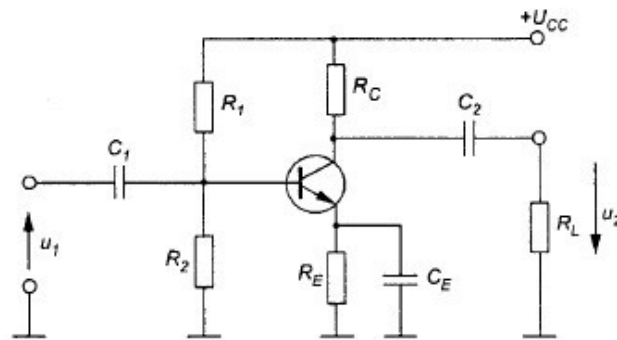


1. WZMACNIACZ Z TRANZYSTOREM W KONFIGURACJI WSPÓLNEGO EMITERA

Typowy układ jednostopniowego wzmacniacza z tranzystorem w konfiguracji WE przedstawiono na rys.9.6. W układzie zastosowano potencjometryczne zasilanie bazy (rezystory R_1 i R_2) i sprzężenie emiterowe (rezystor R_E) zapewniające dobrą stałość punktu pracy. Kondensatory C_1 i C_2 separują układ od zewnętrznych napięć stałych oraz umożliwiają doprowadzenie sygnału do bazy tranzystora (kondensator C_1) i odprowadzenie wzmocnionego sygnału do obciążenia (kondensator C_2). Napięcie $+U_{CC}$ jest stałym napięciem zasilania, a R_C jest rezystorem kolektorowym tranzystora wzmacniacza.

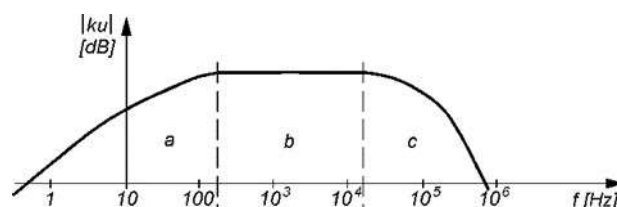


Rys. 1. Wzmacniacz z tranzystorem bipolarnym w konfiguracji wspólnego emitera

Układ ten jest zwykle stosowany do wzmacniania sygnałów charakteryzujących się szerokim pasmem przenoszonych częstotliwości. Nazywany jest **wzmacniaczem o sprzężeniu pojemnościowym** lub **wzmacniaczem RC**. Typowa charakterystyka amplitudowa wzmacniacza jest pokazana na rys. 2.

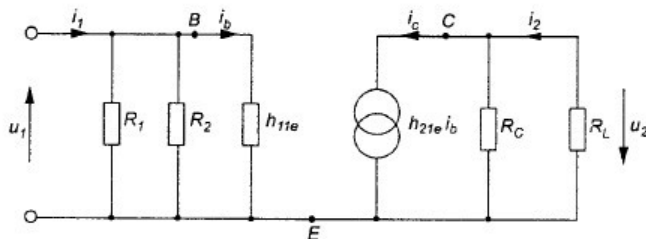
W tak szerokim zakresie częstotliwości inne zjawiska wpływają na przebieg charakterystyk przy małych i przy dużych częstotliwościach, dlatego jest możliwe badanie właściwości wzmacniacza oddzielnie dla różnych zakresów.

Spadek wzmocnienia przy małych częstotliwościach jest skutkiem wzrostu reaktancji kondensatorów C_1 i C_2 , włączonych w tor sygnału i kondensatora C_E bocznikującego rezystor sprzężenia R_E . W zakresie dużych częstotliwości charakterystyka opada ze względu na spadek wzmocnienia samego tranzystora, a także z powodu istnienia pojemności montażowych i pasożytniczych związanych z elementami wzmacniacza. W środkowej części charakterystyki wzmocnienie jest stałe i praktycznie nie zależy od częstotliwości. W tym zakresie, nazywanym zwyczajowo zakresem średnich częstotliwości, można traktować wzmacniacz jako układ bez ograniczeń częstotliwościowych, opisany parametrami rzeczywistymi. Dla tego też zakresu określone będą poniżej parametry robocze.



