

1. **Odp.**  

$$h_{21} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{\Delta U_{WY} / R_C}{(\Delta E - \Delta U_{WE}) / R_B} = 256$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{(U_{CC} - U_{WY})R_B}{R_C(E - U_{WE})} = 200$$

W układzie jak na rysunku wykonano pomiary dla różnych wartości napięcia  $E_G$ :

$E$ [V]	$U_{WE}$ [V]	$U_{WY}$ [V]
0.738	0.688	3.944
0.720	0.680	4.200

Oblicz współczynniki wzmocnienia prądowego tranzystora:  
 (a) statyczny  $\beta$  [1p]  
 (b) dynamiczny (różniczkowy)  $h_{21}$  [1p]

2. **Odp.**  

$$P_{Zmax} = U_Z I_{Zmax} = \frac{U_Z^2}{R_{Omin}} = 1W$$

(Przy rozwarciu wyjścia diody przejmuje prąd z obciążenia. Wartość maksymalna tego prądu  $U_Z/R_{Omin}$  nie może przekroczyć maksymalnego prądu diody. Zatem jest  $I_{Zmax} = U_Z/R_{Omin}$ .)

Wyznacz moc admysyjną  $P_{Zmax}$  diody jeśli rezystancja obciążająca może się zmieniać w granicach  $100\Omega < R_O < \infty$ . W obliczeniach przyjmij następujące parametry diody Zenera:  $U_Z = 10V$ ,  $r_Z = 0\Omega$ . (Moc admysyjna to maksymalna moc, która może wydzielć się w przyrządzie.) [2p]

3. **Odp.** Oblicz wartości napięcia  $U_{CE}$  odpowiadające wartościom napięcia  $u_{WE}$ . [3p]

$u_{WE}$ [V]	0	1	2
$U_{CE}$ (wzór)	$U_{CE} = U_{CC}$ (zatkany)	$U_{CE} = U_{CC} - R_C \beta (u_{WE} - 0.7V) / R_B$ (aktywny)	$U_{CE_{Enas}}$ (nasycony)
$U_{CE}$ [V] (wartość)	5	2	0.2

4. **Odp.** Uzupełnij zdania:  
 Tranzystory  $T_1$   $T_2$  tworzą układ [1p].....lustra prądowego.....  
 Tranzystor  $T_3$  pracuje w układzie [1p].....wzmacniacza WE (OE)....  
 Oblicz  $u_{wy}(t)$  jeśli  $u_{we}(t) = 15\sin(\omega t)$  mV. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości (przyjmij  $\eta = 1$ ,  $U_T = 25mV$ ) [2p]

$$u_{wy}(t) = -g_m R_C u_{we}(t) = -40 I_A R_C u_{we}(t) = -3.6 \sin(\omega t) V$$

5. **Odp.** W układzie wzmacniacza OS transkonduktancja tranzystora w punkcie pracy wynosi  $g_m = 1.5$  mS. Oblicz wzmocnienie na środku pasma  $k_{u0}$  [1p] oraz górną częstotliwość graniczną  $f_g$  [1p]. W obliczeniach przyjmij  $r_{ds} = \infty$ ,  $C_{gs} = C_{gd} = 200$  pF oraz że rezystancja wewnętrzna źródła napięcia zmiennego  $E_g$  jest równa  $R_g = 600\Omega$ .  
 Odpowiedz na pytania:  
 -jak nazywa się tranzystor zastosowany w układzie? [0,5p]  
**n-JFET**  
 -jak nazywa się układ polaryzacji tranzystora? [0,5p]  
**automatyczna polaryzacja bramki**  
 Oblicz napięcie  $U_{GD}$  i określ zakres pracy tranzystora jeśli wiadomo, że  $I_D = 9/5$  mA a napięcie odcięcia wynosi  $U_P = -4V$ ? [1p]  

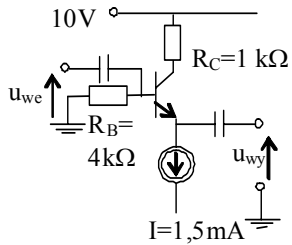
$$U_{GD} = -(E_{DD} - I_D R_D) = -(15 - 9)V = -6V$$
  
 zakres pracy:.....nasycenie.....bo.... $U_{GB} < U_P$ ....

$$k_{u0} = -g_m R_D || R_O = -6$$

$$C_{we} = C_{gs} + (1 + k_{u0}) C_{gd} = 1600 pF$$

$$f_g \approx 1 / (2\pi C_{we} R_g) = 170 kHz$$

6.



