

## CORRECTION DE LA PARTIE ÉLECTRICITÉ DU BTS TPIL 2010

### Partie 1 : Étude d'un capteur capacitif

1.1. La capacité  $C_x$  du condensateur plan s'obtient en considérant qu'il est assimilable à l'association en parallèle d'un condensateur plan à eau  $C_{\text{eau}}$  et d'un condensateur plan à air  $C_{\text{air}}$  de surfaces respectives  $S_{\text{eau}} = h_E \cdot L$  et  $S_{\text{air}} = (h - h_E) \cdot L$

Soit :  $C_x = C_{\text{eau}} + C_{\text{air}} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_{\text{Reau}} \cdot \frac{h_E \cdot L}{d} + \epsilon_0 \cdot \epsilon_{\text{Rair}} \cdot \frac{(h - h_E) \cdot L}{d}$  ou encore :

$$C_x = \frac{\epsilon_0 \cdot L}{d} \cdot [\epsilon_{\text{Reau}} \cdot h_E + \epsilon_{\text{Rair}} \cdot (h - h_E)]$$

1.2. Application numérique :

$$C_x = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \times 4,31 \cdot 10^{-2}}{2,54 \cdot 10^{-3}} \times [80 \times h_E + 1 \times (1 - h_E)] \text{ soit } C_x \approx 1,50 \cdot 10^{-10} \cdot (1 + 79 \cdot h_E) \text{ ou}$$

$$C_x \text{ (pF)} \approx 150 \cdot [1 + 79 \cdot h_E \text{ (m)}]$$

1.3. Sans eau ( $h_E = 0$ ), on obtient la valeur minimale de  $C_x$  :

$$C_{\text{MIN}} \approx 150 \text{ pF}$$

Lorsque la cuve est pleine ( $h_E = h = 1\text{m}$ ), la capacité est maximale et vaut :

$$C_{\text{MAX}} \approx 150 \cdot (1 + 79) = 12000 \text{ pF}$$

$$C_{\text{MAX}} \approx 12 \text{ nF}$$

### Partie 2 : Mise en forme du signal

2.1. Voir document réponse.

2.2. La loi des mailles s'écrit ici :  $v_1 = v_2 + R_P \cdot i_Z$  soit  $R_P = \frac{v_1 - v_2}{I_Z}$ .

$$\text{Pour } v_1 = -12 \text{ V, } i_Z \text{ est négatif et } v_2 = U_D = -0,5 \text{ V d'où : } R'_P = \frac{-12 + 0,5}{-10 \cdot 10^{-3}} = 1150 \Omega.$$

$$\text{Pour } v_1 = +12 \text{ V, } i_Z \text{ est positif et } v_2 = U_Z = +5,1 \text{ V d'où : } R''_P = \frac{+12 - 5,1}{10 \cdot 10^{-3}} = 690 \Omega.$$

Pour que la valeur absolue de  $i_Z$  reste inférieure à 10 mA, il faut donc que  $R_P$  soit supérieure à la plus grande des deux valeurs précédentes soit :

$$R_{\text{PMIN}} = 1150 \Omega \approx 1,2 \text{ k}\Omega$$

2.3. Les circuits TTL sont alimentés en + 5 V. Les tensions appliquées sur leurs entrées ne doivent pas excéder la tension d'alimentation d'environ 1 V. Elles doivent donc être comprises entre environ - 1V et + 6 V. La tension  $v_2$  mise en forme par la diode Zener est donc bien adaptée à la technologie TTL.

### Partie 3 : Étude du monostable

3.1. Pour que le monostable fonctionne correctement cuve vide, il faut que la durée d'instabilité  $\theta$  soit supérieure à  $10 \mu\text{s}$  (et inférieure à la période T).

Soit :  $\theta = R_X \cdot C_X > 10 \mu\text{s}$  ou encore  $R_X > \frac{10 \cdot 10^{-6}}{C_{MIN}}$  de valeur  $\frac{10 \cdot 10^{-6}}{150 \cdot 10^{-12}} = 66,6 \text{ k}\Omega$

$$\boxed{R_{XMIN} \approx 67 \text{ k}\Omega}$$

3.2. Pour que le monostable fonctionne correctement cuve pleine, il faut que la durée d'instabilité  $\theta$  soit inférieure à la période T (et supérieure à  $10 \mu\text{s}$ ).

