

Tranzystor

Program: Coach 7

Projekt: [\\PTSN\(Dysk\) \Coach7\14 Tranzystor](#)

Ćwiczenie: *Tranzystor_cz1.cma7, Tranzystor_cz2.cma7,*

Przykład wyników: *Tranzystor_cz1b.cmr7, Tranzystor_cz2.cmr7*

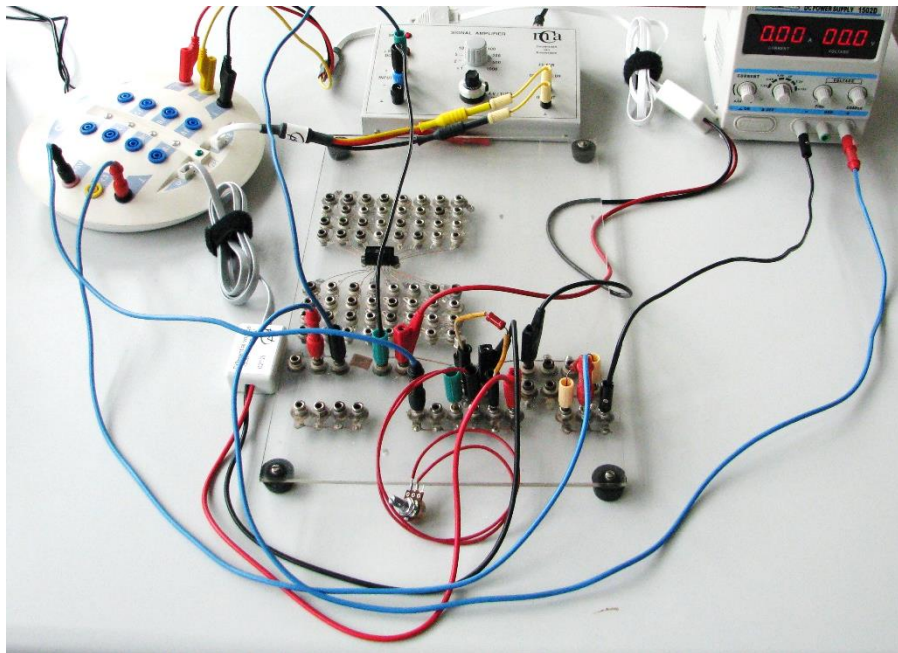


Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest obserwacja charakterystyki zwrotnej i wyjściowej tranzystora.

Układ pomiarowy

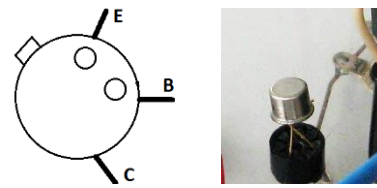
Układ pomiarowy składa się konsoli pomiarowej *CoachLabII+*, wzmacniacza (*CMA Signal Amplifier*), woltomierza *CMA 0210i*, woltomierza *CMA 0212i*, płytki stykowej z tranzystorem i zestawem oporników oraz generatora napięcia.



Rysunek 1. Układ pomiarowy.

Przygotowanie pomiaru

Nóżki tranzystora *BC211* włożyć do oznakowanych otworów gniazda na płytce stykowej tak, aby znacznik na obudowie był po prawej stronie (emiter).

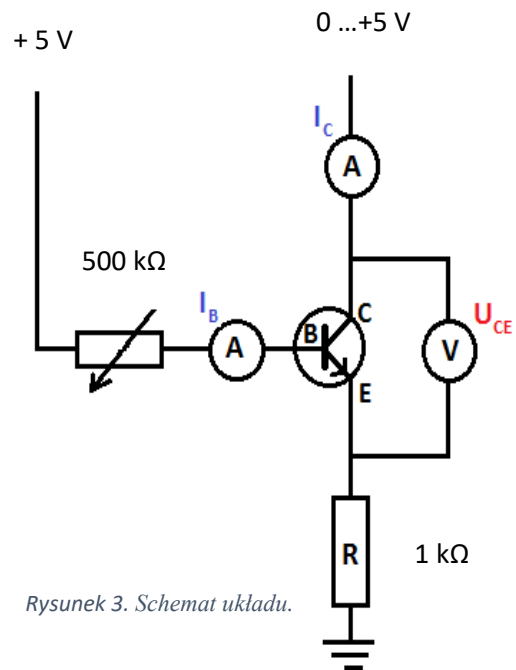


Rysunek 2. Położenie nóżek tranzystora npn, widok od dołu i tranzystor w gnieździe.