Rys.2. Typowa charakterystyka amplitudowa wzmacniacza RC i jej podział na zakresy: a - małych, b - średnich, c - dużych częstotliwości

Schemat zastępczy wzmacniacza z tranzystorem przedstawiono na rys.3. Jest to schemat, jak już wspomniano, dla zakresu średnich częstotliwości, uwzględniający jedynie przebieg składowej zmiennej, a więc transmisję sygnału przez wzmacniacz.



Rys.3. Schemat zastępczy wzmacniacza z rys. 1 dla zakresu średnich częstotliwości

Zasada konstrukcji tego schematu polega na przestrzeganiu następujących reguł:

- 1) stosowany jest uproszczony model tranzystora opisany parametrami mieszanymi h_{ij} ;
- 2) dla rozpatrywanych średnich częstotliwości reaktancje kondensatorów są na tyle małe, że miejsca ich występowania można uznać za zwarcie;
- 3) obydwie bieguny baterii (masa i U_{CC}) są zwarcie dla składowej zmiennej, co wynika z tego, że rezystancja wewnętrzna idealnego źródła napięciowego jest zerowa (baterię tę traktujemy jako idealną).

Podstawowymi parametrami roboczymi wzmacniacza są: wzmocnienie napięciowe k_u , wzmocnienie prądowe k_i , rezystancja wejściowa R_{we} i rezystancja wyjściowa R_{wy} .

Wzmocnienie napięciowe można obliczyć wyznaczając wartości napięć u_1 i u_2 . Jak widać ze schematu zastępczego (rys.3), mamy:

$$u_1 = i_b h_{11e} \quad , \quad u_2 = h_{21e} i_b (R_C || R_L) \quad (9.5)$$

zatem

$$k_u = -\frac{u_2}{u_1} = -\frac{h_{21e}}{h_{11e}} (R_C || R_L) \quad (9.6)$$

Znak minus we wzorze (9.6) oznacza, że faza napięcia wyjściowego jest odwrócona względem fazy napięcia wejściowego o 180° . Zapis wzoru¹ (9.6) podkreśla wpływ elementów wzmacniacza na wzmocnienie. Zwiększenie wartości R_L i R_C zwiększa jego wartość.

Wzmocnienie prądowe można obliczyć wyznaczając wartość prądów i_1 oraz i_2 . Jak widać ze schematu zastępczego (przyjmując $R_1 || R_2 = R_B$), mamy:

$$i_1 = i_b \frac{h_{11e} + R_B}{R_B} \quad , \quad i_2 = h_{21e} i_b \frac{R_C}{R_L + R_C} \quad (9.7)$$

zatem

$$k_i = -\frac{i_2}{i_1} = -h_{21e} \frac{R_C}{R_L + R_C} \frac{R_B}{h_{11e} + R_B} \quad (9.8)$$

Wzór (9.8) ukazuje wpływ elementów wzmacniacza na wzmocnienie. Wzmocnienie prądowe jest zmniejszone w stosunku do największej możliwej wartości wzmocnienia tranzystora, tj. h_{21e} , na skutek

² Stosowany jest skrócony zapis symbolizujący połączenie równoległe rezystancji R_1 i R_2 a mianowicie $R_1 || R_2 \equiv \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ oraz rezystancji R_1 , R_2 i R_3 jako: $R_1 || R_2 || R_3 \equiv \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$

wystąpienia podziału prądu w obwodzie wejściowym - czynnik $R_B/(h_{11e}+R_B)$ oraz w obwodzie wyjściowym - czynnik $R_C/(R_L+R_C)$. Duże wartości wzmocnienia prądowego osiąga się przy dużych rezystancjach kolektorowych R_C i dużych rezystancjach polaryzujących bazę R_1 i R_2 . Jednak ze względu na stałość punktów pracy zwiększanie tych rezystancji nie jest wskazane. Konieczny jest więc kompromis.

