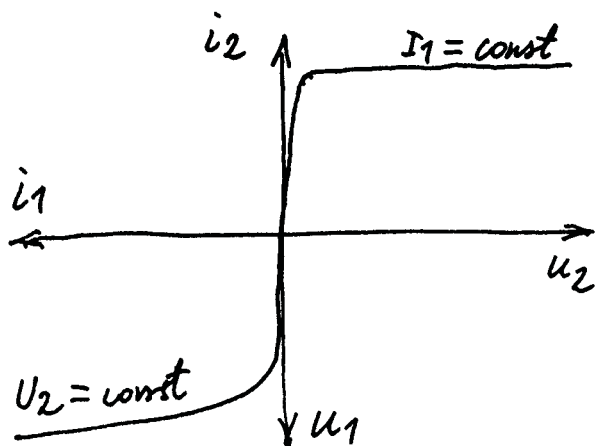
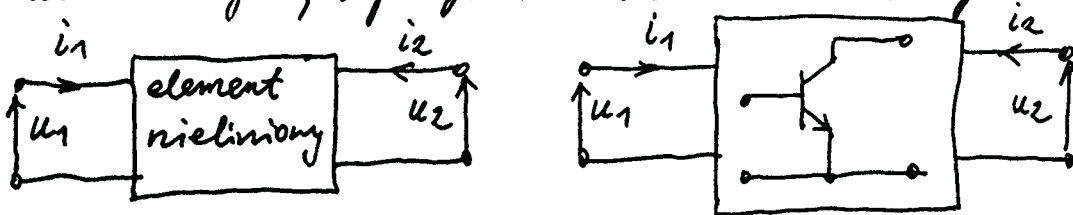


MODELE MAKROSYGNALOWE TRANZYSTORA BIPOLARNEGO

Często tranzystor może pracować jako wzmacniacz liniowy. Jest to możliwe, jeżeli w ustalonym punkcie pracy U_{CEP} i I_{CP} będzie on wywołany małym sygnałem. W takim przypadku występuje stę charakterystyki w otoczeniu punktu pracy stężymy do nich. Nachylenie stężymy możemy porównać różniczkowymi lub macierzowymi.

Pod pojęciem modelu należy rozumieć pełny opis matematyczny obiektu odzwierciedlający z wystarczającą dokładnością jego cechy w rozważanych warunkach pracy.

Tworzenie modeli elektrycznych elementów polega na budowie równań (końcowych, zaciskowych) widowni elementu, a wykonanie tego może być zależne $i(u)$. Modelowanie sprowadza się do wyznaczenia parametrów ciwnikowych, np. parametrów macierzy h .



$$u_1 = f(i_1, u_2)$$

$$i_2 = f(i_1, u_2)$$

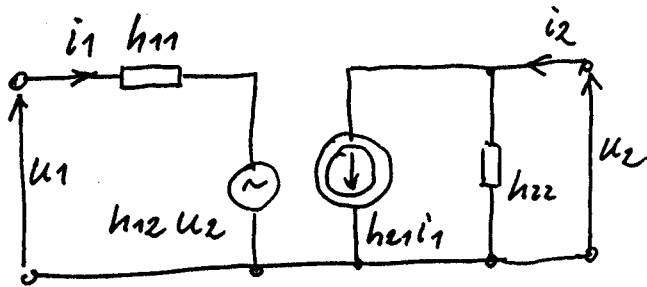
Korzystając z parycz różniczkowej funkcji opisujących charakterystyki statyczne czwórnika, mamy

$$du_1 = \frac{\partial u_1}{\partial i_1} di_1 + \frac{\partial u_1}{\partial u_2} du_2$$

$$di_2 = \frac{\partial i_2}{\partial i_1} di_1 + \frac{\partial i_2}{\partial u_2} du_2$$

$$u_1 = h_{11} i_1 + h_{12} u_2$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} u_2$$



$$h_{11} = \frac{u_1}{i_1} \bigg|_{u_2=0} \text{ rezystancja wejściowa,}$$

$$h_{12} = \frac{u_1}{u_2} \bigg|_{i_1=0} \text{ współczynnik oddziaływania napięcia,}$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \bigg|_{u_2=0} \text{ współczynnik wzmacnienia prądu,}$$

$$h_{22} = \frac{i_2}{u_2} \bigg|_{i_1=0} \text{ przewodność (konduktancja) wyjściowa.}$$

