

Схеми увімкнення транзисторів отримали свою назву в залежності від того, який з виводів транзистора буде загальним для вхідного і вихідного кола. У відповідності до цього розрізняють схеми увімкнення біполярного транзистора із загальною базою (ЗБ), загальним емітером (ЗЕ) і загальним колектором (ЗК).

Будь-яка схема ввімкнення транзистора характеризується двома основними показниками:

- коефіцієнтом підсилення за струмом $I_{\text{вих}}/I_{\text{вх}}$;
- вхідним опором $R_{\text{вх}} = U_{\text{вх}}/I_{\text{вх}}$.

1. Схема ввімкнення із загальною базою

Для схеми із загальною базою (рис. 5.1) вхідний сигнал подається на емітер, а вихідний знімається з колектора. Для даної схеми $I_{\text{вх}} = I_e$, $I_{\text{вих}} = I_k$, $U_{\text{вх}} = U_{eб}$, $U_{\text{вих}} = U_{кб}$.

Коефіцієнт підсилення за струмом для такої схеми рівний

$$I_{\text{вих}}/I_{\text{вх}} = I_k/I_e = \alpha < 1.$$

Вхідний опір для схеми із ЗБ, який визначається рівністю

$$R_{\text{вх}б} = U_{\text{вх}}/I_{\text{вх}} = U_{eб}/I_e,$$

малий і складає десятки Ом, так як вхідне коло транзистора при цьому являє собою відкритий емітерний перехід транзистора.

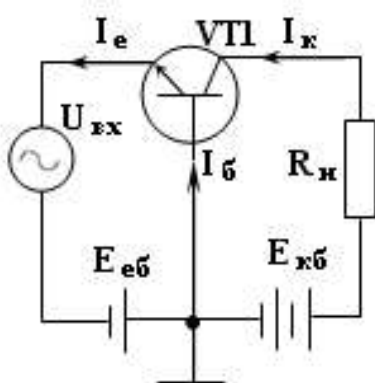


Рис. 5.1. Схема транзистора із загальною базою.

Схема із ЗБ крім відсутності підсилення за струмом, також характеризується високим коефіцієнтом підсилення за напругою і помірним (в порівнянні зі схемою із загальним емітером) коефіцієнтом підсилення за потужністю. Фази вхідного і вихідного сигналу збігаються.

Переваги схеми із ЗБ:

- 1) хороші температурні і частотні характеристики.
- 2) висока допустима напруга.

Недоліки схеми із ЗБ:

- 1) схема не підсилює струм $\alpha < 1$;
- 2) малий вхідний опір;
- 3) два різних джерела напруги для живлення.

Особливістю схеми зі спільною базою є мінімальний серед трьох типових схем підсилювачів “паразитний” зворотний зв’язок з виходу на вхід через конструктивні елементи транзистора. Тому схема зі спільною базою найчастіше використовується для побудови високочастотних підсилювачів, особливо поблизу верхньої границі робочого діапазону частот транзистора.

2. Схема ввімкнення із загальним емітером

При схемі підключення біполярного транзистора із 3Е вхідний сигнал подається на базу, а знімається з колектора (рис. 5.2). У даній схемі $I_{\text{вх}} = I_{\text{б}}$, $I_{\text{вих}} = I_{\text{к}}$, $U_{\text{вх}} = U_{\text{бе}}$, $U_{\text{вих}} = U_{\text{ке}}$.

Коефіцієнт підсилення за струмом такого каскаду являє собою відношення амплітуд (чи діючих значень) вихідного і вхідного змінного струму, тобто змінних складових струмів колектора і бази. Оскільки струм колектора в десятки разів більший струму бази, то коефіцієнт підсилення за струмом складає десятки одиниць:

$$I_{\text{вих}}/I_{\text{вх}} = I_{\text{к}}/I_{\text{б}} = I_{\text{е}}/(I_{\text{е}} - I_{\text{к}}) = 1/(1 - \alpha) = \beta \quad (\beta \gg 1).$$

Вхідний опір такої схеми

$$R_{\text{вх}} = U_{\text{вх}}/I_{\text{вх}} = U_{\text{бе}}/I_{\text{б}}$$

малий і становить від 100 до 1000 Ом.