1. Emiter połączyć z ziemią poprzez opornik $R = 1\text{ k}\Omega$,
2. Czujnik *CMA 0210i* mierzący spadek napięcia kolektor – emiter U_{CE} podłączyć do wejścia „4” konsoli pomiarowej.
3. Natężenie prądu kolektora I_C mierzone jest przy wykorzystaniu wzmacniacza *CMA* (wzmocnienie $\times 200$) podpiętego do wejścia „2” konsoli pomiarowej. Pomiar I_C dokonuje się poprzez pomiar spadku napięcia na oporniku $1\ \Omega$ i przygotowanego skalowania (kalibracja: *Amperomierz 2, zakres 0...5 mA, własnej produkcji, współczynniki: $a = 5,38349, b = 0,17123$*).

Uwaga: Podczas pomiaru włączyć filtrowanie sygnałów na wzmocnieniu (przełącznik na *ON*).

Przy wykonywaniu kalibracji połączyć jedno z wejść „*INPUT*” wzmacniacza z ziemią.



Rysunek 3. Schemat układu.

4. Bazę połączyć ze źródłem napięcia 5 V (np. z wejścia „3” konsoli) poprzez potencjometr $500\text{ k}\Omega$.
5. Pomiar natężenia prądu bazy I_B dokonuje się poprzez pomiar spadku napięcia na oporniku $10\text{ k}\Omega$, przy wykorzystaniu czujnika napięcia *CMA 0212i* podpiętego do wejścia „1” konsoli pomiarowej i przygotowanego skalowania (kalibracja: *Amperomierz 0 - 0.05 mA (własnej produkcji) 0...0,23 mA, współczynniki prostej: $a = 0,01153, b = -0,00086$*).
6. Napięcie regulowane (0...5 V) z zasilacza podać na kolektor („+”) i („-,”) ziemia.



Ustawienia parametrów pomiaru

Rodzaj: *Pomiar w funkcji czasu*

Czas pomiaru: *20 s*

Częstotliwość próbkowania: *50/s*

Pomiar

Nacisnąć zielony przycisk „Start” (F9) 

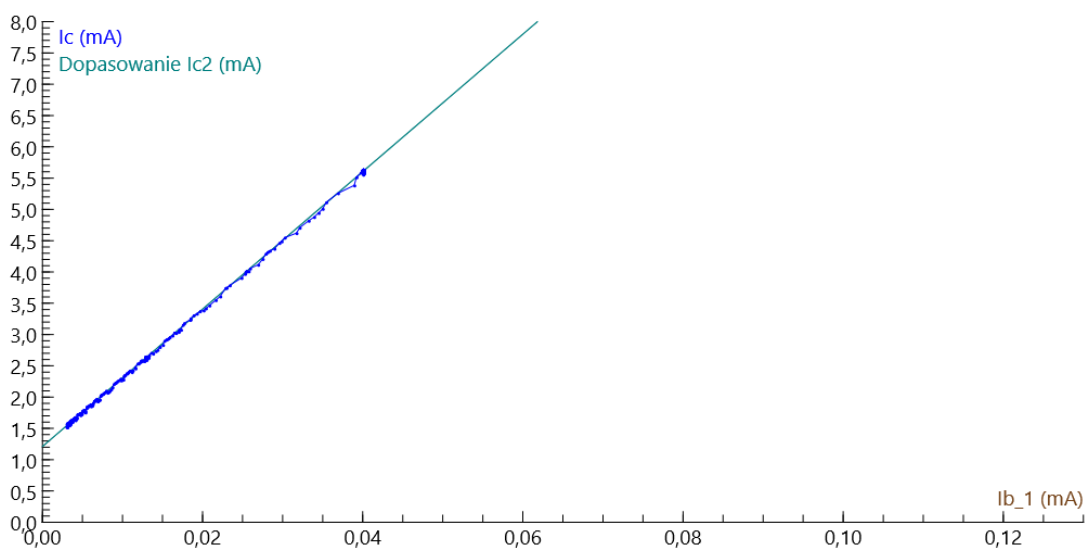
W części I : Przy ustalonym napięciu zasilania U_{CE} (bliskim 5V) dokonać stopniowej ręcznej zmiany natężenia prądu bazy, poprzez regulację włączonego do obwodu potencjometru. (Potencjometr ustawiony na maksymalną wartość oporu (tutaj położenie max. w lewo) odpowiada minimalnej wartości I_B bliskiej 0 mA)

