

# Pracownia Fizyczna i Elektroniczna

## Ćwiczenie 4-5: Wzmacniacz tranzystorowy

### 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z tranzystorem bipolarnym poprzez zbudowanie i przebadanie wzmacniacza o wspólnym emiterze.

### 2 Wymagania

Znajomość fizycznych podstaw działania diod, tranzystorów. Znajomość podstaw budowy wzmacniaczy tranzystorowych. Umiejętność posługiwania się generatorem, oscyloskopem, zasilaczem, miernikiem uniwersalnym i lutownicą.

### 3 Aparatura

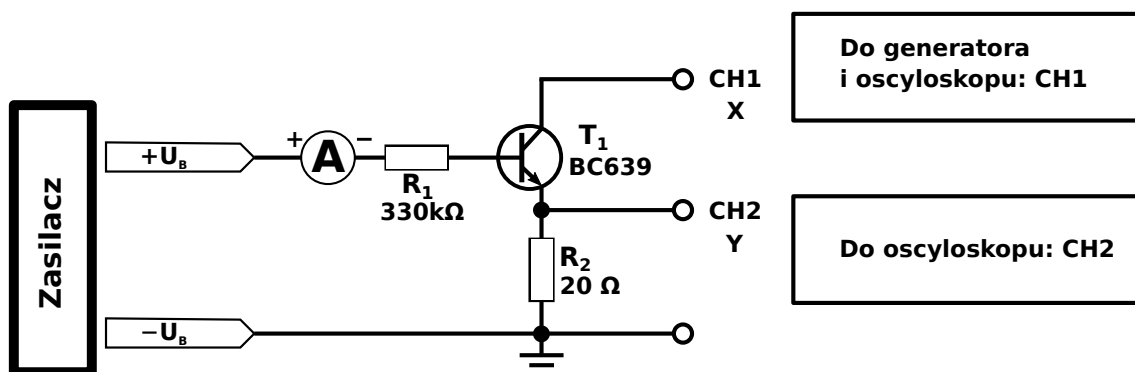
Miernik uniwersalny, generator funkcyjny, oscyloskop, akcesoria pomocnicze (lutownica elektroniczna, kable łączeniowe, chwytaki pomiarowe, trójniki rozgałęziające).

### 4 Wykonanie ćwiczenia na pracowni

#### 4.1 Badanie charakterystyki tranzystora bipolarnego - wyznaczenie punktu pracy tranzystora

Pierwsza część ćwiczenia ma na celu zapoznanie się z jedną z charakterystyk tranzystora bipolarnego, wyznaczenie jego wzmocnienia (współczynnika  $\beta$ ) oraz wyznaczenie punktu pracy tranzystora.

1. Zmontuj układ pomiarowy według schematu z rysunku 1.



Rysunek 1: Schemat układu służącego do badania charakterystyki tranzystora bipolarnego.

Do zasilania układu (kolektor tranzystora) wykorzystaj generator funkcyjny, podłączony jednocześnie do kanału 1 oscyloskopu. Do polaryzacji bazy tranzystora ( $U_B$ )

wykorzystaj zasilacz regulowany. Jako mikroamperomierz wykorzystaj miernik uniwersalny ustawiony na odpowiedni zakres.

2. Generator skonfiguruj tak, by generował przebieg trójkątny o częstotliwości rzędu 100 Hz i amplitudzie zmieniającej się od 0 do 10 V.
3. Oscyloskop skonfiguruj do pracy w trybie XY. Wzmocnienie (gain) kanału 1 i położenie wykresu w poziomie ustaw tak, by na ekranie mieścił się cały wykres. Czulość w kanale 2 najwygodniej jest ustawić na 20 mV na działkę (przy oporniku w obwodzie emitera o wartości 20  $\Omega$  jedna działka odpowiada wtedy prądowi emitera o wartości 1 mA). Przesuń wykres w pionie tak, by dla prądu 0 mA wykres pokrywał się z najniższą podziałką ekranu oscyloskopu.
4. Zmieniając napięcie zasilacza polaryzującego bazę tranzystora ( $U_B$ ):
  - zaobserwuj rysowane na ekranie charakterystyki tranzystora (zależność prądu kolektor-emiter od napięcia kolektor-emiter) dla różnych wartości prądu bazy,
  - odczytaj z oscyloskopu wartość napięcia odkładającego się na oporniku  $R_2$  w obszarze plateau (pomiarzy najwygodniej przeprowadzić, ustawiając takie wartości  $U_B$ , przy których plateau charakterystyki pokrywa się z kolejnymi działkami na ekranie oscyloskopu i wyznacz wartości prądu kolektora  $I_C$ ,
  - odczytaj z mikroamperomierza wartość prądu bazy  $I_B$ .
5. Dla zebranych pomiarów (min. 5 punktów) wyznacz zależność prądu kolektora  $I_C$  w obszarze plateau od prądu bazy  $I_B$ . Ze względu na duże wzmocnienie tranzystora można przyjąć, że prąd kolektora jest równy prądowi w obwodzie emitera (pominąć dodatek prądu w obwodzie baza-emiter).
6. Na podstawie zmierzonej zależności  $I_C(I_B)$  wyznacz wzmocnienie prądowe tranzystora  $\beta = I_C/I_B$ .
7. Znajdź optymalny punkt pracy tranzystora w obwodzie wzmacniacza o wspólnym emiterze, zasilanego napięciem  $E = 10$  V o wartości oporu obciążenia  $R_L = 1.5$  k $\Omega$  (taki wzmacniacz zostanie wykonany w części drugiej ćwiczenia). W optymalnym punkcie pracy napięcie kolektora tranzystora  $U_{CE}$  jest równe połowie napięcia zasilania  $E$  ( $U_{CE} = E/2 = 5$  V).
  - Z zależności  $U_{CE} = E - R_L I_C$  wyznacz wartość prądu kolektora  $I_C$ , dla której  $U_{CE} = E/2$ .
  - Następnie, wykorzystując zebrane wcześniej dane, wyznacz wartość prądu bazy  $I_B$ , która odpowiada tej wartości prądu kolektora  $I_C$ .
  - Wyznacz wartość oporu  $R_B$  w układzie polaryzacji bazy tranzystora, która da taką wartość prądu bazy, korzystając z zależności:

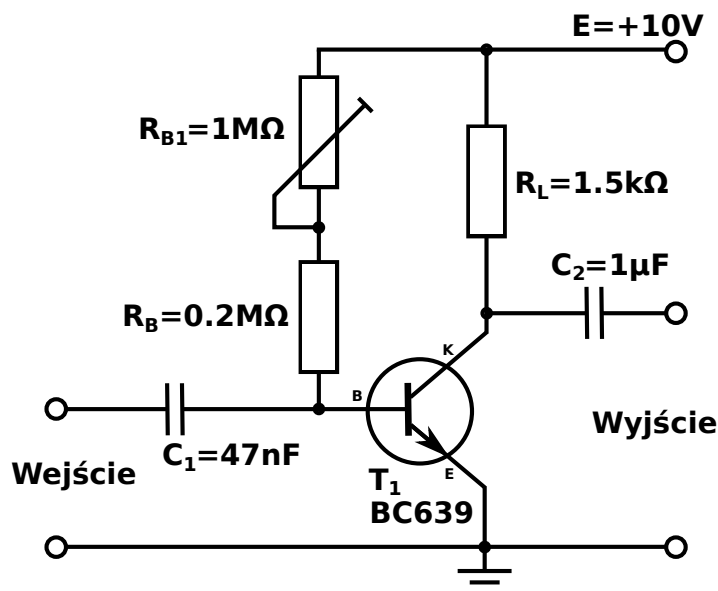
$$I_B = \frac{E - 0.65V}{R_B}$$

(opornik polaryzujący bazę jest podłączony bezpośrednio do napięcia zasilania wzmacniacza  $E$ , a 0.65V to spadek napięcia na złączu baza-emiter).

## 4.2 Badanie własności wzmacniacza tranzystorowego

Druga część ćwiczenia ma na celu zapoznanie się z prostym wzmacniaczem tranzystorowym i zbadanie jego charakterystyki napięciowej.

1. Zbuduj wzmacniacz o wspólnym emiterze według schematu z rysunku 2. Zasila-



Rysunek 2: Schemat wzmacniacza tranzystorowego o wspólnym emiterze.

nie wzmacniacza (E) najwygodniej podłączyć poprzez gniazda radiowe i przewody ze wtyczkami bananowymi. Uwaga, należy pamiętać, aby masa zasilacza została podłączona do magistrali masy na płycie prototypowej. Wejście układu łączymy poprzez gniazdo BNC z generatorem funkcyjnym, a wyjście układu łączymy poprzez gniazdo BNC z jednym z kanałów oscyloskopu. Za pomocą trójkąta BNC na drugi kanał oscyloskopu podajemy ten sam sygnał z generatora, który podajemy na wejście układu.

2. Po zasileniu układu napięciem stałym  $E = 10 \text{ V}$ , ale przed podaniem sygnału wejściowego, znajdź optymalny punkt pracy wzmacniacza:
  - zmierz za pomocą woltomierza napięcie kolektora tranzystora,
  - dobierz tak wartość rezystancji potencjometru (opornika regulowanego)  $R_{B1}$ , aby napięcie kolektora było równe/bliskie połowie napięcia zasilania (ok. 5V).
3. Tymczasowo odlutuj nóżkę opornika  $R_B$  od bazy tranzystora i zmierz wartość oporu w układzie polaryzacji bazy (sumaryczną wartość  $R_B + R_{B1}$ ). Porównaj ją z wartością wyznaczoną w części pierwszej ćwiczenia. Przylutować nóżkę opornika  $R_B$  z powrotem od bazy tranzystora.
4. Na wejście układu podaj sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie (peak-to-peak) około 50 mV. Porównaj przebiegi sygnału wejściowego i wyjściowego. Jeśli przebieg wyjściowy jest zniekształcony, zmniejsz nieco amplitudę sygnału wejściowego. Zmieniając położenie suwaka potencjometru, zaobserwuj wpływ zmian punktu pracy tranzystora na kształt przebiegu wyjściowego. Omów swoje obserwacje w raporcie.

