

# Моделирование динамических характеристик биполярных транзисторов

## Лабораторная работа №205Д

Получить от преподавателя номер набора биполярных транзисторов.

В папке FRTK\#Gr\NAME\ создать проект с именем данной лабораторной работы (см. Методику моделирования).

Подключить библиотеки: SPECIAL, SOURCE и BIPOLAR.

Для OrCAD\_10.5\_DEMO подключить библиотеки: SPECIAL, SOURCE, EVAL и EVALAA. В DEMO версии доступны для моделирования только четыре n-p-n транзистора (Q2N2222, Q2N3904 из библиотеки EVAL и 2N2222, 2N5058 из библиотеки EVALAA) и три p-n-p транзистора (Q2N2907, Q2N3906 из библиотеки EVAL и BFT93 из библиотеки EVALAA).

### 1. Задание к допуску

- 1.1. Начертить в тетради схему моделирования коэффициента передачи тока транзисторов в схеме с общей базой в зависимости от частоты переменной составляющей тока эмиттера (рис.1.8).

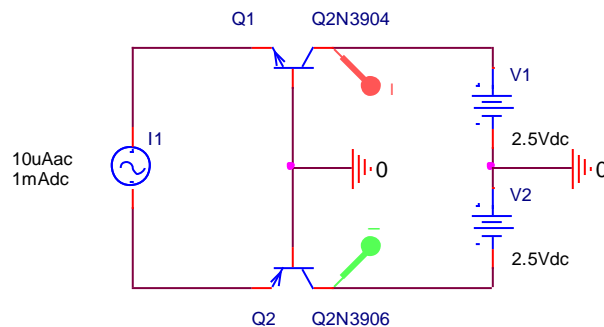


Рис.1.1 Схема моделирования частотной зависимости коэффициента передачи тока в схеме с общей базой

- 1.2. Начертить в тетради схему моделирования коэффициента передачи тока транзисторов в схеме с общим эмиттером в зависимости от частоты переменной составляющей тока базы (рис.1.9).

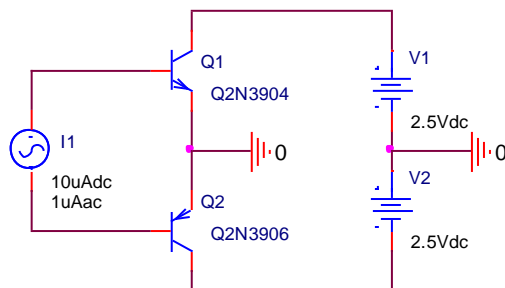


Рис.1.2 Схема моделирования частотной зависимости коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером

- 1.3. Начертить в тетради схему моделирования барьерной емкости (рис.1.10).

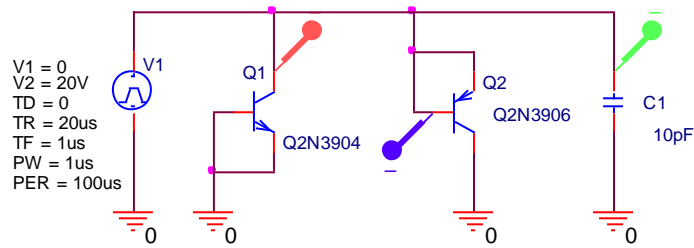


Рис.1.3 Схема моделирования барьерной емкости

1.4. Начертить в тетради схему моделирования диффузионной емкости (рис.1.11).

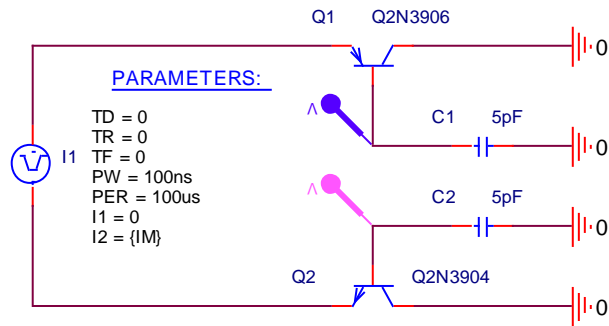


Рис.1.4 Схема моделирования диффузионной емкости

1.5. Начертить в тетради схему моделирования процесса переключения транзисторов током базы (рис.1.12).

