

Ćw. 3 Wzmacniacz tranzystorowy

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania wzmacniacza zbudowanego na tranzystorze bipolarnym oraz pomiar jego parametrów.

2. Wymagane informacje

Obsługa przyrządów pomiarowych, podstawowe informacje o tranzystorze bipolarnym, podstawowe parametry wzmacniaczy (wzmocnienie, pasmo częstotliwościowe, częstotliwości graniczne).

3. Wprowadzenie teoretyczne

Wzmacniacz RC (Rys.1) jest jednym z najprostszych wzmacniaczy, w którym tranzystor znajduje się w konfiguracji Wspólnego Emitera (WE). Sygnał z generatora dochodzi do płytki wzmacniacza do wejścia U_{we} . Kondensator C_B odcina ewentualną składową stałą sygnału dochodzącego do bazy tranzystora. Rezystory R_{B1} i R_{B2} to prosty dzielnik napięcia mający za zadanie utrzymać potencjał bazy tranzystora na określonym poziomie tak, aby tranzystor mógł wzmacniać sygnał – tranzystor musi być odpowiednio spolaryzowany. Rezystor R_E ma za zadanie ograniczyć moc cieplną wydzielaną na tranzystorze (dla składowej stałej, aby z tranzystora „wyciągnąć” dużą moc musi przez niego płynąć duży prąd), aby jednak zmiany napięcia na tym rezystorze nie zmniejszały sygnału wejściowego dołączony jest kondensator C_E – sygnały zmienne są przez niego zwierane do stałego potencjału (w tym przypadku do masy – gdyby były zwierane do zasilania efekt byłby taki sam – ważne że zwieramy sygnał zmienny do stałego potencjału). Rezystor R_C – na nim odkłada się napięcie wyjściowe, im jego wartość jest większa tym większa amplituda sygnału na wyjściu - jednocześnie tym mniejsza moc tego sygnału. Kondensator C_C – ma za zadanie odciąć składową stałą – jeżeli do układu podłączymy głośnik to nie chcemy aby przez niego płynął prąd stały (głośnik będzie się grzał, membrana zostanie wygięta w jedną stronę), przez kondensator prąd stały nie popłynie, popłynie natomiast prąd zmienny.

Tranzystor Q jest głównym elementem wzmacniacza. Sygnał wejściowy wchodzi do bazy. Im większe jest napięcie między emiterym a bazą (na bazie „-” na emiterze „+”) tym prąd płynący od emitera do kolektora jest większy. Jeżeli na bazę zostanie przyłożone mniejsze napięcie względem emitera, to z emitera do bazy popłynie więcej prądu (prąd wejściowy wypływa z tego tranzystora, inaczej: wpływa ze znakiem ujemnym). Jeżeli większy prąd wypływa z bazy to z emitera do kolektora popłynie prąd o wartości równej prądowi bazy pomnożony jeszcze

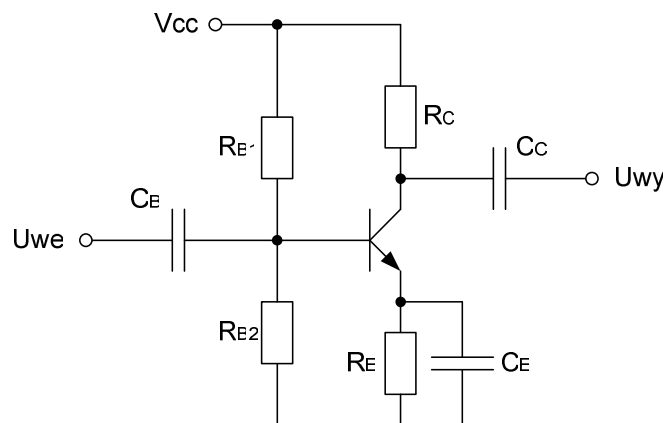
o współczynnik wzmocnienia tranzystora β (β zwykle wynosi od 30 do 300, przeciętnie 100).

