

Работа 3.3. Усилительный каскад на МОП-транзисторе, включенном по схеме с общим истоком

Схема усилителя на МОП-транзисторе, включенном по схеме с общим истоком, показана на рис. 3.3.1.

Резистор R_r учитывает сопротивление источника сигнала. Конденсаторы C_1 и C_2 являются разделительными. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель, определяющий напряжение затвора. Резистор $R_{и}$ является цепью отрицательной обратной связи.

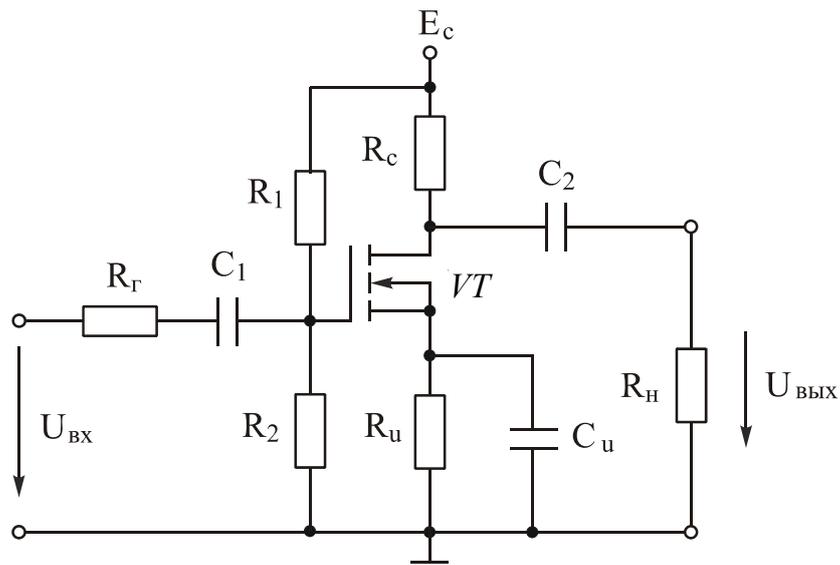


Рис. 3.3.1

Расчет постоянных составляющих токов и напряжений рассмотрим на примере. В схеме усилителя на рис. 3.3.1 $R_1 = R_2 = 10 \text{ МОм}$, $R_c = 6 \text{ кОм}$, $R_{и} = 6 \text{ кОм}$, $E_c = 10 \text{ В}$. Параметры транзистора: $b = 1 \text{ мА/В}^2$, $U_0 = 1 \text{ В}$. Заменяя конденсаторы разрывом, получим расчетную схему, показанную на рис. 3.3.2.

Решение. Поскольку ток затвора МОП-транзистора равен нулю, напряжение затвора U_3 найдем как напряжение на выходе делителя напряжения R_1 – R_2 :

$$U_3 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_c = \frac{10}{10 + 10} 10 = 5 \text{ В.}$$

Примем, что транзистор находится в режиме насыщения. Если в результате расчетов наши предположения не подтвердятся, мы проведем повторный анализ для триодного режима.

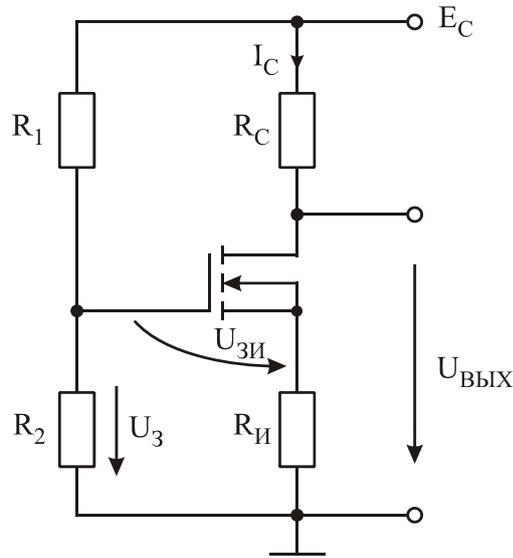


Рис. 3.3.2

Из уравнения для контура, включающего R_2 , R_E и цепь затвор – исток, получим

$$U_{зи} = U_3 - R_E I_c.$$

Ток стока

$$I_c = \frac{1}{2} b (U_{зи} - U_0)^2.$$

Подставляя числовые значения, получим квадратное уравнение

$$18I_c^2 - 25I_c + 8 = 0.$$

Корни этого уравнения $I_{c1} = 0.89 \text{ мА}$, $I_{c2} = 0.5 \text{ мА}$.

