

Wzory, równania, zależności  
**Analogowe układy elektroniczne**

Łukasz Przystupa

30 marca 2023

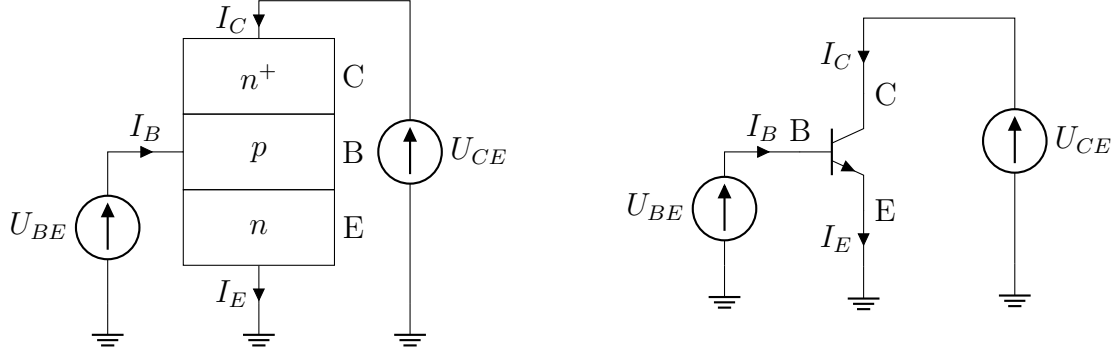
# Spis treści

---

<b>1</b>	<b>Tranzystory bipolarne</b>	<b>3</b>
1.1	Struktura tranzystory . . . . .	3
1.2	Schemat mało-sygnałowy . . . . .	3
1.3	Układ ze wspólnym emiterem (OE) . . . . .	4
1.4	Układ ze wspólną bazą (OB) . . . . .	5
1.5	Układ ze wspólnym kolektorem (OC) - wtórnik emiterowy . . . . .	6

# 1. Tranzystory bipolarne

## 1.1. Struktura tranzystory



Rysunek 1: Struktura wewnętrzna tranzystora NPN, schemat tranzystory

Stało-prądowa zależności między prądami:

$$I_C \approx I_E \quad (1.1)$$

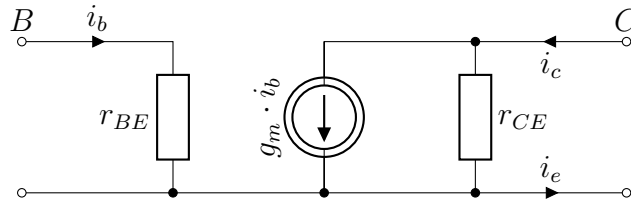
$$I_C = I_{ES} \cdot (e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1) \approx I_{ES} \cdot e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} \quad (1.2)$$

Dla prostych obliczeń można wykorzystać stało-prądowy współczynnik wzmacnienia  $\beta$ :

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (1.3)$$

## 1.2. Schemat mało-sygnałowy

Układ mało-sygnałowy rozpatrujemy przy zwartych źródłach napięcia stałego oraz rozwartych źródłach prądu stałego! Parametry układu:



Rysunek 2: Schemat mało-sygnałowy, tranzystora NPN

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} \quad r_{BE} = \frac{\beta}{g_m} \quad (1.4)$$

$$r_{CE} = \frac{U_A}{I_C}$$

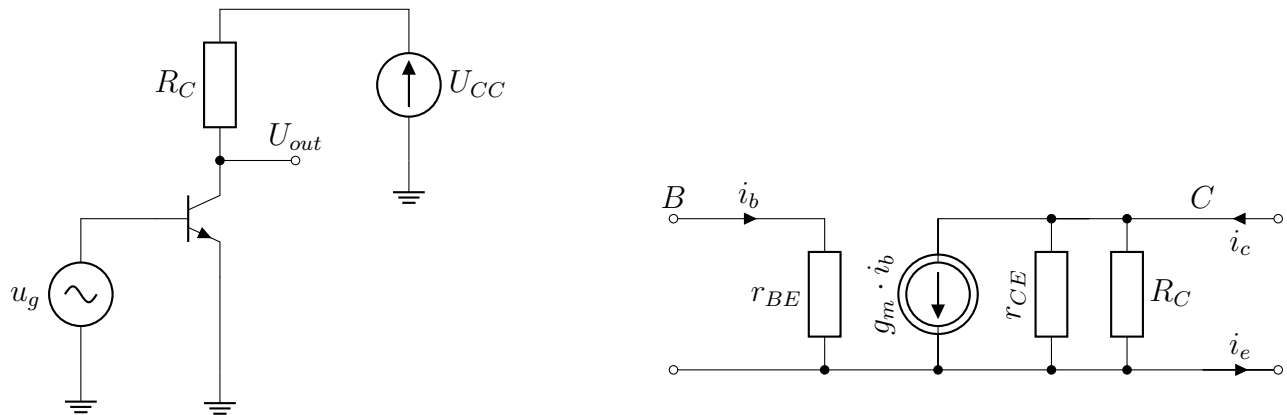
Wzmocnienie napięciowe tranzystory:

$$k_u = \frac{dU_o}{dU_i} = -g_m \cdot r_{CE} \quad (1.5)$$

Wzmocnienie prądowe:

$$k_i = \beta \quad (1.6)$$

### 1.3. Układ ze wspólnym emiterem (OE)



Rysunek 3: Schemat wzmacniacza OE i model mało-sygnałowy

$$k_u = -g_m \cdot (R_C || r_{CE}) \approx -g_m \cdot R_C = \frac{I_C \cdot R_C}{U_T} \quad (1.7)$$

$$k_{u_{max}} = -g_m \cdot r_{CE} \quad (1.8)$$

$$k_i = \beta \quad (1.9)$$

Niezwykle ważnymi parametrami są rezystancję:

wejściowa: – dopytać bo nie jestem pewien :C

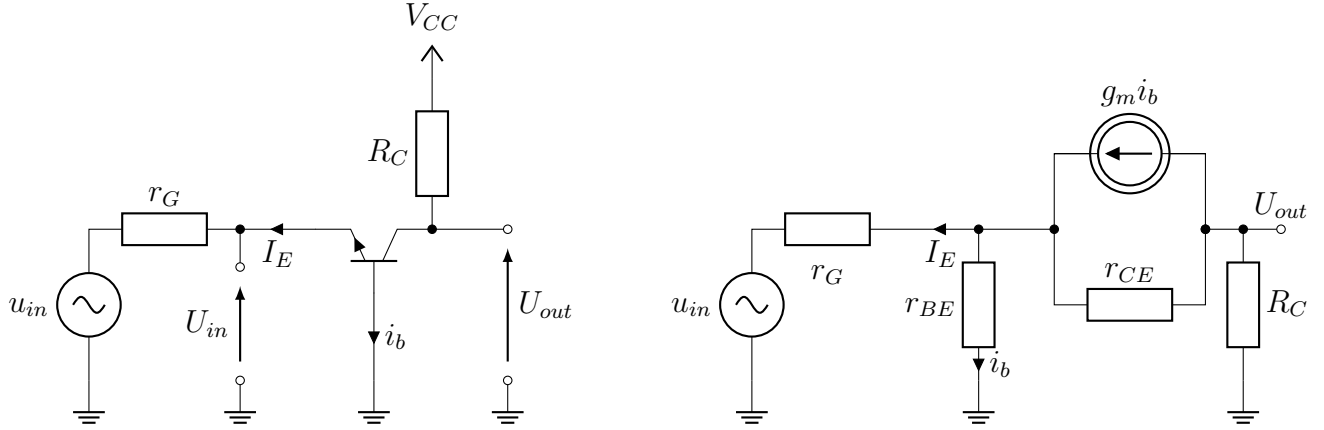
$$r_{in} = \frac{u_{in}}{i_{in}} = r_{BE} \quad (1.10)$$

wyjściowa:

$$r_{out} = \frac{i_{out}}{u_{out}} = R_C || r_{CE} \quad (1.11)$$

## 1.4. Układ ze wspólną bazą (OB)

Dużo rzadziej spotykaną konfiguracją tranzystora, jest połączenie ze wspólną bazą.



Rysunek 4: Schemat ideowy oraz model mało-sygnałowy tranzystora ze wspólną bazą

Układ w tej konfiguracji może wydawać się bezużyteczny, ponieważ wzmocnienie napięciowe:

$$k_u = \frac{u_{out}}{u_{in}} = \frac{(g_m r_O) R_C}{R_C + r_O} \approx g_m \cdot R_C \quad (1.12)$$

W zasadzie dokładnie takie samo jak w układzie OE...

$$k_i \approx 1 \quad (1.13)$$

Rezystancja wejściowa:

$$r_{in} = \frac{1}{g_m} \approx \frac{r_{BE}}{\beta} \quad (1.14)$$

Rezystancja wyjściowa:

$$r_{out} = R_C || r_{CE} \left( 1 + \beta \frac{r_G}{r_{BE} + r_G} \right) = R_C || r_{CE} \quad (1.15)$$

Mała wartość impedancji wejściowej sprawia, że układ jest rzadko stosowany w układach mało-sygnałowych. – generalnie układ gówniany

## 1.5. Układ ze wspólnym kolektorem (OC) - wtórnik emiterowy

