

WZMACNIACZE MAŁYCH SYGNAŁÓW

Jeśli nie podano inaczej należy przyjąć $\eta = 1$, $U_T = 25\text{mV}$, $h_{12e} = 0$, $h_{22e} = g_{ce} = 0$, $r_{ds} = \infty$.

1. [Odp.](#)

	<p>Zastosowany w układzie tranzystor posiada parametry $I_{DSS} = 5 \text{ mA}$, $U_p = 4\text{V}$. Oblicz wzmacnienie na środku pasma k_{u0}, oraz rezystancję wyjściową R_{wy}. Odpowiedz na pytania:</p> <ul style="list-style-type: none"> -jak nazywa się układ polaryzacji tranzystora? -w jakim zakresie pracy znajduje się tranzystor? -jaki to wzmacniacz?
--	--

2. [Odp.](#)

	<p>Wiadomo, że zastosowany w układzie tranzystor ma napięcie odcięcia $U_p = -4\text{V}$, oraz że napięcie na pojemności C_S wynosi $U_S = 3\text{V}$. Oblicz transkonduktancję g_m w punkcie pracy, wzmacnienie skuteczne na środku pasma k_{us0}, oraz rezystancję wyjściową R_{wy}.</p>
--	--

3. [Odp.](#)

	<p>Oblicz wzmacnienie skuteczne k_{us0} i rezystancję wejściową wzmacniacza. Przyjmij następujące wartości parametrów małosygnalowych tranzystora: $r_{b'e} = 1 \text{ k}\Omega$, $g_m = 160 \text{ mS}$, ($g_{ce} = 0$), oraz że rezystancja wewnętrzna źródła sygnału sterującego wzmacniacz wynosi $R_g = 600 \Omega$. Oblicz napięcie stałe na pojemności C_2. Oblicz współczynniki wzmacnienia prądowego tranzystora: statyczny β i dynamiczny h_{21e}.</p>
--	--

4. [Odp.](#)

	<p>Rozpoznaj wzmacniacz. Oblicz $u_{wy}(t)$ (w przybliżeniu) jeśli</p> <p>(a) $u_{we}(t) = 10\sin(\omega t) \text{ mV}$.</p> <p>(b) wzmacniacz sterowany jest sygnałem ze źródła napięciowego $e_g(t) = 10\sin(\omega t) \text{ mV}$ o rezystancji wewnętrznej $R_g = 500\Omega$.</p> <p>Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości.</p>
--	--

5. [Odp.](#)

6. [Odp.](#)

<p>Oblicz w przybliżeniu $u_{wy}(t)$ jeśli $u_{we}(t) = 10\sin(2\pi ft) \text{ mV}$. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości.</p>	<p>Zmierzono napięcie stałe $U_B = 1\text{V}$ na rezystorze R_B. Oblicz wzmacnienie skuteczne k_{us0} jeśli wtórnik emiterowy jest obciążony rezystancją $R_o=50\Omega$ i sterowany sygnałem ze źródła napięciowego o rezystancji wewnętrznej $R_g = 500\Omega$. Oblicz rezystancje wyjściową R_{wy} wtórnika.</p>

7. Odp.

	<p>Oblicz $u_{wy}(t)$ jeśli wzmacniacz dwustopniowy jest sterowany sygnałem $e_g(t) = 10\sin\omega t$ mV ze źródła napięciowego o rezystancji wewnętrznej $R_g = 500\Omega$. Napięcie stałe na rezystorze R_B wynosi $U_B = 1V$. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości. Wskazówka: Rezystancja wejściowa II stopnia jest jednocześnie obciążeniem I stopnia. Oblicz tę rezystancję i skorzystaj z wyników zadań 4 i 6.</p>
--	--

8. Odp.

	<p>Oblicz wzmocnienie k_{u0} oraz rezystancje wejściową R_{we} i wyjściową R_{wy} układu jeśli znana jest charakterystyka przejściowa tranzystora MOS a napięcie Early'ego tranzystora bipolarnego $U_A=100V$. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości. Wskazówka: patrz jedno z zadań zestawu 2.</p>
--	--

9. Odp.

	<p>Oblicz wzmocnienie k_{u0} oraz rezystancje wejściową R_{we} i wyjściową R_{wy} układu jeśli znane są parametry tranzystora MOS oraz małosygnalowy współczynnik wzmocnienia prądowego h_{21}. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości.</p>
--	---

10. Odp.

	<p>Zmierzone napięcie stałe na pojemności C_2, $U_{C2}=11V$. Oblicz wzmocnienie k_{u0} oraz rezystancje wejściową R_{we} i wyjściową R_{wy} układu jeśli znane jest napięcie progowe tranzystora MOS, $U_P = -8V$. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości zakładając, że $r_{ds} = \infty$!</p>
--	--

