Федеральное агентство по образованию
Новгородский государственный университет
имени Ярослава Мудрого

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Схемотехника аналоговых электронных устройств»

Великий Новгород

2017

Лабораторная работа №1
Исследование температурных свойств простейших схем на основе полупроводниковых приборов

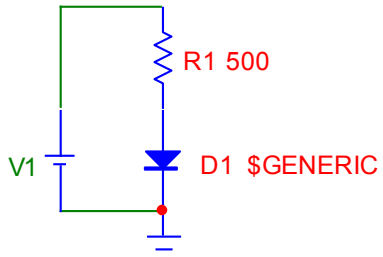
1) Анализ температурной зависимости ВАХ диода

Построить (моделированием) ВАХ диода при различных значениях температуры (в градусах Цельсия): T = -60°, 27°, 70°.

Оценить изменение напряжения на диоде ΔU_{AK} в заданном температурном диапазоне, сравнить с ожидаемым (предварительно рассчитанным) изменением ΔU_{AK}.

В качестве диода использовать модель $GENERIC (модель с обобщенными параметрами).

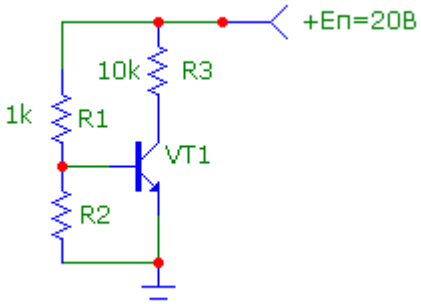
Схема для анализа:



Диапазон изменения напряжения входного источника **V1** = (0…10)В.

2) Исследование температурной стабильности простейшего усилителя с общим эмиттером (ОЭ) без обратной связи (усилителя с заземленным эмиттером – УЗЭ)

Схема для анализа:



В процессе моделирования подобрать значение сопротивления резистора R2, которое обеспечит напряжение на коллекторе транзистора $U_K = E_П/2$ при T = 27°C, и сравнить его с теоретически рассчитанным.

В качестве транзистора VT1 использовать модель $GENERIC_N ($\beta$ = 200 по умолчанию).

Построить (моделированием) график зависимости напряжения на коллекторе транзистора VT1 от температуры: $U_K = f(T)$. Оценить влияние β на зависимость $U_K = f(T)$.

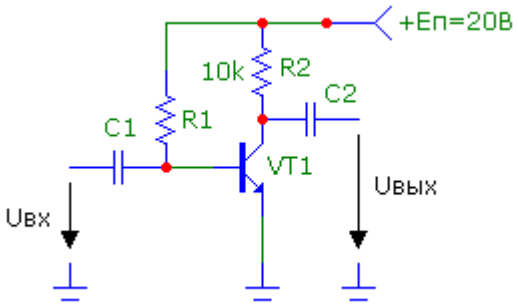
Рассчитать изменение температуры ΔT от исходного значения T = 27°C, при котором транзистор перейдет в режим насыщения. Сравнить с результатами моделирования.

Оценить основные динамические (малосигнальные) параметры УЗЭ – K_u, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

Лабораторная работа №2
Исследование схемы с общим эмиттером

1) Схема со стабильным базовым током

Схема для анализа:



Задано напряжение на коллекторе транзистора VT1 в рабочей точке $U_{КА} = E_П/2 =$ =10В; коэффициент передачи тока транзистора β = 200.

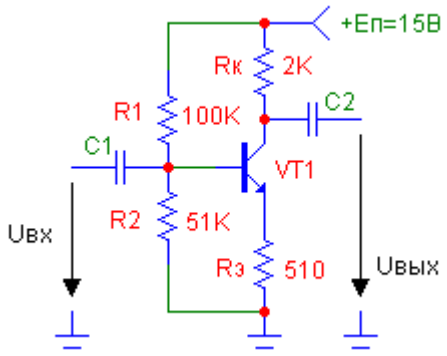
Требуется:

- определить сопротивление резистора R1, которое обеспечит напряжение на коллекторе транзистора $U_{КА} = E_П/2$ =10В, выполнив предварительный расчет и подобрав значение R1 моделированием;
- построить (моделированием) график зависимости напряжения на коллекторе транзистора VT1 от температуры: $U_{КА} = f(T)$, оценить влияние β на зависимость $U_{КА} =$ $=f(T)$;
- оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – K_u, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N (β = 200 по умолчанию).