Odp.  
Wtórnik emiterowy:

$$k_{u0} \cong 1$$

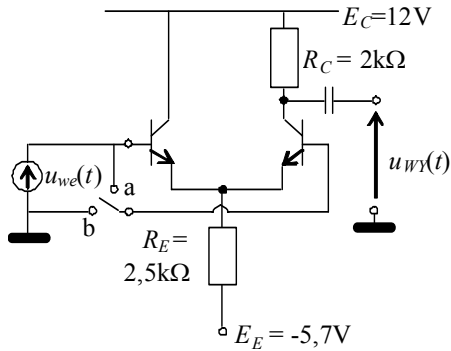
$$g_m = 40I = 60\text{mS}$$

$$h_{11} = h_{21}/g_m = 2\text{k}\Omega$$

$$R_{wy} = (h_{11} + R_B)/(1 + h_{21}) = 50\Omega$$

Oblicz (w przybliżeniu) wzmacnienie  $k_{u0}$  [1p] oraz rezystancję wyjściową  $R_{wy}$  [2p] układu. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości. Przyjmij wartość  $h_{21} = 120$ .

7.



Oblicz w przybliżeniu napięcie  $u_{wy}(t)$  dla obu pozycji przełącznika jeśli  $u_{we}(t) = 10\sin(\omega t)$  mV oraz wiadomo, że współczynnik tłumienia sygnału współbieżnego dla wyjścia nieodwracającego  $CMMR^+ = 40\text{dB}$ . Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości. [4p]

Odp.

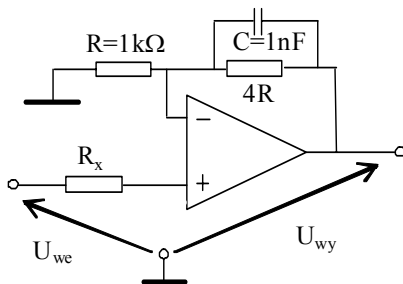
$$I_E = 2\text{mA}, k_{ur}^+ = \frac{1}{2} g_m R_C = 40 \frac{I_E}{4} R_C = 40,$$

$$k_{us}^+ = k_{ur}^+ / 10^{CMMR^+ / 20} = 0.4$$

$$u_{wy-b}(t) = k_{ur}^+ u_{we}(t) = 0.4\sin(\omega t) \text{ V},$$

$$u_{wy-a}(t) = k_{us}^+ u_{we}(t) = 4\sin(\omega t) \text{ mV}$$

8.



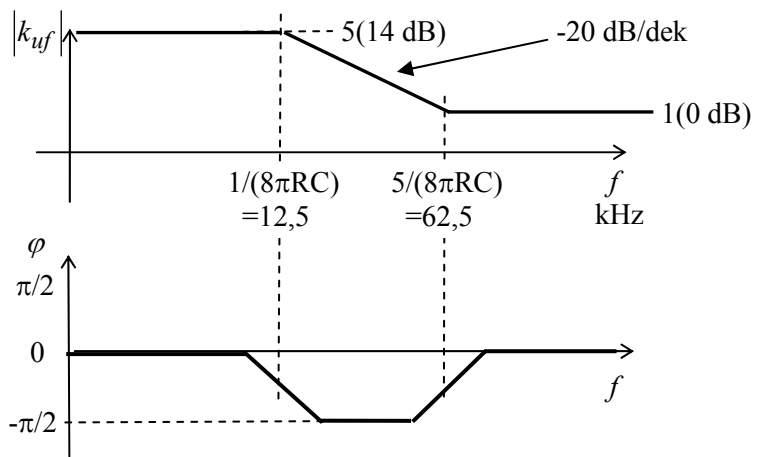
Odp.

