

Discipline : Sciences et Technologies Industrielles		Spécialité : Génie Electronique	
NOM Prénom : CORRECTION		Classe :	
Devoir d'électronique			
Etude d'un thermomètre électronique à affichage numérique			
Domaine d'application : Conversion de donnée	Type de document : Devoir	Classe : Terminale	Date :

Barème sur 20 points et conditions de travail

Question	Points	Question	Points	Question	Points
I - 1	1	III - 3	1	V - 1	1
II - 1	1	III - 4	0,5	V - 2	0,5
II - 2	1	III - 5	1	V - 3	0,5
II - 3	2	III - 6	1	V - 4	1
II - 4	0,25	III - 7	1	VI - 1	1
II - 5	0,25	IV - 1	0,5	VI - 2	1
III - 1	0,25	IV - 2	1	VI - 3	1,5
III - 2	0,25	IV - 3	1	VI - 4	0,5

Durée : 2 heures
Calculatrice autorisée
Aucun document autorisé

Conseil pour les calculs :
prendre 4 chiffres significatifs [1 chiffre avant la virgule + 3 décimales après la virgule]
afin d'éviter les erreurs d'arrondis et de tomber ainsi sur des valeurs exactes

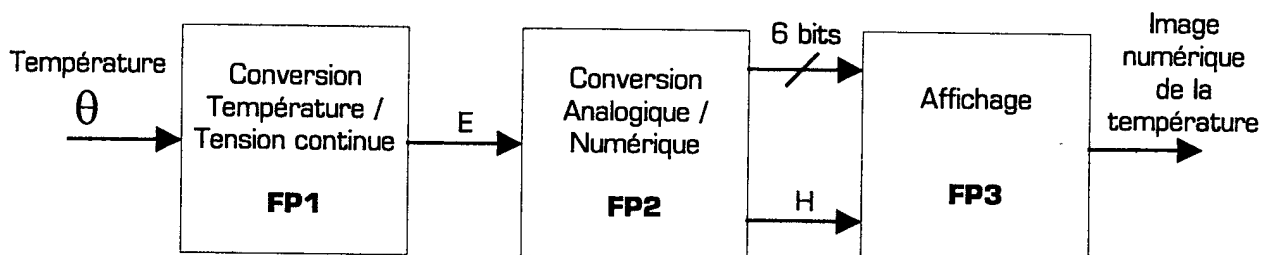
Description de l'objet technique étudié

On se propose d'étudier ici une partie d'un thermomètre électronique à affichage numérique, dont le cahier des charges simplifié est le suivant :

- L'appareil doit mesurer des températures comprises entre -10°C et $+40^{\circ}\text{C}$
- Les mesures de température seront effectuées avec une précision de 1°C

1 - Organisation fonctionnelle du thermomètre :

Schéma fonctionnel de premier degré du thermomètre :



Caractéristique de FP1 :

La fonction principale FP1 a pour rôle de convertir la température θ en une tension continue V_E , proportionnelle à θ . La fonction de transfert de FP1 est donnée par la relation linéaire suivante :

$$V_E = k.\theta + \alpha \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} k = - 0,161 \text{ V}.\text{°C}^{-1} \\ \alpha = - 2,737 \text{ V} \end{array} \right.$$

Schéma fonctionnel de second degré de FP2 :

Le rôle de la fonction FP2 est de convertir la tension V_E proportionnelle à la température, en un mot binaire sur 6 bits. Le signal V_H à la sortie de FP2 avertit la fonction FP3 lorsque la valeur numérique présente sur le bus de 6 bits est correcte, et donne ainsi l'ordre à FP3 d'afficher la température.

