„EUROELEKTRA”

Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej

Rok szkolny 2013/2014

Zadania z elektroniki na zawody II stopnia
(grupa elektroniczna)

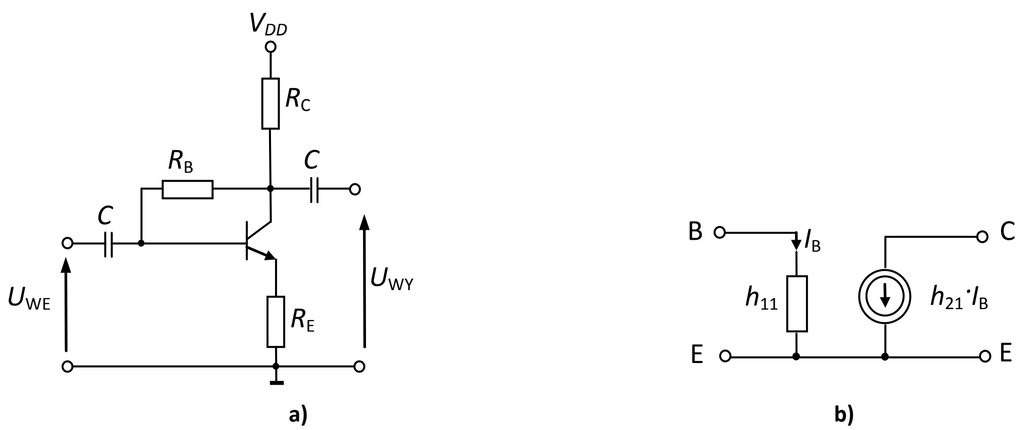
Zadanie 1.

Oblicz rezystancję wejściową R_{we} wzmacniacza przedstawionego na rysunku 1a. Określ wpływ na wartość tej rezystancji: napięciowego równoległego ujemnego sprzężenia zwrotnego wprowadzonego przez rezystancję R_B oraz prądowego szeregowego ujemnego sprzężenia zwrotnego wprowadzonego przez rezystancję R_E.

Dane: Parametry hybrydowe tranzystora w układzie OE wynoszą: h_{11e}=1 kΩ, h_{12e}=0, h_{21e}=50, h_{22e}=0. Wartośći rezystancji są następujące: R_B=220 kΩ, R_C=5 kΩ, R_E=50Ω. Dla częstotliwości sygnału przyjąć, że X_C≈0.

Do wyliczeń można posłużyć się uproszczonym modelem małosygnałowym tranzystora pracującego w układzie OE pokazanym na rysunku 1b.

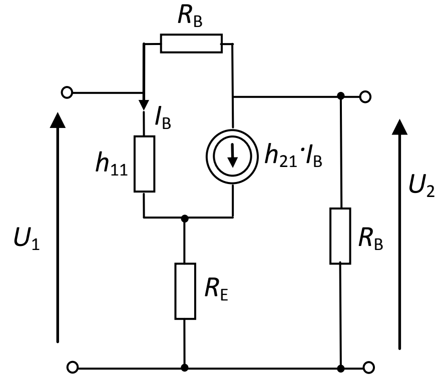
Uwaga: Porównaj uzyskane wynikiR_{we}dla 4 przypadków, tj. wzmacniacza z (R_B=220 kΩ, R_E=50Ω), wzmacniacza bez sprzężeń zwrotnych (R_B=∞, R_E=0) , dla wzmacniacza tylko z napięciowym równoległym sprzężeniem zwrotnym (R_B=220 kΩ, R_E=0) i wzmacniacza tylko z prądowym szeregowym sprzężeniem zwrotnym (R_B=∞, R_E=50Ω).



Rysunek 1. Schemat układu do zadania 1

Odpowiedź:

W celu obliczenia danych narysujemy schemat małosygnałowy układu.



Rezystancja wejściowa wzmacniacza równa jest:

$$R_{we} = \frac{(R_B + R_C)[h_{11} + (1 + h_{21})R_E]}{h_{11} + (1 + h_{21})(R_C + R_E) + R_B} = 1669\Omega$$

Rezystancja wejściowa wzmacniacza bez sprzężeń zwrotnych, tj. dla $R_B = \infty$ i $R_E = 0$ wynosi:

$$R_{we} = h_{11} = 1\text{k}\Omega$$

dla $R_E = 0$ i $R_B \neq 0$

$$R_{we} = h_{11} \frac{(R_B + R_C)}{h_{11} + R_C(1 + h_{21}) + R_B} = 470\Omega$$

Sprzężenie zwrotne napięciowe równoległe zmniejsza rezystancję wejściową wzmacniacza.

dla $R_E \neq 0$ i $R_B = \infty$, po przekształceniach

$$R_{we} = \left. \frac{\left(1 + \frac{R_C}{R_B}\right)[h_{11} + (1 + h_{21})R_E]}{\frac{h_{11}}{R_B} + (1 + h_{21})\left(\frac{R_C + R_E}{R_B}\right) + 1} \right|_{dla_{R_B = \infty}} = h_{11} + (1 + h_{21})R_E = 3550\Omega$$

Sprzężenie zwrotne prądowo szeregowe zwiększa rezystancję wejściową wzmacniacza.

