

**PAŃSTWOWA WYŻSZA SZKOŁA INFORMATYKI
I PRZEDSIĘBIORCZOŚCI W ŁOMŻY**

INSTYTUT INFORMATYKI

Do użytku wewnętrznego

INFORMATOR LABORATORYJNY

PODSTAWY ELEKTRONIKI

REGULAMIN LABORATORIUM PODSTAW ELEKTRONIKI

1. Udział na zajęciach laboratoryjnych jest obowiązkowy.
2. Zaliczenie ćwiczenia wymaga:
 - a. wykonania części praktycznej,
 - b. złożenia sprawozdania z pracy (na następnych zajęciach).
3. Nie ma możliwości poprawiania ćwiczenia, które nie zostało zaliczone.
4. Ocena końcowa laboratorium jest średnią z ocen poszczególnych ćwiczeń (ocena niedostateczna jest liczona do średniej jako zero). W przypadkach losowych istnieje możliwość odrobienia brakującego ćwiczenia z inną grupą.

W celu przygotowania się do ćwiczenia należy opanować zakres wiedzy wskazany w informatorze. Właściwe przygotowanie do zajęć powinno obejmować:

- dokładne zaznajomienie się z instrukcją ćwiczenia, w szczególności ze schematami ideowymi badanych układów oraz z treścią pytań i zagadnień podanych w informatorze;
 - przygotowanie teoretyczne ogólne oraz szczegółowe ukierunkowane na wykonanie wymaganych obliczeń i rozwiązanie stawianych zagadnień problemowych;
 - wykonanie obliczeń wstępnych i projektowych zgodnie z założeniami podanymi w instrukcji;
 - ogólne zaznajomienie się z parametrami technicznymi i zasadą pracy stosowanych w ćwiczeniu przyrządów pomiarowych;
 - ogólne zaznajomienie się z konstrukcją stosowanych modułów laboratoryjnych.
5. Sprawozdanie powinno zawierać na pierwszej stronie od góry tabelkę według wzoru:

imię i nazwisko	Symbol przedmiotu	grupa	Data przekazania sprawozdania	ocena
Jan Nowak	INFIS3-ELEK	1		

Sprawozdanie z ćwiczenia nr	Temat
1	Badanie własności diod półprzewodnikowych ¹

6. Każde ćwiczenie powinno być porównane z wynikami otrzymanymi za pomocą symulatora *LTspice*.

Sprawozdanie, w którym dokumentuje się wszystkie wyniki oraz zamieszcza wnioski i odpowiedzi na postawione w instrukcji pytania problemowe, powinno zawierać następujące elementy:

- ogólną teorię dotyczącą zagadnień rozpatrywanych w trakcie ćwiczenia (podstawowe wzory, parametry, dane, schematy ideowe lub blokowe itp.);
- schemat ideowy badanego układu
- schemat montażowy układu elektronicznego
- obliczenia wstępne i projektowe (podać całość obliczeń z ewentualnymi komentarzami);

¹ Dane przykładowe

- wyniki obserwacji i pomiarów (schemat pomiarowy, schemat ideowy badanego układu, wyniki w postaci tabel, wykresy, obliczenia, przebiegi, odpowiedzi na zagadnienia, porównania, wnioski itp.).

Przyjmowane podczas wykonywania kolejnych punktów wartości elementów powinny zostać podane z użyciem wprowadzonych na schemacie oznaczeń elementów. Należy także podać parametry źródeł oraz symulacji. Analiza powinna zostać przeprowadzona w oparciu o otrzymane wykresy i wyniki liczbowe oraz wiedzę teoretyczną.

Charakterystyczne punkty czy obszary wykresów powinny zostać zaznaczone i odpowiednio przytoczone w tekście analizy. Wnioski powinny być krótkie i konkretne (najlepiej w punktach).

WYKAZ LITERATURY

- [1] Gray P. E., Searle C. L.: Podstawy elektroniki.
- [2] Filipkowski A. : Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe.
- [3] Pawłowski J.: Podstawowe układy elektroniczne - Wzmacniacze i generatory.
- [4] Pawłowski J.: Podstawowe układy elektroniczne - Nieliniowe układy analogowe.
- [5] Golde W. : Układy elektroniczne, T.1.
- [6] Golde W. : Układy elektroniczne, T.2.
- [7] Golde W. : Wzmacniacze tranzystorowe.
- [8] Baranowski J.: Półprzewodnikowe układy impulsowe i cyfrowe.
- [9] Nowakowski W. : Podstawowe układy elektroniczne - Układy impulsowe.
- [10] Nadachowski M., Kulka Z. : Analogowe układy scalone.
- [11] Pieńkos J., Turczyński J.: Układy scalone TTL w systemach cyfrowych.
- [12] Marciniak W. : Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone.
- [13] Rajski C.: Teoria obwodów, T.1.
- [14] P.H.Garret - Układy analogowe w systemach cyfrowych.
- [15] W .Golde, L.Śliwa - Wzmacniacze operacyjne i ich zastosowania
Cz.1- Podstawy teoretyczne.
- [16] Z .Kulka, M.Nadachowski - Wzmacniacze operacyjne i ich zastosowania.
Cz.2- Realizacje praktyczne.
- [17] J.Eimbinder - Zastosowanie układów scalonych liniowych.
- [18] M.Łakomy, J.Zabrodzki - Scalone przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe.
- [19] G.Sahner - Wstęp do miernictwa cyfrowego.
- [20] Katalog firmy MAXIM.
- [21] Katalog firmy National Semiconductors.
- [22] Katalog firmy National Semiconductors.

ĆWICZENIE NR 1/2

BADANIE WŁASNOŚCI DIOD PÓŁPRZEWODNIKOWYCH

Liczba godzin: 4

Celem pierwszej części ćwiczenia jest praktyczne poznanie charakterystyk prądowo-napięciowych czterech rodzajów diod półprzewodnikowych: prostowniczej, stabilizacyjnej (Zenera), świecącej (LED) oraz diody Shockleya. Celem drugiej części ćwiczenia jest zbadanie działania niektórych układów zbudowanych z użyciem diod półprzewodnikowych. Badane będą następujące układy:

- prostownik jednopołówkowy z obciążeniem rezystancyjnym,
- prostownik jednopołówkowy z obciążeniem rezystancyjno-pojemnościowym,
- diodowy ogranicznik napięcia,
- układ przylegania.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- zasilacz laboratoryjny,
- multimetr cyfrowy,
- odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Zasada działania, podstawowe układy pracy i teoretyczne charakterystyki prądowo-napięciowe badanych diod.
2. Zaproponować układy pomiarowe do zdejmowania odpowiednich charakterystyk.
3. Obliczyć lub oszacować wartości elementów zewnętrznych, niezbędnych do zbudowania układu pomiarowego.

Konspekt ćwiczenia

Część I

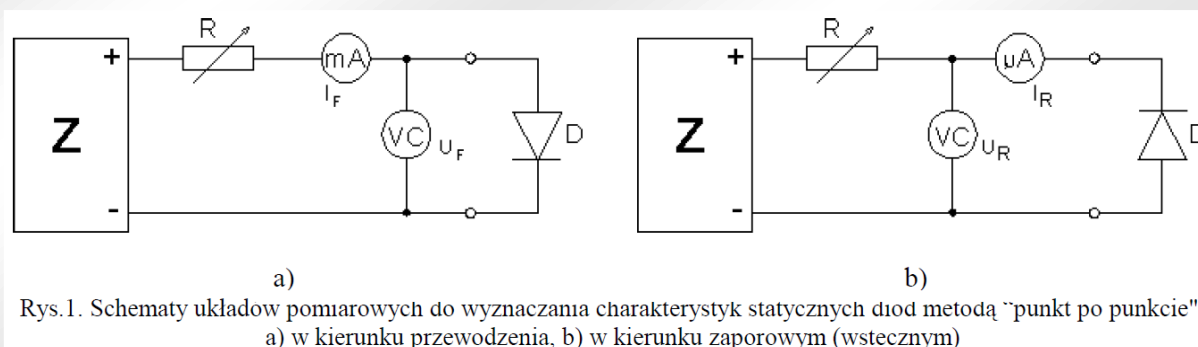
1. Zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową diody prostowniczej:

- krzemowej,
- świecącej (LED),
- Schottky'ego

Wyznaczanie charakterystyk statycznych diod metodą "punkt po punkcie". Najprostszą metodą wyznaczania charakterystyk statycznych diod jest metoda "punkt po punkcie". Metoda ta jest czasochłonna i nie pozwala na wyznaczanie charakterystyk statycznych w dużym zakresie prądów i napięć, ponieważ dioda się nagrzewa i otrzymywane charakterystyki są nie tylko funkcją jej właściwości elektrycznych, ale również temperatury.

Pomiar powinien być więc wykonany możliwie szybko i przy wartościach prądów i napięć znacznie niższych od dopuszczalnych. Zaletą metody jest stosunkowo duża dokładność.

Podstawowe układy do wyznaczania charakterystyk statycznych diod metodą "punkt po punkcie" przedstawiono na rys.1.



2. Porównać obie charakterystyki.

Pierwszy z przedstawionych układów, jest układem do pomiaru małych rezystancji (dokładny pomiar napięcia na diodzie) i może być wykorzystany do wyznaczania charakterystyk diod w kierunku przewodzenia, gdy prąd diody jest znacznie większy niż prąd woltomierza. Drugi układ służy do pomiaru dużych rezystancji (dokładny pomiar prądu) i wykorzystywany jest do zdejmowania charakterystyki wstecznej diody.

Na rys 2 przedstawiono schemat ideowy badanego układu do pomiaru napięcia na diodzie i prądu diody metodą pośrednią

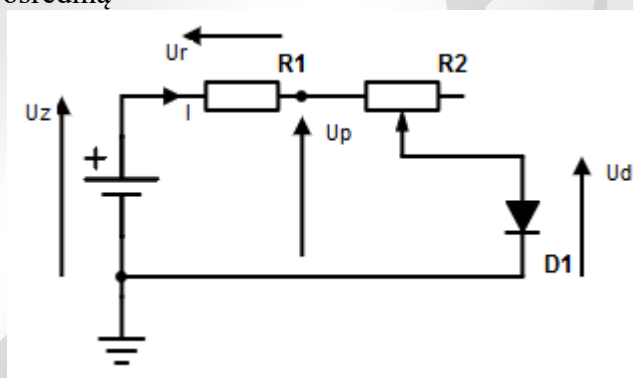
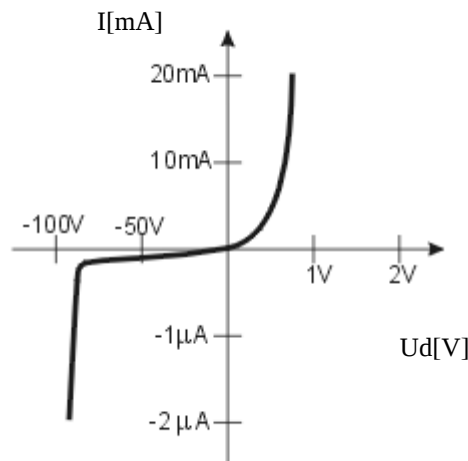


Tabela 1. Wartości pomiaru prądu i napięć z Rys. 2.

l.p.	U_z	U_p	$U_z - U_p$	$\frac{U_z - U_p}{R}$	U_d
	[V]	[V]	[V]	[mA]	[V]
1					
2					
3					
4					
5					



Rys. 3. Przykładowa charakterystyka prądowo napięciowa badanego układu

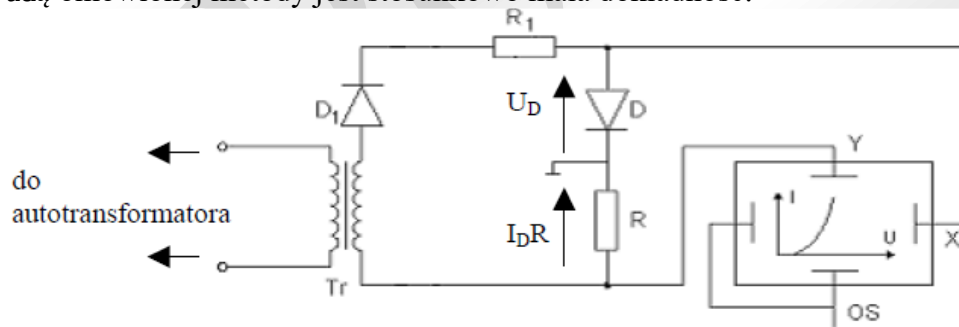
Uwaga! Zastanowić się nad sposobem pomiaru charakterystyk diody stabilizacyjnej. Których schematów pomiarowych należy użyć do zdjęcia poszczególnych odcinków charakterystyki prądowo – napięciowej diody Zenera?

Wyznaczanie charakterystyk statycznych diod metodą oscyloskopową.

Zalety metody oscyloskopowej:

- możliwa jest obserwacja małych nieregularności charakterystyki, które mogłyby być pominięte (przeoczone) w metodzie "punkt po punkcie",
- przy małym współczynniku wypełnienia impulsów napięcia i prądu badany element nagrzewa się nieznacznie, a charakterystyka wiernie odzwierciedla zachowanie się elementu w określonej temperaturze otoczenia,
- całą charakterystykę (rodzinę charakterystyk) można zapisać do pamięci komputera, współpracującego z oscyloskopem cyfrowym lub zapisać rejestratorem X-Y.

Wadą omówionej metody jest stosunkowo mała dokładność.



Rys. 2. Przykładowy schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyk statycznych diod metodą oscyloskopową.