Wartości parametrów h w układzie wspólnego emitera:

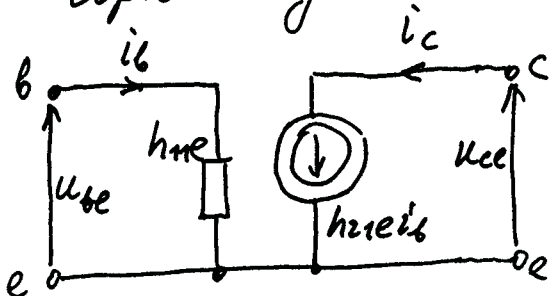
$$h_{11e} = 400 - 2000 [\Omega]$$

$$h_{12e} = 10^{-2} - 10^{-3}$$

$$h_{21e} = 20 - 1000$$

$$h_{22e} = 10^{-4} - 10^{-6} [S]$$

Uproszczony schemat zastępczy tranzystora Bipolarnego (OE):



Położenie można wyrazić dla tri tranzystora poprzez
parametry admittance:

$$i_1 = f(u_1, u_2)$$

$$i_2 = f(u_1, u_2)$$

$$di_1 = \frac{\partial i_1}{\partial u_1} du_1 + \frac{\partial i_1}{\partial u_2} du_2$$

$$di_2 = \frac{\partial i_2}{\partial u_1} du_1 + \frac{\partial i_2}{\partial u_2} du_2$$

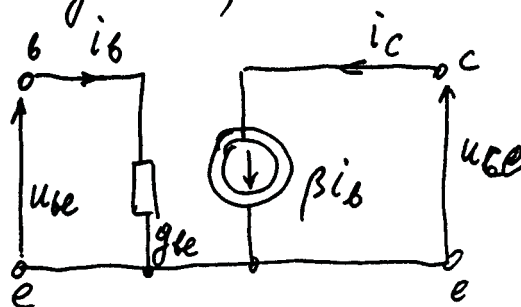
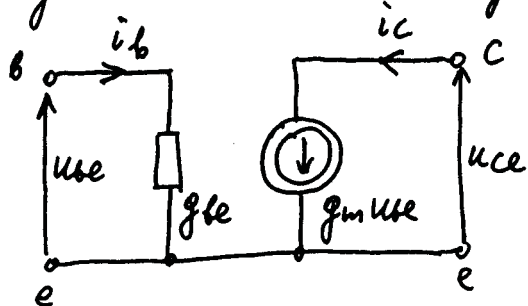
Dla układu wyjściowego emitera

$$i_b = g_{be} u_{be} + g_{bc} u_{ce} \approx g_{be} u_{be}$$

$$i_c = g_m u_{be} + g_{ce} u_{ce} \approx g_m u_{be}$$

g_{be} - konduktancja wejściowa,

g_m - konduktancja wyjściowa, transkonduktancja,



W celu zbadania właściwości tranzystra doprowadzamy napięcie wejściowe U_{BE} i mierzymy prąd wyjściowy I_C w funkcji napięcia wyjściowego U_{CE} . Prąd kolektorowy I_C jest funkcją napięcia U_{BE} , a U_{CE} jest zmiennym parametrem. Charakter przejścia tranzystra, podobnie jak charakter diody, ma przebieg wykładniczy

$$I_C \cong I_{CS}(T, U_{CE}) e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} \quad I_C \gg I_{CS}$$

$$g_m = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{BE}} \right|_{U_{CE} = \text{const}}$$

$$g_m = \frac{I_{CS}}{U_T} e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} = \frac{I_C}{U_T} \quad \text{transkonduktancja}$$

$$r_{ce} = \left. \frac{\partial U_{CE}}{\partial I_C} \right|_{U_{BE} = \text{const}}$$

$$r_{ce} = \frac{U_Y}{I_C}$$

różniczkowa rezystancja wyjściowa

U_Y - napięcie Early'ego (80 - 200V)

