

DC DESIGNFORLØB

Effektforsyningen

Effektforsyningen planlægges med start ved udgangen. Ved en effekt på 30W i 8Ω skal udgangsspændingen være $V_{O\text{ RMS}} = 15,5\text{V}$ med amplituden $V_O = 22\text{V}$. Der skal være plads til to basis-emitter strækninger for udgangstrinnet, noget lignende til den øvrige elektronik og ripple i effektforsyningen og 10% på netspændingen så effektforsyningen bør placeres cirka 5V højere end kravet til V_O og det giver værdien til $\pm 27\text{V}$.

$$P_O := 30 \text{ W}$$

$$R_L := 8 \Omega$$

$$P_O = \frac{V_{rms}^2}{R_L} \quad V_{rms} := \sqrt{R_L \cdot P_O} = 15.49 \text{ V}$$

$$V_O := V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 21.91 \text{ V}$$

$$V_{CC} := 1.1 \cdot 22 \text{ V} + 2 \cdot 0.7 \text{ V} + 2 \cdot 0.7 \text{ V} = 27 \text{ V}$$

$$V_{EE} := -V_{CC} = -27 \text{ V}$$

Strømniveauet

Strømniveauet i udgangstrinnet estimeres. Med 8Ω som den nominelle belastning bør der tages udgangspunkt i $R_L = 6\Omega$. Strømmens spidsværdi bliver $I_{MAX} = 3,65\text{A}$ og der må forventes en middelstrøm fra effektforsyningen på $I_{DC} = 1,16\text{A}$. Hvis den værdi holder så bliver den tilførte effekt på 67W ved 30W afgivet i nominelt 8Ω og virkningsgraden er 45%.

$$R_L := 6 \Omega$$

$$I_{MAX} := \frac{V_O}{R_L} = 3.65 \text{ A}$$

$$I_{DC} := \frac{I_{MAX}}{\pi} = 1.16 \text{ A} \quad I_{DC} \text{ half wave}$$

$$P_{CC} := V_{CC} \cdot (I_{MAX} - I_{DC}) = 67.21 \text{ W}$$

$$\eta := \frac{P_O}{P_{CC}} \cdot 100 = 44.64$$

Effekttabet

Effekttabet i udgangstransistorerne T_9 og T_{10} bliver $V_{CC}V_O/\pi R_L = 32\text{W}$ samlet og derfor forventes et tab på 16W i hver transistor. Det danner udgangspunktet for en senere beregning af køleprofilen.

$$P_{CC} := \frac{V_{CC} \cdot V_O}{\pi \cdot R_L} = 31.38 \text{ W}$$

Forstærkningen

$$A_{CL} := \frac{15.5}{0.5} = 31$$

$$R_5 := 1 \text{ k}\Omega$$

$$A_{CL} = 1 + \frac{R_6}{R_5} \xrightarrow{\text{solve}, R_6} 30 \cdot \text{k}\Omega$$

Forstærkningen indstilles så fuld udstyring på $U_{O \text{ RMS}} = 15,5 \text{ V}$ opnås ved $U_{I \text{ RMS}} = 0,5 \text{ V}$ på indgangen og indstilles af $A_{CL} = 1 + R_6/R_5 = 31$. Et valg af $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$ giver $R_6 = 30 \text{ k}\Omega$.

AC DESIGNFORLØB

Den lave grænsefrekvens

$$C_1 := 1 \text{ } \mu F$$

$$R_2 := 24 \text{ } k\Omega$$

$$f_1 := \frac{1}{2 \pi \cdot R_2 \cdot C_1} = 6.6 \text{ } Hz$$

$$f_2 := \frac{1}{2 \pi \cdot 1 \text{ } k\Omega \cdot 100 \text{ } \mu F} = 1.6 \text{ } Hz$$

Den lave grænsefrekvens fastsættes af C_1 og R_2 til 6,6Hz og kondensator C_4 skal blot være "stor" så spændingsvariationen over den bliver "lille" i sammenligning med værdien over R_5 for at holde forvrængningen nede. Det skyldes at en aluminium elektrolyt kondensator ikke er en lineær komponent. En typisk værdi på 100 μF giver 1,6 Hz.

Transkonduktansen

$$I_E := 5 \text{ } mA$$

$$U_T := 26 \text{ } mV$$

$$g_m := \frac{I_E}{2 \cdot U_T} = 0.096 \text{ } S$$

Transkonduktansen g_m i differentialtrinnet $T_1 \dots T_4$ beregnes til 96 mS.

