

# LES COMPTEURS DECIMAUX

**L**E compteur binaire est facilement transformable en compteur décimal. Il suffit que le compteur binaire ait une capacité supérieure à 10. Le compteur revient à son état initial après avoir compté 9, grâce à un circuit additionnel remettant à zéro toutes les bascules.

Un tel compteur est appelé BCD. Son code : « Digital Codé en Binaire » ne doit pas être confondu avec le code binaire pur.

Le compteur sera expérimenté en lui injectant des impulsions provenant soit d'un montage astable réglé sur une fréquence très basse (voir dernier article), soit d'une commande manuelle associée à un circuit dit « anti-rebonds » fournissant une impulsion bien nette.

L'état des bascules peut être contrôlé par des LED, ou par un afficheur 7 segments, à travers un décodeur « BCD-7 segments ».

## Compteur binaire transformé en décimal

Sur la figure 1, vous reconnaîtrez le compteur binaire décrit dans notre dernier article. Nous y avons ajouté une porte NAND à deux entrées.

Vous savez maintenant que, moyennant quelques transformations, un compteur binaire peut être facilement transformé en compteur décimal. C'est justement un compteur binaire transformé en décimal dont le schéma est donné sur la figure.

Vous savez également qu'un compteur composé de 4 bascules peut compter jusqu'à  $(1111)_2$ , soit en décimal  $2^4$  ou  $(16)_{10}$ . Disons à ce propos qu'un tel compteur binaire est appelé « compteur 4 bits, car sa capacité est de 4 chiffres binaires. Le mot « bit » est la contraction de l'expression anglaise « binary digit » signifiant chiffre binaire.

Mais reprenons d'abord le compteur binaire et notons sur un tableau (fig. 2) l'état que peuvent prendre les 4 bascules du compteur de 0 à 16. Si on arrive à le faire compter seulement de 0 à 9, ce compteur devient décimal. Pour cela, il faut qu'après le neuvième objet compté le compteur revienne à zéro. Ceci se réalise par la porte NAND remettant le compteur binaire à l'état initial, par

l'action sur les entrées R (RESET) des 4 bascules, dès qu'apparaît le dixième objet compté. Autrement dit, dès que l'état 1010 se présente, les deux entrées de la porte sont à l'état haut, mettant sa sortie au niveau bas. On sait en effet que la sortie d'une porte NAND est toujours au niveau 1, sauf lorsque toutes les entrées sont à l'état haut. La réponse de la porte étant très rapide, quelques nanosecondes, le chiffre binaire 1010 n'apparaît que durant  $10^{-9}$  seconde et laisse la place au chiffre binaire 0000.

Si nous représentons le diagramme des temps du compteur décimal ainsi obtenu, nous avons les formes

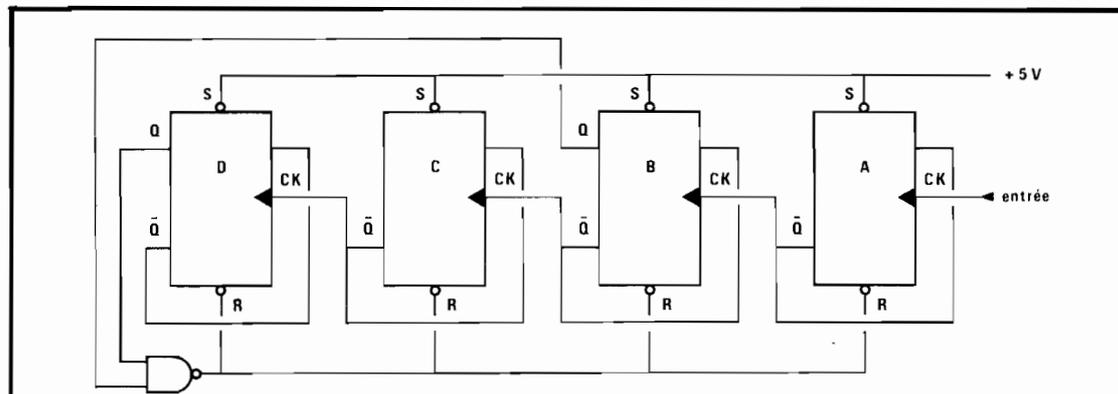


Fig. 1. — Compteur décimal utilisant deux circuits intégrés SN 7474 N et une porte NAND (SN 7400 N). L'état des bascules est représenté par des LED non représentées sur le schéma.

	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
16	0	0	0	0

Fig. 2. — Table de comptage d'un compteur binaire 4 bits.

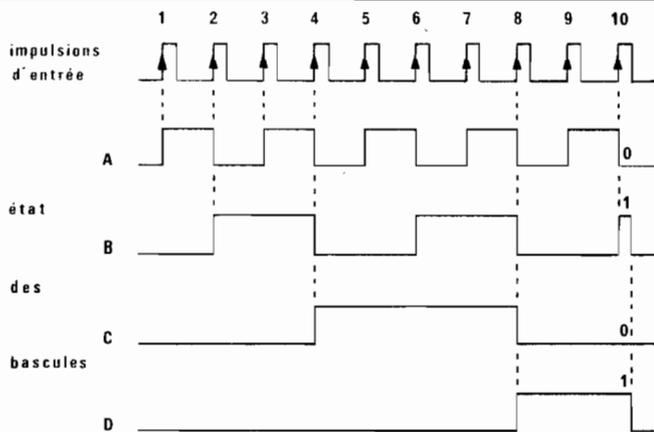


Fig. 3. — Diagramme des temps du compteur BCD.

d'onde représentées sur la figure 3. Dès l'apparition de la dixième impulsion à l'entrée, les 4 bascules reviennent toutes à zéro. L'impulsion de la bascule B ne se manifeste que très brièvement, pendant le temps de réponse du circuit, soit de l'ordre du milliardième de seconde ( $10^{-9}$  s ou 1 nanoseconde). Nous l'avons représentée assez longue pour une question de compréhension.