Le schéma fonctionnel de second degré de FP2 est le suivant :

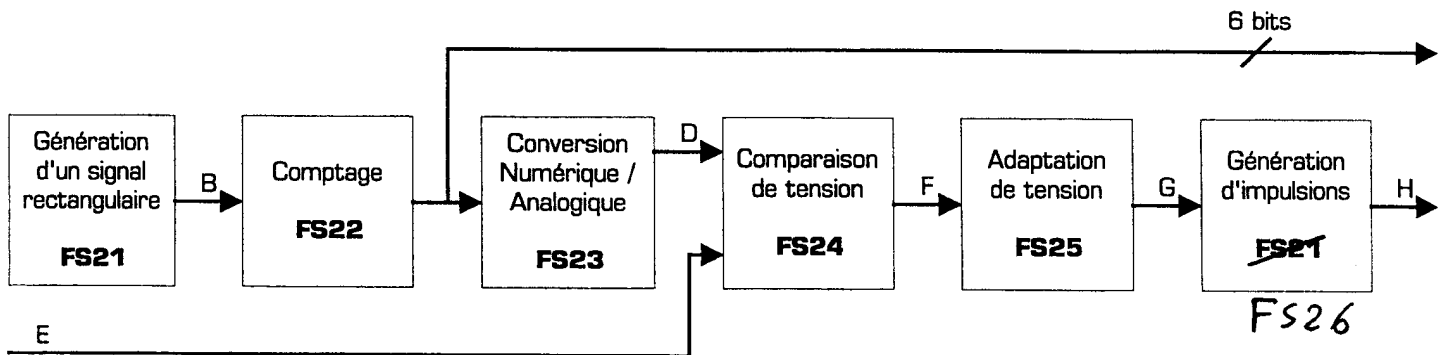
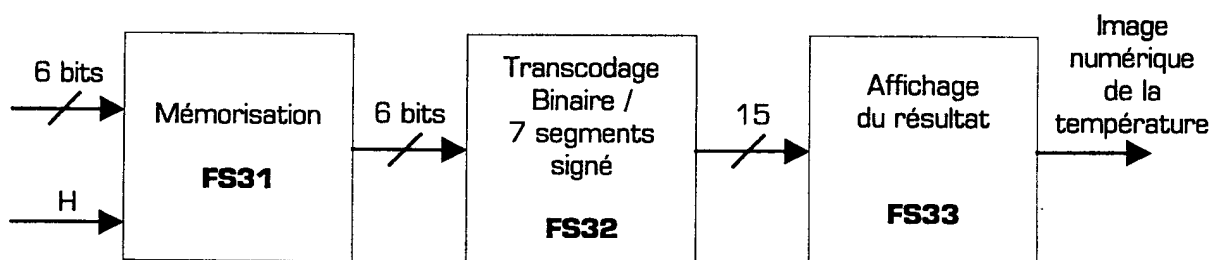


Schéma fonctionnel de second degré de FP2

Schéma fonctionnel de second degré de FP3 :

Le rôle de la fonction FP3 est d'afficher la valeur de la température [entre -10°C et $+40^{\circ}\text{C}$], en fonction de la valeur numérique présente sur le bus de 6 bits, et ce lorsque le signal V_H en donne l'ordre. Entre 2 impulsions du signal V_H , la valeur de la température sera mémorisée par la fonction FS31, et l'affichage restera fixe.

Le schéma fonctionnel de second degré de FP3 est le suivant :



2 - Organisation structurelle du thermomètre :

Notre étude se limitera à l'analyse de 4 fonctions secondaires de FP2 dont le schéma structurel complet est donné page 7. Les structures électroniques permettant la réalisation des fonctions FP1 et FP3 ne seront donc ni dévoilées ni étudiées ici.

Dans toute l'étude de FP2, on appellera V_n la différence de potentiel entre le point n sur le schéma structurel de FP2 [page 7] et la masse. Par exemple, V_B représente la tension au point B par rapport à la masse [tension non fléchée sur le schéma].

La tension d'alimentation V_{cc} sur le schéma de FP2 a pour valeur 12V, et l'ensemble des circuits logiques de FP2 est alimenté entre V_{cc} et 0V.

