EL-21949

Hiver 2006

26 avril 2006

Examen Final

Corrigé.

Question #1 :

a)

Le trigger de Schmitt a les valeurs suivantes :

$$V_P = V_{Z2} + V_F = 12V + 0{,}7V = 12{,}7V$$

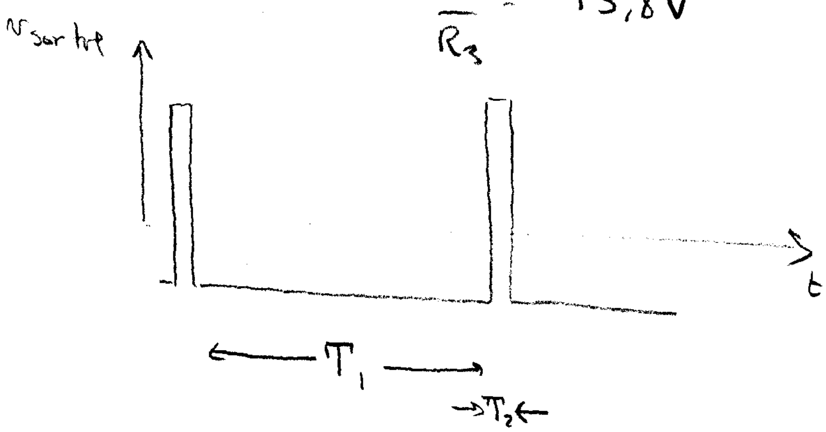
$$V_N = V_{Z1} + V_F = 5{,}1V + 0{,}7V = 5{,}8V$$

Trigger de schmitt sans inversion :

$$V_{seuilbas} = -V_P \frac{R_2}{R_3} = -12{,}7V$$

$$V_{seuilhaut} = V_N \frac{R_2}{R_3} = +5{,}8V$$

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2}$$



pendant T_1, V intégrateur passera de $V_{seuilbas}$ à $V_{seuilhaut}$ et D_3 est bloquée.

$$\hookrightarrow V_{intégrateur} = -\frac{1}{R_1 C_1}\int_0^{T_1} V_x \, dt + V_{seuilbas}$$

$$\rightarrow T_1 = \frac{-R_1 C_1 (V_{seuilhaut} - V_{seuilbas})}{V_x}$$

$$@ V_x = -2V \rightarrow T_1 = \frac{-100k\Omega \cdot 1nF (5{,}8V + 12{,}7V)}{-2V}$$

$$= 925 \mu s$$

$$@ V_x = -4V \rightarrow T_1 = \frac{-100k\Omega \cdot 1nF (5{,}8V + 12{,}7V)}{-4V}$$

$$= 463 \mu s$$

pendant T_2, V intégrateur passera de $V_{seuilhaut}$ à $V_{seuilbas}$ et D_3 est en conduction.

$$\hookrightarrow V_{intégrateur} = -\frac{1}{C_1}\int_0^{T_2} \left(\frac{V_x}{R_1} + \frac{V_P}{R_5}\right) dt + V_{seuilhaut}$$

$$\rightarrow T_2 = \frac{-C_1 (V_{seuilbas} - V_{seuilhaut})}{\left(\frac{V_x}{R_1} + \frac{V_P}{R_5}\right)}$$

$$@V_x = -2V \rightarrow T_2 = -\frac{\ln F\left(-12{,}7V - 5{,}8V\right)}{\frac{-2V}{100k\Omega} + \frac{12{,}7V}{10k\Omega}}$$

