

Devoir d'électronique

Domaine d'application :
Etude d'un système technique

Type de document :
Evaluation

Classe :
Première année

Date :

Conditions de travail

S'agissant d'une étude de système, il est conseillé de répondre aux parties **II** à **IV** dans l'ordre du sujet. La partie **V** [partie synthèse] est indépendante des 3 autres, bien qu'elle soit relative au même système technique. Toutes les réponses, sont à rédiger sur une copie, **et devront être numérotées très clairement**, en utilisant la numérotation des questions du sujet et **leurs notations exactes** à l'exception de toute autre.

Les tableaux à compléter, ne sont présentés sur le sujet qu'à titre indicatif : il s'agit d'une suggestion de présentation et non de documents réponse. **Le texte du sujet ne sera pas ramassé en fin de séance.**

Aucun document [sur support papier ou sur support électronique] autre que le texte du sujet n'est autorisé. L'usage des calculatrices est autorisé et celui des téléphones portables est interdit [même pour consulter l'heure, même pour « jouer »...] : aucun téléphone portable ne doit être visible sur les tables. Si l'une de ces conditions n'était pas respectée, le candidat est conscient que sa note serait alors de zéro, et ce sans aucune discussion possible ni possibilité de rattrapage.

Barème sur 20 points

Question	II - 1	II - 2	II - 3	III - 1	III - 2	IV - 1	IV - 2	IV - 3	V - 1	V - 2	V - 3
Valeur en point	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	4

Travail demandé**I - Présentation du système étudié**

Le système étudié est une perceuse à commandes numériques, dont le schéma fonctionnel de premier degré est donné à la figure 2. La partie électronique que nous allons étudier a pour rôle d'effectuer un affichage numérique de la vitesse de la perceuse.

La fonction FP1 permet de sélectionner une vitesse parmi 4, grâce à un interrupteur rotatif à 4 positions [la vitesse n°0 correspondant à l'arrêt du moteur de la perceuse]. La fonction FP6 devra afficher sur un afficheur de type 7 segments un chiffre entre 0 et 3, représentant la vitesse de rotation réelle mesurée sur le moteur de la perceuse :

Vitesse V du moteur	0 tr.min ⁻¹	1000 tr.min ⁻¹	2000 tr.min ⁻¹	3000 tr.min ⁻¹
Chiffre affiché par FP6	0	1	2	3

Figure 1 : Affichage de la vitesse de rotation de la perceuse

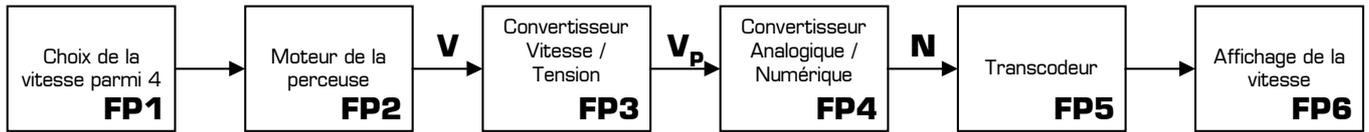
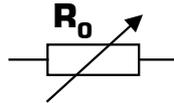


Figure 2 : Schéma fonctionnel du système

II - Etude de FP3

Pour mesurer la vitesse du moteur, on utilise un capteur de vitesse, qui sera ici réduit à un dipôle résistif, de résistance R_0 proportionnelle à la vitesse du moteur.

Symbole du capteur de vitesse :



Caractéristique du capteur utilisé : $R_0 = k.V + r$, où :

- * R_0 est la résistance du capteur pour une vitesse V , en Ω [ohm]
- * r est la résistance du capteur à la vitesse nulle : $r = 1\text{ k}\Omega$
- * V est la vitesse de rotation mesurée sur le moteur, en tr.mn^{-1} [tours par minute]
- * K est une constante qui vaut $1 \text{ }\Omega.\text{mn}.\text{tr}^{-1}$ [ohm minute par tour]

Le capteur de vitesse R_0 est branché dans la structure électronique ci-dessous, représentant la fonction FP3, qui génère une tension V_p image de la vitesse de la perceuse :

