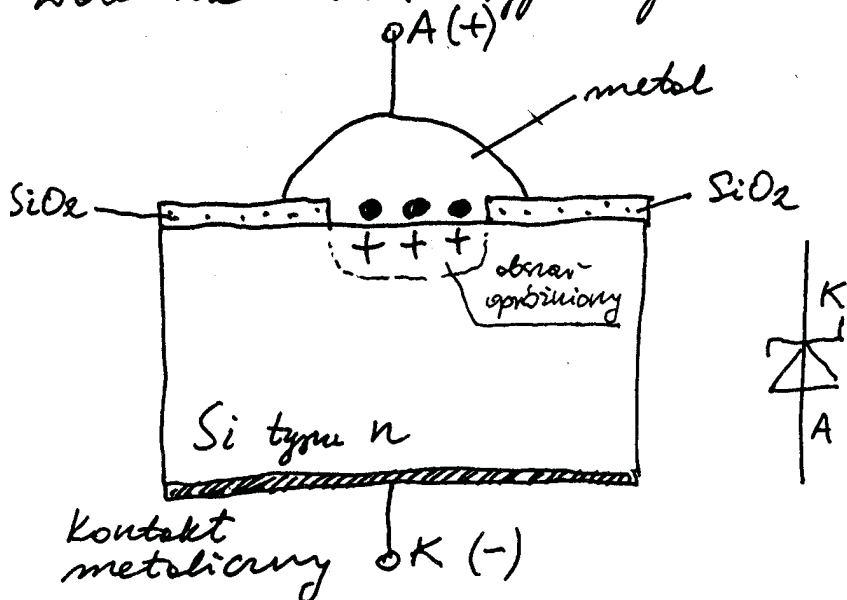


Styk metalu z półprzewodnikiem (pp) może mieć charakter zwykłego styku omowego (nieprostokątnego) lub posiadać charakterystyki $I(U)$ nieliniowe.

- * omowy - bardzo rzadki, występuje doprowadzenie metalowe do półprzewodnika,
- * nieliniowy - dioda Schottky'ego, mały spadek napięcia w kierunku przewodzenia $0,3 \div 0,5$ V.

Charakter styku mp zależy od pracy wyjścia elektronów z metalu i z pp oraz rodzaju półprzewodnika tzn. typu p lub n.

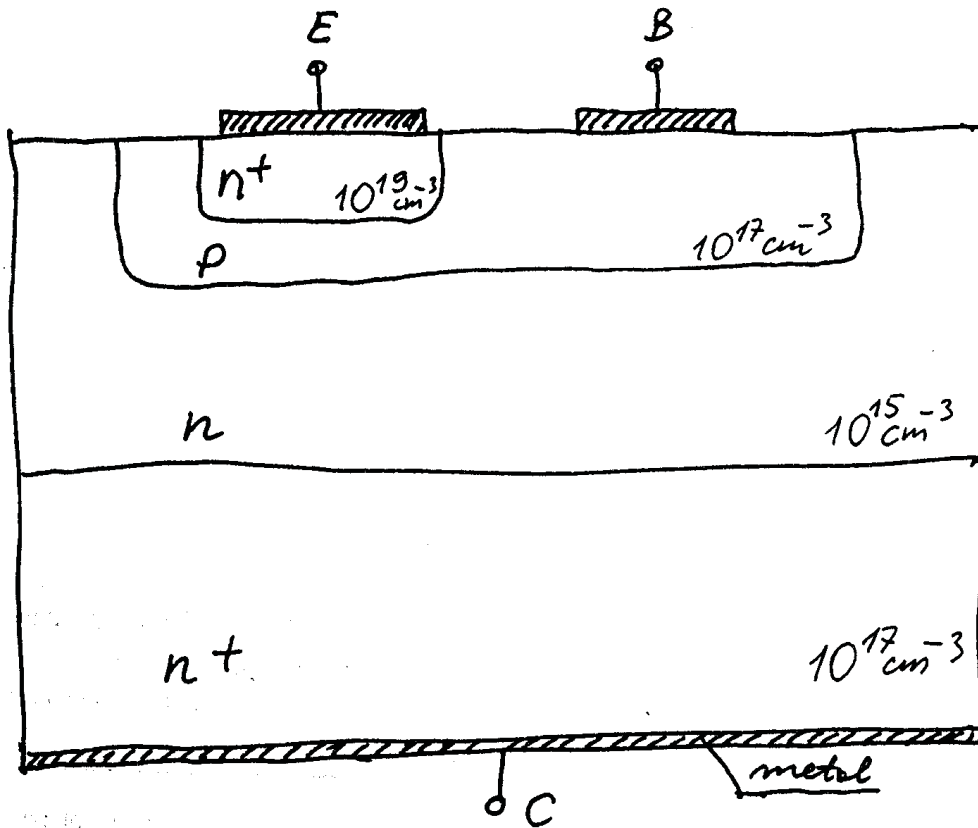


W_n (praca wyjścia krenum) $<$ W_m (praca wyjścia metalu) styk nieliniowy Fizeau. Odpytywanie elektronów z pp typu n do metalu - powstaje bariera potencjału = bariera potencjału.

