

„EUROELEKTRA”
Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej
Rok szkolny 2011/2012

Odpowiedzi do zadań dla grupy elektronicznej na zawody II stopnia (okręgowe)

1

Dana jest funkcja logiczna $f(x_3, x_2, x_1, x_0) = \Sigma(1, 3, 5, 7, 12, 13, 15 (4, 6, 9))^*$.

- a) Zminimalizuj (na ile jest to tylko możliwe) powyższą funkcję, korzystając z tablic Karnaugh.
 b) Narysuj schemat zminimalizowanej funkcji z wykorzystaniem tylko bramek NAND.

* Uwaga: Te podane cyfry w nawiasach: (4, 6, 9) odnoszą się do tzw. stanów „obojętnych”.

Odpowiedź:

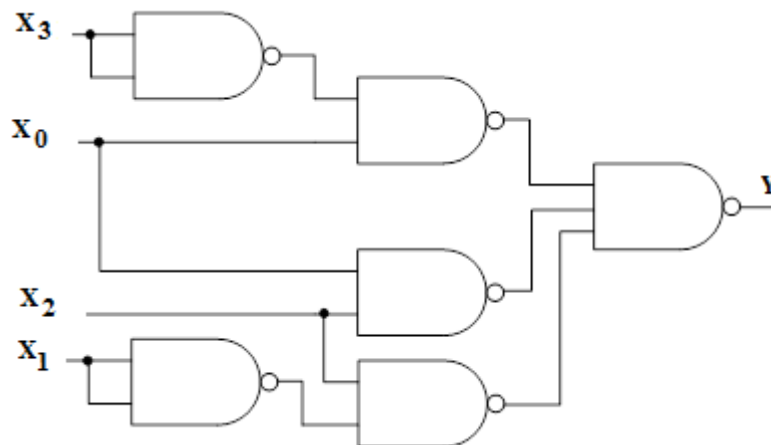
Podaną w zadaniu funkcję minimalizuje się przy wykorzystaniu pokazanej poniżej tablicy Karnaugh.

x_3x_2 x_1x_0	00	01	11	10
00		x	1	
01	1	1	1	x
11	1	1	1	
10		x		

Po minimalizacji uzyskuje się następującą funkcję:

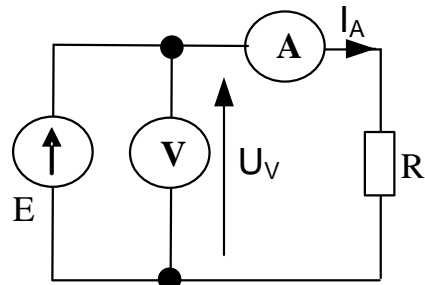
$$y = \overline{x_3} \cdot x_0 + x_2 \cdot x_0 + x_2 \cdot x_1$$

Równaniu temu odpowiada układ pokazany na rysunku poniżej.



* .Zadanie wykonać można również wykorzystując wyłącznie dwuwejściowe bramki NAND zgodnie z funkcją: $y = \overline{\overline{(x_3 \cdot x_0)} \cdot \overline{(x_2 \cdot (x_0 \cdot x_1))}}$.

- 2 W układzie pokazanym na rys.1 przeprowadzono pomiar mocy wydzielanej w rezystorze R metodą pośrednią, wykorzystując zmierzone za pomocą woltomierza i amperomierza wartości napięcia U_V i prądu I_A . Wyznaczyć systematyczny błąd pomiaru mocy wiedząc, że rezystancja wewnętrzna woltomierza wynosi $100\text{ k}\Omega$, rezystancja wewnętrzna amperomierza $0,2\ \Omega$, klasa obu przyrządów pomiarowych wynosi 1, a uzyskane wyniki pomiarów wynoszą: $I_A = 0,5\text{ A}$ (na zakresie 1 A) oraz $U_V = 10\text{ V}$ (na zakresie 30 V).