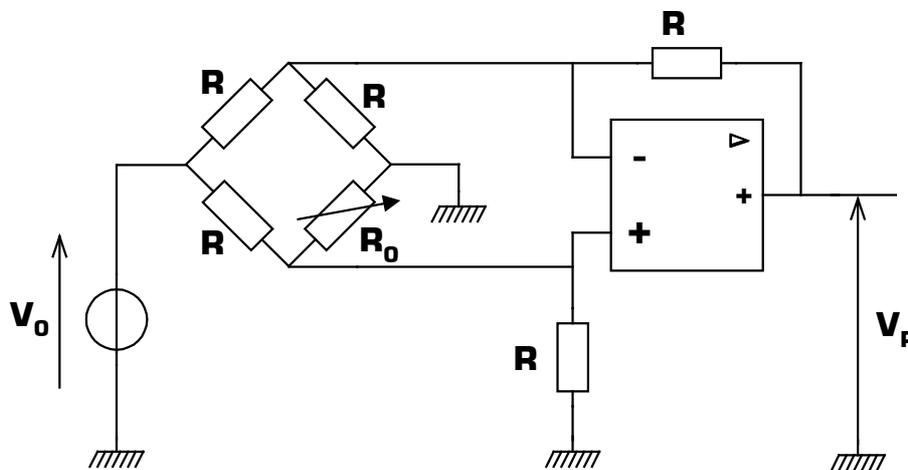


Figure 3 : schéma structurel de FP3

II - 1 - Donnez, en la démontrant, la relation entre la tension V_p , image de la vitesse, et la tension V_0 .

II - 2 - En déduire l'expression de V_p en fonction de la vitesse réelle V du moteur de la perceuse.

II - 3 - Reproduisez puis complétez le tableau de la figure 4, donnant la valeur de la tension V_p pour chacune des 4 vitesses V du moteur de la perceuse. On précise que $R = 1\text{ k}\Omega$ et $V_0 = 10\text{ V}$ sur la figure 3.

V	0 tr.min ⁻¹	1000 tr.min ⁻¹	2000 tr.min ⁻¹	3000 tr.min ⁻¹
V_P				

Figure 4 : Tableau de correspondance entre la vitesse V et la tension V_P

III - Etude de FP4

La fonction FP3 nous a fournis une tension V_P différente pour chacune des 4 vitesses de la perceuse. La rôle de la fonction FP4 va être de convertir ces 4 tensions en 4 valeurs binaires différentes, dans le but d'obtenir une représentation numérique de la vitesse du moteur :



Figure 5 : Schéma fonctionnel de FP4

On retrouve en entrée de FP4 la tension V_P image de la vitesse de la perceuse, et en sortie de FP4 un mot binaire N , codée sur 3 bits B_0 , B_1 et B_2 en binaire naturel (B_0 étant le LSB), qui prendra 4 valeurs différentes en fonction de la vitesse du moteur. La figure 6 présente le schéma structurel de FP4 :