Przy wyznaczaniu charakterystyk prądowo-napięciowych metodą oscyloskopową diody zasilane są ze źródła napięcia zmiennego niskiej częstotliwości. W najprostszym przypadku może to być obniżone napięcie sieci energetycznej. Spadek napięcia na diodzie D jest doprowadzony do wejścia X oscyloskopu, natomiast spadek napięcia na rezystorze U_D

proporcjonalny do prądu płynącego przez diodę - do wejścia Y. Ponieważ w tym układzie spadek napięcia na rezystorze R ma kierunek przeciwny (potencjał masy na katodzie) do spadku napięcia na diodzie, należy zmienić jego znak (opcja *invert* dla kanału Y). Zależnie od kierunku włączenia diody pomocniczej D_1 uzyskuje się: charakterystykę w kierunku

przewodzenia (włączenie D_1 jak na rys.2), charakterystykę w kierunku zaporowym (D_1 włączona przeciwnie) lub pełną charakterystykę diody (bez diody D_1). Rezystor R_1 ogranicza wartość prądu i powinien być dobierany w zależności od parametrów badanej diody.

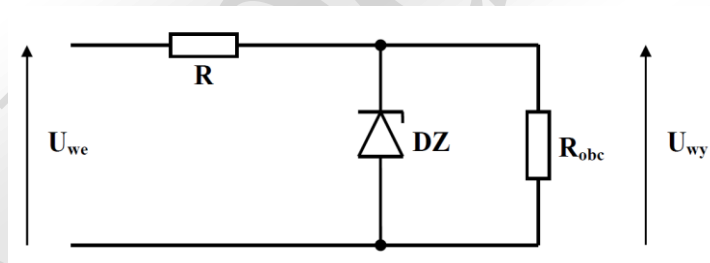
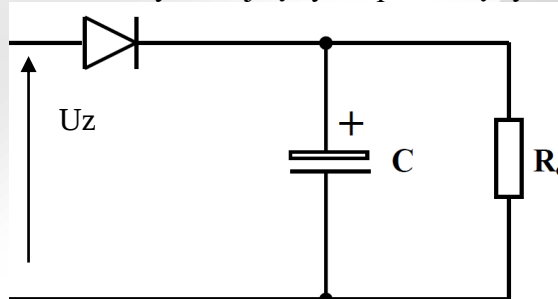
3. Zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową diody krzemowej.
4. Zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową diody LED
5. Zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową diody Schottky'ego

6. Porównać charakterystyki.

7. Przeanalizować otrzymane wyniki i wyciągnąć wnioski.

Część II

1. Zaprojektować, zmontować i zaobserwować działanie układów prostownika jednopółkowego z obciążeniem rezystancyjnym i rezystancyjno-pojemnościowym przy pobudzeniu sygnałem sinusoidalnym, trójkątnym i prostokątnym.



2. Zaobserwować wpływ częstotliwości sygnału wejściowego na kształt przebiegu wyjściowego.
3. Dla układu prostownika z obciążeniem rezystancyjnym oszacować sprawność napięciową i energetyczną oraz współczynnik tętnień.
4. Zaobserwować i przerysować do sprawozdania przebiegi na wejściu i wyjściu układu przylegania oraz ogranicznika przy wysterowaniu sygnałem o różnym kształcie (sinusoida, prostokąt, trójkąt) i częstotliwości.
5. Jakie warunki muszą być spełnione, aby działanie powyższych układów było zbliżone do działania układów idealnych? Omówić wpływ parametrów rzeczywistych elementów na kształt przebiegów wyjściowych.

Zalecana literatura

[1], [2], [5], [12].

ĆWICZENIE NR 3

BADANIE WŁASNOŚCI TRANZYSTORÓW BIPOLARNYCH

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest dokonanie pomiarów niektórych parametrów tranzystora bipolarnego (I_B , U_{BE}) i obliczenie współczynnika β_0 .

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- zasilacz laboratoryjny,
- multimetr cyfrowy,
- zestaw modułów laboratoryjnych (EL-1, RC, PRC),
- odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Zapoznać się z budową modułu EL-1.
2. Podstawowe parametry i charakterystyki prądowo-napięciowe tranzystora bipolarnego.
3. Podstawowe układy polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora bipolarnego:
 - z zasilaniem stałym prądem bazy,
 - z ujemnym sprzężeniem zwrotnym prądowym-szeregowym,
 - z zasilaniem stałym prądem emitera.
4. Obliczanie wartości elementów w układach polaryzacji tranzystora bipolarnego.

Konspekt ćwiczenia

1. Dokonać pomiaru napięcia U_{BE} badanego tranzystora dla trzech różnych wartości prądu I_E (0.3mA, 1mA, 3mA).
2. Określić pośrednio prąd bazy I_B badanego tranzystora (mierząc napięcie U_R i dokonując odpowiednich obliczeń) dla trzech wartości prądu I_E (0.3mA, 1mA, 3mA).
3. Znając wartości prądu bazy I_B i kolektora I_C obliczyć wartość współczynnika β_0 .
4. Wykreślić następujące zależności $\beta_0(I_C)$ oraz $I_B(U_{BE})$.
5. Przeanalizować otrzymane wyniki i wyciągnąć wnioski.
6. Dla tranzystora badanego w I części ćwiczenia zaprojektować badane układy polaryzacji tak, aby we wszystkich trzech otrzymać wybrany punkt pracy (należy wybrać taki punkt pracy, aby można go było zrealizować w układzie do pomiaru I_B i U_{BE}). Do obliczeń użyć znalezionych wcześniej wartości I_B oraz U_{BE} w danym punkcie pracy tranzystora.

7. Wstawić do modułu obliczone wartości brakujących elementów dla poszczególnych układów polaryzacji i sprawdzić poprawność projektu.
8. W przypadku każdego układu polaryzacji dokonać zmiany tranzystora, pracującego w tym układzie i zmierzyć ponownie jego punkt pracy (najlepiej sprawdzić to dla kilku różnych typów tranzystorów).
9. Przeanalizować otrzymane wyniki i wyciągnąć wnioski.

Zalecana literatura

[1], [2], [3], [5], [7], [10]

Moduł laboratoryjny EL-1

Funkcja modułu

Moduł EL-1 zawiera dwa układy pomiarowe. Pierwszy służy do pomiaru napięcia baza-emiter U_{BE} tranzystora bipolarnego oraz do pośredniego pomiaru współczynnika β_0 tego tranzystora. Drugi układ pomiarowy pozwala zrealizować trzy następujące układy polaryzacji tranzystora:

- z zasilaniem stałym prądem bazy;
- z ujemnym sprzężeniem zwrotnym (z opornikiem w emiterze);
- z zasilaniem stałym prądem emitera przy wykorzystaniu źródła prądowego w emiterze.

Struktura modułu

Układ do pomiaru parametrów tranzystora (U_{BE} , β_0) znajduje się w górnej części modułu, a układ realizujący polaryzację tranzystora w jego dolnej części. Tranzystor badany może być jednym z zamontowanych na module (T1, T2 – wchodzi w skład układu scalonego UL1111) lub wziętym z zewnątrz (dowolny tranzystor małej mocy typu npn). W obu przypadkach badany tranzystor należy przyłączyć do gniazd (pinów) oznaczonych na module symbolem T. Dotyczy to obu układów pomiarowych.

Układ do pomiaru parametrów badanego tranzystora T umożliwia – rys. 1:

- wymuszenie na kolektorze tranzystora jednego z trzech napięć (2,5V, 5V, 7,5V) – zwierając odpowiednie piny. Napięcie $U_C = U_{CC} = U_{CE}$ (ponieważ potencjał emitera badanego tranzystora jest prawie równy zeru. Wymuszenie potencjału zerowego emitera jest cechą charakterystyczną tego układu i wynika z jego konstrukcji. Pozwala to ułatwić i skrócić potrzebne pomiary);
- wymuszenie jednej z trzech wartości prądu emitera (0,3 mA, 1 mA, 3 mA) za pomocą źródła prądowego – zwierając odpowiednie piny;
- bezpośredni pomiar napięcia U_{BE} w punkcie B ($U_{BE} = U_B$);
- pośrednie określenie prądu bazy I_B na podstawie pomiaru napięcia U_R na precyzyjnym oporniku $R = 100k\Omega$;
- określenie współczynnika β_0 na podstawie znajomości prądu bazy oraz prądu kolektora.

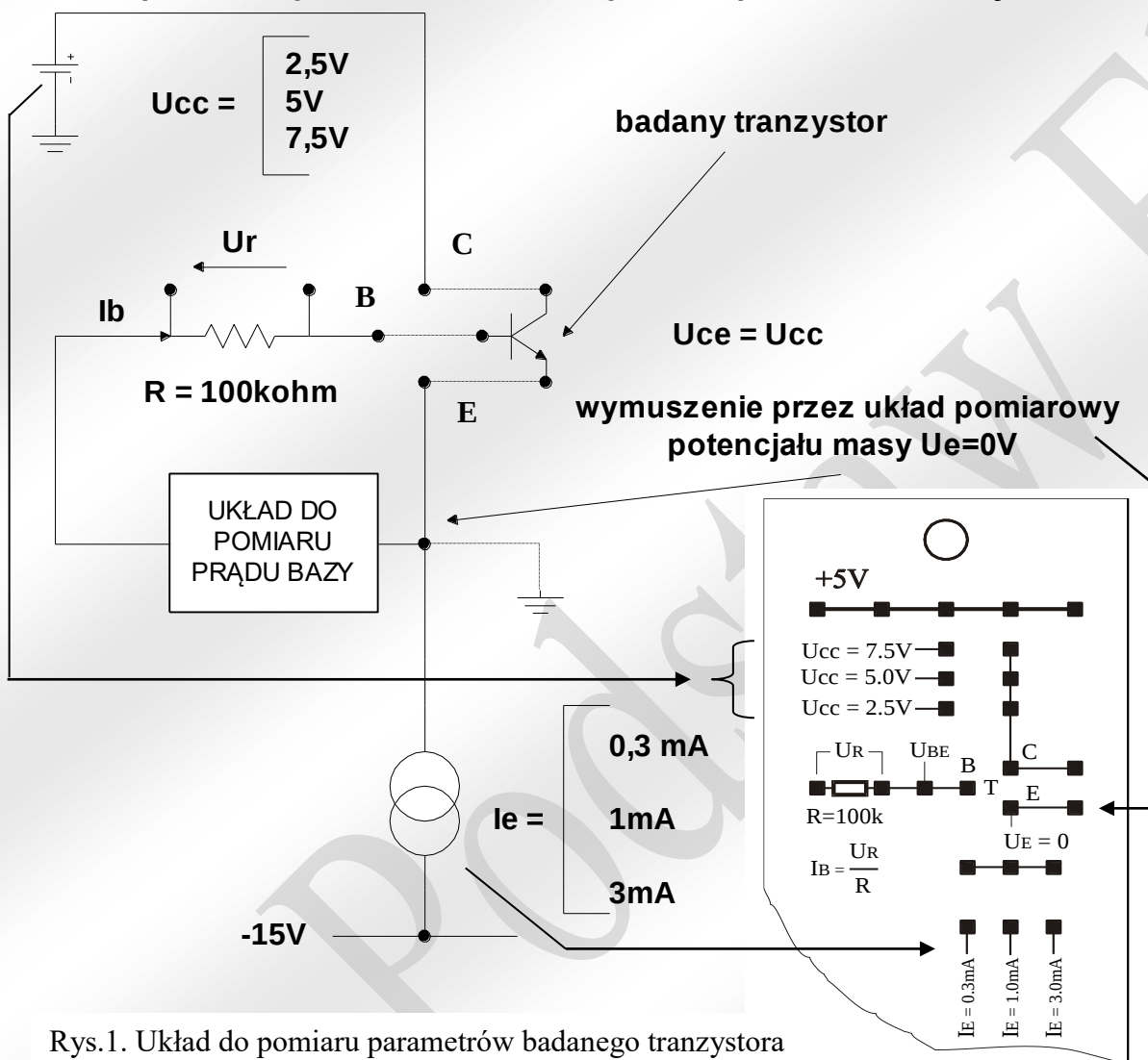
Drugi układ pomiarowy umożliwia zrealizowanie różnych układów polaryzacji tranzystora T oraz zbadanie ich wpływu na stabilność punktu pracy badanego tranzystora. Do pinów na module wstawia się obliczone wcześniej wartości rezystorów tak, aby otrzymać wymagany punkt pracy. Po zmontowaniu układu polaryzacji należy zmierzyć prąd kolektora oraz napięcie kolektor-emiter. Po zmianie tranzystora i ponownych pomiarach można określić stabilizację punktu pracy.

Zasilanie modułu

Moduł wymaga zasilania +5V (z ramy systemowej), +15V, -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.