$$k_{uf}(j\omega) = 1 + \frac{Z_2}{Z_1} =$$

$$1 + \frac{4R \parallel (1/j\omega C)}{R} =$$

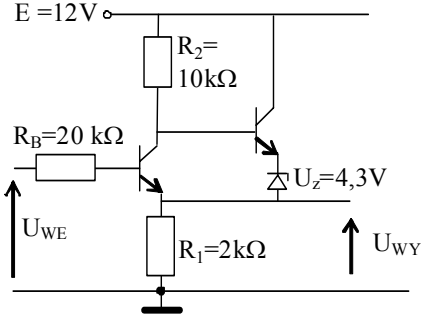
$$5 \frac{1 + j\omega 4RC/5}{1 + j\omega 4RC}$$

Oblicz [1p] i narysuj logarytmiczną charakterystykę amplitudową [0÷2p] i fazową wzmacniacza [0÷2p]. Na wykresie zaznacz istotne wielkości: wzmacnienie i fazę dla  $\omega \rightarrow \infty$  i  $\omega \rightarrow 0$ , częstotliwości graniczne, nachylenie charakterystyki amplitudowej. Przyjmij, że wzmacniacz operacyjny jest idealny.

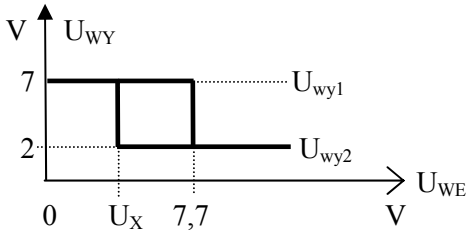


Oblicz górną częstotliwość graniczną jeśli zastosowany WO ma pole wzmacnienia  $GB = 1\text{MHz}$  [1p]

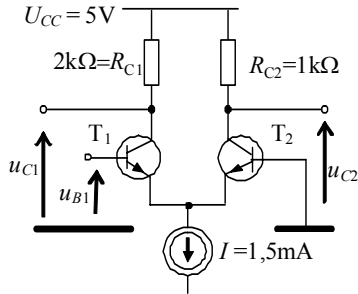
$$\beta_{w.cz.} \cong \beta(f > 62.5\text{kHz}) = 1, f_g = GB\beta_{w.cz.} = GB = 1\text{MHz}$$

9. 

Dla układu przerzutnika Bowesa wyznacz wartość  $U_X$  napięcia wejściowego, dla której przerzutnik zmienia stan z niskiego na wysoki (rysunek). W obliczeniach przyjmij, że dla obu tranzystorów współczynnik  $\beta \gg 1$ . [2p]

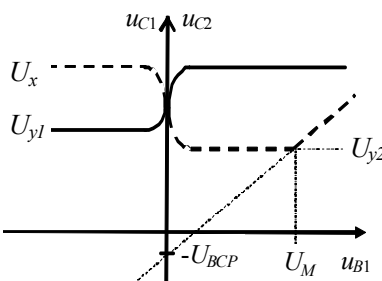


$$U_X = U_{wy2} + 0.7V = 2.7V$$

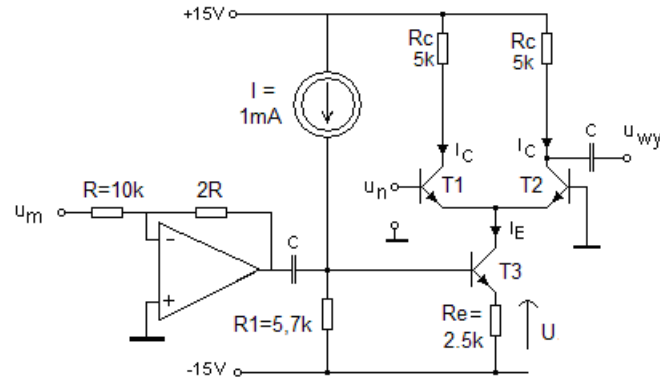
10. 