11. Odp.

	<p>Zmierzone napięcie stałe na pojemności C_2, $U_{C2}=10V$. Oblicz wzmocnienie k_{u0} oraz rezystancje wejściową R_{we} i wyjściową R_{wy} układu jeśli znane jest napięcie progowe tranzystora MOS, $U_P = -10V$. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości zakładając, że $r_{ds} = \infty$!</p>
--	---

12. Odp.

	<p>Oblicz $u_{wy}(t)$ (w przybliżeniu) jeśli $u_{we}(t) = 10\sin(\omega t)$ mV. Obliczenia przeprowadź dla średnich częstotliwości.</p>
--	---

13. Odp.

--	--

14. Odp.

	<p>Oblicz wzmocnienie w zakresie średnich częstotliwości jeśli dla tranzystora J-FET $I_{DSS} = 9$ mA, $U_P = -4,65$ V. Rozważ przypadki gdy rezystancja dynamiczna diody Zenera wynosi (a) $r_Z = 0$ (b) $r_Z = 10$ Ω.</p>
--	---

15. Odp.

	<p>Oblicz maksymalną wartość wzmocnienia k_{u0max} jeśli współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora wynosi $\beta = 100$. Dla jakich wartości rezystancji R_C, R_o wzmocnienie jest maksymalne?</p>
--	---

16. Odp.

	<p>(a) Oblicz maksymalną wartość wzmocnienia k_{u0max} jeśli $I = 15$ mA a współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora wynosi $\beta = 100$. Dla jakiej wartości R_C wzmocnienie jest maksymalne? (b) Dla jakiej wartości prądu I wzmocnienie k_{u0} jest największe?</p>
--	--

17. Odp.

	<p>Oblicz rezystancję wyjściową R_{wy} wzmacniacza i wzmocnienie skuteczne k_{us0} w zakresie średnich częstotliwości jeśli napięcie Early'ego i małosygnałowy współczynnik wzmocnienia prądowego w punkcie pracy wszystkich tranzystorów wynoszą: $U_A = 100$ V i $h_{21} = 88$. Przyjmij $U_{CC} = 5$ V, $R = 8,6$ kΩ, $R_g = 600$ Ω.</p>
--	--

18. Odp.

--	--

CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWE, PASMO WZMACNIACZY

20. [Odp.](#)

	<p>Oblicz napięcie wyjściowe $u_{wy}(t)$ jeśli $e_g(t) = 10\sin(2\pi ft)$ mV. Przyjmij, że f leży w zakresie częstotliwości średnich. Parametry małosygnalowe tranzystora oblicz na podstawie punktu pracy (przyjmij że $h_{21e} = \beta$). Oblicz częstotliwości graniczne wzmacniacza: górną f_g i dolną f_d. Przyjmij $C_{b'e} = \frac{195}{6,28}$ pF, $C_{b'c} = \frac{5}{6,28}$ pF oraz, że $r_{bb'} \ll R_g$.</p>
--	--

21. [Odp.](#)

Oblicz pojemność wejściową C_{we} oraz górną częstotliwość graniczną f_g wzmacniacza z zadania 1 jeśli jest on sterowany ze źródła napięciowego o rezystancji wewnętrznej $R_g = 2$ kΩ. W obliczeniach przyjmij $C_{gs} = C_{gd} = 200$ pF.

22. [Odp.](#)

Oblicz częstotliwości graniczne: dolną f_d i górną f_g oraz pojemność wejściową wzmacniacza z zadania 3, w którym tranzystor ma w punkcie pracy $I_C = 4$ mA następujące parametry w.cz.: $f_T = 1$ GHz, $C_{b'c} = 3$ pF, $r_{bb'} = 15$ Ω.

23. [Odp.](#)

	<p>Oblicz wzmocnienie skuteczne k_{us0} oraz dolną częstotliwość graniczną f_d wzmacniacza. Przyjmij $h_{21e} = \beta = 100$.</p>
--	--

24. [Odp.](#)

	<p>Tranzystor J-FET w punkcie pracy ma transkonduktancję $g_m = 3$ mS. Narysuj przebieg logarytmicznej charakterystyki amplitudowej wtórnika źródłowego (OD). Obliczenia przeprowadź dla przypadku $r_{ds} = \infty$. Przyjmij $C_{gs} = C_{gd} = 7$ pF.</p>
--	---

