

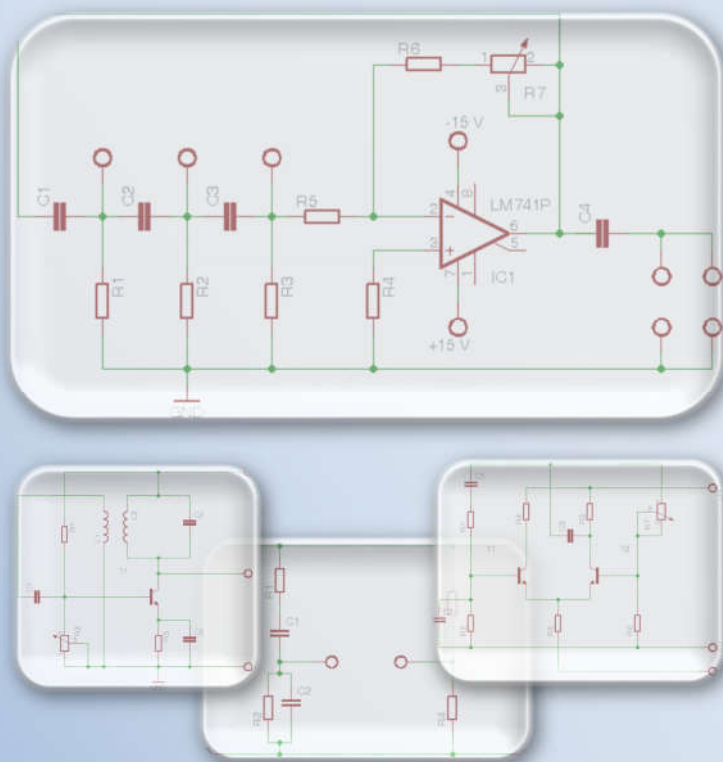
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK

Pracownia Elektroniczna

ZESTAW 

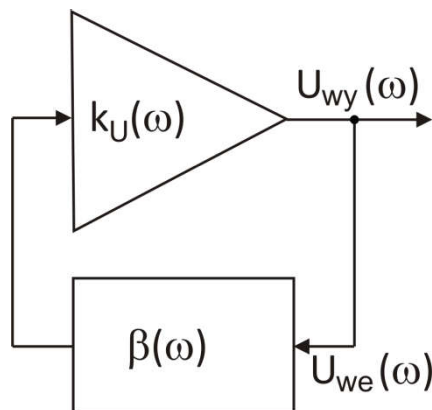
WYTWARZANIE DRGAŃ

ELEKTRYCZNYCH



I. WSTĘP TEORETYCZNY

Generatory są układami elektronicznymi wytwarzającymi zmienne przebiegi elektryczne. Budowę generatora można przedstawić przy pomocy schematu blokowego pokazanego na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy generatora.

Generator składa się ze wzmacniacza o zależnym od częstości kołowej ω , współczynniku wzmocnienia napięciowego $k_U(\omega)$, oraz obwodu sprzężenia zwrotnego o współczynniku przenoszenia napięciowego $\beta(\omega)$. Pomiedzy napięciem wejściowym wzmacniacza, a jego napięciem wyjściowym występuje przesunięcie fazy φ_1 . Podobnie obwód sprzężenia zwrotnego przesuwa fazę napięcia o wartość φ_2 . Generator wytwarza drgania niegasnące jeżeli napięcie wyjściowe jest równe napięciu wejściowemu do układu:

$$U_{we}(\omega) = U_{wy}(\omega) = k_U(\omega)\beta(\omega)U_{we}(\omega),$$

czyli

$$k_U(\omega)\beta(\omega) = 1$$

Biorąc pod uwagę, że $k_U(\omega)$ oraz $\beta(\omega)$ są wielkościami zespolonymi otrzymujemy z powyższego równania dwa warunki:

- warunek amplitudy

$$|k_U(\omega)||\beta(\omega)| = 1$$

wzmacniacz musi kompensować tłumienie sygnału wprowadzane przez obwód sprzężenia zwrotnego,