W części II: Dla różnych ustawień potencjometru w gałęzi bazy, stopniowo zmieniać napięcie kolektor-emiter podawane przez zasilacz (uwaga: nie przekraczać 5 V).

Każda seria pomiarowa zakończy się automatycznie po 20 sekundach.

Przykładowe wyniki

I. Charakterystyka zwrotna tranzystora



Rysunek 4. Zależność natężenia prądu zmierzonego w obwodzie kolektora od natężenia prądu płynącego w obwodzie bazy wraz z dopasowaną prostą.

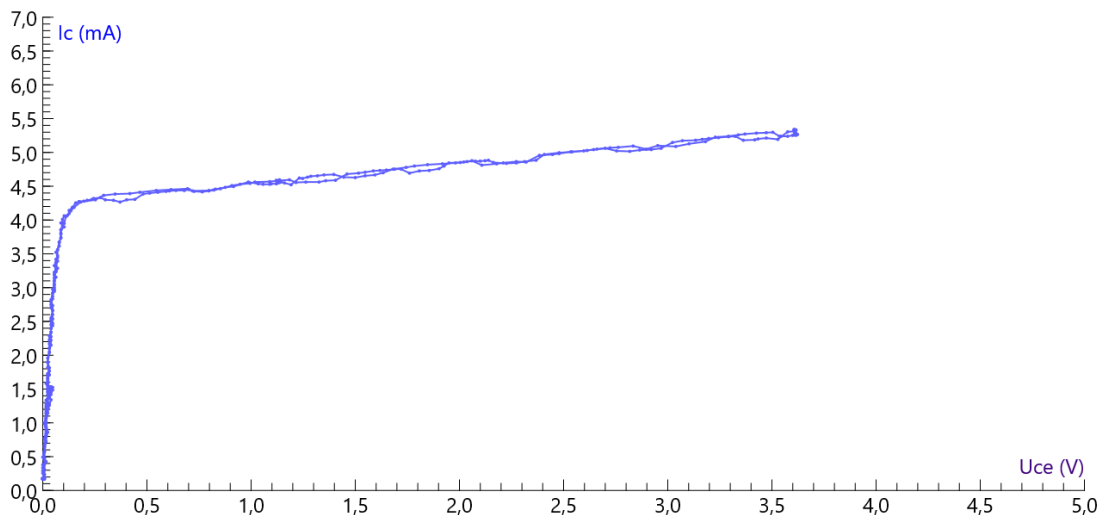
W pierwszej części doświadczenia badano zależność natężenia prądu kolektora I_C od natężenia prądu bazy I_B , przy stałym napięciu U_{CE} (napięciu wejściowym kolektor – emiter). Po dopasowaniu do wykresu funkcji liniowej zauważyć można, że zmiany natężenia prądu kolektora są proporcjonalne do zmian natężenia prądu bazy.

Małe zmiany natężenia prądu elektrycznego płynącego w obwodzie bazy powodują duże zmiany natężenia prądu płynącego w obwodzie kolektora. Jest to zależność liniowa. Tranzystor pracujący w takim stanie, nazywanym stanem aktywnym, może być wykorzystywany jako wzmacniacz natężenia prądu elektrycznego.

