

MESURE ET RÉGULATION DE NIVEAU DANS UN BAC DE CONDITIONNEMENT

A – Étude de la sonde capacitive

$C = C_1 + C_2$ (les deux condensateurs sont en parallèle)

A.1. Étude du condensateur de capacité C_1

A.1.1. Relation entre L_1 et le niveau H : $L_1 = H$

A.1.2. Expression de C_1 : $C_1 = [(8,85 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \pi) / \ln(12/10)] \cdot H = 610 \cdot H$

A.2 Étude du condensateur de capacité C_2

A.2.1. expression de L_2 : $L_2 = H_{\max} - H$

A.2.2. expression de C_2 : $C_2 = [(8,85 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \pi) / \ln(260/1)] \cdot (H_{\max} - H) = 10 \cdot (H_{\max} - H)$

A.3. Étude du condensateur équivalent de capacité C

A.3.1. expression de C : $C = 610 \cdot H + 10 \cdot (H_{\max} - H) = 600 \cdot H + 20$ (a=600 b=20)

A.3.2. valeur de C_f : $C_f = 1200 - 20 = 1180 \text{ pF}$

A.3.3. Plage de variation de C avec $C=600 \cdot H+1200$

✦ pour $H=0$ on a $C = 1200 \text{ pF}$

✦ pour $H=2 \text{ m}$ on a $C = 2400 \text{ pF}$

B – le générateur de signal

B.1. le générateur de rampe

B.1.1. le circuit fonctionne en régime linéaire (existence d'un contre réaction)
de ce fait $e^+ = e^- \Rightarrow V_{D1} = 0$

B1.2. relation entre les tensions u_1 et u_c
la maille de sortie donne la relation : $u_1 + u_c + V_{D1} = 0 \Rightarrow u_1 = -u_c$

B.1.3. interrupteur F fermé $\Rightarrow u_c = 0$ (condensateur court-circuité)
la valeur de u_1 devient $u_1 = -u_c = 0$

B.1.4. interrupteur ouvert à $t=0$ et $u_1(0)=0$
a) expression de i : la maille d'entrée conduit à $E_1 - R_1 \cdot i + V_{D1} = 0$ d'où $i = E_1 / R_1$
b) expression de i avec la relation du condensateur : $i = C \cdot (du_c / dt)$
c) comme $u_1 = -u_c \Rightarrow i = -C \cdot (du_1 / dt)$
d) en tenant compte des relations précédentes $E_1 / R_1 = -C \cdot (du_1 / dt)$
 $\Rightarrow du_1 / dt = -E_1 / R_1 \cdot C$
e) la dérivée est constante, la fonction est affine $u_1 = (-E_1 / R_1 \cdot C) \cdot t + u_1(0)$

$$\Rightarrow u_1 = (-E_1/R_1.C).t$$

f) u_1 varie linéairement et de façon décroissante (droite avec pente négative)

B.1.5. voir document réponse 1

B.2. le comparateur à un seuil

B.2.1. si $u_1 > E_2$ alors $v_D = u_1 - E_2 > 0 \Rightarrow u_{S1} = +V_{cc} = 12 V$

La diode D est bloquée

Valeur de u_2 : $u_2 = u_{S1} = V_{cc} = 12 V$

B.2.2. cas où $u_1 < E_2$ alors $v_D = u_1 - E_2 < 0 \Rightarrow u_{S1} = -V_{cc} = -12V$

B.2.3.

B.2.4. voir document réponse 1

B.3. Elaboration de la relation entre $\langle u_2 \rangle$ et C

B.3.1. expression de t_1 : $u_1(t) = E_2 = -(E_1/R_1.C).t_1 \Rightarrow t_1 = -R_1.C.(E_2/E_1)$

B.3.2. valeur moyenne $\langle u_2 \rangle$: $\langle u_2 \rangle = (\text{aire})/T = V_{cc}.t_1/T$

B.3.3. expression de $\langle u_2 \rangle$ en fonction de C

$\langle u_2 \rangle = (V_{cc}/T).(-R_1.E_2/E_1).C = -(R_1.E_2.V_{cc})/(E_1.T).C = k.C$

avec $k = -(R_1.E_2.V_{cc})/(E_1.T)$. A.N. $\Rightarrow k = -(10^5.(-2,5).12)/5.240.10^{-6} = 2,5.10^{-3} V/pF$

C – le filtre

C.1. comportement en fréquence du filtre

- à très basse fréquence $Z_c = 1/C\omega \rightarrow \infty$ équivalent à un interrupteur ouvert
- à très haute fréquence $Z_c = 1/C\omega \rightarrow 0$ équivalent à un interrupteur fermé

C.2. ➤ à très basse fréquence on a $u_3 = u_2$, le signal d'entrée se retrouve en sortie
 ➤ à très haute fréquence le signal d'entrée est arrêté
 \Rightarrow le filtre laisse passer les signaux de fréquence basse c'est un filtre passe-bas

