**ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (ПГУПС / ЛИИЖТ)**

**Кафедра:** "Автоматика и телемеханика на железных дорогах"

**ОТЧЕТ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**по дисциплине «Электронные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи».**

**Санкт-Петербург 2010**

**ЗАДАНИЕ № 1. Построить принципиальную схему однотактного резистивного трансформаторного усилителя и рассчитать его параметры**

**Исходные данные (шифр. 25):**

схема включения транзистора – ОБ;

ток эмиттера Iэ = 10 мА;

амплитуда входного сигнала Uвх = 0,1 В;

напряжение на коллекторе в рабочей точке U0 = 6 В;

напряжение источника питания Eк = 12 В.

**РЕШЕНИЕ**

**1.Принципиальная электрическая схема простейшего однотактного резистивного транзисторного усилителя, выполненного по схеме с общей базой (ОБ),** представлена на рис. 1.1а.

В транзисторном усилителе с **общей базой** (рис. 1.1а) источник входного сигнала Uвх подключен через разделительный конденсатор Ср к эмиттеру транзистора VT и общему проводу, соединенному с базой.

Эмиттерный переход транзистора VT открыт током, текущим от источника сигнала смещения G1через резистор Rэ . Коллекторный ток практически равен эмиттерному. Эти токи устанавливаются подбором резистора Rэ , но их можно и рассчитать, вычитая из напряжения источника смещения G1 примерно 0,6 В (напряжение база-эмиттер открытого кремниевого n-p-n транзистора) и поделив получившееся напряжение на Rэ.

Коллекторная цепь транзистора питается от основного источника питания G2 через сопротивление нагрузки Rн, величину которого выбирают таким, чтобы на нем "падало" около половины напряжения коллекторного питания - тогда на выходе можно получить наибольшую амплитуду усиленного сигнала.

Данный каскад не усиливает ток сигнала, поскольку коллекторный ток составляет около 0,99 эмиттерного. Но усиление по напряжению может быть значительным (порядка 100), поскольку в коллекторную цепь включено большее сопротивление. Таким же будет и усиление по мощности.

Однако входное сопротивление каскада очень низкое и составляет всего десятки-сотни Ом, так как вход усилителя нагружен на открытый эмиттерный переход, потребляющий значительный ток не только от источника питания G1, но и от источника сигнала. По этой причине данную схему включения не применяют в усилителях низкой, например звуковой, частоты.

Другой недостаток - необходимость дополнительного источника смещения, который, однако, можно заменить с помощью резисторных цепей смещения. Пример такого подхода представлен на схеме рис 1.1б, где условия работы транзистора в режиме постоянного тока (начальная рабочая точка) устанавливаются резисторами R1, и R2.

Достоинствами схемы с общей базой являются: отличная температурная стабильность и полное использование частотных свойств транзистора. Например, широко распространенный и дешевый транзистор серии КТ315, при использовании в данной схеме включения, может усиливать сигналы частотой до 250 МГц (граничная частота транзистора). На высоких частотах в качестве нагрузки чаще всего включают уже не резистор, а колебательный контур. Низкое же входное сопротивление хорошо согласуется со стандартными волновыми сопротивлениями коаксиальных кабелей 50 или 75 Ом. Схема с общей базой не вносит изменений в фазу сигнала между входом и выходом.

Благодаря всем этим особенностям область применения усилителя с общей базой сильно ограничена, однако эта схема обеспечивает усиление по напряжению и часто используется для усиления сигналов от источников с низким сопротивлением, таких, как микрофоны, различные датчики и антенны.

2. По значению напряжения источника питания (Ек = 12 В) и данным рабочей точки А (Iэ = 10 мА; U0 = 6 В) на семействе выходных характеристик усилителя (рис. 1.2) строим нагрузочную линию:

На основании рис.2 определяем значение выходного тока усилителя в точке А и сопротивление нагрузки Rн :

Rн = (Eк – U0) / Iвых = (12 – 6) / 0,009 = 666,7 Ом

**3. По данным выходной динамической характеристики** (точки пересечения НЛ со статическими характеристиками транзистора) с учетом семейства входных статических характеристик (рис.3) **определим параметры входных динамических характеристик усилителя Iвх = f(Uвх), Uвых = f(Iвх),** для чего в каждой точке пересечения НЛ с выходными статическими характеристиками транзистора определяем значения **Iвх** и **Uвых.** При этом:

**Iвх = Iэ; Iвых = Iк; Uвых = Eк – Uкб**

Пример определения параметров для режима точки А на семействе входных статических характеристик показан на рис.1.3.

В результате получим следующие данные (табл.1.1), по которым можно построить искомые входные динамические характеристики усилителя.

