

РАСШИРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ОПТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

© 2012 г. А.К. МАМЕДОВ

Азербайджанский технический университет, г. Баку
e-mail: mamedov_az50@mail.ru

Проблема передачи аналоговых сигналов по гальванически развязанной цепи представляет значительный интерес для разработчиков микросистемной техники. Традиционное решение таких задач с помощью развязывающих усилителей с трансформаторной связью имеет ряд недостатков, наиболее существенный из которых – технологическая несовместимость с интегральными схемами. Разработка оптронов дает возможность построения оптронных усилителей, использование которых позволяет практически идеально разомкнуть контуры заземления между различными системами, обеспечить эффективную гальваническую развязку каскадов, действующих в весьма различных электрических режимах.

В настоящее время наиболее высокими показателями по совокупности основных параметров обладают усилители с дифференциальными оптронами [1], принципиальная схема которых представлена на Рис. 1.

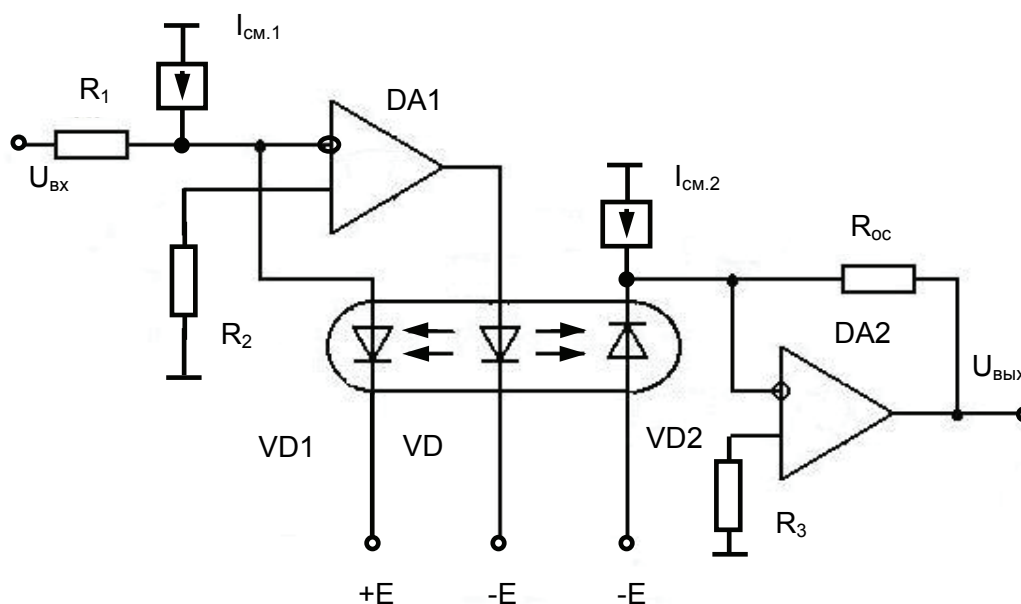


Рис. 1. Оптронный усилитель с дифференциальным оптроном.

Однако, далеко не всегда показатели качества даже таких усилителей оказываются приемлемыми для пользователя. В частности, недостаточно широкий динамический диапазон оптронных усилителей в ряде случаев обуславливает весьма малую величину максимального входного сигнала при заданной величине чувствительности. Указанный фактор существенно ограничивает применение подобных усилителей.

Целью настоящей работы является разработка линейных широкодиапазонных оптронных усилителей, обеспечивающих увеличение величины входного аналогового сигнала, передаваемого по гальванически развязанной цепи при неизменной чувствительности оптронного усилителя, и связанное с этим расширение функциональных возможностей таких усилителей.

На Рис. 2 представлена структурная схема предлагаемых широкодиапазонных оптронных усилителей, базовым элементом которых является схема А1 с дифференциальным оптроном (см. Рис. 1). При этом сопротивление R2 и один из выводов аналогового ключа DA2 подключены не непосредственно ко входу устройства А1, а к инвертирующему входу операционного усилителя передающего каскада. Принцип работы представленных оптронных усилителей основан на том, что входные сигналы, большие некоторого порогового значения, ослабляются в передающем каскаде в n-раз, а в приемном – передаются без ослабления; входные сигналы, меньшие порогового значения, в передающем каскаде передаются без ослабления, а в приемном – делятся в n-раз. Рассмотрим работу усилителя Рис. 2,а.

