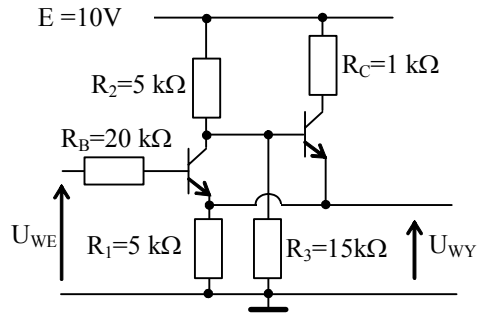
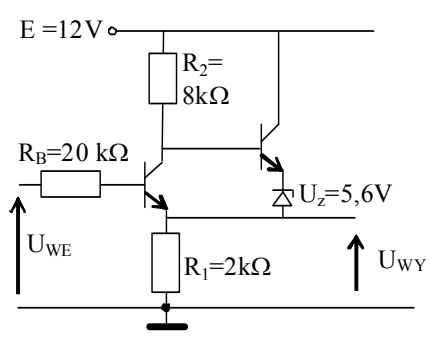
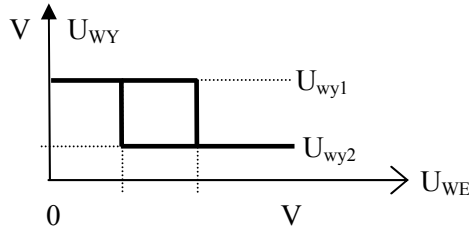


## UKŁADY PRZERZUTNIKOWE

1. [Odp.](#)

	<p>(a) Narysuj charakterystykę przejściową. Oblicz współrzędne charakterystycznych punktów wykresu. Określ wartość międzyszczytową <math>U_{WYp-p}</math> sygnału na wyjściu układu jeśli do wejścia doprowadzono przebieg prostokątny o wartościach chwilowych:</p> <p>(b) 2V-6V (c) 4V-8V (d) 6V-10V</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

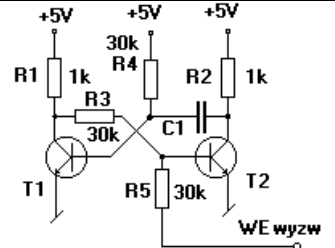
2. Odp.

	<p>Oblicz wartości <math>U_{wy1}</math> i <math>U_{wy2}</math> napięcia wyjściowego odpowiadające dwóm stanom przerzutnika. W obliczeniach przyjmij, że dla obu tranzystorów współczynnik <math>\beta \gg 1</math>.</p> 
------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Odp.



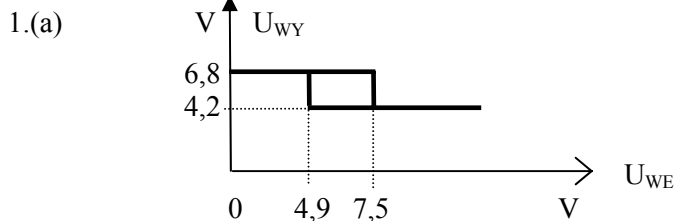
4. [Odp.](#)

	<p>Oblicz czas trwania impulsu <math>T</math>, czas martwy <math>t_b</math> jeśli <math>C_1 = 27\text{nF}</math>. Określ największą wartość częstotliwości <math>f_{max}</math> z jaką można wyzwać układ. Podaj minimalną wartość współczynnika wzmocnienia prądowego <math>\beta_{min}</math> tranzystorów, przy której układ pełni funkcję przerzutnika monostabilnego.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. Odp.



### Odpowiedzi



(b)  $U_{WYp-p} = 0$ , (c)  $U_{WYp-p} = 6,8\text{V} - 4,2\text{V} = 2,6\text{V}$ , (d)  $U_{WYp-p} = 0$ .