$$= 14{,}8\ \mu s$$

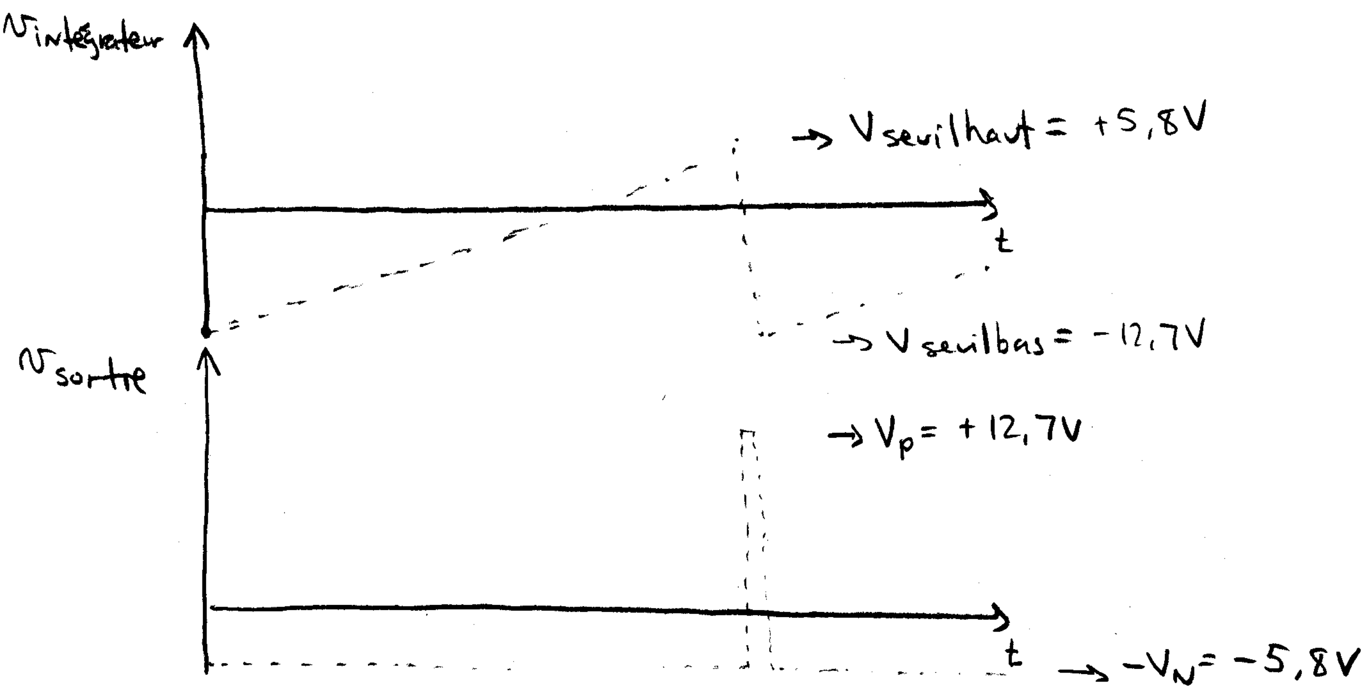
$$@V_x = -4V \rightarrow T_2 = -\frac{\ln F\left(-12{,}7V - 5{,}8V\right)}{\frac{-4V}{100k\Omega} + \frac{12{,}7V}{10k\Omega}}$$

$$= 15{,}0\ \mu s$$

Donc $f = \dfrac{1}{925\mu s + 14{,}8\mu s} = \underline{\underline{1{,}06\ kHz}}$ @ $V_x = -2V$

et $f = \dfrac{1}{463\mu s + 15\mu s} = \underline{\underline{2{,}09\ kHz}}$ @ $V_x = -4V$

b)



c) On cherche f et V_x lorsque $D = 10\%$.
On pose que T_2 est à peu près constant. $\rightarrow T_2 = 15\,\mu s$.
On aura $D = 10\%$ lorsque $T_1 = 9T_2$

i.e. $T_1 \simeq 9\,(15\,\mu s) = 135\,\mu s$.

La fréquence sera $f = \dfrac{1}{150\,\mu s} = 6{,}67\ kHz$

et V_x sera alors $\rightarrow V_x = -R_1C_1\dfrac{(V_{seuilhaut} - V_{seuilbas})}{T_1}$

$$= -\frac{100\,k\Omega \cdot 1nF\,(5{,}8V + 12{,}7V)}{135\,\mu s}$$

$$= -\underline{\underline{13{,}7\ V}}$$

d) Oui, car dans la zone $-2V > V_x > -4V$, $T_2 \ll T_1$

Question #2 (25 pts)

Décalage maximal en sortie de l'ampli-op = V_{SOMAX}

$$V_{SOMAX} = G_o \left[I_{IB} (R_g - R_{eq}) + \frac{I_{IO}}{2} (R_g + R_{eq}) + V_{IO} \right]$$

