Ćwiczenie 4.

**WZMACNIACZ OPERACYJNY (WO). PARAMETRY RZECZYWISTEGO WO.  
 WTÓRNIK NAPIĘCIOWY, WZMACNIACZ NIEODWRACAJĄCY**

**Przed zajęciami.**

**a)**Zapoznaj się z właściwościami wzmacniacza μA741.

**b)**Na podstawie rys. A,B,C wyprowadź zależności do obliczenia ze zmierzonych napięć wyjściowych: wejściowych prądów polaryzacji *Iib−*, *Iib+*, *Iib*, wejściowego napięcia niezrównoważenia *Uio* i prądu niezrównoważenia *Iio* – uważaj na znaki!



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Element | Wartości elementów dla grupy nr: | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| ***R1* [kΩ]** | 5,6 | 4,7 | 3,9 | 3,3 | 6,8 | 10 |
| ***R2* [kΩ]** | 56 | 47 | 39 | 33 | 68 | 100 |

*Rys. A,B,C. Schematy układów do wyznaczenia parametrów wejściowych: prądów polaryzacji, napięcia i prądu niezrównoważenia: (Zastępcze, wewnętrzne źródło napięcia Uio WO narysowano przed wejściem WO, aby ułatwić ci analizę oczkową.)*

**Wyprowadzenia zależności z p. b) zamieść w sprawozdaniu**

*Rys.1. Schemat układu wzmacniacza nieodwracającego z tabelą wartości elementów*

**c)** Oblicz wzmocnienie *Au0f* układu z rys.1 na podstawie danych z tab. Oblicz rezystancje układu: wejściową *Rif* i wyjściową *Rof*. Oblicz wartość rezystora *R3*; po co jest on w układzie? Oszacuj górną częstotliwość graniczną *fg* układu z parametru WO: *BW1* ≡ *f1*(tzw. iloczyn „wzmocnienie⋅pasmo” jest stały)

**Program ćwiczenia.**

**Połącz układ wtórnika napięciowego ( Ucc = ±15V).**

**1.** Wstępne badanie WO (kontrola jego sprawności);

W układach z rys.A,B,C zmierz tylko napięcie wyjściowe *Uo*, zastosuj rezystor *R* o wartości 0,22 MΩ. Z wyników obliczysz *Uio*, *Iib+*, *Iib−*, *Iib*, *Iio*.

**2.** Zmierz napięcia nasycenia WO; w układzie z rys.B wyjmij z makiety rezystor *R*, zanotuj *Uom*Powtórz to w układzie z rys.C.

Jaka jest przyczyna zaobserwowanych reakcji WO?

**3.** Skompensuj niezrównoważenie. Dołącz do układu wtórnika woltomierze i źródło DC (rys.2).



*Rys.2. Schemat układu pomiarowego do badania czwórników aktywnych*

**4.** Sygnałem stałym (DC) wyznacz charakterystykę   
*Uo =*f(*Ui*); oblicz *kuof* możliwie dokładnie.

Jakie względne odstępstwo *kuof* od 1 osiągnąłeś?

**5.** Zmierz rezystancję wyjściową *Rof* układu (przy *Uo*≥ 1V) ; zastosuj *RL*≈ 500Ω .

**6.** Zmierz wzmocnienie *kuof* sygnałem sinusoidalnym (AC) o *f* = 1kHz i *Uo*≥ 1V (rys.2).



**Połącz układ wzmacniacza nieodwracającego (Rys. 1.) ;**

**Ucc = ±15V. Dołącz przyrządy (Rys.2.)**

**7.** Zmierz niezrównoważenie (o ile zmieniło się WO w porównaniu z układem wtórnika? Dlaczego?).

Skompensuj niezrównoważenie.

**8.** Zbadaj sygnałem DC (rys.3 ) charakterystykę przejściową *Uo*= f(*Ui*); wyznacz wzmocnienie *ku0f* z liniowego zakresu tej charakterystyki (wykres) oraz *Uomax*+, *Uomax−* .

**10.** Zmierz rezystancje wyjściową *Rof* układu przy *Uo*≥ 1V; zastosuj *RL*≈ 500Ω .

**11.** Zmierz wzmocnienie sygnałem sinusoidalnym o *f* = 1kHz i *Uo*≥ 1V (rys.2).

**12.** Zmierz (tylko oscyloskopem) górną częstotliwość graniczną *fg* i zmianę przesunięcia fazowego przy niej Δ*ϕ*(*fg*) – Rys.4; uważaj na kształt *Uo(t)*– ma być sinus, a nie trójkąt!