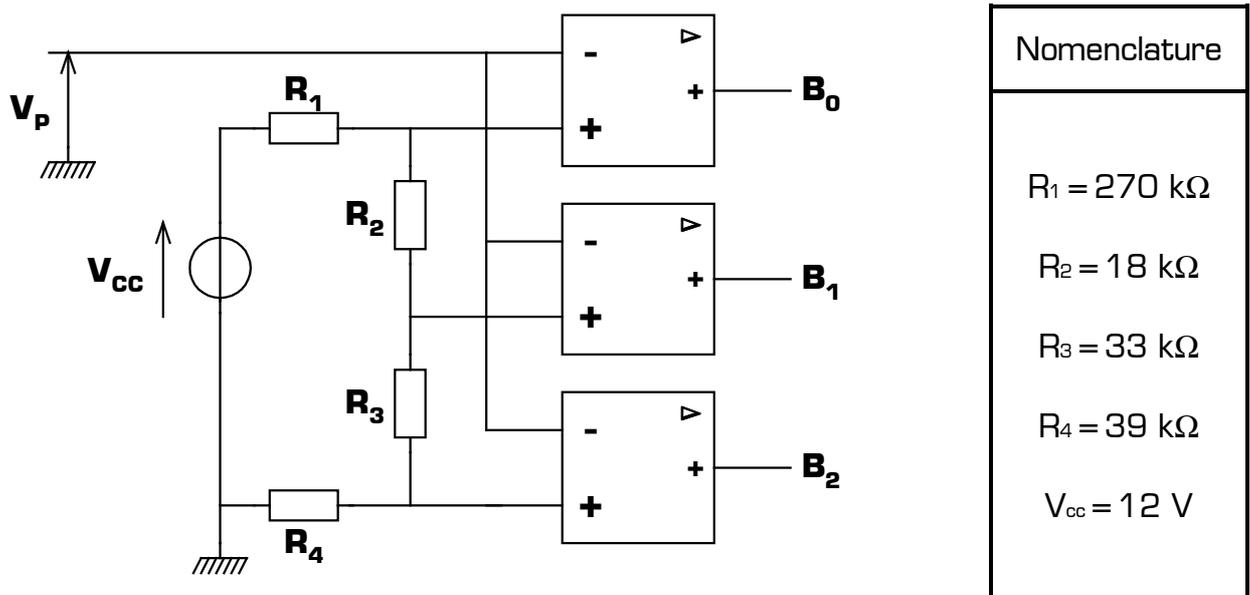


Figure 6 : Schéma structurel de FP4

III - 1 - Expliquez brièvement le fonctionnement de cette structure, et calculez ses valeurs caractéristiques.

III - 2 - Reproduisez puis complétez le tableau de la figure 7, donnant la valeur [exprimée en décimal] du nombre N pour chacune des 4 vitesses V du moteur de la perceuse.

V	0 tr.min ⁻¹	1000 tr.min ⁻¹	2000 tr.min ⁻¹	3000 tr.min ⁻¹
N				

Figure 7 : Tableau de correspondance entre la vitesse V et le nombre N

Remarque : il n'est pas nécessaire d'avoir obtenu les valeurs numériques de la partie II pour répondre aux questions de la partie III.

IV - Etude de FP5

La fonction FP4 nous a fournis un nombre binaire N prenant une valeur différente pour chacune des 4 vitesses de la perceuse. La rôle de la fonction FP5 va être de transcoder ce nombre dans un code permettant d'afficher sur un afficheur 7 segments les chiffres de 0 à 3, **en fonction de la vitesse du moteur**, comme indiqué à la figure 1. La figure 8 rappelle la représentation des chiffres ainsi que le nom des différents segments d'un afficheur.

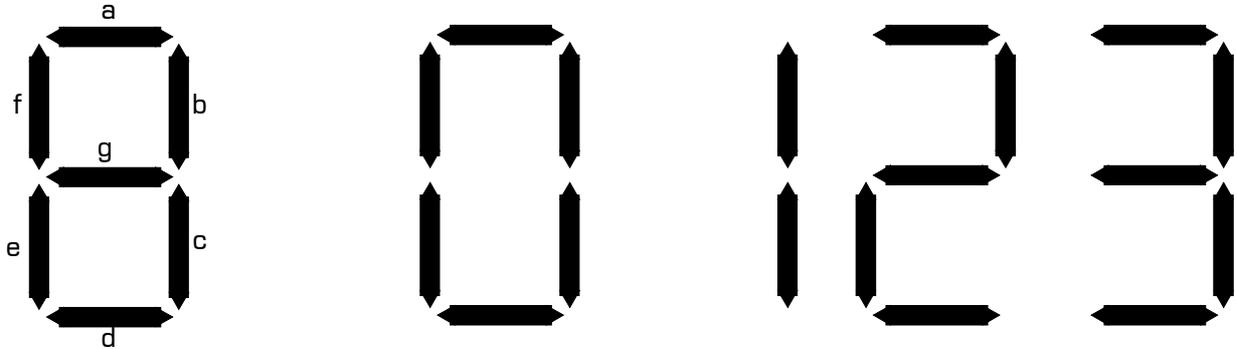


Figure 9 : Représentation des chiffres de 0 à 3 sur un afficheur 7 segments

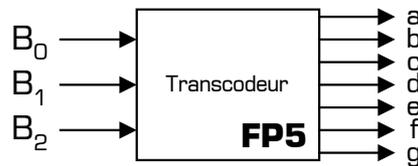


Figure 10 : Schéma fonctionnel de FP5

IV - 1 - Proposez une table de vérité **complète** pour la fonction FP5.

IV - 2 - Donnez l'équation logique et représentez le logigramme des 3 sorties **a, b, et e** du transcodeur.