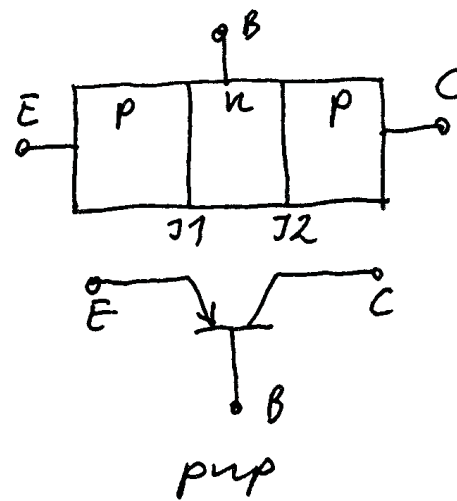
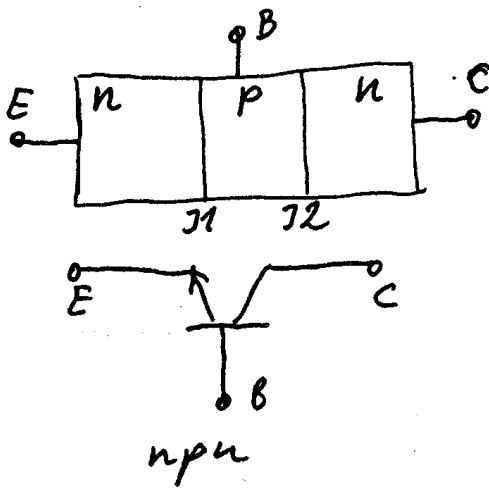
Prąd przepływa jest z przepływem elektronów, które wstrzyknęte do metalu nie wykazują cech nośników większościowych. Właściwości dynamiczne (tętnowe) złącza mp są lepsze niż złącza pn. Czas narzynienia < 100 ps.

Opracowano diody prostownicze mowy ze złącem mp z użyciem arsenku galu, które posiadają lepsze parametry elektryczne w porównaniu z krenowymi diodami Schottky'ego.

TYPOWA KONSTRUKCJA TRANZYSTORA BIPOLARNEGO



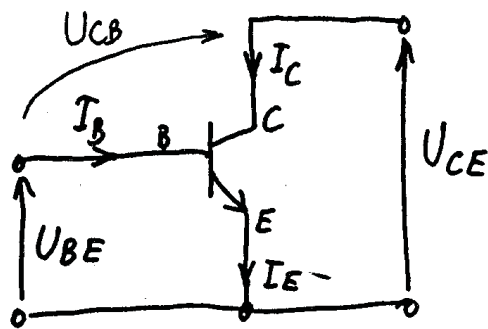
SYMBOLE TRANZYSTORÓW BIPOLARNYCH



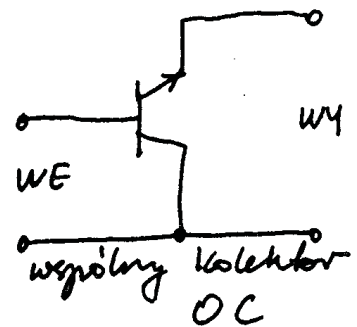
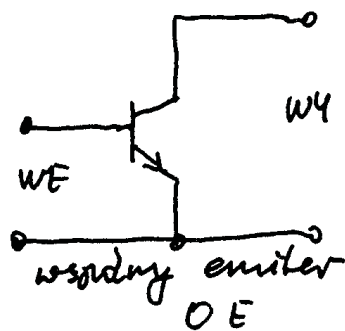
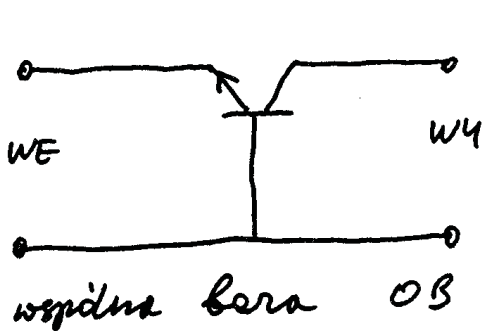
ZAKRESY (OBSZARY) PRACY TRANZYSTORA

- * aktywny normalny: J1 przewodzący, J2 zaporowy,
- * nasycenie: J1 i J2 przewodzący,
- * odcięcie: J1 i J2 zaporowe,
- * aktywny inwerujący: J1 zaporowy, J2 przewodzący.