- warunek fazy

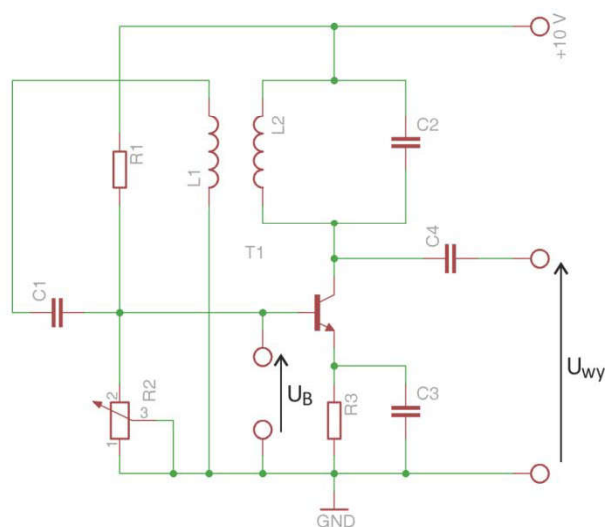
$$\varphi_1 + \varphi_2 = 0, 2\pi, \dots$$

drgania powstają tylko wtedy, gdy napięcia wejściowe i wyjściowe są zgodne w fazie.

W generatorach drgań sinusoidalnych układem określającym częstotliwości drgań mogą być: obwód rezonansowy LC (generatory LC), lub obwód rezystancyjno-pojemnościowy (generatory RC). Zgodnie ze schematem blokowym (rys.1) generatory LC wykorzystują wzmacniacz selektywny oraz szerokopasmowy układ sprzężenia zwrotnego, podczas gdy generatory RC zbudowane są ze wzmacniacza szerokopasmowego, oraz selektywnego układu sprzężenia zwrotnego.

1. GENERATOR MEISSNERA

Przykładem generatora LC jest przedstawiony na rysunku 2 generator Meissnera.

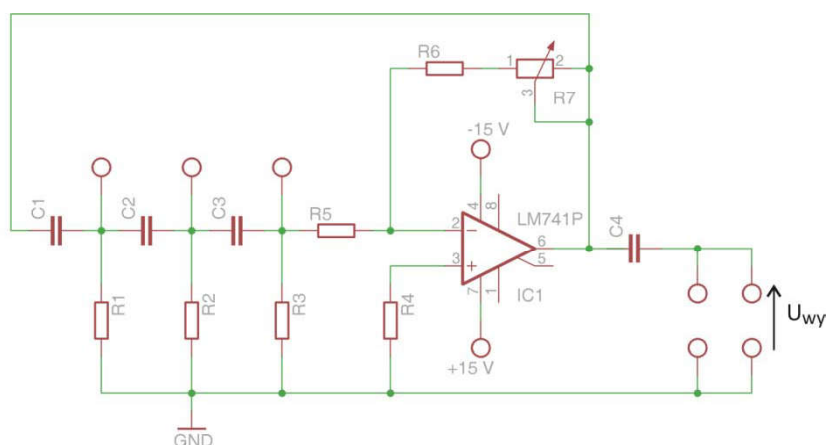


Rys. 2. Generator Meissnera.

W układzie generatora występuje tranzystorowy wzmacniacz rezonansowy (selektywny), zawierający obwód rezonansowy LC (cewka indukcyjna L_2 oraz kondensator C_2) umieszczony w obwodzie kolektora tranzystora T_1 . Dla sygnału podawanego na bazę tranzystora, o częstotliwości równej częstotliwości rezonansowej obwodu LC, równej $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$, występuje maksymalne wzmocnienie sygnału.

W generatorze Meissnera obwód sprzężenia zwrotnego zrealizowany jest przy pomocy drugiej cewki indukcyjnej L_1 , sprzężonej z cewką L_2 tworzącą obwód rezonansowy LC, dostarczającej poprzez kondensator C_1 sygnał do bazy tranzystora T_1 . Punkt pracy tranzystora ustalany jest przy pomocy rezystancyjnego dzielnika napięcia - R_1 , R_2 . Kondensator C_4 odcina składową stałą sygnału wyjściowego.