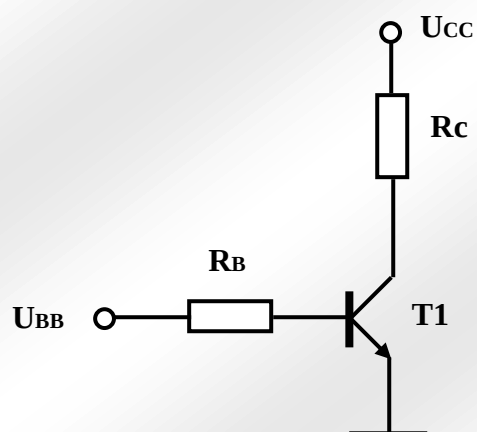
Schematy układów pomiarowych

Uproszczony schemat układu do pomiaru parametrów tranzystora

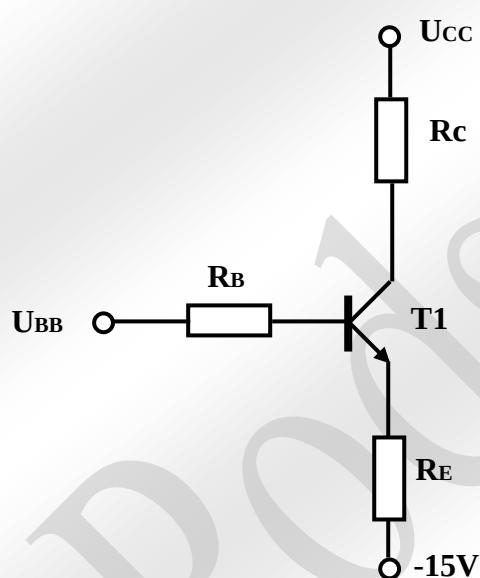


Rys.1. Układ do pomiaru parametrów badanego tranzystora

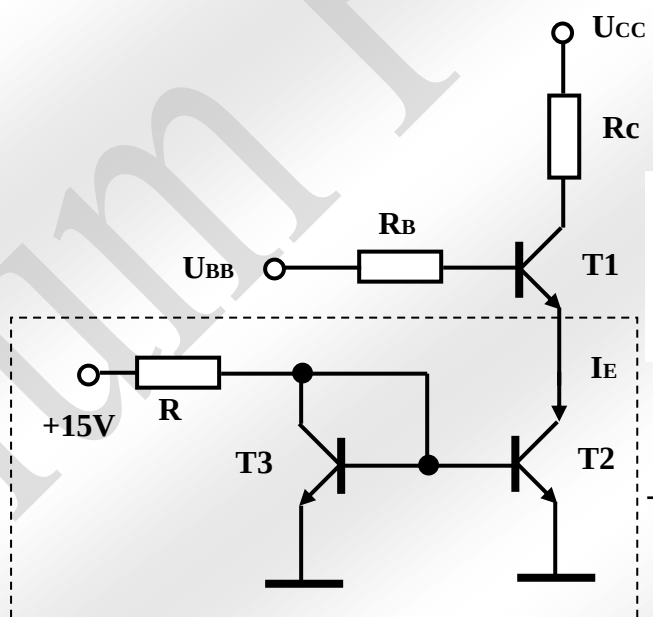
Schematy badanych układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora



Układ zasilany stałym prądem bazy



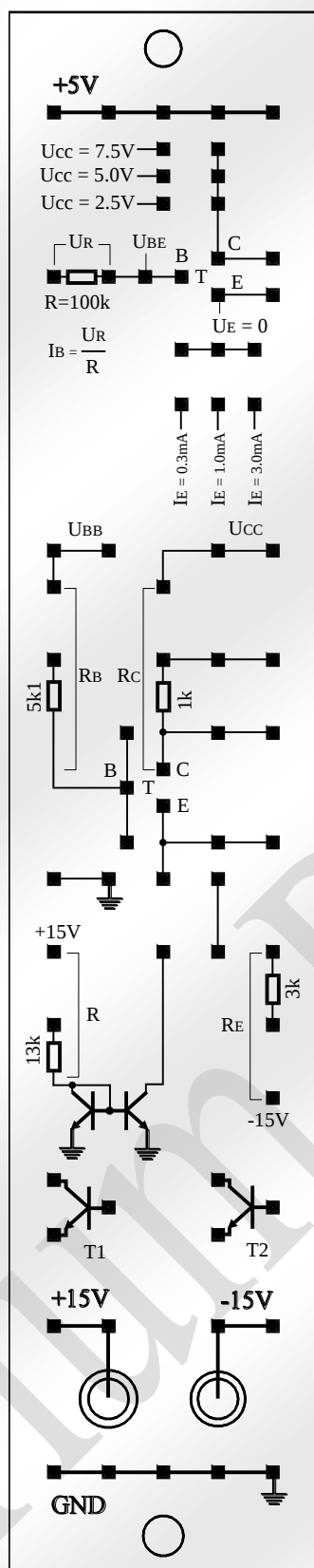
Układ z ujemnym sprzężeniem zwrotnym prądowym-szeregowym



Układ zasilany stałym prądem emitera (źródło prądowe w emiterze)

Źródło prądowe

Widok modułu laboratoryjnego



Układ do pomiaru parametrów badanego tranzystora

Układy pomiarowy umożliwiające zrealizowanie różnych układów polaryzacji tranzystora T oraz zbadanie ich wpływu na stabilność punktu pracy badanego tranzystora

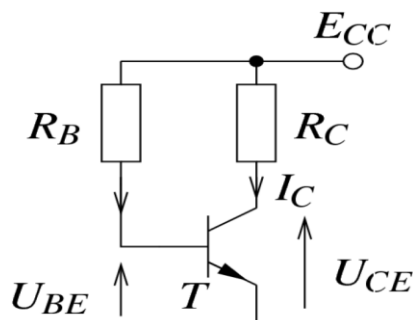
Badane tranzystory

ĆWICZENIE NR 4

Tranzystor - punkt pracy

Celem ćwiczenia jest poznanie własności podstawowych układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora bipolarnego oraz umożliwienie sprawdzenia umiejętności obliczania układów polaryzacji tranzystora.

Układ stabilizacji punktu pracy ze stałym prądem bazy ($E_{CC}=10V$, $R_B=280k\Omega$, $R_C=2k\Omega$, $\beta=100$, $U_{BEP}=0,7V$):



$$I_B = (E_{CC} - U_{BEP}) / R_B = (10V - 0,7V) / 280k\Omega \approx 33\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \cdot 33\mu A \approx 3,3mA$$

$$U_{CE} = E_{CC} - R_C I_C = 10V - 2k\Omega \cdot 3,3mA = 3,4V$$

A co byliby, gdyby użyc tranzystora o $\beta=150$?

$$I_C = \beta I_B = 150 \cdot 33\mu A \approx 4,95mA$$

$$U_{CE} = E_{CC} - R_C I_C = 10V - 2k\Omega \cdot 4,95mA = 0,1V < U_{CEsat}$$

Tranzystor będzie więc nasycony:

$$U_{CE} = U_{CEsat} = 0,2V$$

$$I_C = \frac{E_{CC} - U_{CEsat}}{R_C} = 4,9mA$$

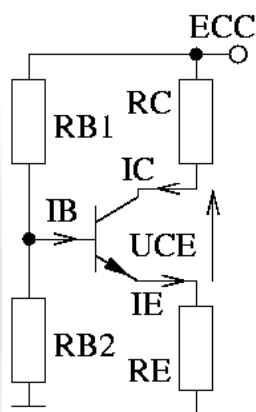
I wzmacniacz nie będzie działał.

WNIOSEK: Układ ten jest wrażliwy na zmiany parametru β

Zmieniając wartość R_B ustalamy napięcie U_{CE} na $0,5 \cdot E_{CC} = 5V$.

W sprawozdaniu odnotowujemy wartość rezystancji R_B i wzmacnienia prądowego β dla R_C $1k\Omega$, $2k\Omega$ i $10k\Omega$.

Poniższy układ pomiarowy pozwoli na zmniejszenie wpływu parametru β na punkt pracy tranzystora



Zmieniając wartość R_B ustalamy napięcie U_{CE} na $0.5 \cdot E_{CC} = 5V$.
W sprawozdaniu odnotowujemy wartość rezystancji R_{B1} dla R_C $1k\Omega$, $2k\Omega$, $10k\Omega$ dla R_E $0.1k\Omega$, $1k\Omega$

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- * zasilacz laboratoryjny,
- * multimetr cyfrowy,
- * zestaw modułów laboratoryjnych (EL-1, RC, PRC),
- * odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Zapoznać się z budową modułu EL-1.
2. Podstawowe układy polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora bipolarnego:
 - z zasilaniem stałym prądem bazy,
 - z ujemnym sprzężeniem zwrotnym prądowym-szeregowym,
 - z zasilaniem stałym prądem emitera.
3. Obliczanie wartości elementów w układach polaryzacji tranzystora bipolarnego.

Konspekt ćwiczenia

1. Dla tranzystora badanego w I części ćwiczenia zaprojektować badane układy polaryzacji tak, aby we wszystkich trzech otrzymać wybrany punkt pracy. Do obliczeń użyć znalezionych wcześniej wartości R_B oraz wzmacnienia prądowego β w danym punkcie pracy tranzystora.
2. Wstawić do modułu obliczone wartości brakujących elementów dla poszczególnych układów polaryzacji i sprawdzić poprawność projektu.
4. Przeanalizować otrzymane wyniki z uzyskanymi w programie LTSpice i wyciągnąć wnioski.

Zalecana literatura

[1], [2], [3], [5], [7], [10]

Dane:

$$R_E = 0.2[k\Omega]$$

$$R_C = 2[k\Omega]$$

$$R_{B1} = 200[k\Omega]$$

$$R_{B2} = 100[k\Omega]$$

$$E_{CC} = 10[V]$$

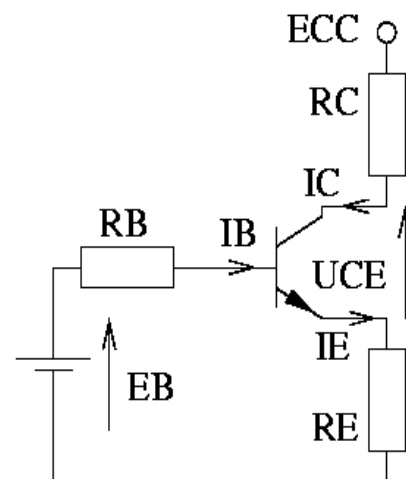
$$\beta = 100[A/A]$$

$$U_{BE} = 0.7[V]$$

W pierwszym kroku obliczeń przekształcamy dzielnik bazowy do postaci zastępczego źródła napięciowego E_B o rezystancji wyjściowej R_B

$$E_B = E_{CC} \cdot R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) = 3.333[V]$$

$$R_B = R_{B1} \cdot R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) = 66.67[k\Omega]$$



Zakładamy, że tranzystor przewodzi (jest aktywny lub nasycony), wtedy możemy obliczyć prąd emitera z równania:

$$E_B = R_B \cdot I_B + U_{BE} + R_E \cdot I_E$$

$$E_B = R_B \cdot I_E / (\beta + 1) + U_{BE} + R_E \cdot I_E$$

$$I_E = (E_B - U_{BE}) / (R_B / (\beta + 1) + R_E) = 3.062[mA]$$

Ponieważ prąd emitera jest dodatni, tranzystor jest aktywny lub nasycony.

Na początek zakładamy, że jest on aktywny, wówczas spełnione są zależności:

$$I_C = \beta \cdot I_B = \beta / (\beta + 1) \cdot I_E = 3.031[mA]$$

$$U_{CE} = E_{CC} - R_C \cdot I_C - R_E \cdot I_E = 3.325[V]$$

Ponieważ $U_{CE} > U_{CEsat}$, tranzystor jest rzeczywiście aktywny i obliczony punkt pracy jest poprawny.

Możemy jeszcze dodatkowo wyznaczyć prąd bazy:

$$I_B = I_E / (\beta + 1) = 0.03031[mA]$$

i napięcia na poszczególnych elektrodach tranzystora:

$$U_C = E_{CC} - R_C \cdot I_C = 3.937[V]$$

$$U_E = R_E \cdot I_E = 0.6124[V]$$

$$U_B = U_E + U_{BE} = 1.312[V]$$

ĆWICZENIE NR 5

Badanie charakterystyki wzmacniacza tranzystorowego w układzie WE

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych własności jednostopniowego wzmacniacza z tranzystorem bipolarnym oraz zilustrowanie związków między podstawowymi parametrami roboczymi (wzmocnienie, pasmo) tranzystorowego wzmacniacza małych sygnałów, a parametrami elementów układu.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- zasilacz laboratoryjny,
- oscyloskop dwukanałowy,
- multimetr cyfrowy,
- generator sinusoidalny,
- zestaw modułów laboratoryjnych (EL-2, EL-6, RC, PRC, GN),
- odpowiednie przewody.

Zagadnienia

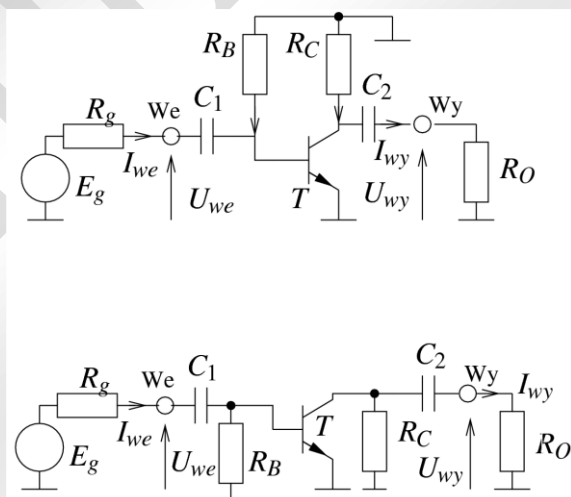
1. Zapoznać się z budową modułów EL-2.
2. Metody obliczania wzmacniaczy tranzystorowych (wzmocnienie napięciowe, dolna i górna częstotliwość graniczna).
3. Sposoby obliczania punktu pracy tranzystora.

Konspekt ćwiczenia

1. Obejrzeć na ekranie oscyloskopu i przerysować do sprawozdania charakterystykę przejściową $u_{wy} = f(u_{we1})$ elementarnego układu wzmacniającego w konfiguracji WE.