IV - 3 - Les sorties des circuits logiques de la fonction FP5 (qui ne peuvent pas délivrer plus d'1 mA) ne permettent pas d'alimenter directement les segments de l'afficheur, qui ont besoin d'un courant de 15 mA pour s'allumer correctement. Proposez une structure simple permettant de réaliser l'interfaçage entre une sortie de FP5 et le segment qui lui est associé, en précisant les valeurs ou les caractéristiques principales des composants que vous avez choisis d'utiliser. On précise que l'afficheur utilisé est à cathode commune.

V - Amélioration de la précision du système

On désire construire une seconde génération de ce type de perceuse, où la vitesse serait alors programmable entre 1000 tr.min^{-1} et 3900 tr.min^{-1} , **réglable à 100 tr.min^{-1} près**.

La structure actuelle de FP1 ne permet pas une telle précision. L'interrupteur rotatif de FP1 est remplacé par un clavier numérique à 10 touches, numérotées de 0 à 9. Pour choisir une vitesse parmi les 40 possibles, l'utilisateur devra saisir sur le clavier les 2 chiffres correspondant à la vitesse désirée. Exemple : touche 1 puis touche 7 pour programmer la vitesse de 1700 tr.min^{-1} . Comme le montre la figure 11, le clavier utilisé est un clavier matriciel, associé à un multiplexeur MX et à un démultiplexeur DMX.

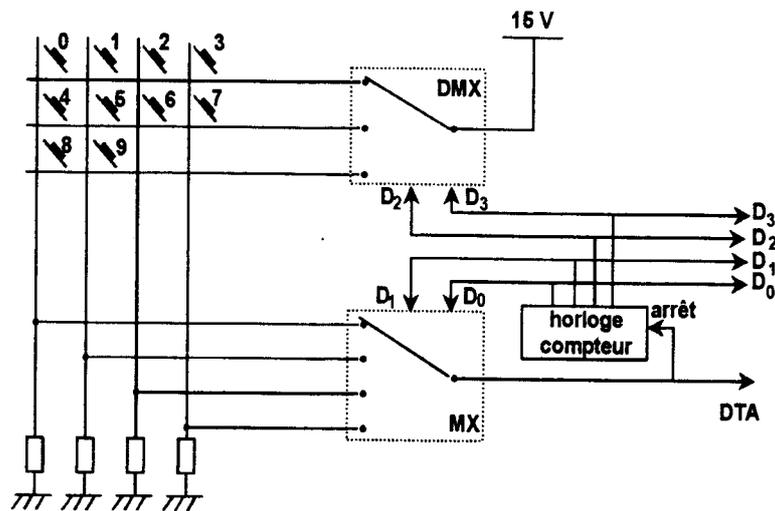


Figure 11 : Nouvelle structure de FP1 pour saisir la vitesse de la perceuse

Remarque : Sur la figure 11, le MX et le DMX sont représentés dans la position correspondant à la mise à zéro de toutes leurs entrées d'adresse.

V - 1 - Expliquez brièvement le fonctionnement de cette structure, et donnez le rapport existant entre le numéro de la touche appuyée et le nombre binaire présent sur le bus de sortie D₀ à D₃ [nombre qui est ensuite traité par un microcontrôleur, non étudié ici].

V - 2 - Préciser le rôle des résistances reliant les colonnes du clavier à la masse. Comment appelle-t-on de telles résistances ? Dans quel cas interviennent-elles ?

V - 3 - La scrutation du clavier, doit être effectuée environ 100 fois par seconde. Proposez un schéma structurel réalisant le bloc « Horloge Compteur » de la figure 11, en mettant en œuvre les composants 4093 et 4029 dont la documentation constructeur est fournie pages 6 et 7. Tous les composants annexes devront être dimensionnés, en choisissant les résistances dans la série E24, et les condensateurs dans la série E3. On précise que la tension d'alimentation de FP1 est de 15V.

Valeurs de la série normalisée **E24** :

110	120	130	150	160	180	200	220	240	270	300	330
360	390	430	470	510	560	620	680	750	820	910	1000

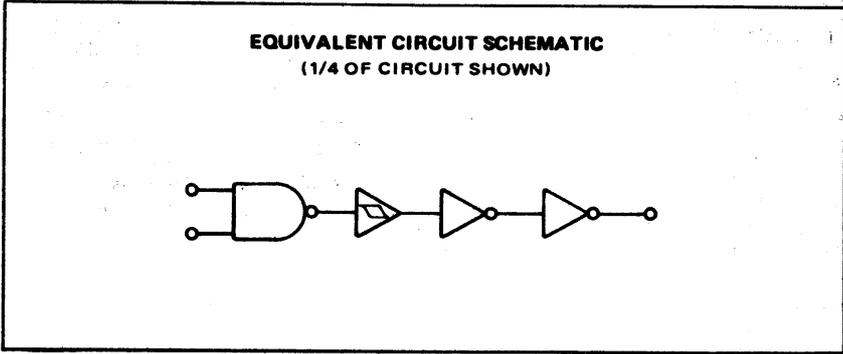
Valeurs de la série normalisée **E3** :