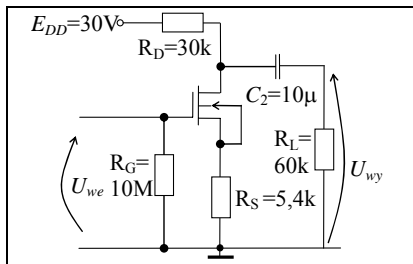
25. [Odp.](#)

Oblicz górną częstotliwość graniczną f_g (pasmo) i pole wzmocnienia wzmacniacza OB z zadania 12. Tranzystor w punkcie pracy $I_C = 1$ mA ma następujące parametry w.cz.: $f_T = 120$ MHz, $C_{b'c} = 5$ pF. W obliczeniach przyjmij $r_{bb'} = 0$, $r_{ce} = \infty$ oraz, że wzmacniacz jest obciążony rezystancją $R_L = 4$ kΩ i sterowany ze źródła sygnału o rezystancji wewnętrznej $R_g = 50$ Ω.

26. [Odp.](#)

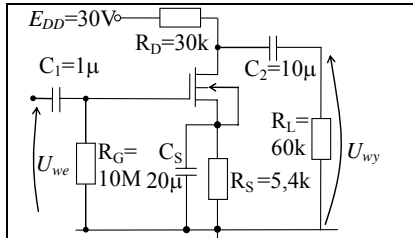
	<p>Oblicz wzmocnienie skuteczne k_{us0} i górną częstotliwość graniczną f_g (pasmo) wzmacniacza OG. Tranzystor J-FET w punkcie pracy ma transkonduktancję $g_m = 6$ mS. Obliczenia przeprowadź dla przypadku $r_{ds} = \infty$. Przyjmij $C_{gs} = C_{gd} = 3$ pF.</p>
--	---

27. [Odp.](#)



Tranzystor p-MOS ma napięcie odcięcia $U_p = -3V$ oraz prąd $I_{DSS} = 50mA$. Oblicz wzmocnienie k_u , rezystancję wyjściową R_{wy} , oraz dolną częstotliwość graniczną f_d wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym źródłowym. Obliczenia przeprowadź dla przypadków (a) $g_{ds} = 0$ (b)* $r_{ds} = 1/g_{ds} = 127 k\Omega$. Oblicz błąd względny δ oszacowania wzmocnienia jeśli stosuje się uproszczenie jak w przypadku (a)

28. [Odp.](#)



Narysuj przebieg logarymicznej charakterystyki amplitudowej wzmacniacza OS. Skorzystaj z rozwiązań [zad. 27](#) i [11](#). Obliczenia przeprowadź dla przypadku $r_{ds} = \infty$. Przyjmij $C_{gs} = C_{gd} = 10 pF$ oraz że wzmacniacz jest sterowany ze źródła sygnału o rezystancji wewnętrznej $R_g = 100 \Omega$.

29. [Odp.](#)

Oblicz pasmo wzmacniacza OG z zadania 10. Obliczenia przeprowadź dla przypadku $r_{ds} = \infty$. Przyjmij $C_{gs} = C_{gd} = 9 pF$, oraz, że wzmacniacz jest sterowany ze źródła sygnału o rezystancji wewnętrznej $R_g = 50 \Omega$.

30. [Odp.](#)

Oblicz pasmo wzmacniacza OB z zadania 4. Tranzystor w punkcie pracy ma następujące parametry w.c.: $f_T = 120 MHz$, $C_{b'c} = 5 pF$. W obliczeniach przyjmij $r_{bb'} = 0$, $r_{ce} = \infty$ oraz, że wzmacniacz jest sterowany ze źródła sygnału o rezystancji wewnętrznej $R_g = 50 \Omega$.

31. [Odp.](#)

32. Odp.

33. Odp.

33. Odp.

33. Odp.

Odpowiedzi

1. $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{I_D R_Z}{U_P}\right)^2 \Rightarrow I_D = \frac{9}{5} mA$, $U_{GS} = I_D R_Z = \frac{8}{5} V$, $g_m = \frac{2I_{DSS}}{U_P} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right) = \frac{6}{4} mS$, $R_{wy} = R_D = 5k\Omega$, $k_{u0} = -g_m R_D / R_0 = -6$, układ z automatyczną polaryzacją bramki, zakres pracy tranzystora: *nasylenie*, bo $U_{GD} = -(E_{DD} + I_D R_D) = -(-15 + 9) = 6V > U_P (=4V)$, wzmacniacz OS (wspólne źródło).
[wróć \(back\)](#)

2. $I_D = U_S/R_S = 3\text{mA}$, $U_{GS} = -U_S = -3\text{V}$, $I_{DSS} = I_D \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right)^{-2} = 48\text{mA}$, $g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_P} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right) =$

