|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ćwiczenia laboratoryjne** | | | | | |
| **Data wykonania pomiarów** | | **Data oddania sprawozdania** | | **Poprawa** |
| **28.03.2019** | | **04.04.2019** | | **N** |
| **Temat wykonanego ćwiczenia** | | | | **Ocena** |
| **Termin:**  Czwartek  15:15  Nr grupy  2 | **Bierne układy liniowych przetworników sygnałów** | | | |  |
| **Skład Grupy** | **Kacper Borucki**  **Paweł Rybacki**  **Mikołaj Skorupa** | | **Protokół i sprawozdanie:**  **Kacper Borucki** |  |

# Wstęp teoretyczny i cel ćwiczenia

Jednym z najczęściej stosowanych układów wzmacniających na tranzystorze bipolarnym jest tzw. układ WE, czwórnik, w którym emiter tranzystora jest wspólną elektrodą dla obwodów sygnałów wejściowego i wyjściowego.

Celem ćwiczenia było poznanie właściwości jednego z takich układów (WE), zapoznanie się z jego budową, ustalenie punktu pracy tranzystora w układzie i wyznaczenie jego zastępczych parametrów.

# Przebieg ćwiczenia

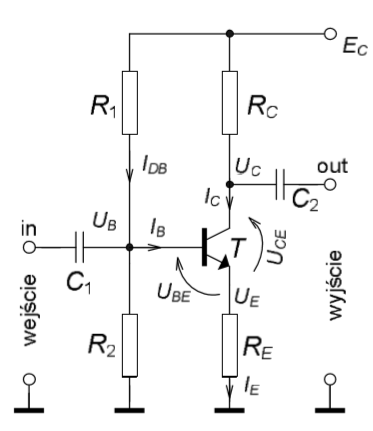
* podłączenie układu zgodnie ze schematem
* uruchomienie układu wzmacniacze w układzie WE bez – wyznaczenie parametrów spoczynkowych
* wyznaczenie środka pasma częstotliwościowego wzmacniacza przy wykorzystaniu oscyloskopu i woltomierza
* wyznaczenie zakresu liniowej pracy, transmitancji napięciowych, rezystancji wejściowej i wyjściowej, transmitancji prądowych – przy użyciu oscyloskopu, przyłączając oraz odłączając rezystancje wejścia i obciążenia
* wyznaczenie pasma pracy układu – częstotliwości granicznych dolnej i górnej według kryterium -3dB – wykorzystując do tego celu oscyloskop
* pomiar wartości rezystorów oraz

# Spis przyrządów pomiarowych

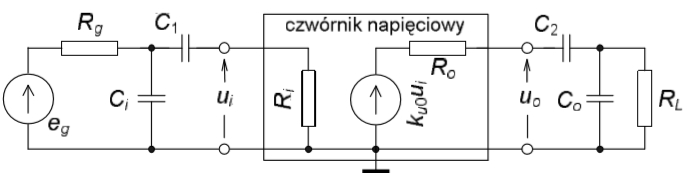
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Nazwa urządzenia** | **Numer** | **Pełniona funkcja** |
| **1** | Multimetr HI-TEC DT-380 | P210 A5 | Woltomierz, omomierz |
| **2** | Multimetr  METEX MX0-4660A | I29-IVa4538 | Woltomierz, miernik częstotliwości |
| **3** | PeakTech 2020 GM | I29-IVa4571 | Oscyloskop |

# Schematy badanych układów oraz układy pomiarowe

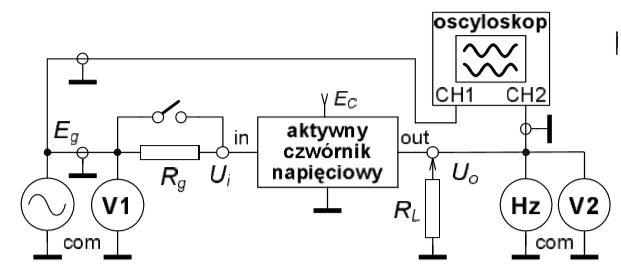
1. Wzmacniacz w układzie WE:



1. Czwórnik zastępczy z dodanymi na zewnątrz pojemnościami, decydującymi o paśmie pracy układu wzmacniacza WE i częstotliwościach granicznych.



1. Układ pomiarowy do badania aktywnych czwórników napięciowych, przetwarzających sygnały przemienne:



# Tabele pomiarowe

### Tabela 1: Wartości elementów do układów badanych w ćwiczeniu.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Układ | Element | Wartość nominalna | Wartość rzeczywista |
| Zasilanie, elementy | *EC* [V] | 9 | 8,9 |
| *R*1 [k] | 22 | - |
| *R*2 [k] | 4,7 | - |
| *R*C [k] | 1,0 | - |
| *R*E [k] | 0,27 | 0,267 |
| *C*1 [nF] | 0,33 | - |
| *C*2 [nF] | 1,0 | - |
| *R*g [k] | 3,3 | 3,27 |
| *R*L [k] | 10 | 9,93 |

