

# CHARAKTERYSTYKI STATYCZNE DIODY ZŁĄCZOWEJ I TRANZYSTORA WARSTWOWEGO

( BADANIE CHARAKTERYSTYK DIODY I TRANZYSTORA MIERNIKAMI )

- I. Cel ćwiczenia:** wyznaczenie charakterystyk diody i tranzystora oraz zapoznanie się z podstawowymi właściwościami tych elementów oraz metodą ich badania.
- II. Przyrządy:** zestaw mierników i zasilaczy w jednej obudowie.
- III. Literatura:** zagadnienia wraz z wprowadzeniem teoretycznym została podana w opisie ćwiczenia E-3A.

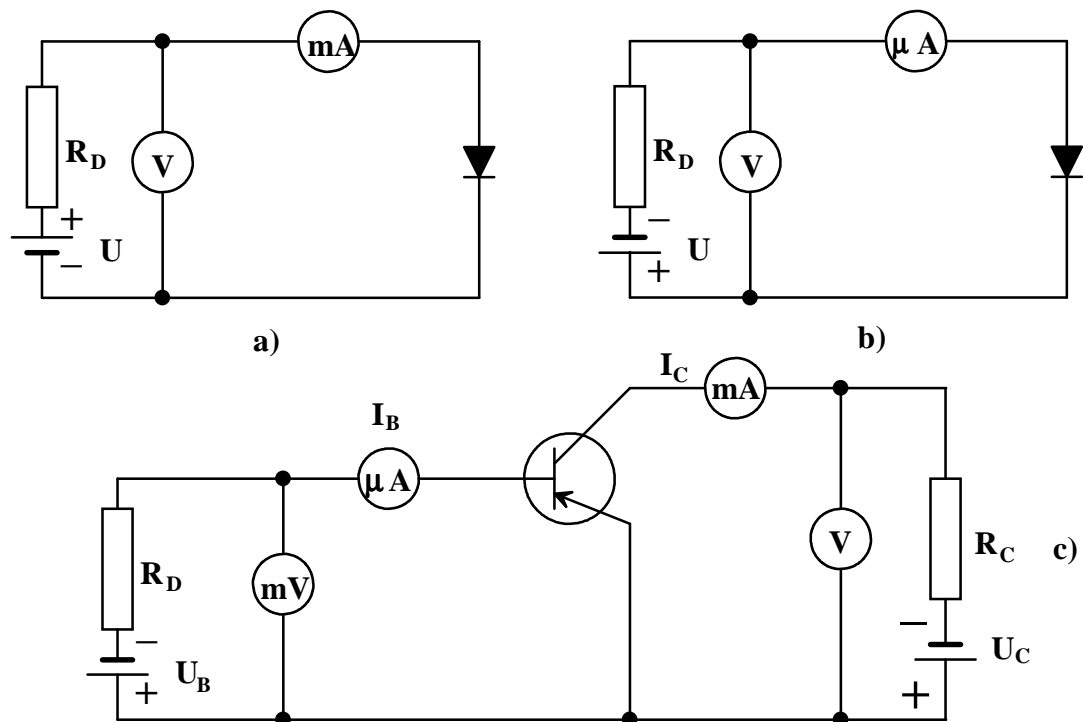
## IV. Układ pomiarowy

Aby wyznaczyć statyczną charakterystykę tranzystora należy dysponować dwoma źródłami SEM o regulowanym i stabilnym w czasie napięciu wyjściowym, mili- i mikroamperomierzem, oraz dwoma woltomierzami, z których jeden powinien posiadać zakres pomiarowy rzędu kilkudziesięciu woltów, natomiast drugi winien umożliwiać pomiar w zakresie od miliwoltów do kilku woltów. Również maksymalne napięcie źródeł SEM mogą być zróżnicowane w takim samym stopniu, jak zakresy woltomierzy, co wynika z typowych dla współczesnego tranzystora napięć i prądów pracy (porównaj z rys.7 ćwiczenia E-3A).

Schematy najprostszycy układów przeznaczonych do wyznaczania charakterystyk są przedstawione na rys.1. Na schematach tych w szereg z każdym ze źródeł SEM włączono opornik mający ograniczyć maksymalną wartość natężenia prądu w obwodzie do wartości dopuszczalnej dla badanego elementu półprzewodnikowego. Jeśli jednak oporność wyjściowa źródła SEM oraz oporność wewnętrzna miernika natężenia prądu są dostatecznie duże, to stosowanie oporników  $R_D$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  nie jest konieczne. Wartości napięć, natężeń prądów i oporności, oraz zakresy mierników dobiera się w ogólnym przypadku na podstawie tzw. katalogowych parametrów tranzystora lub diody. Parametry te obejmują m. in. dopuszczalne wartości spadków potencjałów i strat cieplnych. Ta ostatnia wielkość istotnie zależy od tego czy badany tranzystor umieszczony jest w tzw. radiatorze przyspieszającym rozpraszanie ciepła.