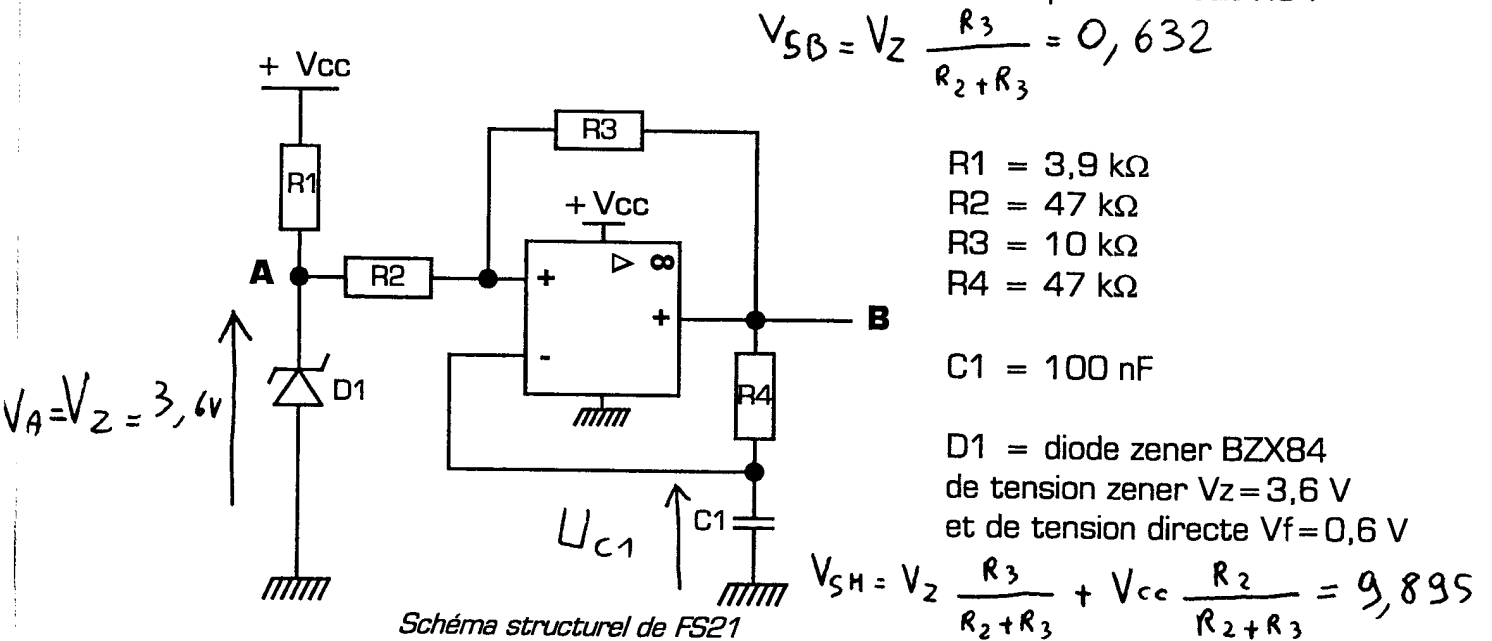
Travail demandé

I - Découpage fonctionnel de l'objet technique

I - 1 - Encadrer proprement sur le schéma structurel de FP2 [page 7, à rendre] chacune des 6 fonctions secondaires de FP2 *1 point mi-juste + encadrer proprement à la règle*

II - Etude de FS21 : Génération d'un signal rectangulaire

La fonction génération d'un signal rectangulaire est ici réalisée avec un A.L.I. alimenté entre + V_{cc} et 0V, câblé en comparateur à deux seuils, et rebouclé par un circuit RC :



II - 1 - A partir du schéma de la page 7, calculer les deux seuils du montage trigger, que l'on nommera V_{SH} et V_{SB} par la suite [pour ne pas les confondre avec les tensions V_H et V_B du schéma]. Pour chacun des seuils on demande :

- L'expression littérale du seuil en fonction des éléments du schéma électronique
- Puis ensuite, et seulement ensuite, la valeur numérique de chaque seuil

$$\tau_H = R_4 \cdot C_1 \cdot \ln \frac{V_{CC} - V_{SB}}{V_{CC} - V_{SH}} = 7,93 \text{ ms} \quad \tau_B = R_4 \cdot C_1 \cdot \ln \frac{V_{SH}}{V_{SB}} = 12,93 \text{ ms}$$

① II - 2 - On appelle U_{C1} la tension aux bornes du condensateur $C1$. Tracer les chronogrammes des tensions U_{C1} et V_B avec la même échelle des temps, et en précisant les valeurs caractéristiques de chaque signal sur l'axe vertical (valeur max, valeur min, etc.).