Selon le diagramme de transfert : $V_{IO} = -5\ mV$

$R_{eq} = 51 k\Omega \,//\, 2.5\ M\Omega \simeq 50 k\Omega = R_g$

Donc

$$V_{SOMAX} = G_o \left[50k\Omega\, I_{IO} - 5\, mV \right]$$

Dans ce cas-ci, c'est I_{IO} que l'on contrôle. On choisit I_{IO} tel que

$$I_{IO} = \frac{5\ mV}{50\ k\Omega} = 100\ nA \quad 5\ pts$$

Selon la construction interne de l'ampli-op :

$$I_{IO} = I_{I+} - I_{I-} = \frac{I_2}{h_{FE}+1} - \frac{I_1}{h_{FE}+1}$$

$$I_2 - I_1 = I_{IO}\,(h_{FE}+1) = 100\,nA\ (200+1) = \mathbf{20,2\ \mu A}$$

5 pts

Le miroir de courant donnera :

$$I_{source} = I_1 + I_2 = \frac{V_{CC} + V_{EE} - V_{BE}}{R_1} = \frac{29,3\,V}{150\,k\Omega} = 195,3\,\mu A$$

5 pts

Donc $I_2 = \frac{(I_{source} + 20,2\,\mu A)}{2} = 107,7\,\mu A$

107,7

$I_1 = \frac{I_{source} - 20,2\,\mu A}{2} = 87,6\,\mu A$

87,6

Le circuit d'équilibrage donne :

$$R_2 I_1 = (R_3 // R_{ajust}) I_2$$

5 pts

$\rightarrow R_3 // R_{ajust} = \frac{R_2 I_1}{I_2} = 20\,k\Omega \cdot \frac{87,6\,\mu A}{107,7\,\mu A}$

= [redacted] $16,3\,k\Omega$

$\rightarrow R_{ajust} = \frac{1}{\frac{1}{16,3\,k\Omega} - \frac{1}{R_3}}$ = [redacted]

5 pts

16,3

$88,1\,k\Omega$

Question #3 :