Zadanie 2.

Termistor jest rezystorem półprzewodnikowym, którego rezystancja zależy od temperatury zgodnie z poniższą zależnością:

$$R(T) = R_0 \cdot e^{\frac{Wg}{2 \cdot k \cdot T}} \; [\Omega],$$

gdzie: R_0 – stała termistora $[\Omega]$,

Wg – szerokość pasma przerwy zabronionej materiału, z którego wykonany jest termistor [eV],

$k = 8{,}617 \cdot 10^{-5}$[eV/K] – stała Boltzmanna,

T – temperatura termistora [K].

Dysponując następującymi danymi: $R = 100\ \Omega$ w temperaturze 27 ^{o}C, szerokość pasma przerwy zabronionej W_g =1,43 eV, wykonaj następujące polecenia:

a) wyznaczstałątermistoraR_0,
b) wyznacz współrzędne, co najmniej pięciu punktów charakterystyki rezystancji w funkcji temperatury $R = f(T)$ tego termistora oraz sporządź jej wykres,
c) wyprowadź wzór opisujący czułość temperaturową termistora $S_T = \frac{\partial R(T)}{\partial T} \left[\frac{\Omega}{\mathrm{K}}\right]$,
d) określ materiał z jakiego jest on wykonany, a odpowiedź uzasadnij.

Odpowiedź:

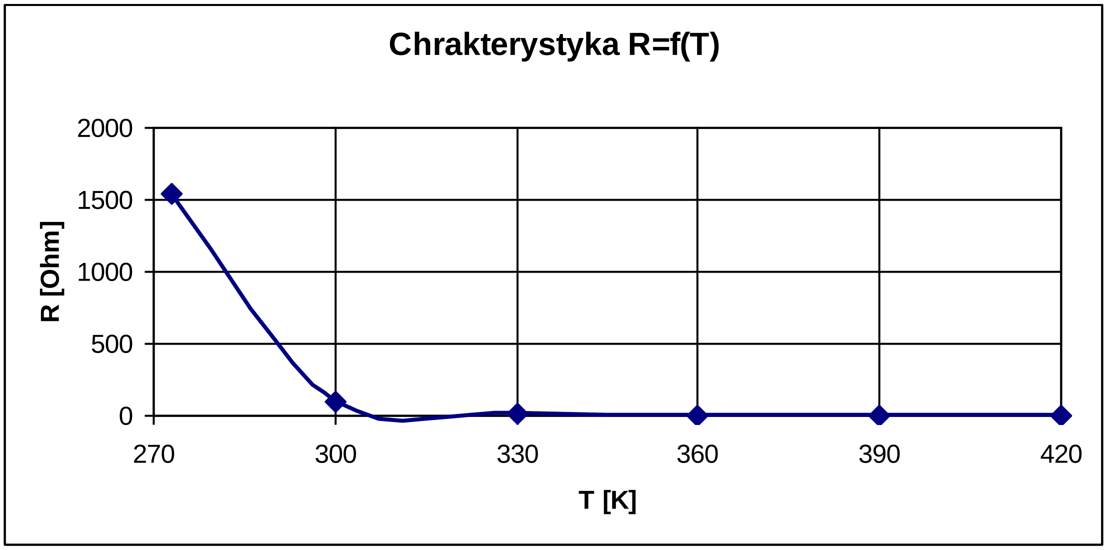
Dysponując następującymi danymi: $R = 100\ \Omega$ w temperaturze 27 ^{o}C, szerokość pasma przerwy zabronionej W_g =1,43 eV, wykonaj następujące polecenia:

a) wyznaczstałątermistoraR_0

$$R_0 = \frac{R}{e^{\frac{Wg}{2 \cdot k \cdot T}}} = \frac{100}{e^{\frac{1{,}43}{2 \cdot 8{,}617 \cdot 10^{-5} \cdot 300}}} = 9{,}73 \cdot 10^{-11}\,[\Omega]$$

b) wyznacz współrzędne, co najmniej pięciu punktów charakterystyki rezystancji w funkcji temperatury $R = f(T)$ tego termistora oraz sporządź jej wykres,