[wróć \(back\)](#)

2.  $U_{wy1} \cong E - U_{BE} - U_Z = 12\text{V} - 0,7\text{V} - 5,6\text{V} = 5,7\text{V}$ ,  $U_{wy2} \cong (E - 0,2\text{V})R_1 / (R_1 + R_2) = 2,36\text{V}$

3.

4.  $T = R_4 C_1 \ln 2 = 561 \mu s$ ,  $t_b = 2,3 R_2 C_1 = 62 \mu s$ ,  $f_{max} = 1/(T+t_b) = 1,6 \text{ kHz}$ ,  $\beta_{min} = \max\{R_4/R_1, R_3/R_2\} = 30$ .

[wróć \(back\)](#)

### GENERACJA DRGAŃ

1. Odp.

	<p>Określ typ i nazwę generatora. Oblicz w przybliżeniu częstotliwość <math>f_0</math> generowanych drgań. Wyznacz transmitancję czwornika sprzężenia zwrotnego <math>\beta</math> oraz wzmacnienie wzmacniacza <math>k_{u0}</math>. Podaj maksymalną wartość <math>C_2</math>, przy której układ generuje drgania. Przyjmij <math>U_T = 25 \text{ mV}</math>.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. Odp.

	<p>Oblicz w przybliżeniu częstotliwość <math>f_0</math> generowanych drgań. Wyznacz transmitancję czwornika sprzężenia zwrotnego <math>\beta</math> oraz wzmacnienie wzmacniacza <math>k_{u0}</math>. Podaj minimalną wartość napięcia zasilającego <math>E</math>, przy której układ może generować drgania. Przyjmij <math>U_T = 25 \text{ mV}</math>.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Odp.

<p>Zmierzono charakterystyki częstotliwościowe wzmacniacza.</p> <p>a) Która z podanych niżej transmitancji członu sprzężenia zwrotnego <math>\beta</math> zapewni, że układ stanie się generatorem po zamknięciu pętli s.z.?</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\beta = 0</math></td> <td><math>\beta = -1</math></td> <td><math>\beta = 1</math></td> <td><math>\beta = -1/20</math></td> <td><math>\beta = 1/20</math></td> </tr> </table> <p>b) Który z poniższych warunków będzie spełnić częstotliwość <math>f_g</math> powstałego generatora</p> <table border="1"> <tr> <td><math>f_g &lt; 10^4 \text{ Hz}</math></td> <td><math>f_g &gt; 10^4 \text{ Hz}</math></td> <td><math>f_g &gt; 10^5 \text{ Hz}</math></td> <td>żaden</td> </tr> </table> <p>c) Jaki w przybliżeniu będzie kształt generowanego sygnału</p> <table border="1"> <tr> <td>wykładniczy</td> <td>logarytmiczny</td> </tr> <tr> <td>sinusoidalny</td> <td>prostokątny</td> </tr> </table>	$\beta = 0$	$\beta = -1$	$\beta = 1$	$\beta = -1/20$	$\beta = 1/20$	$f_g < 10^4 \text{ Hz}$	$f_g > 10^4 \text{ Hz}$	$f_g > 10^5 \text{ Hz}$	żaden	wykładniczy	logarytmiczny	sinusoidalny	prostokątny	
$\beta = 0$	$\beta = -1$	$\beta = 1$	$\beta = -1/20$	$\beta = 1/20$										
$f_g < 10^4 \text{ Hz}$	$f_g > 10^4 \text{ Hz}$	$f_g > 10^5 \text{ Hz}$	żaden											
wykładniczy	logarytmiczny													
sinusoidalny	prostokątny													

--	--

4. Odp.

--	--

5. Odp.

--	--

Odpowiedzi

1.  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 1,33\text{MHz}$ ,  $\beta \cong -\frac{C_1}{C_2} = -0,025$ ,  $k_{u0} = -g_m R_C = -R_C \frac{I_{BB} R_B - 0,7}{U_T R_E} = -80$ ,  $C_{2\text{max}} =$

$C_1 k_{u0} = 80\text{nF}$ , generator LC Colpittsa. [wróć \(back\)](#)