3. Zmierzyć wzmocnienie napięciowe ku badanego układu (po wmontowaniu do modułu elementów o obliczonych wcześniej wartościach) i porównać wynik pomiaru z założoną wartością wzmocnienia.

5. Zaobserwować na oscyloskopie zniekształcenia sygnału wyjściowego, wynikające z przesterowania wzmacniacza (powstające wskutek podania na jego wejście sygnału o zbyt dużej amplitudzie).



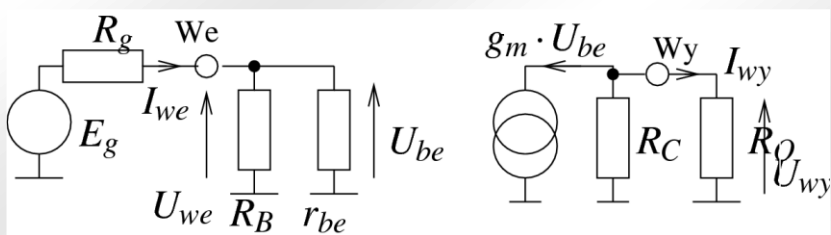
Zalecana literatura

[1], [2], [3], [5], [7]

Schemat układu wzmacniacza dla składowej zmiennej.

Idealne źródło napięciowe o stałej wartości przy analizie małosygnałowej staje się zwarcie. Idealne źródło prądowe o stałej wartości przy analizie małosygnałowej staje się rozwarciem.

Analizując układ dla "średnich częstotliwości" przyjmujemy dodatkowo uproszczenie, że pojemności zewnętrzne stanowią zwarcie dla składowej zmiennej, w związku z czym uzyskujemy następujący schemat zastępczy wzmacniacza:



Moduł laboratoryjny EL-2

Funkcja modułu

Moduł EL-2 zawiera dwa badane układy:

- elementarny układ wzmacniający z tranzystorem bipolarnym w układzie wspólnego emitera WE (klucz tranzystorowy);
- jednostopniowy wzmacniacz pasmowy.

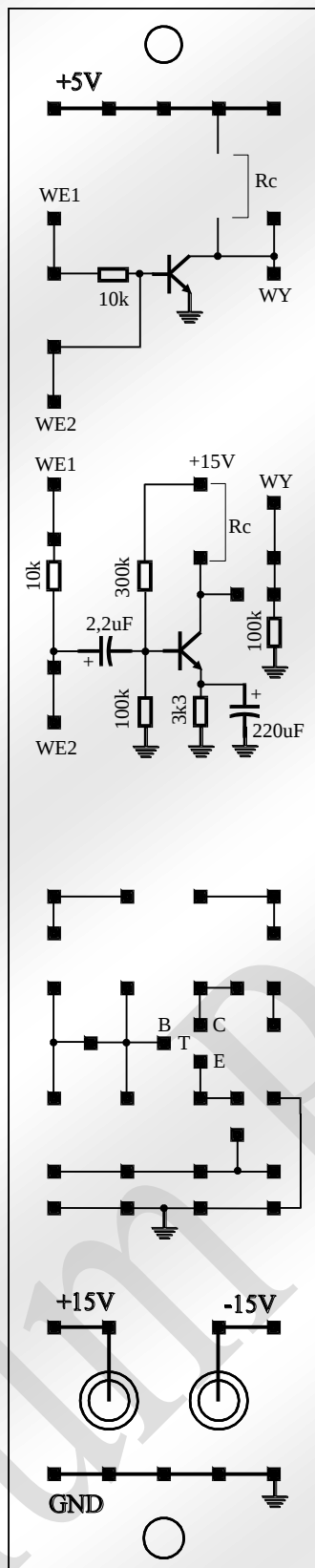
Pierwszy układ służy do obserwacji charakterystyki przejściowej. Drugi do syntezy układu o określonym wzmacnieniu i dolnej częstotliwości granicznej oraz do pomiaru pasma przenoszenia wzmacniacza.

Struktura modułu

Elementarny układ wzmacniający składa się z tranzystora T, opornika kolektorowego RC (opornik RC nie jest zamontowany na stałe w module – odpowiednią wartość trzeba wstawić między wolne piny) oraz opornika RB w bazie.

Układ wzmacniacza pasmowego jest klasycznym układem WE z opornikiem w emiterze (zablokowanym kondensatorem CE) i potencjometrycznym zasilaniem bazy. Opornik RC i kondensator wyjściowy należy wstawić do modułu po obliczeniu ich wartości

Moduł EL-2 zawiera ponadto zespół odpowiednio połączonych pinów, co stanowi uniwersalne podłoże do dowolnego wykorzystania, np. do innego, niż zalecane w ćwiczeniu, połączenia tranzystora, do indywidualnych prób, itp.



Elementarny układ wzmacniający z tranzystorem bipolarnym w układzie wspólnego emitera WE (klucz tranzystorowy)

Jednostopniowy wzmacniacz pasmowy

Zespół odpowiednio połączonych pinów, stanowiący uniwersalne podłoże do budowy innych, niż zadane w ćwiczeniu, połączeń tranzystora (np. do indywidualnych prób, dalszej rozbudowy ćwiczeń laboratoryjnych itp.)

ĆWICZENIE NR 6

PODSTAWOWE UKŁADY PRACY WZMACNIACZY OPERACYJNYCH

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych układów pracy wzmacniaczy operacyjnych oraz zbadanie ich wybranych parametrów w różnych warunkach pracy.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- zasilacz laboratoryjny,
- multimetr cyfrowy,
- oscyloskop,
- generator funkcyjny,
- zestaw modułów laboratoryjnych (OA-1, OA-2, PRC, RC),
- odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Właściwości idealnego wzmacniacza operacyjnego i komparatora.
2. Podstawowe układy pracy wzmacniaczy operacyjnych (wzmacniacz odwracający, wzmacniacz nieodwracający, wtórnik napięciowy, wzmacniacz różnicowy, wzmacniacz sumujący) oraz zależności U_{wyj} od U_{wej} dla w /w układów.
3. Właściwości rzeczywistego wzmacniacza operacyjnego (wzmocnienie napięciowe z otwartą pętlą, wejściowe napięcie niezrównoważenia, wejściowe prądy polaryzacyjne, rezystancja wejściowa i wyjściowa, pasmo w pętli otwartej, szybkość zmian napięcia wyjściowego).
4. Kompensacja częstotliwościowa wzmacniacza operacyjnego.
5. Wzmacniacze z kompensacją wewnętrzną i zewnętrzną.

Konspekt ćwiczenia

1. Zmontować układ wzmacniacza odwracającego wykorzystując układ uA741. Rezystory dobrać w zależności od wartości wzmocnienia układu podanej przez prowadzącego ćwiczenie. Sprawdzić rzeczywiste wzmocnienie układu dla napięcia stałego oraz podanych przez prowadzącego wartości częstotliwości sygnału sinusoidalnego. Wyniki podać w formie tabeli i krótko omówić.
2. Powtórzyć zadanie 1 dla układu nieodwracającego wykorzystującego układ LM301.

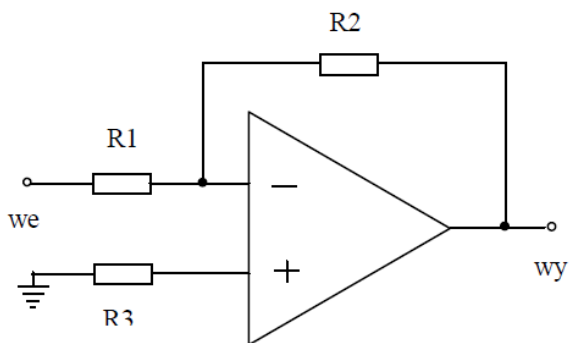
Zalecana literatura

[10], [14], [15], [16], [17]

Badane układy:

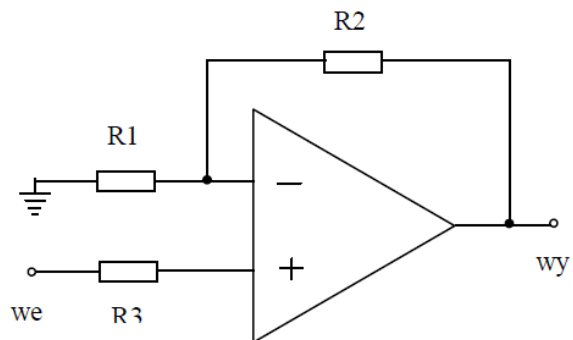
a) Wzmacniacz odwracający:

$$k_u = -\frac{R_2}{R_1}$$



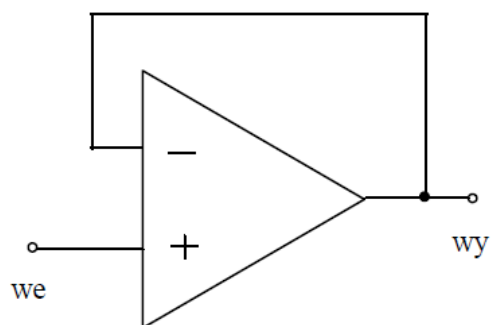
b) Wzmacniacz nieodwracający:

$$k_u = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



c) Wtórnik napięciowy

$$k_u = 1$$



Moduł laboratoryjny OA-1

Funkcja modułu

Moduł udostępnia dwa rodzaje bipolarnych wzmacniaczy operacyjnych. Został zaprojektowany tak, że dostępne są wszystkie własności funkcjonalne obu układów scalonych. Pozwala to na zastosowanie dowolnych układów aplikacyjnych.

Struktura modułu

Moduł zawiera dwa wzmacniacze operacyjne. Wzmacniacz operacyjny LM301A jest bipolarnym, szerokopasmowym wzmacniaczem z zewnętrzną kompensacją częstotliwościową. Zaletą tego układu jest możliwość zastosowania zarówno bardzo prostej kompensacji (pojedynczy kondensator) jak i kompensacji rozbudowanej (co obejmuje wszystkie ważniejsze metody).

Wzmacniacz operacyjny uA741 posiada wewnętrzną kompensację częstotliwości oraz wyprowadzenia do zewnętrznej kompensacji napięcia niezrównoważenia.

Układy są zasilane bipolarnym napięciem $\pm 15\text{ V}$ poprzez diody zabezpieczające przed odwrotną polaryzacją tego napięcia. Do każdego układu dołączone są kondensatory ceramiczne, zapewniające skuteczne zabezpieczenie przed zakłóceniami indukowanymi w przewodach zasilania. Dodatkowo wyjście każdego układu jest zabezpieczone szeregowym rezystorem 51Ω .

Zasilanie układów (oznaczane jako $+15\text{ V}$ oraz -15 V) może się zmieniać w dosyć szerokich granicach, od ok. $\pm 4.5\text{ V}$ do $\pm 18\text{ V}$, lecz podana wartość jest typowa i jako taka zalecana. Pozwala to na łatwe i bezpośrednie wykorzystanie danych katalogowych układów.

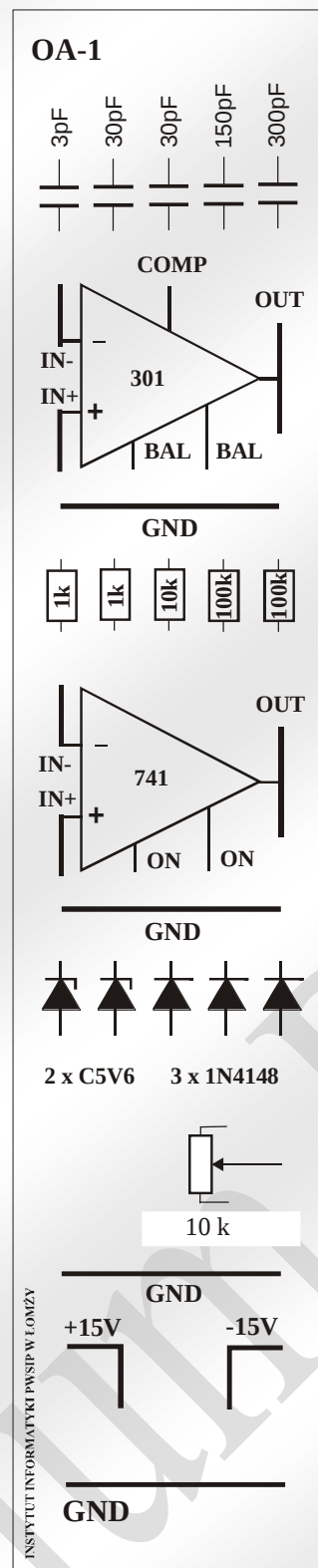
W module znajdują się także:

- a) kondensatory : 3, 30, 50, 150, 300pF,
- b) rezystory : $1\text{k}\Omega$ -2x, $10\text{k}\Omega$ -2x, $100\text{k}\Omega$,
- c) potencjometr : $10\text{k}\Omega$,
- d) diody Zenera : 5.6V -2x,
- e) diody przełączające : 1N4148-3x.

Zasilanie modułu

Moduł wymaga zasilania $+15\text{V}$ i -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.

Widok modułu laboratoryjnego



Moduł laboratoryjny OA-2

Funkcja modułu

Moduł udostępnia trzy rodzaje wzmacniaczy operacyjnych: typu BIFET, typu CMOS, oraz bipolarny z zasilaniem unipolarnym. Dodatkowo udostępnia podstawkę typu DIL-8. Moduł OA-2 został zaprojektowany tak, że dostępne są wszystkie własności funkcjonalne układów scalonych. Pozwala to na zastosowanie dowolnych układów aplikacyjnych.