C.3. expression de la fonction de transfert du filtre :

$\underline{T} = \underline{U}_3 / \underline{U}_2 = \underline{Z}_{c3} / (R_3 + \underline{Z}_{c3})$ d'après le diviseur de tension

$\underline{T} = 1 / (1 + \underline{Y}_{c3}.R_3) = 1 / (1 + j.R_3.C_3.\omega)$

$\underline{T} = 1 / (1 + j.f/f_c)$ en posant $f_c = 1/2\pi R_3 C_3 \omega$

C.4. Application numérique : calcul de R_3

$R_3 = 1/2\pi f_c C_3 = 159 k\Omega \approx 160 k\Omega$

C.5. module de \underline{T} : $T = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_c})^2}}$

\Rightarrow pour $f \rightarrow 0$ $T \rightarrow 1/1 = 1$

\Rightarrow pour $f \rightarrow \infty$ $T \rightarrow 1/0 = 0$ (ces résultats confirment ceux du C.2)

C.6. tension d'entrée rectangulaire

Le filtre passe-bas élimine fondamental ($f \gg f_c$) et les harmoniques, seule la valeur moyenne passe ($f=0$) sans être modifiée ($T=1$) $\Rightarrow u_3 = \langle u_2 \rangle$

D – le circuit de mise en forme

D.1. le fonctionnement étant linéaire $v_+ = v_-$ et $u_3 = v_-$

D.2. le théorème de superposition donne $v^- = E_3 \cdot R_5 / (R_4 + R_5) + u_4 \cdot R_4 / (R_4 + R_5)$

$$\Rightarrow u_4 = u_3 \cdot (R_4 + R_5) / R_4 - E_3 \cdot R_5 / R_4$$

D.3. Si $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ alors pour avoir la relation $u_4 = 4 \cdot u_3 - 12$ il faut que $(R_4 + R_5) / R_5 = 4$ et que $E_3 \cdot R_5 / R_4 = 12$. Le calcul amène à $R_5 = 3 \cdot R_4 = 3 \text{ k}\Omega$ et $E_3 = 4 \text{ V}$

E – le CAN et l’afficheur

E.1. avec 8 bits on peut afficher $2^8 = 256$ valeurs, suffisant pour avoir comme affichage 2.00

E.2. le quantum q est de **60 mV** (lire la courbe)

E.3. Pour $u_4 = 4,5 \text{ V}$ $N = 4,5 / 0,06 = 75 \Rightarrow$ affichage : 0.75

F – le comparateur à 2 seuils

F.1. valeur de la tension u_A qui provoque le basculement : $u_A = V_{DD} / 2$

F.2. expression de la tension u_A :

Le théorème de superposition et le diviseur de tension nous permettent d’écrire :

$$u_A = u_4 \cdot R_7 / (R_6 + R_7) + u_B \cdot R_6 / (R_6 + R_7)$$

F.3. l’expression précédente conduit à $u_4 = u_A \cdot (R_6 + R_7) / R_7 - u_B \cdot R_6 / R_7$

F.4. expression des seuils avec $u_A = V_{DD} / 2$

$$u_{\text{haut}} = (V_{DD} / 2) \cdot (1 + R_6 / R_7)$$

$$u_{\text{bas}} = (V_{DD} / 2) \cdot (1 + R_6 / R_7) - V_{DD} \cdot R_6 / R_7 = V_{DD} / 2 \cdot (1 - R_6 / R_7)$$

F.5. valeurs des tensions des seuils avec $u_A = V_{DD} / 2 = 6 \text{ V}$

$$u_{\text{haut}} = 6(1 + 1/2) = 9 \text{ V}$$

$$u_{\text{bas}} = 6(1 - 1/2) = 3 \text{ V}$$

F.6. voir document réponse 2

G – la commande de l’électrovanne

G.1. Pour $u_5 = 12 \text{ V}$; T saturé

G.1.1. $u_{\text{sat}} = 0$ or $V_{CC} = u_{\text{elect}} + u_T \Rightarrow u_{\text{elect}} = V_{CC} = 12 \text{ V}$

G.1.2. la vanne est **ouverte**

G.1.3. le courant est donc de **100 mA** (voir les caractéristiques de l’électrovanne)

G.1.4. le courant i_B est donné par $i_B = (u_5 - v_{BE}) / R_8 = (12 - 0,7) / 1 = 11,3 \text{ mA}$

G.1.5. T saturé puisque $\beta \cdot i_B = 100 \cdot 11,3 = 113 \text{ mA} > i_c = 10 \text{ mA}$

