

Методические рекомендации к выполнению задания № 2 "Дифференциальный каскад"

1. Цель работы.

Исследование электрической схемы и функциональных характеристик дифференциального каскада на биполярных транзисторах.

2. Исходные данные.

Исходные данные индивидуализируются на уровне выбора элементов схемы дифференциального каскада.

Функциональная схема дифференциального каскада показана на рисунке 1. В её состав входят четыре транзистора (одного типа), три сопротивления, два источника питания с напряжениями E_1 и E_2 и источник входного напряжения u_1 . Выходное напряжение – u_2 .

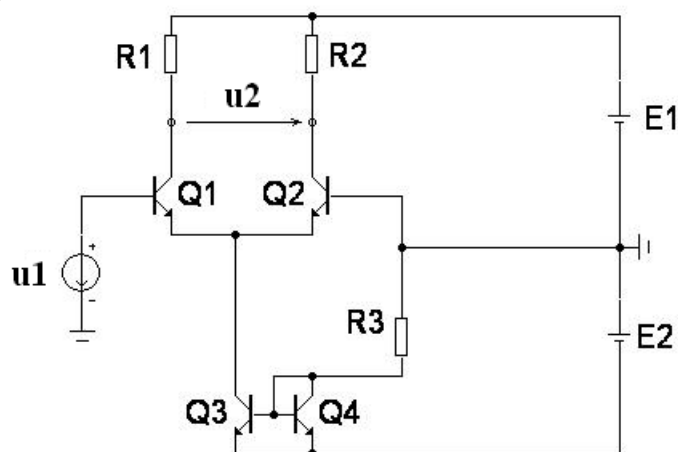


Рисунок 1 - Функциональная схема дифференциального каскада

Тип транзисторов задаются преподавателем индивидуально для каждого студента. Также преподаватель определяет величину рабочего тока I_0 дифкаскада для студента в диапазоне от 10 мкА до 10 мА, и величины напряжений источников питания: 2,5; 3,6; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; или 15,0 В. Значения сопротивлений определяются по следующим формулам:

$$R = R_1 = R_2 = \frac{E_1}{I_0}; \quad R_3 = \frac{E_2 - 0,6}{I_0}.$$

Напряжение 0,6 В оценивает падение напряжения на электродах база-эмиттер транзисторов Q_3 и Q_4 .

Мгновенные значения входного напряжения u_1 должны находиться в интервале значений -0,2 ... 0,2 В.

3. Задание на работу

3.1. Определение математической модели и функциональной характеристики $u_2(u_1)$ дифференциального каскада на биполярных транзисторах.

3.2. Схемотехническое моделирование дифференциального каскада с целью получения функциональной характеристики.

3.3. Исследование преобразования входного гармонического колебания $u_1(t)$ дифференциальным каскадом. Определить коэффициент усиления напряжения в линейном режиме.

4. Методические рекомендации

Выполнение задания рекомендуется проводить в следующей последовательности.

4.1. Из библиотеки транзисторов программы *Micro Cap* для заданного типа транзисторов определяется величина обратного тока перехода база-эмиттер *ISE*, вводимая в программу для математического моделирования дифкаскада, представленную на рисунке 2. Значение коэффициента α **выбирается** студентом самостоятельно в интервале от 0,90 ($I_0=10$ мкА) до 0,99 ($I_0=10$ мА).

Переменная E в программе равна E_I ; $\varphi = 0,025$ В, $\Delta u_I = u_I$.

Дополнительно определяется крутизна функциональной характеристики дифференциального каскада при $u_I = 0$.

4.2. Схемотехническое моделирование программой *Micro Cap* позволяет получить (режим анализа – DC) функциональную характеристику дифференциального каскада в виде, показанной на рисунке 3. С помощью маркеров считываются значения выходного напряжения для двух (равных по модулю) значений входного напряжения, соответствующих величинам, используемым для сравнения результатов на рисунке 1.

