



# Politechnika Wroclawska

Koło Naukowe Robotyków „KoNaR”



## Tranzystor bipolarny

Łukasz Juskiewicz

Koło Naukowe Robotyków „KoNaR”

Wrocław, 17 maja 2011



## Plan prezentacji

- Wstęp
- Jak to działa?
- Przydatne układy
- Parametry katalogowe
- Tranzystor jako przełącznik mocy
- Pojemności i efekt Millera
- Moc strat i odprowadzanie ciepła
- Podsumowanie



# Wstęp

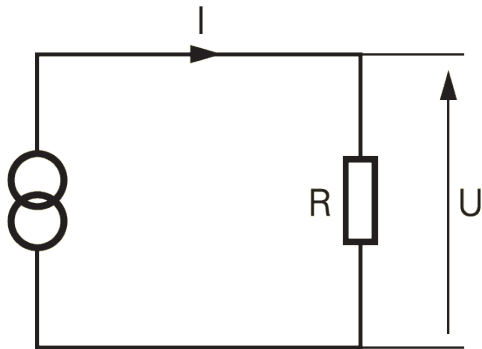
## Motto

„W teorii nie ma różnicy między praktyką a teorią.  
W praktyce jest.”



# Wstęp

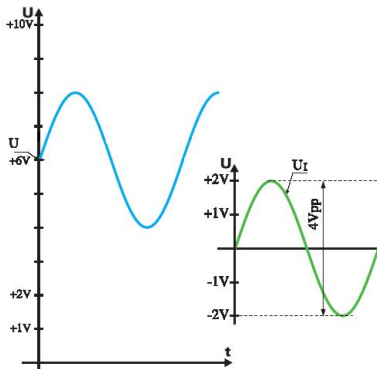
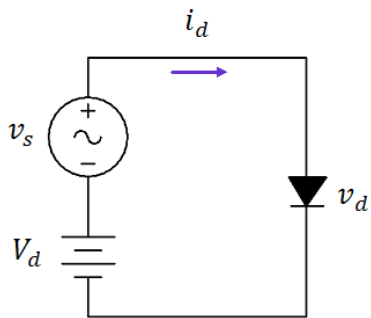
## Jajko czy kura





# Wstęp

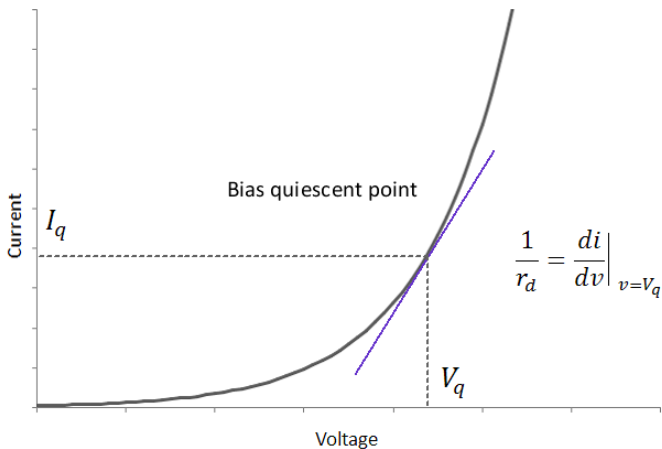
## Modele stało- i zmiennoprądowe





# Wstęp

## Rezystancja dynamiczna





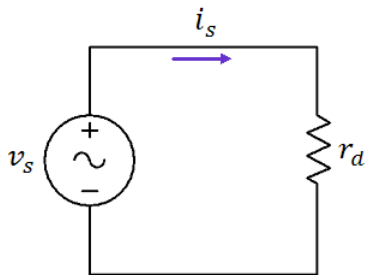
## Wstęp

## Modele małosygnałowe

$$R_s = \frac{U}{I}$$

$$r_d = \frac{u}{i}$$

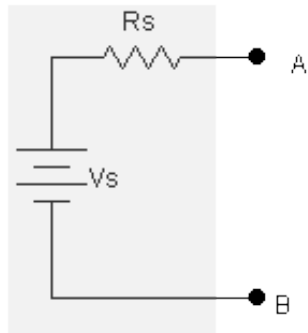
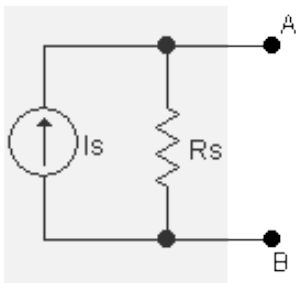
$r_d$  może być ujemne!





# Wstęp

Zasilanie i masa to to samo!







