.у. резко снижается при работе с высокочастотными синфазными сигналами.

Повторители, выполненные на быстродействующих и.о.у., в большинстве случаев обеспечивают приемлемые точностные характеристики, но время установления этих приборов для погрешностей $< 1\%$ слишком велико. Например, буферный повторитель на и.о.у. К574УД1 обеспечивает время установления ≈ 500 нс с погрешностью ≈ 4 мВ, эквивалентной $1/2$ младшего разряда параллельного а.д.п. К1107ПВ2, что на порядок превышает время преобразования самого а.д.п. [3]. Таким образом, задача построения дифференциальных операционных усилителей, специализированных именно для работы в режиме быстродействующих повторителей напряжения, весьма актуальна.

Входной дифференциальный каскад такого усилителя может быть построен на интеграль-

ной сборке КР590КН8 [4], содержащей четыре высокочастотных м.д.п.-транзистора с n -каналом и высокой идентичностью параметров. Параметры транзисторов сборки довольно высокие: крутизна $4 \div 8$ мА/В (разброс $\pm 20\%$), входная емкость ≈ 3 пФ, полоса крутизны $300 \div 500$ МГц, разброс напряжений затвор — исток ≤ 70 мВ при температурном дрейфе ≤ 100 мкВ/К в широком диапазоне рабочих токов. Недостатком микросхемы является высокий уровень напряжения низкочастотных шумов, что свойственно, хотя и в меньшей степени, и дискретным м.д.п.-транзисторам.

Усилитель-повторитель (рисунок) обеспечивает следующие основные параметры: диапазон входных сигналов $\pm 2,5$ В, коэффициент передачи $+1,000$ (предусмотрена возможность точной подстройки), импульсный ток нагрузки 50 мА, напряжение смещения 2 мВ (50 мкВ/К), входной ток $1 \div 5$ нА, напряжение шума в полосе частот $0 \div 10$ МГц — 800 мкВ от пика до пика, скорость нарастания выходного напряжения 800 В/мкс, время установления выходного напряжения 18 нс с погрешностью 0,5% и 30 нс с погрешностью 0,05% при допустимой емкостной составляющей нагрузки 150 пФ, коэффициент ослабления синфазного сигнала 60 дБ на постоянном токе и 40 дБ на частоте 10 кГц. При работе на согласованную линию с импедансом 75 Ом работоспособность повторителя сохраняется при скажности обра-

батываемых импульсных сигналов не менее 5.

Повторитель содержит один каскад усиления напряжения, нагруженный на трехступенчатый истоково-эмиттерный повторитель ($T_7 \div T_{10}$). Коэффициент усиления первого каскада 10^3 на постоянном токе, что обусловлено применением каскодной схемы (T_1, T_4), динамической нагрузки с токовым зеркалом (D_1, T_3) и истокового повторителя T_7 . Дифференциальный каскад охвачен цепью со 100%-ной о.о.с. по синфазному сигналу, контур которой замкнут посредством эмиттерного повторителя T_6 с генератором тока T_5 в цепи эмиттера на базы транзисторов каскодной схемы. Потенциометром в цепи истоков транзисторов микросборки M_1 регулируется напряжение смещения. При помощи корректирующей цепи R_1, C_1 устанавливается минимум времени установления для конкретной емкости нагрузки повторителя. При необходимости подбором резистора R_K (показан пунктиром) можно подстроить коэффициент передачи повторителя до точного значения.

Малое выходное сопротивление разомкнутого усилителя, обусловленное последовательным включением истокового и двух эмиттерных повторителей, и высокое значение частоты второго полюса передаточной функции первого каскада в совокупности позволили реализовать частоту среза повторителя ≈ 40 МГц при достаточном запасе по фазе даже при емкостной нагрузке 150 пФ. Стабилизация напряжения сток — исток полевых транзисторов минимизировала тепловую составляющую переходного процесса. Поэтому время установления разработанного повторителя практически равно расчетному значению для данной частоты среза [1],

а переходный процесс не имеет медленной составляющей в зоне малых погрешностей.

Повторитель собран на стеклотекстолите методом объемно-печатного монтажа. Точки *A* и *B* схемы соединены «на воздухе» с целью обеспечения минимальной емкости относительно металлического основания платы, которое заземляется. Медные штыри, запрессованные в основание, выведены через отверстия и являются точками нулевого потенциала схемы. Антипаразитные резисторы (на рисунке их номиналы не обозначены) устанавливаются на плату вертикально, их верхний вывод укорачивается до 3 ÷ 4 мм и непосредственно к нему подпаивается соответствующий вывод активного элемента. Микросхема M_1 и все транзисторы устанавливаются так, что в плату запаивается только исток или эмиттер, выводы других переходов присоединяются либо через указанные резисторы, либо одножильным проводом $\phi 1$ мм. Конденсаторы C_2 и C_3 устанавливаются так же, как антипаразитные резисторы. Описанные конструктивные меры позволили реализовать высокие параметры повторителя и обеспечить их повторяемость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полонников Д. Е. Операционные усилители: Принципы построения, теория, схемотехника. М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Шило В. Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Сов. радио, 1979.
3. Шило В. Л. Функциональные аналоговые интегральные микросхемы. М.: Радио и связь, 1982.
4. Рыбин Г. Я., Ивакин Б. Ф., Вьюков Н. В. и др. Коммутационные устройства радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1985.

Институт проблем управления, Москва
Поступила в редакцию 10.II.1986