Soit :  $\theta = R_X \cdot C_X < 2 \text{ ms}$  ou encore  $R_X < \frac{2 \cdot 10^{-3}}{C_{MAX}}$  de valeur  $\frac{2 \cdot 10^{-3}}{12000 \cdot 10^{-12}} \approx 167 \text{ k}\Omega$

$$\boxed{R_{XMAX} \approx 167 \text{ k}\Omega}$$

3.3. Pour  $h_E = 0,5$ ,  $C_X = 150 \times (1 + 79 \times 0,5) = 6075 \text{ pF}$  d'où :

$\theta = R_X C_X = 82,3 \cdot 10^3 \times 6075 \cdot 10^{-12} \approx 0,5 \text{ ms}$ .

$$\boxed{\theta \approx 0,5 \text{ ms}}$$

3.4. Par définition,  $V_{3MOY} = \frac{1}{T} \int_0^T v_3 dt$  soit, ici,  $V_{3MOY} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} 0 dt + \frac{1}{T} \int_{T/2}^{\theta+T/2} V_{DD} dt + \frac{1}{T} \int_{\theta+T/2}^T 0 dt$  soit

$$V_{3MOY} = \frac{V_{DD}}{T} [t]_{T/2}^{\theta+T/2} = \frac{V_{DD} \times \theta}{T} = V_{DD} \cdot f \cdot \theta$$

$$\boxed{V_{3MOY} = V_{DD} \cdot f \cdot \theta}$$

3.5. Puisque  $\theta = R_X C_X = R_X \cdot 150 \cdot 10^{-12} \cdot (1 + 79 \cdot h_E)$ , on peut écrire :

$$V_{3MOY} = V_{DD} \cdot f \cdot R_X \cdot 150 \cdot 10^{-12} \cdot (1 + 79 \cdot h_E)$$

Pour une valeur donnée de  $R_X$ , la valeur moyenne de  $v_3$  ne dépend donc que de  $h_E$ .

A.N. La fréquence de  $v_1$  valant  $1/2 \cdot 10^{-3} = 500 \text{ Hz}$ , on obtient :

- à sec :  $V_{3MOY \min} = 5 \cdot 500 \cdot 82300 \cdot 150 \cdot 10^{-12} \cdot (1 + 79 \times 0) = 0,031 \text{ V}$

- au plein :  $V_{3MOY \max} = 5 \cdot 500 \cdot 82300 \cdot 150 \cdot 10^{-12} \cdot (1 + 79 \times 1) = 2,469 \text{ V}$

$$\boxed{V_{3MOY \min} = 0,031 \text{ V et } V_{3MOY \max} = 2,469 \text{ V}}$$

## Partie 4 : Étude du filtre

4.1. On reconnaît un diviseur de tension sur la figure 14. La tension  $V_4$  s'obtient ainsi par :

$$V_4 = \frac{Z_{C1}}{Z_{C1} + Z_{R1}} V_3 = \frac{1}{1 + \frac{Z_{R1}}{Z_{C1}}} V_3 = \frac{1}{1 + jR_1 C_1 \omega} V_3 \text{ soit } \boxed{A_V = \frac{V_4}{V_3} = \frac{1}{1 + jR_1 C_1 \omega}}$$

$$\boxed{A_V = \frac{V_4}{V_3} = \frac{1}{1 + j\omega / \omega_c}} \text{ avec } \boxed{\omega_c = \frac{1}{R_1 C_1}}$$

4.2. C'est un filtre passe-bas du premier ordre.

4.3. En continu ( $\omega = 0$ ), on obtient  $\boxed{A_V = 1}$

4.4. Le module de  $A_V$  vaut donc :  $A_V = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega / \omega_c)^2}}$

Le gain valant  $20 \times \log(A_V)$  s'écrit :  $G = 20 \times \log \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega / \omega_c)^2}} \right]$

