

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 10057

(13) С1

(46) 2007.12.30

(51) МПК (2006)

H 03G 3/20

(54)

УСИЛИТЕЛЬ С РЕГУЛИРУЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20050956

(22) 2005.10.05

(43) 2007.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Сычик Василий Андреевич; Уласюк Николай Николаевич; Шамкалович Владимир Иванович; Последний Роман Станиславович; Хацкевич Павел Александрович; Савицкий Сергей Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) US 3970948 A, 1976.

SU 1202030 A, 1985.

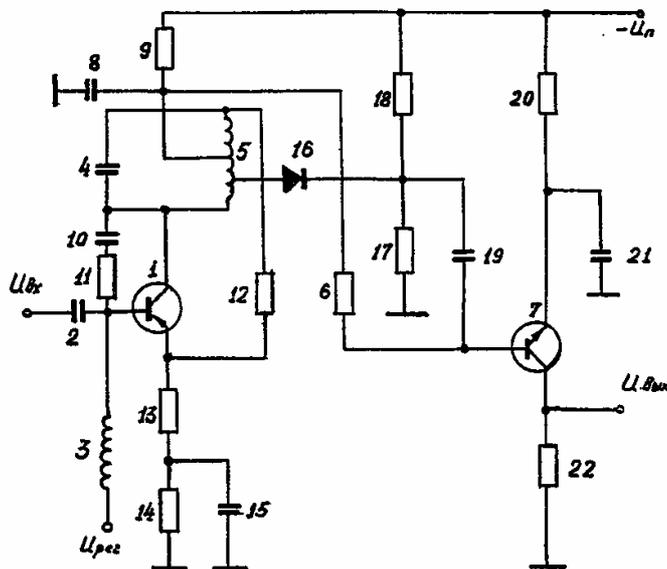
SU 647850, 1979.

US 3999141 A, 1976.

EP 0097201 A1, 1984.

(57)

Усилитель с регулируемым коэффициентом усиления напряжения, содержащий регулируемые транзисторные усилительные каскады с нагрузкой в виде резонансного контура, переменный делитель, резистивный делитель и вход источника напряжения автоматической регулировки усиления, отличающийся тем, что содержит цепь последовательной отрицательной обратной связи и цепь параллельной обратной связи, при этом в цепь базы транзистора первого каскада включены источник напряжения сигнала и источник напряжения автоматической регулировки усиления, а в цепь коллектора - резонансный контур, общая точка которого подключена к цепи базы транзистора последующего каскада, одна



ВУ 10057 С1 2007.12.30

ВУ 10057 С1 2007.12.30

из обкладок конденсатора резонансного контура является его противофазным входом и подключена к базе транзистора первого каскада цепью параллельной обратной связи, а вторая обкладка является синфазным входом резонансного контура и подключена через резистор к цепи последовательной отрицательной обратной связи, включенной в цепь эмиттера транзистора первого каскада, выход резонансного контура подключен ко входу переменного делителя, выполненного в виде диода, один из электродов которого подключен к средней точке резистивного делителя и к цепи базы транзистора последующего каскада, эмиттер которого подключен к отрицательному полюсу источника питания, а коллектор - к общей шине, причем транзистор последующего каскада выполнен с обратным типом проводимости.

Изобретение относится к области радиотехники и может быть использовано в усилительных трактах радиоэлектронных приборов и аппаратов.

Известны усилители с регулируемым коэффициентом усиления их каскадов по напряжению [1, 2], которые содержат усилительные и регулируемые транзисторные цепи. Указанные схемы усилителей с регулируемым коэффициентом усиления по напряжению обладают сложной электрической схемой и низкой глубиной регулировки коэффициента усиления усилителя.

Прототипом предлагаемого изобретения является усилитель с регулируемым коэффициентом усиления по напряжению, описанный в [3]. Усилитель содержит каскады усиления на транзисторах, соединенных по дифференциальной схеме, нагрузку в каждом из каскадов в виде резонансного контура, делитель с переменным коэффициентом усиления (переменный делитель), резистивный делитель, регулировочный вход. Регулировка коэффициента усиления усилителя по напряжению в прототипе осуществляется путем регулирования коэффициента передачи по току (крутизны) его каскадов и изменением величины коэффициента деления упомянутого делителя.