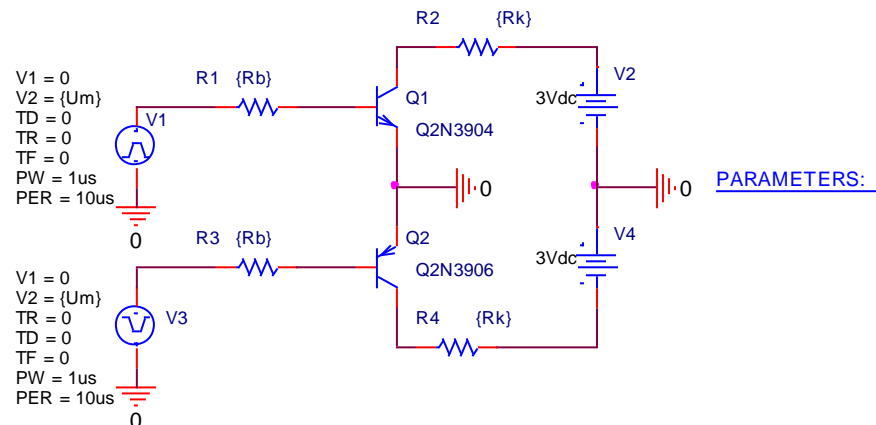


Рис.1.5 Схема моделирования процесса переключения транзисторов током базы

1.6. Начертить в тетради схему моделирования процесса переключения **pn** диода (рис.1.13).

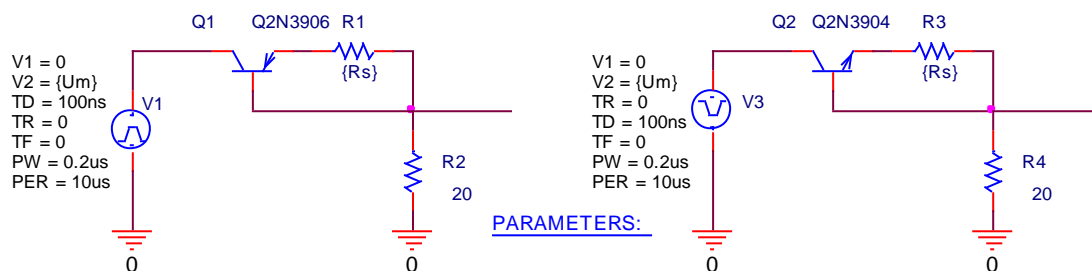


Рис.1.6 Схема моделирования процесса переключения pn диода

## 2. Задание к выполнению работы

2.1. Составить схему рис.1.1 моделирования коэффициента передачи тока транзисторов в схеме с общей базой в зависимости от частоты переменной составляющей тока эмиттера. Установить постоянную составляющую источника переменного тока **IDC I1** равной 1mA<sub>dc</sub>, а переменную 10uA<sub>ac</sub>, задание на моделирование переключить на режим сканирования по частоте (**AC Sweep/Noise**) с логарифмической шкалой при начальной частоте 10k, конечной частоте 1G и числом точек на декаду 100.

Получить зависимости токов коллекторов транзисторов от частоты. Построить графики коэффициентов передачи токов в децибелах  $20 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{IC}(\text{Q1}, \text{Q2})/10\mu\text{A})$  или, что то же, **DB(IC(Q1,Q2)/10uA)**. Определить частоты, при которых коэффициент передачи уменьшается до -3dB. Перерисовать полученные графики в тетрадь.

2.2. Составить схему рис.1.2 моделирования коэффициента передачи тока транзисторов в схеме с общим эмиттером в зависимости от частоты переменной составляющей тока базы. Установить постоянную составляющую источника переменного тока **IDC I1** равной 10uA<sub>dc</sub>, а переменную 1uA<sub>ac</sub>

Получить зависимости токов коллекторов транзисторов от частоты в диапазоне от 10k до 1G. Для каждого транзистора измерить  $\text{IC}(\text{Q1}/\text{Fmin})$ ,  $\text{IC}(\text{Q2}/\text{Fmin})$  на нижней границе диапазона сканирования. Построить графики коэффициентов передачи токов в децибелах **DB(IC(Q1,Q2)/IC(Q1,Q2/Fmin))**. Определить частоты, при которых коэффициент передачи уменьшается до -3dB. Перерисовать полученные графики в тетрадь.