*Rys.4. Ekran oscyloskopu (w trybie* XY) *podczas* *wyznaczania przesunięcia fazowego:* ⏐Δ*ϕ*⏐ = arcsin(*b*/*B*).

**13.** Zmierz wartości rezystorów, które tworzyły pętlę sprzężenia zwrotnego w układzie z rys.1. Porównaj *ku0f* układu obliczone teoretycznie oraz z napięć i z rezystancji. Jakie wnioski?

**14.** Zmierz oscyloskopem (wg. Rys. 5.) współczynnik *SR* wzmacniacza operacyjnego. Porównaj wyniki badań z danymi katalogowymi.

*Rys.5 Wyznaczenie współczynnika SR*

**Protokół badań do ćw. 4**

**WZMACNIACZ OPERACYJNY (WO) - PARAMETRY RZECZYWISTEGO WO.  
WTÓRNIK NAPIĘCIOWY, WZMACNIACZ NIEODWRACAJĄCY**

Grupa: …………… Termin:……………….. Data: …………………………...

1. ……………………………………………

2. ……………………………………………

3. ……………………………………………

**Tabele i wyniki obliczeń.**

**Pomiary parametrów wzmacniacza operacyjnego i wtórnika**

*Uo1 = ………….* mV *Uo2 = ………….* mV *Uo3 =………….* mV

*UoB =………….* V *UoC =………….* V

Tab.1. Charakterystyka *Uo*= f(*Ui*) układu wtórnika. *+Ucc*= ………………V i *–Ucc*= …………….V

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Uiznam* | [V] | – 10 | – 7,5 | – 5 | – 2,5 | 0 | + 2,5 | + 5 | +7,5 | + 10 |
| *Ui* | [V] |  |  |  |  | 0 (zwora)  **Odłącz Eg** |  |  |  |  |
| *Uo* | [V] |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Obliczenia: ***ku0f*** =……………… V/V, | | | | | | | | | | |

Tab. 3. Pomiar rezystancji wyjściowej wtórnika (*Rof*) Tab. 4. Pomiar wzmocnienia *kuof* (AC)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *RL* [kΩ] | Uo1 [V] | *RL* [kΩ] | *Uo2* [V] | *Rof* [kΩ] |
| ∞ |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Ui* [V] | *Uo* [V] | *ku0f* [V/V] |
|  |  |  |

**Pomiary parametrów wzmacniacza nieodwracającego oraz współczynnika SR wzmacniacza operacyjnego**

Tab. 1. Charakterystyka *Uo*= f(*Ui*). *+Ucc*= ………… V, *–Ucc*=…… …..V, *R1*= ……..…..kΩ, *R2*=……..….kΩ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Uiznam* | [V] | – 1,5 | – 1,25 | – 1,0 | – 0,5 | 0 | + 0,5 | + 1,0 | + 1,25 | + 1,5 |
| *Ui* | [V] |  |  |  |  | 0 (zwora)  **Odłącz Eg** |  |  |  |  |
| *Uo* | [V] |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Uwagi | | *Uomax–-* = V, | | | |  | *Uomax+ =* V | | | |
| Obliczenia: ***kuof*** =…………… V/V, ⏐(+*Ucc*) – *Uomax+*⏐=……………V, ⏐(–*Ucc*) – *Uomax–*⏐=……………V | | | | | | | | | | |

Tab. 3. Pomiar rezystancji wyjściowej (*Rof*) Tab. 4. Pomiar wzmocnienia *kuof* (AC)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *RL* [kΩ] | Uo1 [V] | *RL* [kΩ] | *Uo2* [V] | *Rof* [kΩ] |
| ∞ |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Ui* [V] | *Uo* [V] | *ku0f* [V/V] |
|  |  |  |

Tab. 4. Pomiar *fg* i ⏐Δ*ϕ*⏐ ( *fd*= 0 Hz )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f* | *Uo p-p* | *Ui p-p* | *kuof* | *B* | *b* | ⏐Δ*ϕ*⏐ |
| **1 kHz** | **1,4 V**  ( 7dz ּ 0,2 V/dz) | V | V/V | dz | dz | º |
| *fg*= kHz | V  (0,7 ּ 7dz ּ 0,2 V/dz) | V/V | dz | dz | º |

**R1 =** kΩ **R2 =** kΩ

Tab. 5. Pomiar *SR*+ i *SR−*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ∆*t +* [ms] | ∆*Uo* [V] | ∆*t –* [ms] | ∆*Uo* [V] |
|  |  |  |  |
| SR+ [V/ms] | | SR− [V/ms] | |
|  | |  | |