4.5. De  $\omega_c = \frac{1}{R_1 C_1}$  et  $\omega_c = 2\pi \cdot f_c$  on tire :  $\boxed{C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot f_c \cdot R_1}}$

A.N.  $C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 0,5 \cdot 220 \cdot 10^3} = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ F}$  soit  $\boxed{C_1 \approx 1,5 \mu\text{F}}$

4.6. L'amplitude  $V_{41}$  de  $v_{41}(t)$  est obtenue par le produit de  $V_{31}$  par  $A_V|_{500\text{Hz}}$  soit

$$V_{41} = \frac{5}{\pi} \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + (500/0,5)^2}} = 2,25 \text{ mV. Cette composante, d'amplitude inférieure à 3 mV,}$$

peut donc effectivement être négligée.

4.7. Il ne subsiste ainsi que la composante moyenne (continue) à la sortie du filtre.

Puisque, pour  $\omega = 0$ ,  $A_V = 1$ , celle-ci est inchangée et  $v_4(t)$  se réduit à  $V_{3\text{MOY}}$  soit :

$$\boxed{v_4(t) = \frac{V_{DD}}{\pi} \sqrt{2}}$$

## Partie 5 : Étude du CAN

5.1. La résolution (ou quantum) du CAN correspond à la variation de tension modifiant une unité binaire. Le CAN fonctionnant sur 8 bits possède une "pleine échelle", sans doute égale à la "tension de référence"  $V_{\text{REF}} = 2,56 \text{ V}$ . Celle-ci correspond à  $(2^8 - 1) \times q \approx 256 \times q$ . D'où  $q \approx V_{\text{REF}}/256 = 10 \text{ mV}$ .

$$\boxed{q \approx 10 \text{ mV}}$$

Une variation élémentaire  $\delta v_4 = q$  de la tension  $v_4$  correspond à la variation décelable  $\delta h_E$  de hauteur d'eau soit :  $\delta h_E = \frac{\delta v_4}{2,438} \approx \frac{10 \cdot 10^{-3}}{2,438}$  soit :

$$\delta h_E \approx 4,1 \text{ mm}$$

Pour  $h_E = 0$ ,  $v_4 = 31 \text{ mV}$ . La sortie du CAN sera donc égale à la partie entière de  $\frac{31 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}}$  soit :

$$N_{\text{VIDE}} = 3$$

Pour  $h_E = 1 \text{ m}$ ,  $v_4 = 0,031 + 2,438 \times 1 = 2,469 \text{ V}$ . La sortie du CAN sera donc égale à la partie entière de  $\frac{2,469}{10 \cdot 10^{-3}}$  soit :

$$N_{\text{PLEIN}} = 246$$

5.2. L'incertitude globale  $\Delta h_E$  sur la hauteur  $h_E$  vaut  $2,5 \times \delta h_E = \frac{2,5 \times \delta v_4}{2,438} \approx \frac{2,5 \times 10 \cdot 10^{-3}}{2,438}$  soit

$$\Delta h_E \approx 10,3 \text{ mm}$$

5.3. Pour  $h_E = 0,5 \text{ m}$ ,  $v_4 = 0,031 + 2,438 \times 0,5 = 1,25 \text{ V}$  donc  $N$ , égal à la partie entière de  $\frac{1,25}{10 \cdot 10^{-3}}$ , vaut 125.

L'incertitude globale  $\Delta h_E$  sur la hauteur se traduit par une incertitude sur  $N$  valant :

$\Delta N = \frac{2,5 \times 10 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 2,5$  qu'il semble raisonnable d'arrondir à la valeur entière supérieure c'est-à-dire 3.

L'expression complète du nombre de sortie du CAN devient ainsi :

$$N = 125 \pm 3$$

DANS CE CADRE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_  
Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
NOM : \_\_\_\_\_  
*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*  
Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat   
Né(e) le : \_\_\_\_\_ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP

Session : 2010

Durée : 4 H

Page : 13/13

Coefficient : 4

**DOCUMENT RÉPONSE 3**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**