Stosunek natężenia prądu kolektora do natężenia prądu bazy nazywany jest wzmocnieniem prądowym tranzystora.

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

W naszym doświadczeniu wzmocnienie prądowe wynosi około 110. (Aby wyznaczyć wartość wzmocnienia prądowego można wykorzystać opcję *Analiza i przetwarzanie \ Nachylenie*)



Rysunek 5. Zależność natężenia prądu zmierzonego w obwodzie kolektora od napięcia przyłożonego pomiędzy kolektorem i emitorem.

II. Charakterystyka wyjściowa tranzystora

W dalszej części doświadczenia badano zależność natężenia prądu kolektora I_C od napięcia kolektor - emiter U_{CE} przy stałym natężeniu prądu bazy I_B . Z wykresu można odczytać, że poniżej pewnego napięcia do wywołania dużej zmiany natężenia prądu kolektora ΔI_C wystarczy mała zmiana napięcia kolektor - emiter ΔU_{CE} . Powyżej tego napięcia natężenie prądu kolektora prawie nie zależy od napięcia U_{CE} .

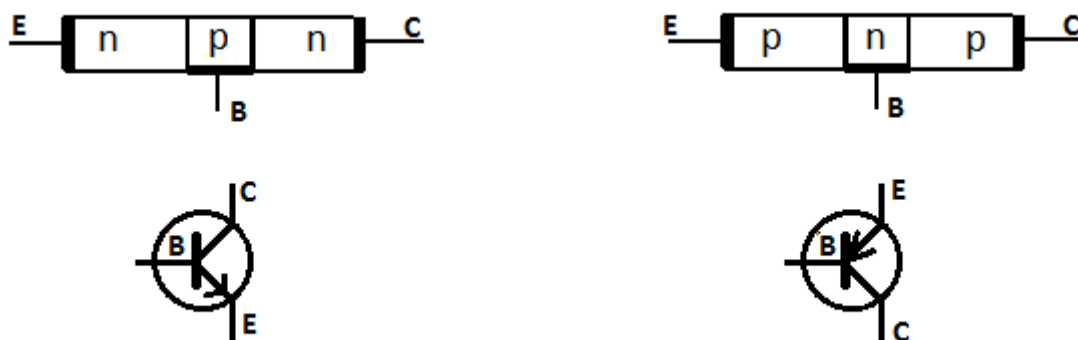
DODATEK A

Tranzystor – urządzenie półprzewodnikowe umożliwiające sterowanie przepływem dużego prądu, za pomocą prądu znacznie mniejszego. Wykorzystuje się je do wzmacniania małych sygnałów oraz przetwarzania informacji w postaci cyfrowej. Nazwa "tranzystor" pochodzi z połączenia słów transfer i rezystor.

W tranzystorze bipolarnym transport ładunków odbywa się za pośrednictwem dwóch rodzajów nośników – elektronów i dziur.

Półprzewodniki, w których przeważają nośniki typu dziurowego nazywamy półprzewodnikami typu p (niedomiarowymi), a w wypadku gdy przeważają nośniki elektronowe półprzewodnikami typu n (nadmiarowymi).

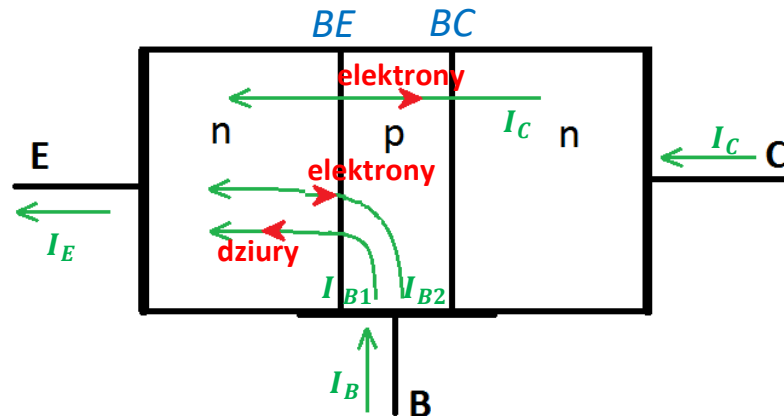
Tranzystor bipolarny zbudowany jest z trzech warstw półprzewodnika o różnym typie przewodnictwa, co powoduje powstanie dwóch rodzajów złączy - $n-p$ oraz $p-n$. W zależności od ułożenia warstw półprzewodników rozróżniamy dwa rodzaje tranzystorów bipolarnych - npn i pnp (patrz rys. 5).



