

„EUROELEKTRA”
Ogólnopolska Olimpiada Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej
Rok szkolny 2014/2015

Zadania dla grupy elektronicznej na zawody II stopnia

Zadanie 1

Dla diody półprzewodnikowej, której przebieg charakterystyki prądowo-napięciowej jest opisany równaniem Shockleya obliczyć:

- rezystancję statyczną diody R ,
- rezystancję dynamiczną r_d ,
- wartości napięcia polaryzującego diodę U_F^* , dla której prąd płynący przez diodę osiągnie wartość $I_F = 0,5 \cdot I_{sat}$,

wiedząc, że dioda jest spolaryzowana napięciem $U_F = 0,6V$, prąd nasycenia złącza $I_{sat} = 7,95pA$, współczynnik korekcyjny złącza $n=1$, a potencjał termodynamiczny złącza U_T posiada wartość $25,8mV$.

Odpowiedź:

Do obliczenia rezystancji statycznej R należy obliczyć prąd diody I_F .

Prąd diody I_F obliczamy z równania Shockleya:

$$I_F = I_{sat} \left(e^{\left(\frac{U_F}{nU_T} \right)} - 1 \right) = 7,95 \cdot 10^{-12} \left(e^{\left(\frac{0,6}{1 \cdot 0,0258} \right)} - 1 \right) = 0,1 A$$

Rezystancję statyczną wyznaczamy z prawa Ohma:

$$R = \frac{U_F}{I_F} = \frac{0,6}{0,1} = 6 \Omega$$

Rezystancja dynamiczna r_d jest odwrotnością konduktancji dynamicznej:

$$r_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1}{g_d} = \frac{U_T}{I_F + I_{sat}} = \frac{25,8 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-1} + 7,95 \cdot 10^{-12}} = 0,258 \Omega$$

Do obliczenia napięcia zasilającego U_F^* spełniającego warunek, że $I_F = 0,5 \cdot I_{sat}$ ponownie wykorzystujemy równanie Shockleya. Po przekształceniu równania otrzymujemy, że napięcie U_F^* wynosi:

$$U_F^* = U_T \ln \left(\frac{0,5 \cdot I_F + I_{sat}}{I_{sat}} \right) = 25,8 \cdot 10^{-3} \ln \left(\frac{0,5 \cdot 0,1 + 7,95 \cdot 10^{-12}}{7,95 \cdot 10^{-12}} \right) = 0,582 V$$

Zadanie 2

Dla układu prostownika dwupołówkowego pokazanego na rysunku 2,

- obliczyć wartości średnie napięcia i prądu, wskazane przez mierniki U_{21} , U_{2R} , I_{22} , I_2 ;
 - narysować przebiegi czasowe napięć i prądów u_{21} , u_{22} , u_{RD1} , u_{RD2} , u_{2R} , i_{21} , i_{22} , i_{2R} ;
- zakładając, że mierniki ($R_A = 0 \Omega$, $R_V = \infty \Omega$) i diody D_1 , D_2 są elementami idealnymi. Napięcie zasilające transformator o przekładni napięciowej $\mathcal{G} = U_1/U_2 = 10$ posiada wartość opisaną zależnością: $u_1 = 325 \sin(\omega t) V$. Uzwojenie wtórne transformatora posiada konfigurację symetryczną ($U_{21} = U_{22} = U_2/2$). Transformator zasila odbiornik o rezystancji $R = 100 \Omega$.

Amperomierz A1 mierzy wartość średnią półokresową prądu i_{22} która wynosi:

$$I_{22av} = \frac{1}{\pi} \cdot i_{22max} = \frac{0,1625}{\pi} = 0,0517 \text{ A}$$

Amperomierz A2 mierzy wartość średnią pełnookresową prądu i_{2R} , która wynosi:

$$I_{2R} = \frac{2}{\pi} \cdot i_{2Rmax} = \frac{2 \cdot 0,1625}{\pi} = 0,1034 \text{ A}$$