Rezystancja wejściowa wzmacniacza określona jest zależnością

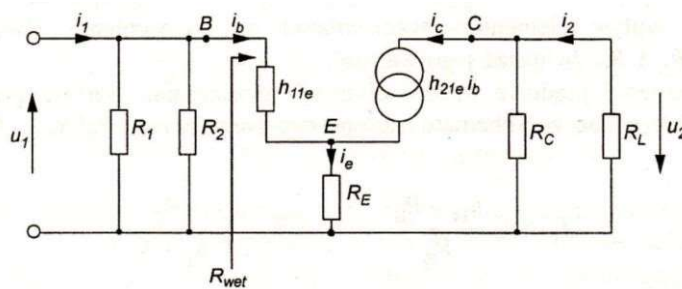
$$R_{we} = R_1 || R_2 || h_{11e} = R_B || h_{11e} \quad (9.9)$$

natomiast rezystancja wyjściowa (tj. rezystancja „widziana” przez obciążenie R_L wzmacniacza):

$$R_{wy} = R_C \quad (9.10)$$

Wzmacniacz RC bez pojemności emiterowej R_E

W przypadku gdyby rozpatrywany wzmacniacz (rys.1) nie posiadał pojemności emiterowej C_E , wówczas w schemacie zastępczym dla średnich częstotliwości sygnału rezystor emiterowy R_E nie mógłby być zwarty przez małą reaktancję tej pojemności. Schemat zastępczy w tym przypadku wyglądałby inaczej (rys.4).



Rys.4. Schemat zastępczy wzmacniacza z tranzystorem w konfiguracji wspólnego emitera przy braku pojemności C_E

Wartości napięć u_1 i u_2 można wyznaczyć za pomocą wzorów:

$$u_1 = i_b h_{11e} + i_e R_E = i_b h_{11e} + (i_b + i_c) R_E = i_b h_{11e} + (i_b + h_{21e} i_b) R_E = i_b (h_{11e} + (1 + h_{21e}) R_E) \quad (9.11)$$

$$u_2 = i_c R_C || R_L = h_{21e} i_b R_C || R_L \quad (9.12)$$

Zatem wzmocnienie napięciowe można określić w sposób następujący:

$$k_u = - \frac{u_2}{u_1} = - \frac{h_{21e} R_C || R_L}{h_{11e} + (1 + h_{21e}) R_E} \Big|_{h_{21e} R_E \gg h_{11e}} \cong - \frac{R_C || R_L}{R_E} \quad (9.13)$$

Aby określić wzmocnienie prądowe, należy przedtem obliczyć wartość rezystancji wejściowej tranzystora R_{wet} , tj. rezystancji „widzianej” z jego bazy. Korzystając z (9.11) mamy u_1

$$R_{wet} = \frac{u_1}{i_b} = h_{11e} + (1 + h_{21e})R_E \quad (9.14)$$

Na tej podstawie można napisać:

$$i_1 = i_b \frac{R_B + R_{wet}}{R_B}, \quad i_2 = i_c \frac{R_C}{R_L + R_C} = h_{21e} i_b \frac{R_C}{R_L + R_C} \quad (9.15)$$

gdzie: $R_B = R_1 || R_2$.

Zatem wzmocnienie prądowe określone jest za pomocą wzoru:

$$k_i = -\frac{i_2}{i_1} = h_{21e} \frac{R_C R_B}{(R_L + R_C)[(R_1 || R_2) + R_{wet}]} \quad (9.16)$$

Rezystancja wejściowa wzmacniacza to:

$$R_{we} = R_B || R_{wet} \quad (9.17)$$

a rezystancja wyjściowa:

$$R_{wy} = R_C \quad (9.18)$$

We wzmacniaczu tym występuje ujemne prądowe-szeregowe sprzężenie zwrotne (patrz rozdział o sprzężeniach zwrotnych). Blok sprzężenia stanowi rezystor emitera R_E , dlatego wzmacniacz ten nazywa się również **wzmacniaczem o sprzężeniu emiterowym**.

W porównaniu do wzmacniacza z pojemnością C_E nastąpiło tu zmniejszenie wzmocnienia napięciowego (porównaj wzory (9.6) i (9.13)) i wzmocnienia prądowego (porównaj wzory (9.8) i (9.16)). Ponadto uległa zwiększeniu rezystancja wejściowa (porównaj wzory (9.9) i (9.17)).