5. Wróć do optymalnego punktu pracy wzmacniacza (gdy napięcie kolektora wynosi 5V). Na wejście układu podaj sygnał sinusoidalny o zadanej częstotliwości 1 kHz. Następnie wyznacz charakterystykę amplitudową wzmacniacza,  $U_{WY}(U_{WE})$ , zmieniając amplitudę (peak-to-peak) sygnału wejściowego.
6. Określ przedział amplitud  $U_{WE}$ , dla których wzmacniacz pracuje liniowo, czyli nie obserwujemy zniekształcenia sygnału wyjściowego.
7. Dla tego przedziału wyznaczycie wzmocnienie wzmacniacza  $k$ , dopasowując do danych doświadczalnych prostą typu  $U_{WY} = kU_{WE}$ .
8. Wyznacz charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza, czyli jego wzmocnienie w funkcji częstotliwości  $[U_{WY}/U_{WE}](f)$ . Pomiary zaplanuj tak, aby wyniki można było przedstawić w logarytmicznej skali częstotliwości. Amplitudę sygnału wejściowego dobierz tak, by w całym zakresie badanych częstotliwości (10 Hz - 1 MHz) sygnał był liniowo przetwarzany - czyli by nie następowało „obcinanie” sygnału sinusoidalnego ( $U_{WE}$  na poziomie kilkudziesięciu mV). Dla małych  
Określ pasmo przenoszenia wzmacniacza.
9. Wykreśl i przedyskutuj wyniki. Znajdź częstotliwości graniczne  $\omega_{g1}$  i  $\omega_{g2}$ . Czy narastanie charakterystyki częstotliwościowej da się wyjaśnić oddziaływaniem pewnego wejściowego filtra górnoprzepustowego, czyli opisać funkcją

$$\frac{U_{WY}}{U_{WE}} = \left| \frac{j\frac{\omega}{\omega_{g1}}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_{g1}}} \right| ?$$

Jeżeli założyć, że filtr ten jest utworzony z rezystancji wejściowej i pojemności sprzęgającej  $C_1$ , jaka jest wartość rezystancji wejściowej wzmacniacza? Czy do zbrocza opadającego tej charakterystyki można dopasować charakterystykę pewnego układu całkującego:

$$\frac{U_{WY}}{U_{WE}} = \left| \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_{g2}}} \right| ?$$

### 4.3 Automatyczne badanie szerokości pasma przenoszenia wzmacniacza tranzystorowego o wspólnym emiterze - zadanie dodatkowe

Ta część ćwiczenia ma na celu zaobserwowanie pasma przenoszenia dla wzmacniacza tranzystorowego o wspólnym emiterze w układzie badanym w poprzedniej części ćwiczenia.

1. Podłącz wyjście synchronizacyjne generatora (*Sync Connector/ Synchronous Output*) generatora funkcyjnego do wejścia zewnętrznego triggera oscyloskopu (Ext Trig) lub w przypadku braku wejścia zewnętrznego triggera-do wolnego kanału oscyloskopu.
2. Skorzystaj z opcji *Sweep* generatora funkcyjnego. Skonfiguruj polecenie *Sweep* tak, aby podawał na wyjście generatora sygnał sinusoidalny o amplitudzie (peak-to-peak) rzędu kilkudziesięciu mV i częstotliwości zmieniającej się od 10 Hz (opcja *Start* w menu *Sweep*) do 1 MHz (opcja *Stop* w menu *Sweep*) ze skokiem logarytmicznym. Wybierz czas (opcja *Time* w menu *Sweep*), w jakim urządzenie wygeneruje sygnały w danym przedziale (ok. 1 s).

3. Skonfiguruj oscyloskop tak, aby wyzwalał się na sygnale synchronizacyjnym z generatora. Wybierz odpowiednie źródło wyzwalań (trigger zewnętrzny lub odpowiedni kanał oscyloskopu). Dostosuj poziom i typ wyzwalacza.
4. Dostosuj podstawę czasu i położenie triggera (najlepiej ustawić na początek skali czasowej) tak, aby zaobserwować pełen okres sygnału synchronizacyjnego i cały zakres badanych częstotliwości.
5. Zaobserwuj pasmo przenoszenia dla tego wzmacniacza.

Powodzenia!