6mS , $k_{u0} = -g_m R_D // R_O = -24$, $k_{us0} = k_{u0} R / (R + R_g) = -240/11 \cong -22$, $R_{wy} = R_D = 5\text{k}\Omega$, tranzystor n-JFET pracuje w zakresie *nasycenia*, bo $U_{GD} = U_{GS} - U_{DS} = U_{GS} - (E_{DD} - I_D(R_D + R_S)) = -3 - (30 - 6 \cdot 3) = -15\text{V} < U_P$, wzmacniacz WS (OS). [wróć \(back\)](#)

3. $R_{we} = r_{b'e} // R_B \cong r_{b'e} = 1\text{k}\Omega$, $k_{us0} = -g_m (R_C // R_o) \frac{R_{we}}{R_{we} + R_g} = -200$, $I_C = g_m U_T \eta = 4\text{mA}$, $U_{C2} = U_{CE} =$

$U_{CC} - I_C R_C = 4\text{V}$, $\beta = I_C / I_B = I_C R_B / (E - U_{BE}) = 160$, $h_{21e} = g_m r_{b'e} = 160$. [wróć \(back\)](#)

4. Wzmacniacz: WB (OB), (a) $k_{u0} = g_m R_C = \frac{I_A}{\eta U_T} R_C = 100$, $u_{wy}(t) = k_{u0} u_{we}(t) = 1 \sin(\omega t)\text{V}$, (b) $r_{we} =$

$1/g_m = 50\ \Omega$, $k_{us0} = k_{u0} \frac{r_{we}}{r_{we} + R_g} \cong 9.1$, $u_{wy}(t) = k_{us0} e_g(t) \cong 91 \sin(\omega t)\text{mV}$. [wróć \(back\)](#)

5. Wtórnik emiterowy: $k_{u0} \cong 1 \Rightarrow u_{wy}(t) \cong u_{we}(t) = 10 \sin(2\pi f t)\text{mV}$. [wróć \(back\)](#)

6. $I_B = U_B / R_B = 50\ \mu\text{A}$, $I_E = (E - U_B - U_{BE}) / R_E = 4,15\text{mA}$, $I_C = I_E - I_B = 4,1\text{mA}$, $h_{21} = \beta = I_C / I_B = 82$, $g_m = I_C / U_T = 164\text{mS}$, $r_{b'e} = h_{21} / g_m = 0,5\text{k}\Omega$, $r_{we} = r_{b'e} + (h_{21} + 1) R_E // R_o \cong r_{b'e} + (h_{21} + 1) R_o = 4,65\text{k}\Omega$, $k_{u0} = (h_{21} + 1) R_E // R_o / r_{we} \cong (h_{21} + 1) R_o / r_{we} = 0,89$, $R_{we} = R_B // r_{we} = 3,77\text{k}\Omega$, $k_{us0} = k_{u0} R_{we} / (R_{we} + R_g) = 0,79$. $R_{wy} = R_E // [(r_{b'e} + R_B) // R_g] / (h_{21} + 1) \cong (r_{b'e} + R_g) / (h_{21} + 1) = 12\ \Omega$ [wróć \(back\)](#)

7. Wzmacniacz dwustopniowy OC-OB. $R_{we \text{ II stopnia (OB)}} = 1/g_{mT2} = 50\ \Omega$ (zad. 4), $k_{us0} = k_{u0(\text{OB})} k_{us0(\text{OC})} = 100 \cdot 0,79 = 79$ (zad. 4 i 6), $u_{wy}(t) = k_{us0} e_g(t) = 0,79 \sin(\omega t)\text{V}$. [wróć \(back\)](#)

8. $I_E = 2\text{mA}$, $U_{GS} = 8,7\text{V}$, $I_D = 8\text{mA}$, $U_{DS} = 10,7\text{V}$, $U_{GD} = -2\text{V} < U_P \rightarrow$ tranzystor w zakresie nasycenia, $g_{mMOS} = 4\text{mS}$, $k_{u0} = -g_{mMOS} R_D = -4$ (wzm. ze wspólnym źródłem: OS), $R_{we} \cong R_C // r_{ce} \cong 4,6\text{k}\Omega$, $r_{ce} \cong (U_A + U_{CE}) / I_C = (U_A + U_{GS}) / I_C = 54,4\text{k}\Omega$, $R_{wy} = r_{ds} // R_D \cong R_D = 1\text{k}\Omega$. [wróć \(back\)](#)