Недостатками прототипа являются:

а) сложная схема усилителя, включающая 12 транзисторов, множество резисторов и других радиоэлементов;

б) достаточно высокая мощность потребления от источника АРУ.

Техническим результатом изобретения является упрощение электрической схемы электронного усилителя с регулируемым коэффициентом усиления по напряжению и снижение мощности потребления от источника АРУ.

Поставленная задача достигается тем, что в усилителе с регулируемым коэффициентом усиления напряжения, содержащем регулируемые транзисторные усилительные каскады с нагрузкой в виде резонансного контура, переменный делитель, резистивный делитель и вход источника напряжения автоматической регулировки усиления, содержится цепь последовательной отрицательной обратной связи и цепь параллельной обратной связи, при этом в цепь базы транзистора первого каскада включены источник напряжения сигнала и источник напряжения автоматической регулировки усиления, а в цепь коллектора - резонансный контур, общая точка которого подключена к цепи базы транзистора последующего каскада, одна из обкладок конденсатора резонансного контура является его противофазным входом и подключена к базе транзистора первого каскада цепью параллельной обратной связи, а вторая обкладка является синфазным входом резонансного контура и подключена через резистор к цепи последовательной отрицательной обратной связи, включенной в цепь эмиттера транзистора первого каскада, выход резонансного контура подключен ко входу переменного делителя, выполненного в виде диода, один из электродов которого подключен к средней точке резистивного делителя и к цепи базы транзистора последующего каскада, эмиттер которого подключен к отрицательному по-

ВУ 10057 С1 2007.12.30

люсу источника питания, а коллектор - к общей шине, причем транзистор последующего каскада выполнен с обратным типом проводимости.

На чертеже изображена принципиальная электрическая схема предложенного усилителя с регулируемым коэффициентом усиления по напряжению.

Усилитель с регулируемым коэффициентом усиления по напряжению состоит из двух каскадов. Первый каскад содержит транзистор 1 р-п-р типа, в базовую цепь которого через конденсатор 2 поступает напряжение сигнала, а через дроссель 3 - регулируемое напряжение от источника АРУ, например триодного детектора (на чертеже не показан). В цепь коллектора транзистора 1 включен резонансный контур, содержащий конденсатор 4 и катушку индуктивности 5, к общей точке которой через резистор 6 подключена база транзистора 7 п-р-п типа последующего (второго) каскада и фильтр-развязка, состоящий из конденсатора 8 и резистора 9. Противофазный выход резонансного контура (нижняя обкладка конденсатора 4) соединен со входом каскада (базой транзистора 1) цепью параллельной обратной связи, содержащей конденсатор 10 и резистор 11, а его синфазный выход (верхняя обкладка конденсатора 4) подключен через резистор 12 к дополнительно введенной цепи последовательной отрицательной обратной связи упомянутого каскада, состоящей из последовательно соединенных резистора 13 и резистора 14, зашунтированного конденсатором 15. К выходной клемме катушки индуктивности 5 подключен переменный делитель, состоящий из диода 16 и резистивного делителя 17, 18. База транзистора 7 второго каскада усилителя, имеющего обратный тип проводимости, соединена конденсатором 19 со средней точкой упомянутого делителя, его эмиттер подключен через резистор 20, зашунтированный на общую шину конденсатором 21, к минусу источника питания, а коллектор - через нагрузочный резистор 22 к общей шине.

Предложенное устройство работает следующим образом.

При поступлении на вход транзистора 1 напряжения сигнала, величина которого не превышает номинального значения, постоянная составляющая напряжения регулировки отрицательной полярности, поступающая от источника АРУ, например с триодного детектора (на чертеже не показано), имеет такое значение, при котором ток коллектора транзистора 1 соответствует режиму, обеспечивающему оптимальное усиление каскада ($K_u = 20 \div 60$). Номиналы резистора 9 и резисторов 17, 18 выбраны с учетом того, чтобы отрицательный потенциал средней точки переменного делителя был по абсолютной величине больше отрицательного потенциала общей точки резонансного контура, т.е. чтобы диод 16 переменного делителя находился в открытом состоянии, характеризуемом низким его внутренним сопротивлением ($r_i = 10 - 10^2 \text{ Ом}$), и ослабление напряжения сигнала, поступающего на второй каскад усилителя, было незначительным. Номиналы конденсатора 10 и резистора 11 выбираются из условия получения требуемой глубины параллельной отрицательной обратной связи, а номинал резистора 12 обусловлен требуемой величиной последовательной отрицательной обратной связи и составляющей тока, протекающего через резисторы 13, 14 и регулирующего напряжение смещения на входе транзистора 1. Ток коллектора транзистора 7 определяется потенциалом общей точки резонансного контура, резисторами 6, 20 и выбран с учетом оптимального усиления каскада ($K_u = 20 \div 60$) при условии соответствующего выбора номинала резистора 22.