② II - 3 - En vous aidant des chronogrammes tracés à la question précédente et du schéma de la page 7, calculer le temps haut et le temps bas du signal V_B . Pour chacun des temps [que l'on notera t_B et t_H], on demande :

- Une phrase explicative décrivant le temps recherché, du style « *c'est le temps que met le condensateur pour se charger de ... à ... etc.* »
- La formule complète et générale du temps de charge que vous allez utiliser, en précisant la valeur de chaque grandeur, dans le contexte du montage étudié ici
- L'expression littérale du temps en fonction des éléments du schéma électronique
- Puis ensuite, et seulement ensuite, la valeur numérique de chaque temps

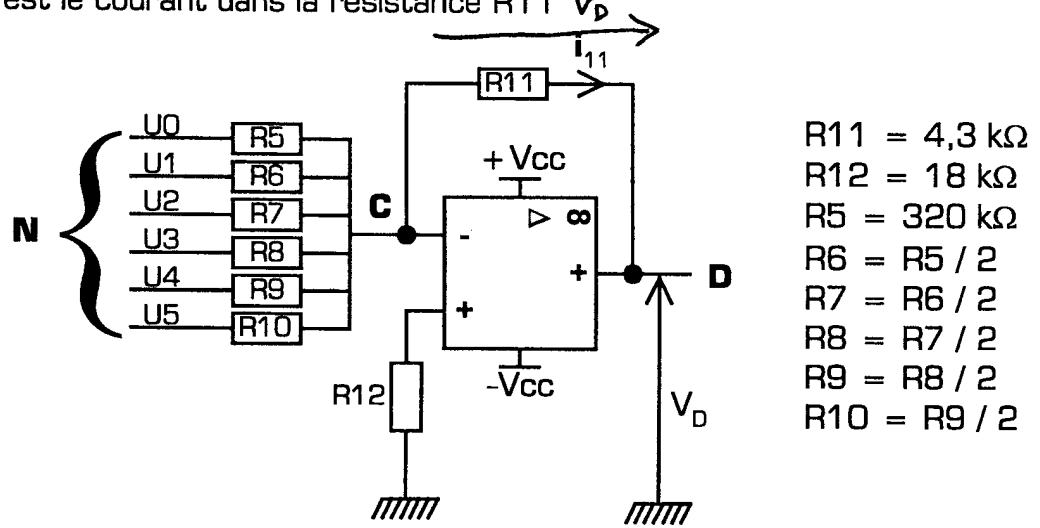
③, 25 II - 4 - Donner l'expression littérale en fonction de t_H et de t_B de la période du signal V_B , puis calculer sa valeur. $T = \tau_H + \tau_B = 20,86 \text{ ms}$

④, 25 II - 5 - Donner l'expression littérale en fonction de t_H et de t_B du rapport cyclique du signal V_B , puis calculer sa valeur. $\delta = \frac{\tau_H}{\tau_H + \tau_B} = 0,38 < 0,5$

III - Etude de FS23 : Conversion Numérique / Analogique

On rappelle ci-dessous le schéma structurel de FS23, dans lequel :

- N est la valeur numérique d'entrée de FS23, codé sur 6 bits [B0 à B5] en binaire naturel [B0 étant le LSB et B5 étant le MSB]
- U0 à U5 sont les 6 tensions d'entrée, ne pouvant prendre que 2 valeurs [Vcc ou 0V], et représentant le nombre N. On note que : $U_n = B_n \cdot V_{CC}$
- V_D est la tension de sortie de FS23
- i_{11} est le courant dans la résistance R11