9. $I_D = I_{DSS} = 10\text{mA}$, $U_{DS} = 10\text{V}$, $I_C = 5\text{mA}$, $U_{CE} = 15\text{V} \rightarrow$ tranzystor w zakresie aktywnym, $g_{mTB} = 200\text{mS}$, $k_{u0} = -g_{mTB} R_C // R_O = -100$ (wzm. ze wspólnym emiterem: OE), $R_{we} \cong R_D // r_{ds} // r_{b'e} \cong 0,5\text{k}\Omega$, $r_{b'e} \cong h_{21} / g_m = 1\text{k}\Omega$, $R_{wy} = r_{ce} // R_C \cong R_C = 1\text{k}\Omega$. [wróć \(back\)](#)

10. $U_{GD} = -U_{C2} = -11\text{V} < U_P \rightarrow$ tranzystor w zakresie nasycenia, $I_D = (E - U_{C2}) / R_D = 9\text{mA}$, $U_{GS} = -I_D R_S = -5\text{V}$, $I_{DSS} = I_D / (1 - U_{GS} / U_P)^2 = 64\text{mA}$, $g_m = -2I_{DSS} (1 - U_{GS} / U_P) / U_P = 6\text{mS}$, wzm. ze wspólną bramką: OG, $k_{u0} = g_m R_D // R_O = 4$, $R_{we} = U_{we} / I_{we} = -U_{gs} / (-U_{gs} / R_S - g_m U_{gs}) = 1 / (1 / R_S + g_m) = R_S // (1 / g_m) \cong 128\ \Omega$, $R_{wy} = r_{ds} // R_D \cong R_D = 1\text{k}\Omega$. [wróć \(back\)](#)

11. $U_{GD} = -(E - U_{C2}) = -10\text{V} \leq U_P \rightarrow$ tranzystor w zakresie nasycenia, $I_D = U_{C2} / R_D = 10\text{mA}$, $U_{GS} = -I_D R_S = -5\text{V}$, $I_{DSS} = I_D / (1 - U_{GS} / U_P)^2 = 40\text{mA}$, $g_m = -2I_{DSS} (1 - U_{GS} / U_P) / U_P = 4\text{mS}$, wzm. ze wspólnym drenem: OD, $k_{u0} = g_m R_S // R_O / (g_m R_S // R_O + 1) \cong 2/3$, $R_{we} = R_G = 1\text{M}\Omega$, $R_{wy} = U_{roz} / I_{zw} = [U_{we} k_{u0} |_{R_{obc} = R_S}] / I_{zw} = [U_{we} g_m R_S / (g_m R_S + 1)] / (g_m U_{we}) = R_S / (1 + g_m R_S) = R_S // (1 / g_m) \cong 167\ \Omega$. [wróć \(back\)](#)

12. Wzmacniacz OB, $u_{wy}(t) = g_m R_C u_{we}(t) = \frac{I_A}{2U_T} R_C u_{we}(t) = 1,6 \sin(\omega t) V$. [wróć\(back\)](#)

13. [wróć\(back\)](#)

14. $U_{GS} = -U_Z + U_{BE} = -3,1V$, $I_D = 1 \text{ mA}$, $g_{mFET} = 3,87 \text{ mS}$, $I_C = I - I_D = 1 \text{ mA}$, $g_{mTB} = 40 \text{ mS}$. II st. - wzm. OB: $k_{u0II} \equiv u_{wy}/u_{wyI} = g_{mTB} R_C = 224$, $r_{weII} = 1/g_{mTB} = 25\Omega$. I st. - wzm. OD: $k_{u0I} \equiv u_{wyI}/u_{we} \cong g_{mFET}(r_Z + r_{weII})/[1 + g_{mFET}(r_Z + r_{weII})] \times r_{weII}/(r_Z + r_{weII}) = g_{mFET}/[g_{mFET}(1 + r_Z g_{mTB}) + g_{mTB}]$. (a) $k_{u0I} = g_{mFET}/(g_{mFET} + g_{mTB}) = 0,088$, $k_{u0} \equiv u_{wy}/u_{we} = u_{wyI}/u_{wyI} \cdot u_{wyI}/u_{we} = k_{u0I} k_{u0II} = 19,8$ (b) $k_{u0I} = 0,085$, $k_{u0} = 19,1$. [wróć\(back\)](#)

15. $k_{u0} = g_m R_C // R_O = (I_C / U_T) R_C R_O / (R_C + R_O) < R_C I_C / U_T < (U_{CC} - U_{CEset}) / U_T = k_{u0max} \cong U_{CC} / U_T = 800$. $k_{u0} = k_{u0max}$ dla $R_O = \infty$, $R_C I_C = U_{CC} - U_{CEset} \Rightarrow R_C \beta (U_{CC} - U_{BE}) / R_B = U_{CC} - U_{CEset} \Rightarrow R_C \cong R_B / \beta = 1k\Omega$. [wróć\(back\)](#)

