

1 Sygnały

Zad 1. Wyznacz wartość średnią, średnia wyprostowaną i skuteczną sygnałów przedstawionych na rysunkach 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Zad 2. Miernik napięcia składa się z prostownika dwupołówkowego oraz miernika napięcia prądu stałego, który w przypadku pomiaru prądu zmiennego wskazuje wartość średnią. Miernik jest tak wyskalowany, że dla sygnału sinusoidalnego wskazuje poprawnie wartość skuteczną sygnału. Wylicz jaką wartość napięcia wskaże ten miernik dla sygnałów opisanych w zadaniu 1. **Wskazówka:** prostownik dwupołówkowy przekształca sygnał przyporządkowując mu jego wartość bezwzględną:

$y(t) = |x(t)|$, gdzie $y(t)$ – sygnał wyjściowy, $x(t)$ – sygnał wejściowy.

Zad 3. Rozwiąż zadanie 2 dla miernika wyposażonego w prostownik jednopółkowy.

Zad 4. Miernik napięcia składa się z prostownika dwupołówkowego oraz miernika wartości szczytowej napięcia dodatniego. Wyznacz wskazania miernika dla sygnałów z zadania 1, jeśli został poprawnie wyskalowany dla napięcia sinusoidalnego (o zerowej wartości średniej).

Zad 5. Miernik wyskalowany w wartościach skutecznych działa na zasadzie wyznaczania wartości średniej wyprostowanej (jak w zadaniu 2). Wyznacz błąd pomiaru wartości skutecznej sygnału trójkątnego i prostokątnego (rys.1 i 5), jeśli założymy, że dla sygnału sinusoidalnego przyrząd działa poprawnie.

Zad 6. Miernik szczytowy działa wg równania:

$y = \max(x(t))$, gdzie y – wartość szczytowa sygnału $x(t)$.

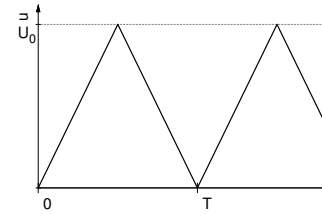
Miernik wyskalowany jest w wartościach skutecznych dla przebiegu sinusoidalnego. Jednak zbudowany jest tak, że ma prostownik dwupołówkowy z detektorem szczytowym. Przy pomiarze sygnałów z rysunków z zadania 1 wskazywał $U = 5 V$. Jaka jest rzeczywista wartość skuteczna?

Zad 7. Każdy sygnał $x(t)$ można przedstawić w postaci $x(t) = X_{AV} + x_r(t)$, gdzie $x_r(t)$ jest składową zmienną sygnału $x(t)$.

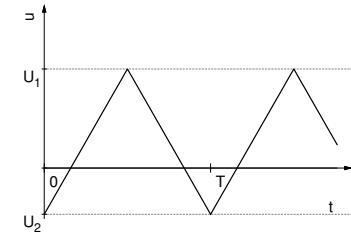
Udowodnij, że $X_{RMS}^2 = X_{AV}^2 + X_{rms}^2$, oraz, że: $X_{av} = 0$, gdzie:

$$X_{AV} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) dt \quad X_{RMS}^2 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x^2(t) dt$$

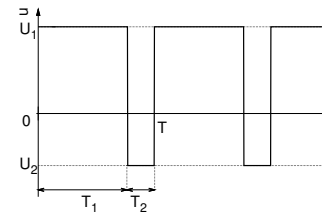
$$X_{av} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x_r(t) dt \quad X_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x_r^2(t) dt \quad x_r(t) = x(t) - X_{AV}$$



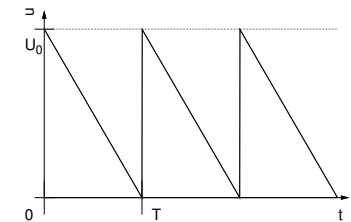
Rysunek 1. Sygnał trójkątny



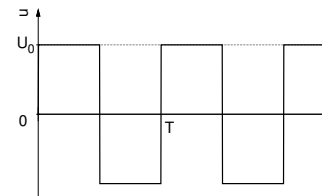
Rysunek 2. Sygnał trójkątny - przesunięty (offset)



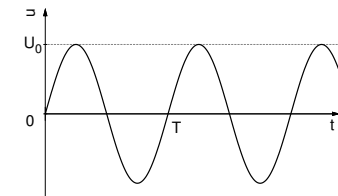
Rysunek 3. Sygnał prostokątny przesunięty o wypełnieniu $\frac{T_1}{T}$



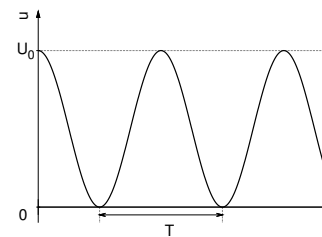
Rysunek 4. Sygnał piłokształtny



Rysunek 5. Sygnał prostokątny o wypełnieniu 50%



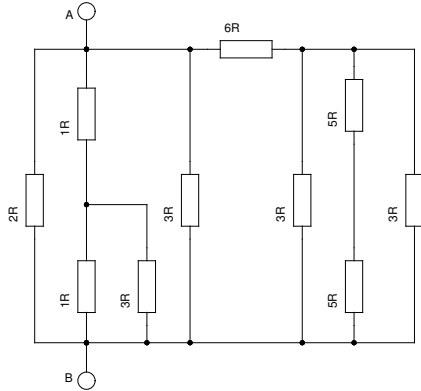
Rysunek 6. Sygnał sinusoidalny



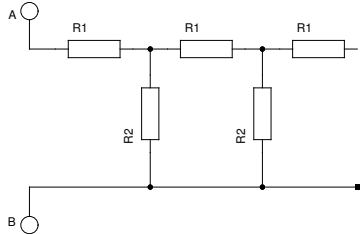
Rysunek 7. Sygnał sinusoidalny przesunięty (offset)

2 Obwody prądu stałego

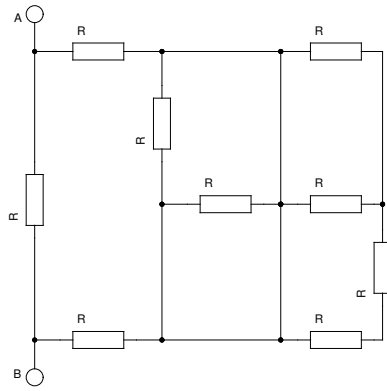
Zad 8. Obliczyć rezystancję zastępczą „widzianą” ze strony zacisków AB dla układów przedstawionych na rysunkach 8,9,10.



