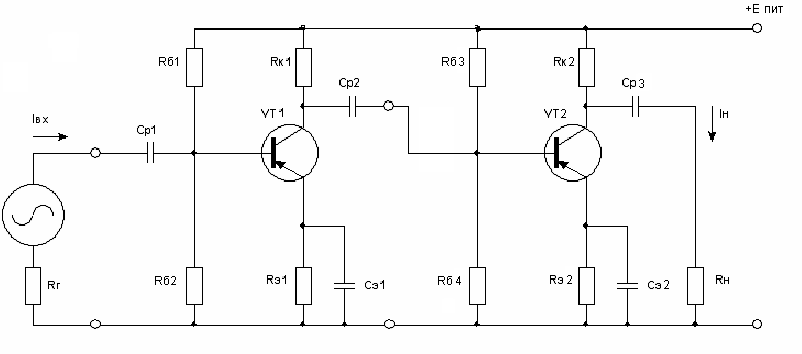
**Контрольное задание №1**

Исходные данные (Вариант №4):

|  |  |
| --- | --- |
| Еп, В | 9 |
| I0K, мА | 12 |
| U0КЭ, В | 4 |
| EГ, мВ | 50 |
| RГ, кОм | 0,6 |
| fН, Гц | 120 |
| fВ, кГц | 10 |
| M, дБ | 1 |
| tСМИН, оC | 0 |
| tСМАКС, оC | 35 |

Изобразим полную принципиальную схему предварительного каскада элементами связи с источником сигнала и последующим каскадом.



Выберем тип транзистора исходя из заданного режима его работы и частоты верхнего среза усилителя fВ

Еп=9В; I0K=12 мА; fВ=10кГц

Возьмем низкочастотный транзистор малой мощности. Например ГТ108А [3]. Это германиевый сплавной транзистор p-n-p типа.

Выпишем его основные параметры из справочника [3]:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Режим измерения | ГТ108А |
| h21ЭМИН | UКЭ=-5В; IЭ=1 мА; tС=20 оC | 20 |
| h21ЭМАКС | 55 |
| СК, пФ | UКБ=-5В; f=465 кГц | 50 |
| τК, нс | UКБ=-5В; f=465 кГц | 5 |
| fh21Э, МГц | UКЭ=-5В; IЭ=1 мА | 0,5 |
| IКБО, мкА | UКБ =-5В; tС=20 оC | 15 |

Рассчитаем параметры малосигнальной модели биполярного транзистора [1].

Среднее значение коэффициента передачи тока равно:

(1.1)



*h*21Э=33,2.

Выходная проводимость определяется как

(1.2)



*h*22Э=1,2\*10-4 См.

Здесь UA— напряжение Эрли, равное 70... 150 В у транзисторов типа р-n-р.

Объемное сопротивление области базы rБ можно определить из постоянного времени τК коллекторного перехода:

(1.3)



rБ=100 Ом

Дифференциальное сопротивление эмиттерного перехода определяется по формуле:

(1.4)



*r*Б’Э=74 Ом

где =2,2 Ом дифференциальное сопротивление эмиттера;



0,026 В — температурный потенциал при Т= 300 К;



m=1 — поправочный коэффициент, принимаемый примерно равным 1 для германиевых транзисторов.

Входное сопротивление транзистора:

(1.5)



*h*11Э=174 Ом

Емкость эмиттерного перехода равна:

(1.6)



*СБ’Э*=4,3 нФ

Проводимость прямой передачи:

(1.7)



*Y21Э*=0,191 См

Рассчитаем параметры эквивалентной схемы биполярного транзистора по дрейфу [1].

Минимальная температура перехода транзистора

(1.8)



где *PK*— мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора;

(1.9)



*PK*=48 мВт,

*RПС*=0,5 °С/мВт,

*tПmin*= 14,4°С.

Максимальная рабочая температура перехода:

*tПmax= tСmax+ RПС PK* (1.10)

*tПmax*=49,4°С

Значение параметра h/21Э транзистора при минимальной температуре перехода:

(1.11)



*h/21Э* =26,4.

Значение параметра *h//21Э* транзистора при максимальной рабочей температуре перехода:

(1.12)



*h//21Э* =52,3.

Изменение параметра Δh21Э в диапазоне температур:

(1.13)



*Δh21Э* =26

Изменение обратного тока коллектора в диапазоне температур:

(1.14)



*ΔIКБ0*=81 мкА,

где α — коэффициент, принимаемый для германиевых транзисторов в интервале 0,03— 0,035

Эквивалентное изменение тока в цепи базы в диапазоне температур:

(1.15)



*ΔI0*=0,4 мА

Эквивалентное изменение напряжения в цепи базы, вызванное изменением температуры окружающей среды:

(1.16)



*ΔU0*=0,12В

Рассчитаем элементы эммитерной стабилизации тока покоя транзистора:

Зададимся падением напряжением на сопротивлении RЭ в цепи эмиттера транзистора равным

*URЭ*=0,2Eп=1,8В (1.17)

Определим сопротивление этого резистора:

(1.18)



*RЭ*=150 Ом

а также сопротивление резистора в цепи коллектора:

(1.19)



*RК*=267 Ом

Округлим их значения до ближайших стандартных, они будут равны соответственно 150 Ом и 270 Ом

Зададимся допустимым изменением тока коллектора в диапазоне температур из условия

(1.20)



*ΔI0К=0,5I0K*=6 мА

При этом необходимо учитывать, что меньшее значение изменения этого тока приводит к увеличению тока, потребляемого резистивным делителем в цепи базы, к снижению входного сопротивления и ухудшению КПД каскада.