### Tabela 2: Pomiar spoczynkowego punktu pracy wzmacniacza WE.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Punkt 4.3.1. Statyczny ppQ, przyrząd V … o *RV* = 10 M | | | | | | | | | | | |
| Lp. | Warunki | Pomiary napięć | | | | Obliczenia zwyników badań | | | | | Uwagi |
| *EC* [V] | *UC* [V] | *UE* [V] | *UB* [V] | *UBE* [V] | *UCE* [V] | *IC* [mA] | *IB* [A] | *IB* [A] |  |
| 1 | z *T* | 8,900 | 5,682 | 0,8370 | 1,4901 | 0,6531 | 4,845 | 3,135 | 1) 10,45 | 2) |
| 2 | bez *T* | 8,900 |  |  | 1,5390 |  |  |  |
| 1) − prąd *IB* obliczony z **typ, 2) − poprawny prąd *IB* obliczony z *UB* z tranzystorem i bez tranzystora. | | | | | | | | | | | |

### Tabela 3: Wyniki pomiarów parametrów zastępczych wzmacniacza.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Punkt 4.3.3. Badania parametrów roboczych wzmacniacza WE bez *CE* przy *fm* = 7,304 kHz,  przyrządy: V … , oscyloskop … , częstościomierz ... | | | | | | | | | |
| Lp. | Warunki znamion. | | | Pomiary | | | Obliczenia | | |
| *Rg*  [k] | *RL*  [k] | typ  transm. | *UoML*  [V] | *Uo*  [V] | *Ui*  [V] | transmitancje  z badań [V/V] | *Ri*  [k] | *Ro*  [k] |
| 1 | 3,3 | 10 | *ku*ef | 2,067 | 1,035 | *Eg* =0,566 | |*ku*ef|= 1,75 | 3,69 |  |
| 2 | 0 | 10 | *ku* | 2,255 | 1,163 | 0,330 | |*ku*| = 3,3 | 0,991 |
| 3 | 0 | ∞ | *ku*0 | 2,278 | 1,122 | 0,287 | |*ku*0|= 3,629 |  |
| Uwagi | | *ki*0 = -13,29 A/A , *ki* = -1,21 A/A , *ki*ef = -0,57 A/A | | | | | | | |

### Tabela 4: Wyniki badania charakterystyki przejściowej układu selektywnego.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | f |  | B | b |  |
| [kHz] | [dz] | [dz] | [dz] | [ |
|  | 7,304 | 4,3 | 4,3 | - | - |
|  | 4993 | 3 | 2 | 41,8 |
|  | 0,074 | 3 | 2,2 | -47,2 |

### Tabela 5: Porównanie wyników badań z wartościami wynikającymi z obliczeń.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parametry** | **Wartości obliczone** | **Wartości rzeczywiste** |
| Punkt pracy tranzystora |  |  |
| Parametry zastępcze |  |  |
| Transmitancje |  |  |
| Pasmo pracy układu |  |  |

# Przykładowe obliczenia

* Wartości spoczynkowego spadku napięcia przy przewodzeniu:
* Wartości spoczynkowych prądów:
* Wyznaczenie zakresu liniowej pracy, transmitancji napięciowych, rezystancji wyjściowej i wejściowej, transmitancji prądowych:
  + Dynamiczna rezystancja wejściowa:
  + Dynamiczne wzmocnienie prądowe:
  + Dynamiczna konduktancja wejściowa:
  + Rezystancje zastępcze tranzystora:
  + Rezystancje zastępcze układu wzmacniacza:
  + Transmitancja własna w warunkach idealnych:
  + Transmitancje przy obciążeniu oraz rezystancji wejścia :
* Wyznaczanie pasma pracy układu:

# Wykresy

### Wyznaczony na oscyloskopie przebieg po wyjściu poza zakres liniowej pracy układu.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

# Wnioski

* Wyznaczone wartości punktu pracy tranzystora były zbliżone do wartości obliczonych przed zajęciami. Większość „znacznych” różnic najprawdopodobniej wynika z faktu, że rezystancja na emiterze nieco różniła się od tej, która została wykorzystana przy obliczeniach. Pozostałe zależności wynikają prawdopodobnie z niepewności związanych ze znamionową rezystancją pozostałych rezystorów.
* Analogiczna sytuacja wystąpiła przy wyznaczaniu parametrów zastępczych, których końcowe wartości różniły się w sposób względnie niewielki (kilka %) od tych otrzymanych drogą obliczeń.
* W związku z powyższym, uzyskane wartości transmitancji również były zbliżone od tych obliczonych.
* Środek pasma układu występuje przy częstotliwości ok. 7,304 kHz – ten wynik zdecydowanie różnił się od uzyskanych wyników obliczeń, aczkolwiek może to być spowodowane nie tyle błędami rachunkowymi, co przyjęciem w obliczeniach mocno odbiegających od rzeczywistości pojemności Ci oraz Co – w związku z czym, za poprawne wartości należy brać te uzyskane drogą pomiarową.
* Rozbieżność dolnej i górnej granicy pasma pracy układu była na tyle duża, że średnia geometryczna – wyznaczająca środek tego pasma – jest tylko dużym zaokrągleniem. Co ciekawe, szacowana na podstawie wyniku pomiaru górna częstotliwość graniczna powinna być ok. 10-krotnie mniejsza. To wskazywałoby na błąd odczytu – co jednak wykluczyłbym, ponieważ wynik już w momencie odczytu był na tyle zaskakujący, że sprawdziliśmy go kilkakrotnie.
* Ostatecznie większość obliczeń teoretycznych okazała się być dobrymi przybliżeniami rzeczywistych wyników pomiarów, z czego wynika słuszność stosowania tego typu przybliżeń.