|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| PEiTC\_03 | Romaniak Hubert | Informatyka niestacjonarna II rok | Semestr zimowy 2023/24 |

# Zadanie 1

## Wzmacniacz tranzystorowy – układ wspólnego emitera

### Wstęp teoretyczny

Wzmacniacz to element elektroniczny, którego zadaniem jest wytworzenie na wyjściu wzmocnionego wejściowego sygnału wejściowego kosztem energii pobranej ze źródła zasilania.

Głównymi parametrami wzmacniacza są:

* Współczynnik wzmocnienia prądowego
* Współczynnik wzmocnienia napięciowego
* Rezystancja wejściowa – obciążenie źródła sygnału (im wyższa, tym lepiej)
* Rezystancja wyjściowa – straty energii w postaci ciepła (im niższa tym lepiej)

Wzmacniacz składa się z elementów czynnych, biernych, oraz często z obwodu ujemnego sprzężenia zwrotnego. We wzmacniaczu tranzystorowym, elementem czynnym użytym do wzmacniania jest tranzystor.

Wzmacniacze tranzystorowe wykorzystują tranzystory bipolarne (BJT) lub polowe (FET). W przypadku BJT wyróżnia się układy ze wspólną bazą (OB), wspólnym emiterem (OE) i wspólnym kolektorem (OC), a w przypadku FET układy ze wspólnym źródłem (OS), wspólnym drenem (OD) i wspólną bramką (OG).

Wzmacniacz tranzystorowy w układzie ze wspólnym emiterem cechuje się dużym wzmocnieniem napięciowym i prądowym, dobrze sprawdza dla małych i średnich częstotliwości sygnału wejściowego, ale obraca fazę sygnału wyjściowego o i ma umiarkowanie małą rezystancję wejściową i umiarkowanie dużą rezystancję wyjściową.

### Cel zadania

Zaprojektować i zbudować wzmacniacz tranzystorowy w układzie wspólnego emitera. Wyznaczyć przebieg sygnału wyjściowego na tle sygnału wejściowego . Wyznaczyć wzmocnienie napięciowe , prądowe i mocy . Zbadać zachowanie układu dla różnych wartości obciążenia .

Użyty tranzystor: D42C5 (, )

Założone wartości: ;

### Budowa tranzystora

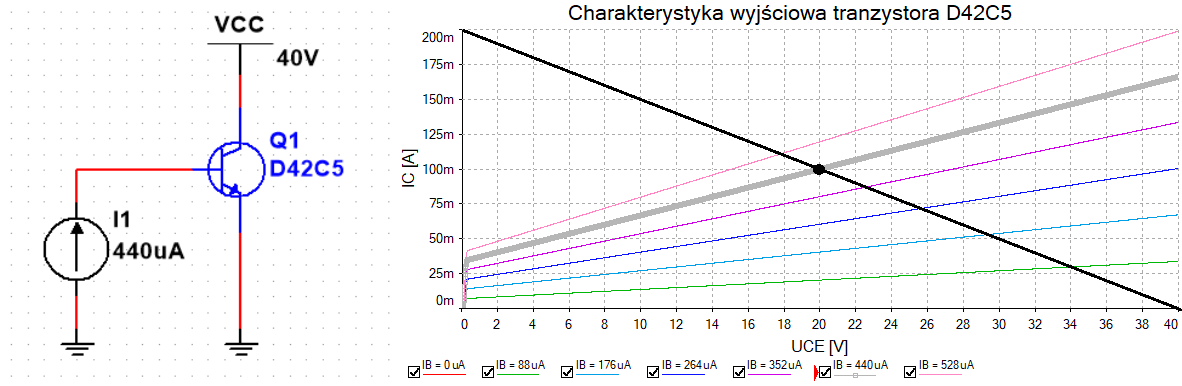
#### Wyznaczanie punktu pracy

Po wyznaczeniu rodziny charakterystyk wyjściowych tranzystora D42C5, na ich wykresie została poprowadzona prosta pracy od punktu maksymalnego napięcia kolektor-emiter i zerowego prądu kolektora (; ) do punktu zerowego napięcia kolektor-emiter i maksymalnego prądu kolektora (; ).