Исходя из требуемой стабилизации тока покоя каскада, определяют эквивалентное сопротивление в цепи базы транзистора:

(1.21)



*RБ*=4,2 кОм (стандартная величина – 4,3 кОм)

Рассчитаем ток базы в рабочей точке:

(1.22)



*IОБ*=0,36 мА

Пусть U0БЭ=0,3 В

Напряжение на нижнем плече резистивного делителя в цепи базы:

(1.23)



*URБ2*=2,1 В

Сопротивление верхнего плеча резистивного делителя в цепи базы:

(1.24)



*RБ1*=10 кОм (стандартная величина – 10 кОм)

Сопротивление нижнего плеча делителя в цепи базы:

(1.25)



*RБ2*=4,2 кОм (стандартная величина – 4,3 кОм)

Входные сопротивления рассчитываемого RВХ и последующего RВХ2= RН каскадов:

(1.26)



RВХ1=167 Ом

Выходное сопротивление каскада:

(1.27)



RВЫХ=260 Ом

Определим емкости разделительных (СР1 и СР2) и блокировочного (СЭ) конденсаторов. Эти конденсаторы вносят частотные искажения в области нижних частот примерно в равной степени. В связи с этим заданные на каскад частотные искажения *МН*(дБ) в децибелах целесообразно распределить поровну между данными элементами:



*МНСР1=МНСР2=МНСЭ=*0,33 дБ

Емкость первого разделительного конденсатора:

(1.28)



*СР1*=6,1 мкФ (стандартная величина – 6,2 мкФ)

Емкость второго разделительного конденсатора:

(1.29)



*СР2*=11 мкФ (стандартная величина – 10 мкФ)

Емкость блокировочного конденсатора в цепи эмиттера:

(1.30)



где

(1.31)



*М0*=7,7;

*СЭ*=238 мкФ (стандартная величина – 240 мкФ);

Сопротивление нагрузки каскада по переменному току:

(1.32)



=103 Ом



Коэффициент передачи каскада по напряжению:

(1.33)



*КU*=20

Сквозной коэффициент передачи по напряжению:

(1.34)



*КЕ*=4,2

Выходное напряжение каскада:

(1.35)



*UВЫХ*=213 мВ

Коэффициент передачи тока:

(1.36)



*Ki*=20

Коэффициент передачи мощности:

(1.37)



*KP*=383

Верхняя граничная частота каскада определяется по формуле:

(1.38)



где — эквивалентная постоянная времени каскада в области верхних частот.



Постоянную времени можно определить из выражения



(1.39)



где и — постоянные времени входной и выходной цепей соответственно.



Эти постоянные времени определяются по формулам

(1.40)



(1.41)



где *С0* — эквивалентная входная емкость каскада,

Сн — емкость нагрузки.

Эквивалентная входная емкость каскада включает емкость перехода база — эмиттер и пересчитанную на вход емкость перехода база — коллектор Ск :



(1.42)



*С0*=5,3 нФ;

=0,7 мкс; =0,5 мкс;



= 0,9 мкс.



fВ=180 кГц.

Определим частотные искажения в области верхних частот

(1.40)



*МВ*=0,013

и сравним их с заданным значением М. Т.к. условие выполняется, т.е. МВ(дБ)<М(дБ), следовательно расчет произведен верно.

**Контрольное задание №2**

тип схемы: 7;

тип транзистора: p-n-p - КТ363Б

Выпишем основные параметры заданных транзисторов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | КТ363Б |
| h21Эmin | 40 |
| h21Эmax | 120 |
| |h21Э| | 15 |
| fизм, МГц | 100 |
| τK, пс | 5 |
| CK, пФ | 2 |

Eг=1мВ; fc=10кГц; Rг=1кОм; Rн=1кОм; Сн=100пФ; Ср2=10мкФ.

Принципиальная схема анализируемого каскада с подключенными к ней источником сигнала и нагрузкой имеет вид:



Рассчитаем режим работы транзисторов по постоянному току, пусть Еп=10 В.

Расчет схемы по постоянному току проводится в следующем порядке. Рассчитаем ток делителя в базовых цепях транзисторов:

(2.1)



Определить потенциалы баз транзисторов:

(2.2)



(2.3)



Найдем потенциалы эмиттеров транзисторов:

(2.5)



(2.6)



Напряжение U0БЭ выбирается в интервале 0.5...0,7 В для кремниевых транзисторов, выберем U0БЭ=0,5В.