G.2. Pour $u_5 = 0 \text{ V}$

G.2.1. $i_b = 0 \Rightarrow$ le transistor est **bloqué**

G.2.2. pas de courant dans le transistor donc $i_c = 0$

G.2.3. la vanne est **fermée**

H – synthèse

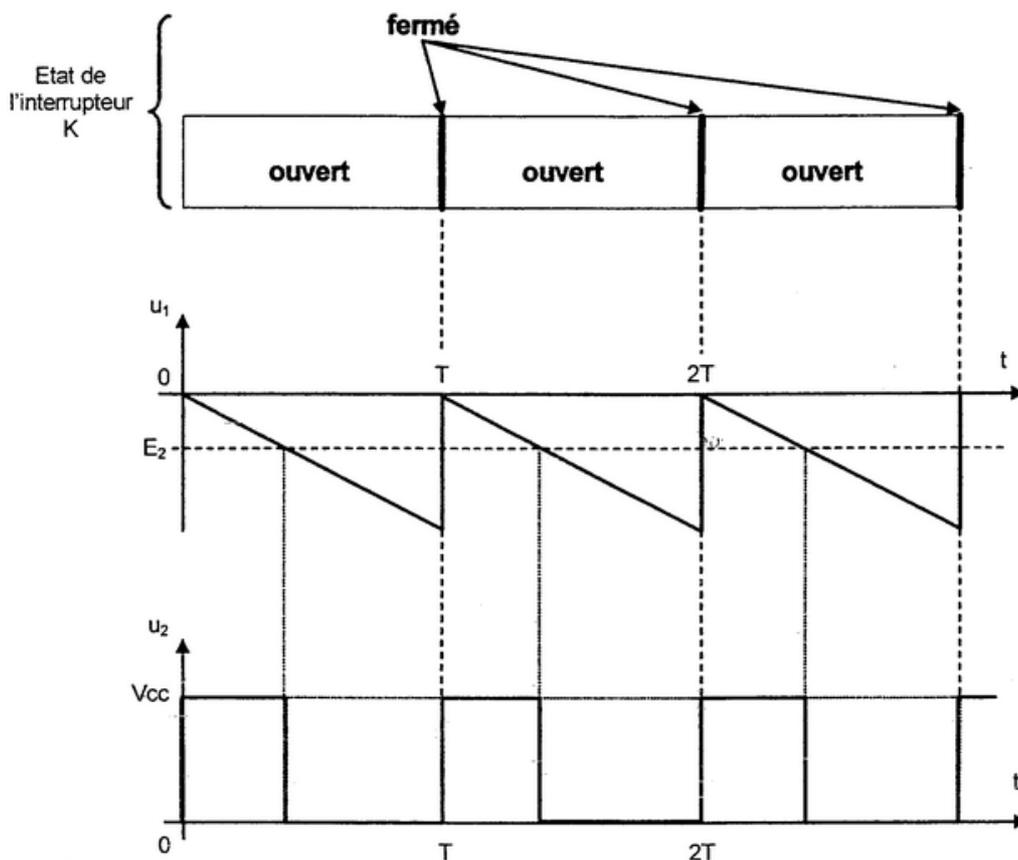
H.1. voir document réponse 3

H.2. voir document réponse 3

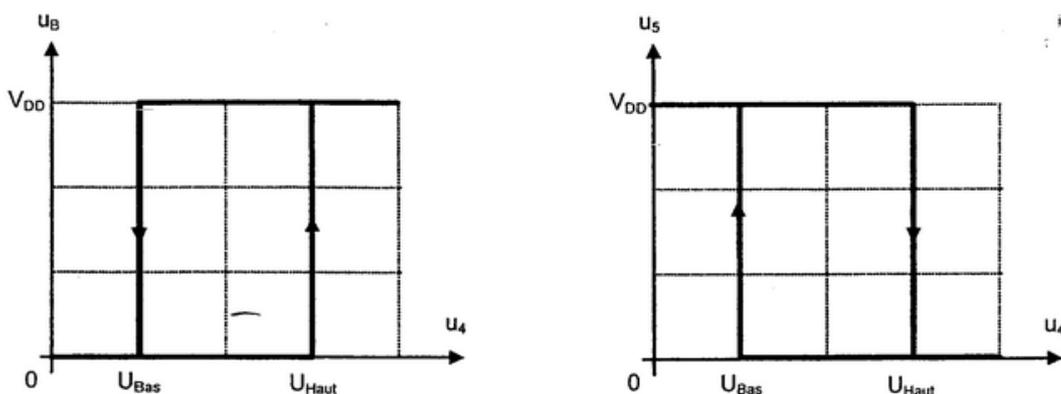
H.3 voir document réponse 3

H.4 à partir du graphique H₁ (bas) ouverture = 0,5 m et H₂ (haut) fermeture = 1,5 m

Document réponse 1



Document réponse 2



Document réponse 3

H (m)	C (pF)	$\langle u_2 \rangle$ (V)	u_4 (V)	N	Affichage
0	1200	3	0	0	0.00
0,5	1500	3,75	3	50	0.50
1,5	2100	5,25	9	150	1.50
2	2400	6	12	200	2.00