# Jak to działa?

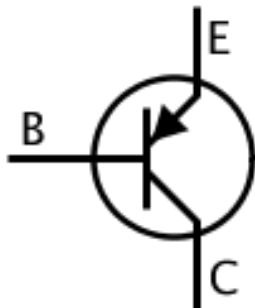
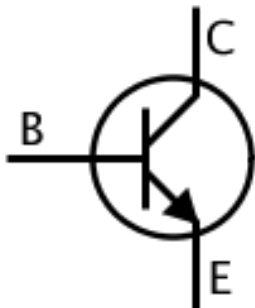
## Podajcie podręcznikowe

Tranzystor bla bla elektrony bla bla dziury bla bla złącze bla bla epitaksjalny bla bla. Kolektor bla bla nośniki bla bla baza bla bla wstrzykiwanie bla bla emiter. Parametry bla bla macierz bla bla hybrydowe bla bla beta. Model bla bla małosygnałowy bl bla admitancja bla bla hybryd  $\Pi$  bla bla częstotliwość graniczna.



# Jak to działa?

## Symbole

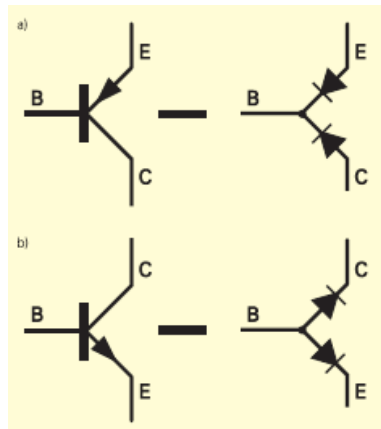




# Jak to działa?

## Tranzystor „złożony”

- 1 Złącze baza-emiter polaryzujemy w kierunku przewodzenia.
- 2 Złącze baza-kolektor polaryzujemy w kierunku zaporowym.
- 3 Uwaga! W stanie nasycenia  $U_{BE} > U_{CE}$

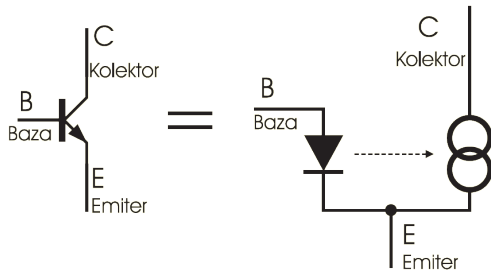




# Jak to działa?

Coś więcej niż dwie diody – źródło prądowe sterowane prądem

$$I_C = I_E + I_B$$
$$I_C = h_{FE} I_B = \beta I_B$$
$$U_B = U_E + U_{BE}$$





## Jak to działa?

Beta nie jest „dobrym” parametrem!

Beta zależy od:

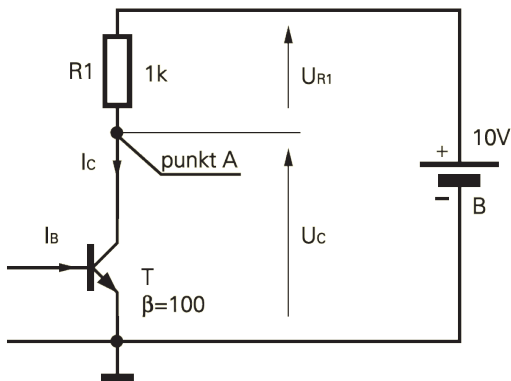
- egzemplarza tranzystora
- prądu kolektora
- napięcia  $U_{CE}$
- temperatury

Na szczęście możemy spokojnie założyć, że  $\beta \gg 100$  dla tranzystorów małej mocy. Uwaga: nie zawsze  $h_{FE} = h_{fe}$  !



# Jak to działa?

## „Pasywne” źródło prądowe – małe ćwiczenie





# Jak to działa?

## Garść uwag

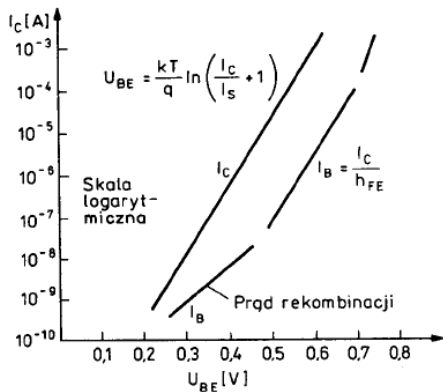
- Tranzystor może pracować:
  - w stanie odcięcia
  - w obszarze pracy liniowej
  - w stanie nasycenia
- Prądy zerowe tranzystora ( $I_{CE0}$ ,  $I_{CES}$ ) są pomijalne dla tranzystorów małej mocy, dla tranzystorów mocy mogą mieć znaczącą wartość, gdy tranzystor jest gorący.
- W stanie nasycenia napięcie  $U_{CE}$  spada do kilkudziesięciu mV dla „małych” tranzystorów do ponad wolta dla „dużych”.  $U_{CE(sat)}$  zależy od prądu kolektora.