Charakter wejściowy ma charakter wykładniczy

$$I_B = I_{BS} e^{\frac{U_{BE}}{m U_T}}$$

$$r_{be} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial I_B} \right|_{U_{CE} = \text{const}}$$

$$r_{be} = \frac{m U_T}{I_B} \quad \text{różniczkowa rezystancja wejściowa}$$

$$r_{be} = \frac{\partial U_{BE}}{\partial I_C / \beta} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{\beta U_T}{I_C}$$

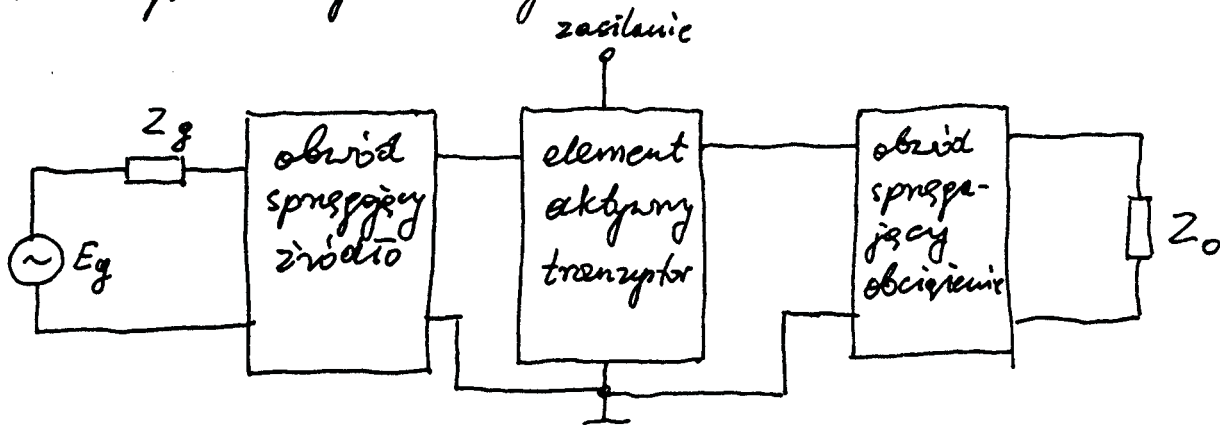
$$\frac{1}{r_{be}} = \frac{1}{h_{11e}} = y_{11e} \quad r_{be} = h_{11e}$$

$$g_m = \frac{h_{21e}}{h_{11e}} = \frac{\beta}{r_{be}}$$

$$\frac{1}{r_{ce}} \approx h_{22e}$$

WZMACNIACZE TRANZYSTOROWE

Najbardziej oczywistą funkcją tranzystora bipolarnego (lub unipolarnego) w układach analogowych jest wzmacnianie. Tranzystor zastosowany do wzmacniania musi mieć odpowiednio dobrany punkt pracy, który będzie dostosowany do amplitudy wzmacnianego sygnału. Odporny układ stopień wzmacniającego przekształca na parzystym sygnał.