Rys.1

Odpowiedź:

Wzór metody ma postać

$$p = U_V \cdot I_A$$

Błąd systematyczny ε wynika z niedokładności zastosowanych przyrządów pomiarowych, ε_A i ε_V , oraz z niezerowej rezystancji wewnętrznej amperomierza ε_{RA} . Błąd ε wyrażony jest wzorem

$$\varepsilon = |\varepsilon_A| + |\varepsilon_V| + |\varepsilon_{RA}|$$

Błąd wynikający z niedokładności amperomierza stanowi iloczyn napięcia U_V zmierzonego przez woltomierz oraz bezwzględnego błędu pomiaru prądu. Opisany jest on wzorem

$$\varepsilon_A = U_V \cdot \frac{kl \cdot I_{zak}}{100\%} = 10V \cdot \frac{1\% \cdot 1A}{100\%} = 0,1W$$

Z kolei, błąd wynikający z niedokładności woltomierza stanowi iloczyn prądu I_A zmierzonego przez amperomierz oraz bezwzględnego błędu pomiaru napięcia. Opisany jest on wzorem

$$\varepsilon_V = I_A \cdot \frac{kl \cdot U_{zak}}{100\%} = 0,5A \cdot \frac{1\% \cdot 30V}{100\%} = 0,15W$$

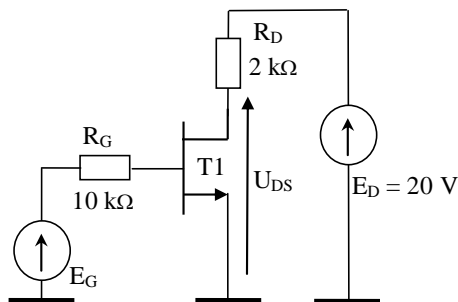
Błąd wynikający z niezerowej rezystancji amperomierza równy jest mocy traconej w amperomierzu i wynosi

$$\varepsilon_{RA} = R_A \cdot I_A^2 = 0,2\Omega \cdot 0,25A^2 = 0,05W$$

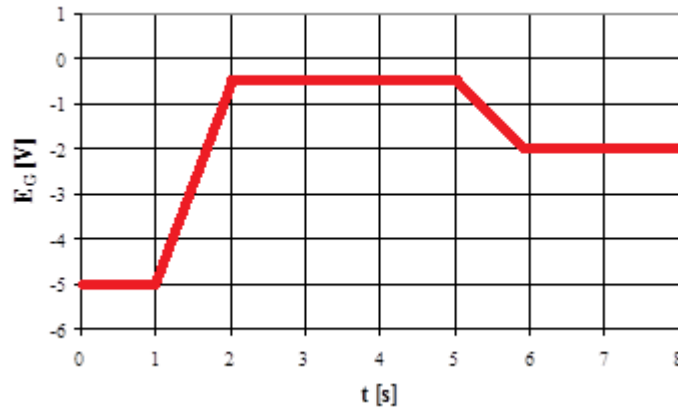
Sumując wymienione składniki błędu, uzyskuje się błąd bezwzględny pomiaru mocy równy $\varepsilon = 0,3W$, co odpowiada błędowi względnemu

$$\delta = \frac{0,3W}{10V \cdot 0,5A} \cdot 100\% = 0,06 \cdot 100\% = 6\%$$

- 3 W układzie z rys. 2 tranzystor JFET z kanałem typu n zasilany jest ze źródła napięciowego E_G o wydajności przedstawionej na rys.3. Wyznaczyć i naszkicować czasowy przebieg napięcia U_{DS} między drenem a źródłem tego tranzystora, wiedząc, że napięcie odcięcia tranzystora $U_P = -3V$, a prąd $I_{DSS} = 9mA$.



Rys. 2



Rys. 3

Odpowiedź:

W zadaniu wykorzystuje się stałoprądowy model tranzystora polowego dany wzorem

$$i_D = \begin{cases} 0 & \text{dla } u_{GS} \leq U_P \\ B \cdot (u_{GS} - U_P)^2 & \text{dla } 0 < u_{GS} - U_P < u_{DS} \\ B \cdot [2 \cdot (u_{GS} - U_P) \cdot u_{DS} - u_{DS}^2] & \text{dla } 0 < u_{GS} - U_P > u_{DS} \end{cases} \quad (1)$$

W oparciu o podaną w zadaniu wartość parametru I_{DSS} wyznacza się wartość parametru B ze wzoru

$$B = \frac{I_{DSS}}{U_P^2} = \frac{9\text{mA}}{(-3\text{V})^2} = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \quad (2)$$

Dalej należy określić kolejno, w którym zakresie pracy tranzystora znajduje się jego punkt pracy w poszczególnych chwilach czasu i zastosować odpowiednią formułę z równania (1). I tak, dla czasów $t <$ od ok. 1,5 s tranzystor pracuje w zakresie odcięcia, bo $u_{GS} < U_P$; wówczas $i_D = 0$.