Rysunek 8. dany jest opornik R

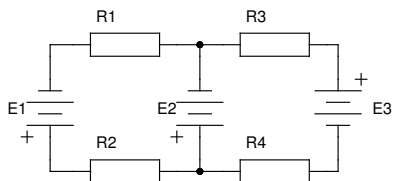


Rysunek 10. Nieskończony układ z rezystorami R1 i R2

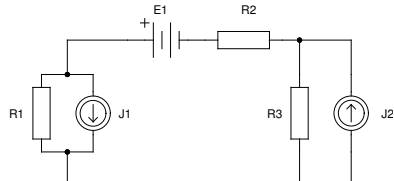


Rysunek 9. dany jest opornik R

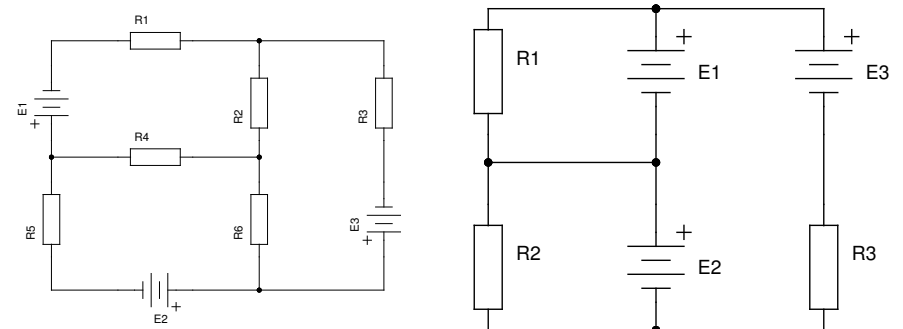
Zad 9. Obliczyć wartości prądów płynących przez poszczególne rezystory.



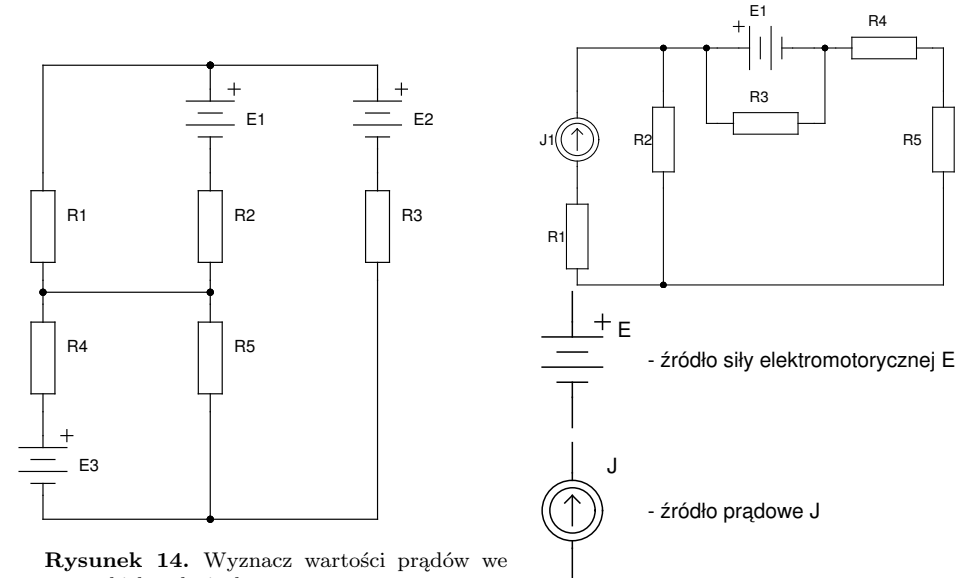
Rysunek 11. Wyznacz wartości prądów we wszystkich gałęziach



Rysunek 12. Wyznacz wartości prądów we wszystkich gałęziach



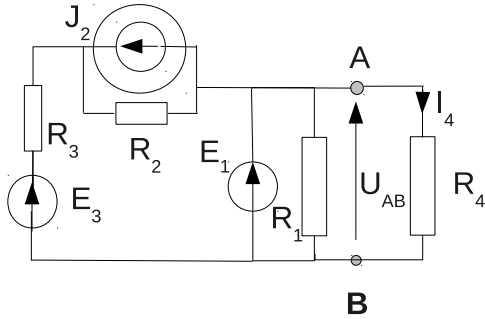
Rysunek 13. Wyznacz wartości prądów we wszystkich gałęziach



Rysunek 14. Wyznacz wartości prądów we wszystkich gałęziach

Rysunek 15. Wyznacz prądy dla schemat powyżej, poniżej - oznaczenia źródeł

Zad 10. Wyznacz, zastępcze źródło napięciowe względem zacisków AB dla układu z rys.16 oraz wartość prądu I_4 , płynąca w rezystorze $R_4 = 80\Omega$. Dane są: wydajność źródła prądowego, siły elektromotoryczne $E_1 = 5V$, $J_2 = 0,1A$, $E_3 = 4V$ i rezystancje $R_1 = 40\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 30\Omega$.



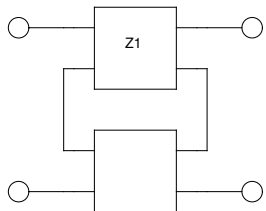
Rysunek 16. Rysunek do zadania 10

3 Wyznaczanie macierzy h , a , z i y

Zad 11. dla układów złożonych z dwóch układów opisanych macierzami Z i a udowodnij, że:

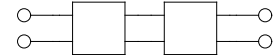
1. Dla połączenia szeregowego macierz Z spełnia równanie:

$$[Z] = [Z_1] + [Z_2]$$

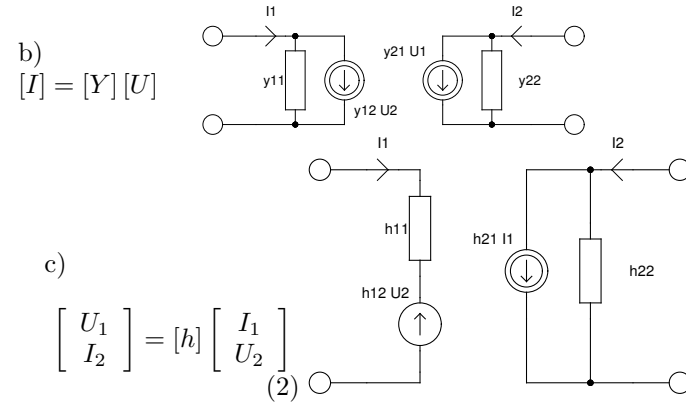
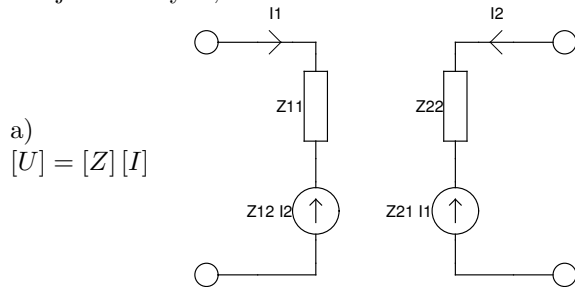


2. dla połączenia kaskadowego:

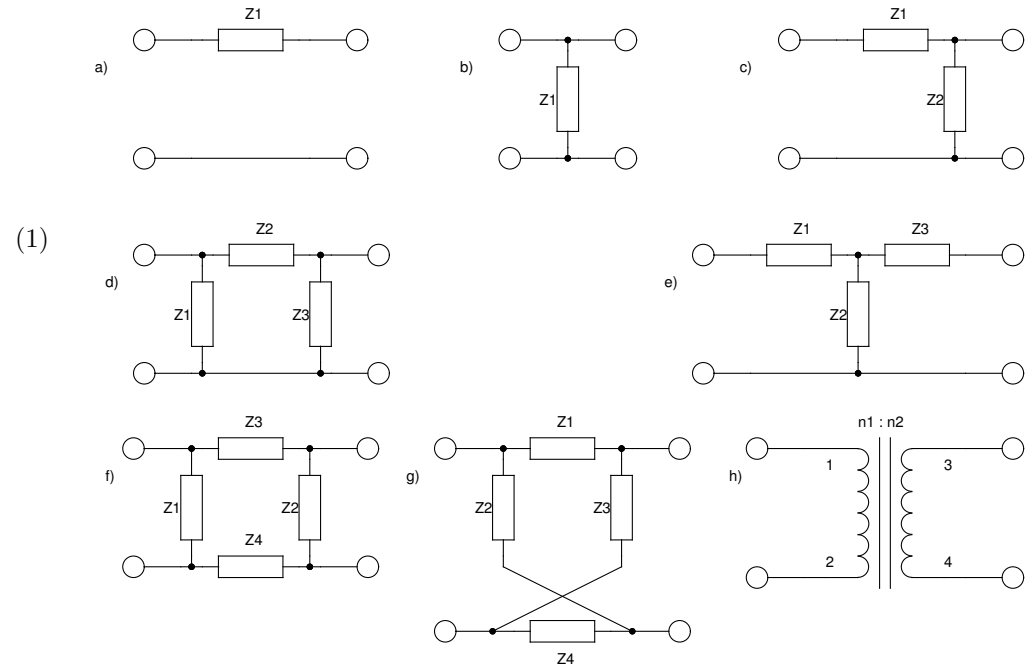
$$[a] = [a_1] \cdot [a_2]$$



Zad 12. Udowodnij, że można stosować następujące układy zastępcze dla reprezentacji macierzy Z , Y i h :



Zad 13. Wyznacz macierz h , a , z i y dla układów z rysunku 17:



Rysunek 17. Czworniki, zad. 13 i zad. 15

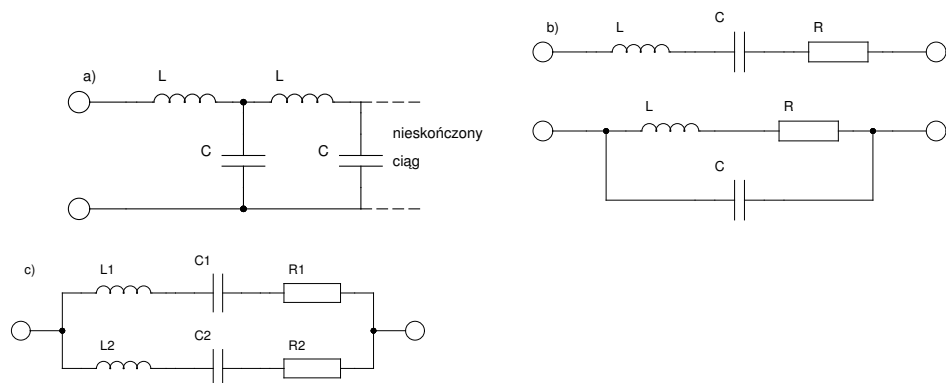
Zad 14. Wyznacz związki pomiędzy macierzami Z , h oraz a .

Zad 15. Wyznacz związek pomiędzy układami 17d) i 17e), tj. znajdź takie związki pomiędzy elementami, aby układy były równoważne, czyli miały takie same ele-

menty macierzowe h , z lub a . Otrzymane zależności noszą nazwę przekształcenia trójkąt – gwiazda.

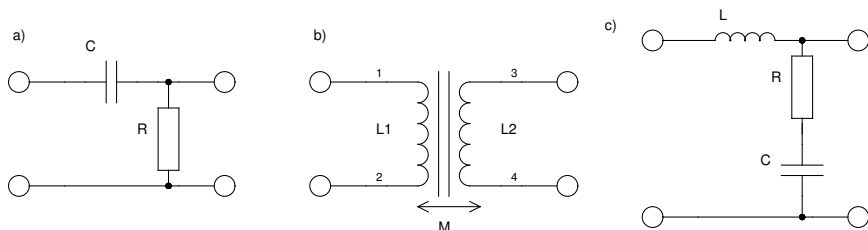
4 Prąd zmienny

Zad 16. Wyznacz impedancję układów przedstawionych na rys.18, narysuj zależność modułu i fazy impedancji od częstotliwości. Wykonaj wykres w skali logarytmicznej. Przyjmij następujące dane: $L = 10mH$, $C = 10nF$, $R = 1k\Omega$, $L_1 = 20mH$, $C_1 = 2nF$, $C_2 = 5nF$, $L_2 = 30mH$.



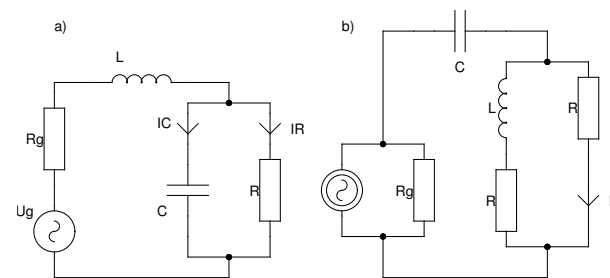
Rysunek 18. Wyznacz impedancję

Zad 17. Wyznacz transmitancję K oraz elementy macierzy h i z w funkcji częstotliwości układów przedstawionych na rys.19. Narysuj zależność modułu i fazy K , h i z od częstotliwości. Przyjmij następujące dane: $L = 10mH$, $C = 10nF$, $R = 1k\Omega$, $L_1 = 20mH$, $C_1 = 2nF$, $C_2 = 5nF$, $L_2 = 30mH$.



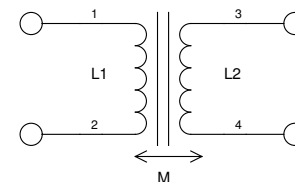
Rysunek 19. Wyznacz transmitancję czwórników

Zad 18. Wyznacz prądy w układach z rysunku 20, częstotliwość generatora $f = 1kHz$, $U = 1V$, $I = 1mA$:



Rysunek 20. Obwody prądu zmiennego

Zad 19. Transformator pokazany na rys.21 ma indukcyjność uzwojeń L_1 i L_2 a indukcyjność wzajemną uzwojeń M . Wyznacz elementy macierzowe h i z jeśli uzwojenia są nawinięte zgodnie oraz przeciwnie.



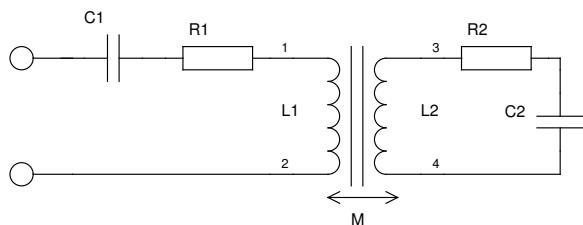
Rysunek 21. Transformator

Zad 20. Dwie cewki mają indukcyjność uzwojeń L_1 i L_2 oraz indukcyjność wzajemną M . Wyznacz indukcyjność układu szeregowego połączenia tych indukcyjności. Uzasadnij, że układ takich cewek można narysować jako transformator (rys.21).