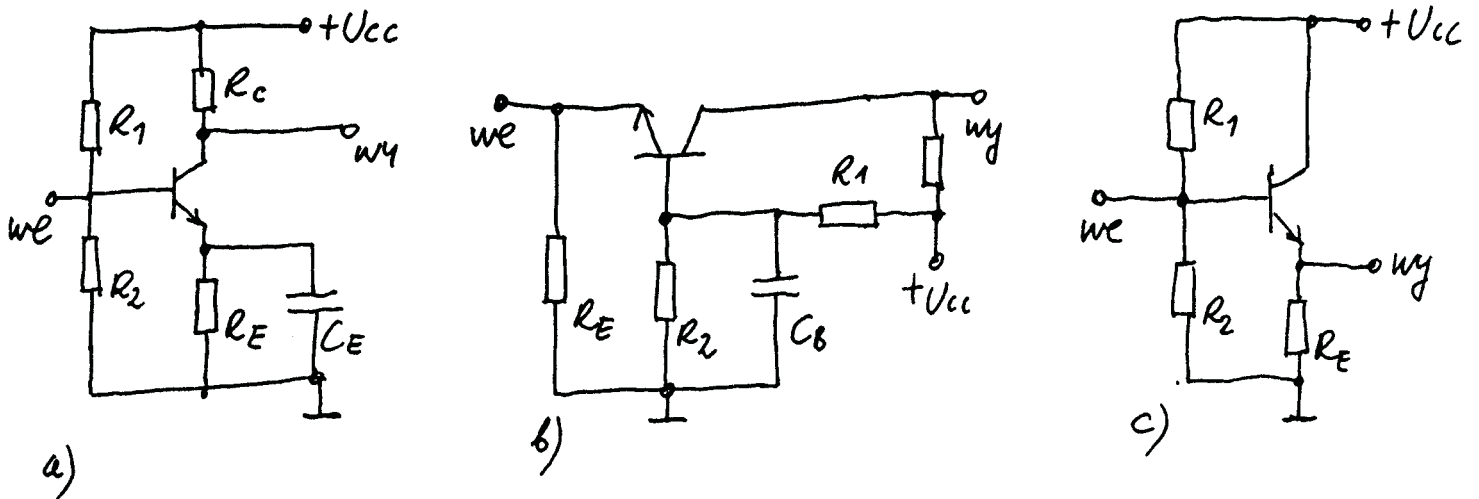
Źródło i obciążenie mogą być końcowym nadajnikiem i odbiorcą sygnału (np. mikrofon i głośnik), bądź poprzednim i następnym stopniem wzmacniającym. Sygnał w obciążeniu powinien mieć określoną moc niż sygnał ze źródła, przy zachowaniu kształtu, tzn. wzmacnianie powinno być układem liniowym, co w dużym stopniu zależy od odpowiedniego dobrania punktu pracy tranzystora.

Obwody sprzęgające źródło i obciążenie z tranzystorem mogą mieć różne postacie, zależne od rodzaju wzmacnienia sygnału i ich udziału. Mogą one mieć istotny wpływ na wzmacnienie i pomnożenie częstotliwości.

KONFIGURACJE PRACY TRANZYSTORÓW

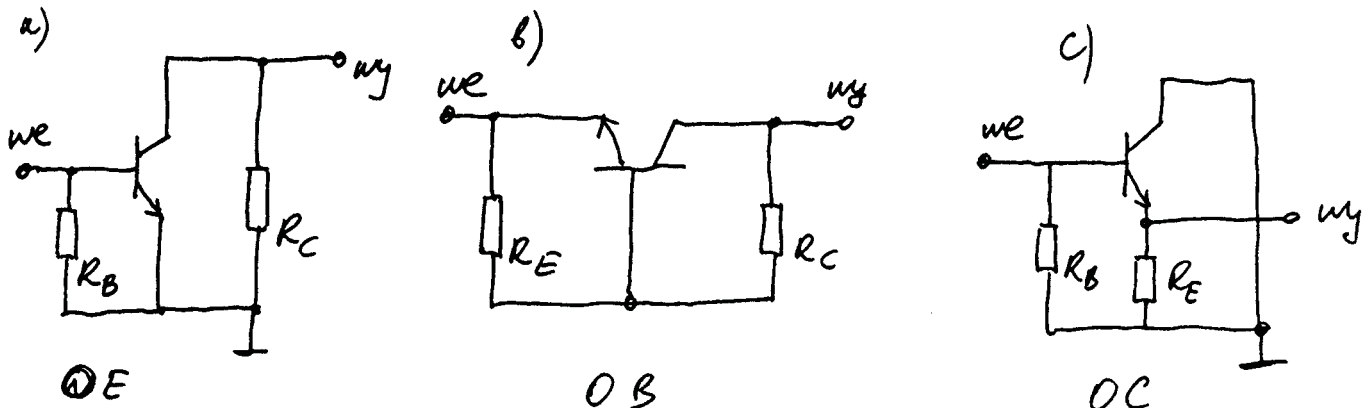
Tranzystory bipolarne i unipolarne mają trzy końcówki, z których jedna służy jako wejście sygnału, druga jako wyjście, trzecia jest elektrodą wspólną. W zależności od wyboru elektrody wspólnej wyróżniamy następujące konfiguracje pracy:

- wspólnego emitera (WE, OE), baza jest wejściem, kolektor wyjściem;
- wspólnej bazy (WB, OB), emiter jest wejściem, kolektor wyjściem;
- wspólnego kolektora (WC, OC), baza jest wejściem, emiter wyjściem.