T[K]	273	300	330	360	390	420
R[Ω]	1541,68	100,00	8,01	1,00	0,17	0,04



c) wyprowadź wzór opisujący czułość temperaturową termistora $S_T = \frac{\partial R(T)}{\partial T} \left[\frac{\Omega}{\mathrm{K}}\right]$

$$S_T = \frac{\partial R(T)}{\partial T} = -\frac{R_0 \cdot Wg}{2 \cdot k \cdot T^2} \cdot e^{\frac{Wg}{2 \cdot k \cdot T}} \left[\frac{\Omega}{\mathrm{K}}\right]$$

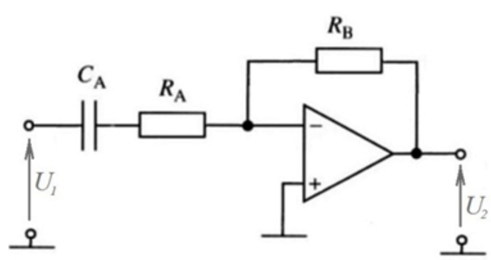
d) określ materiał z jakiego jest on wykonany, a odpowiedź uzasadnij

Termistor jest wykonany z GaAs (arsenku galu), ponieważ szerokość pasma przerwy zabronionej *Wg* wynosi 1,43 eV.

Zadanie 3.

Dla układu różniczkującego przedstawionego na rysunku 2, który zbudowano na idealnym wzmacniaczu operacyjnym wyznaczyć transmitancję napięciową oraz obliczyć moduł wzmocnienia K_u i przesunięcie fazy φ_u dla częstotliwości f=1kHz i 10 kHz (sygnał sinusoidalny).

Dane: R_A=10 kΩ, R_B=100 kΩ,C_A=10 nF



Rysunek 2. Schemat układu do zadania 3

Odpowiedź:

Wzmacniacz jest idealny więc prąd wejścia jest równy prądowi płynącemu przez R_B oraz napięcie w węźle (-) wynosi 0V, stąd $I_1=U_1/Z_1$ ($Z_1=R_A+1/j\omega C_A$) , $I_2=-U_2/R_B$
z równości $I_1= I_2$ wynika, że $U_2/U_1==R_B/Z_1$, po podstawieniu Z_1 i uporządkowaniu równania trzymamy

$U_2/U_1 == \frac{j\omega R_B C_A}{1+j\omega R_A C_A}$ wygodnie jest podstawić $\omega_1=1/R_AC_A$, $\omega_2=1/R_BC_A$,

Wtedy $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{j\omega/\omega_2}{1+j\omega/\omega_1}$ po pomnożeniu licznika i mianownika przez $(1-j\omega/\omega_1)$ otrzymamy wyrażenie

$$\frac{U_2}{U_1} = -\frac{\frac{\omega^2}{\omega_1\omega_2} + j\frac{\omega}{\omega_2}}{1+(\frac{\omega}{\omega_1})^2}$$

Moduł wzmocnienia $\left|\frac{U_2}{U_1}\right| = \frac{\frac{\omega}{\omega_2}}{1+(\frac{\omega}{\omega_1})^2}\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_1})^2}$ a przesunięcie fazy $\varphi=\mathrm{arctg}\,(\omega_1/\omega)$

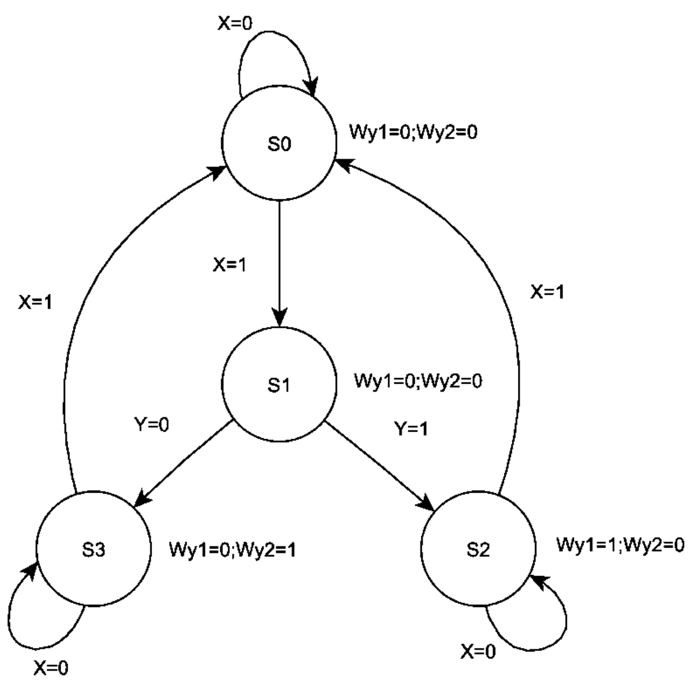
Wyniki obliczeń:

Dla 1kHz $\left|\frac{U_2}{U_1}\right| = 5{,}319$ φ=57,86 (φ= -122)

Dla 10kHz $\left|\frac{U_2}{U_1}\right| = 9{,}876$ φ=9,04 (φ= -171)

Zadanie 4.