Dla $t >$ od ok. 1,5s tranzystor pracuje w zakresie nasycenia lub nienasycenia. Granicę między tymi przedziałami wyznacza się rozwiązując układ równań o postaci

$$\begin{cases} i_D = B \cdot (u_{DS})^2 \\ E_D - R_D \cdot i_D = u_{DS} \end{cases} \quad (3)$$

Z rozwiązania tego układu uzyskuje się, przy uwzględnieniu danych liczbowych, $i_D = 8,53$ mA, $u_{DS} = 2,92$ V. Stąd dla $u_{GS} < -0,08\text{V}$ tranzystor pracuje w zakresie nasycenia. A zatem dla czasu $t \in (\text{od ok. } 1,5\text{s}; 2\text{s})$ przebieg prądu drenu dany jest wzorem

$$i_D(t) = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \cdot \left(4,5 \frac{\text{V}}{\text{s}} \cdot (t - 1\text{s}) - 5\text{V} + 3\text{V} \right)^2 \quad (4)$$

Dla czasu z przedziału od 2s do 5s tranzystor pracuje również w zakresie nasycenia, a prąd drenu wynosi

$$i_D(t) = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \cdot (-0,5\text{V} + 3\text{V})^2 = 6,25\text{mA} \quad (5)$$

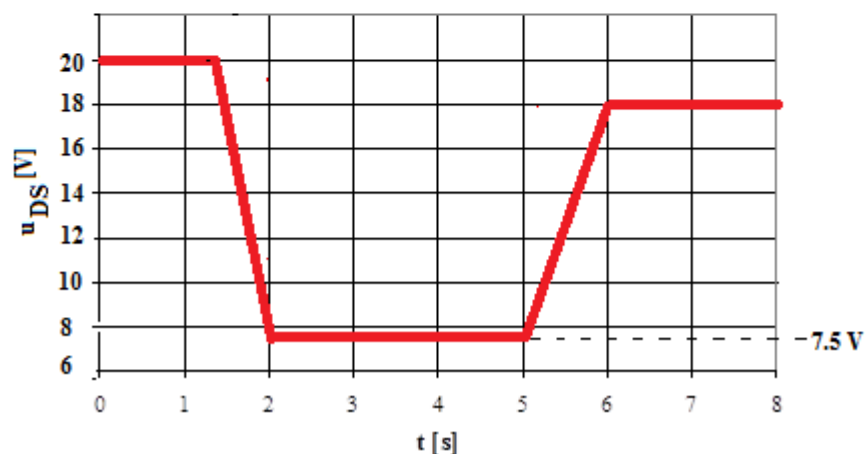
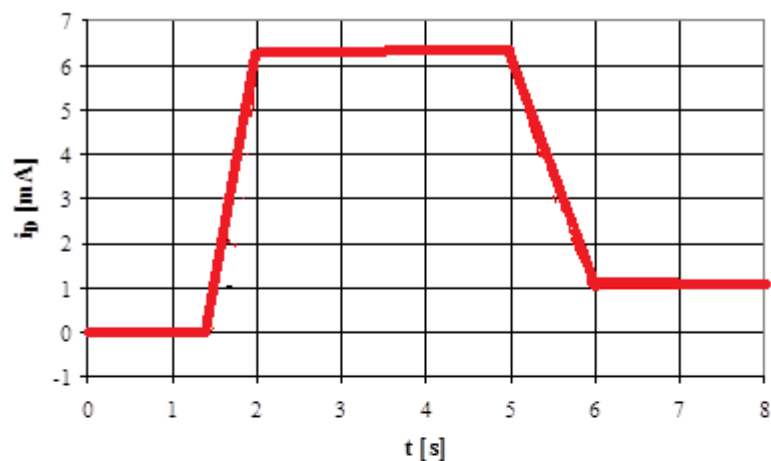
Z kolei, dla czasów $t \in (5\text{s}; 6\text{s})$ prąd drenu opisany jest zależnością

$$i_D(t) = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \cdot \left(-1,5 \frac{\text{V}}{\text{s}} \cdot (t - 5\text{s}) - 0,5\text{V} + 3\text{V} \right)^2 \quad (6)$$

Dla czasów $t > 6\text{s}$ prąd drenu jest stały i wynosi

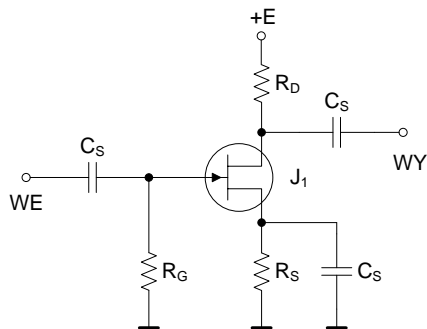
$$i_D(t) = 1 \frac{mA}{V^2} \cdot (-2V + 3V)^2 = 1mA \quad (7)$$

Czasowy przebieg prądu i_D i napięcia u_{DS} (które uzyskać można na podstawie wzoru 3) pokazano na rysunku poniżej.