2.  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 1,59\text{MHz}$ ,  $\beta \cong -\frac{C_1}{C_2} = -0,033$ ,  $k_{u0} = -g_m R_C = -R_C \frac{E/2 - 0,7}{U_T R_E} = -40$ ,  $E_{\text{min}}$  oblicza

się z warunku  $k_{u0} = 1/\beta$ ,  $E_{\text{min}} = 2(0,7V + U_T R_E C_2 / (R_C C_1)) = 7,81V$ , [wróć \(back\)](#)

3.  $\beta = 1, f_g < 10^4\text{Hz}$ , prostokątny

4.

**WZMACNIACZE SELEKTYWNE**

1. Odp.

	<p>Oblicz przybliżoną wartość częstotliwości rezonansowej <math>f_0</math> oraz 3dB szerokość pasma <math>B</math> wzmacniacza selektywnego. W obliczeniach przyjmij, że cewka jest idealna (<math>Q_L = \infty</math>), a impedancja wyjściowa tranzystora jest nieskończenie duża, <math>g_{ce} = 0</math>.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. Odp.

	<p>Oblicz częstotliwość rezonansową <math>f_0</math> i 3dB-ową szerokość pasma wzmacniacza selektywnego. Przyjmij, że napięcie Early'ego tranzystora wynosi <math>U_A = 95V</math>. Oblicz wzmocnienie <math>k_{u0}</math> na środku pasma.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Odpowiedzi

1.  $f_0 \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 712\text{kHz}$ ,  $Q = 2\pi f_0 C R_C \cong 36$ ,  $B = 2\Delta f_{3\text{dB}} = f_0/Q \cong 20\text{kHz}$ .

$$2. f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 1\text{MHz}, r_L = L\omega_0/Q_L \cong 1,57\Omega, I_C = \frac{I_{BB}R_B - 0,7}{R_E} = 1\text{mA}, U_{CE} = E - I_C R_E = 5,7\text{V}, g_{ce}$$

$$= I_C/(U_A + U_{CE}) \cong 0,01\text{mS}, G = \frac{1}{R_0} + g_{ce} + \frac{1}{Q_L^2 r_L} \cong 0,157\text{mS}, Q = \omega_0 C/G \cong 40, \Delta f_{3\text{dB}} = f_0/Q \cong 25\text{kHz},$$

$$k_{u0} = -g_m/G = \frac{-I_C}{U_T G} = -255.$$

## UKŁADY MNOŻENIA BEZPOŚREDNIEGO

1\*. [Odp.](#)

	<p>(a) Oblicz amplitudę <math>U_{wy}</math> napięcia na wyjściu modulatora jeśli amplituda napięcia modulowanego (nośnej) na wejściu układu <math>U_n=1V</math>, a amplituda sygnału modulującego <math>U_m=0</math>.</p> <p>(b) Oblicz głębokość modulacji <math>m</math> jeśli <math>U_m = 3V</math>. Przyjmij <math>\eta=1</math> <math>U_T=25mV</math>. [Wskazówka: głębokość modulacji jest równa stosunkowi amplitudy napięcia modulującego pojawiającego się na <math>R_{17}</math> do napięcia stałego na tym rezystorze <math>m = U_{17ac}/U_{17DC}</math>].</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

