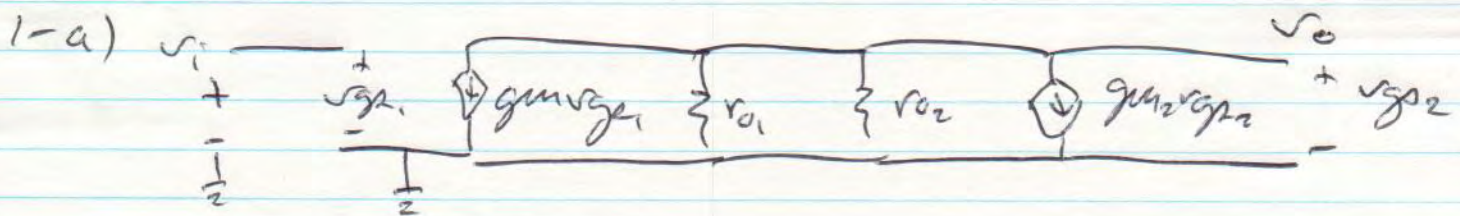


GEL-3000
 Examen Final 2018 - Corrigé



$$v_{gs2} = v_o, \quad v_{gs1} = v_i$$

$$v_o = -(g_{m1} v_{gs1} + g_{m2} v_{gs2}) (r_{o1} \parallel r_{o2})$$

$$= -(g_{m1} v_i + g_{m2} v_o) (r_{o1} \parallel r_{o2})$$

$$v_o + g_{m2} v_o (r_{o1} \parallel r_{o2}) = -g_{m1} v_i (r_{o1} \parallel r_{o2})$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_{m1} (r_{o1} \parallel r_{o2})}{1 + g_{m2} (r_{o1} \parallel r_{o2})} \approx \frac{-g_{m1} (r_{o1} \parallel r_{o2})}{g_{m2} (r_{o1} \parallel r_{o2})}$$

$$= -\frac{g_{m1}}{g_{m2}}$$

b) $R_o = r_{o1} \parallel \frac{1}{g_{m2}} \approx \frac{1}{g_{m2}}$

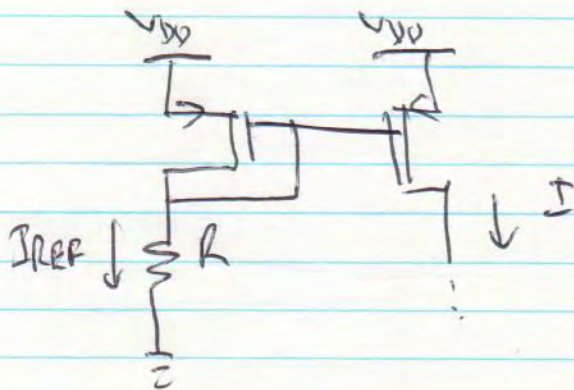
c'est l'impédance de sortie d'une source commune (r_{o1})
 en // avec l'impédance de sortie d'un transistor en diode : $\frac{1}{g_{m2}}$

c) $v_o = -v_i g_{m1} (r_{o1} \parallel \frac{1}{g_{m2}})$

c'est une source commune dont l'impédance de sortie est $\frac{1}{g_{m2}}$

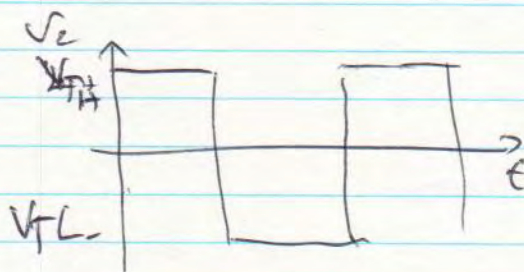
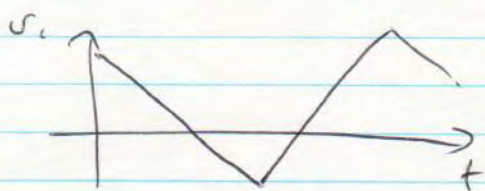
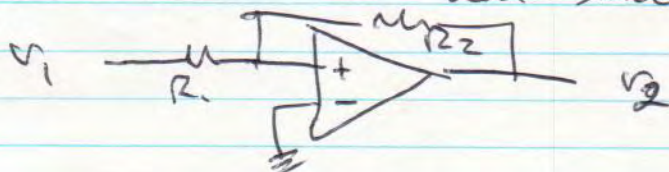
$$v_o/v_i = -g_{m1} \cdot \frac{1}{g_{m2}}$$