220	470	1000
-----	-----	------

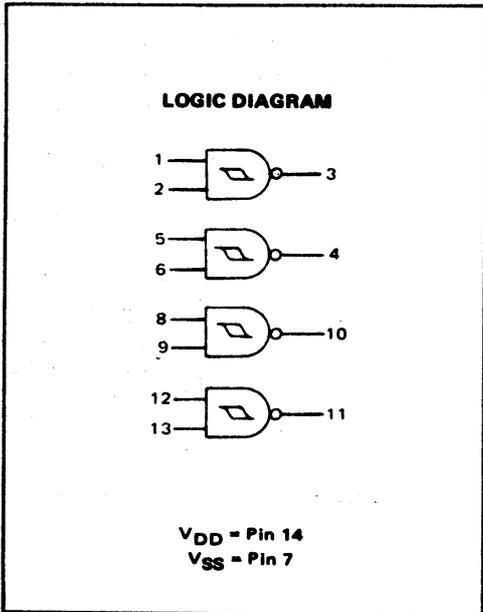
On rappelle ci-dessous l'expression du temps de charge **t** d'un condensateur **C** à travers une résistance **R** :

$$t = R \cdot C \cdot \ln \frac{V_{\text{asympt}} - V_{\text{init}}}{V_{\text{asympt}} - V_{\text{final}}}$$

Documentation technique du circuit 4093 [4 portes Trigger ET-NON à 2 entrées] :



This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$.
Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	-55°C		25°C			125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
Output Voltage $V_{in} = V_{DD}$ or 0 "0" Level	V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
$V_{in} = 0$ or V_{DD} "1" Level	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Output Drive Current ($V_{OH} = 2.5$ Vdc) ($V_{OH} = 4.6$ Vdc) ($V_{OH} = 9.5$ Vdc) ($V_{OH} = 13.5$ Vdc) ($V_{OL} = 0.4$ Vdc) ($V_{OL} = 0.5$ Vdc) ($V_{OL} = 1.5$ Vdc)	Source I_{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc
		5.0	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—	
		10	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—	
		15	-4.2	—	-3.4	-8.8	—	-2.4	—	
	Sink I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
15		4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—		
Input Current	I_{in}	15	—	± 0.1	—	± 0.00001	± 0.1	—	± 1.0	μ Adc
Input Capacitance ($V_{in} = 0$)	C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I_{DD}	5.0	—	0.25	—	0.0005	0.25	—	7.5	μ Adc
		10	—	0.5	—	0.0010	0.5	—	15	
		15	—	1.0	—	0.0015	1.0	—	30	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) ($C_L = 50$ pF on all outputs, all buffers switching)	I_T	5.0	$I_T = (1.2 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							μ Adc
		10	$I_T = (2.4 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							
		15	$I_T = (3.6 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							
Hysteresis Voltage	$V_{H†}$	5.0	0.3	2.0	0.3	1.1	2.0	0.3	2.0	Vdc
		10	1.2	3.4	1.2	1.7	3.4	1.2	3.4	
		15	1.6	5.0	1.6	2.1	5.0	1.6	5.0	
Threshold Voltage Positive-Going	V_{T+}	5.0	2.2	3.6	2.2	2.9	3.6	2.2	3.6	Vdc
		10	4.6	7.1	4.6	5.9	7.1	4.6	7.1	
		15	6.8	10.8	6.8	8.8	10.8	6.8	10.8	
Negative-Going	V_{T-}	5.0	0.9	2.8	0.9	1.9	2.8	0.9	2.8	Vdc
		10	2.5	5.2	2.5	3.9	5.2	2.5	5.2	
		15	4.0	7.4	4.0	5.8	7.4	4.0	7.4	

Documentation technique du circuit 4029 :