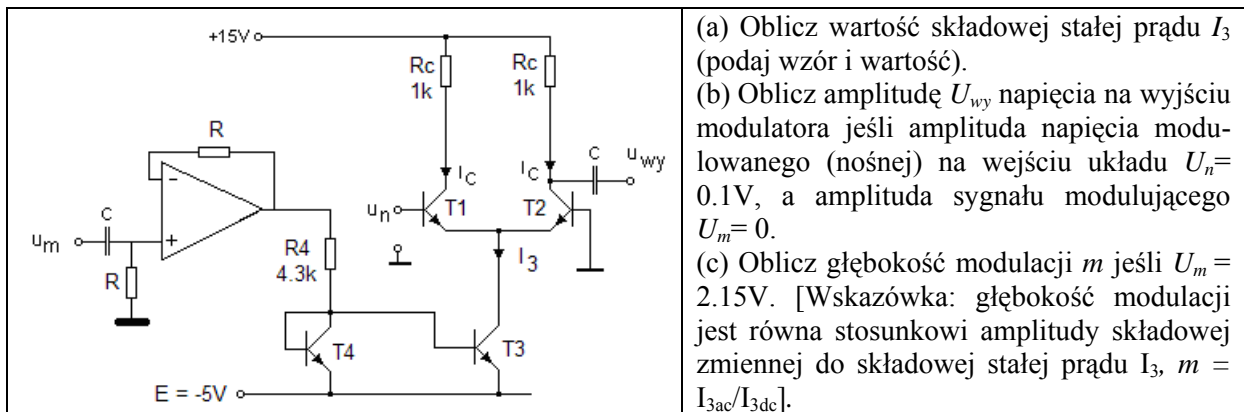
2. [Odp.](#)

	<p>(a) Oblicz amplitudę <math>U_{wy}</math> napięcia na wyjściu modulatora jeśli amplituda napięcia modulowanego (nośnej) na wejściu układu <math>U_n= 10mV</math>, a do wejścia modulującego nie doprowadzono żadnego sygnału.</p> <p>(b) Oblicz głębokość modulacji <math>m</math> jeśli do wejścia modulującego doprowadzono sygnał o amplitudzie <math>U_m = 3,6V</math>. Przyjmij <math>\eta = 1</math> <math>U_T = 25mV</math>. [Wskazówka: głębokość modulacji jest równa stosunkowi amplitudy napięcia modulującego pojawiającego się na <math>R_3</math> do napięcia stałego na tym rezystorze <math>m = U_{3ac}/U_{3DC}</math>].</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. [Odp.](#)

	<p>(a) Oblicz amplitudę <math>U_{wy}</math> napięcia na wyjściu modulatora jeśli amplituda napięcia modulowanego (nośnej) na wejściu układu <math>U_n= 0,1V</math>, a amplituda sygnału modulującego <math>U_m= 0</math>.</p> <p>(b) Oblicz głębokość modulacji <math>m</math> jeśli <math>U_m = 1V</math>. [Wskazówka: głębokość modulacji jest równa stosunkowi amplitudy napięcia modulującego do napięcia stałego rezystorze <math>R_7</math>: <math>m = U_{7ac}/U_{7DC}</math>]. Przyjmij <math>\eta = 1</math> <math>U_T = 25mV</math>.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Odp.



- (a) Oblicz wartość składowej stałej prądu  $I_3$  (podaj wzór i wartość).  
 (b) Oblicz amplitudę  $U_{wy}$  napięcia na wyjściu modulatora jeśli amplituda napięcia modulowanego (nośnej) na wejściu układu  $U_n = 0.1V$ , a amplituda sygnału modulującego  $U_m = 0$ .  
 (c) Oblicz głębokość modulacji  $m$  jeśli  $U_m = 2.15V$ . [Wskazówka: głębokość modulacji jest równa stosunkowi amplitudy składowej zmiennej do składowej stałej prądu  $I_3$ ,  $m = I_{3ac}/I_{3dc}$ ].

5. Odp.



### Odpowiedzi

- (a)  $U_{wy} = R_{11}/(R_{10}+R_{11})k_{ur}U_n = 0,01g_mR_{18}U_n = 0,01R_{18}U_nI_E/(2U_T) = 0,01R_{18}U_nU_{17}/(2R_{17}U_T) = U_n = 1V$ ,  
 $U_{17} = (R_8/(R_8+R_5)E - U_{BE6} - I_9R_9 - U_{BE3}) + U_{ZD2} = -3,9V + 6,2V = 2,3V$ ,  $I_9 = I_3 = 14,3V/(R_3 + 2R_4) = 0,1mA$ .

