

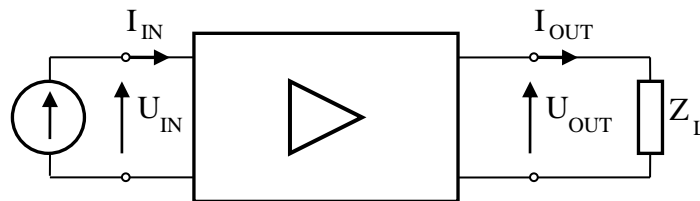
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest symulacyjne zbadanie działania dwóch przykładowych układów wzmacniaczy tranzystorowych – w konfiguracjach wspólnego emitera i pary różnicowej. Dodatkowo w trakcie ćwiczenia poznaje się program do symulacji układów elektronicznych MultiSIM.

2. Wstęp

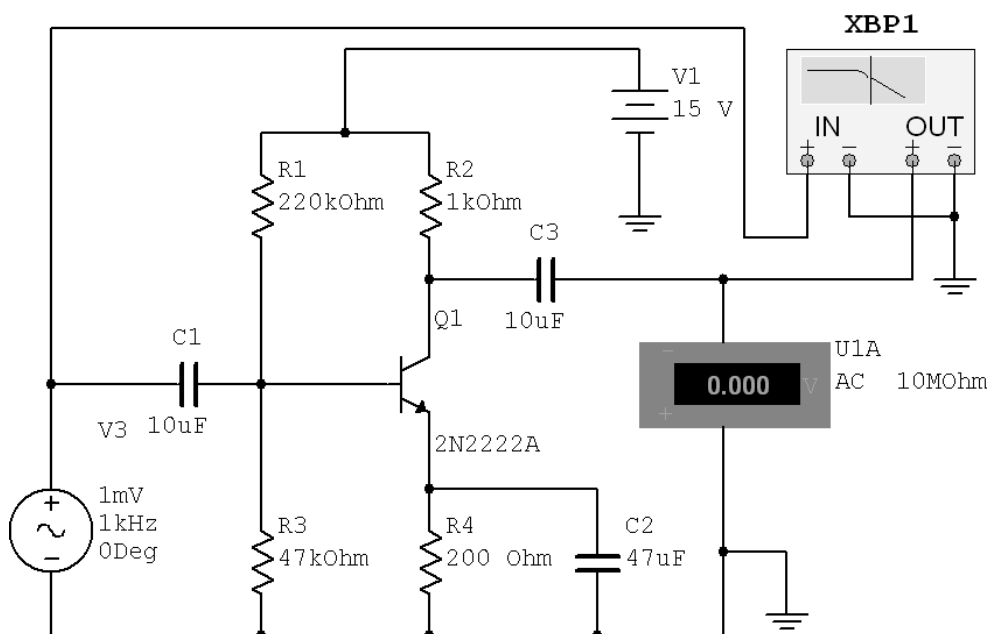
Układ wzmacniający w ogólności jest czwórnikiem w którym po podaniu na zaciski wejściowe sygnału w postaci napięcia U_{IN} lub prądu I_{IN} , w obciążonym obwodzie wyjściowym (impedancja Z_L) otrzymuje się napięcie wyjściowe:

$U_{OUT} = k_u \cdot U_{IN}$ lub prąd wyjściowy $I_{OUT} = k_i \cdot I_{IN}$, gdzie k_u to współczynnik wzmocnienia napięciowego natomiast k_i to współczynnik wzmocnienia prądowego.