OZNACZENIA PRĄDÓW I NAPIĘĆ



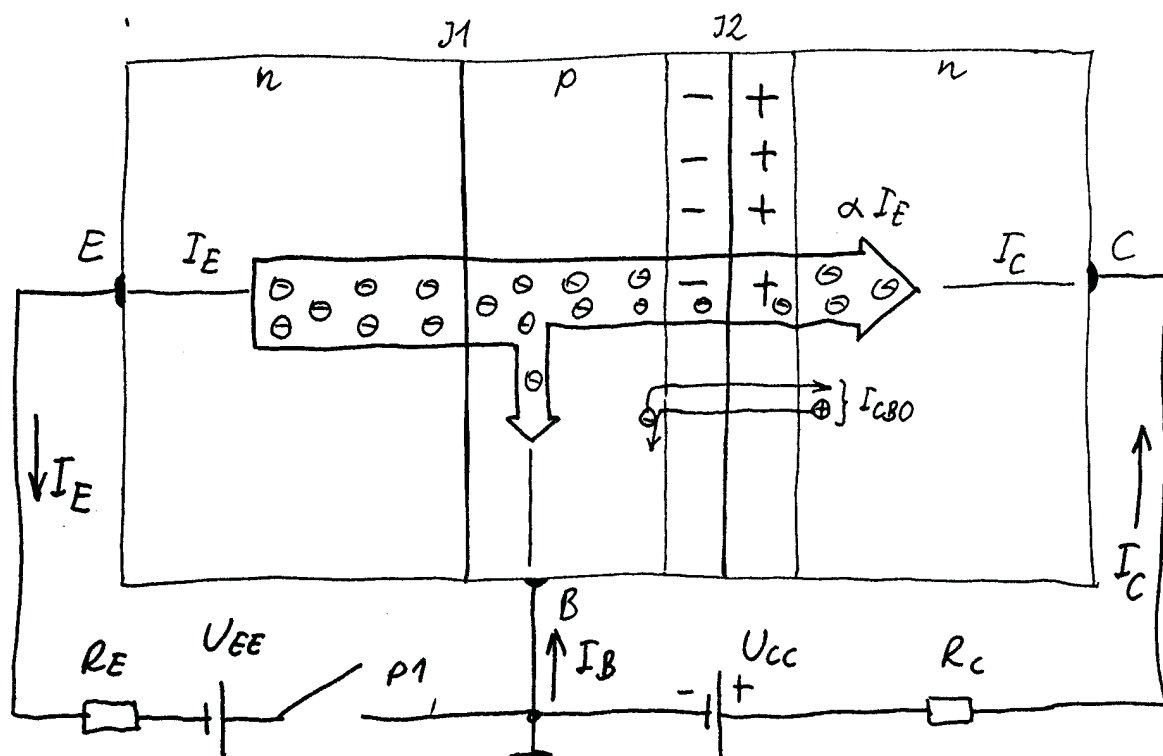
KONFIGURACJE (UKŁADY WŁĄCZENIA) TRANZYSTORA



ZASADA PRACY TRINOVÝCH BIPOLÁRNÝCH TRANSISTORŮ

BJT Bipolar junction transistors = tranzistory bipolární

OB

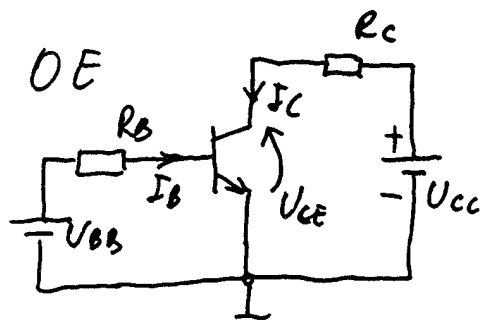


$P1 = \text{off}$ J1 bariéra potencionu, J2 zotluene

$P1 = \text{on}$ J1 prechodni, J2 zotluene

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \approx \alpha I_E \quad \alpha = \frac{I_C}{I_E} < 1$$



$$I_C = f(I_B)$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

$$I_C = \alpha I_B + \alpha I_C + I_{CBO}$$

$$I_C(1 - \alpha) = \alpha I_B + I_{CBO} \quad I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{1}{1 - \alpha} I_{CBO}$$