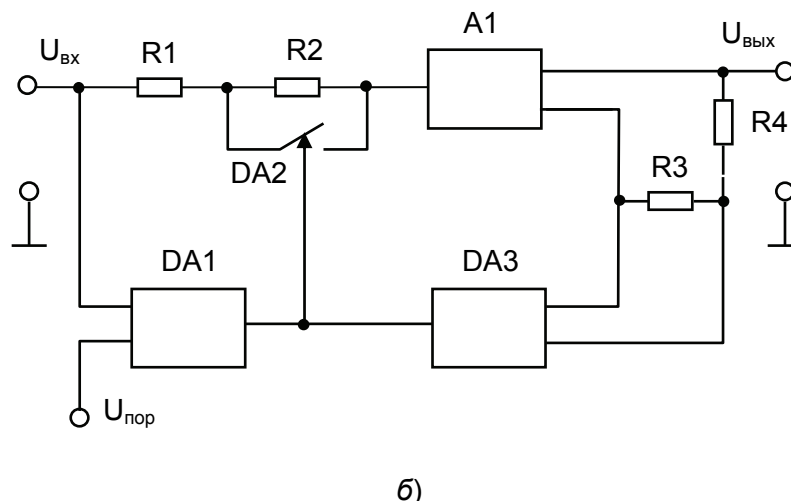
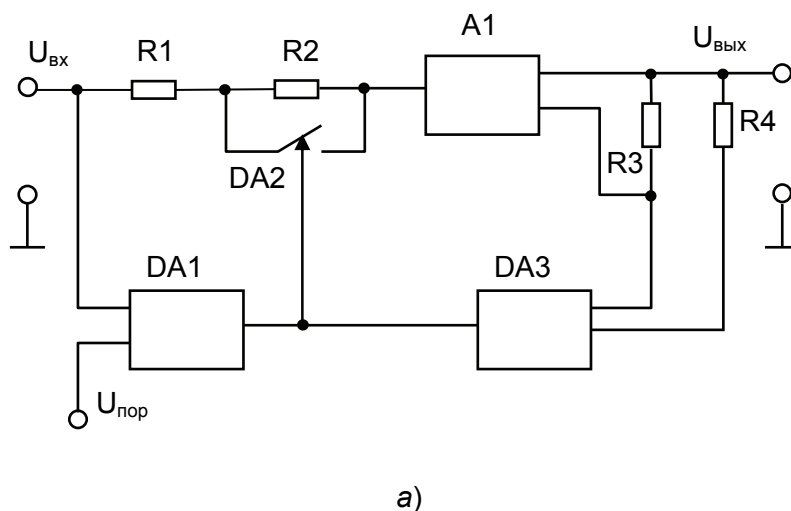


Рис. 2. Структурная схема широкодиапазонных оптронных усилителей.

При входных сигналах, меньших порогового значения $U_{пор}$, равного максимальной величине входного напряжения базовой схемы с дифференциальным оптроном

$$U_{вх.мах} = U_{пор} = U_{вых.мах} / K'_y,$$

где $U_{\text{вых. max}} = \pm 10\text{В}$ для большинства операционных усилителей; K'_y – коэффициент передачи базовой схемы, обычно равный единице (соответственно типичное значение $U_{\text{пор}} = \pm 10\text{В}$);

компаратор DA1 находится в состоянии логического нуля на выходе. Этим нулем аналоговый ключ DA2 поддерживается в замкнутом состоянии и шунтирует резистор R2. Одновременно замыкается выходная цепь оптронного аналогового ключа DA3 и резистор R4 включается в цепь обратной связи операционного усилителя приемного каскада базового усилителя A1 параллельно сопротивлению R3 (на Рис. 2,а сопротивление R3 вынесено за пределы оптронного усилителя A1). При этом подразумевается, что при реализации базовой схемы в виде готового изделия, имеется внешний вывод от инвертирующего входа операционного усилителя приемного каскада для подключения навесного переменного сопротивления в цепи обратной связи с целью подстройки коэффициента передачи устройства. Учитывая, что коэффициент передачи базового усилителя определяется отношением сопротивлений $R_{\text{oc}}/R1'$, нетрудно убедиться в справедливости для этого режима условия

$$R3 \parallel R4 = R_{\text{oc}} / n \quad (1)$$

где $R1'$ и R_{oc} - относятся к базовой схеме с дифференциальным оптроном (см. Рис. 1); n - коэффициент деления.

Порог чувствительности подобных усилителей не зависит от R_{oc} и зависит от $R1'$. Последнее означает, что величина минимального входного сигнала, который можно передавать на фоне собственных шумов в предлагаемом усилителе, останется такой же, как и в базовом.