2. GENERATOR RC Z PRZESUWNIKIEM FAZY.



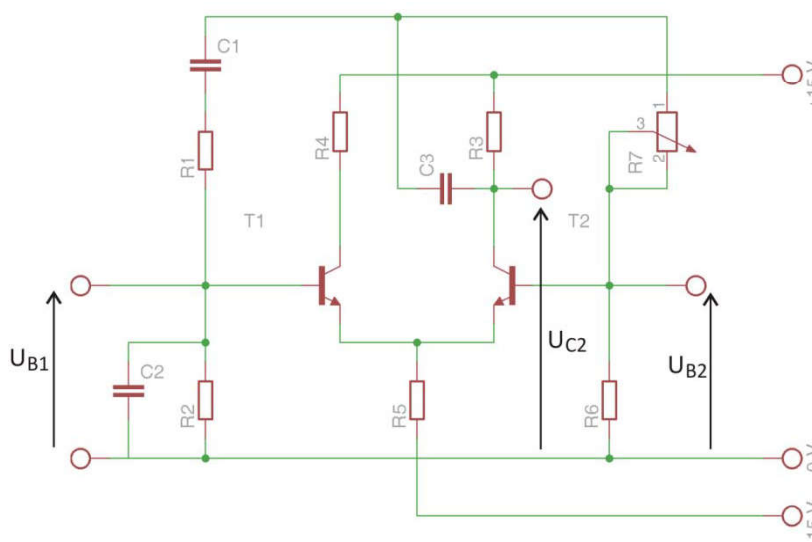
Rys. 3 Generator RC z przesuwnikiem fazy.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat generatora RC z przesuwnikiem fazy. W układzie zastosowano wzmacniacz operacyjny, pracujący w układzie wzmacniacza odwracającego fazę. Sygnał wyjściowy jest więc przesunięty w fazie o 180° w stosunku do sygnału wejściowego. Sprzężenie zwrotne w generatorze jest realizowane przy pomocy trójczłonowego filtra RC. Filtr zbudowany jest z trzech jednakowych oporników, (o wartościach oporów $R_1 = R_2 = R_3 = R$) oraz trzech jednakowych kondensatorów (o wartościach pojemności $C_1 = C_2 = C_3 = C$).

Zadaniem filtra jest przesunięcie fazy sygnału o dalsze 180° , aby był spełniony warunek fazy dla generacji sygnału. Takie przesunięcie fazy występuje dla częstotliwości $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$. Jest to jednocześnie częstotliwość pracy generatora. Zastosowany filtr przesuwa fazę sygnału, ale jednocześnie tłumi sygnał. Dla częstotliwości równej f_0 , tłumienie wynosi 29 razy. Aby spełniony był warunek amplitudy dla generacji sygnału, wzmacniacz operacyjny musi zapewnić odpowiednie wzmocnienie sygnału. Kondensator C_4 odcina składową stałą sygnału wyjściowego.

3. GENERATOR RC Z MOSTKIEM WIENA

Na rysunku 3 przedstawiono schemat generatora RC z mostkiem Wiena.

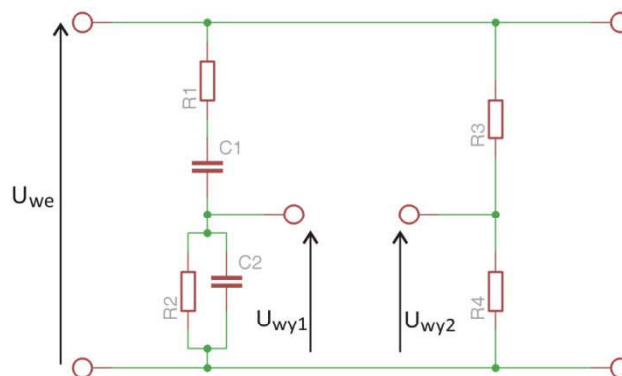


Rys. 3. Generators RC z mostkiem Wiena.

Układ składa się z tranzystorowego wzmacniacza różnicowego (tranzystory T_1 i T_2) oraz mostka Wiena, którego części: filtr Wiena umieszczony jest w pętli dodatniego sprzężenia zwrotnego, natomiast dzielnik oporowy tworzy pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Opis filtra i mostka Wiena

Przedstawiony na rysunku 4 mostek Wiena składa się z dwóch połączonych równolegle dzielników napięcia. Pierwszy dzielnik stanowi filtr Wiena, a drugi dzielnik oporowy.



Rys. 4. Mostek Wienera.