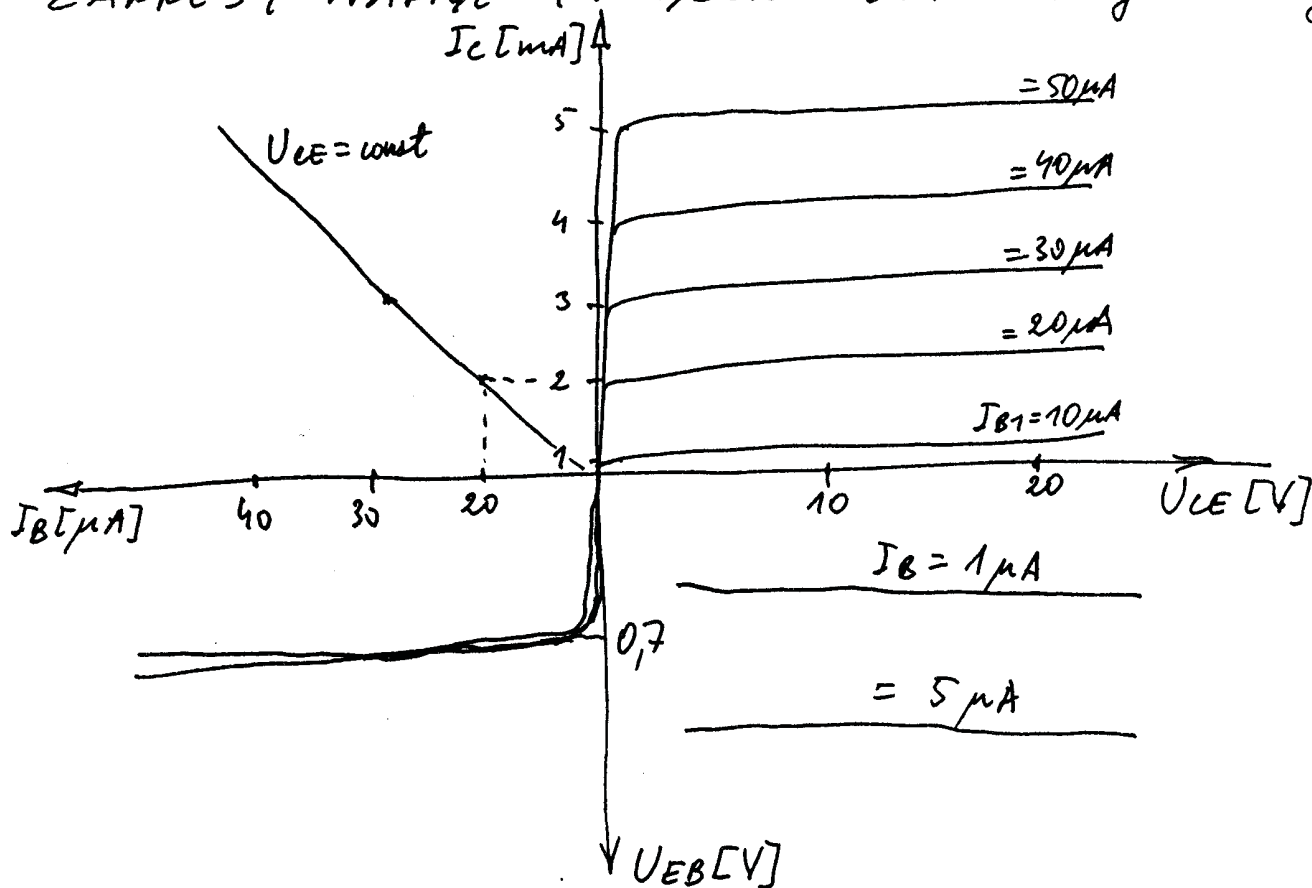
$$\frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{\frac{I_C}{I_E}}{1 - \frac{I_C}{I_E}} = \frac{\frac{I_C}{I_E}}{\frac{I_E - I_C}{I_E}} = \frac{I_C}{I_B} = \beta$$

$$\frac{1}{1 - \alpha} = \frac{\alpha - \alpha + 1}{1 - \alpha} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} + \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha} = \beta + 1$$

