

KATEDRA ELEKTRONIKI AGH

LABORATORIUM
ELEMENTY ELEKTRONICZNE

TRANZYSTORY
BIPOLARNE

Parametry stałoprądowe

REV. 0.3

1. CEL ĆWICZENIA

- Wyznaczenie podstawowych parametrów tranzystora bipolarnego npn takich jak:
 - o $\alpha_N, \beta_N, \alpha_R, \beta_R$
 - o Napięcie Earlego U_a ,
 - o Parametrów równania opisujących model Ebersa –Mola tranzystora bipolarnego

2. WYKORZYSTYWANE MODELE I ELEMENTY

W trakcie ćwiczenia wykorzystane zostaną:

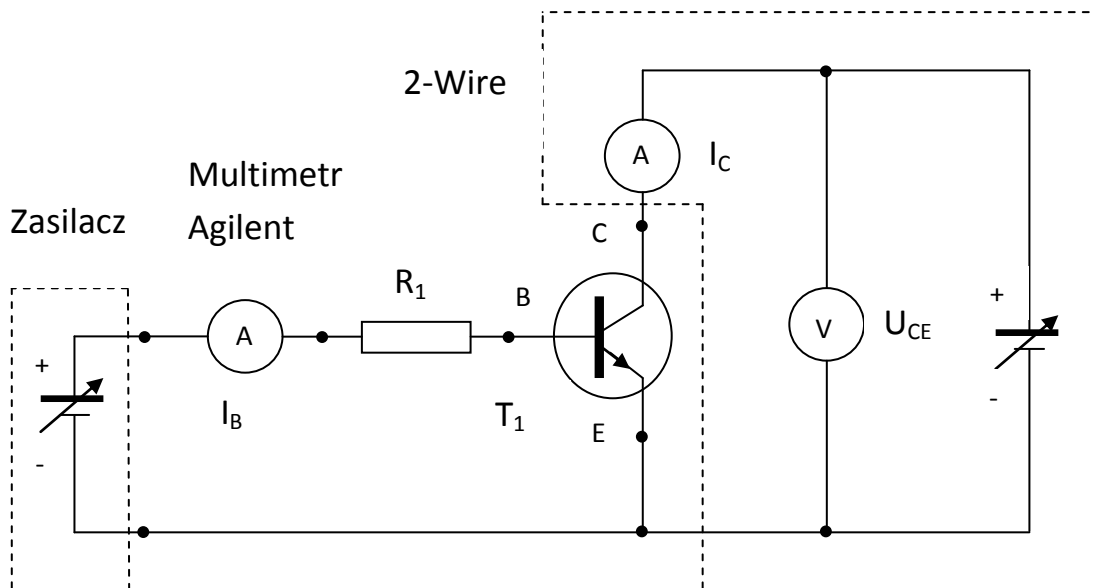
- płyta prototypowa NI ELVIS Prototyping Board (ELVIS) połączona z komputerem PC,
- wirtualne przyrządy pomiarowe: Virtual Instruments (VI):
 - Digital Multimeter (DMM),
 - Two-Wire Current-Voltage Analyzer (2-Wire)
 - Variable Power Supplies (VPS)
- multimetr Agilent
- zasilacz laboratoryjny
- zestaw elementów przedstawionych w Tabeli 1.

Tabela 1. Wartości elementów do wykonania ćwiczenia

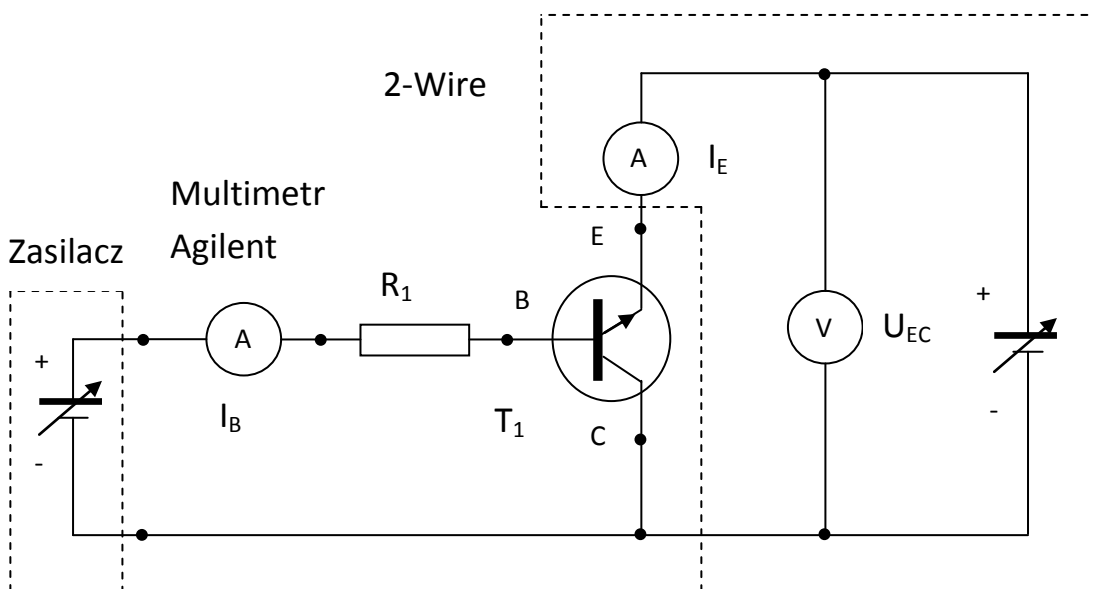
Rezystory	1x100 Ω , 1x10k Ω , 1x100k Ω ,
Kondensatory	1x100nF,
Tranzystory	1xBD441, BD283 (lub eq.)