При входных сигналах, превышающих величину порогового напряжения компаратора DA1, последний перебрасывается в состояние логической единицы на выходе. При этом размыкаются аналоговый ключ DA2 и выходная цепь оптронного ключа DA3. В этом состоянии величины сопротивлений резисторов выбираются из условий

$$R1 + R2 = nR1'; \quad R3 = R_{\text{oc}}. \quad (2)$$

С учетом соотношений (1), (2) получим

$$R2 = R1'(n - 1); \quad R4 = R_{\text{oc}} / (n - 1). \quad (3)$$

Соотношения (2), (3) позволяют легко рассчитывать необходимые значения сопротивлений $R1$, $R2$, $R3$, $R4$ при заданных коэффициенте n и сопротивлениях $R1'$, R_{oc} базового усилителя, соответствующих его максимальному динамическому диапазону. Из этих соотношений следует, что коэффициенты передачи в обоих режимах равны и в n -раз меньше, чем коэффициент передачи базовой схемы. При указанных условиях (1), (3) величине входного сигнала рассматриваемого усилителя, превышающей пороговое значение $U_{\text{пор}}$ в n -раз, будет соответствовать выходное напряжение, равное максимальной величине для операционного усилителя DA2 (см. Рис. 1).

Таким образом, разработанный линейный оптронный усилитель позволяет при фиксированной величине минимального входного сигнала, который можно передать через усилитель на фоне собственных шумов, увеличить максимальную величину входного сигнала в n -раз, что означает расширение динамического диапазона в n -раз по сравнению с базовой схемой.

В качестве аналогового ключа DA2 в схеме Рис. 2 использован полевой транзистор с p-n переходом. В качестве оптронного аналогового ключа DA3 использован ключ типа K249KH1Б, в котором в качестве коммутирующих элементов применены интегральные прерыватели на двух биполярных транзисторах, включенных по компенсационной схеме, управляемых с помощью пары согласнo-последовательно включенных фотодиодов, действующих в вентильном режиме. Подобный ключ обеспечивает ком-

мутацию токов до 1 мА при достаточно малых величинах остаточного напряжения (40-100 мкВ) и сопротивлении в открытом состоянии (100-300 Ом), и гарантирует небольшие времена включения и выключения (10 мкс).

Максимальное входное напряжение $U_{вх.мах}$ рассматриваемого усилителя ограничивается предельно-допустимым напряжением $U_{ком.мах}$ на коммутируемых выводах аналогового ключа DA2. Из выражений (2), (3) следует, что $U_{ком.мах} = (n - 1)U_{пор}$, откуда

$$n = (U_{ком.мах} / U_{пор}) + 1 ; \quad U_{вх.мах} = U_{ком.мах} + U_{пор} . \quad (4)$$

Из выражения (4) при заданных величинах $U_{ком.мах}$ и $U_{пор}$ определяется максимальное входное напряжение, которое можно передавать в рассматриваемом усилителе (типично $U_{ком.мах} = 25В$, при этом $U_{вх.мах} = 35В$).

При параметрах базовой схемы $K'_y = 1$, $U_{вх.мах} = \pm 10В$, $R1' = 100кОм$, $R_{oc} = 20кОм$ и при использовании аналогового ключа DA2 с $U_{ком.мах} = 25В$, в соответствии с соотношениями (3), (4) получим $n = 3,5$, $U_{вх.мах} = 35В$, $R1 = 100кОм$, $R2 = 250кОм$, $R3 = 20кОм$, $R4 = 8кОм$.

На Рис. 2,б представлена схемная модификация устройства на Рис. 2,а, в приемном каскаде базового усилителя А1 которой использован другой способ коммутации сопротивлений в цепи обратной связи операционного усилителя. Для сопротивления R2 остается справедливым выражение (2), а сопротивления R3, R4 определяются из соотношений

$$R4 = R_{oc} / n ; \quad R3 = R_{oc} (n - 1) / n .$$

Следует отметить, что ограниченность входного динамического диапазона является одним из существенных недостатков вариантов реализации, представленных на Рис. 2.

К важным достоинствам устройств на Рис. 2 следует отнести простоту реализации, что обусловлено возможностью управления аналоговым ключом DA2, реализованном на полевом транзисторе, непосредственно с выхода логических схем (нет необходимости дополнительно включать схему для управления этим ключом).

Таким образом, разработан линейный оптронный усилитель, в котором достигается расширение динамического диапазона по сравнению с базовым усилителем в несколько раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулаев А.А., Аксенов А.И., Глушкова Д.Н., Мамедов А.К., Носов Ю.Р. Линейные оптоэлектронные развязывающие устройства. // Обзоры по электронной технике, сер.2, Полупроводниковые приборы. - М.: ЦНИИ Электроника, 1980, вып. 6, 28 с.