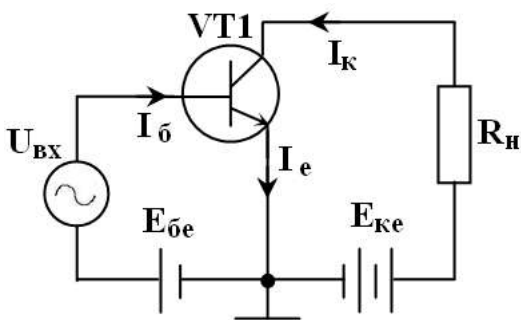


Рис. 5.2. Схема транзистора із загальним емітером.

Коефіцієнт підсилення каскаду за напругою рівний відношенню амплітудних чи діючих значень вихідної і вхідної змінної напруги. Вхідною є змінна напруга база-емітер $U_{\text{бе}}$, а вихідною – змінна напруга на

резисторі навантаження $R_{\text{н}}$ або, що те ж

саме, що напруга між колектором та

емітером $U_{\text{ке}}$. Напруга база-емітер не перевищує десятих часток вольт, а вихідна напруга при достатньому опорі резистора навантаження і напрузі джерела $E_{\text{к}}$ досягає одиниць, а деяких випадках і десятків вольт. Тому коефіцієнт підсилення каскаду за напругою має значення від десятків до сотень. Звідси слідує, що коефіцієнт підсилення каскаду за потужністю рівний сотням, чи тисячам, чи навіть десяткам тисяч. Цей коефіцієнт представляє собою відношення вихідної потужності до вхідної. Кожна із цих потужностей

визначається половиною добутку амплітуд відповідних струмів і напруг. Каскад по схемі із ЗЕ при підсиленні перевертає фазу напруги, тобто між вихідною і вхідною напругою існує зсув фаз 180° .

Переваги схеми із ЗЕ:

- 1) великий коефіцієнт підсилення за струмом.
- 2) великий коефіцієнт підсилення за напругою.
- 3) найбільше підсилення потужності.
- 4) більший, ніж у схеми із ЗБ, вхідний опір.
- 5) для живлення схеми необхідно два однополярних джерела, що дозволяє на практиці використовувати одне джерело живлення.
- 6) вихідна змінна напруга інвертується відносно вхідної.

Недоліки схеми із ЗЕ: гірші, ніж у схеми із ЗБ, температурні і частотні властивості.

Проте за рахунок переваг схема із ЗЕ застосовується найчастіше.

3. Схема ввімкнення із загальним колектором

При схемі підключення біполярного транзистора із ЗК вхідний сигнал подається на базу, а знімається з емітера (рис. 5.3). У даній схемі $I_{\text{вх}} = I_{\text{б}}$, $I_{\text{вих}} = I_{\text{е}}$, $U_{\text{вх}} = U_{\text{бк}}$, $U_{\text{вих}} = U_{\text{ке}}$.

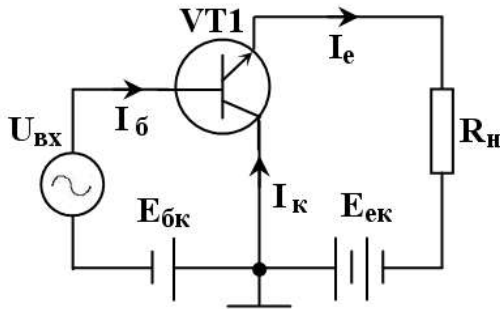


Рис. 5.3. Схема транзистора із загальним колектором.

Коефіцієнт підсилення за струмом такого каскаду рівний

$$I_{\text{вих}}/I_{\text{вх}} = I_{\text{е}}/I_{\text{б}} = I_{\text{к}}/(I_{\text{е}} - I_{\text{к}}) = \alpha/(1 - \alpha) = \beta \quad (\beta \gg 1).$$

Вхідний опір визначається рівністю:

$$R_{\text{вх к}} = U_{\text{вх}}/I_{\text{вх}} = (U_{\text{бе}} + U_{\text{ке}})/I_{\text{б}}.$$

Особливість цієї схеми в тому, що вхідний опір повністю передається оборотно на вхід, тобто дуже сильним є зворотній зв'язок. Коефіцієнт підсилення за струмом каскаду із ЗК майже такий самий, як і в схемі із ЗЕ, тобто рівний декільком десяткам. Проте, на відміну від каскаду із ЗЕ, коефіцієнт підсилення за напругою схеми із ЗК близький до одиниці, причому завжди менший її. Змінна напруга, подана на вхід транзистора, підсилюється в десятки разів (так як і в схемі із ЗЕ), проте весь каскад не дає підсилення. Коефіцієнт підсилення за потужністю рівний приблизно декільком десяткам.