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_C + I_B = (\beta + 1)I_B$$

Ten większy prąd kolektora popłynie przez rezystor R_C i wywoła na nim większy spadek napięcia – czyli napięcie na kolektorze wzrośnie. Wzrost napięcia na kolektorze przejdzie przez kondensator C_C i trafi do wyjścia.

Podsumowując: chwilowe małe zmniejszenie napięcia na bazie względem masy spowodowało duże zwiększenie napięcia na wyjściu. Sygnał został wzmocniony i pomnożony przez „-1”.



Rys.1. Schemat ideowy wzmacniacza tranzystorowego.

4. Obsługa urządzeń pomiarowych

Sposób obsługi zasilacza laboratoryjnego oraz oscyloskopu zostały omówione w poprzednim ćwiczeniu pomiarowym. Dodatkowymi przyrządami koniecznymi do przeprowadzenia tego ćwiczenia są generator funkcyjny i oscyloskop.

4.1. Oscyloskop

Oscyloskop (podobnie jak wirtualny element w ćwiczeniach symulacyjnych) jest przyrządem umożliwiającym oglądanie napięciowych przebiegów czasowych sygnałów w poszczególnych punktach układu pomiarowego. Oscyloskop podłącza się do układu za pomocą kabli BNC. Konfigurację oscyloskopu można podzielić na trzy główne części: **vertical** (ustawienia osi pionowej), **horizotal** (ustawienia osi poziomej) i **trigger** (opcje wyzwalania i synchronizacji).

W dolnej części oscyloskopu znajdują się gniazda do podłączenia badanych sygnałów – dwa kanały. W części **VERTICAL** pokrętką VOLTS/DIV zmienia się skalę wyświetlanego przebiegu (ilość Voltów przypadających na jedną kratkę na wyświetlaczu). Poprzez ustawienie CH1 MENU, CH2 MENU następuje wybór menu odpowiedniego kanału oraz włączanie i wyłączenie wyświetlania danego kanału. Pokrętką POSITION przesuwa pozycję sygnału w pionie. Poprzez ustawienie AC – GND – DC w menu kanału, sygnał może być pokazany na wyświetlaczu bez składowej stałej (AC), podłączony do masy (GND) lub ze składową stałą (DC).

Poprawnie ustalony sygnał to taki który mieści się na ekranie i jest przy tym jak najbardziej powiększony.

W części **HORIZONTAL** pokrętko POSITION pozwala na przesunięcie sygnału w poziomie. Natomiast. Pokrętko SEC/DIV ustawia podstawę czasu (ilość sekund odpowiadającą jednej działce na wyświetlaczu).

W kolejnej części **TRIGGER** ustawia się sposób wyzwalania oscyloskopu. Oscyloskop w jednej chwili czasowej wyświetla tylko jeden punkt przebiegu. Zaczyna on wyświetlać w określonym miejscu a następnie odwzorowuje przebieg napięcia w czasie. Aby przebieg na ekranie oscyloskopu był stabilny, to jego kreślenie musi rozpoczynać się od tego samego punktu w okresie. Należy skonfigurować oscyloskop tak aby wiedział, w którym punkcie ma zacząć wyświetlanie. Wykorzystuje się do tego sygnał podłączony do kanału 1 lub 2; można również wykorzystać zewnętrzny sygnał taktujący (EXT TRIG) lub ciągle wyświetlanie przebiegu. Przełącznikami w TRIG MENU można wybrać źródło wyzwalania: kanał 1 - CH1, kanał 2 - CH2, zewnętrzne EXT oraz inne parametry. W tej części istotne jest jeszcze pokrętko LEVEL – poziom wyzwalania. Gdy sygnał np. na ustawionym CH1 osiągnie wartość ustawioną pokrętkiem LEVEL to wówczas oscyloskop zacznie wyświetlać przebieg. Niepoprawne ustawienie wyzwalania powoduje, że obraz na ekranie bardzo szybko (lub zbyt wolno) się zmienia i niemożliwa jest obserwacja.