Dla układu TLC271 jest możliwość skokowej regulacji wartości prądu polaryzacji. Wykonywane jest to poprzez łączenie wyprowadzenia BIAS SELECT (nr 8) z potencjałami +5V, +2.5V lub 0V. Połączenie zgodne ze zworą L1 (0V) wymusza duży prąd polaryzacji układu. Jest to wartość zalecana do typowych zastosowań.

Struktura modułu

Moduł zawiera trzy wzmacniacze operacyjne. Układy są zasilane bipolarnym napięciem ± 15 V poprzez diody zabezpieczające przed odwrotną polaryzacją tego napięcia. Do każdego układu dołączone są kondensatory ceramiczne zapewniające skuteczne zabezpieczenie przed zakłóceniami indukowanymi w przewodach zasilania.

Zasilanie układów (oznaczane jako +15 V oraz -15 V) może się zmieniać w dosyć szerokich granicach, od ok. ± 4.5 V do ± 18 V, lecz podana wartość jest typowa i jako taka zalecana. Pozwala to na łatwe i bezpośrednie wykorzystanie danych katalogowych układów.

Zasilanie unipolarne +5V jest pobierane z ramy systemu. Zastosowano zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją tego napięcia (dioda 1N4002). Odfiltrowanie zakłóceń zapewnia dławik L1 (100uH) wraz z kondensatorami 10pF i 0.1uF

Wzmacniacz operacyjny LF356 typu BIFET jest szerokopasmowym wzmacniaczem z wewnętrzną kompensacją częstotliwościową. Zaletą tego układu jest mały prąd polaryzacji wejścia oraz stabilna praca przy dużych obciążeniach pojemnościowych.

Wzmacniacz operacyjny TLC271 typu CMOS jest szerokopasmowym wzmacniaczem z wewnętrzną kompensacją częstotliwościową. Układ pozwala na wybór wartości prądu polaryzacji, czyli jest wzmacniaczem typu "programowanego". Układ jest zasilany napięciem unipolarnym $V_{cc}=5V$, pobieranym z ramy systemu.

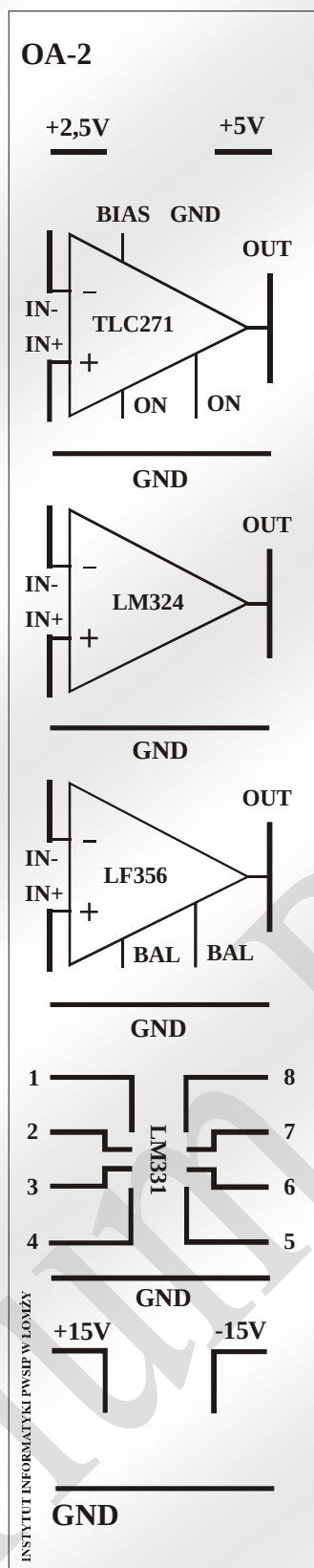
Wzmacniacz operacyjny LM324 jest bipolarnym układem o zasilaniu unipolarnym. W jednej obudowie znajdują się cztery identyczne struktury. Układ jest zasilany napięciem unipolarnym $V_{cc}=+5V$, pobieranym z ramy systemu.

W module dodatkowo znajduje się podstawka typu DIL-8, która pozwala na wykorzystanie innych układów scalonych.

Zasilanie modułu

Moduł wymaga zasilania +5V (z ramy systemowej), +15V i -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.

Widok modułu laboratoryjnego



ĆWICZENIE NR 7

WZMACNIACZ RÓŻNICOWY, SUMUJĄCY

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych układów pracy wzmacniacza operacyjnego w układach różnicowych i sumacyjnych napięć wejściowych.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- * zasilacz laboratoryjny,
- * multimetr cyfrowy,
- * oscyloskop,
- * generator funkcyjny,
- * zestaw modułów laboratoryjnych (OA-1, OA-2, PRC, RC),
- * odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Podstawowy układ pracy wzmacniacza różnicowego.
2. Sumowanie sygnałów z funkcją mnożenia przez odpowiednie stałe.

Konspekt ćwiczenia

1. Zmontować układ wzmacniacza różnicowego. Rezystory dobrać w zależności od wartości wzmocnienia układu podanej przez prowadzącego ćwiczenie. Sprawdzić rzeczywiste wzmocnienie układu dla napięcia stałego.

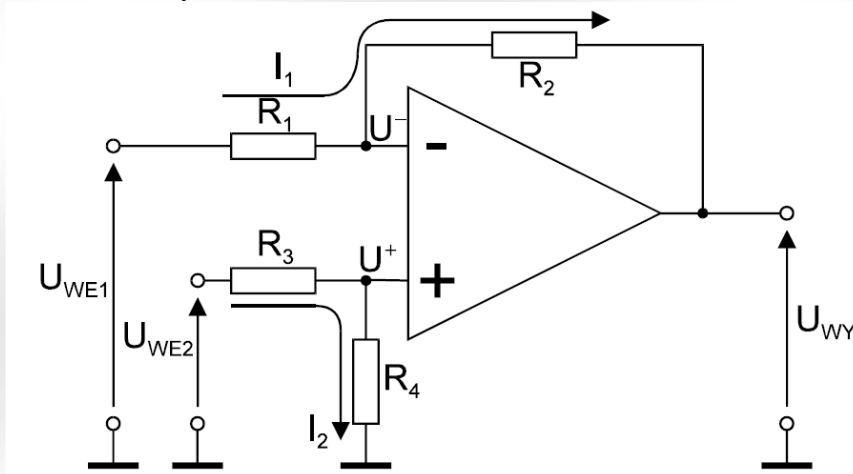
. Wyniki
podać w formie tabeli i krótko omówić.

2. Powtórzyć zadanie 1 dla układu sumującego.

Zalecana literatura

[10], [14], [15], [16], [17]

Badane układy:



Wzmacniacz różnicowy

$$\frac{U_{WE2} - U^+}{R_3} = \frac{U^+}{R_4}, \quad \frac{U_{WE1} - U^-}{R_1} = \frac{U^- - U_{WY}}{R_2}$$

i zakładając:

$$U^- = U^+$$

$$U_{WY} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) \frac{R_4}{R_1} \cdot U_{WE2} - \frac{R_2}{R_1} U_{WE1}$$

W większości przypadków we wzmacniaczu różnicowym stosuje się wartości rezystorów spełniające warunek:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$$

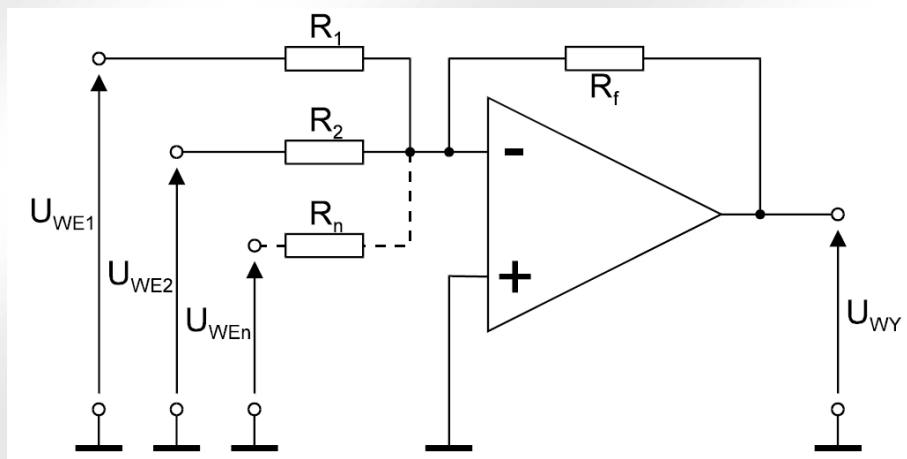
$$U_{WY} = \frac{R_2}{R_1} (U_{WE2} - U_{WE1})$$

Jeżeli założymy:

$$\frac{R_2}{R_1} = 1$$

$$U_{WY} = U_{WE2} - U_{WE1}$$

wzmacniacz różnicowy wzmacnia różnicę sygnałów wejściowych, natomiast sygnał wspólny ($U_{WE1} = U_{WE2}$) jest tłumiony.



Wzmacniacz sumujący

$$U_{wy} = -R_f \left(\frac{U_{we1}}{R_1} + \frac{U_{we2}}{R_2} + \dots + \frac{U_{wen}}{R_n} \right)$$

Stosując różne wartości rezystorów $R_1, R_2, \dots, R_n$ uzyskuje się różne wzmocnienia sygnałów dla poszczególnych wejść, czyli realizuje się dodatkowo funkcję mnożenia sygnałów wejściowych przez odpowiednie stałe.

Jeżeli $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R_f$ to:

$$U_{WY} = -(U_{WE1} + U_{WE2} + \dots + U_{WEn})$$

W praktyce między zacisk wejściowy „+” a masę włącza się rezystor o wartości równej rezystancji połączonych równolegle rezystorów $R_1, R_2, \dots, R_n, R_f$.

ĆWICZENIE NR 8

WZMACNIACZ CAŁKUJĄCY, RÓŻNICZKUJĄCY

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych układów pracy wzmacniacza operacyjnego w układach całkujących i różniczkujących napięć wejściowych.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- * zasilacz laboratoryjny,
- * multimetr cyfrowy,
- * oscyloskop,
- * generator funkcyjny,
- * zestaw modułów laboratoryjnych (OA-1, OA-2, PRC, RC), Moduł wymaga zasilania +5V (z ramy systemowej), +15V i -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.
- * odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Podstawowy układ pracy wzmacniacza operacyjnego całkującego i różniczkowego.
2. Stała czasowa całkowania i różniczkowania.

Konspekt ćwiczenia

1. Zmontować układ wzmacniacza całkującego. Rezystory i kondensator dobrać w zależności od wartości częstotliwości układu podanej przez prowadzącego ćwiczenie. Porównać rzeczywiste wartości stałych czasowych z teoretycznymi dla różnych wartości napięcia wejściowego.

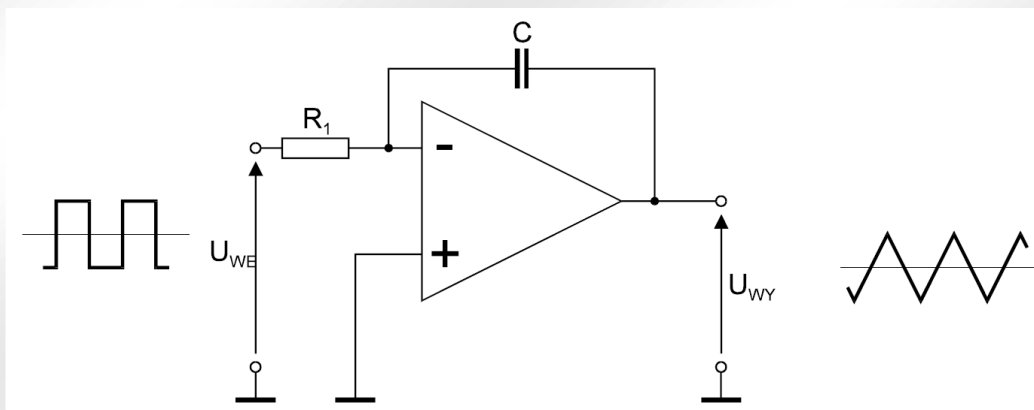
. Wyniki

przedstawić w formie przebiegów czasowych sygnału wejściowego i wyjściowego. Dokonać pomiaru stałych czasowych na podstawie dokonanych pomiarów i porównać z wartościami teoretycznymi.

2. Powtórzyć zadanie 1 dla układu różniczkującego.

Zalecana literatura

[10], [14], [15], [16], [17]



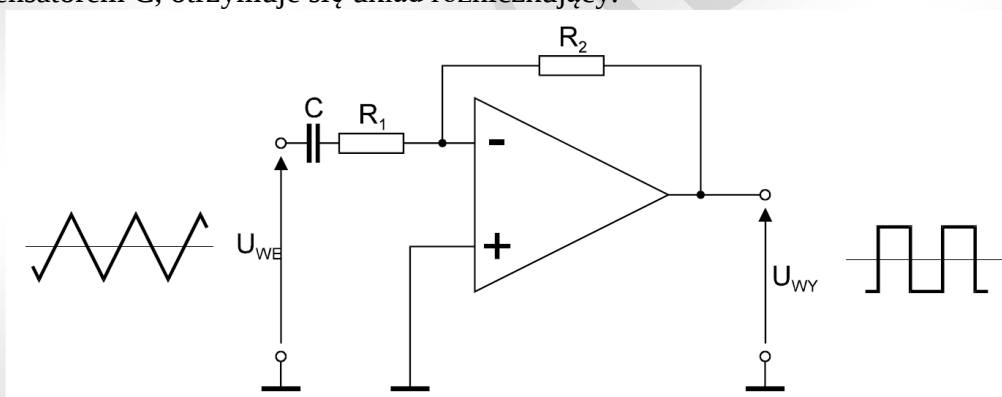
Wzmacniacz całkujący

$$U_{WY} = -\frac{1}{R_1 C} \int_0^t U_{WE} \cdot dt$$

gdzie $R_1 C = \tau$ jest stałą czasową całkowania

Układy całkujące pracują prawidłowo, gdy zmiany sygnału wyjściowego zachodzą z częstotliwością mniejszą niż τ . Przebieg trójkątny sygnału wyjściowego jest całką wejściowego przebiegu prostokątnego.