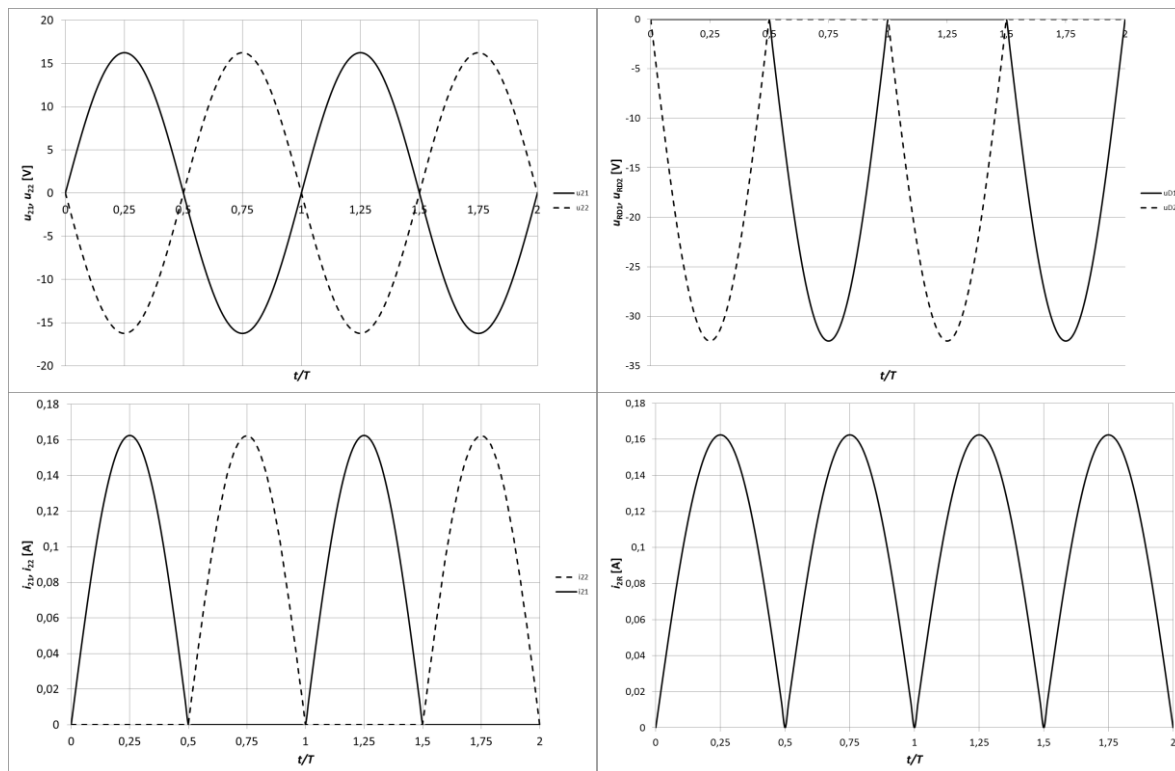
Woltomierz V1 mierzy wartość średnią półokresową napięcia u_{RD1} która wynosi:

$$U_{D1av} = \frac{1}{\pi} \cdot u_{RD1max} = \frac{32,5}{\pi} = 10,34 \text{ V}$$

Woltomierz V2 mierzy wartość średnią pełnookresową napięcia u_{2R} która wynosi:

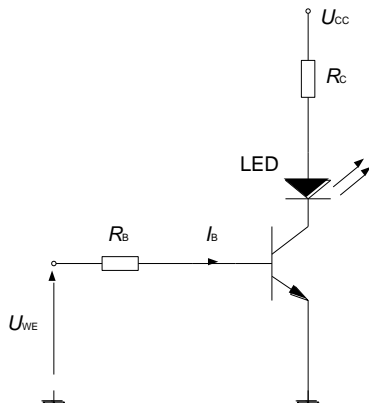
$$U_{2Rav} = \frac{2}{\pi} \cdot u_{2Rmax} = \frac{2 \cdot 16,25}{\pi} = 10,34 \text{ V}$$

Przebiegi czasowe u_{21} , u_{22} , u_{D1} , u_{D2} , u_{2R} , i_{21} , i_{22} , i_{2R} pokazano na rysunkach.



Zadanie 3

Na rysunku x pokazano układ sterownika diody świecącej LED. Dobrać wartości rezystorów R_B , R_C tak, aby przy napięciu $U_{WE}=5V$ nastąpiło zaświecenie diody. Założyć, że $U_F=1,6V$, $I_F=30mA$, $U_{CES}=0,2V$, $U_{BE}=0,7V$, $U_{CC}=15V$, $\beta=100$.