Первый корень не имеет физического смысла, так как в этом случае напряжение стока относительно земли $U_c = E_c - R_C I_{c1} = 10 - 6 \cdot 0.89 = 4.66 \text{ В}$ меньше напряжения затвора. Следовательно, решением является второй корень, т. е. $I_c = 0.5 \text{ мА}$. Напряжение истока $U_E = R_E I_c = 6 \cdot 0.5 = 3 \text{ В}$. Напряжение затвор-исток $U_{зи} = U_3 - U_E = 5 - 3 = 2 \text{ В}$. Напряжение стока $U_c = E_c - R_C I_{c1} = 10 - 6 \cdot 0.5 = 7 \text{ В}$.

Напряжение стока $U_c > U_3 - U_0$, следовательно, транзистор работает в режиме насыщения, как мы и предполагали.

Определим коэффициент усиления переменной составляющей напряжения, воспользовавшись моделью для режима малого сигнала. Исключая постоянный источник и замыкая накоротко зажимы конденсаторов, получаем эквивалентную схему усилителя для малого сигнала (рис. 3.3.3). Передаточная проводимость g_m определяется соотношением $g_m = \sqrt{2bI_c}$

$$\text{Сопротивление } R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Напряжение затвор-исток

$$u_{зи} = \frac{R_{12}}{R_{\Gamma} + R_{12}} u_{вх}.$$

Сопротивление R_{12} составляет несколько МОм и значительно больше сопротивления источника сигнала. Поэтому можно считать, что $u_{зи} \approx u_{вх}$.
Выходное напряжение

$$u_{вых} = -g_m R_c \parallel R_H u_{вх}.$$

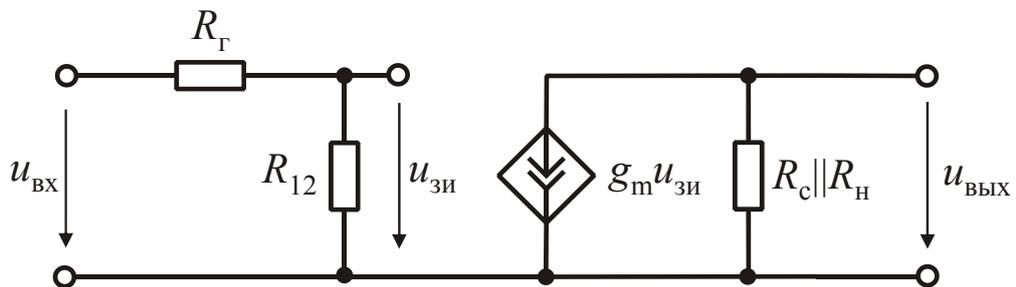


Рис. 3.3.3

Коэффициент усиления переменной составляющей напряжения

$$K_U = -g_m R_c \parallel R_H.$$

Биполярные транзисторы имеют большее значение передаточной проводимости g_m , чем полевые транзисторы. Поэтому усилитель на МОП-транзисторе обеспечивает меньшее значение K_U , чем усилитель на биполярном транзисторе.

Рекомендации по сборке схемы усилителя

При сборке схемы использовать модель МОП-транзистора с индуцированным каналом *n*-типа IRF150 из библиотеки EVAL.slb. Примеры схем можно найти в файлах W3_3_1, W3_3_2 в папке Electronics\Labs.

Рекомендуемая литература

1. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 790 с.
2. Быстров, Ю. А. Электронные цепи и микросхемотехника: учеб. / Ю. А. Быстров, И. Г. Мироненко. – М.: Высш. шк., 2002. – 384 с.: ил.
3. Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие для вузов / И.П. Степаненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. – 488 с.: ил.
4. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
5. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. Пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.