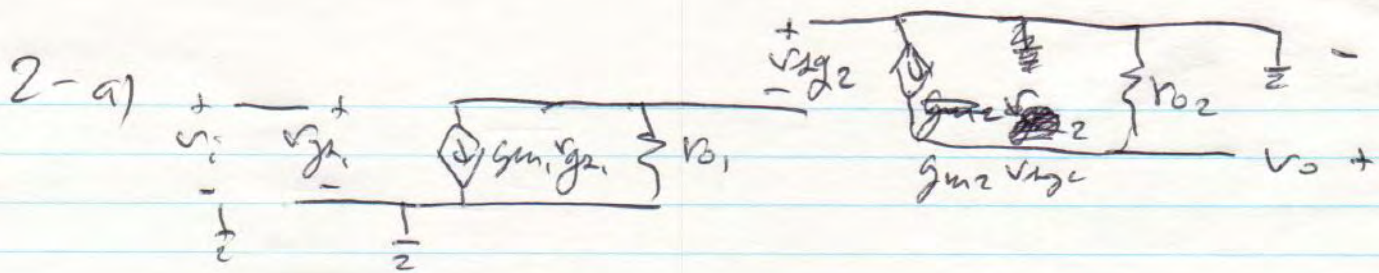
d)



e) C'est un ADC à approximation successive qui fonctionne selon un algorithme de recherche binaire. L'entrée est comparée avec la moitié de la référence. On remplit le registre à décalage avec le résultat qui détermine le bit au cours ça prend N coups d'horloge pour trouver le résultat complet sur N bits.

f) ça prend un bistable non-inverseur entre v_1 et v_2 : c'est un circuit à rétroaction positive qui permet de réaliser l'oscillateur non-linéaire / Générateur de fonction.





$$v_o = -g_{m2} v_{gs2} r_{o2}, \quad v_{gs2} = -g_{m1} v_{gs1} r_{o1}$$

$$v_o = g_{m2} g_{m1} v_{gs1} r_{o1} r_{o2} \quad \text{or} \quad v_{gs1} = v_i$$

$$\frac{v_o}{v_i} = g_{m2} g_{m1} r_{o1} r_{o2}$$

b) c'est l'impédance d'une source commune, soit r_{o1}

c) impédance de sortie d'une source commune : r_{o2}

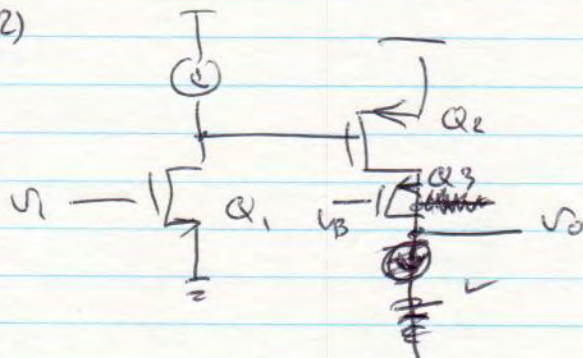
$$Z_{in} = \infty$$

d) on traverse 2 source commune, donc, $\frac{v_o}{v_i} = (-g_{m1} r_{o1})(-g_{m2} r_{o2})$

$$e) \quad v_A < v_o < v_{DD} - v_{ov2}$$

f) Il y aurait 2 possibilités : 1) cascade du source commune Q_1
2) cascade du source commune Q_2

solution pour 2)



$$\frac{v_o}{v_i} = (-g_{m1} r_{o1})(-g_{m2} r_{o2} g_{m3} r_{o3})$$

$$R_o = g_{m3} r_{o3} r_{o2}$$

3-a) Q_1, Q_2 : paire différentielle
 Q_3, Q_4 : charge active
 Q_6 : source commune (gain)
 Q_5, Q_7 : sources de courant (polarisation)
 Q_8 : miroir de courant (polarisation)

b) $I_{D8} = I_{REF} = 100 \mu A$

$$(W/L)_8 = \frac{I_{D8}}{\frac{1}{2} \mu_p C_{ox} V_{ov}^2} = \frac{100 \mu A}{\frac{1}{2} (50 \mu A/V^2) (0.25 V)^2} = 64$$

$$W_8 = 16 \mu m$$

$$I_{D5} = \frac{(W/L)_5}{(W/L)_8} \cdot I_{D8} = \frac{320}{64} \cdot 100 \mu A = 500 \mu A$$

$$I_{D7} = \frac{(W/L)_7}{(W/L)_8} \cdot I_{D8} = \frac{160}{64} \cdot 100 \mu A = 250 \mu A$$

$$I_{D6} = I_{D7} = 250 \mu A$$

$$I_{D1} = I_{D2} = I_{D5}/2 = 250 \mu A$$

$$I_{D3} = I_{D4} = I_{D1} = 250 \mu A$$

$$(W/L)_7 = \frac{I_{D7}}{\frac{1}{2} \mu_p C_{ox} V_{ov}^2} = \frac{250 \mu A}{\frac{1}{2} (50 \mu A/V^2) (0.25)^2} = 160$$