16. (a) $k_{u0} = g_m R_C = I_C R_C / U_T < \frac{I_C}{U_T} \frac{U_{CC} - U_{CEsat}}{I_C - I} \cong \frac{U_{CC} / U_T}{1 - I / I_C} = \frac{U_{CC} / U_T}{1 - I R_B / \beta (U_{CC} - U_{BE})} = k_{u0max} \cong$

$\frac{U_{CC} / U_T}{1 - I R_B / (\beta U_{CC})} = 3200$, $k_{u0} = k_{u0max}$ gdy $R_C (I_C - I) = U_{CC} - U_{CEset}$, $R_C [\beta (U_{CC} - U_{BE}) / R_B - I] = U_{CC} - U_{CEset}$

$\Rightarrow R_C \cong R_B / (\beta - I R_B / U_{CC}) = 4k\Omega$. (b) $k_{u0max} \rightarrow \infty$ gdy $I = I_C = \beta (U_{CC} - U_{BE}) / R_B \cong 20\text{mA}$, nie ma wtedy ograniczenia na wartość R_C [wróć\(back\)](#)

17. $R_{wy} = \frac{r_{ce}}{2} = \frac{R U_A}{2(U_{CC} - U_{BE})} = 100k\Omega$, $k_{us0} = -g_m R_{wy} r_{b'e} / (r_{b'e} + R_g) = -h_{21} R_{wy} / (h_{21} U_T / I_C + R_g) = -1760$, [wróć\(back\)](#)

18. [wróć\(back\)](#)

19. [wróć\(back\)](#)

19. [wróć\(back\)](#)

20. $I_C = \beta I_B = 6 \text{ mA}$, $U_{CE} = 4V \rightarrow$ tranzystor w zakresie aktywnym, $g_m = 240 \text{ mS}$, $k_{u0} = -g_m R_C // R_o = -200$ (wzm. ze wspólnym emiterem, OE), $R_{we} = r_{b'e} = h_{21} / g_m = 5/6 \text{ k}\Omega$, $k_{su0} = k_{u0} R_{we} / (R_{we} + R_g) \cong -100$, $u_{wy}(t) = k_{us0} e_g(t) = -1 \sin(2\pi f t) V$, $\tau_1 = C_1 (R_g + R_{we}) = 100/628 \text{ ms}$, $\tau_2 \cong C_2 (R_o + R_C) = 6000/628 \text{ ms}$, $f_d = 1/(2\pi\tau_1) \cong 1 \text{ kHz}$, $C_{we} = C_{b'e} + C_{b'c} (1 + g_m R_C // R_o) = 1200/6,28 \text{ pF}$, $\tau_{we} \cong C_{we} r_{b'e} // (r_{bb'} + R_G) = C_{we} r_{b'e} // R_G = 79,6 \text{ ns}$, $\tau_{wy} \cong C_{b'c} R_C // R_o \cong 0,66 \text{ ns}$, $f_g = 1/(2\pi\tau_{we}) \cong 2 \text{ MHz}$. [wróć\(back\)](#)

21. $C_{we} = C_{gs} + (1 + |k_{u0}|) C_{gd} = 1600 \text{ pF}$, $\tau_{we} = C_{we} R_g = 3,2 \mu\text{s}$, $\tau_{wy} \cong (1 - 1/k_{u0}) C_{gd} R_D // R_o = 933 \text{ ns}$, $f_g = 1/(2\pi\tau_{we}) \cong 50 \text{ kHz}$. [wróć\(back\)](#)

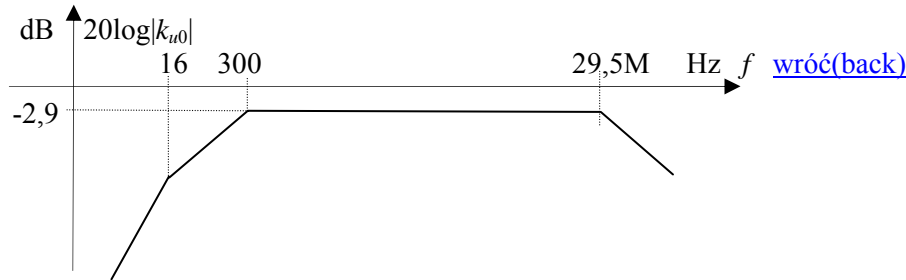
22. $\tau_1 = C_1 (R_g + R_{we}) = 0,16 \text{ ms}$, $\tau_2 = C_2 (R_o + R_C) = 4 \text{ ms}$, $f_d = \frac{1}{2\pi\tau_1} \cong 1 \text{ kHz}$, $C_{b'e} = g_m / (2\pi f_T) - C_{b'c} =$