Рассчитаем ток в резисторе, подключенном к эмиттеру первого транзистора:

(2.7)



Рассчитаем ток коллектора в рабочей точке, для этого найдем сначала найдем среднее значение коэффициента передачи тока:

(2.8)



*h21Э*=69,

тогда:

(2.9)



(2.10)



Определим напряжение на коллекторе в рабочей точке:

(2.11)



(2.12)



По результатам расчета статического режима определяются параметры моделей первого и второго транзисторов:

Выходная проводимость определяется как

(2.13)



h221=1,3\*10-5 См, h222=1,2\*10-5 См.

Здесь UA— напряжение Эрли, равное 100... 200 В у транзисторов типа n-р-n. Примем UA=100В.

Предельная частота усиления транзистора по току определяется по единичной частоте усиления fТ:

(2.14)



Граничная частота fТ находится по формуле:

(2.15)



fТ1,2=1,5 ГГц;

=22 МГц.



Объемное сопротивление области базы rБ можно определить из постоянной времени τК коллекторного перехода транзистора, приводимой в справочниках:

(2.16)



rБ1,2=2,5 Ом.

Дифференциальное сопротивление эмиттерного перехода определяется по формуле:

(2.17)



*rБ’Э1*=2,2 кОм, *rБ’Э2*=2,2 кОм.

где дифференциальное сопротивление эмиттера;



0,026 мВ — температурный потенциал при Т= 300 К;



m — поправочный коэффициент, принимаемый примерно равным 1.5 для кремниевых транзисторов.

*rЭ1*=31 Ом, *rЭ2*=31 Ом.

Емкость эмиттерного перехода равна:

(2.18)



*СБ’Э1*=3,4 пФ; *СБ’Э2*=3,3 пФ

Определим коэффициент передачи по напряжению, входное и выходное сопротивление оконечного каскада, построенного по схеме с ОЭ.

Входное сопротивление транзистора VT2:

h112=rБ2+rБ’Э2=2,2 кОм (2.19)

Входное сопротивление каскада:



(2.20)



Выходное сопротивление каскада:

(2.21)



Сопротивление нагрузки каскада по переменному току:

(2.22)



Коэффициент передачи каскада по напряжению:

(2.23)



*KU2*=16

Определим коэффициент передачи по напряжению, сквозной коэффициент передачи по напряжению, входное и выходное сопротивления входного каскада. При этом необходимо учитывать, что нагрузкой входного каскада является входное сопротивление оконечного каскада. Входной каскад построен по схеме с ОЭ.

Входное сопротивление транзистора VT2:

*h111=rБ1+rБ’Э1=2,2 кОм* (2.24)

Входное сопротивление каскада:



(2.25)



Выходное сопротивление каскада:

(2.26)



(2.27)



Сопротивление нагрузки каскада по переменному току:

(2.28)



Коэффициент передачи каскада по напряжению:

(2.29)



*KU1*=32

Сквозной коэффициент передачи по напряжению:

(2.30)



Коэффициент передачи по напряжению всего усилителя определяется по формуле

*KU= KU1\* KU2*=500 (2.31)

Сквозной коэффициент передачи по напряжению KE всего усилителя определяется аналогично:

KЕ= KЕ1\* KU2=310 (2.32)

Входное сопротивление усилителя определяется входным сопротивлением входного каскада, а выходное – выходным сопротивлением оконечного каскада.

Постоянные времени в области нижних частот, связанные с разделительными конденсаторами Ср1, Ср2, определяются по формулам:

τН1=Ср1\*(Rг+ RВХ1)=13 мс (2.33)

τН2=Ср2\*(RВЫХ2+ Rн)=20 мс (2.34)

Постоянная времени в области нижних частот, связанная с блокировочным конденсатором Сэ, определяется по формуле:

τН3=СэRэ=30 мс (2.35)

Эквивалентная постоянная времени в области нижних частот равна

(2.36)



где *τНi,* *τНj* - эквивалентные постоянные времени каскада в области нижних частот связанные с i-м разделительным и j-м блокировочным и конденсаторами соответственно. *τН*=10 мс

Нижняя частота среза определяется по формуле:

(2.37)



В усилителе имеются три постоянных времени в области верхних частот, связанные с входными цепями входного и оконечного транзисторов и емкостью нагрузки:

*τВi=Сi\*Ri,* (2.38)

где Сi – емкость i-го узла относительно общего провода,

Ri – эквивалентное сопротивление i-го узла относительно общего провода.

Входная емкость транзистора в схеме с общим эмиттером равна:

(2.39)



(2.40)



*С01=*70 пФ, С02=37 пФ.

n (2.41)



(2.42)



(2.43)



Эквивалентная постоянная времени в области верхних частот равна

(2.44)



*τВ*=75 нс

Верхняя частота среза определяется по формуле:

(2.45)



*fВ*=2 МГц

**Литература**

1. . Войшвилло. Г. В. Усилительные устройства / Г. В. Войшвилло. — М. : Радио и связь, 1983.
2. . Титце, У. Полупроводниковая схемотехника. / У. Титце, К. Шенк. — М. : Мир, 1982.
3. . Галкин, В. И. Полупроводниковые приборы : справочник / В. И. Галкин, А. Л. Булычев, В. А. Прохоров. — 2-е изд. — Минск : Беларусь, 1987.