2) Схема с общим эмиттером (ОЭ) и последовательной обратной связью (ОС) по току

Схема для анализа:



Коэффициент передачи тока транзистора β = 49.

Требуется:

- определить напряжение на коллекторе транзистора VT1 в рабочей точке $U_{КА}$, выполнив предварительный расчет, и сравнить с результатами моделирования;
- построить (моделированием) график зависимости напряжения на коллекторе транзистора VT1 от температуры: $U_{КА} = f(T)$, оценить влияние β на зависимость $U_{КА} =$ $=f(T)$,

- оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – K_u, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N, установив величину $\beta = 49$.

3) Схема с общим эмиттером (ОЭ) и последовательной обратной связью (ОС) по постоянному току

В схеме по п.2), которая обеспечивает ОС и постоянному, и по переменному току, зашунтировать резистор в цепи эмиттера Rэ конденсатором Сэ достаточно большой емкости (например, Сэ = 100 мкФ).

Требуется:

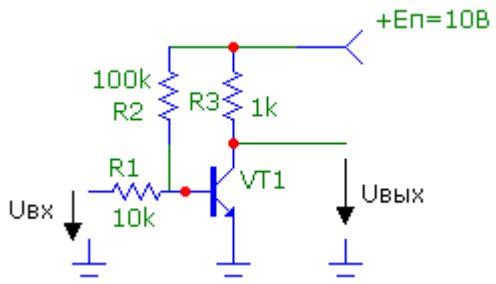
- построить (моделированием) график зависимости напряжения на коллекторе транзистора VT1 в рабочей точке от температуры: $U_{КА} = f(T)$;

- оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – K_u, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N с тем же значением величины $\beta = 49$, что и в п.2).

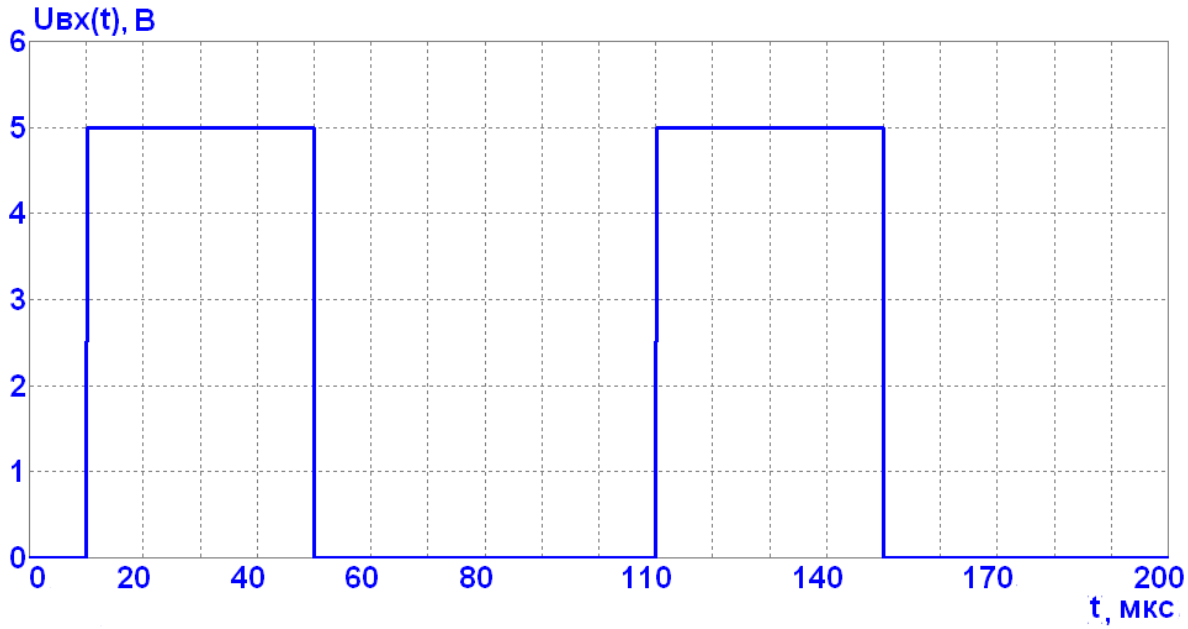
Лабораторная работа №3
Исследование ключевой схемы на биполярном транзисторе

Схема для анализа:



Коэффициент передачи тока транзистора β = 50.