## Jak to działa?

## Równanie Ebersa-Molla

$$I_c = I_s \left( e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} - 1 \right)$$
$$U_T = \frac{kT}{q}$$
$$I_c = f(U_{BE})$$



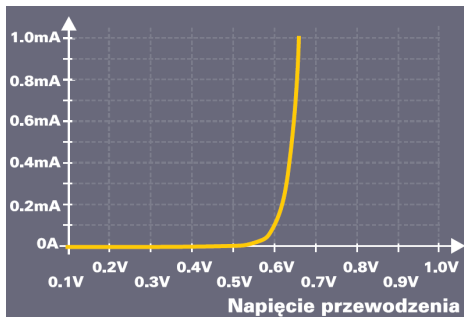




# Jak to działa?

## Złącze baza-emiter

- Złącze baza-emiter zachowuje się jak dioda
- Charakterystyka jest eksponencjalna
- Silna zależność od temperatury! (około  $-2.1mV/K$ )

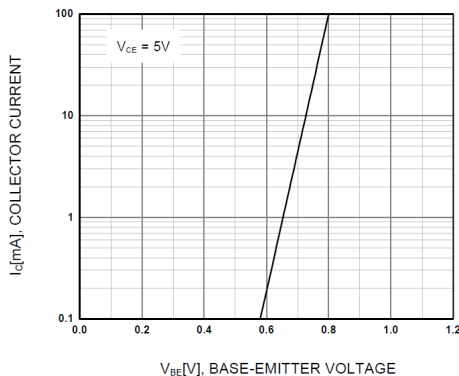




# Jak to działa?

## Złącze baza-emiter

- Złącze baza-emiter zachowuje się jak dioda
- Charakterystyka jest eksponencjalna
- Silna zależność od temperatury! (około  $-2.1mV/K$ )

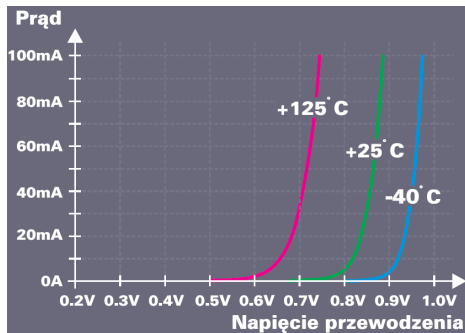




# Jak to działa?

## Złącze baza-emiter

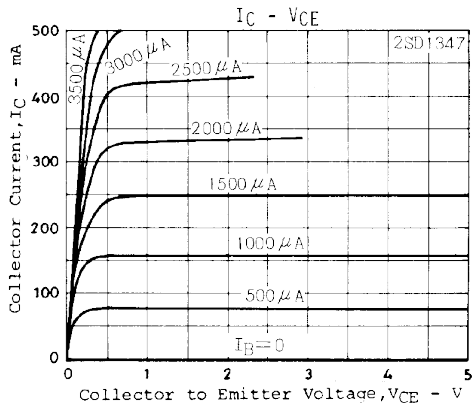
- Złącze baza-emiter zachowuje się jak dioda
- Charakterystyka jest eksponencjalna
- Silna zależność od temperatury! (około  $-2.1mV/K$ )





# Jak to działa?

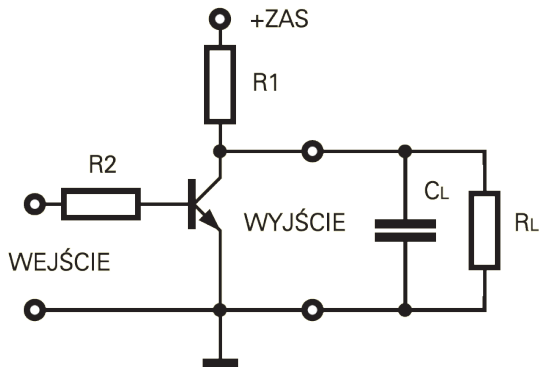
## Charakterystyki wyjściowe





# Przydatne układy

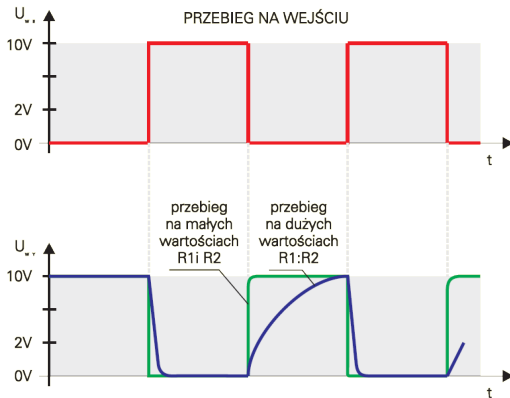
## Negator (konwerter poziomów)





# Przydatne układy

Nie przesadzajmy z wartościami rezystorów!

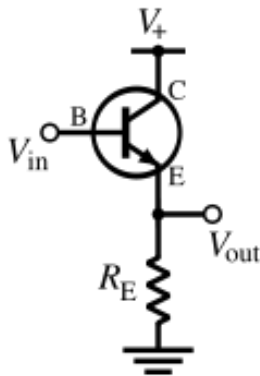




## Przydatne układy

### Wtórnik emiterowy

- $U_E = U_B - 0.6V$
- Duża rezystancja wejściowa
- Mała rezystancja wyjściowa
- Wzmocnienie prądowe
- Układ jest asymetryczny podobnie jak negator





## Podsumowanie

Dziękuję za uwagę.