Zaprojektuj z wykorzystaniem przerzutników D automat Moore'a zgodnie z grafem przedstawionym na rysunku 3. Na rysunku *X*,*Y* są to wejścia automatu, natomiast Wy1,Wy2 są to wyjścia automatu.



Rysunek 3. Graf stanów automatu do zadania 4

Odpowiedź:

Wyjścia:

	wyjścia	
Stan	Wy1	Wy2
S0	0	0
S1	0	0
S3	0	1
S2	1	0

Stan obecny		Następny Stan Q0Q1				Wyjścia	
Stan	q0q1	00	01	11	10	Wy1	Wy2
S0	00	00	01	01	00	0	0
S1	01	11	11	10	10	0	0
S3	11	11	00	00	11	0	1
S2	10	10	00	00	10	1	0

Dla Q0

YX / q0q1	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	1	0	0	1
10	1	0	0	1

$Q0 = \overline{q0}q1 + q0\bar{x}$

Dla Q1

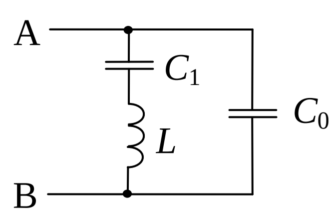
YX / q0q1	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	1	1	0	0
11	1	0	0	1
10	0	0	0	0

$Q1 = \overline{q0q1}\, x + \overline{q0}\, q1\, \bar{y} + q0\, q1\, \bar{x}$

$Wy2 = q0\, q1$

$Wy1 = q0\, \overline{q1}$

Zadanie 5.
Na rysunku 4 pokazany jest uproszczony schemat elektryczny bezstratnego rezonatora kwarcowego. Wykorzystując użyte zmienne C_1, C_0 i L wyznacz przedział częstotliwości, w którym impedancja widziana z pary zacisków AB, tj. Z_{AB}, ma charakter indukcyjny oraz przedział, w którym impedancja ta ma charakter pojemnościowy.



Rysunek 4. Schemat układu do zadania 5

Odpowiedź:

W dziedzinie zmiennej zespolone *s* impedancja widziana z zacisków AB określona jest wzorem

$$Z_{AB} = \frac{1}{sC_0 + \frac{1}{sL + \frac{1}{sC_1}}} = \frac{1}{sC_0 + \frac{sC_1}{s^2C_1L+1}} = \frac{s^2C_1L+1}{sC_0\left(s^2C_1L+1+\frac{C_1}{C_0}\right)} = \frac{1}{sC_0}\left\{\frac{s^2+\frac{1}{LC_1}}{s^2+\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_0}\right)}\right\} = \frac{1}{sC_0}\left\{\frac{s^2+\omega_L{}^2}{s^2+\omega_M{}^2}\right\}$$

W podanym wzorze współczynnik ω_M jest większy od ω_L, co wynika z nierówności

$$\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_0}>\frac{1}{C_1}$$

oraz wyrażeń opisujących te współczynniki w pokazanym wyżej równaniu.

Dokonując podstawienia $s=j\omega$, tzn. przechodząc do metody symbolicznej, podany wzór na impedancję Z_{AB} przyjmuje postać

$$Z_{AB}=\frac{-j}{\omega C_0}\left\{\frac{-\omega^2+\omega_L{}^2}{-\omega^2+\omega_M{}^2}\right\}=jX_{AB}$$

Impedancja Z_{AB} ma charakter pojemnościowy, gdy jej moduł (X_{AB}) jest ujemny. Jest tak wtedy, gdy pulsacja ω jest mniejsza od ω_L lub, gdy jest większa od ω_M. Pierwszy przypadek oznacza spełnienie nierówności

$$\omega<\omega_L<\omega_M\ ,$$

a drugi nierówności

$$\omega_L<\omega_M<\omega$$

Impedancja Z_{AB} ma charakter indukcyjny (X_{AB} przyjmuje wartości dodatnie), gdy pulsacja ω mieści się między ω_L, a ω_M, tzn., gdy

$$\omega_L<\omega<\omega_M$$

Opracował:
dr hab. inż. Ryszard Wojtyna, prof. UTP
dr inż. Łukasz Saganowski
dr inż. Stefan Stróżecki
dr inż. Tomasz Talaśka
dr inż. Sławomir Andrzej Torbus

Sprawdził:
dr inż. Tomasz Talaśka

Zatwierdził:
dr hab. inż. Sławomir Cieślik
Przewodniczący
Rady Naukowej Olimpiady