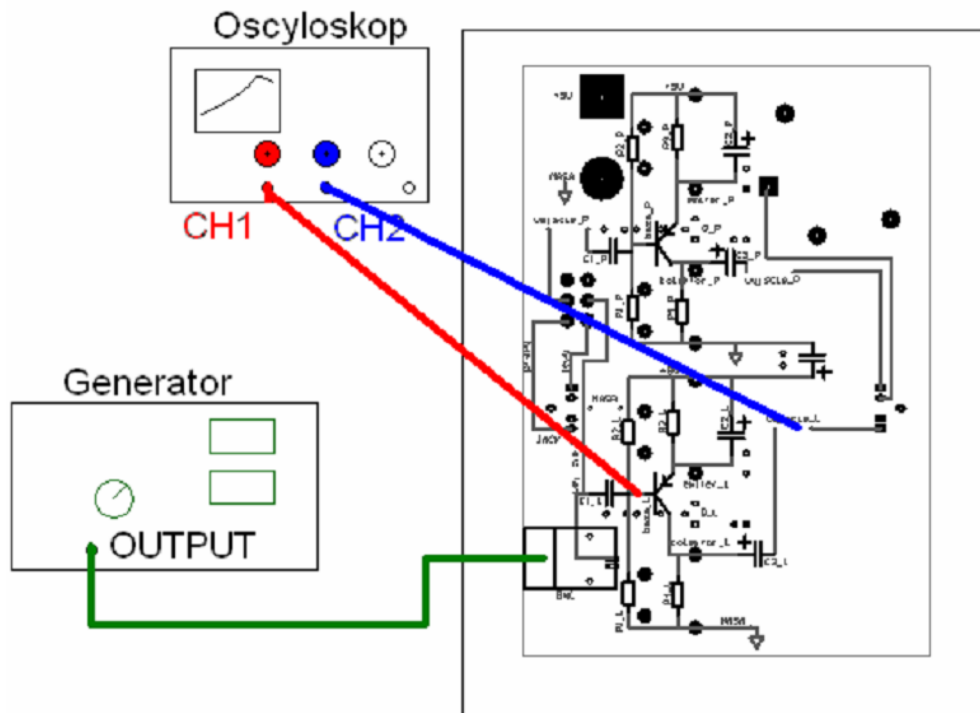
4.2. Generator funkcyjny

Generator funkcyjny jest przyrządem umożliwiającym dostarczenie do układu pomiarowego sygnału o pożądanym kształcie. Jest on łączony z oscyloskopem za pomocą przewodu BNC. Możliwe jest wygenerowanie sygnałów sinusoidalnych, trójkątnych i prostokątnych, jak również ustawianie ich częstotliwości, amplitud i składowych stałych.

Należy włączyć generator funkcyjny i ustawić na nim sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie 50 mV. Przebieg zaobserwować na oscyloskopie, sprawdzić poziomy napięcie i częstotliwości, składowa stała powinna wynosi „0” (pokrętko offset na generatorze). Przebieg umieścić w sprawozdaniu, zanotować: skala pozioma (czas), skala pionowa (napięcie), poziom 0 V.

5. Budowa układu pomiarowego

Badany podczas ćwiczenia układ stanowi realizację opisywanego wcześniej wzmacniacza RC opartego o tranzystor PNP. Na płytce (Rys.2) zrealizowane są dwa kanały wzmacniacza. Sygnał z generatora należy podpiąć do gniazda BNC lewego kanału. Możliwe jest sterowanie potencjometrem w celu zmiany „głośności” sygnału. Sondy oscyloskopu należy podpiąć do wejścia (baza tranzystora) i wyjścia układu (kolektor). Jeżeli na wejście podawany jest sygnał dźwiękowy należy podpiąć go do wejścia „jack”. Sygnał zostanie wtedy podany na oba kanały wzmacniacza i możliwe jest podpięcie głośników lub słuchawek do wyjścia „jack”.



