

Законспектировать материал. Фотоотчёт (1 файл) прислать на эл. почту по расписанию

19.10.24. (8:30 – 10:00)

Схемы включения биполярных транзисторов

Способы включения транзистора. Транзистор включают в электрическую цепь так, чтобы один его электрод являлся входным, второй — выходным, а третий — общим для входа и выхода. В зависимости от этого различают три способа включения транзистора: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ), с общим коллектором (ОК). Эти способы показаны на

рис. 1 на примере транзистора с *n-p-n* структурой.

В схеме с ОБ входной сигнал поступает на эмиттер, а выходной сигнал снимается с коллектора (относительно базы). Входным сопротивлением является сопротивление прямо включенного эмиттерного перехода транзистора. Выходное сопротивление обусловлено обратным включенным коллекторным переходом, которое значительно больше прямого сопротивления эмиттерного перехода. **Коэффициент усиления** транзистора с ОБ по току для активной нагрузки соответствует коэффициенту передачи тока

$$K_I \approx \Delta I_K / \Delta I_\Theta \approx \alpha = 0,95 \div 0,99 (U_{КБ} = \text{const}).$$

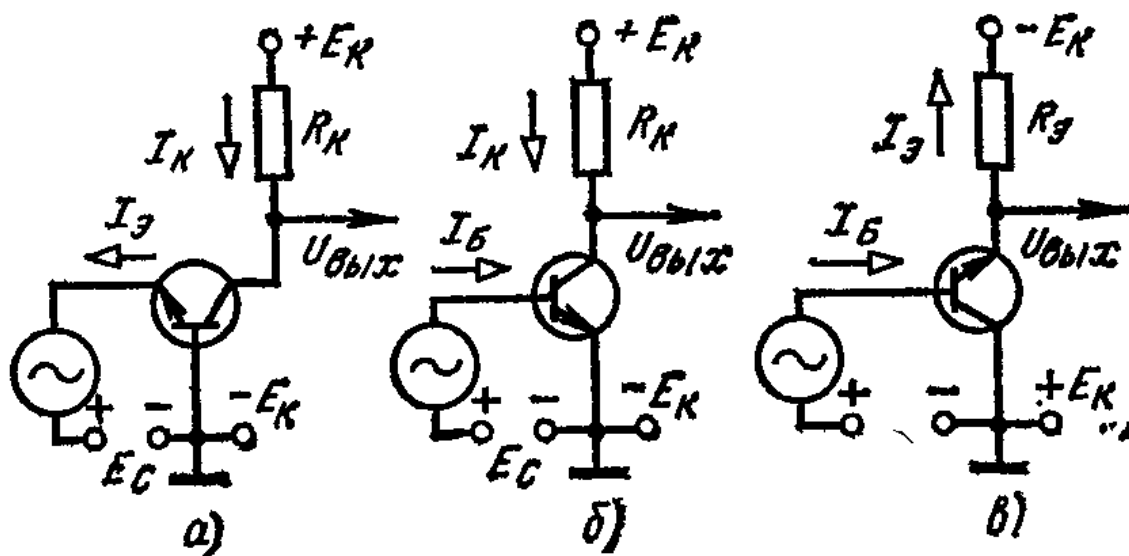


Рис. 1: Включение транзистора по схеме с общей базой (а), по схеме с общим эмиттером (б) и по схеме с общим коллектором (в).

Коэффициент усиления по напряжению определяется по формуле

$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}{\Delta U_{\text{ВХ}}} \approx \frac{\Delta I_K R_H}{\Delta I_\Theta R_{\text{ВХБ}}} = \frac{\alpha \Delta I_\Theta}{\Delta I_\Theta} \frac{R_H}{R_{\text{ВХБ}}} = \alpha \frac{R_H}{R_{\text{ВХБ}}}.$$

Если, например, $R_{ВХ} = 100 \text{ Ом}$, $R_{Н} = 10^3 \text{ Ом}$, $\alpha = 0,95$, то $K_U = 0,95 \cdot 10^3 / 1 \cdot 10^2 = 9,5$. Коэффициент усиления по мощности

$$K_P = \frac{P_{ВЫХ}}{P_{ВХ}} \approx \frac{\Delta I_K^2 R_{Н}}{\Delta I_{\text{Э}}^2 R_{ВХ}} = K_I K_U = \alpha^2 \frac{R_{Н}}{R_{ВХ}} \approx 0,9 \cdot 10 \approx 9,$$

Как усилительный элемент, транзистор с ОБ удобно использовать в цепях с малым внутренним (выходным) сопротивлением (например, в цепях пересчетных устройств для разветвления сигналов).