**Расшифровка данных таблицы 1.1: Uвх –** входное напряжение источника сигнала; **Iвх –** входной ток усилителя (ток эмиттера); **Iвых –** выходной ток усилителя (ток коллектора)**; Uк –** падение напряжения на сопротивлении Rк; **Uвых –** выходное напряжение усилителя.

**Ниже приведены графики входных динамических характеристик усилителя Iвх = f(Uвх), Uвых = f(Uвх)**

**4. По заданной амплитуде входного сигнала (Uвх м = 0,1 В) на основании таблицы 1.1 и рис. 2, 3, 4 определим для заданной рабочей точки:**

полный размах изменений входного тока:

**Iвх =Iвх max – Iвх min =16 – 6 = 10 мА;**

полный размах изменений выходного тока:

**Iвых =Iвых max – Iвых min = 15 – 5,2 = 9,8 мА**

полный размах изменений выходного напряжения:

** Uвых =Uвых max – Uвых min = 9,8 – 3,5 = 6,3 В**

коэффициенты усиления по току:

**Ki = Iвых /Iвх = 9,8/10 = 0,98**

напряжению:

**Ku = Uвых /Uвх = 6,3 / 0,2 = 31,5**

мощности:

**Kp = Ki Ku = 0,98 \* 31,5 = 31**

**ЗАДАНИЕ № 2 Используя значения h – параметров транзистора для схемы с ОБ и пересчетные формулы табл.4 определим значения h – параметров для схем с ОЭ и ОК**

**1.1 Заданные значения h – параметров транзистора для схемы с ОБ (вариант 5):** h21Б = - 0,95; h11Б = 20 Ом; h22Б = 0,000005 Сим; h12Б = 0, 0012;

**1.2 Полученные расчетным путем значения h – параметров транзистора для схемы с ОЭ:**

h21Э = - h 21Б /(1 + h 21Б ) = 0,95 /(1-0,95) = **19,0**;

h11Э = h 11Б /(1 + h 21Б ) = 20 / 0,05 = **400,0 Ом**;

h12Э = (h 11Б \* h22Б )/1 + h 21Б ) - h12Б = (20\*0,000005)/ 0,05 - 0,0012 = **0,0008**;

h22Э = h 22Б /(1 + h 21Б ) = 0, 000005 /0,05 = **0, 0001 Сим**;

**1.3 Полученные расчетным путем значения h – параметров транзистора для схемы с ОК:**

h21К = - 1/(1 + h 21Б ) = **- 20,0**;

h11К = h11Э = **400,0 Ом**;

h12К = 1;

h22К = h22Э = **0, 0001 Сим**;

**2. На основании полученных данных с помощью расчетных формул, предложенных в МУ, определим коэффициенты усиления по току Ki, напряжению KU, входное Rвх и выходное Rвых сопротивление для всех трех схем включения.**

Для удобства дальнейшего использования сведем значения полученных ранее **h** - параметров в единую таблицу 2.1:

**Вспомогательные расчеты:**

**Rвх б** = 24,172/ (1+0, 00012) = **23,75 Ом**

h = 0,000005\*20 – (0,0012\*(-0,95)) = + 0, 001192

h \* Rн = 4,172

**Rвх э** = (400,0 + 86,8)/ (1+0,35) = **360,6 Ом**

h = 0, 0001\*400 – 0,0008\*19 = 0,0248

h \* Rн = 86,8

**Rвх к** = (400+ 70140) / (1+0,35) = **52,252 кОм**

h = 0, 0001\*400 + 20 = 20,04

h \* Rн = 70,14 кОм

**Rвых б = (**20 + 75)/(0,001192 +0,000005\*75) = 105/ 0,004515 **= 60,625 кОм**

**Rвых э = (**400 + 75)/(0,0248 +0,0001\*75) = 475 / 0,0323 **= 14,706 кОм**

**Rвых к = (**400 + 75)/(20,04 +0,0001\*75) = 475 /33,33 = **23,7 Ом**

**Ki б =** - 0,95/(1+0,000005\*3500) **= - 0,93**

**Ki э =** 19/ (1+0,0001\*3500) **= 14,1**

**Ki к = -** 20/(1+0,0001\*3500) **= - 14,8**

**KUб =** 0,95\*3500/20 = **166,25**

**KUэ =** -19\*3500/400 = - **166,25**

**KUк =** 20\*3500/400 = **175,0**

Результаты расчета представлены ниже в таблице 2.2

Таблица 2.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **ОБ** | **ОЭ** | **ОК** |
| **Rвх** | 23,75 Ом | 360,6 Ом | 52,25 кОм |
| **Rвых** | 60,62 кОм | 14,7 кОм | 23,7 Ом |
| **Ki** | - 0,93 | 14,1 | - 14,8 |
| **KU** | 166,25 | - 166,25 | 175,0 |
| **Kp** | 154,6 | 2344,1 | 2590,0 |