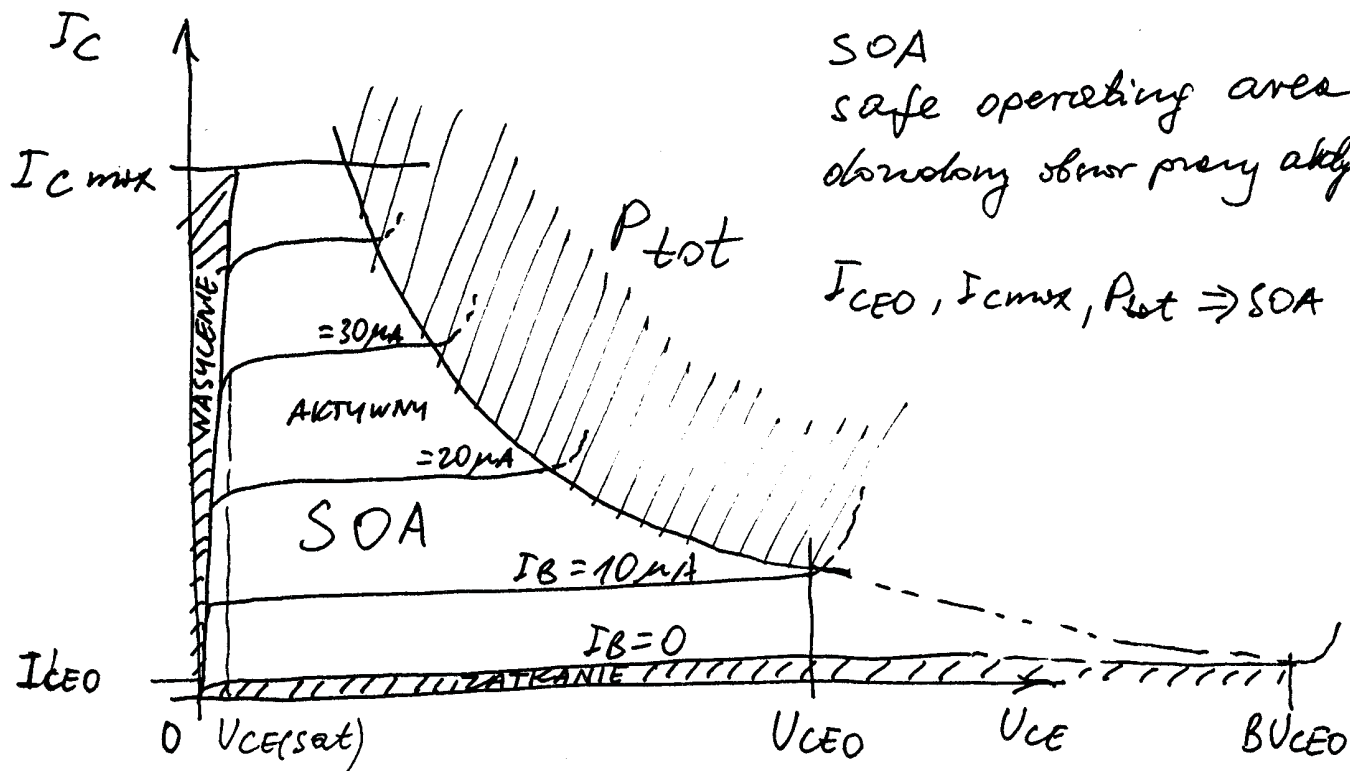
$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO} \approx \beta I_B$$

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

ZAKRESY NAPIĘĆ I PRĄDÓW BJT małej mocy



PARAMETRY TECHNICZNE I GRANICZNE BJT



SOA
safe operating area
obszar pracy aktywny

$I_{CE0}, I_{Cmax}, P_{tot} \Rightarrow SOA$

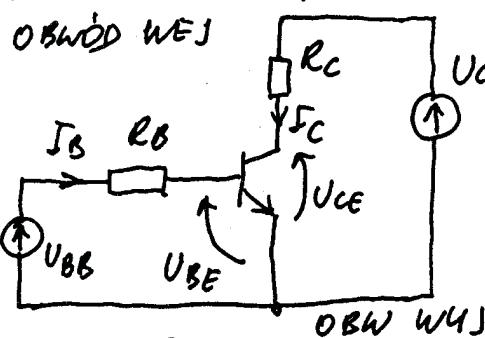
BC211

$U_{CB0} = 80V$, $U_{CE0} = 40V$, $U_{EB0} = 5V$

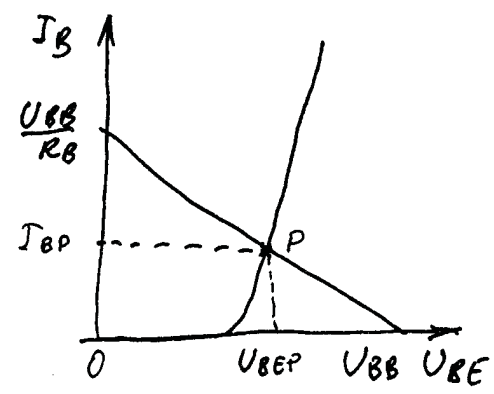
$I_C = 1A$, $T_j = 175^\circ C$, $P_{tot} = 0,8W$

$t_{on} = 80ns$, $t_{off} = 400ns$

PROSTA OBŁAŻENIA. PUNKT PRACY



$$y = mx + b$$



$$U_{BB} = I_B R_B + U_{BE}$$

$$I_B = \frac{U_{BB}}{R_B} - \frac{U_{BE}}{R_B} \quad m = -\frac{1}{R_B} \quad b = \frac{U_{BB}}{R_B}$$

