Exercice 1

Exercice 1

a) La valeur maximale admissible pour le courant de polarisation I peut être déduite de la contrainte imposée pour la puissance :

$$I = \frac{P}{V_{cc}+V_{EE}} = \frac{1mW}{5V} = 0.2\,mA.$$

On choisit cette valeur pour la polarisation, obtenu :

$$\Rightarrow g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{I/2}{V_T} = 4mV/V$$

$$A_d = g_m R_C \Rightarrow R_C = \frac{A_d}{g_m} = 15K\Omega$$

$$V_{C1} = V_{C2} = V_{cc} - R_C \frac{I}{2} \approx 1V$$

b) $R_{id} = \frac{\beta}{g_{be}}$; $g_{be} = \frac{g_m}{\beta} \Rightarrow R_{id} = 52K\Omega$

c) $V_{od} = A_d \cdot V_{id} = 60 \cdot 10 = 600mV = 0.6V$

$V_{od} = V_{o2} - V_{o1}$; $V_{o1} = -V_{o2} \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = -0.3V \\ V_{o2} = 0.3V \end{cases}$

$\Rightarrow$ Un signal $\pm 0.3V$ superposé à la valeur 'dc' $\Rightarrow$

$\Rightarrow \left(V_{cc} - R_C \frac{I}{2}\right) \pm 0.3V \Rightarrow$ la tension sur chaque collecteur sera comprise entre approx. (V_{c1}, V_{c2}) 0.7V et 1.3V

d) Pour maintenir les transistors dans le mode actif normal la valeur maximale permissible pour V_{cm} est :

$$V_{cmax} = 0.4 + V_{cmin} = 0.4 + 0.7 = 1.1V$$

Exercice 2

Exercice 2 (1)

a) $g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1\,mA}{0.025\,V} = 4\,[mA/V]$

$A_d = g_m R_C = 4 \cdot 25 = 100\,[V/V]$

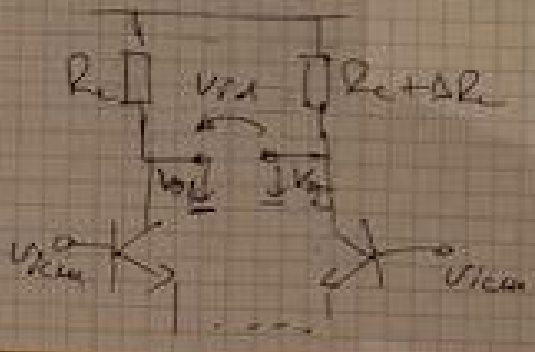
b) $R_{id} = \frac{2}{g_{be}} = 2 \cdot \frac{\beta}{g_m} = 2 \cdot \frac{100}{4} = 50\,k\Omega$

c) Appariement des résistances R_C et effet sur le gain de mode commun

- A retenir que le signal de mode commun est amplifié par chaque transistor de la paire diff., contribuant ainsi à chaque sortie. Cependant, si les résistances R_C et les transistors sont parfaitement appariés, les contributions du m.c. commun sur V_{o1} et V_{o2} sont égales et s'annulent lorsqu'on considère la sortie différentielle V_{od}.
- Donc, dans le cas d'appariement parfait, $A_c = 0$
- Maintenant, si R_C ne sont pas parfaitement égales, les contributions d'un mode commun sur V_{o1} et V_{o2} deviennent différents. Cela introduit une composante de signal de mode commun sur la sortie différentielle, se superposant au signal utile. En terme de gain A_c, il va augmenter par rapport à la valeur idéal = 0.

Calcul :

- On considère les 2 résistances R_C comme suit.



$$A_c = \frac{v_{o1}}{v_{icm}} = \frac{v_{o2}}{v_{icm}} = -\frac{g_s R_c}{2}$$ (2)

$$v_{o1} = -\frac{g_s R_c}{2} \cdot v_{icm}$$

$$v_{o2} = -\frac{g_s (R_c + \Delta R_c)}{2} \cdot v_{icm}$$

$$\Rightarrow v_{od} = v_{o1} - v_{o2} = -\frac{g_s \Delta R_c}{2} \cdot v_{icm}$$

$$\Rightarrow |A_c| = \frac{g_s \Delta R_c}{2} = \underbrace{\left(\frac{g_s R_c}{2}\right)\left(\frac{\Delta R_c}{R_c}\right)}$$

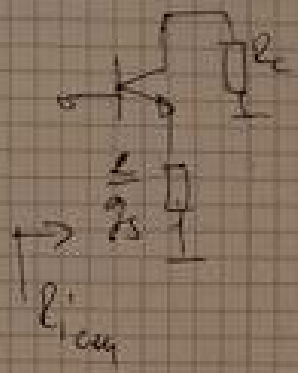
c'est juste multiplié et divisé par R_c, une autre manière d'exprimer la contribution de l'appariement (relation utilisé dans livres classiques de l'électronique comme celle de "Sedra Smith"

$$|A_c| = \frac{25}{2 \cdot 500} \cdot 0.01 = 2.5 \cdot 10^{-4} \left[\frac{V}{V}\right] \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ une légère augmentation par rapport à la valeur 20 si l'appariement parfait.

d) $CMRR = \frac{|A_d|}{|A_c|} = \frac{100}{2.5 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^5$ [or 112 dB]

e) $g_{ee} = \frac{I/2}{V_A} = \frac{0.1 mA}{V_A} = 10^{-3} \left[\frac{mA}{V}\right]$



EC différent $\Rightarrow$ calcul $R_{i'cm}$ selon la formule (voir polycopié)

Exercice 3

Exercice 3

a) $I_{C1} = I_{C2} = 0.25\,\mu A$

$$g_{m_{1,2}} = \frac{I_{C_{1,2}}}{V_T} = \frac{0.25\,\mu A}{0.025\,V} = 10\,[\mu A/V]$$

$$g_{ce} = \frac{I_C}{V_A} = \frac{0.25\,\mu A}{10\,V} = 0.025\,[\mu A/V]$$

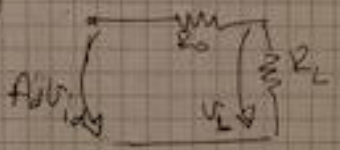
$$R_{id} = 2 \cdot \frac{\beta}{g_m} = 2 \cdot \frac{100}{10} = 20\,K\Omega$$

b) $R_o = \left(\frac{1}{g_{ce_2}} \,//\, \frac{1}{g_{ce_4}}\right) = (40 \,//\, 40) = 20\,K\Omega$

c) $G_{md} = \frac{i_o}{V_{id}}\Big|_{V_o=0} = g_m = \frac{I}{2V_T} = 10\,[\mu A/V]$

d) $A_d = \frac{g_m}{g_{ce_2} + g_{ce_4}} = \frac{10}{0.05} = 200\,[V/V]$

e)



$$V_L = A_d V_{id} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

$$\text{Gain} = \frac{V_L}{V_{id}} = A_d \cdot \frac{R_L}{R_L + R_o} =$$

$$= 200 \cdot \frac{20}{20+20} = 100\,[V/V]$$