



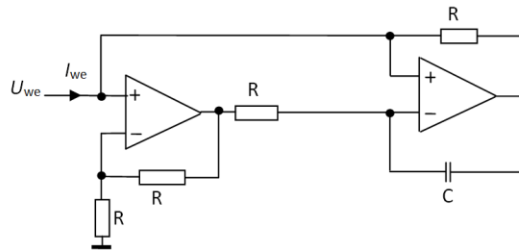
## „EUROELEKTRA”

### Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej

Rok szkolny 2012/2013

#### Zadania dla grupy elektronicznej na zawody II stopnia

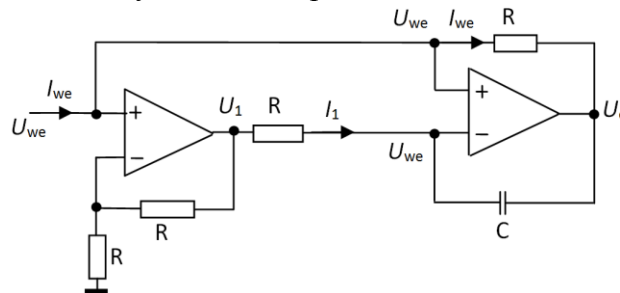
- Wykorzystując rachunek liczb zespolonych wyznacz impedancję wejściową układu przedstawionego na rysunku 1. Jaka rolę może pełnić ten układ? Wzmacniacze operacyjne przyjmij, jako idealne.



Rys. 1 Schemat układu do zadania 1

Rozwiązanie:

Dla ułatwienia rozwiązania naniemy na schemat pewne oznaczenia:



Założenie zadania: wzmacniacze operacyjne są idealne.

$$\text{Ponieważ napięcie } U_1 = U_{we} \left( \frac{R}{R} + 1 \right) = 2U_{we} \quad (1)$$

$$\text{zatem prąd } I_1 = \frac{U_1 - U_{we}}{R} = \frac{U_{we} - U_o}{\frac{1}{j\omega C}}, \quad (2)$$

Po odpowiednich przekształceniach otrzymujemy:

$$U_1 - U_{we} = j\omega CR(U_{we} - U_o). \quad (3)$$

Ponieważ  $U_1 = 2U_{we}$ , zatem powyższe wyrażenie ostatecznie możemy zapisać, jako:

$$U_{we} = j\omega CR(U_{we} - U_o). \quad (4)$$



Prąd wejściowy wynosi  $I_{we} = \frac{U_{we} - U_0}{R}$ , a z tego wynika, że:

$$U_0 = U_{we} - I_{we}R \quad (5)$$

Podstawiając równanie (5) do (4) otrzymujemy:

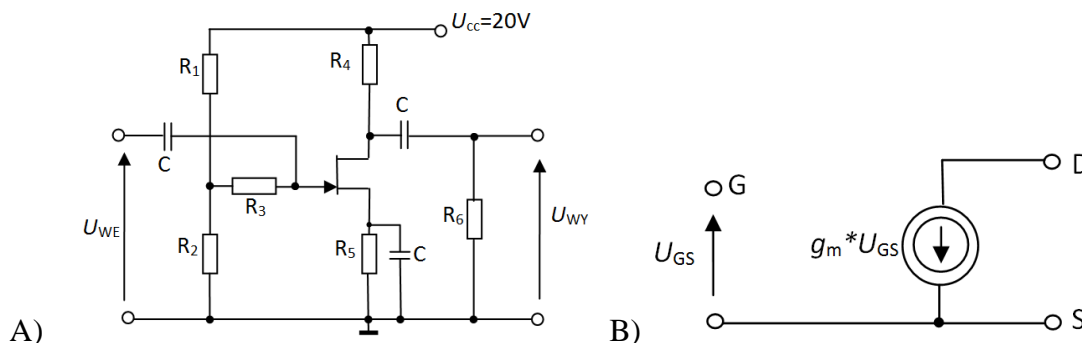
$$U_{we} = j\omega CR(U_{we} - U_{we} + I_{we}R), \text{ a z tego wynika, że } U_{we} = j\omega CR^2 I_{we} \quad (6)$$

$$\text{Ostatecznie otrzymujemy } Z_{we} = \frac{U_{we}}{I_{we}} = j\omega CR^2$$

Układ może pełnić rolę idealnej cewki.