$$U_{BE} = 0 \quad I_B = \frac{U_{BB}}{R_B}$$

$$I_B = 0 \quad U_{BE} = U_{BB}$$

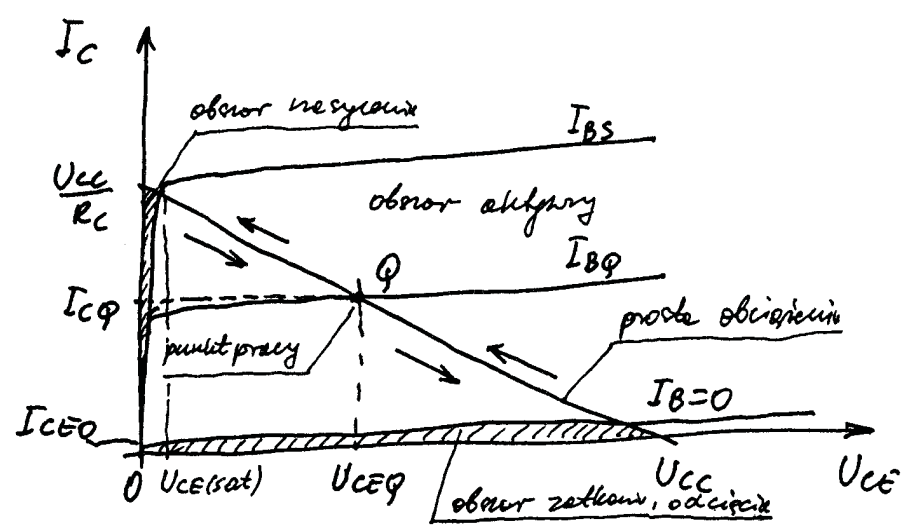
OBWÓD WYŚCIGOWY

$$U_{CC} = I_C R_C + U_{CE}$$

$$I_C = \frac{U_{CC}}{R_C} - \frac{U_{CE}}{R_C}$$

$$U_{CE} = 0 \quad I_C = \frac{U_{CC}}{R_C}$$

$$I_C = 0 \quad U_{CC} = U_{CE}$$



GRANICE OBSZARU AKTYWNEGO saturation = nasycenie

OBSZAR PRACY AKTYWNEJ J1 przewodzi, J2 zatkanie

$$I_{B0} < I_B < \frac{U_{CC} - U_{CE(sat)}}{\beta R_C}$$

$$I_{B0} < I_B < I_{BS} \quad I_{BS} = \frac{I_{CS}}{\beta}$$

$$U_{CE(sat)} < U_{CE} < U_{CC}$$

$$I_{CS} = \frac{U_{CC} - U_{CE(sat)}}{R_C}$$

W PRAKTYCE

$$0 < I_B < \frac{U_{CC}}{\beta R_C}$$

$$2V < U_{CE} < U_{CC}$$

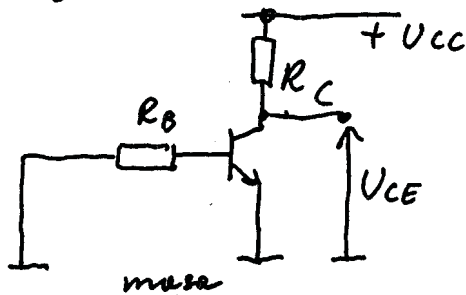
$$I_C = \beta I_B$$

OBSZAR ZATKANIA (ODCIĘCIA) BJT

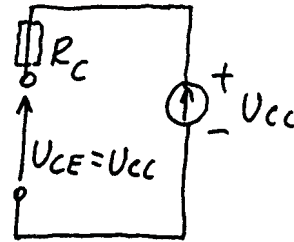
STAN ODCIĘCIA (ZATKANIA) BJT

J1, J2 zatkane

$$I_B = 0 \quad I_C = 0 \quad \text{dokładnie} \quad I_C = I_{CEO} [\mu A]$$



$$U_{CE} = U_{CC}$$



$$I_B = 0 \rightarrow BU_{CE0} \text{ WE}$$

$$I_E = 0 \rightarrow BU_{CE0} \text{ WB}$$

breakdown = napięcie przebicia $\rightarrow$ producent

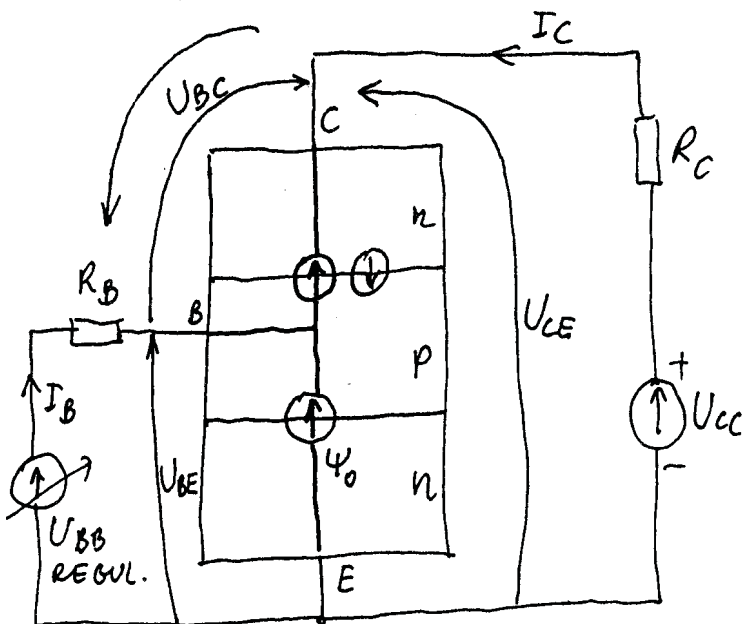
$$U_{CC} < BU_{CE0}$$

$$U_{BB} < BU_{BE0}$$

OBSZAR NASYCENIA BJT

STAN NASYCENIA BJT

J1, J2 przewodzi



uproszczony schemat zastępczy dla obszaru nasycenia

OBSZAR AKTYWNY

$$U_{CE} = U_{BC} + U_{BE}$$