3. PRZYGOTOWANIE KONSPEKTU

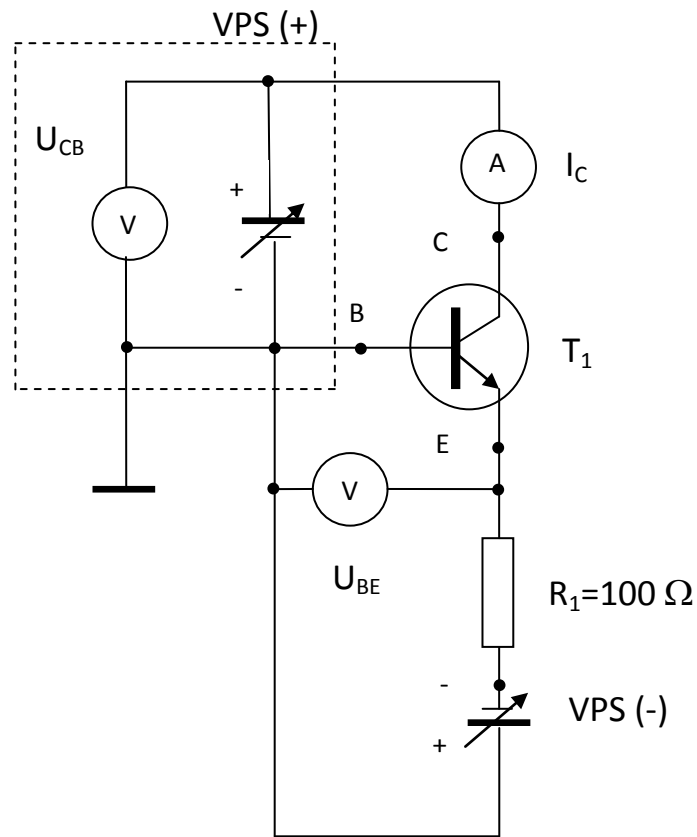
- 3.1. Budowa i zasada działania tranzystora bipolarnego.
- 3.2. Narysuj charakterystyki wyjściową, wejściową i przejściową złączonego tranzystora bipolarnego (npn), dla połączenia normalnego i inwersyjnego. W celu weryfikacji przygotowanych charakterystyk przedstaw koncepcję przeprowadzenia odpowiednich pomiarów w środowisku NI ELVIS.
Jakie warunki muszą być spełnione przy pomiarach inwersyjnej pracy tranzystora bipolarnego ?
- 3.3. Równanie Ebersa-Mola, sens fizyczny poszczególnych parametrów modelu tranzystora bipolarnego.
- 3.4. Wykorzystując rysunek [płyty stykowej NI ELVIS](#) przygotuj rysunki montażowe dla układów pomiarowych w tym ćwiczeniu