Rys.3. Sterownik diody LED

Rozwiązanie:

Dla zapewnienia stabilnej pracy sterownika tzn. kiedy intensywność świecenia diody nie będzie zależała od wartości wzmacnienia β tranzystora, powinien on pracować w stanie nasycenia po podaniu napięcia wejściowego $U_{WE}=5V$. W takim przypadku:

$$I_F = I_C = \frac{U_{CC} - U_F - U_{CES}}{R_C}$$

Rezystancja R_C wynosi:

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_F - U_{CES}}{I_C} = \frac{15 - 1,6 - 0,2}{0,03} = 660\Omega$$

Prąd bazy I_B wyznaczamy z zależności:

$$I_B = \frac{U_{WE} - U_{BE}}{R_B}$$

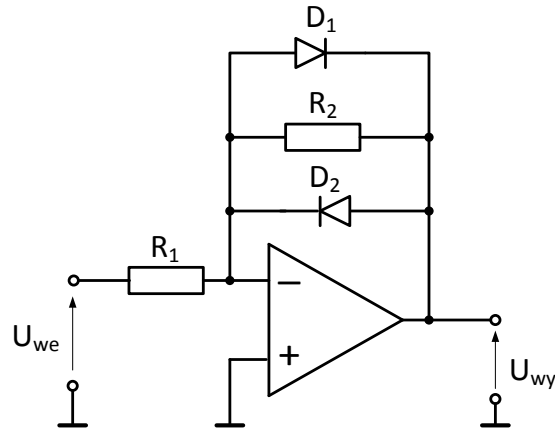
Aby był spełniony warunek pracy w nasyceniu to $\beta \cdot I_B > I_{CM} = I_F$. To pozwala określić warunek na określenie wartości rezystancji R_B , która wynosi:

$$R_B < \frac{U_{WE} - U_{BE}}{I_C} \cdot \beta = \frac{5 - 0,7}{0,03} \cdot 100 = 14,3\text{ k}\Omega$$

Zadanie 4

Narysuj charakterystykę przejściową układu zbudowanego z wykorzystaniem wzmacniacza operacyjnego, przedstawionego na rysunku 4. Jaką pełni on funkcję? W rozważaniach

założyć, że wzmacniacz operacyjny jest układem idealnym oraz $R_1 = R_2$. Przyjąć, że napięcia przewodzenia obu diod D_1, D_2 posiadają wartość 1,2V.

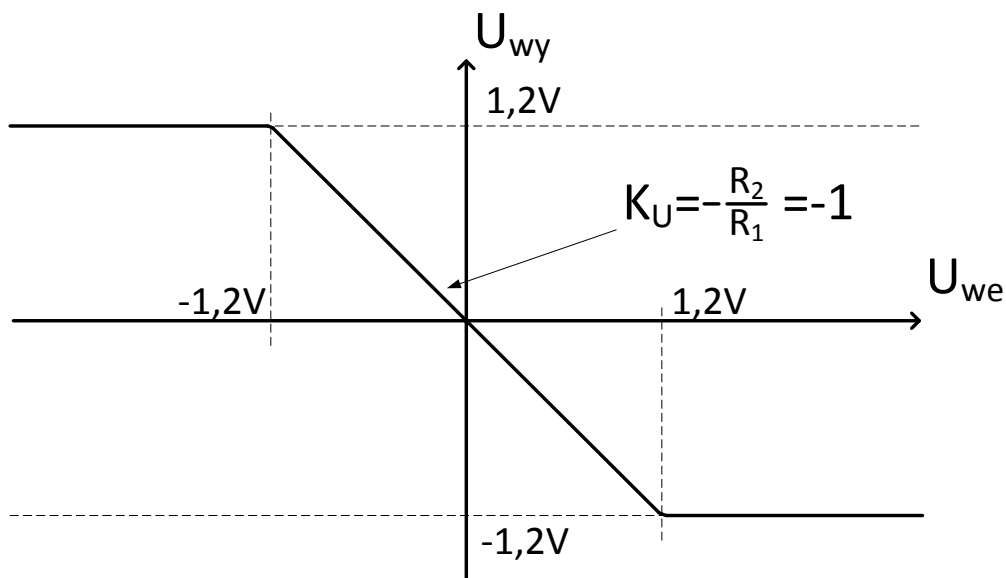


Rys.4. Układ ze wzmacniaczem operacyjnym

Rozwiązanie:

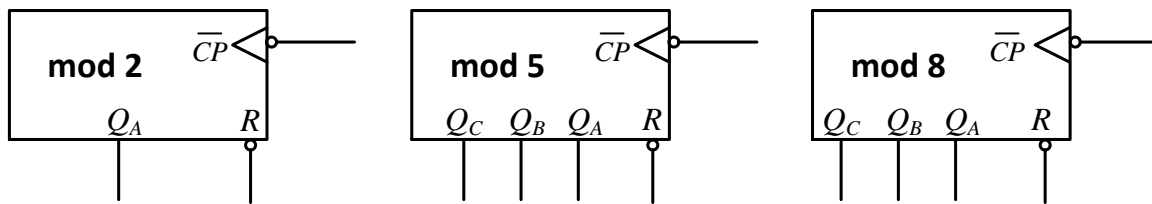
Na rysunku został przedstawiony układu ogranicznika. Dla napięć w zakresie od -1,2V do 1,2V diody nie przewodzą, a sygnał wejściowy jest przesyłany na wyjście układu ze wzmocnieniem określonym stosunkiem rezystancji R_2 i R_1 ze znakiem ujemnym, ponieważ układ jest zbudowany na bazie wzmacniacza odwracającego. Dla napięć poza tym przedziałem w zależności od znaku napięcia wejściowego przewodzi określona dioda, powodując tym samym obcięcie napięcia na poziomie napięcia przewodzenia diody (1,2V).

Charakterystyka przejściowa została przedstawiona na rysunku poniżej



Zadanie 5

Na rysunku 5 zostały schematycznie przedstawione liczniki modulo 2, modulo 5 i modulo 8.



Rys. 5. Liczniki modulo 2, 5 i 8

Q_A, Q_B, Q_C – wyjścia danych

\overline{CP} - wejście sterujące

R - wejście zerujące

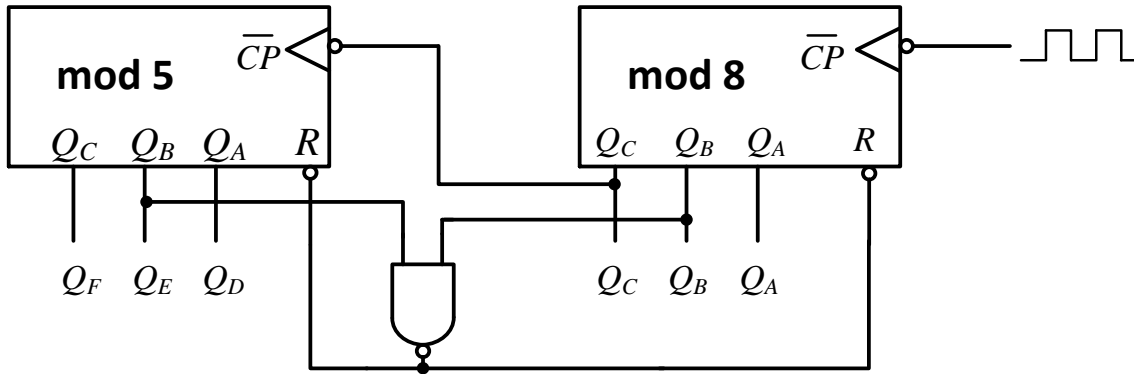
Z użyciem dwóch różnych, wybranych spośród liczników przedstawionych na rys. 5 oraz odpowiednich funkcyj logicznych zbuduj układ licznika modulo 18. Zbudowany licznik powinien liczyć w kodzie naturalnym BCD 8421.

Rozwiązanie:

Aby uzyskać licznik mod18, należy szeregowo połączyć ze sobą dwa liczniki mod5 oraz mod8. Aby zbudowany licznik zliczał mod18, najwyższym jego wskazaniem musi być liczba 17, wartość 18 powinna zerować cały licznik. W tym celu wyjścia licznika, które mają stan 1 w chwili wystąpienia 18-tego impulsu wejściowego należy połączyć z wejściami bramki NAND. Z kolei wyjście tej bramki należy dołączyć do wejść zerujących obu liczników.

Liczbę 18 bitowo można zapisać, jako 10010 bitwo, stąd wejścia bramki NAND należy podpiąć tak jak zostało to przedstawione na rysunku 5.1.