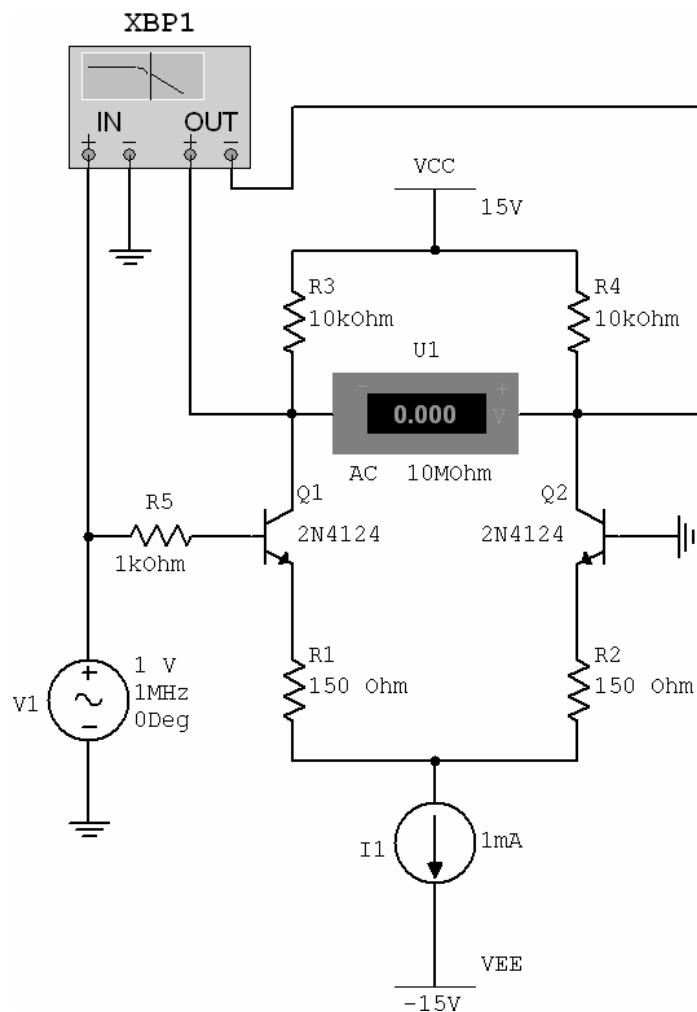
Rysunek 1. Ogólny schemat wzmacniacza

W trakcie ćwiczenia badane są dwie konfiguracje wzmacniaczy tranzystorowych zbudowanych z użyciem tranzystorów bipolarnych. Pierwsza z nich to układ wzmacniacza w konfiguracji wspólnego emitera (CE – *common emitter*) widoczny na Rysunku 1. Jest to jedna z najpopularniejszych konfiguracji wzmacniających, szczególnie w zakresie małych częstotliwości (więc np. w układach wzmacniaczy akustycznych). Zapewnia on duże wzmocnienia napięciowe i prądowe, więc też duże wzmocnienie mocy przy przesunięciu fazy o 180° .



Rysunek 2. Wzmacniacz tranzystorowy w konfiguracji CE

Na Rysunku 3 pokazano drugi z badanych w trakcie ćwiczenia wzmacniaczy. Jest to układ wzmacniacza w konfiguracji pary różnicowej. Podstawową cechą takiego układu jest możliwość wzmacniania małej różnicy dwóch sygnałów występującej na tle dużej amplitudy sygnału wspólnego. Układ w takiej konfiguracji (oraz jego mniej lub bardziej skomplikowane modyfikacje) jako układ o często bardzo pożądanym właściwościach i parametrach jest bardzo często wykorzystywany. Jest on np. punktem wyjściowym w konstrukcji wzmacniaczy operacyjnych.



Rysunek 3. Wzmacniacz tranzystorowy w konfiguracji pary różnicowej

3. Kilka słów o programie MultiSIM

Program MultiSIM (dawniej Electronics Workbench) jest jednym z najpopularniejszych narzędzi do projektowania i analizy obwodów elektronicznych. Oprogramowanie to pozwala w prosty i intuicyjny sposób symulować, analizować oraz projektować układy wszelkiego rodzaju układy elektroniczne - analogowe i cyfrowe.

Aby zbudować dany układ w programie MultiSIM należy „poukładać” odpowiednio elementy i układy w oknie programu i je połączyć. Połączenia powstają w sposób bardzo prosty – wystarczy kliknąć w dwa punkty które chcemy ze sobą połączyć.

Elementy i układy potrzebne w budowanym układzie najprościej jest wstawić klikając w oknie program prawym przyciskiem myszy i wybierając „Place Component”. Pojawi się wtedy okno w którym można wybrać potrzebne komponenty. W przypadku układów budowanych podczas tego ćwiczenia można je znaleźć w następujących grupach:

- zasilanie V_{CC} , V_{EE} i GND – **Sources** → **POWER_SOURCES**,
- sygnał wejściowy V_1 – **Sources** → **SIGNAL_VOLTAGE_SOURCES**,
- źródło prądowe I_1 – **Sources** → **SIGNAL_CURRENT_SOURCES**,
- rezystory R_1 - R_n – **Basics** → **RESISTOR**,
- kondensatory C_1 - C_n – **Basics** → **CAPACITOR** lub **Basics** → **CAP_ELECTROLIT**,
- tranzystory bipolarne Q_1 i Q_2 – **Transistors** → **BJT_NPN** (należy wybrać dowolne modele, nieważne które),
- woltomierz U_1 – **Indicators** → **VOLTMETER**,
- urządzenia pomiarowe bardziej skomplikowane, jak np. potrzebny w tym ćwiczeniu wobuloskop (*Bode Plotter* – *XBP1*) są dostępne po prawej stronie okna programu.