Jeżeli w układzie wzmacniacza odwracającego rezystor wejściowy zastąpić kondensatorem C, otrzymuje się układ różniczkujący:



Opisany równaniem

$$U_{WY} = -R_2 C \cdot \frac{dU_{WE}}{dt}$$

gdzie $R_2 C = \tau$ jest stałą czasową różniczkowania

Prostokątny sygnał wyjściowy, jest pochodną wejściowego przebiegu trójkątnego. Odpowiednio dobrany rezystor R_1 włącza się w celu poprawienia stabilności wzmacniacza.

ĆWICZENIE NR 9

PROSTOWNIK LINIOWY, OGRANICZNIK NAPIĘCIA, KOMPARATOR

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych układów pracy wzmacniacza operacyjnego w układach prostownika liniowego, ogranicznika napięcia, komparatora.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- * zasilacz laboratoryjny,
- * multimetr cyfrowy,
- * oscyloskop,
- * generator funkcyjny,
- * zestaw modułów laboratoryjnych (OA-1, OA-2, PRC, RC),
Moduł wymaga zasilania +5V (z ramy systemowej), +15V i -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.
- * odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Prostownik jednopółkowy liniowy
2. Formatowanie i ogranicznik napięcia wyjściowego
3. Komparator napięć i detektor przejścia napięcia przez zero.

Konspekt ćwiczenia

1. Zmontować układ wzmacniacza operacyjnego pracującego jako prostownik liniowy jednopółkowy. Zdjąć przebiegi napięcia wyjściowego WO w funkcji napięcia wejściowego.

. Wyniki

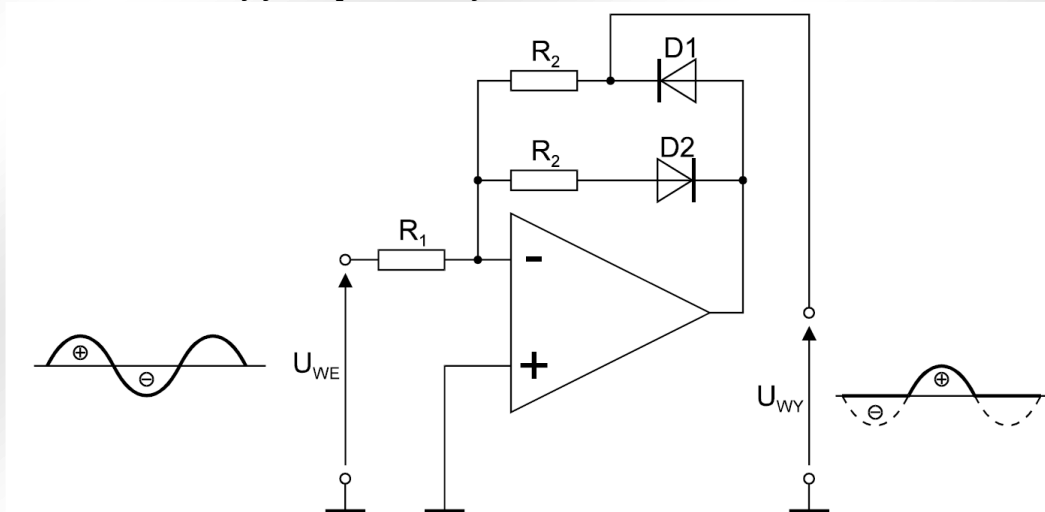
porównać otrzymane przebiegi napięć z wartościami teoretycznymi i krótko omówić.

2. Powtórzyć zadanie 1 dla układu ogranicznika napięcia i komparatora.

Zalecana literatura

[10], [14], [15], [16], [17]

Prostownik liniowy jednopołówkowy:



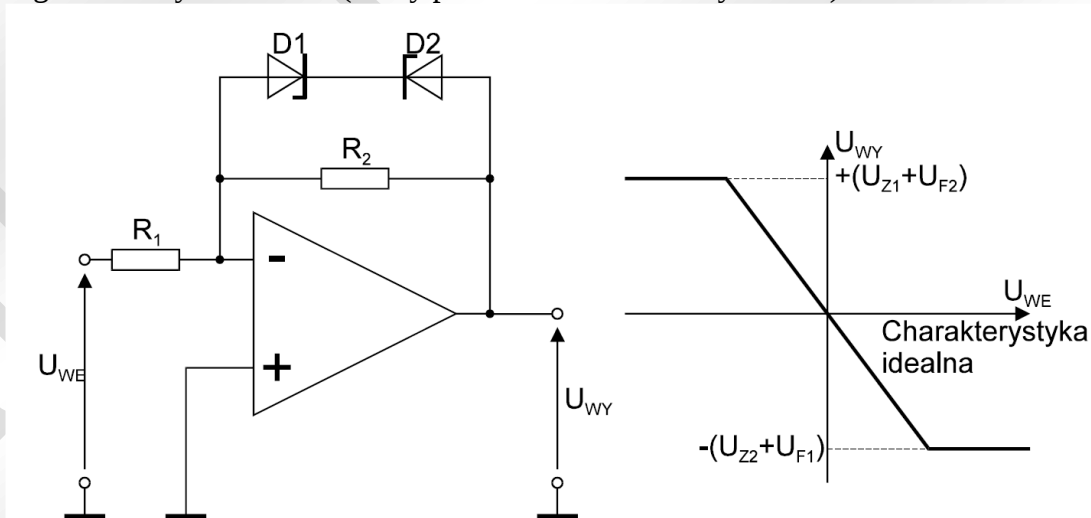
Dla wejściowych napięć dodatnich dioda D₂ przewodzi, zatem dioda D₁ jest odcięta. Napięcie U_{wy} jest równe zero. Dioda D₂ służy do zabezpieczenia WO przed wejściem w nasycenie i związanemu z tym opóźnieniu czasowemu.

Przy wejściowych napięciach ujemnych dioda D₁ przewodzi, zaś dioda D₂ jest odcięta. Napięcie wyjściowe układu jest równe:

$$U_{wy} = -\frac{R_2}{R_1} U_{we}$$

W przypadku, gdy R₁=R₂ wzmacnienie układu równa się -1 i ujemna połówka napięcia wejściowego jest powtarzana na wyjściu jako dodatnia.

Ogranicznik napięcia jest układem zawierającym w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego elementy nieliniowe (diody prostownicze lub diody Zenera):

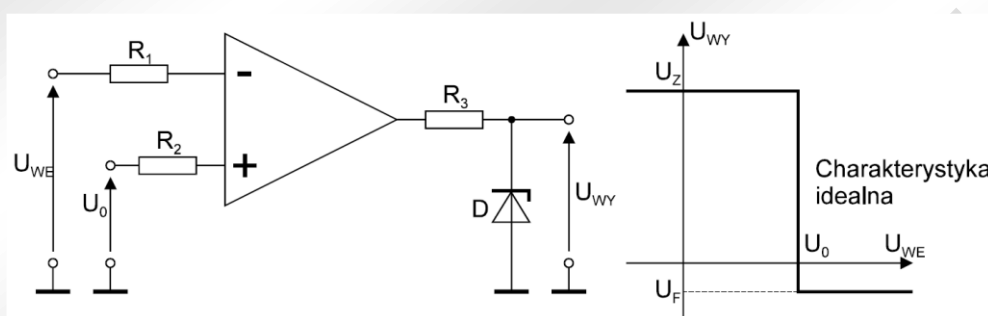


W układzie następuje obustronne ograniczenie przebiegu wejściowego do wartości (U_Z+U_F), przy czym U_Z jest napięciem Zenera diod D₁ lub D₂, a U_F - ich napięciem

w kierunku przewodzenia. W zakresie napięć, w którym diody D_1 i D_2 nie przewodzą i żadna z nich nie pracuje w obszarze Zenera, układ działa jak wzmacniacz o wzmacnieniu:

$$A_{uf} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Układ porównujący jest elementarnym jednobitowym przetwornikiem analogowo – cyfrowym. Wśród komparatorów rozróżnia się dyskryminatory progowe (napięcie odniesienia $U_0 \neq 0$) oraz detektory przejścia przez zero ($U_0 = 0$). Niżej przedstawiono różnicowy układ dyskryminatora progowego.



Napięcie wyjściowe w tym układzie jest równe napięciu Zenera U_Z jeśli $U_{WE} < U_0$ lub napięciu U_F diody Zenera spolaryzowanej w kierunku przewodzenia (około $-0,7V$) jeśli $U_{WE} > U_0$.

Dla zmniejszenia błędu spowodowanego napięciem niezrównoważenia należy dobierać $R_1 = R_2$. Rezystor R_3 służy do ograniczania prądu diody Zenera D . Poprzez dobranie diody Zenera ustala się poziomy napięcia wyjściowego odpowiednie do współpracy z bramkami logicznymi różnych typów.

ĆWICZENIE NR 10

GENERATOR PRZEBIEGU PROSTOKĄTNEGO I SINUSOIDALNEGO

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych układów pracy wzmacniacza operacyjnego w układach ze sprzężeniem zwrotnym dodatnim, jako generatora niestabilnego.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- * zasilacz laboratoryjny,
- * multimetr cyfrowy,
- * oscyloskop,
- * generator funkcyjny,
- * zestaw modułów laboratoryjnych (OA-1, OA-2, PRC, RC),
Moduł wymaga zasilania +5V (z ramy systemowej), +15V i -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.
- * odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Sprzężenie zwrotne dodanie
2. Warunek konieczny do powstania drgań
3. Generator sinusoidalny o ustalonej częstotliwości, układ z tzw. mostkiem Wiena.

Konspekt ćwiczenia

1. Zmontować układ wzmacniacza operacyjnego pracującego jako generator przebiegu prostokątnego. Zdjąć przebiegi napięcia wyjściowego WO i napięcia na kondensatorze. Zmierzyć częstotliwość i amplitudę napięć wyjściowych.

. Wyniki

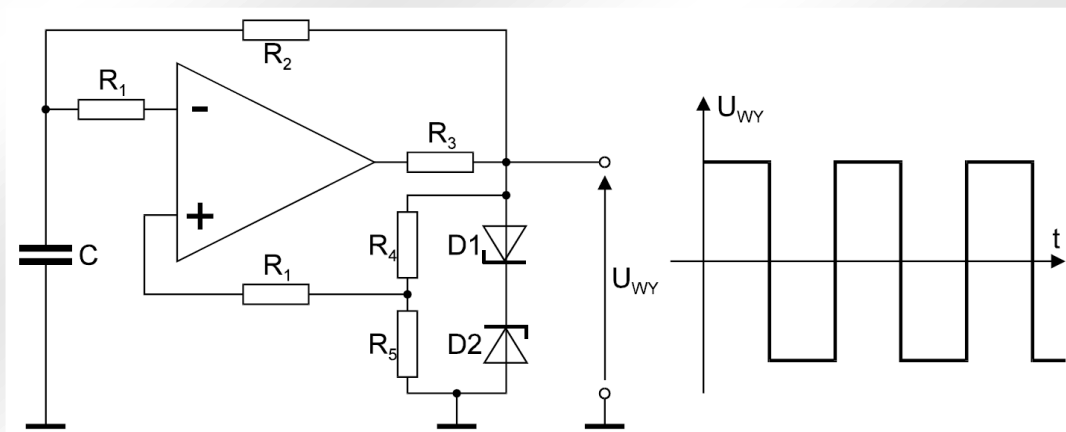
porównać otrzymane wyniki i przebiegi napięć z wartościami teoretycznymi i krótko omówić.

2. Powtórzyć zadanie 1 dla układu generatora sinusoidalnego z mostkiem Wiena.

Zalecana literatura

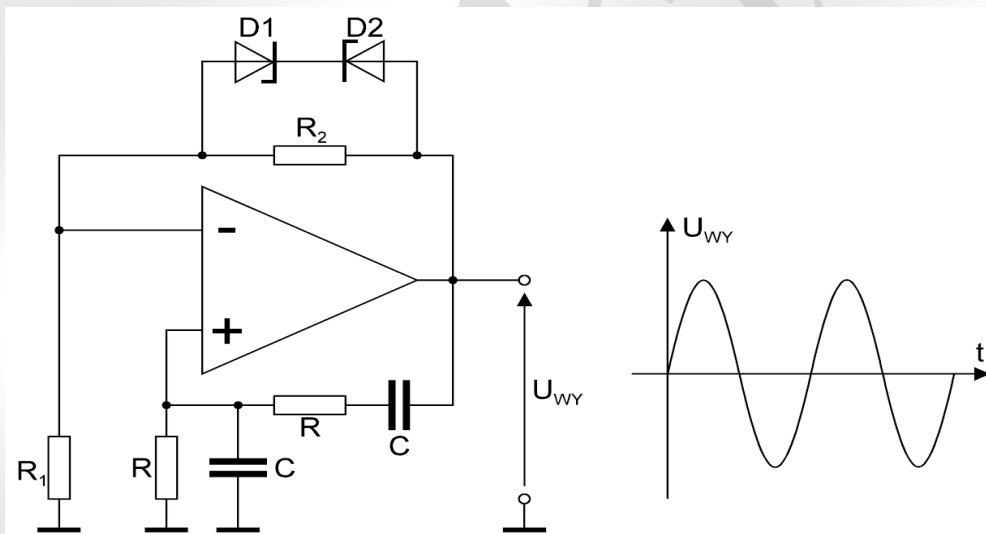
[10], [14], [15], [16], [17]

Wzmacniacz ze sprzężeniem dodatnim jako generator impulsów prostokątnych:



Napięcie otrzymane na wyjściu jest ograniczone przez diody Zenera D_1 i D_2 . Elementy R_2 i C tworzą układ całkujący, który decyduje o częstotliwości generatora. Regulację częstotliwości najlepiej jest przeprowadzić zmieniając wartość rezystora R_2 .

