

3.

a) Struja diode u odsustvu pobude je jednaka

$$I_D = \frac{V_G - V_D}{R_1 + R_2}.$$

Ukoliko pretpostavimo da je $V_D \gg V_T$, struja diode je

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{V_D}{V_T}},$$

odakle dobijamo da je napon na diodi

$$V_D = V_T \ln \frac{I_D}{I_S}.$$

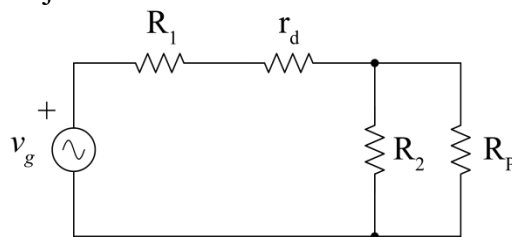
Izraz za struju diode sada postaje

$$I_D = \frac{V_G - V_T \ln \frac{I_D}{I_S}}{R_1 + R_2},$$

odakle je R_2 jednako

$$R_2 = \frac{V_G - V_T \ln \frac{I_D}{I_S}}{I_D} - R_1 = 644.78 \Omega.$$

b) Ekvivalentna šema za male signale je data na slici R1.



Slika R1.

Dinamička otpornost diode je jednaka

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = 8.33 \Omega.$$

Amplituda napona na potrošaču iznosi

$$V_p = V_m \frac{R_p \parallel R_2}{R_1 + r_d + R_p \parallel R_2} = 16.36 \text{ mV},$$

pa je napon na potrošaču jednak

$$v_p(t) = V_p \sin(2\pi ft) + V_p,$$

gde je $V_p = R_2 I_D = 1.93 \text{ V}$.

4.

a) $v_i = V_Z - V_{BE} = 4 \text{ V}$

b) Da bi kolo ispravno radilo zener dioda mora raditi u oblasti proboja, sa strujom koja je veća od nule

$$i_Z = \frac{v_U - V_Z}{R_S} - \frac{1}{1 + \beta} \frac{V_Z - V_{BE}}{R_p} \geq 0$$

$$R_S \leq (1 + \beta) R_p \frac{v_U - V_Z}{V_Z - V_{BE}}, \quad R_{S \max} = (1 + \beta) R_p \frac{v_{U \min} - V_Z}{V_Z - V_{BE}} = 1250 \Omega$$

c)

$$P_{DZ} = V_Z i_Z = V_Z \left(\frac{v_U - V_Z}{R_S} - \frac{1}{1 + \beta} \frac{V_Z - V_{BE}}{R_p} \right),$$

$$P_{DZ \max} = V_Z \left(\frac{v_{U \max} - V_Z}{R_S} - \frac{1}{1 + \beta} \frac{V_Z - V_{BE}}{R_p} \right) = 1.88 \text{ mW}$$

$$P_{DT} = V_{CE}i_C + V_{BE}i_B \approx V_{CE}i_C = (v_U - (V_Z - V_{BE})) \frac{\beta}{1 + \beta} \frac{V_Z - V_{BE}}{R_p},$$

$$P_{DT \max} = (v_{U \max} - (V_Z - V_{BE})) \frac{\beta}{1 + \beta} \frac{V_Z - V_{BE}}{R_p} = 33.32 \text{ mW}$$

5.

a) Kako gejst predstavlja otvorenu vezu i kroz otpornik R_F ne teče jednosmerna struja, napon na gejtu je jednak

$$V_G = V_D,$$

odakle sledi da važi

$$V_{DG} = 0V > -V_t = -3V,$$

pa tranzistor radi u zasićenju. Struja drejna je jednaka

$$I_D = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_t)^2.$$

Napon između gejta i sorsa je jednak

$$V_{GS} = V_{DD} - I_D R_D - I_D R_S,$$

odakle dobijamo

$$I_D = \frac{k}{2} (V_{DD} - I_D R_D - I_D R_S - V_t)^2.$$

Rešavanjem kvadratne jednačine dobijamo

$$I_{D1} = - \frac{\sqrt{2(R_S + R_D)(V_{DD} - V_t)k + 1} + (R_S + R_D)(V_t - V_{DD})k - 1}{(R_S^2 + 2R_D R_S + R_D^2)k} = 4.5 \text{ mA}$$

$$I_{D2} = \frac{\sqrt{2(R_S + R_D)(V_{DD} - V_t)k + 1} - (R_S + R_D)(V_t - V_{DD})k + 1}{(R_S^2 + 2R_D R_S + R_D^2)k} = 8 \text{ mA}$$

Kako je napon između gejta i sorsa za struju I_{D2} jednak

$$V_{GS2} = V_{DD} - I_{D2}(R_S + R_D) = -1V < V_t = 3V$$

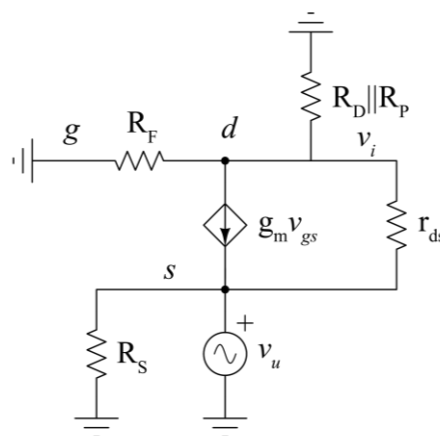
ovo rešenje odbacujemo i uzimamo da je $I_D = 4.5 \text{ mA}$ jer je

$$V_{GS1} = V_{DD} - I_{D1}(R_S + R_D) = 6V > V_t = 3V.$$

Napon na drejnu u mirnoj radnoj tački je jednak

$$V_D = V_{DD} - R_D I_D = 10.5V.$$

b) Ekvivalentno kolo pojačavača za male signale dato je na slici R1.



Slika R1.

$$-\frac{v_i}{R_F \parallel R_D \parallel R_p} = g_m v_{gs} + \frac{v_i - v_u}{r_{ds}} = -g_m v_u + \frac{v_i - v_u}{r_{ds}}$$

$$v_i = \frac{g_m + \frac{1}{r_{ds}}}{\frac{1}{R_F \parallel R_D \parallel R_p} + \frac{1}{r_{ds}}} v_u$$

$$A_v = \frac{v_i}{v_u} = \frac{g_m + \frac{1}{r_{ds}}}{\frac{1}{R_F \parallel R_D \parallel R_P} + \frac{1}{r_{ds}}} \cong 2.2$$

gde je $g_m = \sqrt{2kI_D} = 3\text{mS}$.

Ulazna otpornost je jednaka

$$i_u = \frac{v_u}{R_S} - g_m v_{gs} + \frac{v_u - v_i}{r_{ds}} = \frac{v_u}{R_S} + g_m v_u + \frac{v_u - A_v v_v}{r_{ds}}$$

$$R_u = \frac{v_u}{i_u} = \frac{1}{g_m + \frac{1}{R_S} + \frac{1 - A_v}{r_{ds}}} \cong 251 \Omega$$