Uzupełnij zdania:  
 Linia ciągłą oznaczono charakterystykę [0.5p] ...  $u_{C2}(u_{B1})$   
 Linia przerywaną oznaczono charakterystykę [0.5p] ...  $u_{C1}(u_{B1})$ ....

Oblicz wartości napięć  $U_x$ ,  $U_{y1}$ ,  $U_{y2}$ ,  $U_M$  zaznaczone w polu charakterystyk przejściowych układu. W obliczeniach przyjmij  $U_{BCP} = 0,5V$ . [2p]



**Odp.**  
 $U_x = U_{CC} = 5V$   
 $U_{y1} = U_{CC} - R_{C2}I = 3.5V$   
 $U_{y2} = U_{CC} - R_{C1}I = 2V$   
 $U_M = U_{y2} + U_{BCP} = 2.5V$

11. 

(a) Oblicz wartość prądu  $I_E$  (podaj wzór i wartość) [1p]  
 (b) Oblicz amplitudę  $U_{wy}$  napięcia na wyjściu modulatora jeśli amplituda napięcia modulowanego (nośnej) na wejściu układu  $U_n = 10mV$ , a amplituda sygnału modulującego  $U_m = 0$ . [1p]  
 (c) Oblicz głębokość modulacji  $m$  jeśli  $U_m = 1V$ . [Wskaźówka: głębokość modulacji jest równa stosunkowi amplitudy napięcia modulującego pojawiającego się na  $R_e$  ( $U_{ac}$ ) do napięcia stałego na tym rezystorze  $m = U_{ac}/U_{dc}$ ]. [3p].

**Odp.**  
 (a)  $I_E = (IR_1 - 0.7V)/R_e = 2mA$   
 (b)  $k_{ur}^+ = g_m R_c / 2 = 40I_E R_c / 4 = 100$   
 $U_{wy} = k_{ur}^+ U_n = 1V$   
 (c)  $U_{ac} = 2U_m = 2V$  (wzm. odwracający o wzm.  $|k_{ul}| = 2 +$  wtórnik emiterowy),  
 $U_{dc} = IR_1 - 0.7V = 5V$   
 $m = U_{ac}/U_{dc} \cong 0,4$ .

12. Zmierzono charakterystyki częstotliwościowe wzmacniacza.

a) Która z podanych niżej transmitancji członu sprzężenia zwrotnego  $\beta$  zapewni, że układ stanie się generatorem po zamknięciu pętli s.z.?

[1p]

$\beta = 0$     $\beta = -1$     $\beta = 1$     $\beta = -1/20$     $\beta = 1/20$

b) Który z poniższych warunków będzie spełniać częstotliwość  $f_g$  powstałego generatora

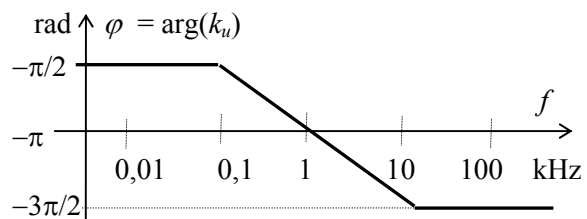
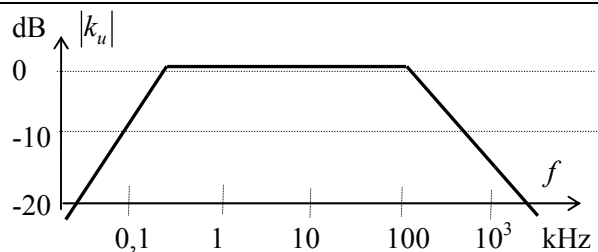
[1p]