Aby zbudowany licznik zliczał w kodzie naturalnym BCD 8421, kolejność połączenia obu liczników wchodzących w skład licznika mod18 powinna być taka jak zostało to pokazane na rys. x.1. W przypadku odwrotnego połączenia obu liczników (impulsy wejściowe podawane na wejście zegarowe licznika mod5) uzyskujemy również licznik mod18, ale nie będzie on zliczał w kodzie naturalnym BCD 8421.

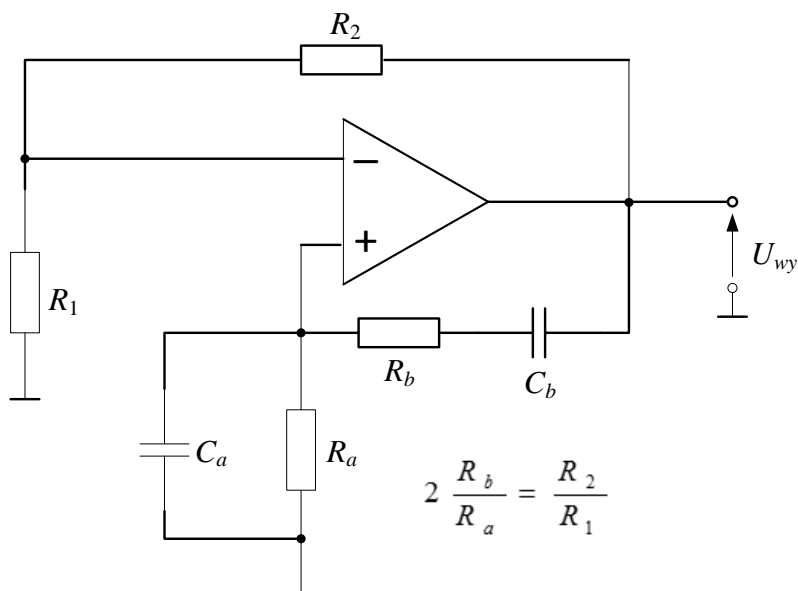


Rys. 5.1. Schemat licznika mod18 zbudowanego w oparciu o dwa liczniki mod5 oraz mod8

Zadanie 6

Na rysunku 6 przedstawiono generator na wzmacniaczu operacyjnym z mostkiem Wienera w dodatniej pętli sprzężenia zwrotnego oraz z dwoma rezystorami: $R_1=1,5k\Omega$ i R_2 w ujemnej pętli sprzężenia zwrotnego. Wartości pojemności w układzie wynoszą: $C_a=10nF$, $C_b=3,3nF$. Obliczyć wartości pozostałych elementów generatora dla częstotliwości jego pracy równej $f=2kHz$.

Dane: $R_1=1,5k\Omega$, $C_a=10nF$, $C_b=3,3nF$, $f=2kHz$



Rys.6. Schemat analizowanego generatora z mostkiem Wienera

Rozwiązanie:

W celu dokonania rozwiązania niniejszego zadania należy przyjąć stałe wartości stałych czasowych gałęzi równoległej i szeregowej w mostku Wienera, czyli:

$$\tau_a = R_a C_a = \tau_b = R_b C_b = \frac{1}{2\pi f} \quad (1)$$

Z powyższego wynika, że stosunek pojemności w tych gałęziach wynosi:

$$\frac{C_a}{C_b} = \frac{R_b}{R_a} = 3,03 \quad (2)$$

Na podstawie zależności (1) należy wyznaczyć wartość rezystancji R_a :

$$R_a = \frac{1}{2\pi f C_a} = 7,96 \text{ k}\Omega \quad (3)$$

Z kolei wartość rezystancji R_b wyznaczona w oparciu o równanie (2) wynosi:

$$R_b = 3,03 \cdot R_a = 24,1 \text{ k}\Omega \quad (4)$$

Wartość rezystancji R_2 można wyliczyć wykorzystując zależność:

$$2 \frac{R_b}{R_a} = \frac{R_2}{R_1} = 2 \frac{C_a}{C_b} = 6,06 \quad (5)$$

Stąd wartość rezystancji R_2 wynosi:

$$R_2 = 6,06 R_1 = 9,09 \text{ k}\Omega \quad (6)$$