**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПОВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

**ТАГАНРОГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

****

**Кафедра РЕС ЗиС**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**к курсовой работе**

**Расчёт дифференциального каскада с транзисторным источником тока**

**Выполнил**

**Студент гр. И-48 Сумин А. В.**

**Проверил**

**к. т. н. Доцент Халявко А. Н.**

**ТАГАНРОГ 1999**

Оглавление

Техническое задание …………………………………………………………… 2

Введение………………………………………………………………………… 4

Расчёт принципиальной электрической схемы по постоянному току……… 5

Заключение………………………………………………….…………………. 10

Список литературы……………………………………………………………. 11

Приложения………………………………………………….………………… 12

Техническое задание.

Вариант № 17

Рассчитать дифференциальный каскад с транзисторным источником тока:

* преобразовать принципиальную электрическую схему так, чтобы в ней остались только элементы, влияющие на режим работы по постоянному току;
* выбрать активные компоненты;
* выбрать напряжение источника питания;
* выбрать положения рабочих точек на характеристиках активных компонентов;
* рассчитать цепи схемы по постоянному току;
* выбрать номиналы и типы рассчитанных пассивных компонентов;
* рассчитать потребляемые усилителем ток и мощность;
* составить перечень элементов и изобразить их конструкции и расположения выводов.

Транзисторы типа **p-n-p.**

Изменение входного тока **Iвх = ±20 мкА.**

Принципиальная электрическая схема:

Введение.

-Епт

R1

R3

1

R5

1

R6

1

R8

1

R21

R4

1

R7

1

VT3

1

VT1

1

VT2

1

Вх.2

Вх.1

Вых.1

Вых.2

Дифференциальный усилительный каскад имеет два входа и усиливает разность напряжений, приложенных к ним. Если на оба входа подать одинаковое (синфазное) напряжение, то усиление будет чрезвычайно мало. Дифференциальный усилительный каскад не усиливает синфазный сигнал.

Дифференциальный каскад состоит из двух транзисторов, эмиттеры которых соединены и подключены к общему резистору Rэ.

Каскад абсолютно симметричен, т.е. сопротивление резисторов, входящих в каждое плечо, и параметры транзисторов одинаковы. В этом случае при равных входных сигналах токи транзисторов равны между собой.

-Епт

R1

1

R2

1

RЭ

1

VT2

1

VT1

1

Вх.2

Вх.1

Вых.1

Вых.2

Пусть входные напряжения получат одинаковые приращения разных полярностей ½ΔUВХ. В результате ток одного транзистора увеличится на ΔIК, а другого на столько же уменьшится. При этом результирующий ток через резистор RЭ останется без изменения. Постоянным будет и падение напряжения на нем.

Если входное напряжение изменить только на одном входе на ΔUВХ, то это приведёт к изменению тока через соответствующий транзистор. Если бы транзистор VT2 отсутствовал, транзистор VT1 был бы включен по схеме с ОЭ и ток в его цепи изменился бы на 2ΔIK. При этом падение напряжение на RЭ увеличилось бы на ΔU’Rэ

Но увеличение падения напряжения на резисторе RЭ приведёт к уменьшению разности потенциалов между базой и эмиттером транзистора VT2 и ток его уменьшится, причём изменение тока транзистора VT2 будет таково, что приращения напряжений эмиттер – база обоих транзисторов будут одинаковы. Следовательно, при увеличении UВХ1 на ΔUВХ потенциал эмиттера увеличится на ΔUВХ/2 что эквивалентно увеличению тока через резистор RЭ на ΔIK. При этом приращение напряжения база – эмиттер для транзистора VT1 равно ΔUВХ/2 и - ΔUВХ/2 для транзистора VT2. Ток каждого плеча изменится на ΔIK. Очевидно, что независимо от того, как на вход каскада подаются напряжения, токи транзисторов в первом приближении меняются одинаково.

Коэффициент усиления по напряжению дифференциального каскада при холостом ходе определяется как отношение разности выходных напряжений к разности входных:

KU = (UВЫХ1 - UВЫХ2)/( UВХ1 - UВХ2)

Расчёт принципиальной электрической схемы по постоянному току.

Напряжение питания каскада Еп 6 В (выбор Еп обосновывается позже).

Изменение входного переменного тока каскада Iвх 20 мкА

Преобразовывать принципиальную электрическую схему резисторного каскада не нужно т.к. все элементы влияют на режим работы по постоянному току.