$$(W/L)_6 = \frac{I_{D6}}{\frac{1}{2} \mu_p C_{ox} V_{ov}^2} = \frac{250 \mu A}{\frac{1}{2} (200 \mu A/V^2) (0.25)^2} = 40$$

$$(W/L)_1 = (W/L)_2 = \frac{I_{D1}}{\frac{1}{2} \mu_p C_{ox} V_{ov}^2} = \frac{250 \mu A}{\frac{1}{2} (50 \mu A/V^2) (0.25)^2} = 160$$

$$(W/L)_3 = (W/L)_4 = \frac{I_{D3}}{\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} V_{ov}^2} = \frac{250 \mu A}{\frac{1}{2} (200 \mu A/V^2) (0.25)^2} = 40$$

$$c) g_{m8} = \frac{I_{D8}}{V_{DS}/2} = \frac{100 \mu A}{0.125/2} = 800 \mu A/V$$

$$g_{m5} = \frac{I_{D5}}{V_{DS}/2} = \frac{500 \mu A}{0.125/2} = 4 \text{ mA/V}$$

$$g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_{m4} = g_{m5}/2 = 2 \text{ mA/V}$$

$$g_{m7} = g_{m6} = \frac{I_{D7}}{V_{DS}/2} = \frac{250 \mu A}{0.125/2} = 2 \text{ mA/V}$$

$$r_{o8} = \frac{V_A' \cdot L_8}{I_{D8}} = \frac{18 \text{ V}/\mu\text{m} \cdot 1 \mu\text{m}}{100 \mu A} = 180 \text{ K}\Omega$$

$$r_{o5} = \frac{V_A' \cdot L_5}{I_{D5}} = \frac{18 \text{ V}/\mu\text{m} \cdot 1 \mu\text{m}}{500 \mu A} = 36 \text{ K}\Omega$$

$$r_{o1} = r_{o2} = r_{o3} = r_{o4} = \frac{18 \text{ V}/\mu\text{m} \cdot 1 \mu\text{m}}{250 \mu A} = 72 \text{ K}\Omega$$

$$r_{o7} = r_{o6} = \frac{18 \text{ V}/\mu\text{m} \cdot 1 \mu\text{m}}{250 \mu A} = 72 \text{ K}\Omega$$

$$\begin{aligned} d) \frac{v_o}{v_i} &= -g_{m1} (r_{o2} \parallel r_{o4}) (-g_{m6} (r_{o6} \parallel r_{o7})) \\ &= (-2 \text{ mA/V}) (36 \text{ K}\Omega) (-2 \text{ mA/V}) (36 \text{ K}\Omega) \\ &= 5184 \text{ V/V} \end{aligned}$$

$$e) R_o = r_{o6} \parallel r_{o7} = 36 \text{ K}\Omega$$

$$\begin{aligned} e) v_{\text{sum}} &> -V_{DS2} + V_{GS23} + v_{DS1} - V_{GS1} \\ &\quad -V_{DS4} + v_{DS5} + v_{GS4} + v_{GS5} - v_{GS6} - v_{GS7} \\ &\quad -V_{DS8} + v_{DS} \\ &\quad -1.8 \text{ V} + 0.125 \text{ V} = -1.55 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_{emax} < V_{DD} - V_{ov5} - V_{t2}$$

$$V_{DD} - V_{ov5} - V_{ov7} - V_t$$

$$1,8V - 0,15V - 0,6V = \underline{0,7V}$$

$$f) \quad V_{omin} > -V_{th} + v_{ov6} = -1,8V + 0,25V = \underline{-1,55V}$$

$$V_{omax} < V_{DD} - V_{ov7} = 1,8V - 0,25V = 1,55V$$

$$g) \quad A_{cm} = \frac{V_{o4}}{2k\Omega} \cdot \frac{1}{1 + g_{m3}r_{o3}} \approx \frac{1}{2R_{s2}g_{m3}} = \frac{1}{2V_{o5}g_{m3}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 36k\Omega \cdot 2mA/V}$$

$$= 0,00694 V/V$$

$$TRMC = 20 \log_2 \left(\frac{A_d}{A_{cm}} \right) = 20 \log_2 \left(\frac{g_{m1}(r_{o2} // r_{o4})}{2V_{o5}g_{m3}} \right)$$

$$= 80,31 \text{ dB on } 10368 V/V$$

$$\text{sur } 20 \log_2 \left(\frac{5184}{0,00694} \right) \text{ peut fonctionner.}$$