Rys.2. Budowa i sposób podłączenia układu pomiarowego.

6. Wykonanie ćwiczenia

6.1. Badanie wzmocnienia wzmacniacza

Na początku należy podłączyć układ wzmacniacza tranzystorowego według schematu z Rys.2. Z generatora funkcyjnego należy doprowadzić sygnał sinusoidalny o amplitudzie 50 mV i częstotliwości 1 kHz do wejścia BNC na płytce. Oscyloskop podłączyć przez sondy oscyloskopowe do bazy_L (CH1) oraz wyjścia_L (CH2). Zaobserwować równocześnie oba przebiegi na oscyloskopie – zamieścić je w sprawozdaniu. Dokonać pomiaru amplitudy sygnału wyjściowego i wejściowego – wyznaczyć wzmocnienie $K_u = U_{wy} / U_{we}$. Zaobserwować szum w sygnale wyjściowym – wyjaśnić prowadzącemu skąd się bierze.

UWAGA: głośny sygnał może uszkodzić słuch! Można podłączyć słuchawki do gniazda wyjściowego, skorygować poziom dźwięku potencjometrem na płytce wzmacniacza (słuchawki są dodatkowym obciążeniem wzmacniacza – po włożeniu słuchawek amplituda sygnału wyjściowego znacznie się zmniejszyła).

Zmienić częstotliwość sygnału w generatorze na 100 Hz, skorygować ustawienia oscyloskopu, zaobserwować zmiany.

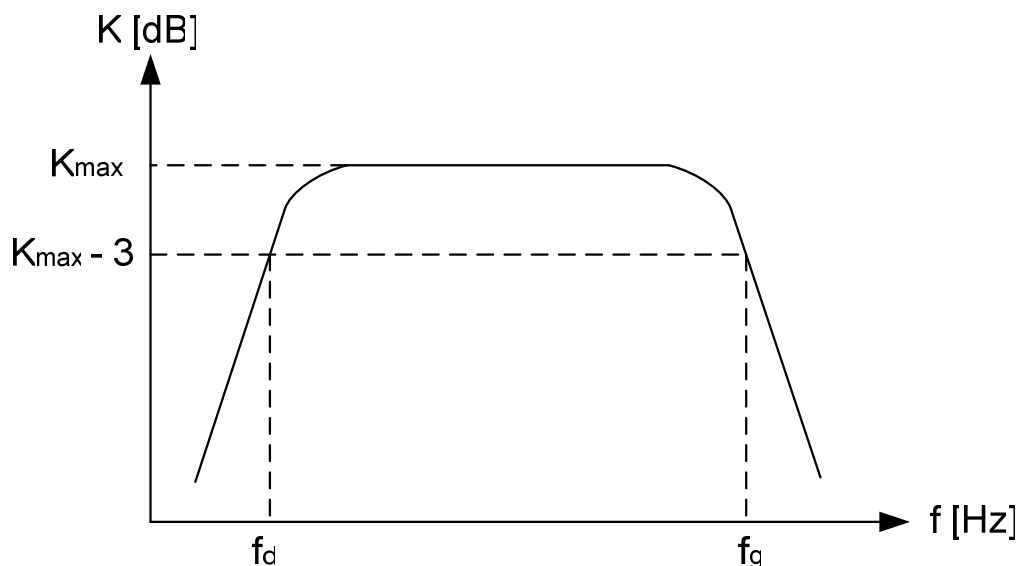
6.2. Przesterowanie wzmacniacza

Należy przywrócić początkową częstotliwość sygnału (1 kHz). Sygnał obserwować na oscyloskopie i zwiększać potencjometrem jego amplitudę aż sygnał wyjściowy przestanie być sinusoidą a stanie się obciętą sinusoidą. Przebieg zamieścić w sprawozdaniu. Można włączyć słuchawki i zaobserwować zmianę brzmienia sygnału przesterowanego. Należy zastanowić się gdzie można wykorzystać ten efekt.