Так как каскад дифференциальный, то его можно разделить на две части:

-Епт

R1

R3

1

R8

1

R21

R4

1

VT1

1

VT2

1

Вх.1

Вых.1

-Епт

R5

1

R6

1

R8

1

R4

1

R7

1

VT3

1

VT2

1

Вх.2

Вых.2

Каскад 1

Каскад 2

Каскад 2 будет зеркальным отображением каскада 1 поэтому достаточно рассчитать каскад 1, но с учётом того, что на коллектор VT2 поступает удвоенный ток эмиттера VT1.

Выбираем тип транзистора VT1. Для нормального режима работы транзистора необходимо выполнение условий:

Uкэ макс > Еп

Iб = (1,5…2) Iвх

Выполнение этого условия необходимо для того, чтобы при изменении входного тока транзистор не входил в режим запирания.

Pк макс > Pк0

Где Uкэ макс – максимально допустимое напряжение между коллектором и эмиттером;

Iб – ток базы в отсутствии сигнала;

Pк макс – максимально допустимая мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора;

Pк0 – мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора в рабочей точке.

Этим условиям соответствует транзистор **ГТ310А** со следующими параметрами:

Uкэ макс = 10 В

6 В < 10 В

Pк макс =20 мВт

( все условия проверяются позже).

Входная и выходная статистические характеристики транзистора **ГТ310А** приведены на рис. 1. На семействе выходных статистических характеристик проводим линии Uкэ макс, Iк макс и Pк макс, ограничивающие область нормальной работы транзистора.

Определяем величину тока базы (с учётом того, чтобы при изменении входного сигнала транзистор не попадал в режим отсечки)

Iб = 2∙│Iвх│ = 40 мкА

Для определения положения рабочей точки на семействе выходных статистических характеристик нужно задать Uкэ01. Разумно брать Uкэ01 минимальным т.к. тогда затраты на работу усилителя минимальны. Т.к. брать Uкэ01 < 1 В бессмысленно, при таком напряжении транзистор находится в нестабильной области, а мы ещё и имеем изменение входного тока. Поэтому возьмём Uкэ01 равным 2 В.

Uкэ01 = 2 В

Iк’

4

6

8

0

80

100

120

160

Iб,мкА

0,1

0,2

0,3

Uбэ,В

0 В

# 5 В

0

4

Iк,мА

6

8

Uкэ,В

ΔIб=20 мкА

Рк макс=20 мВт

Рис. 1

Uк’

Uк0

Iк0

Тогда

Iк01 = 1,9 мА Iэ1 = Iк01 + Iб1 = 1,9 мА + 0,08 мА = 1,98 мА

Ток коллектора транзистора **VT2** (рис. 2) будет равен удвоенному току эмиттера **VT1.**

Iк2 = 2∙Iэ1 = 2·1,98 мА = 3,96 мА

0

80

100

120

Iб,мкА

0 В

5 В

0,1

0,2

0,3

Uбэ,В

160

0

2

6

8

Iк,мА

4

6

8

Uкэ,В

Рк макс=20 мВт

ΔIб=20 мкА мВт

Uк0

Iк0

Рис. 2

Напряжение между эмиттером и землёй транзистора **VT1** рекомендовано считать (0,3…0,4) Епт (см [6], ст 10). Возьмём его равным 0,4 Епт.

Теперь следует выбрать Еп. Оно должно быть как можно меньше, чтобы не рассевалась лишняя мощность. Минимальное подходящее стандартное Еп=6В т.к. если взять Еп=5 В то 5·0,4 = 2 В и падение напряжения на резисторе R4 равно нулю т.к. 0,4·Еп - Uкэ02 = 2 В – 2 В = 0 В

Uэз = 6∙0,4 = 2,4 В

Тогда точка на прямой Uкэ (рис. 1) будет равна падению напряжения на **VT1** и **R3**, а так как мы знаем Uэз то:

Uк1’ = Еп – Uэз = 6 В – 2,4 В = 3,6 В

Iк’ < Iк макс (по графику нагрузочной прямой рис. 1)

Из графика видно, что при любом заданном изменении входного тока транзистор не выходит за эксплуатационные пределы.