- R11 = 4,3 kΩ
- R12 = 18 kΩ
- R5 = 320 kΩ
- R6 = R5 / 2
- R7 = R6 / 2
- R8 = R7 / 2
- R9 = R8 / 2
- R10 = R9 / 2

Schéma structurel de FS23

⑤, 25 III - 1 - Quel est le mode de fonctionnement de l'A.L.I. ? En déduire la valeur de la tension V_c . *ALI en linéaire, donc $V_c = 0V$.*

⑥, 25 III - 2 - Donner l'expression de la tension de sortie V_D en fonction de R_{11} et de i_{11} .

$$V_D = - R_{11} \cdot i_{11}$$

$$i_{11} = \frac{U_0}{R_5} + \frac{U_1}{R_6} + \frac{U_2}{R_7} + \frac{U_3}{R_8} + \frac{U_4}{R_9} + \frac{U_5}{R_{10}} = \frac{1}{R_5} (U_0 + 2 \cdot U_1 + 4 \cdot U_2 + 8 \cdot U_3 + 16 \cdot U_4 + 32 \cdot U_5)$$

- ① III - 3 - Donner l'expression du courant i_{11} en fonction des 6 tensions d'entrée U_0 à U_5 .
- ①,5 III - 4 - Donner la relation liant la valeur décimale de N et l'état de chacun de ses 6 bits.
 $N = B_0 + 2B_1 + 4B_2 + 8B_3 + 16B_4 + 32B_5$ avec $U_m = B_m \cdot V_{cc}$
- ① III - 5 - Déduire des trois questions précédentes l'expression de la tension V_D en sortie de FS23, en fonction de la valeur du nombre N présent à l'entrée de FS23, et de R_5 et R_{11} .
 $\Rightarrow V_D = - \frac{R_{11}}{R_5} \cdot V_{cc} \cdot N$
- ① III - 6 - Quel est le quantum de ce C.N.A ? Pour le quantum, que l'on notera q , on demande :
 $q = - \frac{R_{11} \cdot V_{cc}}{R_5} = - 0,161 V$
- L'expression littérale de q en fonction des éléments du schéma électronique
 - Puis ensuite, et seulement ensuite, la valeur numérique de q , ainsi que son unité
- ① III - 7 - En déduire la plage de variation [valeur maximale et valeur minimale] de la tension V_D en fonction de la valeur numérique présente à la sortie du compteur 4024 de la fonction FS22. Quelle est la valeur pleine échelle de ce C.N.A. ?
 Si $N=0 \Rightarrow V_D = 0V$ Si $N = N_{max} = 63 \Rightarrow V_D = -10,16V$

IV - Etude de FS25 : Adaptation de tension Donc P.E. = -10,16V

On précise que le transistor utilisé dans FS25 fonctionne en commutation.

- ①,5 IV - 1 - Donner l'ensemble des différentes valeurs que peut prendre la tension V_F en sortie du comparateur de FS24. $V_F = +V_{cc}$ ou $-V_{cc}$ (2 valeurs possibles).

- ① IV - 2 - Donner pour chacune de ces valeurs :
- L'état du transistor de FS25
 - La valeur de la tension V_G
 - L'état logique représenté par cette tension V_G

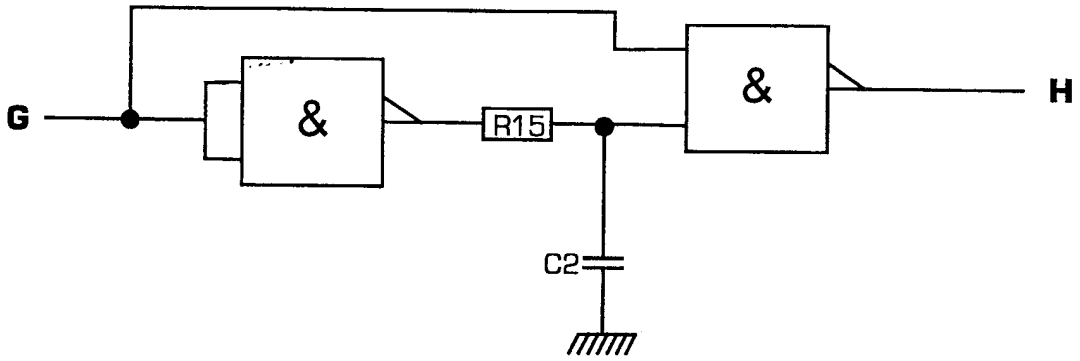
V_F	Transistor	V_G	
$+V_{cc}$	BLOQUÉ	12V	1 log.
$-V_{cc}$	SATURÉ	$\approx 0,2V$	0 log.