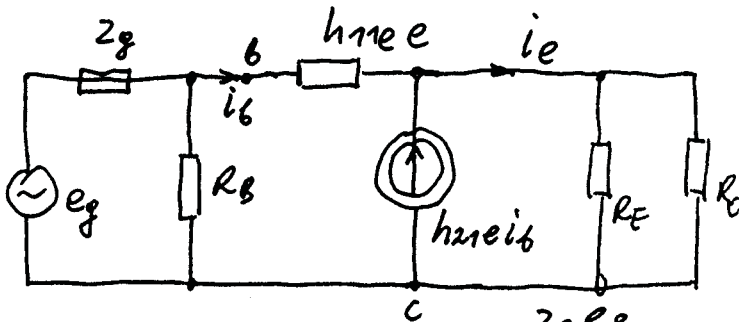
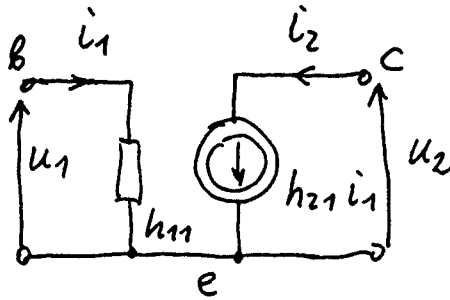
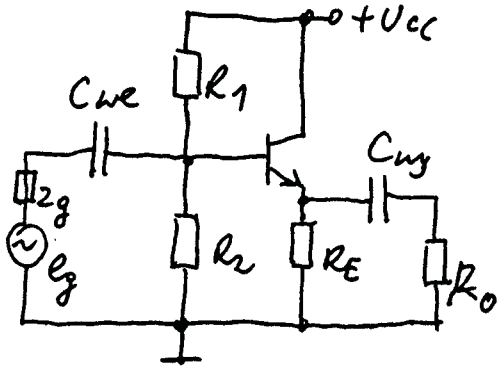
Rys. Sposoby wzmacniania w konfiguracjach: a) WE, b) WB, c) WC

Dla sygnałów zmiennych, w których duże znaczenie ma traktowanie jako zmienną, warunek jest również zbudowanie napięcia zasilającego U_{CC} . Wykres w ten sposób schematy zastępcze przedstawia poniżej ($R_B = R_1 \parallel R_2$)

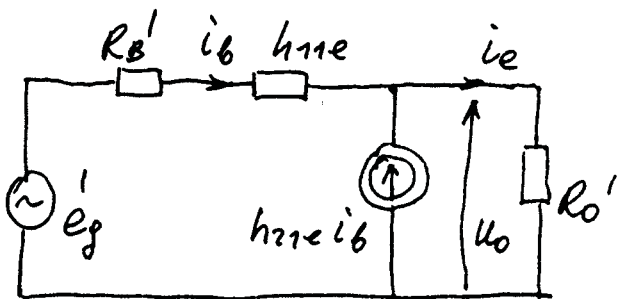


PARAMETRY ROBÓTNE WZM. OC, WFORMKA EMITEROWEGO

Podstawowymi parametrami robótnymi wzmacniacza są: wzmocnienie napięciowe K_u , wzmocnienie prądowe K_i , rezystancja wejściowa Z_{we} oraz rezystancja wyjściowa Z_{wy} .