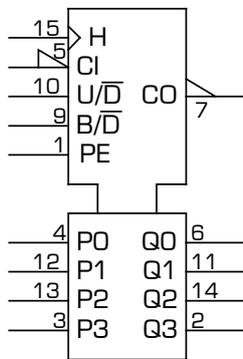
Compteur/décompteur synchrone programmable binaire/décimal

Le 4029 est un compteur synchrone sur quatre bits, déclenché par un flanc, avec une entrée d'horloge (CK), une entrée de retenue (\overline{CI}) active au niveau logique bas, une entrée de commande comptage/décomptage (U/\overline{D}), une entrée de commande binaire/décimal (B/\overline{D}), une entrée de validation de programmation asynchrone et prioritaire active au niveau logique haut, indépendante de l'état des autres entrées. En forçant cette entrée au niveau logique bas, on obtient un comptage synchrone cadencé par les flancs montants du signal d'horloge.

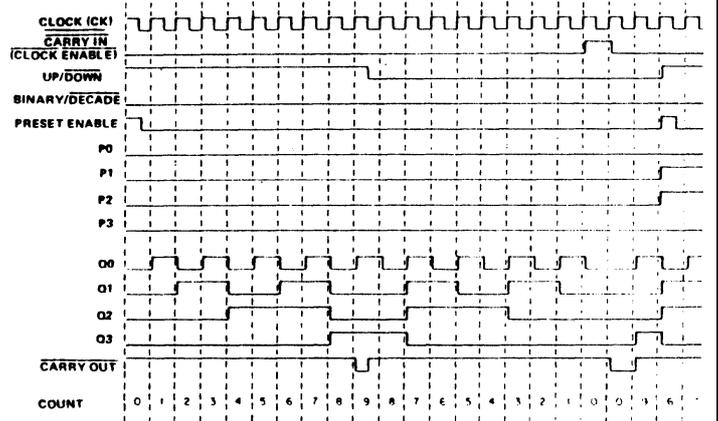
Les informations présentes sur les entrées parallèles sont chargées dans le compteur lorsque l'entrée de validation de programmation (PE) est au niveau logique haut, indépendamment de l'état des autres entrées. En forçant cette entrée au niveau logique bas, on obtient un comptage synchrone cadencé par les flancs montants du signal d'horloge.

Le type de fonctionnement est déterminé par les trois entrées synchrones de commande de mode: comptage/décomptage, binaire/décimal et entrée retenue (voir la table de sélection de mode de fonctionnement). Ces entrées ne doivent être stables que pendant la durée minimale d'établissement précédant le flanc montant du signal d'horloge et durant la durée minimale de maintien qui lui succède. La sortie retenue est au niveau logique bas lorsque le compteur a atteint sa valeur maximale, déterminée par le mode de comptage, et à condition que l'entrée retenue soit au niveau logique bas.

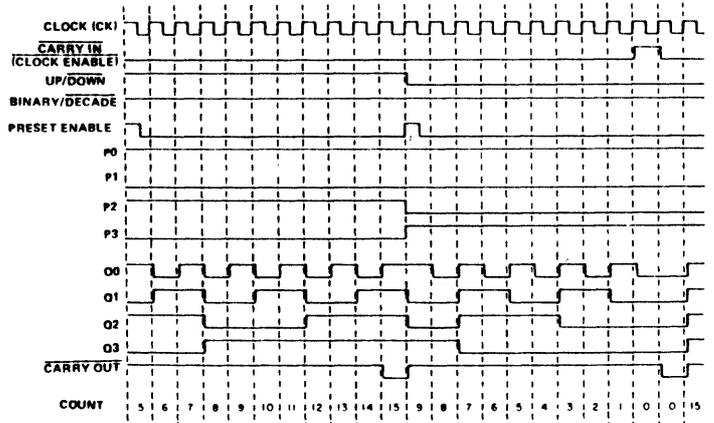
Symbole IEEE du 4029 :



Boîtier DIL 16
 V_{DD} 16
 V_{SS} 8



Timing diagram decade mode.



Timing diagram binary mode.

MODE SELECTION TABLE

PE	BIN/DEC	UP/DN	\overline{CI}	CK	MODE
1	X	X	X	X	Parallel load ($P_n \rightarrow Q_n$)
0	X	X	1	X	No change
0	0	0	0		Count down, decade
0	0	1	0		Count up, decade
0	1	0	0		Count down, binary
0	1	1	0		Count up, binary

X = Don't care