- ① IV - 3 - En quoi la fonction FS25 est-elle, d'après vous, indispensable pour le bon fonctionnement du thermomètre ? Vous répondrez à cette question en précisant le rôle exact de cette fonction, dans le contexte de l'O.T. étudié.

FS25 commutée $-V_{cc}$ en 0 Logique, afin de ne pas mettre une tension négative à l'entrée de la porte logique

V - Etude de FS26 : Génération d'impulsions

Les portes logiques utilisées dans la fonction FS26 sont en technologie CMOS, et leur tension d'alimentation est $V_{cc} = 12V$.



$R_{15} = 10 k\Omega$
 $C_2 = 100 nF$

Schéma structurel de FS26

CORRECTION

On applique sur l'entrée G du montage un signal carré, de valeur maximale V_{cc} , de valeur minimale 0V, de valeur moyenne $V_{cc}/2$, et de période 5 ms.

- ① V - 1 - Tracer les chronogrammes des tensions V_G et V_H .
- ①,5 V - 2 - Monter que le circuit permet de détecter un type de front particulier du signal V_G . Préciser quel est le type de front détecté par FS26 [front montant ou front descendant].
- ①,5 V - 3 - Quel est l'état de repos du signal V_H ? [état stable] *état haut*
- ① V - 4 - Quelle est la durée du signal V_H dans son état actif? [état instable] *état bas*
 $t_i = R_{15} \cdot C_2 \ln 2 = 0,693 \text{ ms}$

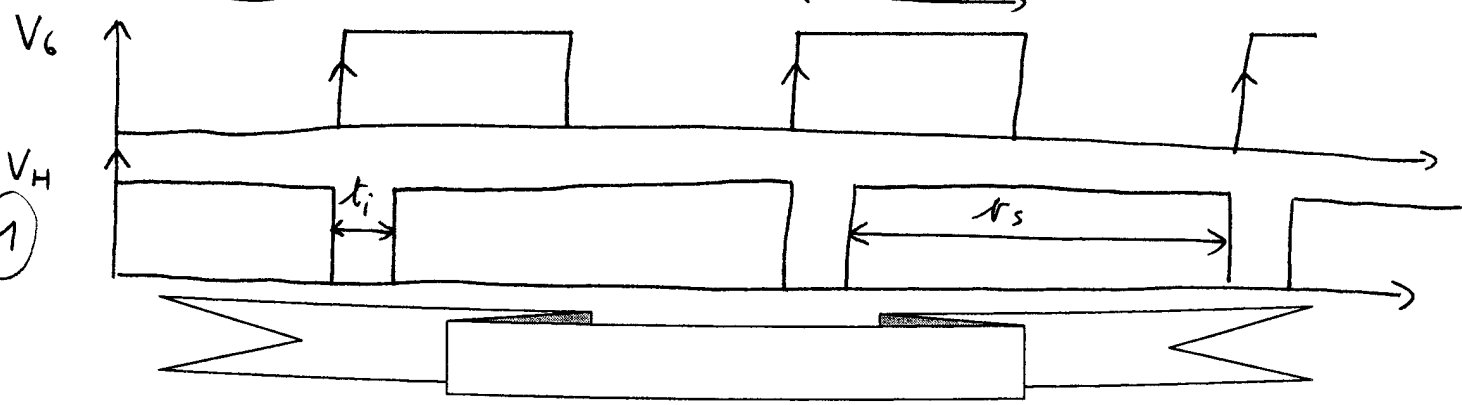
VI - Synthèse générale et fonctionnement global du thermomètre