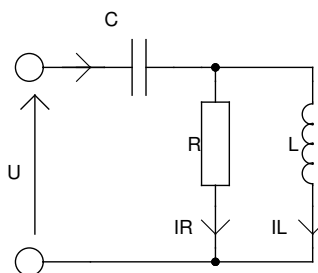
Zad 21. Wyznacz charakterystykę częstotliwościową i częstotliwość rezonansową układu 22:

Zad 22. Wyznacz różnicę faz prądów płynących w indukcyjności i rezystorze (i_L i i_R) w układzie na rys.23, jeżeli prąd dwójnika jest w fazie z napięciem na dwójniku, a wartości skuteczne i_L i i_R są takie same i równe $1mA$. Dany jest rezystor $R = 1k\Omega$. Wyznacz napięcie i prąd płynący przez dwójnik.

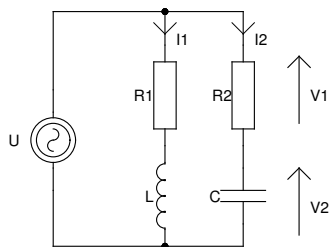
Zad 23. Wydajność prądowa źródła prądowego $j(t)$ na rys.24 jest w fazie z napięciem $u(t)$ na źródle. Wskazania woltomierzy V_1 i V_2 są identyczne i równe $1V$ (wartości skuteczne). Wyznacz prądy i_1 i i_2 (amplitudy i fazy) jeżeli rezystor $R = 1k\Omega$.



Rysunek 22. Układ rezonansowy.

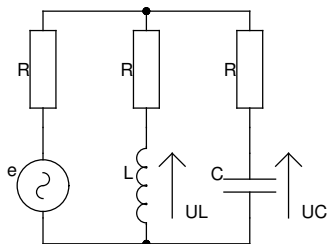


Rysunek 23. dwójnik LRC

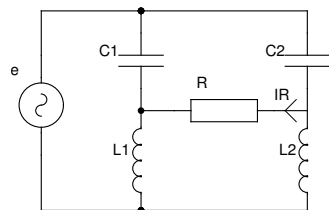


Rysunek 24. układ LR

Zad 24. W układzie na rys.25 napięcie na kondensatorze równe jest napięciu na indukcyjności (równe wartości skuteczne). Wyznacz wszystkie prądy i napięcia. Wykonaj rysunki zależności od czasu oraz wykresy wskazowe. Dane: $e(t) = 10 \cos(\omega t)$, $L = 1mH$, $C = 2nF$, $R = 1k\Omega$.



Rysunek 25. Układ równoległych połączeń RLC; narysuj wykresy wskazowy

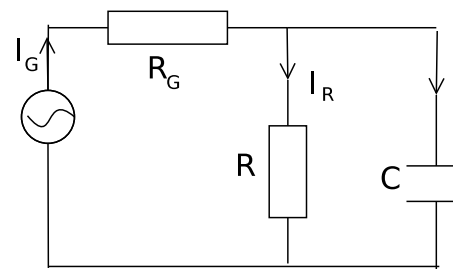


Rysunek 26. Układ mostkowy

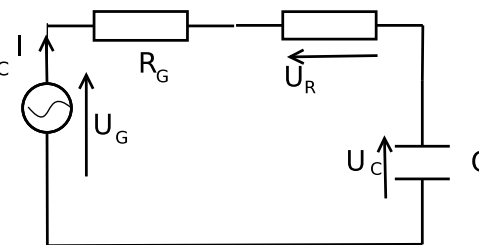
Zad 25. Dla jakich wartości L_1 , C_1 , L_2 , C_2 w układzie 26 przez rezystor R nie będzie płynął prąd? Zapisz równania opisujące prąd w rezystorze R pamiętając

o tym, że napięcia i prądy opisujemy liczbami zespolonymi. Wypisz warunki zerowania się prądu I_R w postaci zespolonej dla amplitudy i fazy. Wykonaj wykres wskazowy.

Zad 26. Układ równoległy RC 27 podłączono do generatora. Wyznacz różnicę faz pomiędzy prądem generatora I_G a prądem I_R rezystora R , jeśli wartość skuteczna prądu I_G jest n razy większa niż prądu I_R . Wyznacz częstotliwość generatora f_g jeśli pojemność $C = 1nF$, a opór $R = 5k\Omega$. Rezystancja wewnętrzna generatora $R = 500\Omega$. Wykonaj obliczenia dla $n=2$.



Rysunek 27. Wyznacz różnicę faz pomiędzy prądami I_G i I_R



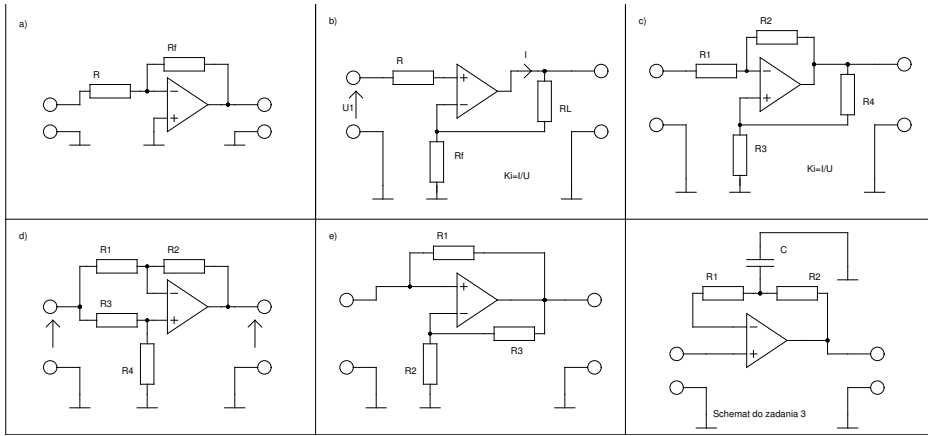
Rysunek 28. Wyznacz różnicę faz pomiędzy prądami U_G i U_R

Zad 27. Układ szeregowy RC 28 podłączono do generatora. Wyznacz różnicę faz pomiędzy napięciem generatora U_G a napięciem U_R na rezystorze rezystora R , jeśli wartość skuteczna napięcia U_G jest n razy większa niż napięcia U_C . Wyznacz częstotliwość generatora f_g jeśli pojemność $C = 1nF$, a opór $R = 5k\Omega$. Rezystancja wewnętrzna generatora $R = 500\Omega$. Wykonaj obliczenia dla $n=2$.

Zad 28. Rozwiąż zadanie 27 i 26 wliczając zespolone prądy i napięcia. Pokaż warunek dla fazy i amplitudy sygnałów odpowiednio prądowych i napięciowych.