Do najprostszych i najczęściej stosowanych generatorów sinusoidalnych o ustalonej częstotliwości należy układ z tzw. mostkiem Wiena:



Diody Zenera D_1 i D_2 ograniczają i stabilizują amplitudę oscylacji. W pętli dodatniego sprzężenia zwrotnego są umieszczone elementy RC mostka Wiena.

Elementy te decydują o częstotliwości generatora.

ĆWICZENIE NR 11

FILTRY AKTYWNE RC

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie podstawowych układów pracy wzmacniacza operacyjnego w układach filtra środkowo zaporowego, dolnoprzepustowego, górnoprzepustowego i środkowoprzepustowego.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- * zasilacz laboratoryjny,
- * multimetr cyfrowy,
- * oscyloskop,
- * generator funkcyjny,
- * zestaw modułów laboratoryjnych (OA-1, OA-2, PRC, RC),
Moduł wymaga zasilania +5V (z ramy systemowej), +15V i -15V (z zewnętrznego zasilacza). Masy ramy i zasilacza połączone ze sobą.
- * odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Filtry pasywne
2. Filtry aktywne i ich zalety
3. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów.

Konspekt ćwiczenia

1. Zmontować układ wzmacniacza operacyjnego pracującego jako układ filtra środkowo zaporowego. Zdjąć charakterystykę amplitudową sygnału wyjściowego, która określa zależność modułu wzmocnienia od częstotliwości sygnału wejściowego. Zmierzyć charakterystyczne punkty pracy filtra /szerokość pasma, f_0 /. Wyliczyć powyższe wartości filtra na podstawie wielkości użytych elementów.

. Wyniki

porównać otrzymane wyniki i przebiegi napięć z wartościami teoretycznymi i krótko omówić.

2. Powtórzyć zadanie 1 układów filtra: dolnoprzepustowego, górnoprzepustowego i środkowoprzepustowego.

Zalecana literatura

[10], [14], [15], [16], [17]

Filtry budowane z zastosowaniem WO nazywane są filtrami aktywnymi.

Filtr aktywny jest zespołem elementów pasywnych RC i elementów aktywnych (wzmacniających), najczęściej wzmacniaczy operacyjnych. Właściwości wzmacniaczy, w tym również i filtrów opisują charakterystyki częstotliwościowe. Podstawową jest charakterystyka amplitudowa, która określa zależność modułu wzmocnienia od częstotliwości. Dwie wartości częstotliwości, przy których wzmocnienie zmniejsza się do określonej wartości są nazywane częstotliwościami granicznymi: dolną f_L i górną f_H i one wyznaczają pasmo przenoszenia. We wzmacniaczach jako typowe przyjęto zmniejszenie wzmocnienia do wartości

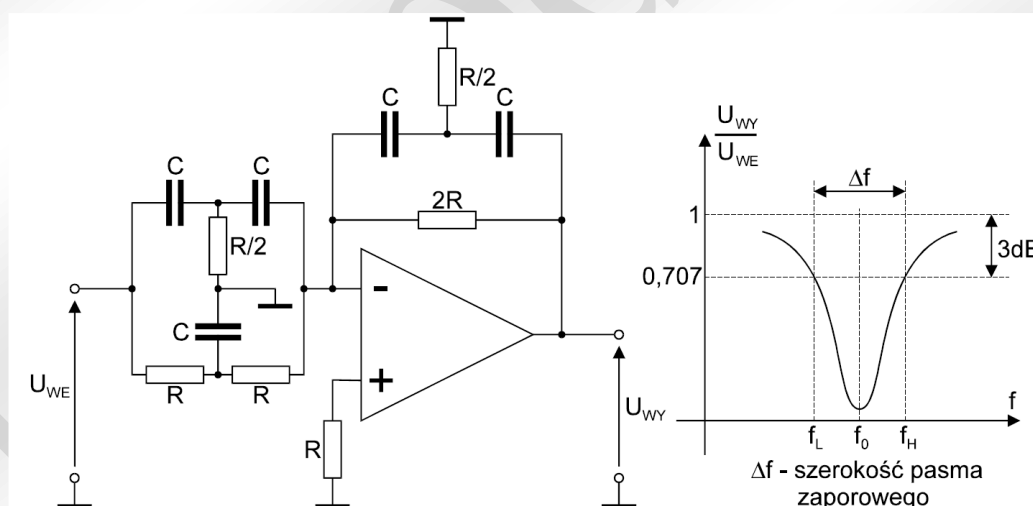
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$$

co w mierze logarytmicznej odpowiada 3dB.

Zadaniem filtrów przepustowych jest przenoszenie sygnałów o częstotliwościach leżących w pasmie przenoszenia, a tłumienie sygnałów o częstotliwościach leżących poza tym pasmem. Filtry zaporowe spełniają funkcję odwrotną, tłumią sygnały o częstotliwościach leżących w pasmie zaporowym, a przenoszą wszystkie inne sygnały o częstotliwościach leżących poza pasmem zaporowym.

Filtry aktywne, w porównaniu z filtrami pasywnymi RLC, wyróżniają się wieloma zaletami, np.. dużą stabilnością pracy, dokładnością, łatwością przestrajania częstotliwości, brakiem tłumienia sygnału użytecznego a nawet możliwością jego wzmacniania, eliminacją elementów indukcyjnych (L) kosztownych i niewygodnych za względu na duże gabaryty. Filtry aktywne RC mogą pracować w szerokim zakresie częstotliwości - od tysięcznych części herca do kilkudziesięciu, a nawet do kilkuset kiloherców. Górna częstotliwość pracy filtru jest ograniczona pasmem przenoszenia WO.

Filtr zaporowy (środkowo zaporowy) jest stosowany do tłumienia sygnałów zakłócających o częstotliwościach leżących w paśmie użytecznym:

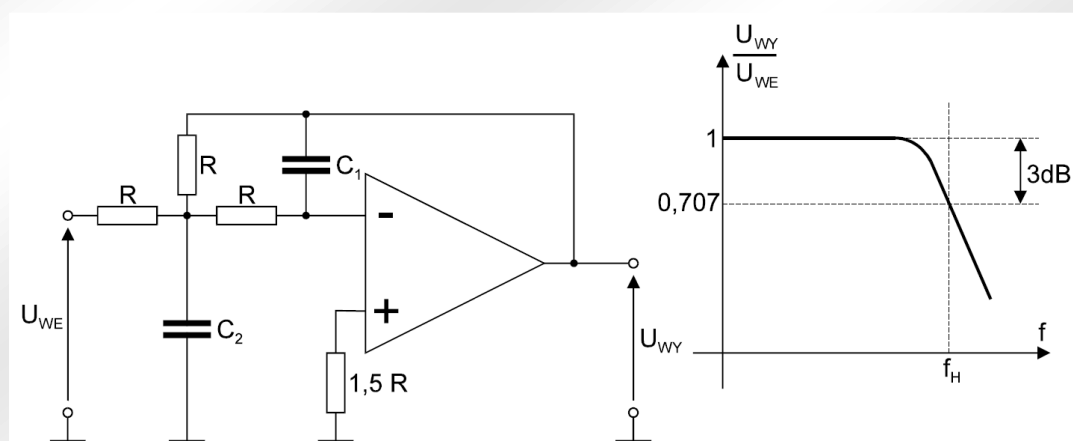


Częstotliwość, przy której występuje maksymalne tłumienie sygnału, jest częstotliwością środkową (lub zerową) f_0 :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}, A_{uf} = -1$$

gdzie A_{uf} jest wzmocnieniem układu w paśmie przepustowym.

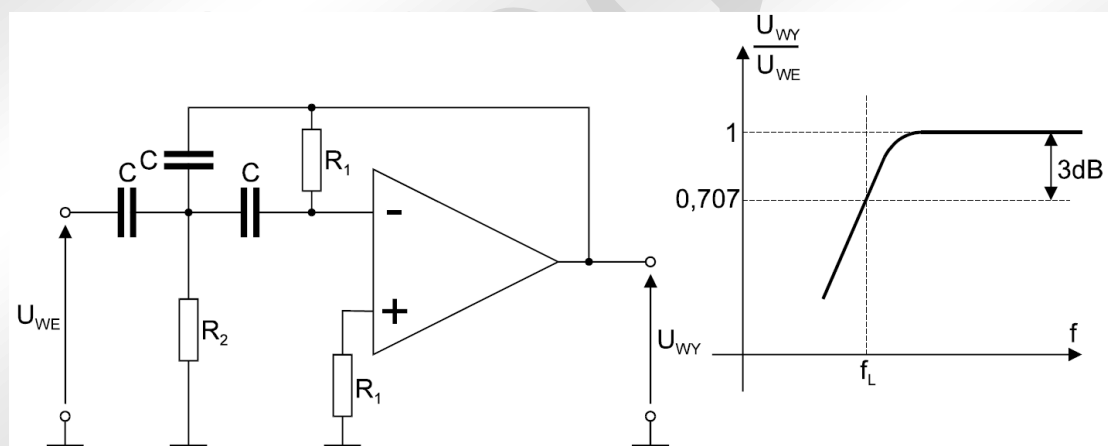
Przykład dolnoprzepustowego filtra z wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym:



W filtrze tym:

$$f_H = \frac{1}{2\pi R \sqrt{C_1 C_2}}, \quad A_{uf} = -1$$

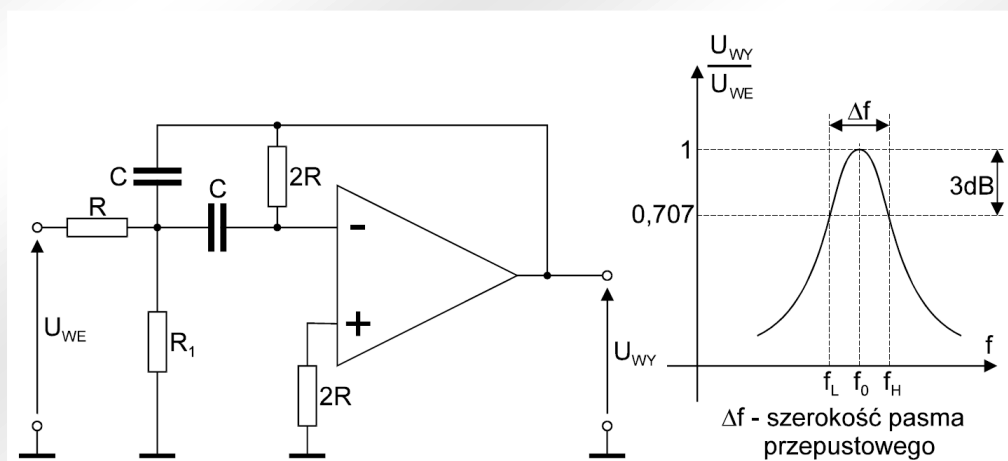
Filtr górnoprzepustowy:



W filtrze tym:

$$f_L = \frac{1}{2\pi C \sqrt{R_1 R_2}}, \quad A_{uf} = -1$$

Filtr pasmowo przepustowy:



W filtrze tym:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{\frac{2R_1}{R + R_1}}}, \quad A_{uf} = -1$$

ĆWICZENIE NR 12

STABILIZATORY NAPIĘCIA STAŁEGO

Liczba godzin: 2

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie zasad działania stabilizatorów napięcia o pracy ciągłej oraz sposobów poprawy ich parametrów. Pierwsza część ćwiczenia polega na zmontowaniu, uprzednio zaprojektowanych, trzech prostych stabilizatorów i sprawdzeniu ich działania. W kolejności badane są stabilizatory:

- z diodą Zenera,
- z diodą Zenera i wtórnikami emiterowym,
- ze sprężeniem zwrotnym.

Druga część ćwiczenia polega na zaprojektowaniu, montażu i sprawdzeniu działania stabilizatora z układem scalonym uA 723.

Wymagane wyposażenie stanowiska laboratoryjnego

Do przeprowadzenia ćwiczenia wymagane jest następujące wyposażenie każdego stanowiska:

- zasilacz laboratoryjny,
- multimetr cyfrowy,
- zestaw modułów laboratoryjnych (EL-4, PRC, RC),
- odpowiednie przewody.

Zagadnienia

1. Zapoznać się z budową modułu EL-4.
2. Rodzaje, budowa i podstawowe własności stabilizatorów napięcia stałego o pracy ciągłej.
3. Obliczanie wartości elementów w układach prostych stabilizatorów napięcia.
4. Rodzaje i ogólna budowa monolitycznych stabilizatorów napięcia.
5. Budowa i podstawowe aplikacje układu scalonego $\mu A 723$ (wykorzystać informacje katalogowe).
6. Podstawowe parametry stabilizatorów napięcia stałego.