Схема с ОЭ (рис. 1,б) применяется чаще других схем. Общим электродом является эмиттер. Входной сигнал постоянного или переменного тока поступает на электроды база – эмиттер, сопротивление между которыми значительно больше, чем входное сопротивление в схеме с ОБ; входной ток — ток базы I_B — имеет небольшое значение ($I_B \ll 1 \text{ мА}$).

Источником постоянного тока в цепи базы является источник E_0 (при отсоединенном источнике переменного тока). Выходным сигналом $U_{ВЫХ}$ является падение напряжения на коллекторном переходе, обусловленное током I_K , текущим через коллекторный переход и резистор R_K . Источником питания коллекторной цепи является источник ЭДС E_K .

Коэффициент усиления транзистора с ОЭ по току для активной нагрузки соответствует коэффициенту передачи тока базы

$$K_I = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_{\text{Э}} - \Delta I_B} \approx \frac{\alpha}{1 - \alpha} \approx \beta \gg 1;$$

в отличие от схемы с ОБ транзистор в схеме с ОЭ обеспечивает усиление по току.

Как и в схеме с ОБ, транзистор с ОЭ усиливает сигналы и по напряжению

$$K_U = \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta U_{ВХ}} = \frac{\Delta U_{KЭ}}{|\Delta U_{ЭБ}|} \approx \beta \frac{R_{Н}}{R_{ВХЭ}}.$$

Коэффициент усиления по мощности равен произведению коэффициентов: $K_P = K_I K_U$. $K_U = \beta^2 R_{Н} / R_{ВХЭ}$.

Входное сопротивление определяется формулами:

$$R_{ВХЭ} = \frac{\Delta U_{ЭБ}'}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_{\text{Э}} R_{ВХБ}}{\Delta I_B} \approx \beta R_{ВХБ}.$$

Схема ОК, называемая еще *эмиттерным повторителем*, приведена на рис. 1, в. Входной является цепь база — коллектор, выходной — цепь коллектор — эмиттер; (общим электродом является коллектор, непосредственно к нему присоединен положительный зажим источника E_K . Нагрузка присоединяется к эмиттеру, в цепи которого установлен резистор $R_{\text{Э}}$. По коллектору проходит ток $I_K = I_{\text{Э}} - I_B$.

Коэффициент прямой передачи тока для этой схемы почти такой же, как и для схемы с общим эмиттером:

$$K_I \approx \frac{\Delta I_{\text{Э}}}{\Delta I_{\text{Б}}} = \frac{\Delta I_{\text{Э}}}{\Delta I_{\text{Э}} - \Delta I_{\text{К}}} = \frac{\Delta I_{\text{Э}}}{\Delta I_{\text{Э}} - \Delta I_{\text{Э}} \alpha} = \frac{1}{1 - \alpha} = \beta + 1 \approx \beta.$$

Особенность схемы транзистора с ОК заключается в том, что коэффициент усиления по напряжению K_U всегда меньше единицы, так как выходное напряжение $U_{\text{Вых}}$ в этой схеме практически составляет часть входного.

Другая особенность состоит в том, что выходной сигнал совпадает по фазе со входным. Транзистор с ОК удобно применять как согласующий элемент, включаемый в устройствах между высокоомной предшествующей цепью и низкоомной нагрузкой. Отличительными свойствами схемы с ОК считаются высокое входное сопротивление (до 100 кОм) и небольшое выходное сопротивление (менее 100 Ом), а также одинаковая фаза выходного сигнала по сравнению со входным.