(b)  $U_{17ac} = R_5 || R_8 / (R_5 || R_8 + R_1) U_m = U_m/3 = 1V$ ,  $m = 1/2,3 = 0,43$ . [wróć \(back\)](#)
- (a)  $U_{wy} = k_{ur}U_n = g_mR_0U_n = R_0U_nI_E/(2U_T) = R_0U_nU_3/(2R_3U_T) = 200U_n = 2V$ ,  $U_3 = U_{3DC} = 0 - U_{BE6} - IR_9 - U_{BE3} + 15V = 3,6V$ .

(b)  $U_{3ac} = R_2/(R_2 + R_1)U_m = U_m/2 = 1,8V$ ,  $m = 1,8/3,6 = 0,5$ . [wróć \(back\)](#)
- (a)  $U_{wy} = k_{ur}^+U_n = \frac{1}{2}g_mR_6 || R_8U_n = \frac{I_E}{4U_T}R_6 || R_8U_n = \frac{U_7}{4U_T R_7}R_6 || R_8U_n = 33,3U_n = 3,33V$ ,  $U_7 = 0 - U_{BE6} - IR_9 - U_{BE3} + 15V = 3,6V$ .

(b)  $U_{7ac} = U_m = U_n = 1V$ ,  $m = U_{7ac}/U_7 \approx 0,28$ . [wróć \(back\)](#)
- (a) T3 T4 tworzą lustro prądowe,  $I_{3dc} = I_{4dc} = (-E - U_{BE})/R_4 = 1mA$ ,  
 (b)  $k_{ur}^+ = g_mR_C/2 = 40I_3R_C/4 = 10$ ,  $U_{wy} = k_{ur}^+U_n = 1V$   
 (c)  $I_{3ac} = I_{4ac} \approx U_m/R_4 = 0,5mA$  (WO - wtórnik napięciowy  $|k_{ur}| = 1$ ),  $m \approx I_{3ac}/I_{3dc} \approx 0,5$ .

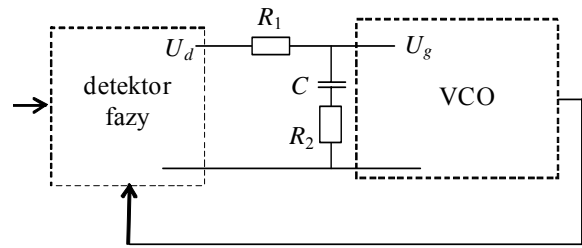
### PĘTLA PLL

1. Odp.

W układzie pętli PLL zastosowano detektor fazy o charakterystyce sinusoidalnej  $U_d = 2\sin(\varphi)V$ , filtr pętlowy RC o z elementami  $R = 15,9k\Omega$  i  $C = 10nF$  oraz generator VCO o częstotliwości własnej  $f_0 = 10,7 MHz$  i współczynniku przestrajania  $K_g = 1,25MHz/V$ . Oblicz zakresy trzymywania  $\Delta f_L$  i chwytania  $\Delta f_C$  synchronizacji oraz pulsacje własną  $\Omega_N$  i wsp. tłumienia  $\xi_N$  pętli.

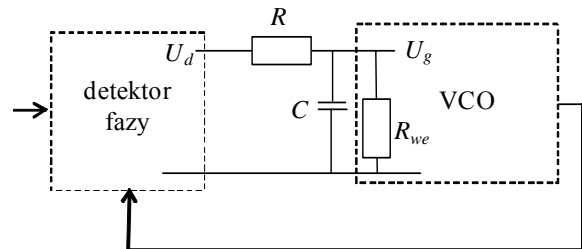
2. Odp.