Jeżeli dany komponent układu chcemy w jakiś sposób zmodyfikować, odwrócić itp., należy kliknąć nań prawym przyciskiem myszy – wszelkie potrzebne opcje są tam dostępne.

Jeżeli chcemy zmienić parametry działania jakiegoś układu trzeba kliknąć go dwukrotnie.

Gdy układ jest gotowy, wystarczy kliknąć widoczny u góry po prawej stronie okna programu „włącznik O/I” – zacznie się symulacja. Można też zamiast tego używać skrótu klawiaturowego – symulację startuje / zatrzymuje klawisz F5.

Dodatkowe uwagi:

- **należy pamiętać, że po każdej zmianie wartości (np. amplitudy lub częstotliwości sygnału wejściowego) należy ponownie uruchomić układ, żeby program w nowej symulacji uwzględnił wprowadzone zmiany,**
- *układu nie da się modyfikować gdy jest „włączony”, wszelkie zmiany w układzie da się wprowadzić dopiero gdy symulacja jest wyłączona,*
- *program numeruje wprowadzane komponenty w kolejności ich wstawiania, oczywiście numeracja nie ma żadnego wpływu na działanie układu :)*

4. Przebieg ćwiczenia

4.1. Wzmacniacz tranzystorowy w konfiguracji CE

4.1.1. Zbudować w programie Multisim 7 układ z Rysunku 2.

4.1.2. Wykonać pomiar charakterystyki przejściowej wzmacniacza.

Pomiar ten polega na tym, że dla stałej częstotliwości (leżącej oczywiście w paśmie przenoszenia wzmacniacza) stopniowo zwiększa się napięcie wejściowe i notuje stan wyjścia układu.

Postępując tym sposobem (dla częstotliwości $f=10\text{kHz}$) wypełnić w protokole Tabelę 1.1.

4.1.3. Wykonać pomiar charakterystyki częstotliwościowej wzmacniacza.

Pomiar ten polega na tym, że dla stałej amplitudy napięcia wejściowego bada się wzmocnienie układu w jak najszerszym zakresie częstotliwości.

Postępując tym sposobem (dla napięcia wejściowego $U_{IN}=50\text{mV}$) wypełnić w protokole Tabelę 1.2.

4.1.4. Naszkicować w protokole kształt charakterystyki częstotliwościowej wzmacniacza pozyskany z pomocą wobuloskopu („XBP1” na Rysunkach 1 i 2) oraz wyznaczyć na jej podstawie górną i dolną granicę przepustowości wzmacniacza (określone jako punkty na skali częstotliwości, w których spadek wzmocnienia napięciowego wynosi 3dB w stosunku do wzmocnienia maksymalnego).

UWAGA:

Aby zobaczyć tę charakterystykę należy dwukrotnie kliknąć w ten układ. Interesuje nas charakterystyka amplitudowa („Magnitude”) w zakresie wziętym z Tabeli 1.2, czyli od 10Hz do 10GHz, taki więc zakres wpisuje się w pola „F” oraz „I” skali poziomej („Horizontal”) w widocznym oknie. Jeżeli charakterystyka jest słabo widoczna, bądź odwrotnie – nie mieści się w oknie wobuloskopu, należy ją sobie „poprawić” klikając w polach „F” oraz „I” tyle że tym razem skali pionowej okna wobuloskopu („Vertical”).

4.2. Wzmacniacz tranzystorowy w konfiguracji pary różnicowej

4.2.1. Zbudować w programie Multisim 7 układ z Rysunku 3.

4.2.2. Pozostałe czynności wykonać analogicznie jak w punkcie 4.1.

5. Opracowanie wyników.

5.1. W tabelach charakterystyk przejściowych obu wzmacniaczy zaznaczyć ich napięcie przesterowania.

6. Literatura

- [1] „Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków”, WN-T, Warszawa 2005
- [2] „Laboratorium układów liniowych”, Zakład Układów Elektronicznych, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1997
- [3] Filipkowski A., „Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe”, WN-T, Warszawa 1978
- [4] Horovitz, Hill, „Sztuka elektroniki”, W.K.Ł., 2003
- [5] Pawłowski J., „Podstawowe układy elektroniczne – Wzmacniacze i generatory”, WKiŁ, Warszawa 1980
- [6] Zagajewski T. „Układy elektroniki przemysłowej”, WN-T, Warszawa 1978