2. Na rysunku 2 przedstawiono schemat wzmacniacza o wspólnym źródle, zbudowany na tranzystorze unipolarnym złączowym z kanałem typu n. Parametry wzmacniacza w punkcie pracy przyjmują następujące wartości: transkonduktancja tranzystora  $g_m = 2,3 \text{ mS}$ , konduktancja wyjściowa jest pomijalnie mała. Wartości rezystancji są następujące:  $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_3 = 5,1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$  i  $R_6 = 3 \text{ k}\Omega$ . Kondensatory mają pomijalnie małą reaktancję dla częstotliwości pracy wzmacniacza. Do obliczenia zadania wykorzystaj model małosygnalowy tranzystora unipolarnego pokazany na rysunku 2B.

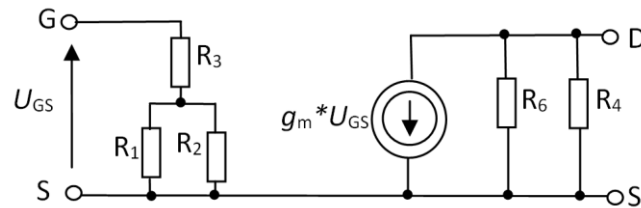
Oblicz wzmocnienie napięciowe układu oraz jego rezystancję wejściową.



Rys. 2 Schemat układu do zadania 2

Rozwiązanie:

Wykorzystując model małosygnalowy tranzystora pokazany na rysunku 2B, liniowy schemat zastępczy wzmacniacza z rysunku 2A przedstawić możemy następująco:



Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza może opisać, jako stosunek napięcia  $U_{DS}$  do  $U_{GS}$ .

$$Ku = \frac{U_{DS}}{U_{GS}}$$

Ponieważ napięcie  $U_{DS} = -g_m U_{GS} \frac{R_6 R_4}{R_6 + R_4}$

, a więc

$$Ku = \frac{-g_m U_{GS} \frac{R_6 R_4}{R_6 + R_4}}{U_{GS}} = -g_m \frac{R_6 R_4}{R_6 + R_4} \cong -1,7$$

, natomiast

$$R_{we} = R_G = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 49900 \cong 50k\Omega$$

3. Zaprojektuj wykorzystując przerzutniki typu D trzybitowy (mod8) licznik synchroniczny. Dokonaj pełnej syntezy układu.

Rozwiązanie:

Tabela prawdy:

A	B	C	A <sup>+</sup>	B <sup>+</sup>	C <sup>+</sup>
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0

AB	00	01	11	10
C				
0	0	0	1	1
1	0	1	0	1

Dla A<sup>+</sup>



AB	00	01	11	10
C				
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1

Dla  $B^+$

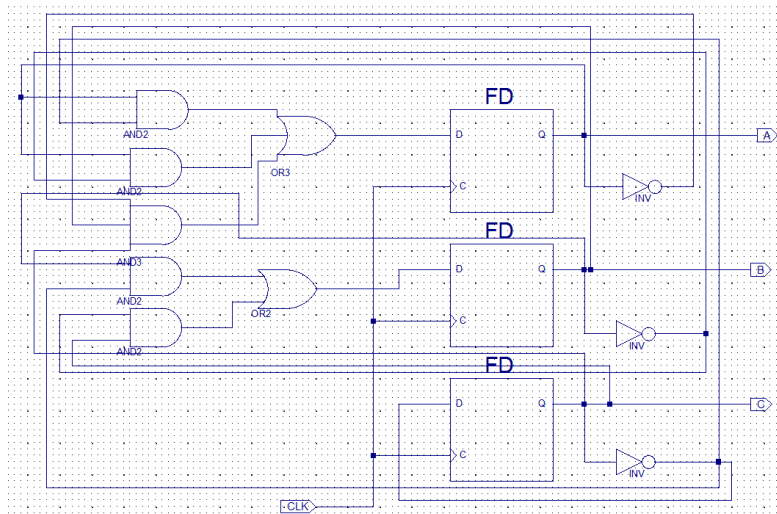
AB	00	01	11	10
C				
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0