5 Wzmacniacze operacyjne

Zad 29. Wyznacz wzmocnienie stałoprądowe układów wzmacniaczy przedstawionych na rys.29. Załóż, że wzmacniacz operacyjny jest idealny. Wyprowadź rozwiązanie uproszczone oraz zależne od współczynnika wzmocnienia A wzmacniacza operacyjnego. Wyznacz rezystancje wejściowe i wyjściowe układu przy założeniu wzmacniacza idealnego oraz przy założeniu R_w (rezystancji wejściowej) i R_{wy} wzmacniacza.



Rysunek 29. Układy ze wzmacniaczem operacyjnym

Zad 30. Wyznacz charakterystyki częstotliwościowe wzmacniaczy z zadania 29 przy założeniu, że rzeczywisty wzmacniacz ma wzmocnienie zależne od częstotliwości ω opisane równaniem:

$$A(\omega) = \frac{A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_g}}$$

gdzie częstotliwość graniczna $f_g = 10\text{Hz}$, $A_0 = 10^6$, gdzie $\omega_g = 2\pi f_g$.

Zad 31. Wyznacz zależność wzmocnienia od częstotliwości układów przedstawionych na schematach 30. Narysuj zależność od częstotliwości, wartości wzmocnienia i przesunięcia fazowego. Przyjmij następujące dane $C = 1\text{nF}$, $R = 10\text{k}\Omega$, $R_f = 100\text{k}\Omega$, $C_1 = 2\text{nF}$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 100\text{k}\Omega$.

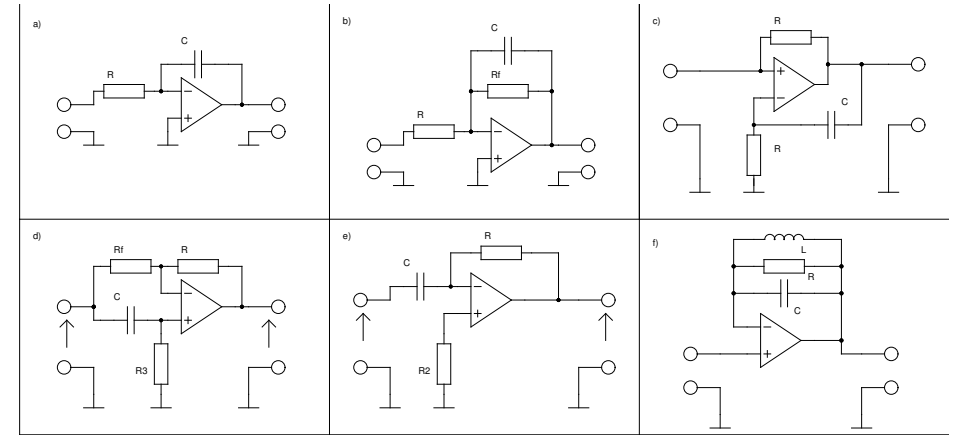
załóż, że wzmacniacz operacyjny opisany jest równaniem z zadania 30:

$$A(\omega) = \frac{A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_g}}$$

Zad 32. W układzie z rys. 31 wyznacz zależność napięcia wyjściowego od czasu. Przy jakich założeniach wzmacniacz operacyjny jest liniowy? $U_1(t) = 0,1\text{V} \cos(\omega t)$, $U_2(t) = 0,2 \cos(\omega t + \pi)$, $R = 10\text{k}\Omega$, $R_f = 100\text{k}\Omega$

Zad 33. Wykazać, że układ z rys. 31b (układ prawy) zachowuje się jak źródło prądowe o wydajności 1mA . W jakim zakresie opornika R_L układ działa poprawnie?

Zad 34. Wzmacniacz operacyjny ma rezystancje pomiędzy wejściami $+$ i $-$ R_w . Udowodnij, że oporność wejściowa układu z rys.32 wynosi $R_w \cdot A_0 / K$, A_0 – wzmocnienie przy otwartej pętli, K – wzmocnienie układu.

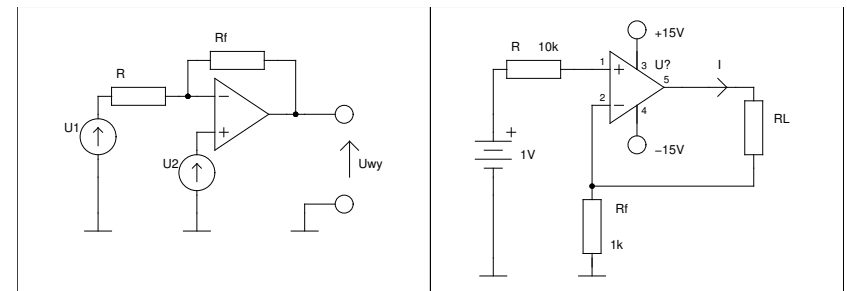


Rysunek 30. Układy wzmacniaczy filtrujących (filtry).

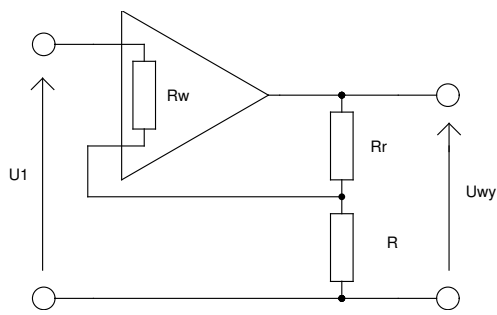
Zad 35. Wzmacniacz operacyjny ma rezystencję wyjściową r_{wy} . Wylicz rezystencję wyjściową układu z rysunku 32. Dane są: A_0 – wzmocnienie przy otwartej pętli, oraz rezystory $R - r$ i R .

Zad 36. Wyprowadź wzór na rezystancję wyjściową układu 33 dla danych R_1, R_2, R_3, R_4 . Dla jakich wartości rezystorów R_1, R_2, R_3, R_4 prąd wyjściowy nie zależy od rezystancji obciążenia R_0 ? Wyznacz rezystancję wyjściową jeśli uwzględnić rezystancję wyjściową wzmacniacza operacyjnego.

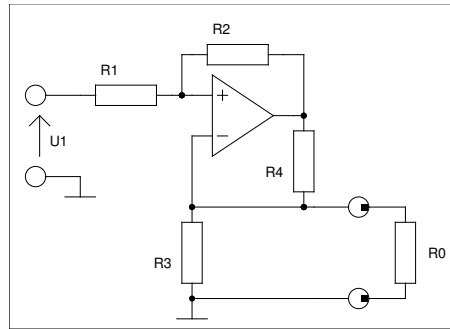
Zad 37. Wyznacz charakterystykę częstotliwościową układów z rys.34 przedstawionych poniżej. Wykonaj obliczenia dla danych rezystorów dla idealnego wzmacniacza oraz dla wzmacniacza o danej wartości częstotliwości granicznej f_g



Rysunek 31. Badanie zakresu liniowości wzmacniacza. Układ lewy - wzmacniacz odejmujący sygnały, układ prawy - źródło prądowe

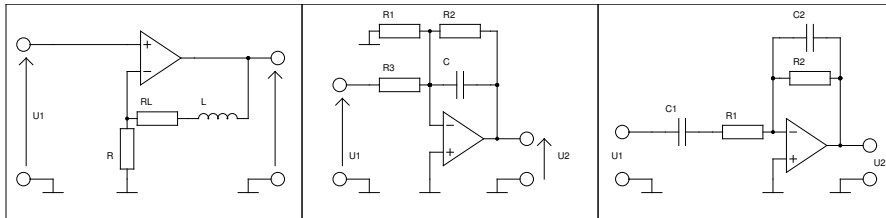


Rysunek 32. Rezystancja wejściowa i wyjściowa wzmacniacza

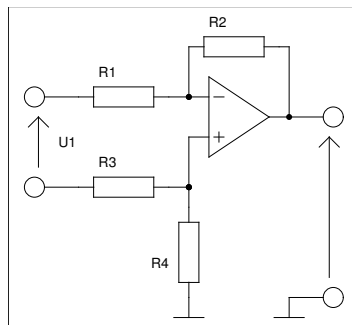


Rysunek 33. Rezystancja wyjściowa źródła prądowego

i wzmocnienia w otwartej pętli A_0 . Naskicuj wykresy w skali logarytmicznej.