Si l'on pose $V_{CE(sat)} = 0V$, on aura $V_N = V_{ee} = 15V$

$$V_{seuilhaut} = -V_{EE} + (V_{cc} + V_{ee}) \frac{R_2}{R_2 + R_1 // R_4}$$

$$= -15V + 30V \frac{33k\Omega}{33k\Omega + 10k\Omega // 200k\Omega}$$

$$= \underline{\underline{8{,}3\ V}}$$

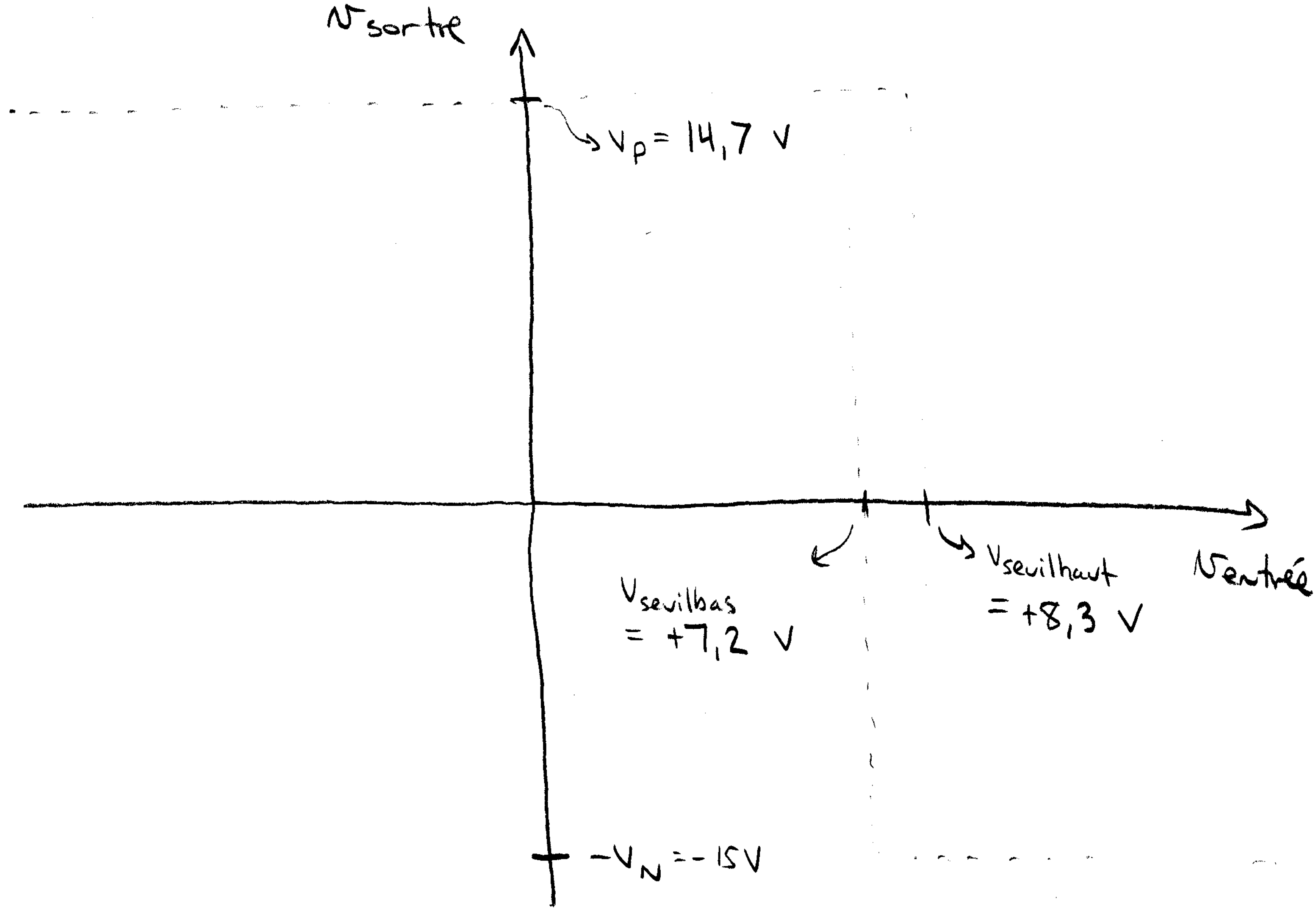
$$V_{seuilbas} = -V_{EE} + (V_{cc} + V_{ee}) \frac{R_2 // R_4}{R_2 // R_4 + R_1}$$

$$= -15V + (30V) \frac{33k\Omega // 200k\Omega}{33k\Omega // 200k\Omega + 10k\Omega}$$

$$= \underline{\underline{7{,}2\ V}}$$

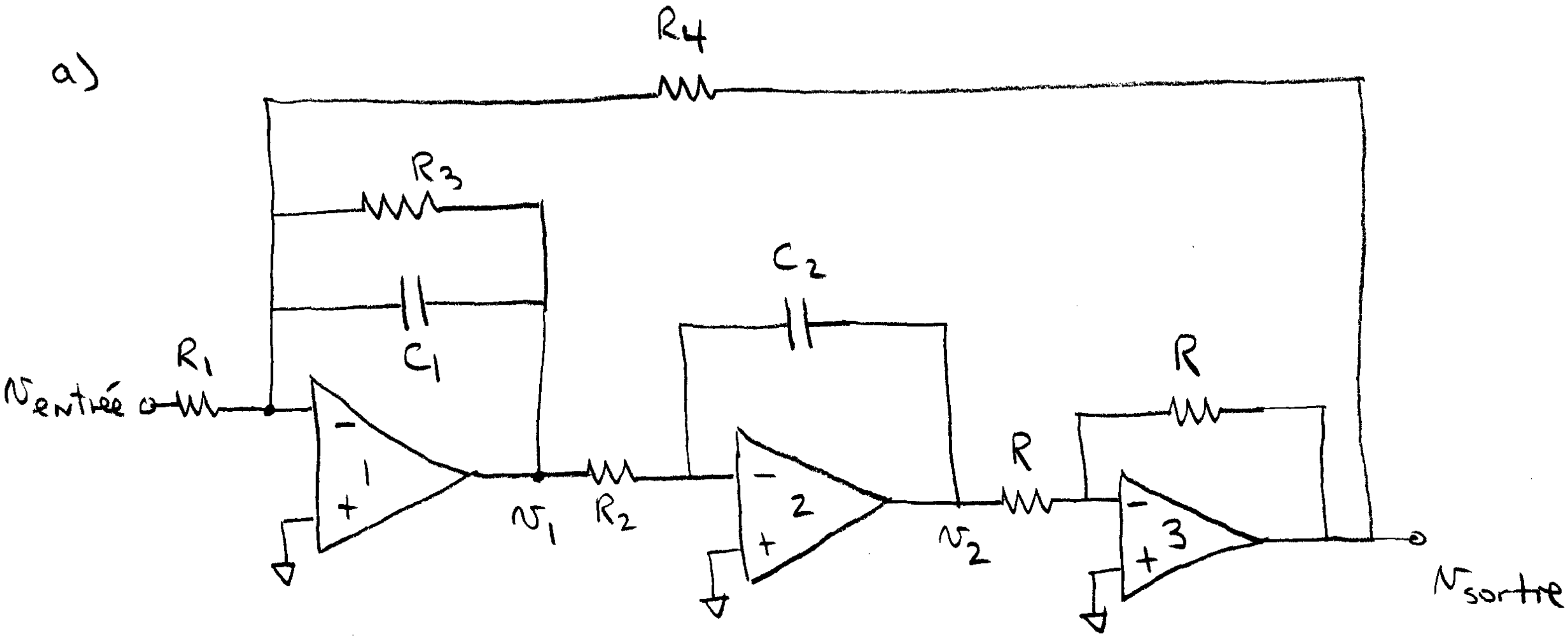
$$V_P = V_{seuilhaut} + (V_{cc} - V_{seuilhaut}) \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \underline{\underline{14{,}7\ V}}$$

