

Работа 3.2. Цепи смещения МОП-транзисторов

Эффективным способом стабилизации рабочей точки МОП-транзистора является включение резистора обратной связи в цепь истока (рис. 3.2.1).

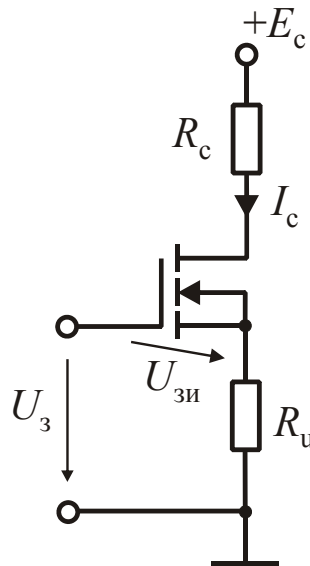


Рис. 3.2.1

Для цепи на рис. 3.2.1 справедливо равенство

$$U_з = U_{зи} + R_u I_c.$$

Предположим, что ток стока по какой-либо причине увеличился. Поскольку напряжение затвора постоянно, напряжение $U_{зи}$ должно уменьшиться, что приведет к уменьшению I_c . Таким образом, резистор R_u выполняет функции цепи отрицательной обратной связи.

3.2.1. Классическая цепь смещения МОП-транзистора

Классическая цепь смещения МОП-транзистора показана на рис. 3.2.2. Делитель напряжения $R_1 - R_2$ формирует напряжение затвора. Поскольку ток затвора МОП-транзистора ничтожно мал, сопротивления резисторов можно выбрать очень большими, порядка нескольких мегаом. Это обеспечивает высокое входное сопротивление, если схема используется в качестве усилителя. Сопротивления резисторов R_c и R_u выбирают такими, чтобы напряжения U_c , U_u и $U_{си}$ составляли приблизительно одну треть напряжения источника питания E_c (правило одной трети).

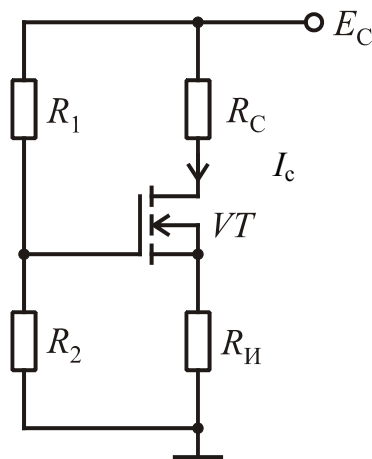


Рис. 3.2.2

Пример 3.2.1. Расчет классической цепи смещения МОП-транзистора. Рассчитать цепь смещения МОП-транзистора (рис. 3.2.2), обеспечивающую ток стока $I_c = 0.5 \text{ мА}$. Параметры транзистора: пороговое напряжение $U_0 = 1 \text{ В}$, удельная крутизна $b = 1 \text{ мА/В}^2$. Напряжение источника питания $E_c = 15 \text{ В}$.

Решение. В соответствии с «правилом одной трети» выберем сопротивления R_c и $R_{и}$ такими, чтобы $U_c = 10 \text{ В}$, $U_{и} = 5 \text{ В}$. Поскольку ток стока должен быть равен 0.5 мА , сопротивления резисторов

$$R_c = \frac{E_c - U_c}{I_c} = \frac{15 - 10}{0.5} = 10 \text{ кОм};$$

$$R_{и} = \frac{U_{и}}{I_c} = \frac{5}{0.5} = 10 \text{ кОм}.$$

Напряжение затвор-исток найдем из уравнения

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

Решив это уравнение относительно напряжения $U_{зи}$, найдем, что $U_{зи} = 2 \text{ В}$. Поскольку напряжение истока $U_{и} = 5 \text{ В}$, напряжение затвора $U_з = U_{и} + U_{зи} = 5 + 2 = 7 \text{ В}$.