$22,5 \text{ pF}$, $C_{we} = C_{b'e} + C_{b'c} (1 + g_m R_C // R_o) = 985 \text{ pF}$, $\tau_{we} \cong C_{we} r_{b'e} // (r_{bb'} + R_G) = C_{we} r_{b'e} // R_G = 370 \text{ ns}$, $\tau_{wy} = C_{b'c} R_C // R_o = 6 \text{ ns}$, $f_g \cong 1/(2\pi\tau_{we}) \cong 430 \text{ kHz}$. [wróć\(back\)](#)

23. $I_B = (-U_{EE} - U_{BE}) / [R_B + (\beta + 1) R_E] = 0,03 \text{ mA}$, $I_C = \beta I_B = 3 \text{ mA}$, $U_{CE} = 5 V \rightarrow$ tranzystor w zakresie aktywnym, $g_m = 120 \text{ mS}$, $k_{u0} = -g_m R_C // R_o \cong -240$ (wzm. ze wspólnym emiterem, OE), $r_{b'e} = h_{21} / g_m =$

833 Ω , $R_{we} = R_B // r_{b'e} = 770 \Omega$, $k_{u0} = k_{u0} R_{we} / (R_{we} + R_g) \cong -225$, $\tau_1 = C_1 (R_g + R_{we}) = 0,82 \text{ ms}$, $\tau_2 \cong C_2 (R_O + R_C) \cong C_2 R_O = 1 \text{ s}$, $\tau_E' \cong C_E R_E / [(r_{b'e} + R_B // R_g) / (h_{21} + 1)] \cong C_E r_{b'e} / (h_{21} + 1) = 0,64 \text{ ms}$, $f_d = 1 / (2\pi \tau_E') \cong 250 \text{ Hz}$. [wróć\(back\)](#)

24. $k_{u0} \cong k_{u0} = g_m R_S // R_O / (g_m R_S // R_O + 1) \cong 5/7 (= -2,9 \text{ dB})$, $R_{we} = R = 100 \text{ k}\Omega$ (patrz zadanie 11), $\tau_1 = C_1 (R_g + R_{we}) \cong 10 \text{ ms}$, $f_1 = 1 / (2\pi \tau_1) \cong 16 \text{ Hz}$, $\tau_2 = C_2 (R_O + R_S // 1/g_m) = 0,525 \text{ ms}$, $f_d = 1 / (2\pi \tau_2) \cong 300 \text{ Hz}$, $C_{we} = C_{gd} + (1 - k_{u0}) C_{gs} = 9 \text{ pF}$, $\tau_{we} = C_{we} R_g // R \cong C_{we} R_g = 5,4 \text{ ns}$, $f_g = 1 / (2\pi \tau_{we}) \cong 29,5 \text{ MHz}$.



25. $g_m = 40 \text{ mS}$, $k_{u0} = g_m R_{obc} = R_C // R_L = 80$, $R_{we} \cong 1/g_m = 25 \Omega$, $k_{u0} = k_{u0} R_{we} / (R_{we} + R_g) = 26,7$, $C_{we} = C_{b'e} = g_m / (2\pi f_T) - C_{b'c} = 48 \text{ pF}$, $\tau_{we} \cong C_{we} (1/g_m) // R_g = C_{we} r_{b'e} // R_g = 0,8 \text{ ns}$, $\tau_{wy} = C_{b'c} R_C // R_L = 10 \text{ ns}$, $f_g \cong 1 / (2\pi \tau_{we}) \cong 198 \text{ MHz}$, pole wzmocnienia $B = k_{u0} \times f_g = 5,31 \text{ GHz}$. [wróć\(back\)](#)

26. $k_{u0} = g_m R_D = 18$, $R_{we} = 1/g_m = 167 \Omega$ (patrz zadanie 10), $k_{u0} = k_{u0} R_{we} / (R_S + R_{we}) = k_{u0} / (g_m R_S + 1) \cong 3,9 (= 11,9 \text{ dB})$, $C_{we} = C_{gs} = 3 \text{ pF}$, $\tau_{we} \cong C_{we} (1/g_m) // R_S = 0,39 \text{ ns}$, $\tau_{wy} = C_{gd} R_D = 9 \text{ ns}$, $f_g = 1 / (2\pi \tau_{wy}) \cong 17,7 \text{ MHz}$, [wróć\(back\)](#)