Переваги схеми із ЗК:

- 1) Великий вхідний опір.
- 2) Малий вихідний опір.

Недоліком схеми із ЗК є те, що вона не підсилює напругу – коефіцієнт підсилення дещо менший за 1.

Досить часто схему із ЗК зображають у вигляді схеми, яка отримала назву емітерного повторювача (рис. 5.4). Емітерним називається тому, що резистор навантаження включений у провідник виводу емітера і вихідна напруга знімається з емітера (відносно корпусу). Розглянувши полярність змінних

напруг в схемі, можна встановити, що фазового зсуву між $U_{вих}$ і $U_{вх}$ немає. Отже, вихідна напруга співпадає за фазою з вхідною і майже рівна їй, тобто, вихідна напруга повторює вхідну. Саме тому даний каскад зазвичай називають емітерним повторювачем.

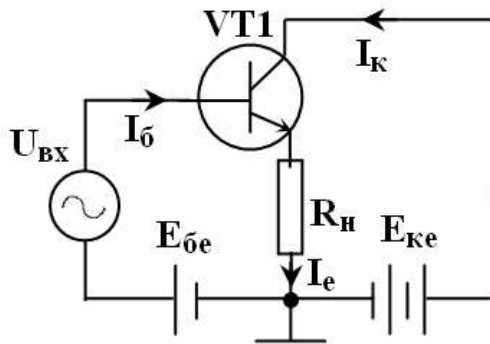


Рис. 5.4. Схема емітерного повторювача.

Так як вхідне коло являє собою закритий колекторний перехід, то вхідний опір каскаду по схемі ЗК складає десятки кілоом, що є важливою перевагою схеми. Вихідний опір схеми із ЗК, навпаки, є порівняно невеликим, зазвичай одиниці кілоом чи сотні ом. Ці переваги схеми із ЗК зумовлюють використовувати її для узгодження різних пристроїв за вхідним опором.

4. Підсилювальні властивості біполярного транзистора

Незалежно від схеми ввімкнення, транзистор характеризується трьома коефіцієнтами підсилення:

- $K_I = \frac{I_{вих}}{I_{вх}}$ – за струмом;
- $K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{I_{вих} R_n}{I_{вх} R_{вх}} = K_I \frac{R_n}{R_{вх}}$ – за напругою;
- $K_P = \frac{P_{вих}}{P_{вх}} = \frac{U_{вих} I_{вих}}{U_{вх} I_{вх}} = K_I K_U$ – за потужністю.

Таким чином:

для схеми із ЗБ:

$$K_I = \frac{I_{\kappa}}{I_e} = \alpha \quad (\alpha < 1),$$

$$K_U = \alpha \frac{R_n}{R_{вх}}, \quad R_n \approx n \cdot 1 \text{кОм}, \quad R_{вх} \approx n \cdot 10 \text{Ом}, \quad K_U \approx n \cdot 100,$$

$$K_P = K_I K_U = n \cdot 100.$$

для схеми із ЗЕ:

$$K_I = \frac{I_{\kappa}}{I_{\sigma}} = \beta = n \cdot (10 \div 100),$$

$$K_U = \beta \frac{R_n}{R_{вх}} = n \cdot (10 \div 100),$$

$$K_P = K_I K_U = n \cdot (1000 \div 10000).$$

для схеми із ЗК:

$$K_I = \frac{I_e}{I_{\sigma}} = \beta + 1 = n \cdot (10 \div 100),$$

$$K_U = \beta \frac{R_n}{R_{вх}} \approx n, \quad K_U < 1,$$

$$K_P = K_I K_U = n \cdot 10.$$