Dla mostka Wienera stosowana jest konfiguracja $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = C$ oraz $R_3 = 2R_4$

Napięcie wyjściowe filtra Wienera, zależy od częstotliwości kołowej ω sygnału wejściowego i wynosi:

$$U_{wy1} = \frac{i\Omega}{1 + 3i\Omega - \Omega^2} U_{we}$$

gdzie $\Omega = \omega RC$

Napięcie wyjściowe z dzielnika oporowego jest niezależne od częstotliwości kołowej ω i wynosi

$$U_{wy2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_{we} = \frac{1}{3} U_{we}$$

Sygnał wyjściowy z mostka Wienera stanowi różnica napięć wyjściowych z obu dzielników napięcia:

$$U_{wy} = U_{wy2} - U_{wy1} = \frac{1}{3} - \frac{i\Omega}{1 + 3i\Omega - \Omega^2} U_{we}$$

Wynikają stąd następujące charakterystyki częstotliwościowe:

- amplitudowa

$$k_U = \frac{|1 - \Omega^2|}{3\sqrt{(1 - \Omega)^2 + 9\Omega^2}}$$

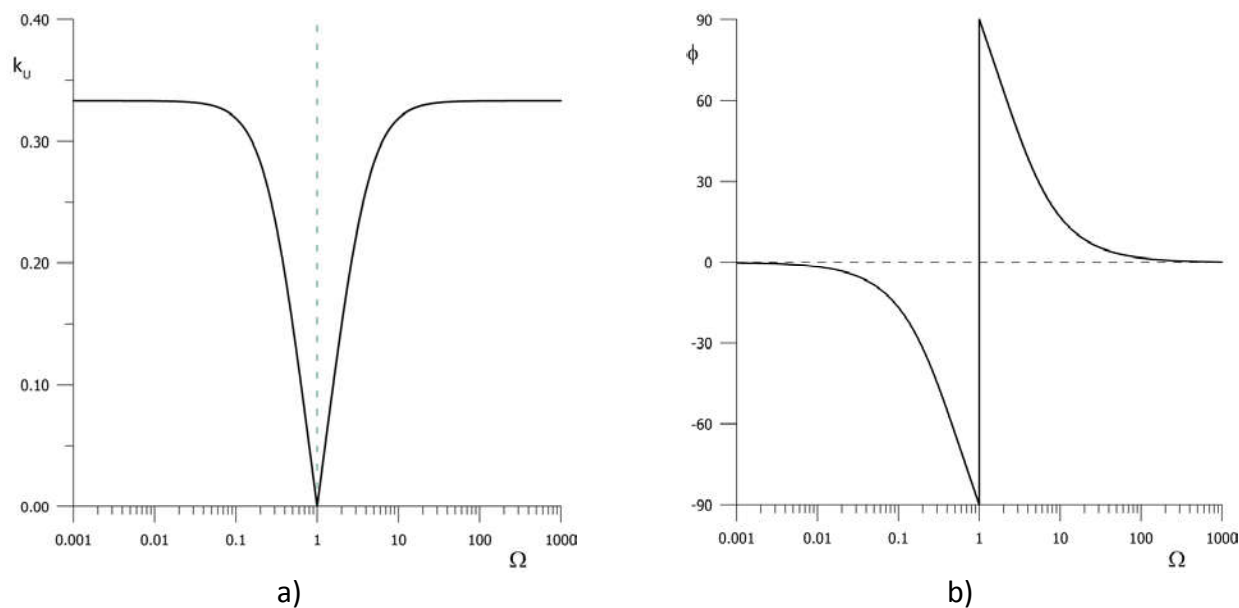
oraz

- fazową

$$\varphi = \arctg\left(\frac{3\Omega}{\Omega^2 - 1}\right)$$

dla $\Omega \neq 1$,

przedstawione na rysunkach 5a i 5b.



Rys. 5. Charakterystyka częstotliwościowa mostka Wiena: a) - amplitudowa, b) - fazowa

Dla sygnału wejściowego o częstotliwości równej częstotliwości centralnej filtra Wiena $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ mostek Wiena jest zrównoważony i jego napięcie wyjściowe jest równe zero.