Rysunek 34. Układy ze sprzężeniem zależnym od częstotliwości

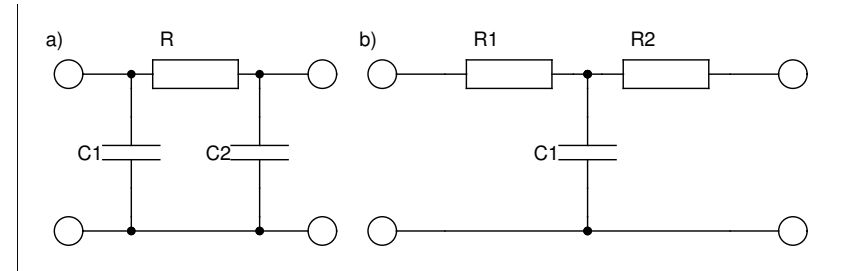


Rysunek 35. Wzmacniacz różnicowy

Zad 38. Dla wzmacniacza o wejściu symetrycznym z rys.35 wyznacz wzmocnienie

dla zadanych rezystancji R_1, R_2, R_3, R_4 . Jakie muszą spełniać warunki, aby napięcie wyjściowe nie zależało od sygnału wspólnego (od sumy sygnałów U_+ i U_-)?

Zad 39. Wzmacniacz operacyjny ma sprzężenie zwrotne zrealizowane na czwórniku (dwa przypadki przedstawionym na rys.36. Wyprowadź wzory i wykreśl charakterystykę czwornika oraz tak zbudowanego wzmacniacza. Dane są rezystory i kondensatory.



Rysunek 36. Czwórnik realizujący sprzężenia zwrotne

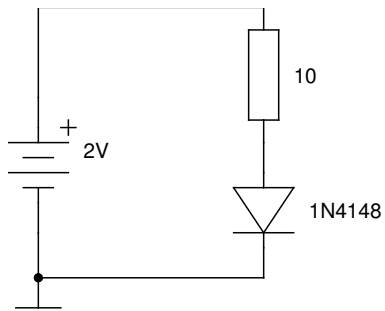
6 Układy nieliniowe, diody

Zad 40. Wyznacz punkt pracy (napięcie i natężenie prądu) diody półprzewodnikowej pracującej w układzie przestawionym na rys.37

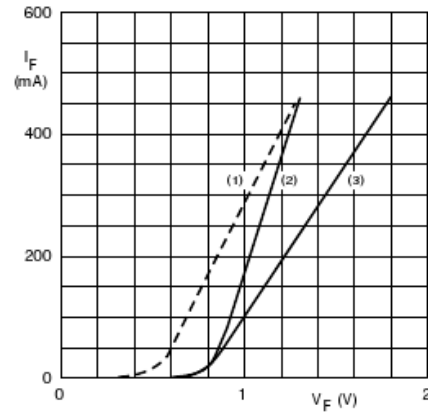
Zad 41. Zmodyfikuj układ z rysunku 37 tak, aby zamiast baterii było źródło napięcia będącego sumą składowej zmiennej (o amplitudzie U_a i składowej stałej U_0). Przeprowadź analizę, w jaki sposób zmieni się napięcie na diodzie w funkcji zmian napięcia (składowej zmiennej). Wyznacz składowa stała napięcia na diodzie oraz amplitudę składowej zmiennej.

Zad 42. Omów zasadę działania poniższego układu, w zależności o amplitudy sygnału podawanego na wejściu.

Zad 43. Dioda Zenera wykorzystywana jest w stabilizacji napięcia (układ 40) ponieważ jej rezystancja dynamiczna w punkcie pracy (tj. dla napięcia większego od napięcia przebicia) ma małą rezystancję. Na wejściu układu napięcie U_w jest sumą składowej stałej U_0 i składowej zmiennej o amplitudzie ΔU_w . Wyznacz stosunek składowej zmiennej na wyjściu ΔU do wartości składowej zmiennej na wejściu: $k = \frac{\Delta U_w}{\Delta U}$. Dany jest rezystor $R = 0.3k\Omega$ oraz rezystancja diody Zenera $R_z = 120\Omega$.



Rysunek 37. Schemat szeregowego połączenia diody z rezystorem

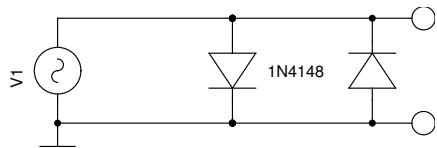


(1) $T_j = 175\text{ }^\circ\text{C}$: typical values.
 (2) $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$: typical values.
 (3) $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$: maximum values.

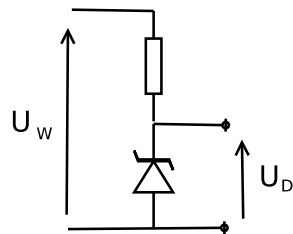
Rysunek 38. Charakterystyka diody 1N4148

7 Tranzystory

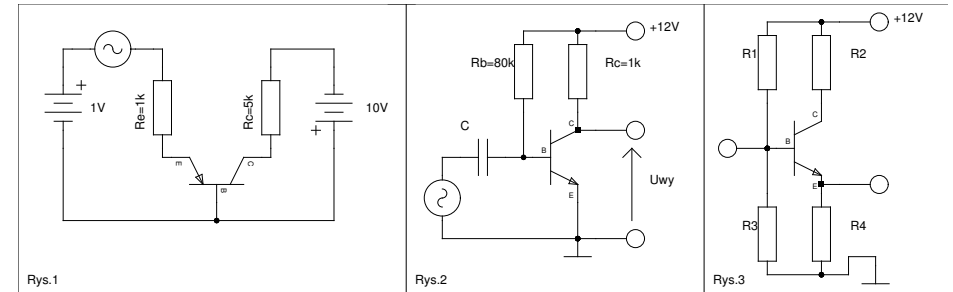
Zad 44. Prąd emitera i kolektora tranzystora złączowego NPN zmierzono amperomierzem klasy 0,1% na zakresie 2mA i uzyskano wartości $I_E = 1,011\text{mA}$ i $I_C = 1,000\text{mA}$ (rys.41, nr.1). Oblicz wartość wzmacnienia prądowego β wraz z błędem.