- ① VI - 1 - Pour une température ambiante $\theta = 23^\circ\text{C}$, quelle est la valeur du nombre N à la sortie du compteur 4024 à l'instant où le signal V_H en donne l'ordre de mémorisation?
Si $\theta = 23^\circ\text{C} \Rightarrow V_E = -6,44 \text{ V}$ or $6,44 = 40 \times 0,161 = 40 \times 9 \Rightarrow N = 40$
- ① VI - 2 - Trouver quelle est la relation générale entre le nombre N transmis à FP3 et la valeur θ de la température en $^\circ\text{C}$. Justifier votre réponse. En déduire quelle est la valeur de N lorsque $\theta = -10^\circ\text{C}$ et lorsque $\theta = +40^\circ\text{C}$.
 $N = \theta + 17$

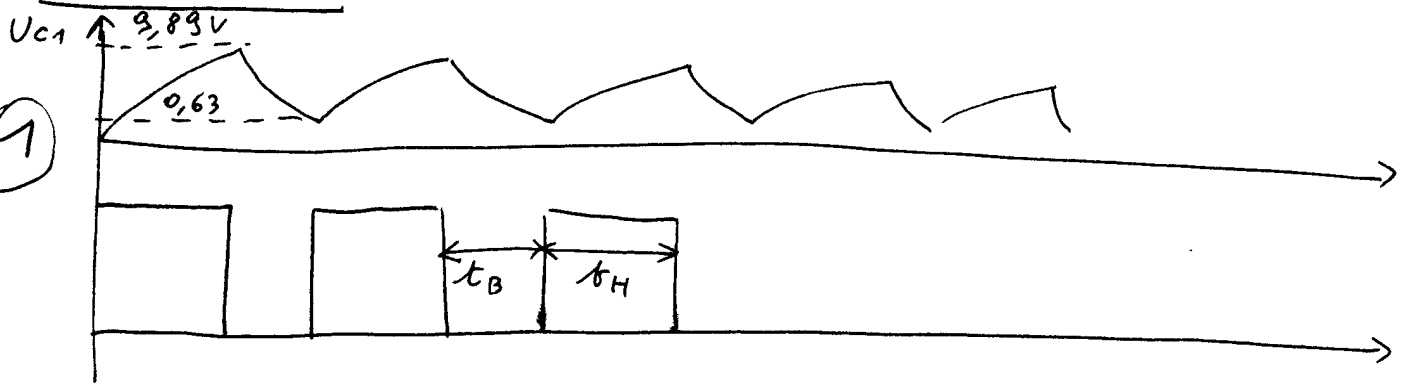
- ①,5 VI - 3 - Tracer les chronogrammes des signaux V_E , V_D , V_F , V_G , et V_H pour une température θ de 23°C .
 $20,86 \text{ ms} \times 64 = 1,335 \text{ s}$ $\frac{60}{1,335} \approx 45 \text{ mesures par minute}$

- ①,5 VI - 4 - Quel est le nombre de mesures réellement effectuées par le dispositif en 1 minute?