Aby mostek Wiena pracował jako obwód sprzężenia zwrotnego w generatorze, musi być nieco rozstrojony. Podczas pracy generatora można to stwierdzić, mierząc współczynniki przenoszenia napięciowego w pętli dodatniego (k_+) i ujemnego (k_-) sprzężenia zwrotnego, zdefiniowane jako:

$$k_+ = \frac{U_{B1}}{U_{C2}}$$

oraz

$$k_- = \frac{U_{B2}}{U_{C2}}$$

gdzie

U_{B1} - jest amplitudą sygnału na bazie tranzystora T_1 ,

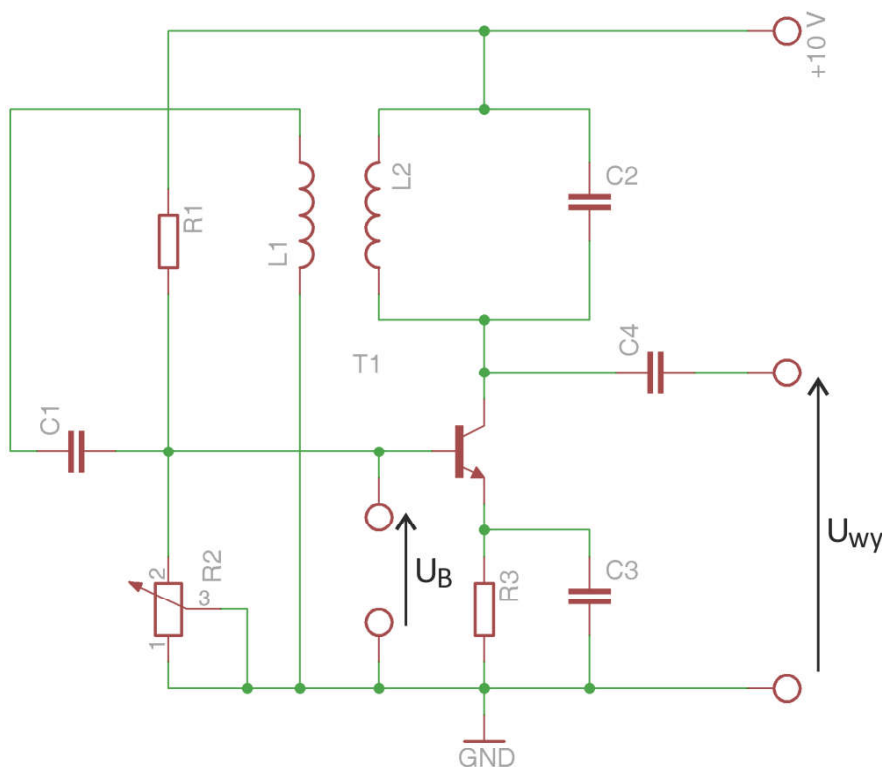
U_{B2} - jest amplitudą sygnału na bazie tranzystora T_2 ,

U_{C2} - jest amplitudą sygnału na kolektorze tranzystora T_2 .

Dobra stabilność częstotliwościowa generatora wynika z dużej stromości przejścia charakterystyki fazowej mostka Wiena przez zero - patrz rysunek 5b.

II. POMIARY I ICH OPRACOWANIE

1. GENERATOR MEISSNERA.



Wykaz elementów:

$R_1 = 15 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ (potencjometr)