Rysunek 6. Schemat budowy tranzystora typu npn (po lewej) i pnp (po prawej).

W doświadczeniu korzystano z tranzystora bipolarnego typu npn w stanie aktywnym. Na rys. 6 przedstawiono zasadę jego działania. Złącze emiter-baza (EB) jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a złącze baza-kolektor (BC) - w kierunku zaporowym. Napięcie baza-emiter powoduje przepływ nośników większościowych (elektronów) emitera przez złącze do bazy. Nośników przechodzących w przeciwną stronę, od bazy do emitera jest niewiele, ze względu na słabe domieszkowanie bazy i jej małą objętość. Nośniki wstrzyknięte z emitera do obszaru bazy dyfundują do obszarów mniejszej ich koncentracji w kierunku kolektora. Trafiają do obszaru złącza BC, a tu na skutek pola elektrycznego w obszarze zubożonym są przyciągane do kolektora. W rezultacie, po przyłożeniu do złącza BE napięcia w kierunku przewodzenia,

popłyńie niewielki prąd między bazą a emiterem, umożliwiający przepływ dużego prądu między kolektorem a emiterem.



Rysunek 7. Przepływ nośników ładunku (na czerwono) i prądu (na zielono) w tranzystorze bipolarnym typu npn.

Tranzystor charakteryzują prądy przez niego płynące i napięcia panujące na jego zaciskach. Wyróżniamy cztery rodzaje charakterystyk prądowo-napięciowych:

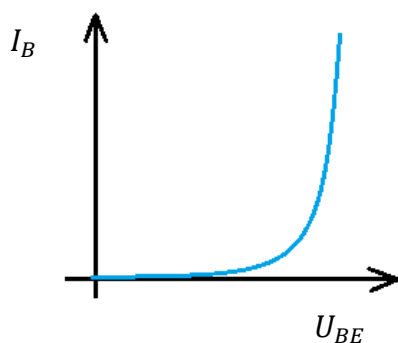
wejściowa - opisuje zależność prądu bazy I_B od napięcia baza-emiter U_{BE} , przy stałym napięciu kolektor-emiter U_{CE}

przejściowa - przedstawia zależność prądu kolektora I_C od napięcia baza-emiter U_{BE} , przy stałym prądzie bazy I_B .

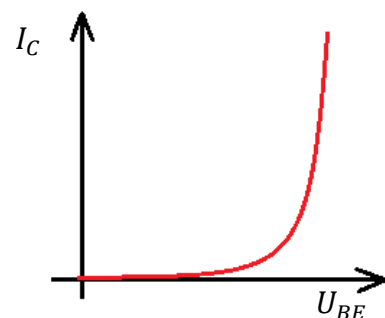
wyjściowa - przedstawia zależność prądu kolektora I_C od napięcia kolektor-emiter U_{CE} przy stałym prądzie bazy I_B .

zwrotna - przedstawia zależność prądu kolektora I_C od prądu bazy I_B , przy stałym napięciu kolektor-emiter U_{CE} .

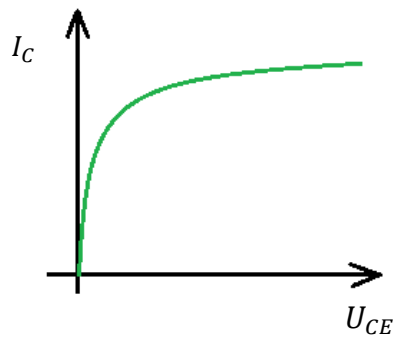
Charakterystyka wejściowa



Charakterystyka przejściowa



**Charakterystyka
wyjściowa**



**Charakterystyka
zwrotna**