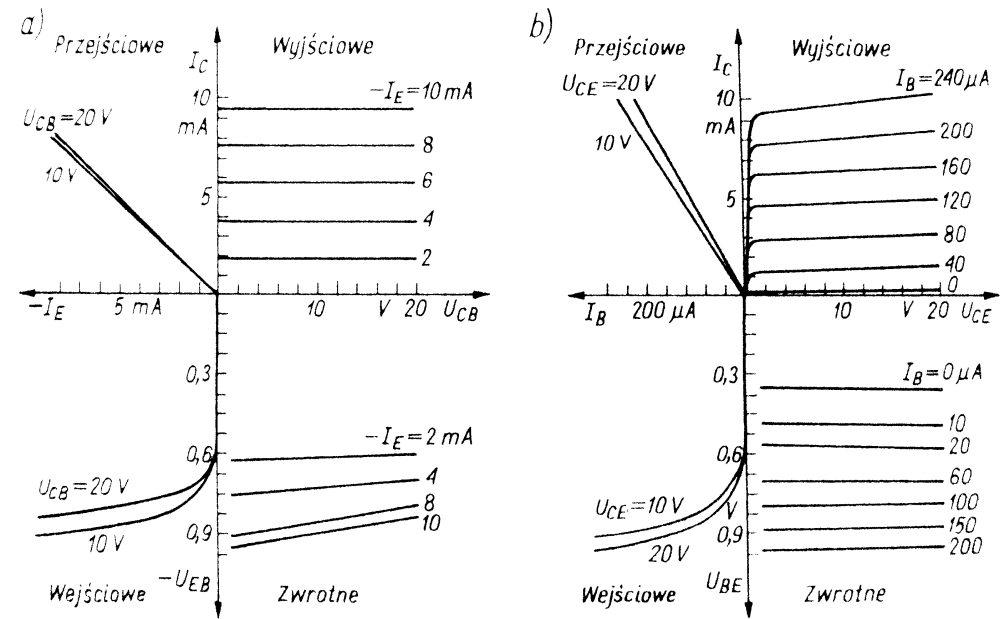
Rysunek 39. Układ dwóch diod



Rysunek 40. Stabilizator z dioda Zenera



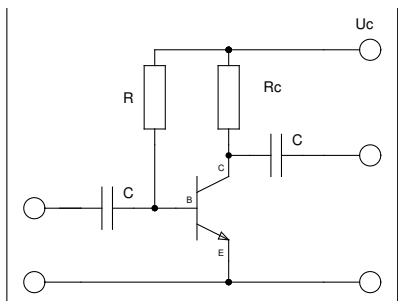
Rysunek 41. Układ pomiarowy prądu emitera i kolektora



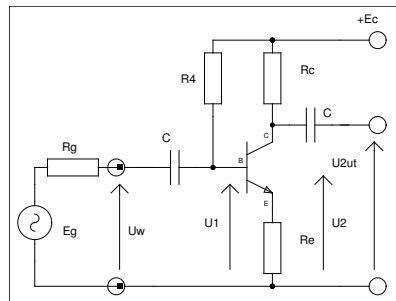
Rysunek 42. Cztery rodziny charakterystyk statycznych tranzystora bipolarnego NPN w układzie a – wspólnej bazy; b – wspólnego emitera.

Zad 45. Do wzmacniacza w układzie o wspólnym emiterze, przedstawionym na schemacie 2 (rys.41), podłączone generator ustawiony tak, że napięcie generatora wynosi $U = 1\text{mV}$. Oblicz wartości stałoprądowe prądu bazy, emitera i kolektora, napięcia kolektor-emiter oraz wartość skuteczną składowej zmiennej prądu kolektora i napięcia kolektor-masa. Charakterystyki wejściowe, przejściowe i wyjściowe tranzystora dane są na rysunku 42.

Zad 46. Zaprojektuj oporniki R i R_C w układzie z tranzystorem NPN (rys. 43) o wspólnym emiterze. Punkt pracy wynosi $I_C = 1mA$, $U_{CE} = 1,5V$. Napięcie zasilania $E_C = 3V$. Przyjmij, że wzmocnienie prądowe tranzystora nie zależy od prądu i wynosi $\beta = 100$ oraz załóż, że napięcie baza-emiter $U_{BE} = 0,7V$ też nie zależy od prądu.

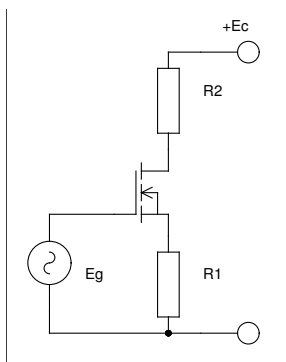


Rysunek 43. Wzmacniacz tranzystorowy.

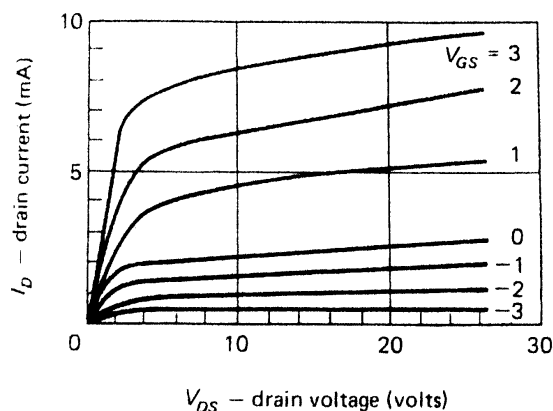


Rysunek 44. Wzmacniacz tranzystorowy z opornikiem emiterowym

Zad 47. Wyznacz wzmocnienie napięciowe układu zaprojektowanego w zadaniu 46.



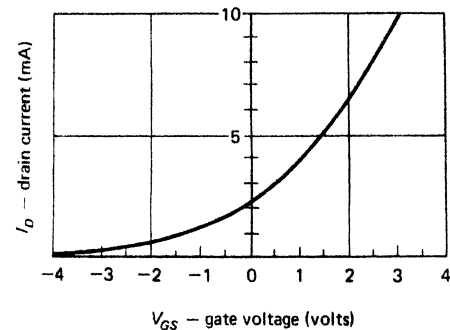
Rysunek 45. Wzmacniacz z tranzystorem polowym



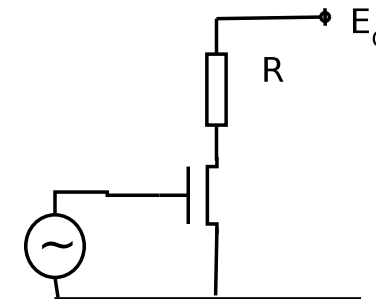
Rysunek 46. Charakterystyka wyjściowa tranzystora polowego

Zad 48. Dla tranzystora opisanego charakterystyką wyjściową (rys. 46) narysuj charakterystykę przejściową $I_D = f(U_{GS})$.

