

Pisni izpit pri predmetu
ANALOGNA ELEKTRONSKA VEZJA
I. stopnja – 3. letnik – Elektronika
15. 6. 2017

1. Imamo preprost enostopenjski ojačevalnik z n-kanalnim J-FET tranzistorjem v orientaciji s skupnim izvorom. Na vhod damo napetost $u_{GS} = -2 \text{ V} + 500 \text{ mV} \cdot \cos \omega t$. Koliko bo skupna efektivna vrednost izmeničnih komponent signala na izhodu ojačevalnika, če upoštevamo nelinearno karakteristiko tranzistorja $i_D = (I_{DSS}/U_P^2) \cdot (u_{GS} - U_P)^2$? ($U_P = -4 \text{ V}$, $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$, $R_D = 2 \text{ k}\Omega$).

(Rešitev: $U_{2\text{rms}} = 1,771 \text{ V}$)

2. Narišite električno shemo preprostega tranzistorskega močnostnega ojačevalnika z vhodno, vmesno ojačevalno in izhodno stopnjo razreda AB (detalji prepuščeni vam, vrednosti elementov ni potrebno določati). Vezje napajamo s $\pm 12 \text{ V}$ in kot breme priključimo 4 ohmski zvočnik. Najmanjši padec napetosti na izhodnih tranzistorjih znaša $U_{CE\text{sat}} = 2 \text{ V}$.

Kako izbrati vrednosti dveh uporov v ojačevalniku, ki določata ojačenje (označite ju v vašem vezju), da se bo maksimalna moč na zvočniku (še v linearnem načinu delovanja) trošila pri amplitudi vhodne sinusne napetosti 200 mV (upora naj bosta v razredu k Ω)?

Kolikšna mora biti katalogska nazivna moč izhodnih tranzistorjev ($P_{\text{max}}(T = 25 \text{ }^\circ\text{C})$), če je površina skupnega hladilnega telesa 50 cm², temperatura spojev izhodnih tranzistorjev ne sme preseči 150 °C, maksimalna temperatura okolice je 60 °C? Ohišje tranzistorjev in hladilno telo so termično idealno spojeni, specifična termična prevodnost od hladilnega telesa do okolice je $2,5 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{cm}^2)$.

(Rešitev: **glej lab. vaja 5**, $R_6/R_5 = 49$, $U_{2oP\text{max}} = 7,64 \text{ V}$, $P_{2T\text{max}} = 7,30 \text{ W}$, $T_H = 118 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{\text{max}}(T = 25 \text{ }^\circ\text{C}) = 14,4 \text{ W}$)

3. Negativni seštevalnik dveh napetosti realiziramo z enim realnim operacijskim ojačevalnikom s parametri $A_0 \rightarrow \infty$, $CMRR \rightarrow \infty$, $U_{\text{off}} = \pm 2 \text{ mV}$, $I_B = 50 \text{ nA}$, $I_{\text{off}} = \pm 20 \text{ nA}$, $R_S^+ = R_S^- \rightarrow \infty$, $R_{\text{izhOO}} = 0 \Omega$. Določite največji možen interval odstopanja izhodne napetosti od tiste, ki bi jo dobili z uporabo idealnega OO. Pri analizi lahko na obeh vhodih predpostavite napetost 0 V. Vsi upori imajo vrednost 100 k Ω . Pri reševanju problema izhajajte iz vezja realnega OO s podanimi vrednostmi elementov.

(Rešitev: prispevek U_{off} : $\pm 6 \text{ mV}$, pris.: I_B : 5 mV prisp.: I_{off} : $\pm 1 \text{ mV}$, skupaj **5 \pm 7 mV**)

4. Načrtajte analogno vezje (tudi določite/izračunajte primerne vrednosti elementov, izberite primerno napajane, ki je lahko dvojno), kjer se bo:

- če bo temperatura narasla nad 30 °C, prižgala rdeča LED,
- če bo temperatura padla pod 15 °C prižgala modra LED.
- V vmesnem temperaturnem območju ne sveti nobena LED.

Za merjenje temperature uporabimo PTC s karakteristiko $R = 1000 \Omega + 3,85 \Omega/^\circ\text{C} \cdot T[^\circ\text{C}]$. Skozi LED naj v prižganem stanju tečeta tokova 2 mA, kolenski napetosti pa sta $U_{K_rdeče} = 1,8 \text{ V}$ in $U_{K_modre} = 3,0 \text{ V}$.

(Predlog rešitve: pull-up za NTC, trije upori za primerjalno vejo, dva primerjalnika)

Pišete 60 minut, dovoljena je uporaba lista z enačbami.

Rezultati bodo objavljeni predvidoma do 19. 6. dopoldan v STUDIS-u.