Konspekt ćwiczenia

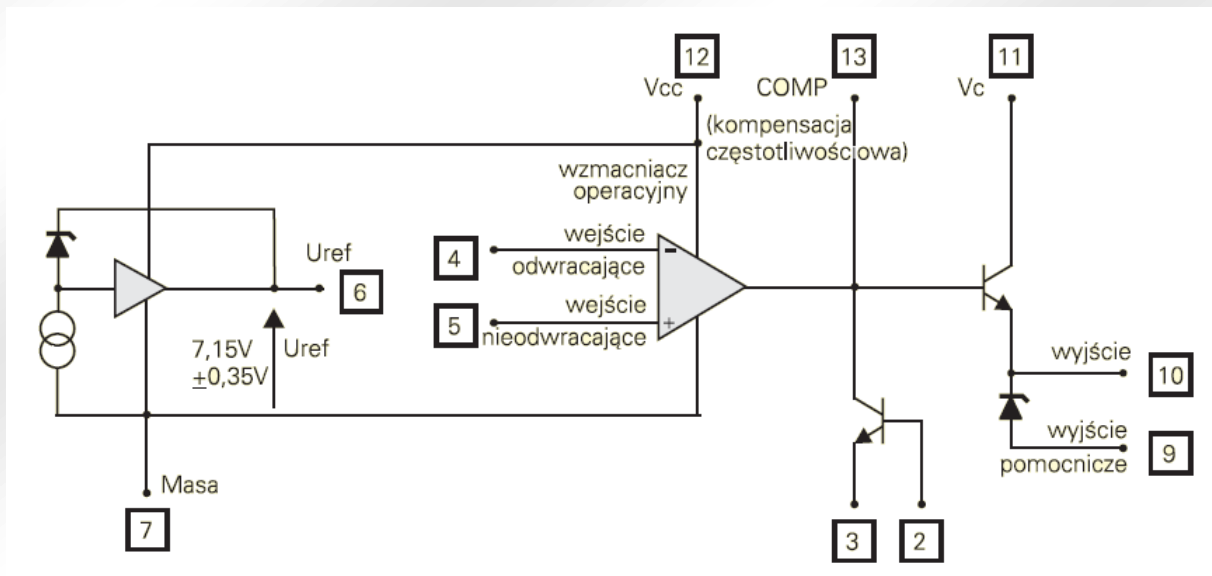
1. Korzystając z nominalnych wartości elementów, podanych na module EL-4, obliczyć:
 - a) wartość brakującego rezystora i maksymalny prąd I_{omax} , który można pobrać z wyjścia pierwszego stabilizatora;
 - b) wartość brakujących rezystorów drugiego i trzeciego stabilizatora zakładając, że ich wyjścia nie będą obciążone prądem większym, niż obliczony w punkcie a) I_{omax} oraz, że wzmocnienie prądowe β_0 stosowanych tranzystorów wynosi 100. Założyć, że prąd płynący przez diody Zenera może zmieniać się w granicach od 3mA do 30mA, a zakres zmian napięć wejściowych wynosi od 9V do 12V (ten sam dla trzech stab.).
2. Wstawić do modułu EL-4 elementy o obliczonych wartościach i sprawdzić, czy w założonych zakresach zmian napięcia we i prądu obciążenia stabilizatory pracują poprawnie

3. Obliczyć i porównać średnie rezystancje wyjściowe oraz średnie współczynniki stabilizacji napięciowej badanych stabilizatorów w zakresach stabilizacji napięć wyjściowych.
4. Obliczyć i porównać sprawność energetyczną wszystkich trzech stabilizatorów obciążonych prądem I_{omax} i pracujących z min. założonym napięciem wejściowym.
5. Zaprojektować stabilizator z układem scalonym $\mu A 723$ tak, aby uzyskać napięcie wyjściowe o wartości:
 - a) +5V,
 - b) +10V.
6. Wstawić do modułu EI-4 elementy o obliczonych wartościach i sprawdzić poprawność wykonanego projektu (do realizacji wybrać jeden z zaprojektowanych układów).
7. Obliczyć średni współczynnik stabilizacji napięciowej zmontowanego układu.
8. Obliczyć średnią rezystancję wyjściową stabilizatora w zakresie stabilizacji napięcia wyjściowego.

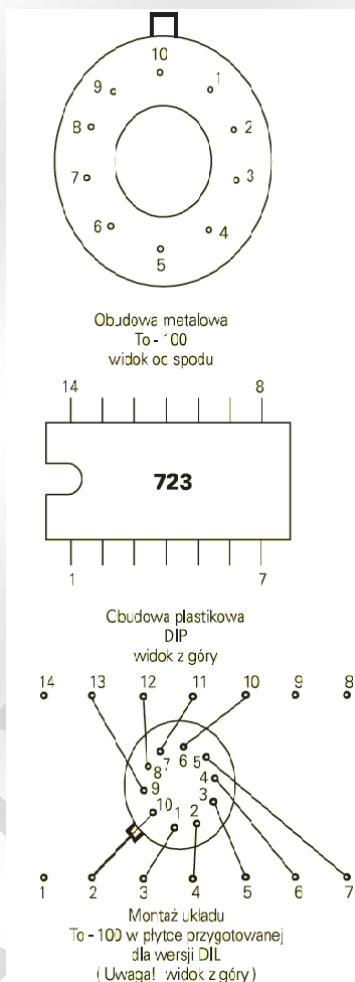
Zalecana literatura

[1], [2], [4], [6], [10]

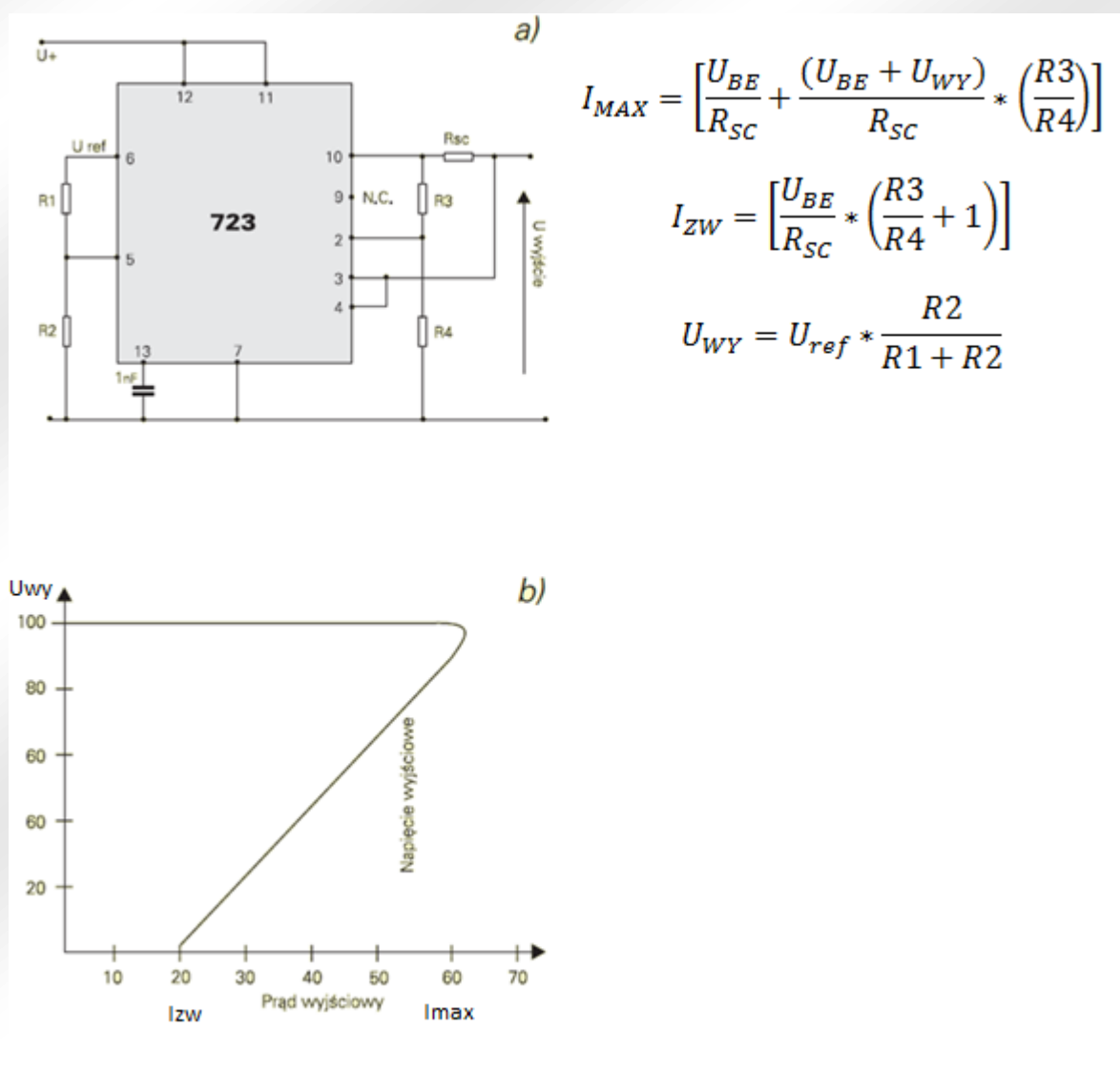
Stabilizator napięcia $\mu A723$, schemat blokowy:



Numeracja wyprowadzeń układu:



Stabilizator napięcia $\mu A723$, z ogranicznikiem prądowym typu *foldback*:



Parametry dopuszczalne układu $\mu A723$

Zakres napięć zasilania (końcówki 12, 7): 9,5...40V
(chwilowo do 50V)

Zakres napięć wyjściowych: 2...37V

Maksymalny prąd wyjściowy (końcówki 10, 11): 150mA

Maksymalny prąd wyjścia napięcia odniesienia (n. 6): 15mA

Maksymalny prąd końcówki 9: 25mA

Maksymalne napięcie na wejściu 5: 8V

(dotyczy tylko kostek niektórych producentów)

Maksymalne napięcie między wejściami 4, 5: 5V

Dopuszczalna moc strat (przy temp. otoczenia +25 C): 500...1250mW
(zależnie od producenta)

Napięcie odniesienia (n. 6): typ. 7,15V (6,80...7,50V)

Prąd spoczynkowy (n. 12): typ. 2,3mA, max 4,0mA

Moduł laboratoryjny EL-4

Funkcja modułu

Na module EL-4 znajdują się cztery niezależne układy stabilizatorów napięcia. Wszystkie służą do badania podstawowych własności i parametrów (napięcie stabilizacji, rezystancja wyjściowa, współczynnik stabilizacji, sprawność energetyczna). Moduł pozwala również na realizację zaprojektowanego wcześniej stabilizatora scalonego (na przykładzie układu $\mu A 723$).

Struktura modułu

Moduł zawiera następujące układy stabilizatorów:

- Stabilizator z diodą Zenera;
- Stabilizator z wtórnikiem emiterowym;
- Stabilizator z pętlą sprzężenia zwrotnego;
- Stabilizator z układem scalonym $\mu A 723$.

Pierwsze trzy układy wymagają wstawienia brakujących oporników, które muszą być wstępnie obliczone zgodnie z wymaganiami projektowymi podanymi w konspekcie ćwiczenia. Rezystory o wartościach 110Ω i 220Ω zabezpieczają badane układy przed ewentualnym zniszczeniem w przypadku wstawienia do modułu niewłaściwie obliczonych rezystorów. W przypadku stabilizatora scalonego należy policzyć i wstawić do modułu wszystkie potrzebne elementy aplikacji, aby uzyskać zadaną wartość napięcia wyjściowego.

Zasilanie modułu

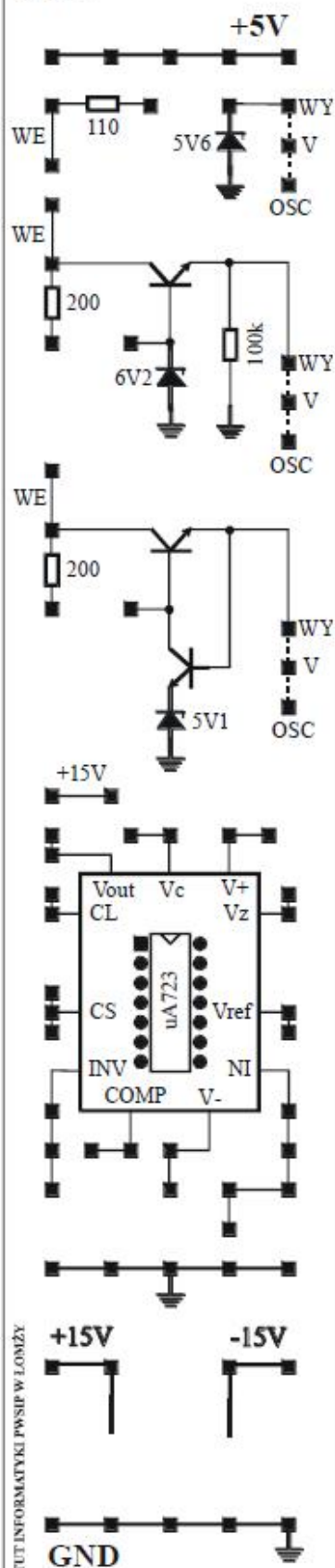
Moduł wymaga zasilania $+15V$ z zewnętrznego zasilacza.

Widok modułu laboratoryjnego

Oznaczenie wyprowadzeń dla układu $\mu A 723$:

-	1	14	-
CL	2	13	COMP
CS	3	12	V+
INV	4	11	Vc
NI	5	10	Vout
Vref	6	9	Vz
V-	7	8	-

EL-4



INSTYTUT INFORMATYKI PWŚIP W ŁÓDŹY