4.3. При исследовании преобразования гармонического колебания дифференциальным каскадом варьируется амплитуда входного колебания, значения которой выбираются равными: 0,02; 0,06 и 0,1 В. Моделирование проводится программой *Micro Cap* в режиме анализа "Transient" с использованием операции "Stepping" изменения амплитуды входных колебаний. Результат моделирования показан на рисунке 4. Визуально оцениваются искажения формы выходных колебаний, и с помощью маркеров определяется амплитуда колебания с минимальными искажениями формы.

Коэффициент усиления рассчитывается в виде отношения амплитуд выходного и входного колебаний:

$$K_u = \frac{U_{\hat{u}_2}}{U_{\hat{u}_1}}$$

Полученный коэффициент усиления сравнивается с крутизной характеристики дифференциального каскада, рассчитанного ранее (п.4.2).

Параметры элементов

$R := 10000$ $\alpha := 0.95$ $I_{oe} := 10^{-10}$ $\phi := 0.025$ $I_o := 0.001$ $E := 10$

$\Delta u1 := -6 \cdot \phi, -5.9 \cdot \phi .. 6 \cdot \phi$ *Диапазон изменения входного напряжения*

$ie1 := \frac{I_o}{2}$ $ie2 := \frac{I_o}{2}$ $ube1 := 0.5$ $ube2 := 0.5$ $u2 := 0$ *Начальное приближение*

Given *Оператор решения системы уравнений*

$$ie1 + ie2 = I_o$$

$$\alpha \cdot R \cdot (ie2 - ie1) - u2 = 0$$

$$ube1 - ube2 - \Delta u1 = 0$$

$$ie1 - I_{oe} \cdot \left(\exp\left(\frac{ube1}{\phi}\right) - 1 \right) = 0$$
 Макромодель дифференциального каскада

$$ie2 - I_{oe} \cdot \left(\exp\left(\frac{ube2}{\phi}\right) - 1 \right) = 0$$

$z(\Delta u1) := \text{Find}(ie1, ie2, ube1, ube2, u2)$ *Поиск решения по 5 переменным*

$u2(\Delta u1) := z(\Delta u1)_4$ *Выделение требуемой зависимости*

$$u(\Delta u1) := \alpha \cdot E \cdot \frac{1 - \exp\left(\frac{\Delta u1}{\phi}\right)}{1 + \exp\left(\frac{\Delta u1}{\phi}\right)}$$
 Точное решение
Сравнение результатов