1) n-J-FET ojač.

$$U_p = -4V$$

$$I_{DSS} = 10mA$$

$$R_D = 2k\Omega$$

$$u_{GS} = -2V + 500mV \cos \omega t$$

$$U_{2rms} =$$

$$i_D = (I_{DSS} / U_p^2) (U_{GS} - U_p)^2$$

$$i_D = \frac{I_{DSS}}{U_p^2} (-2V + 500mV \cos \omega t + 4V)^2$$

$$i_D = \frac{I_{DSS}}{U_p^2} (2V + \dots)^2$$

$$= \frac{I_{DSS}}{U_p^2} (4V^2 + 4V \cdot 500mV \cos \omega t + (500mV)^2 \cos^2 \omega t)$$

$$= 4V^2 + 2V^2 \cos \omega t + 0,125V^2 + 0,125V^2 \cos 2\omega t \quad \underline{50}$$

$$I_{Drms} = \frac{I_{DSS}}{U_p^2 \sqrt{2}} \underbrace{\sqrt{2^2 + 0,125^2}}_{2,004} V^2 = 0,8856 mA \quad \underline{30}$$

$$U_{2rms} = R_D \cdot I_{Drms} = \underline{1,7712 V} \quad \underline{20}$$

2) $U_{CC} = -U_{EE} = 72V$

$$U_{CESat} = 2V$$

$$R_L = 4\Omega$$

$$U_{T0} = 200mV$$

$$A_S = 50cm^2$$

$$T_{jmax} = 150^\circ C$$

$$T_A = 60^\circ C$$

$$\lambda_{thSA} = 2,5 \cdot 10^{-3} W/^\circ C cm^2$$

$$R_S / R_C =$$

$$P_{max} (T=25^\circ C) =$$

$$U_{20} = U_{CC} - U_{CESat} = 70V \quad \underline{10} \quad \underline{5}$$

$$R_C / R_S = U_{20} / U_{T0} - 1 = 49$$

$$R_S = 7k\Omega \quad R_C = 49k\Omega \quad \underline{10}$$

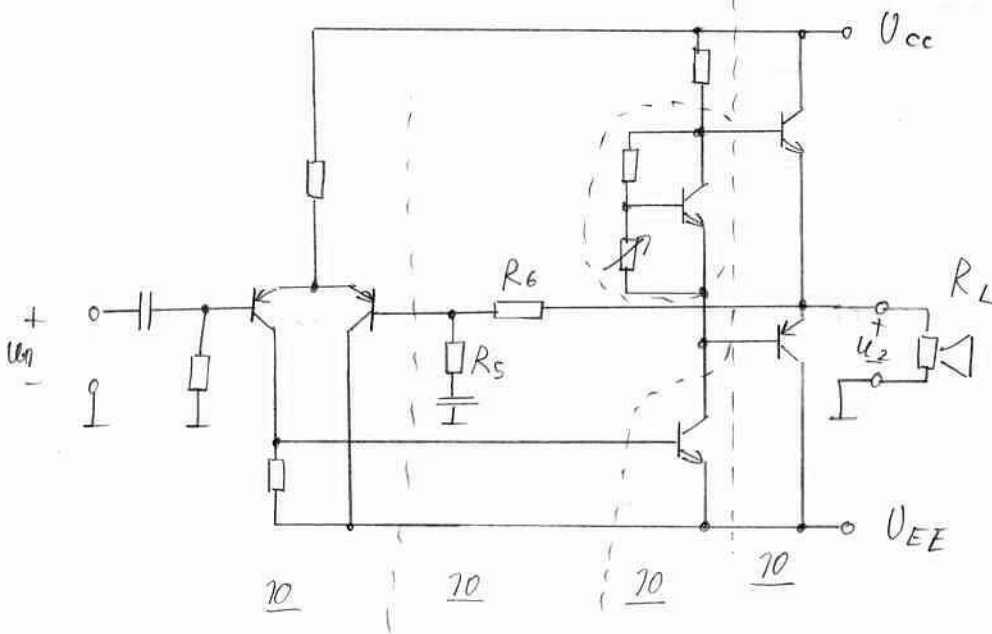
2 PRI MAX 12H. 170C1

$$P_L = \frac{U_{20}^2}{2R_L} = 77,5W \quad \bar{I}_2 = \frac{2}{\pi} I_{20} = \frac{2}{\pi} \frac{U_{20}}{R_L} = 1,59A$$

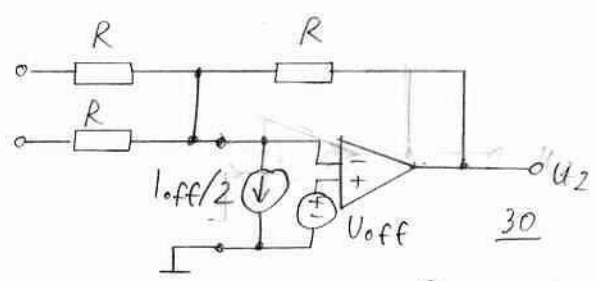
$$P_S = U_{CC} \cdot \bar{I}_{2DC} = 79,7W \quad P_{2T} = P_S - P_L = 6,6W \quad \underline{20}$$

$$T_S = \frac{P_{2T}}{\lambda_{thSA} \cdot A_H} + T_A = 172,8^\circ C \quad \underline{10}$$

$$\frac{P_{max}}{T_{jmax} - T_{cref}} = \frac{P_T}{T_{jmax} - T_S} \quad \underline{P_{max} = 77,7W} \quad \underline{10}$$