Do wzmacniacza zostanie podane napięcie zmienne, więc napięcie wyjściowe nie będzie przekraczać , zatem stałe napięcie wyjściowe powinno przyjąć wartość w połowie między tymi wartościami: . Maksymalna amplituda napięcia wyjściowego nie przekroczy .

Natężenie prądu zmiennego na wyjściu wzmacniacza nie przekroczy , zatem stałe napięcie wyjściowe powinno przyjąć wartość w połowie między tymi wartościami: . Maksymalna amplituda prądu wyjściowego nie przekroczy .

Oznacza to, że punkt pracy tranzystora powinien zostać wybrany jako (; ). Dla wybranego punktu pracy, prąd bazy wynosi .



Rysunek 1 – układ z tranzystorem D42C5 przeznaczony do badania charakterystyki wyjściowej oraz rodzina charakterystyk wyjściowych z wyznaczoną prostą pracy i punktem pracy (; ); charakterystyka dla wybranego prądu bazy w punkcie pracy została pogrubiona

#### Wyznaczenie rezystancji oraz napięcie zasilania bazy

Rezystancja kolektora to rezystancja ograniczająca maksymalny przepływ prądu . Jej wartość wynosi .

Napięcie baza-emiter zostało wyznaczone eksperymentalnie: . Złącze baza-emiter jest diodą spolaryzowaną w kierunku przewodzenia, ale prąd bazy nie spełnia dokładnie równanie Shockley’a ze względu na dodatkowe złącze kolektor-emiter w okolicy. Można jednak przyjąć, że złącze przewodzony prąd rośnie ekspotencjalnie do przyłożonego napięcia.

Dla dostatecznie niskich napięć wejściowych, bliskich napięciu polaryzacji złącza, prądy są rzędu setek mikroamperów. Wartość napięcia baza-emiter została zatem wyznaczona eksperymentalnie jako .

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, numer

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 2 – wzmacniacz z tranzystorem D42C5 pracującym w punkcie pracy ()

#### Przyłożenie mało-sygnałowego napięcia zmiennego do wejścia wzmacniacza

Do napięcia został dołożony mało-sygnałowy przebieg zmienny , , a następnie został zbadany oscyloskopem sygnał wyjściowy na tle sygnału wejściowego.

Obraz zawierający tekst, diagram, Czcionka, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 3 – układ wzmacniacza z przyłożonym mało-sygnałowym przebiegiem zmiennym

Obraz zawierający tekst, Wykres, diagram, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 4 – przebieg sygnału wyjściowego wzmacniacza (zielony) na tle 100-krotnie powiększonego przebiegu sygnału wejściowego (czerwony)

Można zauważyć, że sygnał wyjściowy jest przesunięty w fazie o w stosunku do powiększonego 100-krotnie sygnału wejściowego. Widoczne również jest ponad 200-krotne wzmocnienie amplitudy napięcia wyjściowego.

#### Dokładne wyznaczenie wzmocnień

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 5 – układ wzmacniacza z pomiarami prądów i napięć wejściowych i wyjściowych

Po wpięciu w odpowiednie miejsca woltomierzów i amperomierzów, można wyznaczyć dokładne wzmocnienia prądowe, napięciowe i mocy dla zbudowanego wzmacniacza.

* Napięcie wejściowe (źródło napięcia zmiennego):
* Natężenie prądu wejściowego:
* Napięcie wyjściowe:
* Natężenie prądu wyjściowego:

Wzmocnienie napięciowe:

Wzmocnienie prądowe:

Wzmocnienie mocy:

Możliwe jest również obliczenie wzmocnienia prądowego, napięciowego i mocy w decybelach.