$$U_{BC} = U_{CE} - U_{BE} = 2 - 0,7 = 1,3 V$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$$

OBSZAR NASYCENIA

$$I_B \uparrow \quad I_C \uparrow \quad U_{CE} \downarrow$$

$$U_{CE} = 0,7 V$$

$$U_{BC} = 0,7 - 0,7 = 0 V$$

$$I_B \uparrow \quad I_C \uparrow \quad U_{CE} \downarrow$$

$$U_{CE} = 0,2 V$$

$$U_{BC} = 0,2 - 0,7 = -0,5 V$$

$$U_{CC} = I_{CS} R_C + U_{CE(sat)}$$

$$I_{CS} = \frac{U_{CC} - U_{CE(sat)}}{R_C}$$

$$I_{BS} = \frac{I_{CS}}{\beta}$$

$$I_{BS} \gg \frac{U_{CC} - U_{CE(sat)}}{\beta R_C}$$

w przybliżeniu

$$I_{BS} \gg \frac{U_{CC}}{\beta R_C}$$

Obliczenie warunków pracy od ustalenia punktu pracy stacoprowej. Punkt pracy jest charakterystyczny przez wartości stałe prądów i napięć tranzystora:

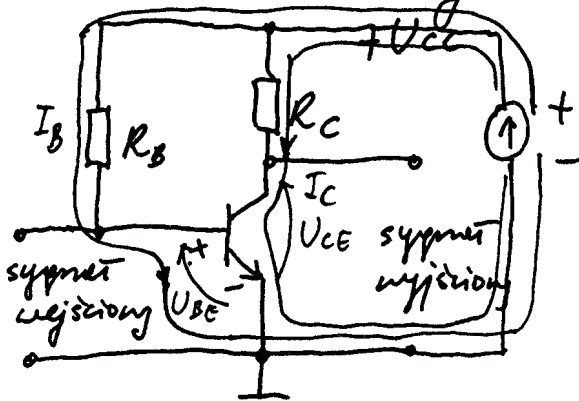
I_B - stały prąd bazy,	} wartości napięć i prądów określających napięcie zasilania U_{CC} i rezystory obciążone do tranzystora
I_C - stały prąd kolektora,	
U_{CE} - stałe napięcie pomiędzy C i E.	

Punkt pracy rzeczywisty ustalany jest w potencie prostym obciążeniem wbudowanym w charakterystyki wyjściowe tranzystora. Po dokonaniu polaryzacji stacoprowej można doprowadzić sygnał do wejścia wzmacniacza, a na wyjściu otrzymać sygnał wyjściowy.

POLARYZACJA STATUM PRĄDEM BAZY

2.07.2005 19

Najprostszym obwodem polaryzacji tranzystora dla konfiguracji o wyodrębnionym emiterze jest układ rezystora polaryzującego R_B do rozróżnienia bazy tranzystora wymaganym prądem stojącym.