$f_g \ll 10^3 \text{ Hz}$     $f_g \cong 10^3 \text{ Hz}$     $f_g \gg 10^3 \text{ Hz}$

c) Jaki w przybliżeniu będzie kształt generowanego sygnału [1p]

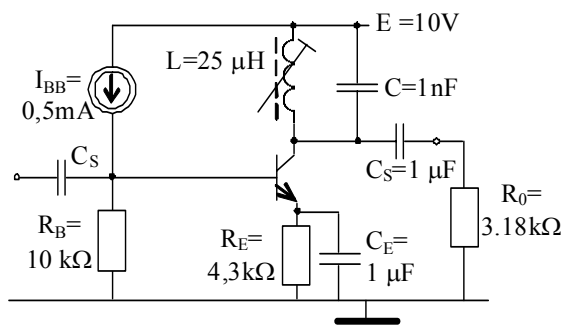
wykładniczy	logarytmiczny
<b>sinusoidalny</b>	prostokątny

(zaznacz odpowiednią odpowiedź)



13. Oblicz częstotliwość rezonansową  $f_0$  oraz 3dB szerokość pasma  $B$  wzmacniacza selektywnego. W obliczeniach przyjmij, że cewka jest idealna ( $Q_L = \infty$ ), a impedancja wyjściowa tranzystora jest nieskończenie duża,  $g_{ce} = 0$ .

[2p]



Odp.

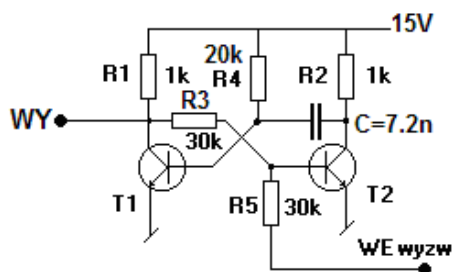
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 1\text{MHz}$$

$$Q = 2\pi f_0 C R_0 \cong 20,$$

$$B = 2\Delta f_{3\text{dB}} = f_0/Q \cong 50\text{kHz}.$$

14. Przerzutnik jest wyzwalany przebiegiem impulsowym o częstotliwości  $f = 1\text{kHz}$ . Oblicz czas trwania pojedynczego impulsu,  $T$ , oraz współczynnik wypełnienia przebiegu wyjściowego  $k$ . ( $k = \text{''czas w stanie wysokim''/okres}$ ). [2p]

[2p]



Odp.

$$T \cong R_4 C \ln 2 = 0.1\text{ms}$$

$$k = Tf = 0.1$$

15. W układzie pętli PLL zastosowano detektor fazy o charakterystyce  $U_d = 2\sin(\phi)$  V, filtr pętlowy RC o z elementami  $R = 10\text{k}\Omega$  i  $C = 2.4\text{nF}$  oraz generator VCO o częstotliwości własnej  $f_0 = 10.7\text{MHz}$  i współczynniku przestrajania  $K_g = 3\text{MHz/V}$ . Oblicz zakresy trzymania  $\Delta f_L$  i chwytania  $\Delta f_C$  synchronizacji jeśli wiadomo, że wejście generatora VCO obciąża filtr rezystancją  $R_{we} = 20\text{k}\Omega$  (rysunek). [4p]

Transmitancją filtra z obciążeniem

$$H(j\omega) \equiv \frac{U_g}{U_d} = \frac{R_{we}}{R_{we} + R} \frac{1}{1 + j\omega(R_{we} || R)C}$$

$$H(0) = R_{we}/(R + R_{we}) = 0.33$$

zakres trzymania synchronizacji:

$$\Delta f_L = U_{d\text{max}} H(0) K_g = 2\text{MHz},$$

stała czasowa filtra z obciążeniem (patrz  $H(j\omega)$ )

$$\tau = (R || R_{we})C = 16\mu\text{s},$$

cz. graniczna filtra pętlowego  $f_i = 1/(2\pi\tau) = 10\text{kHz}$ ,

zakres chwytania synchronizacji:

$$\Delta f_C = (\Delta f_L f_i)^{1/2} = 144\text{kHz}$$