С увеличением на входе усилителя напряжения сигнала происходит уменьшение по абсолютной величине напряжения регулировки отрицательной полярности, что приводит к уменьшению базового тока транзистора 1 и соответственно его эмиттерного и коллекторного тока в соответствии с формулой:

$$I_{o31} \cong I_{ок1} = \beta I_s \left(e^{\frac{q(U-\Delta U)}{kT}} - 1 \right), \quad (1)$$

где ΔU - полное изменение напряжения смещения на входе транзистора 1; β - коэффициент усиления транзистора 1, включенного по схеме ОЭ.

BY 10057 C1 2007.12.30

В результате происходит снижение коэффициента усиления транзистора 1, соответственно и каскада, поскольку транзистор 1 работает в области характеристик, где снижение по величине тока коллектора $I_{ок1}$ приводит согласно зависимости

$$S_q \cong \alpha I_{ок1} \quad (2)$$

к уменьшению его крутизны. Уменьшение тока $I_{ок1}$ приводит к повышению по абсолютной величине отрицательного потенциала общей точки резонансного контура за счет снижения падения напряжения на резисторе 9, в результате чего происходит, во-первых, возрастание тока, протекающего через резисторы 13 и 14 эмиттерной цепи транзистора 1, соответственно и падение напряжения на них, которое обеспечивает более эффективное запирающее транзистора 1, то есть более резкое снижение его коллекторного тока и динамической крутизны, во-вторых, эффективное уменьшение напряжения смещения на входе транзистора 7 ($I_{ок7} = \beta I_{б7} \cong \beta U_{о9} / R_6$, где $U_{о9}$ - изменение напряжения на резисторе 9), что также эквивалентно резкому снижению его коллекторного тока и динамической крутизны, в третьих, запирающее диода 16, поскольку отрицательный потенциал его анода по абсолютной величине становится больше, чем отрицательный потенциал катода. Запирающее диода 16 соответствует возрастание его внутреннего сопротивления в среднем до 10^6 Ом, а это приводит к изменению коэффициента деления переменного делителя, то есть к ослаблению напряжения сигнала, поступающего через конденсатор 19 на вход последующего (второго) каскада.

Последовательная и параллельная отрицательные обратные связи в первом усилительном каскаде дополнительно осуществляют повышение глубины регулировки усилителя и предотвращают искажение напряжения сигнала.

Таким образом, благодаря одновременной регулировке коэффициента передачи по току (крутизны) обоих каскадов усилителя и подключению их друг к другу через переменный делитель в предложенном усилителе можно получить большую глубину регулировки коэффициента усиления (до 120 дБ) при незначительном потреблении мощности от источника АРУ. Например, глубина регулировки коэффициента усиления двухкаскадного усилителя, собранного по предлагаемой схеме на транзисторах 1Т308Б и 2Т312Б, составляет 56 дБ при изменении мощности АРУ от 2,52 до 2,57 мВт.

Технико-экономические преимущества предлагаемого усилителя с регулируемым коэффициентом усиления напряжения в сравнении с усилителем-прототипом:

1. Существенно упрощается схема, снижается число ее элементов, например число транзисторов снижается с 12 до 2.
2. Более чем на порядок снижается мощность потребления от источника АРУ.
3. Более чем в три раза снижается мощность, потребляемая схемой от источника питания.

Источники информации:

1. Заявка Японии 52-27503, МПК H03 G 3/10, 1977.
2. Заявка Японии 51-38542, МПК H03 G 3/20, 1976.
3. Патент США 3999141, МПК H03 G 3/30, 1976.