$$R_B' = \frac{z_g R_B}{z_g + R_B}$$



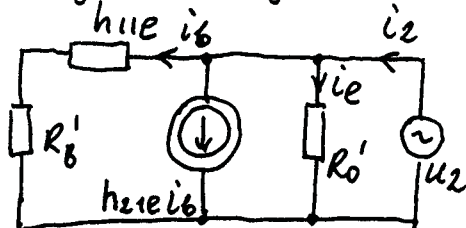
$$e_g' = \frac{e_g R_B}{R_B + z_g} \quad R_o' = \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}$$

$$K_i = \frac{i_e}{i_b} = \frac{i_b + h_{21} i_b}{i_b} = 1 + h_{21}$$

$$K_u = \frac{u_o}{e_g'} = \frac{i_b (1 + h_{21}) R_o'}{i_b [R_B' + h_{11} + (1 + h_{21}) R_o']} = \frac{1}{1 + \frac{R_B' + h_{11}}{(1 + h_{21}) R_o'}}$$

$$R_{we} = \frac{e_g'}{i_b} = R_o' (1 + h_{21}) + R_B' + h_{11} \approx R_o' h_{21}$$

$$R_{wy} = \frac{u_2}{i_2} | e_g' = 0 \quad i_2 = i_e + h_{21} i_b + i_b \approx i_e + h_{21} i_b$$

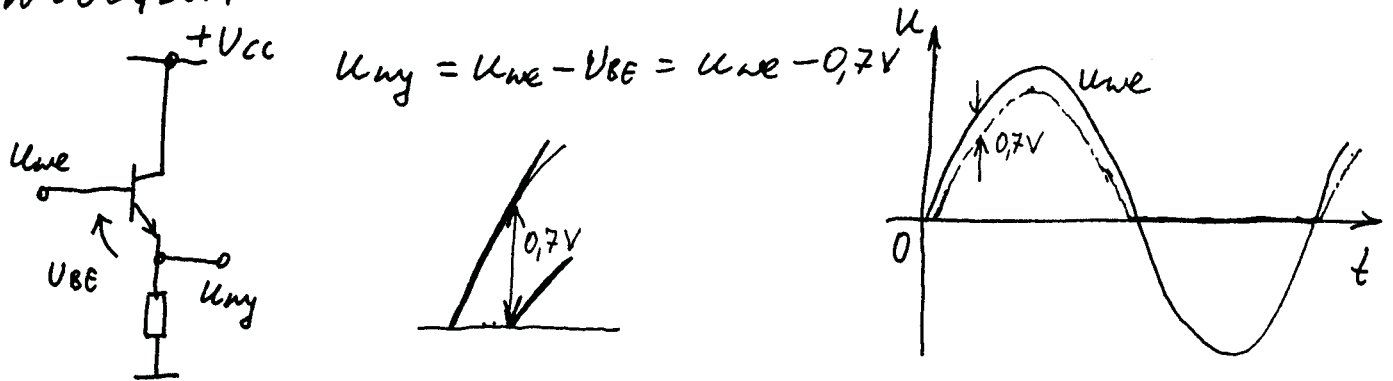


$$i_e = \frac{u_2}{R_o'} \quad i_b = \frac{u_2 h_{21}}{h_{11} + R_B'} \quad R_{wy} = \frac{u_2}{\frac{u_2}{R_o'} + \frac{u_2 h_{21}}{h_{11} + R_B'}} = \frac{R_o' (h_{11} + R_B')}{h_{11} + R_B' + R_o' h_{21}}$$

$$R_{wy} = \frac{h_{11} + R_B'}{h_{21} + \frac{h_{11}}{R_o'} + \frac{R_B'}{R_o'}} \approx \frac{h_{11}}{h_{21}}$$

$$R_{wy} = \frac{1000}{100} = 10 \Omega$$

WZÓRNIK EMITEROWY. PRZEMOŃNIENIE SYGNAŁÓW SYMETRYCZNYCH WZGLĘDEM ZERA



Napięcie wyjściowe jest kopią napięcia wejściowego, przesuniętą o 0,7V w stronę napięć ujemnych. Napięcie wejściowe musi wynosić co najmniej 0,7V, w przeciwnym razie wyjście układu porostanie na potencjał masy.

MOŻLIWOŚCI OZYSKANA UJĘMNYCH NAPIĘĆ WYJŚCIOWYCH