Zmniejszyć amplitudę do 50 mV. Włączyć słuchawki. Zmienić kształt przebiegu z sinus na prostokątny, zanotować dlaczego sygnał o takiej samej częstotliwości podstawowej ale o innym kształcie jest inaczej słyszany, w razie wątpliwości zapytać prowadzącego, zanotować. Ustawić częstotliwość sygnału prostokątnego na 10 Hz – zaobserwować zniekształcenia. Wyjaśnić w sprawozdaniu dlaczego pozioma część przebiegu wejściowego ma inny kształt na wyjściu.

6.3. Badanie pasma przenoszenia wzmacniacza

Gdy moc sygnału w funkcji częstotliwości spada do poziomu $P_{f_gr} = \frac{1}{2} P_{f_max}$ mocy maksymalnej, to dla tej częstotliwości określamy częstotliwość graniczną. Ponieważ moc jest proporcjonalna do kwadratu napięcia to dla częstotliwości granicznej $U_{f_gr} = U_{max} / \sqrt{2} \approx 0,7U_{max}$. W skali decybelowej jest to spadek o około 3 dB. W skali logarytmicznej pasmo przenoszenia wygląda następująco:



Rys.3. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa wzmacniacza.

Dla sygnałów zbyt wolnych i zbyt szybkich wzmacniacz ma mniejsze wzmocnienie niż w paśmie przenoszenia. Sygnały o pewnych częstotliwościach będą nawet tłumione.

Generator należy podłączyć do płytki wzmacniacza i ustawić sygnał sinusoidalny o amplitudzie 50 mV. Zmieniając częstotliwość od 0 do 2 MHz zbadać pasmo wzmacniacza. Sygnał wyjściowy mierzymy przy stałej amplitudzie sygnału wejściowego – w razie jego zmian należy go korygować. Wykres zamieścić w sprawozdaniu.

Można włączyć słuchawki do gniazda wyjściowego. Zmieniać częstotliwość sygnału z generatora od najmniejszej do około 20 kHz. Sygnał wyjściowy powinien mieć stałą amplitudę, którą należy korygować potencjometrem lub w razie konieczności generatorem. Zanotować minimalną i maksymalną słyszalną częstotliwość oraz częstotliwość dla której ucho ludzkie jest najbardziej wrażliwe.

6.4. Badanie przetwarzania sygnału dźwiękowego – zadanie dodatkowe

Odłączyć generator! Do wejścia „jack” podłączyć źródło sygnału audio (mp3, radio itp.), na oscyloskopie zaobserwować przebieg sygnału audio na wejściu i wyjściu – zanotować. Potencjometrem zwiększyć głośność aż do usłyszenia trzasków i znacznych zniekształceń sygnału. Jest to efekt przesterowania wzmacniacza – na wejście został podany sygnał o zbyt dużej amplitudzie. Jeżeli sygnał w słuchawkach jest zbyt głośny należy zmniejszyć jego amplitudę potencjometrem.

7. Opracowanie wyników

W sprawozdaniu z ćwiczenia należy:

- umieścić przebiegi oscyloskopowe uzyskane na wejściu i wyjściu wzmacniacza,
- obliczyć wzmocnienie napięciowe wzmacniacza,
- umieścić rysunek sygnału na wyjściu przesterowanego wzmacniacza,
- podać zaobserwowane najniższe i najwyższe słyszalne częstotliwości,
- podać zmierzone pasmo 3-dB wzmacniacza,
- wyciągnąć wnioski.

6. Literatura

- [1] „Elementy i układy elektroniczne. Część 1.”, pod red. S. Kuty, Wydawnictwa AGH, Kraków 2000, Rozdział 10 „Wzmacniacze tranzystorowe w różnych konfiguracjach” (s. 185-195)
- [2] P. Horowitz, W. Hill „Sztuka elektroniki. Część 1.”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1995, Rozdział 2.07 (s. 86-88)