Входной сигнал (напряжение) задан временной диаграммой (ВД) Uвх(t):



Требуется:

- полагая транзистор VT1 безынерционным, рассчитать и построить временную диаграмму (ВД) выходного сигнала (напряжения) Uвых(t) синхронно с ВД Uвх(t), сравнить с результатами моделирования;
- рассчитать и построить передаточную характеристику схемы по постоянному току Uвых = f(Uвх), сравнить с результатами моделирования (при расчете можно полагать, что транзистор переходит в режим отсечки при напряжении на эмиттерном переходе Uбэ = 0).

В качестве транзистора VT1 использовать модель 2N2222, установив величину β = 50.

Лабораторная работа №4
Исследование схемы с общим коллектором – ОК (эмиттерного повторителя – ЭП)

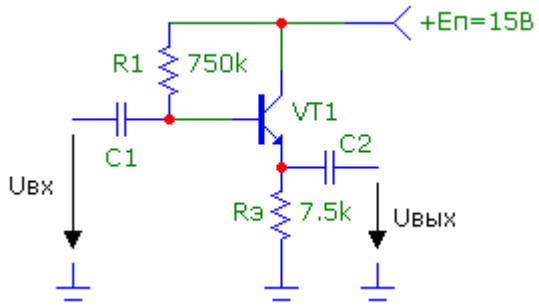
1) Разработать схему ЭП на основе биполярного транзистора структуры p-n-p.

Заданы: напряжение источника питания $E_П$ = 24В, ток коллектора транзистора в рабочей точке (ток коллектора покоя) $I_{КА}$ = 15мА, коэффициент передачи тока транзистора β = 60.

Требуется: построив схему ЭП и убедившись в ее работоспособности, оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве транзистора при моделировании использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_P, установив величину β = 60.

2) Дана схема для анализа:



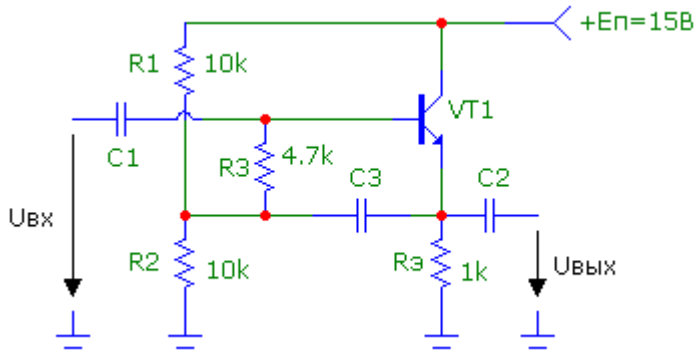
Коэффициент передачи тока транзистора β = 100.

Требуется оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N, установив величину β = 100.

3) ЭП со следящей обратной связью

Схема для анализа:



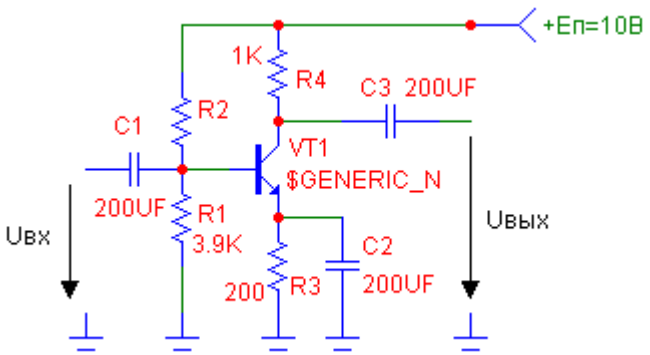
Коэффициент передачи тока транзистора β = 100.

Требуется оценить увеличение динамического (малосигнального) входного сопротивления данной схемы по сравнению с классическим ЭП, имеющим делитель напряжения из двух резисторов во входной цепи с теми же значениями сопротивлений R1 = R2 = 10кОм. Выполнить расчет и моделирование.

