

Lektion 7

Uppgifter (Lektion): 6.1, 6.2, 6.7, 6.15 (samtliga i J&M)

Uppgifter (Rek.):

Teoretiska moment: Wide-swing strömspegel, gain boosting, avancerade OP (OTA)

Uppgifter

Uppgift 6.1

Enligt uppgiften gäller att $g_{m1} = g_{m2} = g_m$ och att $g_{ds1} = g_{ds2} = g_{ds}$. Vi har att

$$i_{out} = -g_m v_x + g_{ds}(v_{out} - v_x)$$

och

$$i_{out} = g_m v_{out} + g_{ds} v_x.$$

Vi kombinerar dessa uttryck och finner att

$$v_x = \frac{g_{ds} - g_m}{g_m + 2g_{ds}} v_{out}.$$

Insatt i något av uttrycken för i_{out} ger detta att

$$i_{out} = g_m v_{out} + g_{ds} \frac{g_{ds} - g_m}{g_m + 2g_{ds}} v_{out}.$$

Enligt uppgiften gäller att $g_m r_{ds} \gg 1 \Rightarrow g_m \gg g_{ds}$, vilket ger att

$$i_{out} \approx \left(g_m - g_{ds} \frac{g_m}{g_m} \right) v_{out} \approx g_m v_{out} \Rightarrow r_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} \approx \frac{1}{g_m}.$$

Uppgift 6.2

Beteckningar enligt figur 6.1 i J&M. Observera att $n = 1$ endast gäller $Q_1 - Q_4$, d.v.s.

$$S_5 \neq \frac{S_1}{(n+1)^2}.$$

Givet i uppgiften är att

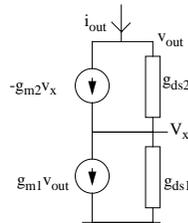
$$I_{bias} = I_{in} = 50 \mu A$$

$$S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = S$$

$$V_{eff1} = V_{eff2} = V_{eff3} = V_{eff4} = V_{eff} = 0.2 V$$

$$V_{DS2} = V_{DS3} = V_{eff} + 0.15 V = 0.35 V$$

Det gäller att



$$S = \frac{2I_{in}}{\mu_0 C_{ox} V_{eff}^2} = \frac{2 \cdot 50}{92 \cdot 0.2^2} \approx 27.2$$

Vi vet även att

$$V_{GS5} = V_{DS3} + V_{GS4} = 0.35 + 0.2 + V_{Tn} \Rightarrow V_{eff5} = V_{GS5} - V_{Tn} = 0.55 V,$$

vilket ger att

$$S_5 = \frac{2I_{bias}}{\mu_0 C_{ox} V_{eff5}^2} = \frac{2 \cdot 50}{92 \cdot 0.55^2} \approx 3.6$$

Uppgift 6.7

Följande samband gäller

$$i_{out} = -g_{m1}(1+A)v_x + g_{ds1}(v_{out} - v_x)$$

$$i_{out} = g_{ds2} v_x$$

Dessa uttryck kombineras och ger

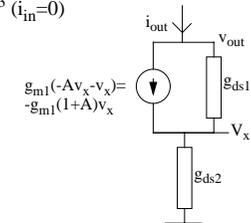
$$v_x = \frac{g_{ds1}}{(1+A)g_{m1} + g_{ds1} + g_{ds2}} v_{out}$$

Insatt i uttrycken för i_{out} ger detta

$$i_{out} = \frac{g_{ds1} g_{ds2}}{(1+A)g_{m1} + g_{ds1} + g_{ds2}} v_{out} \Rightarrow$$

$$r_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} = \frac{(1+A)g_{m1} + g_{ds1} + g_{ds2}}{g_{ds1} g_{ds2}} \approx \frac{(1+A)g_{m1}}{g_{ds1} g_{ds2}} \text{ V.S.V.}$$

ES³ ($i_{in}=0$)



Uppgift 6.15

För en folded-cascode (fc) OP gäller att

$$\omega_{u,fc} \approx \frac{g_{m1}}{C_L} \approx \frac{\sqrt{2I_{D1}\mu_0 C_{ox} S_1}}{C_L} = \{I_{total} = 2(1+K)I_{D1}\} = \frac{1}{C_L} \sqrt{\frac{I_{total}\mu_0 C_{ox} S_1}{(1+K)}}$$

Motsvarande uttryck hos en current-mirror (cm) OP är enligt ekv. 6.48 i J&M

$$\omega_{u,cm} \approx \frac{K}{C_L} \sqrt{\frac{2I_{total}\mu_0 C_{ox} S_1}{(3+K)}}$$

Detta ger oss att

$$\frac{\omega_{u,fc}}{\omega_{u,cm}} \approx \sqrt{\frac{3+K}{2K^2(1+K)}}$$