V-1 - Détecteur de front



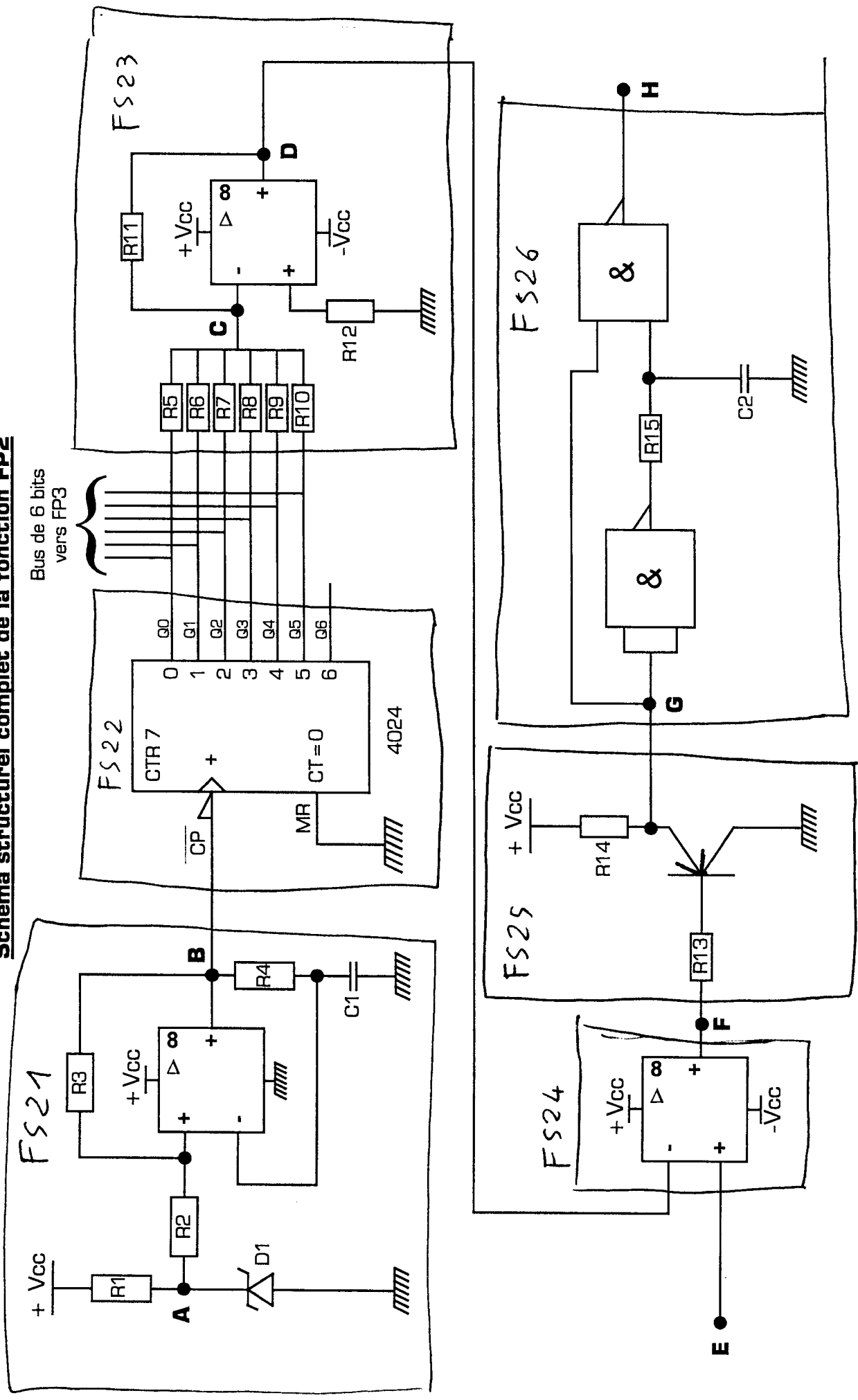
II-2 - Astable :



CORRECTION

7

Schéma structurel complet de la fonction FP2



Retrouvez d'autres cours sur le site ressource

www.gecif.net

Téléchargez librement sur Gecif.net :

- ✍ **des cours et des TP de Génie Electrique**
- ✍ **des exercices et des évaluations avec corrections**
- ✍ **des ressources Automgen, ISIS Proteus et Flowcode**
- ✍ **des QCM pour réviser les cours et vous entraîner**
- ✍ **des logiciels d'électronique pour les installer chez vous**
- ✍ **des dossiers techniques de systèmes originaux**
- ✍ **des fiches pratiques sur tous les domaines des sciences de l'ingénieur**
- ✍ **des sujets de BAC**
- ✍ **et bien plus encore sur Gecif.net !**