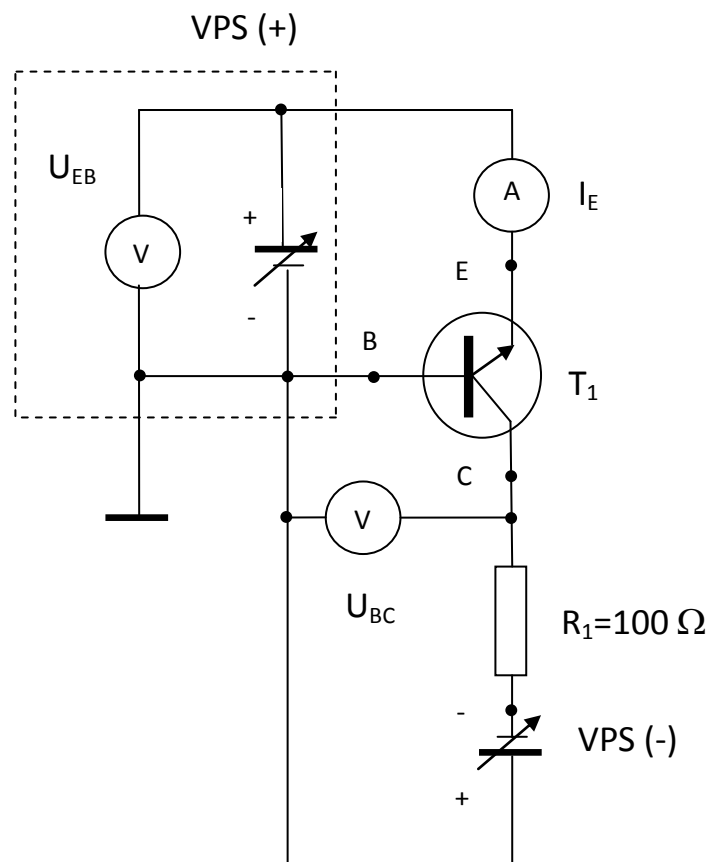
Rys. 3.1. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyk wyjściowych tranzystora npn w połączeniu normalnym.



Rys. 3.2. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyk wyjściowych tranzystora npn w połączeniu inwersyjnym.



Rys. 3.3. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyki prądowo napięciowej diody emiterowej.



Rys. 3.4. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyki prądowo napięciowej diody kolektorowej.