W układzie pętli PLL zastosowano detektor fazy o charakterystyce  $U_d = 3\sin(\varphi)$  V, filtr pętlowy proporcjonalno całkujący z elementami  $R_1 = 9\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{k}\Omega$ ,  $C = 2\text{nF}$  oraz generator VCO o częstotliwości własnej  $f_0 = 10,7$  MHz i współczynniku przestrajanania  $K_g = 100\text{kHz/V}$ . Oblicz zakresy trzymywania  $\Delta f_L$  i chwytania  $\Delta f_C$  synchronizacji jeśli wiadomo, że wejście generatora VCO nie obciąża filtru (rysunek).



3. Odp.

W układzie pętli PLL zastosowano detektor fazy o charakterystyce  $U_d = 2\sin(\varphi)$  V, filtr pętlowy RC o z elementami  $R = 10\text{k}\Omega$  i  $C = 2,4\text{nF}$  oraz generator VCO o częstotliwości własnej  $f_0 = 10,7$  MHz i współczynniku przestrajanania  $K_g = 3\text{MHz/V}$ . Oblicz zakresy trzymywania  $\Delta f_L$  i chwytania  $\Delta f_C$  synchronizacji jeśli wiadomo, że wejście generatora VCO obciąża filtr rezystancją  $R_{we} = 20\text{k}\Omega$  (rysunek).



4. Odp.

5. Odp.

### Odpowiedzi

1. Dla filtru RC  $H(0) = 1$ . Zakres trzymywania synchronizacji  $\Delta f_L = U_{dmax} H(0)K_g = 2,5\text{MHz}$ ,  $\tau = RC = 159\mu\text{s}$ , cz. graniczna filtru pętlowego  $f_1 = 1/(2\pi\tau) = 1\text{kHz}$ ,  $\Delta f_C = (\Delta f_L f_1)^{1/2} = 50\text{kHz}$ , Wzmocnienie pętli  $K = K_d K_g 2\pi = [U_{dmax}/\text{rad}][K_g 2\pi] = 5\pi\text{MHz}$ ,  $\xi_N = (K\tau)^{1/2} = 50$ ,  $\Omega_N = (K/\tau)^{1/2} = 314\text{krad/s}$ , ( $f_N = 50\text{kHz}$ )

2. Transmitancja filtru pętlowego  $H(j\omega) \equiv \frac{U_g}{U_d} = \frac{1 + j\omega R_2 C}{1 + j\omega(R_1 + R_2)C}$ ,  $H(0) = 1$ . Zakres trzymywania synchronizacji:  $\Delta f_L = U_{dmax} H(0)K_g = 300\text{kHz}$ . Stałe czasowe filtru (patrz  $H(j\omega)$ ):  $\tau_b = (R_1 + R_2)C = 20\mu\text{s}$ ,  $\tau_z = R_2 C = 2\mu\text{s}$ ,  $f_b = 8\text{kHz}$ ,  $f_z = 80\text{kHz}$ . Dla  $f_b > f > f_z$ ,  $|H| \cong f_b/f$ , wtedy zakres chwytania synchronizacji:  $\Delta f_C = (\Delta f_L f_b)^{1/2} = 50\text{kHz}$ . Sprawdzenie:  $f_b > \Delta f_C > f_z$ .

3. Transmitancją filtru z obciążeniem  $H(j\omega) \equiv \frac{U_g}{U_d} = \frac{R_{we}}{R_{we} + R} \frac{1}{1 + j\omega(R_{we} \parallel R)C}$ ,  $H(0) = R_{we}/(R + R_{we}) = 0,66$ . Zakres trzymywania synchronizacji:  $\Delta f_L = U_{dmax} H(0)K_g = 4\text{MHz}$ . Stała czasowa filtru z obciążeniem (patrz  $H(j\omega)$ )  $\tau = (R \parallel R_{we})C = 16\mu\text{s}$ , cz. graniczna filtru pętlowego  $f_1 = 1/(2\pi\tau) = 10\text{kHz}$ , zakres chwytania synchronizacji:  $\Delta f_C = (\Delta f_L f_1)^{1/2} = 200\text{kHz}$

4.



### Odpowiedzi

- 1.
- 2.
- 3.