Åben-sløjfe forstærkningen

$$\beta_7 := 100$$

$$\beta_9 := 30$$

$$R_C := 5.1 \text{ } k\Omega$$

$$\beta_5 := 325$$

$$A_{DC} := g_m \cdot \beta_5 \cdot R_C = 159.4 \cdot 10^3$$

Åben-sløjfe forstærkningen beregnes fra transkonduktansen, strømforstærkningen i T_5 og indgangsmodstanden på udgangstrinnet ved basis af T_7 og T_8 der giver et estimat på R_c i formen. Indgangsmodstanden for en emitterfølger er belastningen R_L gange med den samlede strømforstærkning til $R_c = 18k\Omega$. DC forstærkningen beregnes derefter til $A_{DC} = 160\,000$ ved en belastning på $R_L = 6\,\Omega$.

Kompenseringen

$$C_{\mu} := 10 \text{ pF}$$

$$f_H := \frac{1}{2 \pi \cdot R_C \cdot C_{\mu}} = 3.1 \text{ MHz}$$

$$f_0 := \frac{f_H}{A_{DC}} = 19.58 \text{ Hz}$$

$$f_P := A_{CL} \cdot f_0 = 607 \text{ Hz}$$

$$C_C := \frac{1}{2 \pi \cdot f_P \cdot \beta_5 \cdot R_C} = 158.2 \text{ pF}$$

$$C_C := \frac{1}{2 \pi \cdot f_0 \cdot \beta_5 \cdot R_C} = 4.9 \text{ nF}$$

Kompenseringen skal sikre stabilitet ved at reducere forstærkningen til en ved den laveste af de høje poler der antages givet af R_C og C_{μ} for T_5 , T_7 og T_8 i parallel. Antages værdien til 10 pF findes $f_H = 3,3$ MHz og den dominerende pol findes til $f_0 = f_H/A_{DC} = 20$ Hz. Ved den aktuelle forstærkning på $A_{CL} = 31$ kan den dominerende pol have til $f_P = A_{CL}f_0 = 607$ Hz som er tilstrækkelig for stabilitet. Herefter beregnes $C_6 = 1/2\pi f_P \beta_5 R_C = 158$ pF.

Slew rate

$$SR := \frac{I_E}{C_C} = 1 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$$

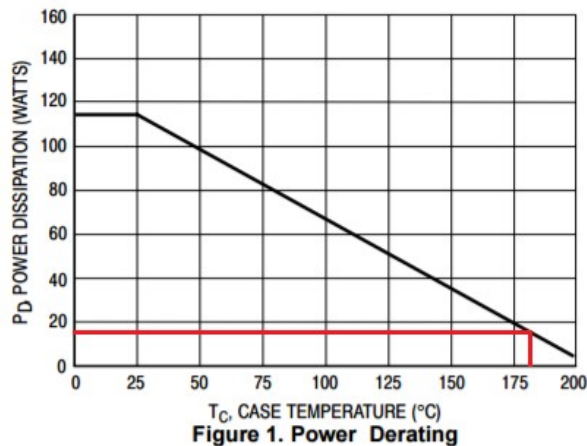
Slew rate værdien bliver $SR = I_E/C_6 = 31 \text{ V}/\mu\text{s}$ der fuldt tilstrækkelig for musikformal som er begrænset til $SR = 2\pi f U_0 = 2 \text{ V}/\mu\text{s}$ ved frekvensen 20 kHz.

KØLEPROFIL

Chiptemperaturen

Køleprofilen for udgangstransistorerne beregnes ud fra specifikationen af hvad temperaturen på transistorens chip må være ved 16 W afsat effekt. Det benævnes T_j for junction temperature.

Chiptemperaturen må for 2N3055 maksimalt være 180°C ved 16 W afsat effekt, men man bør aldrig gå til grænsen så her fastsættes værdien konservativt til $T_j = 100^\circ\text{C}$. Med en omgivelsestemperatur på 25°C skal temperaturstigningen holdes nede på 75°C.



$$\frac{100 - 25}{16} - 1.52 = 3.168$$

Den termiske modstand

$$0.657 \cdot 16 = 10.51$$

$$R_K := 10.51 - 1.52 \cdot 2 = 7.47$$

Den termiske modstand fra junction til omgivelser ved $P_c = 22 \text{ W}$ er på 10,5°C/W. Den termiske modstand fra junction til monteringsflade er 1,52°C/W ifølge databladet og der må påregnes en lignende værdi for selve montagen på køleprofilet så kravet bliver omkring 7,5°C/W for køleprofilets termiske modstand til omgivelserne (køleprofilets K værdi).

SOA

Maksimum ratings for 2N3055 er 115W, 60V og 15A.

Grænseværdierne bliver derfor:

$$\frac{115 \text{ W}}{60 \text{ V}} = 1.9 \text{ A}$$

$$\frac{115 \text{ W}}{15 \text{ A}} = 7.67 \text{ V}$$