
PE-2

TRANZYSTORY BIPOLARNE

1 Zagadnienia teoretyczne

- Znajomość zagadnień związanych z teorią półprzewodników, w szczególności:
 - struktura pasmowa metali, izolatorów i półprzewodników,
 - właściwości półprzewodników,
 - półprzewodniki samoistne oraz domieszkowane typu p i n,
 - nośniki prądu elektrycznego w półprzewodnikach (elektrony i dziury).
- Budowa i zasada działania złącza p-n (diody) przy różnym sposobie polaryzacji (zaporowo, w kierunku przewodzenia).
- Budowa i zasada działania tranzystora bipolarnego typu n-p-n.
- Typowe konfiguracje, w której stosowany jest tranzystor bipolarny.
- Parametry tranzystora takie jak: wzmacnienie prądowe, rezystancja wyjściowa, napięcie baza-emiter.
- Różnice w sposobie działania i podłączenia między tranzystorami bipolarnymi n-p-n oraz p-n-p.
- Podstawy obsługi zasilacza laboratoryjnego.

Szczegóły dotyczące zasady działania tranzystora bipolarnego, parametrów czwórnikowych oraz jego charakterystyk można znaleźć w skrypcie Pracownia Elektroniki (skan dostępny na wirtualnym kampusie) [1].

2 Elementy układu pomiarowego

- Płytki pomiarowe ze złączami radiowymi: tranzystor n-p-n, tranzystor p-n-p, rezystor 1 MΩ.
- Zasilacz dwukanałowy – używany do zasilania obwodu baza-emiter oraz kolektor-emiter.
- Mierniki:
 - multimetr Unitra 1321 (pomiar napięcia kolektor-emiter),
 - multimetr Meratronik V540 (pomiar napięcia baza-emiter),
 - analogowy mA (pomiar prądu kolektora),
 - analogowy μA (pomiar prądu bazy).

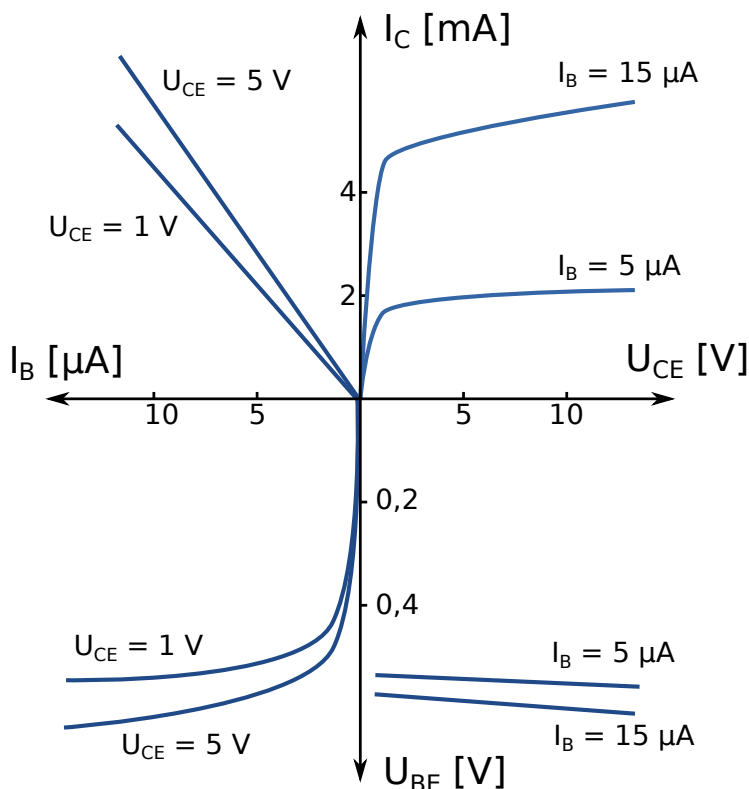
3 Wstęp i cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie rodziny charakterystyk oraz wybranych parametrów tranzystora bipolarnego typu n-p-n w obwodzie wspólnego emitera:

Charakterystyka	Zależność	Warunek
Wyjściowa	$I_C = f(U_{CE})$	$I_B = \text{const}$
Przejęciowa	$I_C = f(I_B)$	$U_{CE} = \text{const}$
Wejściowa	$U_{BE} = f(I_B)$	$U_{CE} = \text{const}$
Zwrotna	$U_{BE} = f(U_{CE})$	$I_B = \text{const}$

Przykładowy kształt takich charakterystyk został przedstawiony w postaci schematycznego wykresu na Rys. 1. W rzeczywistości są to cztery różne wykresy (o różnych osiach), każdy z nich zawiera po dwie krzywe.

Na podstawie wyznaczonych charakterystyk można wyznaczyć wybrane parametry tranzystora bipolarnego pracującego w układzie wspólnego emitera.



Rysunek 1: Charakterystyki tranzystora bipolarnego przedstawione schematycznie

3.1 Wzmocnienie prądowe tranzystora

Wzmocnienie prądowe tranzystora oznaczane jako β lub h_{FE} określa stosunek prądu kolektora do prądu bazy przy stałym napięciu kolektor–emiter U_{CE} .

$$\beta = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{U_{CE}=\text{const}} \quad (1)$$

Wzmocnienie prądowe można wyznaczyć z nachylenia charakterystyki przejściowej $I_C = f(I_B)$ przy ustalonej wartości napięcia U_{CE} .