2.3. Составить схему рис.1.3 моделирования барьерной емкости. При крутизне фронта импульса генератора **VPULSE V1** равной 1V/us ( $V1=0$ ,  $V2=20\text{V}$ ,  $\text{TD}=0$ ,  $\text{TR}=20\mu\text{s}$ , ...) 1uA тока соответствует емкости 1pF. Задание на моделирование переключить в режим **Time Domain (Sweep)**, при времени моделирования (**Run to time**) 20us с шагом 1ns, получить временные диаграммы токов транзисторов и контрольного конденсатора C1 с емкостью 10pF. Перерисовать полученные временные диаграммы в тетрадь.

2.4. Составить схему рис.1.4 моделирования диффузионной емкости. Создать глобальный параметр для амплитуды импульса тока I2 генератора **IPULSE I1** ( $\text{I2}=\{\text{IM}\}$ ). При времени моделирования 200ns с шагом 0.1ns для трех значений глобального параметра **IM** (10mA 30mA 100mA) получить временные диаграммы напряжений на базах транзисторов. Перерисовать полученные временные диаграммы в тетрадь.

2.5. Составить схему рис.1.5 моделирования процесса переключения транзисторов током базы. Создать глобальные параметры для: амплитуды импульса генераторов импульсов **VPULSE V1** и **V2** ( $V2=\{\text{Um}\}$ , 3V), сопротивлений резисторов R1, R3 ( $\{\text{Rb}\}$ , 5.1k), R2, R4 ( $\{\text{Rk}\}$ , 1k). При времени моделирования 4us с шагом 1ns для двух значений глобального параметра **Rk** (1, 1k) получить временные диаграммы токов баз и коллекторов транзисторов, а также напряжений на них. Перерисовать полученные временные диаграммы в тетрадь.

Проследить (без перерисовывания) влияние сопротивления **Rb** или амплитуды **Um** на временные диаграммы токов и напряжений.

2.6. Составить схему рис.1.6 моделирования процесса переключения **pn** диода. Создать глобальный параметр  $\{\text{Rs}\}$  для R1 и R3 с номинальным значением 1 (Ом).

2.6.1 При времени моделирования 400ns с шагом 1ns для двух значений глобального параметра **Rs** 1(Ом) и 1000k получить временные диаграммы на резисторах R2, R4. Перерисовать полученные временные диаграммы в тетрадь.

2.6.2. Повернуть зеркально (горизонтально) транзисторы и при тех же условиях получить временные диаграммы на резисторах R2, R4. Перерисовать полученные временные диаграммы в тетрадь.

### 3. Задание к сдаче работы

- 3.1. Можно ли использовать переход эмиттер база транзистора для высоковольтного выпрямителя?
- 3.2. Как зависит от температуры коэффициент передачи переменной составляющей тока эмиттера в ток коллектора транзисторов в схеме рис.1.8?
- 3.3. Как зависит от температуры коэффициент передачи переменной составляющей тока базы в ток коллектора транзисторов в схеме рис.1.9?
- 3.4. Можно ли использовать схему рис.10 для измерения барьерной емкости перехода эмиттер база?
- 3.5. Можно ли использовать в схеме рис.11 инверсное включение транзисторов?
- 3.6. Как повлияет на процесс переключения транзисторов в схеме рис.12 присоединение конденсаторов параллельно резисторам R1 и R3?
- 3.7. Можно ли по временным диаграммам пункта 2.12 оценить барьерную емкость коллектор база транзистора?
- 3.8. Можно ли использовать переход эмиттер база транзистора для высоковольтного выпрямителя?

#### Список литературы

1. Б.Н.Митяшев. Полупроводниковые приборы. Изд.МФТИ, 1978.
2. А.С.Терентьев. Биполярный транзистор. Изд.МФТИ, 2006.
3. В.П.Псурцев. Моделирование электронных схем.