Układ zasilaczy i mierników, przeznaczony do wykonywania ćwiczenia został tak zaprojektowany, aby dla określonej diody i tranzystora nie zachodziła konieczność włączania w obwód oporników  $R_D$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ , co bynajmniej nie oznacza, iż włączanie ich nie będzie konieczne podczas badania tranzystora lub diody innego typu.

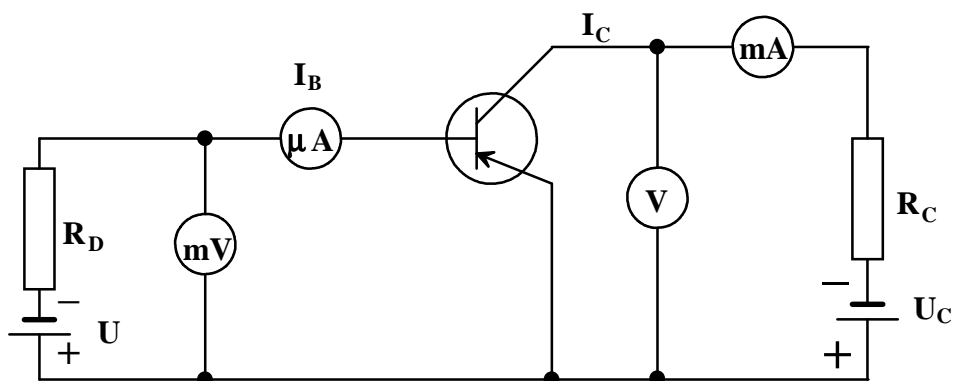
W celu dokładniejszego wyznaczenia charakterystyk można zastąpić woltomierze analogowe woltomierzami cyfrowymi o znacznie większej oporności wejściowej, modyfikując układ pomiarowy w sposób przedstawiony na rys.2.



Rys.1 Schemat układu do wyznaczania charakterystyki diody w kierunku przewodzenia ( a ) i w kierunku zaporowym ( b ), oraz tranzystora p-n-p w układzie WE ( c ). Dla tranzystora n-p-n należy zmienić znaki napięć  $U_B$  i  $U_C$  na przeciwnie!

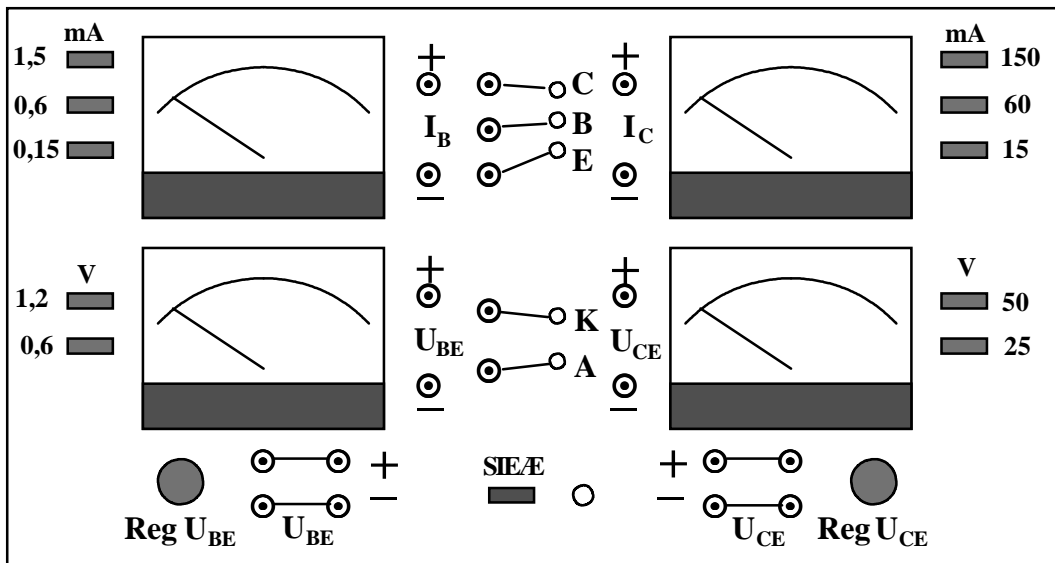
Schematy z rys.1 i rys.2 różnią się tym, że w pierwszym przypadku realizowany jest poprawny pomiar natężenia prądu, a w drugim - poprawny pomiar napięcia.