Diagramme de transfert :



Question #4 ;

a)



Ampli 3 : $V_{sortie} = -V_2$

Ampli 2 : $\dfrac{V_1}{R_2} = -V_2\, pC_2$

$\rightarrow V_1 = V_{sortie}\, pC_2R_2$

Ampli 1:

$$\frac{V_{entrée}}{R_1} = -V_1\, pC_1 - \frac{V_1}{R_3} - \frac{V_{sortie}}{R_4}$$

$$= -V_{sortie}\left[p^2C_2R_2C_1 + \frac{pC_2R_2}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right]$$

$$F(p) = -\frac{1/R_1}{p^2C_2C_1R_2 + pC_2R_2/R_3 + 1/R_4} = -\frac{1/C_1C_2R_1R_2}{p^2 + p/C_1R_3 + 1/C_1C_2R_2R_4}$$

b) Filtre passe-bas car pas de terme en "p" au numérateur.

c)

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_2 R_4}}$$

$$2 z \omega_n = \frac{1}{C_1 R_3} \rightarrow z = \frac{1}{2 C_1 R_3} \sqrt{C_1 C_2 R_2 R_4}$$

Pour avoir un Butterworth $\rightarrow z = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Donc $\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2 C_1 R_3} \sqrt{C_1 C_2 R_2 R_4}$

$$R_3 = \frac{\sqrt{2} \sqrt{C_2 R_2 R_4}}{2 \sqrt{C_1}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 0{,}1\mu F \cdot 10 k\Omega \cdot 1 k\Omega}}{2 \sqrt{1 \mu F}}$$

$$= \underline{\underline{707 \ \Omega}}$$

d) Pour un Butterworth $\rightarrow \underline{\omega_{c\,-3dB} = \omega_n}$

$$\omega_{c-3dB} = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_2 R_4}} = \frac{1}{\sqrt{1\mu F \cdot 0{,}1\mu F \cdot 10 k\Omega \cdot 1 k\Omega}} = 1000 \text{ rad/s}$$

$$f_{c\,-3dB} = \frac{\omega_{c\,-3dB}}{2\pi} = \frac{1000}{2\pi} = \underline{\underline{159\ Hz}}$$

e)

$$G_o\, \omega_n^2 = -\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} \qquad \text{et } \omega_n = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_2 R_4}}$$

$$G_o = -\frac{R_4}{R_1} = \frac{-1k\Omega}{2k\Omega} = -\frac{1}{2}$$

en dB $\rightarrow$ $$G_{o\,dB} = 20 \log \frac{1}{2} = \underline{\underline{-6\ dB}}$$

<u>Question #5</u> :

a) Vrai

b) Faux

c) Faux

d) Vrai

e) Faux