$$u2(0.05) = -7.235 \quad u(0.05) = -7.235$$

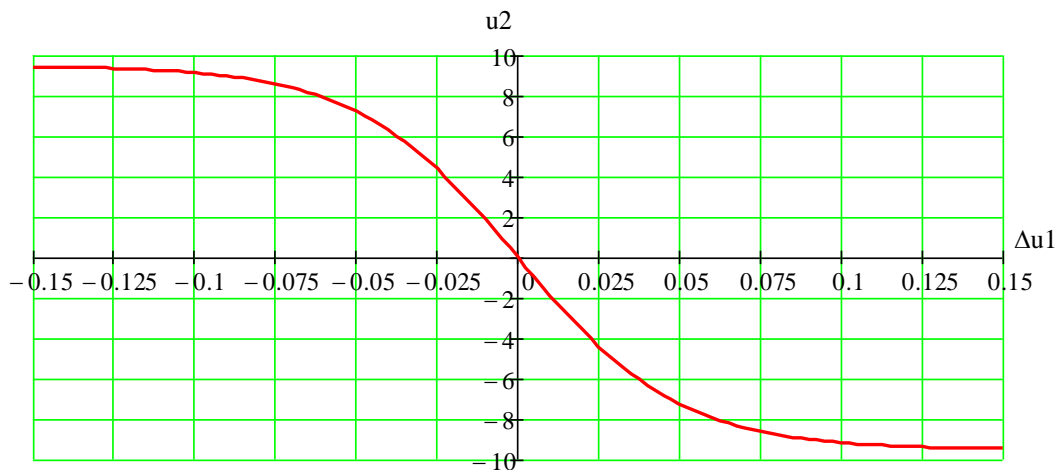


Рисунок 2 - Программа расчёта дифференциального каскада

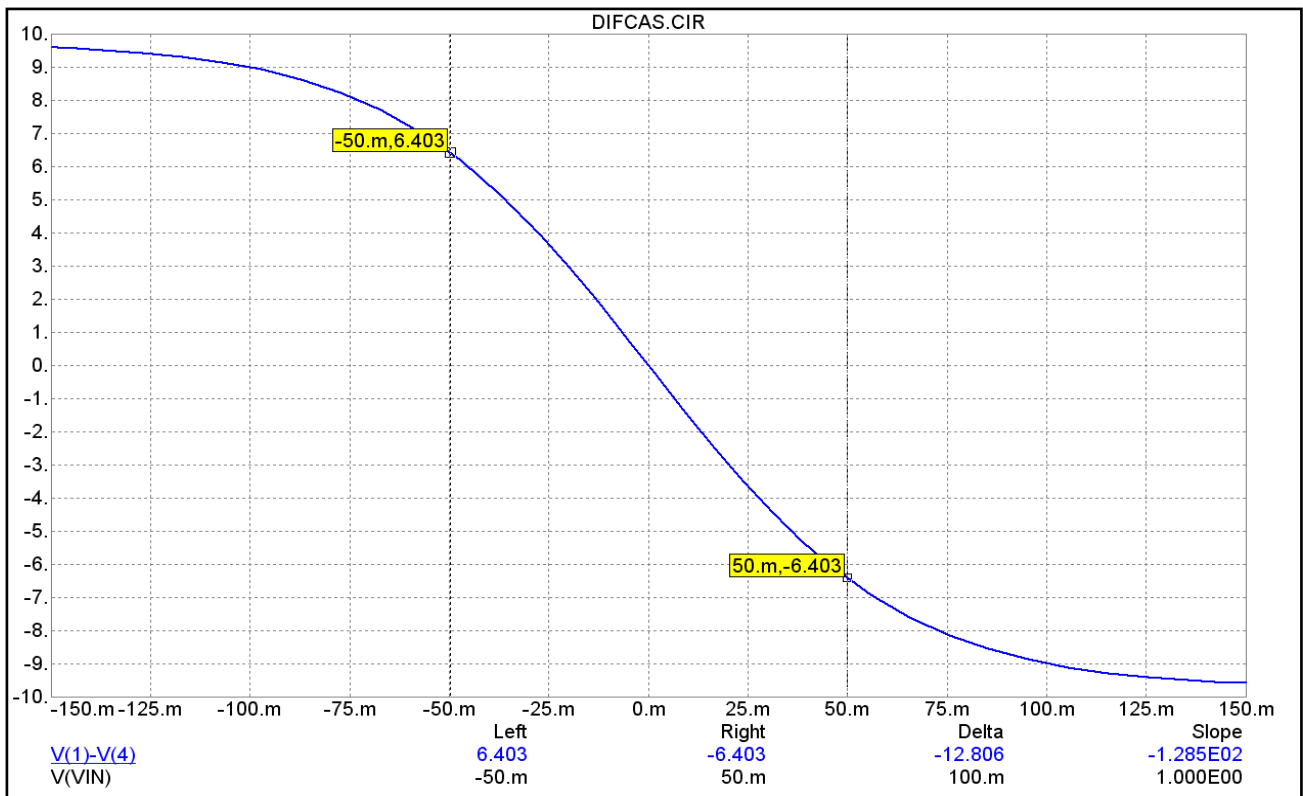


Рисунок 3 - Функциональная характеристика дифференциального каскада

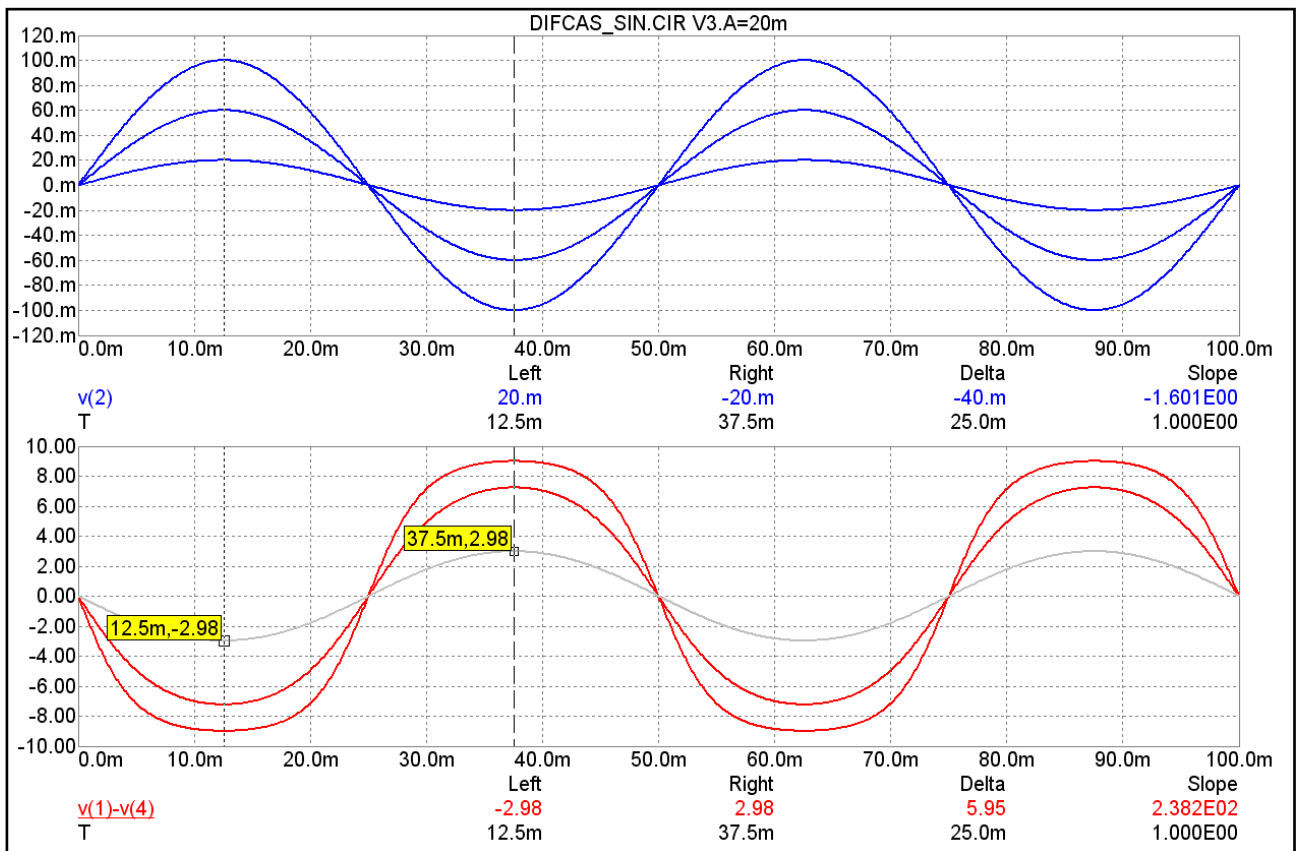


Рисунок 4 - Преобразование гармонического колебания дифференциальным каскадом

4. Содержание отчёта по заданию

Отчёт должен содержать:

- Название и цель работы.
- Исходные данные.
- Электрическую схему.
- Программу и результаты расчёта функциональной характеристики.
- Результаты схемотехнического моделирования.
- Выводы по полученным результатам работы.
- Экспертная оценка результатов выполнения задания

5. Ориентировочная трудоёмкость работы

5.1. Аудиторные занятия – 4 часа.

5.2. Самостоятельная работа вне аудиторий – 8 часов.

6. Экспертиза результатов выполнения задания

Эксперт - студент группы РК-4_

Контрольный вопрос эксперта:

Ответ на контрольный вопрос:

Достоверность результатов	Качество графиков	Техническая грамотность выводов	Оценка ответа на контрольный вопрос	Итоговая оценка выполненного задания