В заключение определим сопротивления R_1 и R_2 . Примем, что суммарное сопротивление делителя напряжения $R_1 + R_2 = 15 \text{ МОм}$. Учитывая, что

$$U_з = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_c,$$

найдем сопротивления резисторов: $R_1 = 8 \text{ МОм}$, $R_2 = 7 \text{ МОм}$.

3.2.2. Цепь смещения с расщепленным источником

Цепь смещения МОП-транзистора имеет более простую конфигурацию, если используются два источника питания (рис. 3.2.3).

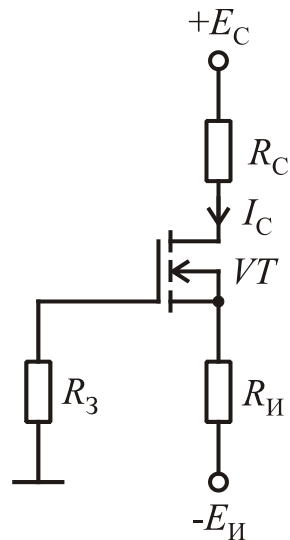


Рис. 3.2.3

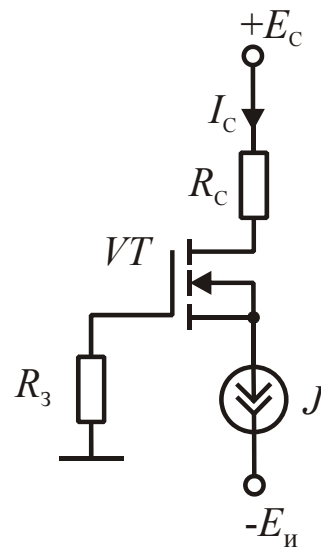


Рис. 3.2.4

Резистор R_3 обеспечивает необходимое смещение затвора, а также связь затвора с общей шиной по постоянному току. Резистор $R_{и}$ в цепи истока выполняет функции цепи отрицательной обратной связи.

3.2.3. Цепь смещения с источником тока

Наиболее эффективным способом смещения рабочей точки транзистора является включение источника тока в цепь истока (рис.3.2.4).

Напряжение затвор-исток определяется выражением

$$U_{зи} = U_0 + \sqrt{2J / \mu_n C_0 \left(\frac{W}{L} \right)}. \quad (3.2.1)$$

Напряжение стока $U_c = E_c - R_c J$.

Поскольку ток затвора $I_3 = 0$, напряжение истока $U_{и} = -U_{зи}$.

В качестве источников тока применяют отражатели тока. Цепи смещения с источниками тока широко используют в интегральной схемотехнике, поскольку отражатель тока занимает на кристалле ИС меньшую площадь, чем резистор.

Пример расчета схемы на рис. 3.2.4. В схеме на рис. 3.2.4 $E_c = E_{и} = 10$ В, $J = 0.5$ мА, $R_3 = 4.7$ МОм, $R_c = 15$ кОм. Параметры

транзистора: пороговое напряжение $U_0 = 1.5 \text{ В}$, удельная крутизна $b = 1 \text{ мА/В}^2$. Найти напряжения $U_{\text{зи}}$, а также напряжения стока U_c и истока $U_{\text{и}}$ относительно земли.

Решение. В соответствии с (3.2.1) напряжение затвор-исток $U_{\text{зи}} = U_0 + \sqrt{2J/b} = 1.5 + \sqrt{2 \cdot 0.5/1} = 2,5 \text{ В}$.

Напряжение стока $U_c = E_c - R_c J = 10 - 15 \cdot 0.5 = 2,5 \text{ В}$. Напряжение истока $U_{\text{и}} = -U_{\text{зи}} = -2,5 \text{ В}$.

Рекомендации по сборке схем

При сборке схем использовать модель МОП-транзистора с индуцированным каналом n -типа IRF150 из библиотеки EVAL.slb. Примеры схем можно найти в файлах W3_2_1, W3_2_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. 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.
 3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
- Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.