Mierząc poprawnie natężenie prądu (rys.1) i chcąc obliczyć poprawną wartość spadku potencjału na badanym elemencie musimy uwzględnić wpływ oporności wewnętrznej miernika natężenia prądu (patrz wstęp).



Rys. 2 Układ do wyznaczania charakterystyki tranzystora p-n-p w układzie WE z poprawnym pomiarem napięcia baza-emiter i kolektor-emiter woltmierzami cyfrowymi o b. dużej oporności wejściowej.

Mierniki i zasilacze niezbędne do wykonania ćwiczenia zostały umieszczone w jednej obudowie. Płyta czołowa tego przyrządu z zestawem mierników i zasilaczy ma wygląd taki jak na rysunku 3.



Wykorzystując zaciski laboratoryjne zasilaczy i mierników należy zestawić obwody przedstawione na rys.1 lub na rys.2. bez dołączania dodatkowych oporów. **Do zasilania diody w kierunku przewodzenia wykorzystujemy zasilacz  $U_{BE}$ , do pomiaru prądu miliamperomierz  $I_C$  (mA) a do pomiaru napięcia woltomierz  $U_{BE}$ . Przy zdejmowaniu charakterystyki w kierunku zaporowym do zasilania diody wykorzystujemy zasilacz  $U_{CE}$  a do pomiaru prądu miliamperomierz  $I_B$ .**

## V. Pomiary

- 1▪ Wyznaczyć charakterystykę diody w kierunku przewodzenia i w kierunku zaporowym, włączając w razie konieczności dodatkowy opornik zabezpieczający  $R_D$ .
- 2▪ Wstępnie zbadać tranzystor wykorzystując miernik diod i tranzystorów MTD-1 oraz oddzielną instrukcję dostępną w pracowni.
- 3▪ Wyznaczyć zależność natężenia prądu  $I_C$  w obwodzie kolektora (prądu kolektora) od natężenia prądu  $I_B$  w obwodzie bazy (prądu bazy) dla stałego napięcia kolektor-emiter  $U_{CE}$ . Natężenie prądu bazy zmieniamy zwiększając napięcie między bazą a emiterem  $U_{BE}$ . Pomiary powtórzyć dla innych wartości napięć  $U_{CE}$ .
- 4▪ Wyznaczyć zależność natężenia prądu kolektora  $I_C$  od napięcia kolektor-emiter  $U_{CE}$  dla stałego natężenia prądu bazy  $I_B$ . Pomiary powtórzyć dla innych wartości  $I_B$ .
- 5▪ Jeżeli pomiary wykonywane były metodą poprawnego pomiaru natężenia prądu (rys.1), to należy uwzględnić wpływ oporności wewnętrznej mierników natężenia prądu na spadek potencjału na badanym elemencie. Pomiary powinny być wykonywane w jak najkrótszym czasie, aby nie dopuścić do istotnego wzrostu temperatury diody lub tranzystora. Jedną z oznak wzrostu temperatury tranzystora podczas pomiaru jest zmiana natężenia prądu kolektora przy stałym napięciu  $U_{CE}$  i stałym prądzie  $I_B$ .

## VI. Opracowanie wyników

- 1▪ Wykreślić charakterystykę diody i określić wartość oporności dynamicznej (oporu różniczkowego)  $r_i = dU/dI$  dla kilku punktów charakterystyki. Dla tych samych punktów wyznaczyć wartość oporności statycznej  $R_i = U_i/I_i$ .

- 2▪ Wykreślić na jednym rysunku zależność prądu kolektora  $I_C$  od prądu bazy  $I_B$  dla różnych wartości napięcia kolektor-emiter  $U_{CE}$ . Znaleźć wartość współczynnika wzmocnienia prądowego  $\beta$ :

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

- 3▪ Wykreślić na jednym rysunku zależność prądu kolektora  $I_C$  od napięcia kolektor-emiter  $U_{CE}$  dla różnych wartości prądu bazy  $I_B$ .

Obliczyć wartość współczynnika wzmocnienia prądowego  $\beta$  oraz wartość oporności wyjściowej tranzystora:

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

- 4▪ Wykreślić na jednym rysunku zależność prądu bazy  $I_B$  od napięcia baza-emiter  $U_{BE}$  dla  $U_{CE} = \text{const}$  i obliczyć wartość oporności wejściowej tranzystora:

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

- 5▪ Przeprowadzić dyskusję wyników, a w szczególności uwzględnić wpływ oporności wewnętrznych przyrządów na wyniki pomiarów.