Wzmocnienie napięciowe (dB):

Wzmocnienie prądowe (dB):

Wzmocnienie mocy (dB):

#### Zasilanie bazy napięciem zasilającym wzmacniacz

Można zastąpić dodatkowe źródło napięcia zasilające bazę, korzystając z głównego napięcia zasilającego wzmacniacz . Należy to zrobić poprzez ograniczenie tego napięcia odpowiednio dużą rezystancją, na której będzie się odkładało napięcie i będzie płynął przez nią oczekiwany prąd .

Aby obliczyć wartość tej rezystancji, należy skorzystać ze wzoru .

Obraz zawierający tekst, diagram, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 6 – układ wzmacniacza z bazą zasilaną z głównego napięcia zasilającego przez odpowiednią rezystancję;  
można zauważyć zachowane parametry oraz

Po dodaniu rezystancji bazy, należy przyłożyć między bazę a uziemienie mało-sygnałowy przebieg zmienny . Nie można tego zrobić bezpośrednio, ponieważ prąd stały służący do ustawienia parametrów tranzystora, popłynąłby przez źródło napięcia zmiennego do uziemienia, zamiast przez złącze baza-emiter. Można temu zapobiec, wpinając między sygnał wejściowy a bazę kondensator, którego wielkość minimalną wyznacza się ze wzoru .

Dla częstotliwości :

powinno być znacznie większe od wyznaczonej wartości minimalnej dla poprawnego i pełnego działania wzmacniacza. Eksperymentalnie wyznaczono, że wartość ta powinna być około 10 000 razy większa od wartości minimalnej, zatem została wybrana wartość .

Podobnie można postąpić w przypadku wyjścia wzmacniacza, aby obciąć składową stałą można przed wyjściem wpiąć kondensator, którego wielkość minimalną wyznacza wzór .

Dla częstotliwości :

również powinno być znacznie od wyznaczonej wartości minimalnej. Eksperymentalnie wyznaczono, że jego wartość powinna być około 10 razy większa, zatem została wybrana wartość .

Obraz zawierający tekst, diagram, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 7 – układ wzmacniacza z kondensatorami na wejściu i wyjściu oraz z wpiętym mało-sygnałowym przebiegiem zmiennym na wejściu , ; widać zachowane wartości prądu stałego oraz wzmocnione napięcie zmienne na wyjściu

#### Badanie zachowania wzmacniacza dla różnych obciążeń

Dla takiego samego źródła sygnału zmiennego , , , i różnych obciążeń zostały zmierzone wartości napięć wyjściowych, a następnie na podstawie tych danych zostały wyliczone prądy wyjściowe oraz wzmocnienia napięciowe, prądowe i mocy w .

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 1 | 3,17 | 3170,00 | 10,02 | 46,79 | 28,41 |
| 10 | 29,60 | 2960,00 | 29,43 | 46,20 | 37,81 |
| 100 | 176,00 | 1760,00 | 44,91 | 41,68 | 43,30 |
| 1 000 | 348,00 | 348,00 | 50,83 | 27,60 | 39,22 |
| 10 000 | 385,00 | 38,50 | 51,71 | 8,48 | 30,10 |
| 100 000 | 390,00 | 3,90 | 51,82 | -11,41 | 20,21 |
| 1 000 000 | 390,00 | 0,39 | 51,82 | -31,41 | 10,21 |

### Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że zaprojektowany i zbudowany wzmacniacz tranzystorowy dla częstotliwości pozwala osiągnąć maksymalne wzmocnienie mocy o ponad dla obciążenia około .

Dodatkowo można zauważyć, że wraz ze wzrostem rezystancji obciążenia wzrasta wzmocnienie napięciowe, osiągając swoje maksimum dla obciążeń pomiędzy – wynosi ono .

Ponadto, wzrost rezystancji obciążenia powoduje zmniejszenie wzmocnienia prądowego, które pomiędzy osiąga wartości ujemne.

Można zatem wywnioskować, że wzmacniacze mają największe wzmocnienie napięciowe dla dużych obciążeń, natomiast największe wzmocnienie prądowe dla małych obciążeń.