Падение напряжения на резисторе R3 равно:

UR3 = Eпт – Uэз – Uкэ = 6 В – 2,4 В – 2 В = 1,6 В

Соответственно R3 = UR3/IK0 = 1,6 В/(1,9∙10-3) А= 842 Ом

Так же рекомендовано взять ток делителя равный пяти токам базы (см [6], ст 10):

Iб1 = 40 мкА

IR1 = 6∙Iб1 = 0,24∙10-3 А IR2 = 5·Iб1 = 0,2·10-3 А

Напряжение на резисторе R2 равно:

UR2 = Uэз + Uэб1 =2,4 В + 0,28 В = 2,68 В

т.к. Uэб1 = 0,28 В (по графику рис. 1)

Тогда R2 = UR2/IR2 = 2,68 В/0,2·10-3 А = 13,4 кОм

R1 =(Eпт – UR2)/IR1= (6 В – 2,68 В)/0,24·10-3 А = 13,8 кОм

Напряжение на резисторе R4 равно:

UR4 = 0,4·Eпт – Uкэ2 = 2,4 В – 2 В = 0,4 В

Iб2 = 0,08 мА (по графику рис. 2)

Iэ2 = Iк2 + Iб2 = 3,96 мА + 0.08 мА = 4,04 мА

R4 = UR4/ Iэ2 = 0,4 В/4,04·10-3 А = 100 Ом

По графику входных статистических характеристик:

Iб2 = 80 мкА IR8 = Iб2 = 80 мкА

Напряжение на резисторе R8 равно:

UR8 = Eпт – Uбэ2 – UR4 = 6 В – 0,3 В – 0,4 В = 5,3 В

R8 = UR8/Iб2 = 5,3 В/80·10-6 В = 66 кОм

Расчёт мощностей используемых элементов.

Мощность транзистора **VT1** в рабочей точке:

Pк0 = Iк0∙Uк0 = 3,8 мВт

Условие Pк макс > Pк0 выполняется.

Мощность транзистора **VT1** в рабочей точке:

Pк0 = Iк0∙Uк0 = 7,92 мВт

Условие Pк макс > Pк0 выполняется.

Мощности резисторов:

PR1 = IR1∙UR1 = 0,8 мВт

PR2 = IR2∙UR2 = 0,54 мВт

PR3 = IR3∙UR3 = 0,42 мВт

PR4 = IR4∙UR4 = 1,62 мВт

PR8 = IR8∙UR8 = 0,42 мВт

Потребляемая мощность равна

PП = IП∙EП = (IR1+ IR3+ IR5+ IR6+ IR8)∙EП = 26,2 мВт

Так как элементы R1 и R2, R3 и R5, VT1 и VT3 соответственно равны, то равны и все их параметры.

-Епт

Вх.2

Вх.1

Вых.1

Вых.2

R1

13,8k

R3

842

R5

842

R1

13,8k

R2

13,4k

R7

13,4k

R4

100

R8

66k

///

///

///

///

//

//

///

//

VT1

ГТ310А

VT3

ГТ310А

VT2

ГТ310А

Заключение.

Рассчитанный в данной работе дифференциальный усилитель имеет ряд преимуществ перед базовым (рассмотренным во введении) дифференциальным усилителем. Более стабильный источник тока т.к. ток подаётся через транзистор **VT2**. Наличие делителя тока делает усилитель стабильным при высоких и низких температурах. И вместе со всеми преимуществами усилитель потребляет сравнительно малую мощность что позволяет использовать маломощные элементы.

Список литературы.

1. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. Э. Т. Романычевой. 2-е изд., и доп. М.: Радио и связь, 1989 448с.
2. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Энергия, 1977 360с.
3. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник. М.: Радио и связь, 1989. 656с.
4. Резисторы: Справочник / Под общ. ред. И. И. Четверткова и В. М. Терехова. М.: Радио и связь, 1987 352с.
5. Остапенко Г. С. Усилительные устройства: Учеб. Пособие для вузов. М.: Радио и связь. 1989 400с.
6. А. В. Некрасов. Методические указания к курсовой работе по курсу электроника.

Приложения.

Эмиттер

База

Коллектор

Примечания

1

1

1

1

1

1

1

1

МЛТ-0,125-68 кОм ±5%

МЛТ-0,125-13 кОм ±5%

МЛТ-0,125-13 кОм ±5%

МЛТ-0,125-820 Ом ±5%

МЛТ-0,125-100 Ом ±5%

МЛТ-0,125-820 Ом ±5%

МЛТ-0,125-13 кОм ±5%

МЛТ-0,125-13 кОм ±5%

R8

R7

R6

R5

R4

R3

R2

R1

Резисторы

Кол.

Наименование

Поз.

обозна-

чение

Резистор **МЛТ**

Транзистор **ГТ310А**