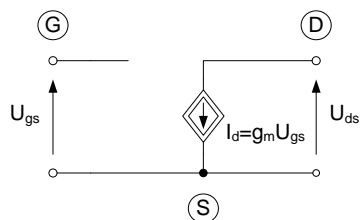


*Za poprawne rozwiązania uznać można również te, w których dokonano poprawnej analizy pracy tranzystora w odpowiednich punktach (przedziałach) czasu, a następnie w oparciu o znane z literatury wzory obliczono wartości prądu drenu i szukanego napięcia w tych punktach.

- 4 Dany jest, przedstawiony na rys. 4, schemat ideowy wzmacniacza napięciowego oraz model małosygnalowy (rys. 5) wykorzystanego w nim tranzystora dla zakresu małych częstotliwości. Oblicz parametry małosygnalowe tego wzmacniacza w paśmie przenoszenia, tj. wzmocnienie napięciowe (A_u) oraz impedancję wejściową (Z_{we}) i wyjściową (Z_{wy}).



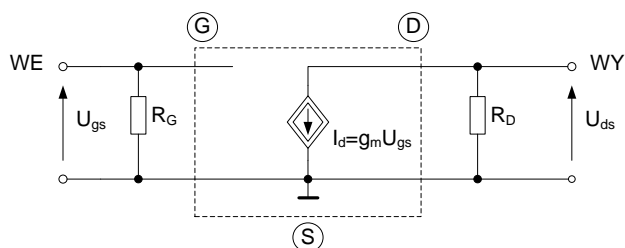
Rys.4



Rys.5

Odpowiedź:

W celu rozwiązania zadania należy narysować małosygnalowy schemat zastępczy wzmacniacza.



Schemat małosygnalowy analizowanego wzmacniacza

W oparciu o schemat małosygnalowy można napisać

$$I_d R_D = -U_{ds}$$

$$I_d = g_m U_{gs}$$

$$g_m U_{gs} R_D = -U_{ds}$$

Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza wynosi zatem

$$A_u \stackrel{\text{def}}{=} \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{U_{ds}}{U_{gs}} = -g_m R_D$$

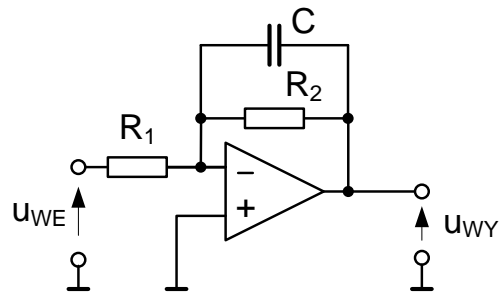
Impedancja wejściowa wynosi

$$Z_{we} = R_G$$

Impedancja wyjściowa wynosi

$$Z_{wy} = R_D$$

- 5 Dany jest, przedstawiony na rys. 6, schemat filtra aktywnego pierwszego rzędu ze wzmacniaczem operacyjnym. Oblicz transmitancję operatorową filtra, określ rozmieszczenie zer i biegunów transmitancji oraz naszkicuj asymptotyczne charakterystyki częstotliwościowe transmitancji (amplitudową i fazową).



Rys.6

Odpowiedź:

Wzmacniacz operacyjny pracuje w konfiguracji odwracającej fazę, a zatem transmitancję operatorową filtra można zapisać w postaci

$$T(s) = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)},$$

gdzie

$$Z_2(s) = \frac{\frac{1}{sC} \cdot R_2}{\frac{1}{sC} + R_2} = \frac{R_2}{1 + sCR_2} \quad \text{oraz} \quad Z_1(s) = R_1,$$

a zatem

$$T(s) = -\frac{R_2}{1 + sCR_2} \cdot \frac{1}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + sCR_2}$$