Из сравнения параметров таблицы 2.2, можно сделать следующие выводы:

С точки зрения величин входного и выходного сопротивлений усилителя схема с ОБ является предпочтительной, так как весьма высокое входное сопротивление (малое потребление энергии от источника сигнала) сопровождается весьма низким выходным сопротивлением. В положительную сторону отличается данная схема и с точки зрения величин коэффициентов усиления.

**ЗАДАНИЕ 3.Для схемы рис. 3.1 (вариант 5) составим таблицу переключений**

Таблица переключений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Х1** | **Х2** | **Х3** | **У1** | **У2** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

**ЗАДАНИЕ 4**

1. Схема и заданные параметры (вариант 5) неинвертирующего операционного усилителя представлены на рис. 4.1.

**R1= 100 Ом; R2= 26 кОм; напряжение смещения Uоп = - 1 В; напряжение питания 5 В.**

2. На основании заданных параметров и схемы неинвертирующего операционного усилителя (рис. 4.1) определим его коэффициент усиления **Коу**.

**Коу = 1 + R2/R1 = 1 + 26000/100 = 261**

Амплитудная характеристика ОУ **представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат и описываемую уравнением Uвых = КоуUвх = 261Uвх с учетом того, что максимальное значение выходного сигнала ОУ не может превысить напряжение питания, то есть 5 В.**

Следовательно:

- **первая точка** амплитудной характеристики имеет координаты (**Uвх = 0; Uвх = 0);**

**- вторая точка** амплитудной характеристики имеет координаты (**Uвх = 5/261 = 0,02 В; Uвх = 5 В);**

**- изменение величины входного сигнала ограничено значением 20 мВ.**

**ЗАДАНИЕ 5**

**Вариант «5».** **Логический элемент на КМДП-транзисторах, реализующий функцию «ИЛИ-НЕ».**

Микросхемы на **КМДП-транзисторах** строятся на основе **МОП транзисторов с n- и p-каналами.** На рис.5.1 представлена схема элементарного инвертора, выполненного на базе такого КМДП-транзистора.

Один и тот же управляющий потенциал открывает транзистор с n-каналом и закрывает транзистор с p-каналом.

При формировании логической единицы открыт верхний транзистор, а нижний закрыт. В результате ток через микросхему не протекает. При формировании логического нуля открыт нижний транзистор, а верхний закрыт. Нои в этом случае ток через микросхему не протекает.

Принципиальная схема элемента "2ИЛИ-НЕ", выполненного на комплементарных МОП транзисторах.

**Логический элемент "ИЛИ-НЕ"**, выполненный на КМОП транзисторах, представляет собой параллельное соединение ключей с электронным управлением. При этом нагрузка подключается не к общему проводу схемы, а к источнику питания. Вместо резистора в качестве нагрузки используются p-МОП транзисторы.

В схеме логического элемента "2ИЛИ-НЕ" в качестве нагрузки используются последовательно включенные p-МОП транзисторы. В ней ток от источника питания на выход микросхемы будет поступать только если все транзистора в верхнем плече будут открыты, т.е. если сразу на всех входах будет присутствовать низкий потенциал. Если же хотя бы на одном из входов будет присутствовать уровень логической единицы, то верхнее плечо будет закрыто и ток от источника питания поступать на выход микросхемы не будет.

Таблица истинности, реализуемая этой схемой, приведена в таблице 2, а условно-графическое обозначение этих элементов приведено на рисунке 5.3.

В настоящее время именно КМДП микросхемы получили наибольшее развитие. Причём наблюдается постоянная тенденция к снижению их напряжения питания. Первые серии микросхем такие как К1561 (иностранный аналог C4000В) обладали достаточно широким диапазоном изменения напряжения питания (3..18В). При этом при понижении напряжения питания у конкретной микросхемы понижается её предельная частота работы. В дальнейшем, по мере совершенствования технологии производства, появились улучшенные микросхемы с лучшими частотными свойствами и меньшим напряжением питания.

Одной из важнейших особенностей КМДП микросхем является их большое входное сопротивление. В результате на изолированных входах такой цифровой микросхемы может наводиться и храниться достаточно высокий потенциал, что может привести к ложным срабатываниям микросхем и выходу их из строя. Поэтому, **входы КМДП микросхем ни в коем случае нельзя оставлять неподключенными!**