27. $I_D = 0,5 \text{ mA}$, $g_m = 3,33 \text{ mS}$, $R_{obc} = R_D // R_L = 20 \text{ k}\Omega$,

$$(a) k_{u0} = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{-g_m U_{gs} R_{obc}}{U_{gs} + g_m U_{gs} R_S} = \frac{-g_m R_{obc}}{1 + g_m R_S} \cong 3,51 \cong -\frac{R_{obc}}{R_S} = -3,7,$$

$$R_{wy} = R_D = 30 \text{ k}\Omega, \text{ wskazówka: } U_{rozw.} = U_{we} \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S}, I_{zw} = -g_m U_{gs} = -g_m \frac{U_{we}}{1 + g_m R_S},$$

$$f_d = 1 / (2\pi \tau_2) = 1 / [2\pi C (R_L + R_{wy})] \cong 0,18 \text{ Hz} \quad \text{wróć(back)}$$

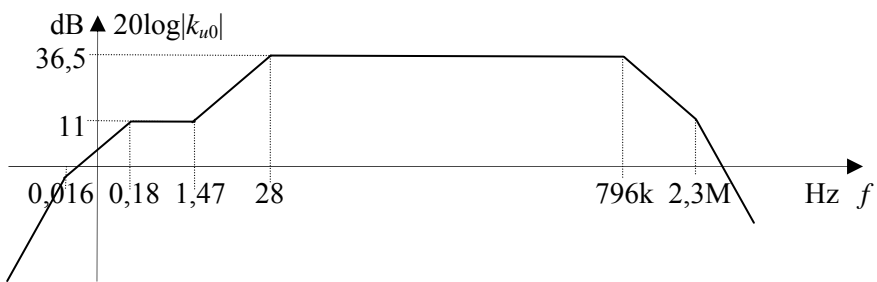
$$(b) k_{u0} = -\frac{R_{obc}}{R_S \left(1 + \frac{R_{obc} + R_S + r_{ds}}{g_m r_{ds} R_S} \right)} = -\frac{g_m R_{obc}}{g_m R_S + \frac{R_{obc} + R_S + r_{ds}}{r_{ds}}} = -\frac{g_m R_{obc}}{1 + g_m R_S + \frac{R_{obc} + R_S}{r_{ds}}} \cong -3,47$$

$$R_{wy} = \{r_{ds} + R_S (1 + g_m r_{ds})\} // R_D = 2,41 \text{ M}\Omega // 30 \text{ k}\Omega \cong 30 \text{ k}\Omega, f_d \cong 0,18 \text{ Hz},$$

$$\delta = |k_{u0(a)} - k_{u0(b)}| / |k_{u0(b)}| \times 100\% \cong 1\%. \quad \text{wróć(back)}$$

28. $k_{u0} = -g_m R_{obc} \cong -67$, $20 \log |k_{u0}| \cong 20 \log |67| \cong 36,5 \text{ dB}$, $f_2 \cong 1 / (2\pi \tau_2) = 1 / [2\pi C_2 (R_O + R_C)] = 0,18 \text{ Hz}$ (patrz zadanie 27), $f_1 \cong 1 / (2\pi \tau_1) = 0,016 \text{ Hz}$, $f_S \cong 1 / (2\pi C_S R_S) = 1,47 \text{ Hz}$, $\tau_S' \cong C_S R_S // (1/g_m) \cong 5,68 \text{ ms}$ (patrz zadanie 11), $f_S' \cong 1 / (2\pi \tau_S') = 28 \text{ Hz}$, $20 \log |k_{u0} f_S / f_S'| \cong 20 \log |3,51| \cong 11 \text{ dB}$ (patrz zadanie 27).

$C_{we} = C_{gs} + (1 - k_{u0}) C_{gd} = 690 \text{ pF}$, $\tau_{we} \cong C_{we} R_g = 69 \text{ ns}$, $f_{we} = 1 / (2\pi \tau_{we}) = 2,3 \text{ MHz}$, $\tau_{wy} \cong C_{gd} R_{obc} = 200 \text{ ns}$, $f_g = 1 / (2\pi \tau_{wy}) = 796 \text{ kHz}$.



[wróć\(back\)](#)

29. $\tau_{we} \cong C_{gs}R_g // R_g = 324 \text{ ps}$, $\tau_{wy} \cong C_{gd}R_{obc} = 6 \text{ ns}$, $f_g = 1/(2\pi \tau_{wy}) \cong 26,5 \text{ MHz}$.

[wróć\(back\)](#)

30. [wróć\(back\)](#)

31. [wróć\(back\)](#)

32. wróć(back)

32. wróć(back)

32. wróć(back)

32. wróć(back)