$R_3 = 1.5 \text{ k}\Omega$

$C_1 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$

$C_2 = 10 \text{ nF}$

$C_3 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$

$C_4 = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$

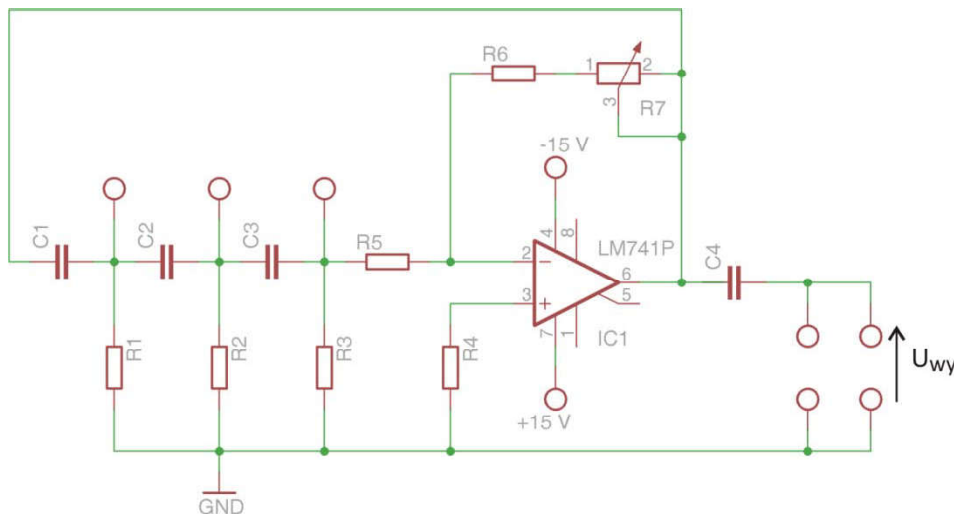
$T_1 = \text{ tranzystor BC547}$

$L_1 = \text{ cewka indukcyjna}$

$L_2 = \text{ cewka indukcyjna}$

- 1) Kręcąc potencjometrem wielobrotowym R_2 będącym częścią rezystancyjnego dzielnika napięcia, ustalić punkt pracy układu tak, aby generował niezniekształcone drgania sinusoidalne.
- 2) Zarejestrować (dokonać zrzutów z oscyloskopu) przebiegi na wyjściu generatora U_{wy} (kolektor tranzystora), oraz na bazie tranzystora U_B , zwracając uwagę na zależności fazowe między tymi przebiegami.
- 3) Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) i zmierzyć minimalny i maksymalny okres drgań, jakie można otrzymać, przestrajając obwód rezonansowy LC, kręcąc rdzeniem cewki indukcyjnej. Znając te okresy drgań obliczyć odpowiadające im graniczne (min, max) częstotliwości drgań, oraz wartości indukcyjności przestrajanej cewki (uzwojenie niebieskie). Oszacować błędy wyznaczonych wartości. W obliczeniach przyjąć tolerancję elementów 10%.
Tolerancja - określa maksymalne dopuszczalne odchyłki, wyrażone w procentach wartości znamionowej.
- 4) Zbadać stabilność częstotliwości drgań generatora Meissnera. Dla dowolnie wybranej jego częstotliwości wykonać miernikiem częstotliwości 50 pomiarów częstotliwości. Wyniki pomiarów przedstawić w postaci histogramu. Obliczyć wartość średnią częstotliwości - f_{sr} , niepewność standardową średniej arytmetycznej $u(f)$ oraz względną niepewność standardową $u(f) / f_{sr}$.

2. GENERATOR RC Z PRZESUWNIKIEM FAZY.



Wykaz elementów:

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_4 = 3.3 \text{ k}\Omega$

$R_5 = 3.3 \text{ k}\Omega$

$R_6 = 75 \text{ k}\Omega$

$R_7 = 100 \text{ k}\Omega$

(potencjometr)

$C_1 = 33 \text{ nF}$

$C_2 = 33 \text{ nF}$

$C_3 = 33 \text{ nF}$

$C_4 = 1 \text{ }\mu\text{F}$

Układ LM741 –

wzmacniacz operacyjny

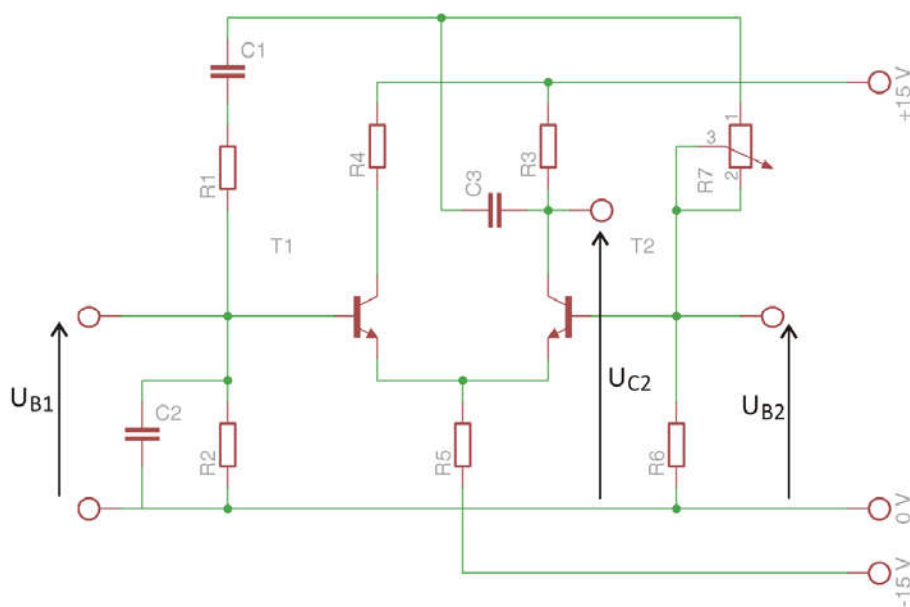
- 1) Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) przebieg sinusoidalny na wyjściu generatora.
- 2) Zmierzyć okres drgań generatora oraz obliczyć częstotliwość drgań.
- 3) Oszacować błędy wyznaczonych wartości.
- 4) Porównać ją z wartością obliczoną z zależności