W dziedzinie pulsacji zespolonej transmitancja filtra ma postać

$$T(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + j\omega CR_2}.$$

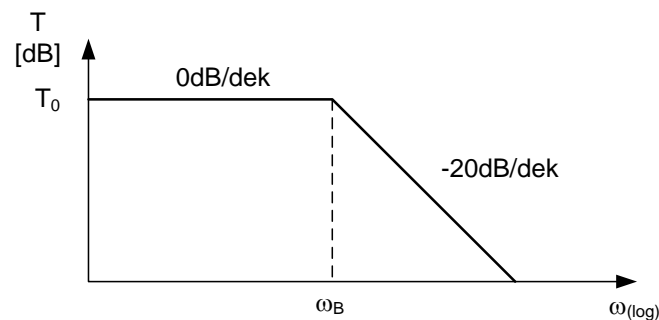
Układ nie posiada zer transmitancji, posiada natomiast pojedynczy biegun przy pulsacji

$$|\omega| = |\omega_B CR_2|$$

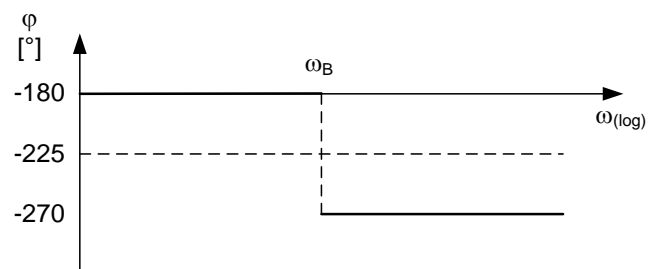
$$\omega_B = \frac{1}{CR_2}$$

Charakterystyka filtra jest typu dolnoprzepustowego, a wzmacnienie w paśmie przenoszenia wynosi

$$T_0 = -\frac{R_2}{R_1}.$$

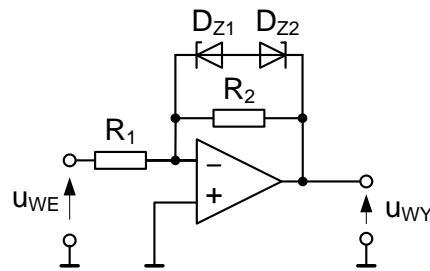


Asymptotyczna charakterystyka amplitudowa analizowanego filtra



Asymptotyczna charakterystyka fazowa analizowanego filtra

- 6 Dany jest schemat układu ze wzmacniaczem operacyjnym pokazany na rys 7. Przyjmując idealne modele elementów w układzie, przeanalizuj jego działanie oraz narysuj charakterystykę $U_{WY}=f(U_{WE})$. W analizie przyjmij jednakowe napięcia Zenera obydwu diod $U_{Z1}=U_{Z2}=4,3V$, napięcia przewodzenia $U_{P1}=U_{P2}=0,7V$ oraz jednakowe wartości rezystorów ($R_2=R_1$). Określ funkcję, jaką realizuje ten układ.



Rys.7

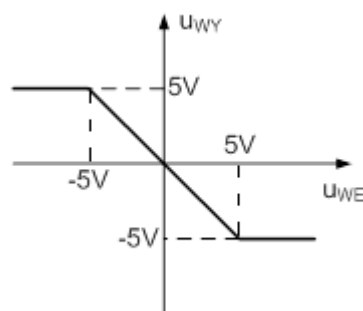
Odpowiedź:

Dla napięć wejściowych mniejszych od $(U_{Z1} + U_{P2}) = 4,3V + 0,7V = 5V$ oraz większych od $-(U_{Z1} + U_{P2}) = -(4,3V + 0,7V) = -5V$ gałąź pętli sprzężenia zwrotnego zawierająca diody jest rozwarta, a o właściwościach układu decydują rezystory. $R_2=R_1$, a zatem $A_u = -\frac{R_2}{R_1} = -1$.

W wymienionym zakresie napięć układ działa jak liniowy wzmacniacz napięciowy.

Z kolei dla napięć wejściowych większych od $(U_{Z1} + U_{P2}) = 5V$ oraz mniejszych od $-(U_{Z2} + U_{P1}) = -5V$, o właściwościach układu decydują diody, powodując ograniczenie napięcia wyjściowego do wartości $-(U_{Z1} + U_{P2}) = -5V$ dla napięć dodatnich oraz $(U_{Z2} + U_{P1}) = 5V$ dla napięć ujemnych na wejściu.

Charakterystyka przejściowa układu ma zatem postać pokazaną na rysunku poniżej, a układ pełni rolę symetrycznego ogranicznika napięcia.



Charakterystyka przejściowa analizowanego układu

Opracowali:
 dr hab inż. K. Górecki , prof. AM
 dr inż. P. Kaczorek
 dr inż. K. Posobkiewicz

Sprawdził:
 dr inż. T. Talaśka

Zatwierdził:
 Przewodniczący
 Rady Naukowej Olimpiady
 dr hab. inż. A. Borys