Zad 49. Dla układu wzmacniacza z rys. 45 z tranzystorem polowym o charakterystyce wyjściowej z rys. 46 zaprojektuj rezystor tak, aby punkt pracy wynosił $U_{GS} = 0V$, $I_D = 2mA$, $E_C = 20V$ z rys.



Rysunek 47. Charakterystyka przejściowa tranzystora polowego



Rysunek 48. Wzmacniacz z tranzystorem FET i jednym opornikiem

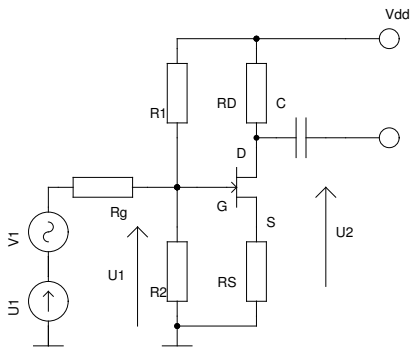
Zad 50. Wzmacniacz wykonany na tranzystorze polowym wg. schematu z rys. 48 ma opornik $R = 5k\Omega$ i napięcie zasilania $E_C = 10V$. Wyznacz wzmocnienie napięciowe dla charakterystyki z rys. 47.

8 Zadania uzupełniające

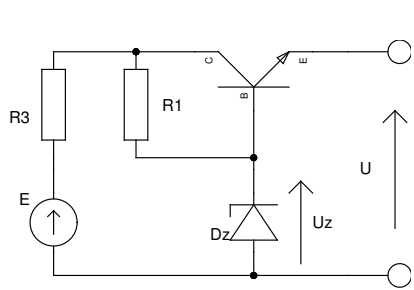
Zad 51. Wyznacz punkt pracy złączonego tranzystora polowego typu BF245 wg. układu z rys. 49. Oblicz wzmocnienie tego wzmacniacza. Przyjmij charakterystyki tranzystora z poprzednich ćwiczeń, rysunki 47 oraz 46.

Zad 52. Opisz zasady projektowania stabilizatora kompensacyjnego z rysunku 50. Dane są parametry tranzystora i diody Zenera. Określ zmianę napięcia wyjściowego od zmiany prądu i wylicz rezystancje wyjściową. Załóż, że napięcie wejściowe E ma składowa stała i zmienną. Wylicz współczynnik tłumienia składowej zmiennej (stosunek amplitudy składowej zmiennej napięcia wyjściowego do wejściowego).

Zad 53. Zbadaj zachowanie wzmacniacza różnicowego 51. Załóż, że: $U_{we2} = 0V$ a U_{we1} - zmienia się od $-3V$ do $3V$ Określ stan pracy tranzystorów Q_1 i Q_2 ,



Rysunek 49. Układ wzmacniacza FET



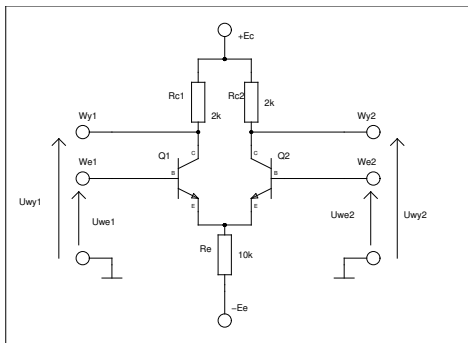
Rysunek 50. Stabilizator kompensacyjny z diodą zenera

wyznacz prąd I_e płynący przez opornik R_e , określ oraz napięcia U_{wy1} i U_{wy2} dla następujących zakresów: 1) $U_{we1} < -80mV$, 2) $-80mV < U_{we1} < 80mV$ 3) $80mV < U_{we1} < U_{weSAT}$ 4) $U_{we1} > U_{weSAT}$

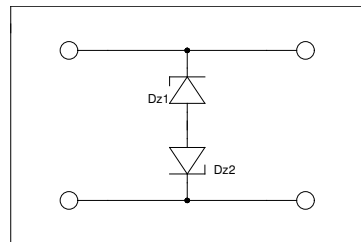
Zad 54. Opisz działanie tego układu zbudowanego z dwóch diod Zenera rys.52. Przyjmij napięcie Zenera diod 5,1V. Pokaż zasadę obcinania sygnału.

Zad 55. Narysuj schematy zastępcze dla średnich częstotliwości, wzmacniaczy z tranzystorem unipolarnym w konfiguracji a) CS (common source - wspólne źródło) i b) CD (common drain - wspólny dren) (rys. 53. Wyznacz wzmocnienie napięciowe K_u oraz oporność wyjściową R_{wy} .

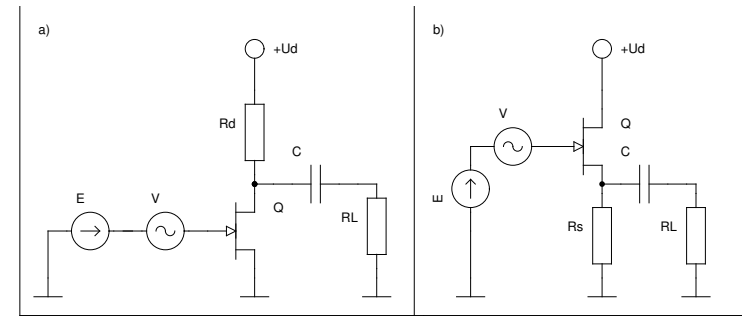
Zad 56. Wyznacz punkt pracy tranzystora polowego JFET w układzie polaryzacji potencjometrycznej, gdzie charakterystyka przejściowa dana jest wzorem: $I = g(U - U_d)^2$.



Rysunek 51. Układ wzmacniacza różnicowego



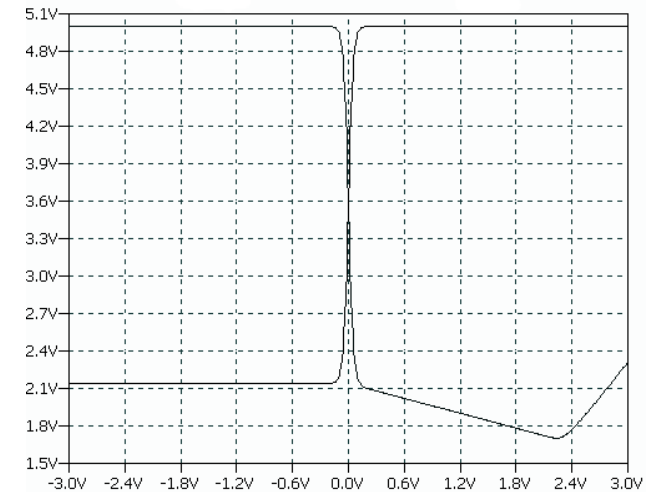
Rysunek 52. Układ obcinający na diodach Zenera



Rysunek 53. Wzmacniacze z FET

Zad 57. Dla układu wzmacniacza różnicowego 51 wyznacz:

- małosygnałowe wzmocnienie napięciowe dla wejścia asymetrycznego ($U_{we2} = 0V$)
- małosygnałowe wzmocnienie napięciowe sygnału sumacyjnego dla $U_{we2} = 0V$



Rysunek 54. Charakterystyka wzmacniacz różnicowego