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

przyjmując $R = 1 \text{ k}\Omega$, $C = 33 \text{ nF}$, oraz tolerancję elementów 10%

- 5) Zmierzyć przesunięcie fazy na kolejnych członach filtru RC. W tym celu tak dobrać podstawę czasu oscyloskopu, aby jeden okres generowanego przebiegu zajmował na ekranie zakres 6 działek. W tych warunkach jedna działka na osi poziomej oscyloskopu odpowiada zmianie kąta o 60° .
- 6) Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) przebiegi na wyjściu generatora, oraz na kolejnych członach filtru RC.
- 7) Wyznaczyć przesunięcie fazy, oraz tłumienie wnoszone przez każdy człon filtru RC.
- 8) Zbadać stabilność częstotliwości drgań generatora RC z przesuwnikiem fazy. Pomiary przeprowadzić w taki sam sposób jak dla generatora Meissnera.

3. GENERATOR RC Z MOSTKIEM WIENA.



Wykaz elementów:

$R_1 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_3 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_4 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_5 = 10 \text{ k}\Omega$

$R_6 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_7 = 10 \text{ k}\Omega$ (potencjometr)

$C_1 = 47 \text{ nF}$

$C_2 = 47 \text{ nF}$

$C_3 = 1 \mu\text{F}$

$T_1 = \text{tranzystor BC547}$

$T_2 = \text{tranzystor BC547}$

- 1) Kręcąc potencjometrem wieloobrotowym R_7 tak dobrać wartość ujemnego sprzężenia zwrotnego aby układ generował drgania sinusoidalne.
- 2) Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) przebiegi na kolektorze tranzystora T_2 , oraz kolejno na bazach tranzystorów T_1 oraz T_2 , zwracając uwagę na zależności fazowe między tymi przebiegami.
- 3) Wyznaczyć współczynniki przenoszenia napięciowego w pętli dodatniego (k_+) i ujemnego (k_-) sprzężenia zwrotnego.
- 4) Zmierzyć okres drgań generatora oraz obliczyć częstotliwość drgań.
- 5) Oszacować błędy wyznaczonych wartości.
- 6) Wyznaczoną częstotliwość drgań porównać z wartością obliczoną z zależności

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

przyjmując $R = 2 \text{ k}\Omega$, $C = 47 \text{ nF}$ oraz tolerancję elementów 10%

- 7) Z badać stabilność częstotliwości drgań generatora RC z mostkiem Wienera. Pomiary przeprowadzić w taki sam sposób jak dla generatora Meissnera.
- 8) Wyznaczyć częstotliwość drgań generatora RC z mostkiem Wienera, stosując metodę krzywych Lissajous. W tym celu: przełączyć oscyloskop na tryb pracy X-Y i do wejścia CH1 oscyloskopu podłączyć sygnał z badanego układu, a do wejścia CH2 sygnał z generatora referencyjnego. Częstotliwość generatora referencyjnego ustawić wstępnie na podstawie pomiarów wykonanych miernikiem częstotliwości.

LITERATURA

1. P. Horowitz, W. Hill "Sztuka elektroniki" Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2006
2. U. Tietze, C. Schenk " Układy półprzewodnikowe" Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2009
3. R. Śledziewski "Elektronika dla fizyków" Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1984
4. T. Stacewicz, A. Kotlicki "Elektronika w laboratorium naukowym" Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1994
5. Z. Kulka, M. Nadachowski "Liniowe układy scalone" Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 1979
6. M. Nadachowski, Z. Kulka "Analogowe układy scalone" Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 1985
7. T. Szczurek "Ćwiczenia Pracowni Elektronicznej II" Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 1994
8. M. Niedźwiecki, M. Rasiukiewicz "Nieliniowe elektroniczne układy analogowe" Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1994
9. A. Bielski, R. Ciuryło "Podstawy metod opracowania pomiarów" Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika 2001