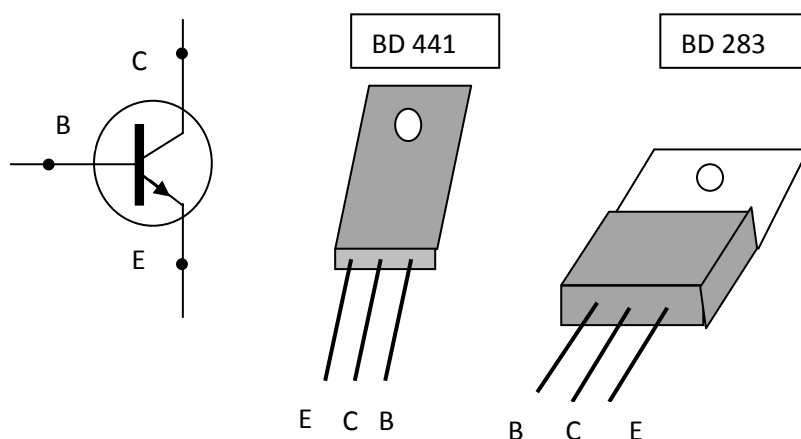
4. PRZEBIEG ĆWICZENIA

- 4.1. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.1 Do pomiaru prądu bazy użyj wirtualnego multimetru (DMM) lub zewnętrznego multimetru Agilent. Jako zasilacz polaryzujący obwód baza-emiter użyj zewnętrznego zasilacza laboratoryjnego. Wartości elementów odpowiednio: $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, tranzystor T1 wybrany przez prowadzącego zajęcia. Dla napięć U_{CE} z zakresu $0 \div 10 \text{ V}$, zmieniając napięcie co $0,1 \text{ V}$, przy ustalonej wartości prądu bazy, zarejestrować przebieg charakterystyk wyjściowych tranzystora bipolarnego w połączeniu **normalnym**. Prąd bazy I_B zmieniać od wartości początkowej np. $10 \mu\text{A}$ z krokiem co $10 \mu\text{A}$ w zakresie podanym przez prowadzącego ćwiczenie (np. 10, 20, 30, 40, 50 μA) Wartości prądu bazy ustawiamy przez dobór odpowiedniego napięcia na wyjściu zewnętrznego zasilacza w obwodzie bazy.
- 4.2. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.2 Do pomiaru prądu bazy użyj wirtualnego multimetru (DMM) lub zewnętrznego multimetru Agilent. Jako zasilacz polaryzujący obwód baza-emiter użyj zewnętrznego zasilacza laboratoryjnego. Wartości elementów odpowiednio: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, tranzystor T1 ten sam co w p.4.1. Dla napięć U_{EC} z zakresu $0 \div 5 \text{ V}$, zmieniając napięcie co $0,1 \text{ V}$, przy ustalonej wartości prądu bazy, zarejestrować przebieg charakterystyk wyjściowych tranzystora bipolarnego w połączeniu **inwersyjnym**. Prąd bazy I_B zmieniać od wartości początkowej np. $100 \mu\text{A}$ z krokiem co $100 \mu\text{A}$ w zakresie podanym przez prowadzącego zajęcia (np. 100, 200, 300, 400, 500 μA). Wartości prądu bazy ustawiamy przez dobór odpowiedniego napięcia na wyjściu zewnętrznego zasilacza w obwodzie bazy.
- 4.3. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.3 Do pomiaru prądu kolektora użyj zewnętrznego multimetru Agilent. Jako zasilacz polaryzujący obwód baza-emiter użyj wirtualnego zasilacza VPS(-). Wartości elementów odpowiednio: $R_1 = 100 \Omega$, tranzystor T1 ten sam co w p.4.1. Dla ustalonej wartości napięcia U_{BC} z zakresu $0 \div 5 \text{ V}$, (ograniczenie prądowe $+20 \text{ mA}$), wykonaj pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej diody emiterowej tranzystora bipolarnego npn, notując wartości prądu I_C w zależności od napięcia U_{BE} (wykonujemy 3 pomiary na dekadę zmian prądu, od wartości $1 \mu\text{A}$, do wartości 10 mA). Wartości prądu I_C ustawiamy przez dobór odpowiedniego napięcia na wyjściu zasilacza VPS, analogicznie jak przy pomiarach charakterystyki diody półprzewodnikowej.
- 4.4. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.4 Do pomiaru prądu emitera użyj zewnętrznego multimetru Agilent. Jako zasilacz polaryzujący obwód baza-kolektor użyj wirtualnego zasilacza VPS (-). Wartości elementów odpowiednio: $R_1 = 100 \Omega$, tranzystor T1 ten sam co w p.4.1. Dla ustalonej wartości napięcia U_{BE} z zakresu $0 \div 5 \text{ V}$, tej samej co w p.4.3, (ograniczenie prądowe $+20 \text{ mA}$), wykonaj pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej diody kolektorowej tranzystora bipolarnego npn, notując wartości prądu I_E w zależności od napięcia U_{BC} (wykonujemy 3 pomiary na dekadę zmian prądu, od wartości $1 \mu\text{A}$, do wartości 10 mA). Wartości prądu I_E ustawiamy przez dobór odpowiedniego napięcia na wyjściu zasilacza VPS, analogicznie jak przy pomiarach charakterystyki diody półprzewodnikowej.

UWAGA: W przypadku niestabilności układu pomiarowego, może zaistnieć konieczność włączenia kondensatora monolitycznego 100 nF pomiędzy bazę a kolektor mierzonego tranzystora T_1 .

5. PRZEBIEG ĆWICZENIA, OPRACOWANIE DANYCH

- 5.1. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.1 narysuj rodzinę charakterystyk wyjściowych tranzystora bipolarnego T_1 pracującego w układzie WE.
- 5.2. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.1 narysuj charakterystykę przejściową, dla wartości U_{CE} podanej przez asystenta prowadzącego ćwiczenie, wyznacz współczynniki β_N i I_{CE0} tranzystora bipolarnego T_1 pracującego w układzie WE. Oblicz parametr α_N .
- 5.3. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.1 wyznacz wartość napięcia Earlego tranzystora bipolarnego T_1 pracującego w układzie WE.
- 5.4. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.2 narysuj rodzinę charakterystyk wyjściowych tranzystora bipolarnego T_1 pracującego w układzie WE dla połączenia inwersyjnego.
- 5.5. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.2 narysuj charakterystykę przejściową, dla wartości U_{EC} podanej przez asystenta prowadzącego ćwiczenie, wyznacz współczynniki β_R i I_{EC0} tranzystora bipolarnego T_1 pracującego w układzie WE dla połączenia inwersyjnego. Oblicz parametr α_R .
- 5.6. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.2 wyznacz wartość napięcia Earlego tranzystora bipolarnego T_1 pracującego w układzie WE dla połączenia inwersyjnego.
- 5.7. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.3 narysuj wykres zależności prądu diody emiterowej od wartości stosunku U_{BE}/U_T , z wykresu wyznacz współczynnik nieidealności złącza emiterowego n oraz wartość prądu zerowego I_{E0} .
- 5.8. Na podstawie zarejestrowanych danych w p.3.4 narysuj wykres zależności prądu diody kolektorowej od wartości stosunku U_{BC}/U_T , z wykresu wyznacz współczynnik nieidealności złącza kolektorowego m oraz wartość prądu zerowego I_{C0} .
- 5.9. Korzystając z wyznaczonych w ćwiczeniu parametrów napisz równanie Ebersa-Mola dla mierzonego tranzystora bipolarnego npn T_1 .



6. LITERATURA

- [1] Wykład (I. Brzozowski, P. Dziurdzia)
- [2] Behzad Razavi „Fundamentals of Microelectronics”