Określić punkt pracy $[U_{CE}, I_C]$

Bilans napięć dla obwodu wejściowego

$$U_{CC} = I_B R_B + U_{BE}$$

Bilans napięć dla obwodu wyjściowego

$$U_{CC} = I_C R_C + U_{CE}$$

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_{CE}}{I_C}$$

$$I_C = \frac{U_{CC} - U_{CE}}{R_C}$$

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B}$$

$$I_C = \beta I_B \quad I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

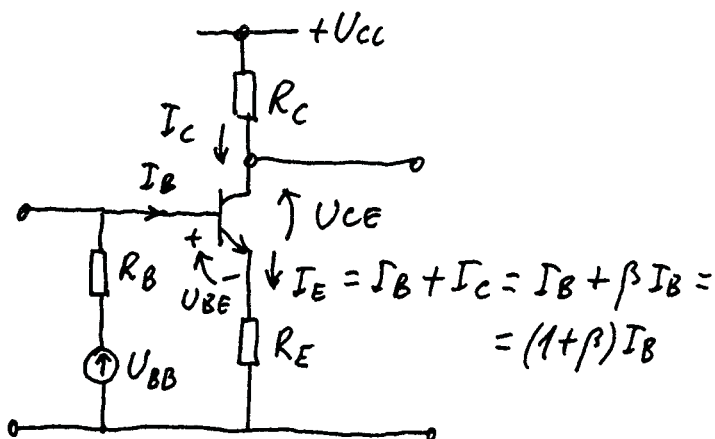
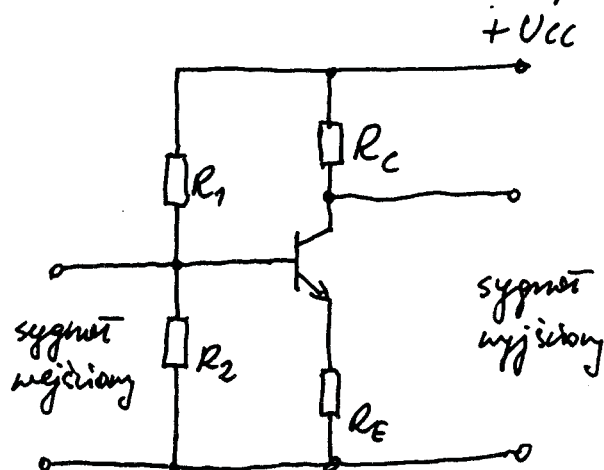
$$\frac{I_C}{\beta} = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{\beta (U_{CC} - U_{BE})}{I_C} = \frac{\beta R_C (U_{CC} - U_{BE})}{U_{CC} - U_{CE}}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$$

POLARYZACJA POTENCJOMETRYCZNA Z REZYSTORAMI EMITTEROWYM

Do zasilania obwodu bazy stałym napięciem polaryzacji użyty jest rezystancyjny dzielnik napięcia R_1 i R_2 , a szeregowo z końcówką emitera włączono rezystor R_E . Wprowadzenie do układu polaryzacji napięć wyznaczonych elementów prowadzi do znanego zwiększenia stabilności punktu pracy obwodu.



Dzielnik napięcia został zastąpiony theoremem równoważności: równoważnym napięciem i theoremową rezystancją

$$V_{BB} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad R_B = R_1 // R_2$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_B (\beta + 1) R_E$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - I_E R_E}{I_C}$$

$$I_E = I_C + I_B = I_C + \frac{I_C}{\beta} = I_C \frac{\beta + 1}{\beta}$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} - \frac{\beta + 1}{\beta} R_E \approx \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} - R_E$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_C \frac{\beta + 1}{\beta} R_E$$

$$I_B [R_B + (\beta + 1) R_E] = V_{BB} - V_{BE}$$

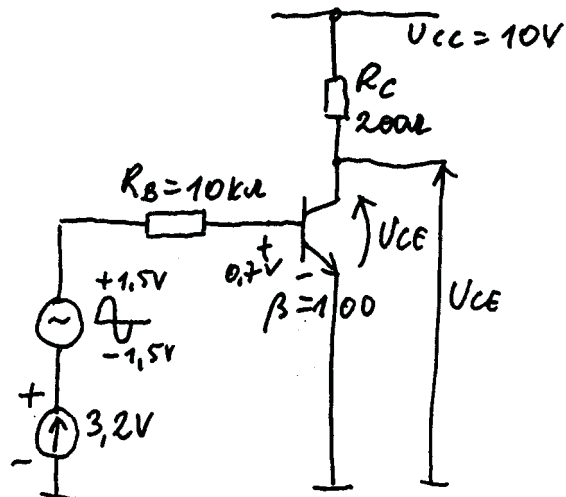
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

$$\frac{I_C}{\beta} = I_B \quad \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

$$I_C = \frac{\beta (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

$$R_B = \frac{\beta (V_{BB} - V_{BE})}{I_C} - (\beta + 1) R_E$$

USTALENIE OPTIMALNEGO PUNKTU PRACY DLA SYGNAŁÓW ZMIENNYCH



$$I_B = \frac{3,2 - 0,7}{10 \cdot 10^3} = 250 \mu A$$

$$I_{B \max} = \frac{4,7 - 0,7}{10 \cdot 10^3} = 400 \mu A$$

$$I_{B \min} = \frac{1,7 - 0,7}{10 \cdot 10^3} = 100 \mu A$$

$$I_{C \max} = 100 \cdot 400 \cdot 10^{-6} = 40 \text{ mA}$$

$$I_{C \min} = 100 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 10 \text{ mA}$$

$$V_{CE \min} = 10 - 40 \cdot 0,2 = 2 \text{ V}$$

$$V_{CE \max} = 10 - 10 \cdot 0,2 = 8 \text{ V}$$