3.2 Rezystancja wyjściowa

Rezystancja wyjściowa tranzystora r_{CE} opisuje zależność pomiędzy zmianą napięcia kolektor–emiter a zmianą prądu kolektora przy stałym prądzie bazy. Parametr ten określa, jak bardzo prąd kolektora zależy od napięcia U_{CE} w obszarze aktywnym pracy tranzystora.

$$r_{CE} = \left. \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} \right|_{I_B = \text{const}} \quad (2)$$

Rezystancję wyjściową wyznacza się z nachylenia charakterystyki wyjściowej $I_C = f(U_{CE})$ w obszarze aktywnym tranzystora, czyli dla zakresu napięć U_{CE} , dla których prąd kolektora jest sterowany prądem bazy, a tranzystor działa jako element wzmacniający.

3.3 Napięcie baza-emiter

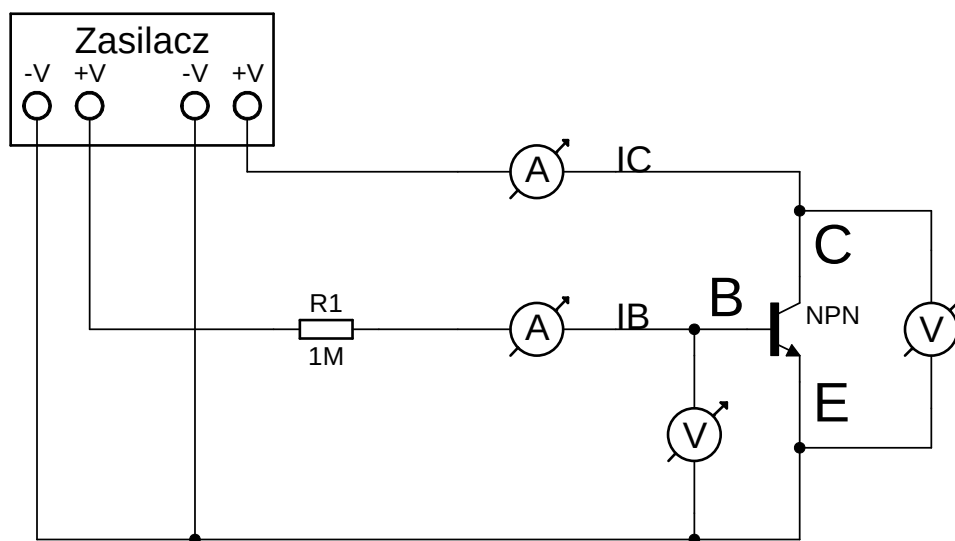
Napięcie baza-emiter w tranzystorach krzemowych, w stanie przewodzenia, ma wartość w przybliżeniu stałą, zazwyczaj około 0.6 V - 0.7 V. Zależność tego napięcia od prądu bazy przedstawia charakterystyka wejściowa $U_{BE} = f(I_B)$ przy stałym napięciu kolektor-emiter.

Analiza tej charakterystyki pozwala określić zakres napięć, przy których tranzystor zaczyna przewodzić oraz jak zmienia się napięcie U_{BE} wraz ze wzrostem prądu bazy.

4 Instrukcja wykonania ćwiczenia

W pierwszej kolejności należy zbudować układ pomiarowy zgodnie ze schematem przedstawionym na Rys. 2. Zakresy urządzeń pomiarowych należy dobrać do mierzonych wartości.

Do pomiaru prądu bazy używamy mikroamperomierza. Prąd kolektora mierzymy miliamperomierzem.



Rysunek 2: Schemat układu pomiarowego

Charakterystyki można wyznaczać parami, w ramach pojedynczej serii pomiarowej. Przykładowo, ustalenie stałej wartości prądu bazy I_B i sterowanie napięciem kolektor-emiter U_{CE} oraz jednoczesna rejestracja parametrów takich jak U_{CE} , I_C , oraz U_{BE} , umożliwia pomiar charakterystyk: wyjściowej oraz zwrotnej.

Uwaga! Prąd bazy jest tutaj ustawiany pośrednio poprzez podanie odpowiedniego napięcia z zasilacza na rezystor bazy (względem emitera).

Należy wykonać trzy (minimum dwie) charakterystyki każdego typu dla przykładowych wartości:

Charakterystyka	Parametr stały	Zakres zmian
wyjściowa, zwrotna	$I_B = 5 \mu\text{A}, 10 \mu\text{A}, 15 \mu\text{A}$	U_{CE} w zakresie 0 – 10 V
przejściowa, wejściowa	$U_{CE} = 1 \text{ V}, 3 \text{ V}, 5 \text{ V}$	I_B w zakresie 0 – 15 μA .



W czasie pomiaru charakterystyk należy dopilnować, aby prąd kolektora nie przekraczał wartości 30 mA.

Liczbę punktów pomiarowych należy dobrać samodzielnie tak, aby powstał gładki wykres (zagęszczenie punktów można zmieniać w zależności od obserwowanej szybkości zmian mierzonych parametrów).

5 Opracowanie wyników

W sprawozdaniu należy zamieścić cztery osobne wykresy, każdy zawierający dwie, lub trzy charakterystyki danego typu. Należy umieścić legendę zawierającą wartości ustalonych parametrów dla poszczególnych krzywych.

Dodatkowo, wyznaczamy wzmocnienie prądowe tranzystora, rezystancję wyjściową i napięcie baza-emiter.

Należy przedyskutować kształt poszczególnych charakterystyk oraz wyciągnąć na ich podstawie stosowne wnioski odnośnie działania tranzystora bipolarnego.

6 Literatura

[1] L. Gładyszewski i in. *Pracownia Elektroniki*. Lublin: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, 1972.

Marek Kopciuszyński

Lublin, 13 marca 2026