Dla  $C^+$

$$A^+ = A * \bar{C} + A * \bar{B} + \bar{A} * B * C$$

$$B^+ = B * \bar{C} + \bar{B} * C$$

$$C^+ = \bar{C}$$

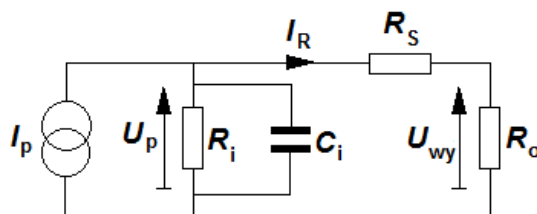




4. Dla krzemowego ogniwa fotowoltaicznego, którego schemat zastępczy pokazano na rysunku 3, o powierzchni  $0,3 \text{ m}^2$  i mocy promieniowania słonecznego  $1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  wyznaczono zależność prądu  $I_R$  i napięcia  $U_{wy}$  od obciążenia  $R_o$ , tj.  $R_o=f(I_R, U_{wy})$ . Uzyskane wyniki zostały zawarte w tab. 1.

**Tab. 1.** Zależność prądu i napięcia fotoogniwa od obciążenia  $R_o$

$I_R$ [A]	1,90	1,50	0,86	0,60	0,45	0,37	0,30	0,26	0,24	0,20	0,19	0,15	0,14
$U_{wy}$ [V]	0,20	15,2	17,4	18,2	18,6	18,7	18,9	19,0	19,0	19,1	19,2	19,3	19,4



**Rys. 3.** Schemat zastępczy ogniwa fotowoltaicznego:  $R_i$  [ $\Omega$ ] – rezystancja złącza,  $R_s$  [ $\Omega$ ] – rezystancja półprzewodnika i doprowadzeń,  $R_o$  [ $\Omega$ ] – rezystancja obciążenia,  $C_i$  [F] – pojemność złącza

- Na podstawie danych zawartych w tab. 1 określ rezystancję  $R_o$  oraz moc czynną, która wydziela się na tym obciążeniu.
- Następnie wskaż, dla jakiej wartości  $R_o$  moc czynna osiąga wartość maksymalną  $P_{max}$  [W], podaj wartość tej mocy.
- Dla maksymalnej mocy czynnej,  $P_{max}$ , określ sprawność ogniwa fotowoltaicznego, która zdefiniowana jest w następujący sposób:

$$\eta \approx \frac{P_{max}}{Me \cdot A} \cdot 100\%,$$

, gdzie:  $P_{max}$  [W] – maksymalna moc znamionowa fotoogniwa,  $Me$   $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$  – moc promieniowania słonecznego,  $A$  [ $\text{m}^2$ ] – powierzchnia fotoogniwa.

- Wiedząc, że rezystancja półprzewodnika i doprowadzeń wynosi  $2 \Omega$  wyznacz napięcie fotowoltaiczne ogniwa –  $U_p$ .



Rozwiązanie:

- a) Na podstawie danych zawartych w tablicy 1 określ rezystancję  $R_0$  oraz moc czynną, która wydziela się na tym obciążeniu.

Korzystając z danych zamieszczonych w tablicy 1 można wyznaczyć rezystancję  $R_0$  w oparciu o prawo Ohma:

$$R_0 = \frac{U_{wy}}{I_R},$$

, a następnie określić moc czynną, która wydziela się na tym obciążeniu, korzystając z poniższego wzoru:

$$P_{R_0} = U_{wy} \cdot I_R.$$

Uzyskane wyniki zostały zapisane w poniższej tabeli.

$I_R$ [A]	1,90	<b>1,50</b>	0,86	0,60	0,45	0,37	0,30	0,26	0,24	0,20	0,19	0,15	0,14
$U_{wy}$ [V]	0,20	<b>15,2</b>	17,4	18,2	18,6	18,7	18,9	19,0	19,0	19,1	19,2	19,3	19,4
$R_0$ [ $\Omega$ ]	0,11	<b>10,13</b>	20,23	30,33	41,33	50,54	63,00	73,08	79,17	95,50	101,05	128,67	138,57
$P_{R_0}$ [W]	0,38	<b>22,80</b>	14,96	10,92	8,37	6,92	5,67	4,94	4,56	3,82	3,65	2,90	2,72

- b) Następnie wskaż, dla jakiej wartości  $R_0$  moc czynna osiąga wartość maksymalną  $P_{max}$  [W].

Na podstawie wyników zawartych w powyższej tabeli można stwierdzić, że moc czynna osiąga wartość maksymalną  $P_{max}=22,80$  W dla rezystancji  $R_0=10,13 \Omega$ .