- 3) $-\Sigma$
 $A_o \rightarrow \infty$
 $CMRR \rightarrow \infty$
 $U_{off} = \pm 2 \text{ mV}$
 $I_B = 50 \text{ nA}$
 $I_{off} = \pm 20 \text{ nA}$
 $R_5^+ = R_5^- \rightarrow \infty$
 $R_{i2h00} = 0$
 $R = 700 \text{ k}\Omega$



$I_B: U_2 = R \cdot I_B = 5 \text{ mV}_{20}$

Off: $U_2 = \left(\frac{R}{R/2} + 1\right) U_{off} = \pm 6 \text{ mV}_{20}$

$I_{off}: U_2 = R \cdot \frac{I_{off}}{2} = \pm 7 \text{ mV}_{20}$

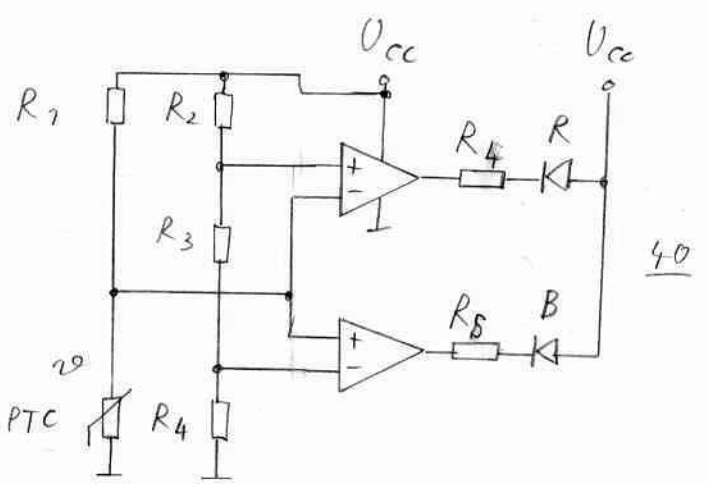
$R_4 = \frac{U_{cc} - U_{KR}}{I_{LED}} = 7,6 \text{ k}\Omega$

$R_5 = 7 \text{ k}\Omega_{70}$

$U_{cc} = 5 \text{ V}_{70}$

$U_{2off} = 5 \pm 7 \text{ mV}_{70}$

- 4.) $T_R = 30^\circ \text{C}$
 $T_B = 75^\circ \text{C}$
 $R_{PTCR} = 7000 \Omega + 3,85 \Omega / ^\circ \text{C} \cdot T [^\circ \text{C}]$
 $I_{LED} = 2 \text{ mA}$
 $U_{KR} = 7,8 \text{ V}$
 $U_{KB} = 3,0 \text{ V}$



$R_{PTCR} = 7775,5 \Omega$

$R_{PTCB} = 7057,75 \Omega$

$R_1 = R_2 = 70 \text{ k}\Omega$

$R_3 = R_2 \frac{R_{PTCR}/R_1 - R_{PTCB}/R_1}{7 + R_{PTCB}/R_1}$

$R_3 + R_4 = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_{PTCR} = 7775,5 \Omega$

$R_3 = 52,5 \Omega$

$R_4 = 7063 \Omega$

$\frac{R_2 + R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_{PTCB}}$

$R_3 + (R_2 + R_3) \frac{R_{PTCB}}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_{PTCR}$

$$2) \quad P_{2T} = U_{CC} \cdot \frac{2}{\pi} \frac{U_{20}}{R_L} - \frac{U_{20}^2}{2R_L}$$

$$P_{2Tmax} = \frac{U_{CC}^2}{R_L} \left(\frac{4}{\pi^2} - \frac{2}{\pi^2} \right)$$

$$\frac{dP_{2T}}{dU_{20}} = \left(U_{CC} \cdot \frac{2}{\pi} - U_{20} \right) \frac{1}{R_L}$$

$$P_{2Tmax} = \frac{U_{CC}^2}{R_L} \frac{2}{\pi^2}$$

$$U_{20_{Pmax}} = U_{CC} \cdot \frac{2}{\pi} = 7,64 \text{ V}$$

$$P_{2T} = 7,295 \text{ W} \quad \underline{\underline{2,5}}$$

$$T_S = 178,4^\circ \text{C}$$

$$\underline{\underline{P_{max} = 74,4 \text{ W}}}$$

$$1.) \quad i_D = \frac{I_{DSS}}{U_P^2} (u_{GS} - U_P)^2$$

$$g_m = \frac{I_{DSS}}{U_P^2} (U_{GS} - U_P) \cdot 2$$

$$g_m = \frac{I_{DSS}}{U_P^2} \sqrt{\frac{I_D}{\frac{I_{DSS}}{U_P^2}}} \cdot 2$$

$$g_m = 2 \sqrt{I_D} \sqrt{\frac{I_{DSS}}{U_P^2}}$$

$$g_m = \frac{2}{U_P} \sqrt{I_D} \sqrt{I_{DSS}}$$