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N, установив величину $\beta = 100$.

Лабораторная работа №5
Исследование схемы с общей базой (ОБ)

1) Взять за основу схему (усилитель) с ОЭ и последовательной ОС по постоянному току:



Коэффициент передачи тока транзистора β = 200.

Требуется:

- определить сопротивление резистора R2, которое обеспечит постоянное напряжение на коллекторе транзистора (напряжение в рабочей точке) $U_{КА}$ = 6В, выполнив предварительный расчет и подобрав значение R2 моделированием;

- оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N (β = 200 по умолчанию).

2) Построить практическую схему усилителя с ОБ на основе схемы по п.2), обеспечив тот же самый режим по постоянному току (ту же самую рабочую точку – напряжение на коллекторе транзистора $U_{КА}$ = 6В)

Оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы ОБ – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

Лабораторная работа №6
Исследование схем на полевых транзисторах (ПТ)

1) Схема с общим истоком (ОИ) и последовательной обратной связью (ОС) по току

ПТ с управляющим p-n переходом и каналом n-типа используется в усилителе с ОИ и последовательной ОС по току.

Заданы: напряжение отсечки $U_{ОТС}$ = -2В; максимальный ток стока транзистора $I_{С\ MAX}$ = 1,8 мА; напряжение источника питания $E_П$ = 9В. Необходимо обеспечить параметры рабочей точки: ток стока $I_{СА} = I_{С\ MAX} / 2$; напряжение сток-исток $U_{СИА} = E_П / 2$.

Требуется:

- рассчитать режим работы схемы по постоянному току и параметры элементов схемы, сравнить с результатами моделирования;

- оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве ПТ с управляющим p-n переходом и каналом n-типа использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N, установив величину $U_{ОТС}$ = -2В.

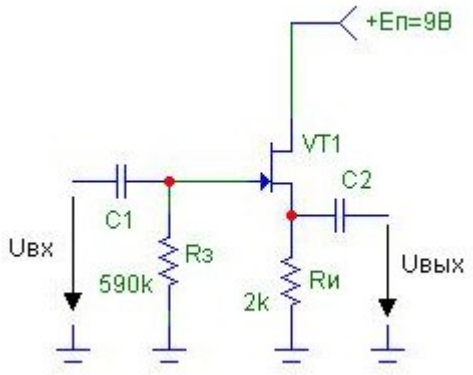
2) Схема с общим истоком (ОИ) и последовательной обратной связью (ОС) по постоянному току

В схеме по п.1) обеспечить ОС только по постоянному току, сохранив неизменными параметры рабочей точки. Оценить основные динамические (малосигнальные) параметры полученной схемы – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование.

В качестве ПТ с управляющим p-n переходом и каналом n-типа использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N с той же величиной $U_{ОТС}$ = -2В.

3) Схема (усилитель) с общим стоком – УОС (истоковый повторитель – ИП)

Схема для анализа:



Заданы: напряжение отсечки $U_{ОТС}$ = -6В; максимальный ток стока транзистора VT1 $I_{С\ MAX}$ = 20 мА. В рабочей точке обеспечивается ток стока $I_{СА} = 0{,}1I_{С\ MAX}$.

Требуется:

- оценить основные динамические (малосигнальные) параметры схемы – $К_u$, $r_{вх}$, $r_{вых}$, выполнив расчет и моделирование;

- оценить влияние сопротивления нагрузки $R_Н$, подключенной к выходу усилителя, на динамический коэффициент усиления по напряжению $К_u$ при двух значениях сопротивления нагрузки ($R_Н$ = 1 кОм, $R_Н$ = 100 Ом), выполнив расчет и моделирование;

- оценить (моделированием) влияние выходного сопротивления источника сигнала $r_{ист}$ (внутреннего сопротивления генератора $R_Г$) на выходное сопротивление $r_{вых}$ ИП, сравнить с аналогичным влиянием $r_{ист}$ ($R_Г$) на $r_{вых}$ ЭП (схемы ОК на биполярном транзисторе)

В качестве транзистора VT1 использовать модель с обобщенными параметрами $GENERIC_N, установив величину $U_{ОТС}$ = -6В.