- c) Dla maksymalnej mocy czynnej  $P_{max}$  określ sprawność ogniwa fotowoltaicznego, która zdefiniowana jest w następujący sposób:

$$\eta \approx \frac{P_{max}}{Me \cdot A} \cdot 100\% = \frac{22,80}{1000 \cdot 0,3} \cdot 100\% = 7,6\%$$

- d) Wiedząc, że rezystancja półprzewodnika i doprowadzeń wynosi  $2 \Omega$  wyznacz napięcie fotowoltaiczne ogniwa –  $U_p$ .

Zgodnie z drugim prawem Kirchhoffa (IIPK), dla sytuacji, w której moc czynna wydzielana na obciążeniu  $R_0$  jest maksymalna, możemy zapisać następującą zależność dla schematu zastępczego ogniwa fotowoltaicznego przedstawionego na rys. 3.:

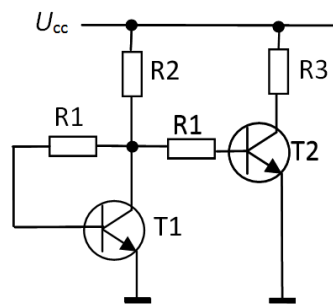
$$U_p = I_R \cdot R_s + U_{wy} = 1,50 \cdot 2 + 15,2 = 18,2 \text{ [V]}$$



5. W układzie, jak na rysunku 4, oba tranzystory mają identyczne właściwości i pracują w zakresie aktywnym, tzn. ich statyczną charakterystykę przejściową opisuje wzór:

$$I_C \cong \beta \cdot I_B$$

Przyjmując, że napięcie baza-emiter,  $U_{BE}$ , obu tranzystorów w zakresie aktywnym jest w przybliżeniu stałe, wyznaczyć prąd kolektora,  $I_{C2}$ , tranzystora  $T_2$  oraz napięcie kolektor-emiter,  $U_{CE2}$ , tego tranzystora, jako funkcję rezystancji  $R_1$ ,  $R_2$  i  $R_3$ , współczynnika wzmocnienia tranzystora  $\beta$  oraz napięcia zasilania  $U_{CC}$ .



Rys. 4 Schemat układu do zadania 5

Rozwiązanie zadania:

Z Rys. 4 widać, że przy identycznych właściwościach obu tranzystorów ich prądy bazy są takie same. Oznaczając te prądy przez  $I_B$ , a prąd kolektora tranzystora  $T_1$  przez  $I_{C1} = \beta I_B$  i stosując napięciowe prawo Kirchhoffa można napisać równanie:

$$U_{CC} = (2I_B + I_{C1})R_2 + I_B R_1 + U_{BE} = (2I_B + \beta I_B)R_2 + I_B R_1 + U_{BE} = I_B [(2 + \beta)R_2 + R_1] + U_{BE}, \quad (1)$$

w którym  $U_{BE}$  jest napięciem baza-emiter obu tranzystorów. Traktując napięcie  $U_{BE}$  jako wielkość stałą, niezależną od prądu  $I_B$ , co nie wprowadza dużego błędu, z równania (1) otrzymuje się wyrażenie na prąd  $I_B$  w postaci:

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{(2 + \beta)R_2 + R_1} \quad (2)$$

W zakresie pracy aktywnej tranzystora  $T_2$  jego prąd kolektora  $I_{C2}$  będzie opisany wzorem:

$$I_{C2} = \beta I_B = \beta \frac{U_{CC} - U_{BE}}{(2 + \beta)R_2 + R_1} \quad (3)$$

Napięcie kolektor-emiter tranzystora  $T_2$  będzie wówczas opisane wzorem:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_{C2}R_3 = U_{CC} - \beta R_3 \frac{U_{CC} - U_{BE}}{(2 + \beta)R_2 + R_1} \quad (4)$$



***Opracował:***

dr hab. inż. Ryszard Wojtyna, prof. UTP  
dr inż. Łukasz Saganowski  
dr inż. Tomasz Talaśka  
mgr inż. Sławomir Andrzej Torbus

***Sprawdził:***

dr inż. Tomasz Talaśka

***Zatwierdził:***

dr inż. Sławomir Cieślik  
*Przewodniczący*  
*Rady Naukowej Olimpiady*