Un compteur comme celui-ci, transformé de binaire en décimal, est appelé « compteur BCD ». Les lettres BCD sont les initiales de la locution anglaise « Binary Coded Decimal », soit en traduction française : « Décimal codé en binaire ». Ce qui veut dire que tout chiffre décimal de 0 à 9 peut être codé en binaire de 4 chiffres. Le « 1 » décimal est transcrit en BCD par (0001), le 9 par (1001). Pour les chiffres décimaux supérieurs à 9, et inférieurs à (100)<sub>10</sub>, la quantité binaire est exprimée par 8 bits. Par exemple, 20 s'écrit : 0010 0000. De la même façon, 352 s'écrit 0011 0101 0010.

Ce code, peu pratique lorsqu'on veut écrire sur le papier un nombre correspondant à un nombre décimal élevé, devient d'une grande utilité à la sortie des ordinateurs pour convertir rapidement le langage BCD de cet ordinateur au langage décimal de l'utilisateur.

Il est aussi primordial de bien faire attention à bien repérer les 4 digits et de ne pas

confondre le BCD avec le code binaire pur. Ces deux codes ne sont identiques que jusqu'à 9.

Ce code BCD est également appelé code 8421.

Le compteur représenté sur la figure 1 est réalisé avec deux circuits intégrés SN 7474 N et un circuit SN 7400 N pour la porte NAND.

### Quelques précautions

Quelques précautions sont à prendre pour le bon fonctionnement de ce compteur. Tout d'abord, l'alimentation 5 V doit être bien découplée : la sortie en « totem pole » des circuits TTL provoque parfois des impulsions brèves et intempestives qui peuvent déclencher une bascule involontairement.

D'autre part, il est conseillé de brancher à un potentiel fixe les entrées non utilisées. Pour le schéma du compteur, les 4 entrées S sont reliées au + 5 V pour éviter des basculements indésirés.

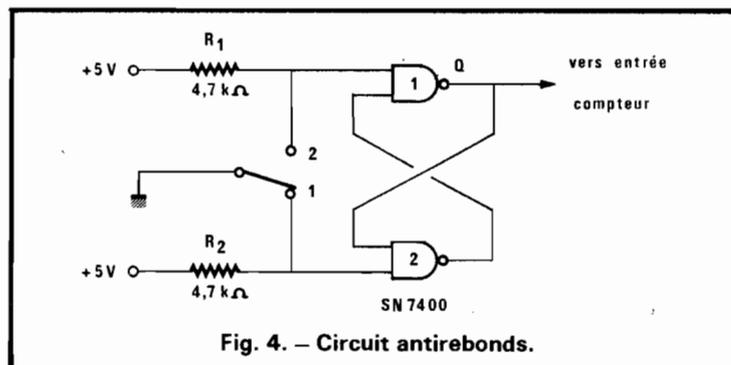


Fig. 4. — Circuit antirebonds.

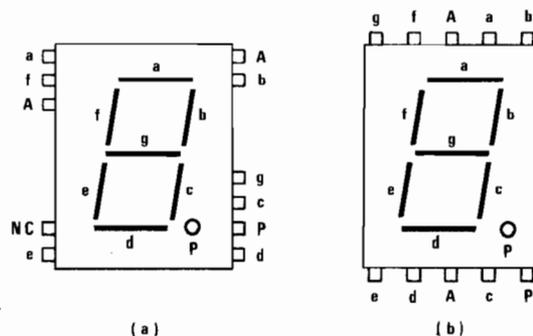


Fig. 5. — Afficheurs 7 segments MAN 4710 A (a) et TIL 701 (b). Ils sont de couleur rouge, à anode commune (A) et avec point décimal (P). Ils sont compatibles TTL.

La mise en évidence du bon fonctionnement du compteur peut être faite en comptant les impulsions produites par un multivibrateur astable, comme nous le préconisons pour le compteur binaire.

Un déclenchement manuel, par commutateur, est réalisable à la condition d'insérer entre celui-ci et le compteur un montage dit « anti-rebonds », interdisant aux pointes de tensions parasites de déclencher involontairement le compteur.

### Circuit « anti-rebonds »

Ce montage n'est autre qu'une bascule RS, utilisant deux portes provenant par exemple du SN 7400 (fig. 4). Sur la position « 1 » du commutateur, le montage est à l'état de repos, et la sortie Q est au niveau logique zéro, car l'entrée B est reliée à la masse et l'entrée A au + 5 V, à travers une résistance de 4,7 kΩ. Cette résistance a été placée là pour ne pas qu'il y ait de court-circuit

de la source à travers le commutateur. Cette résistance ne doit pas être trop faible pour qu'elle soit efficace et qu'elle ne dissipe pas trop de puissance. Avec le commutateur sur la position 1, la résistance  $R_1$  dissipe

$$\frac{(5 \text{ V})^2}{4,7 \text{ k}\Omega}$$

soit environ 5 mW, ce qui est acceptable. Cette résistance ne doit pas non plus être trop grande, pour la raison suivante : comme l'entrée du NAND n'a pas une résistance infinie, il y a consommation d'un certain courant, certes faible, mais qui, en passant à travers  $R_2$ , crée une chute de tension. La tension en A n'est plus 5 V, mais 5 V moins cette chute de tension, et il est impératif que A ne soit pas trop différent de 5 V.

Revenons au fonctionnement de ce circuit anti-rebonds. En passant momentanément le commutateur de 1 à 2, la sortie Q passe de 0 à 1, puis repasse à zéro quand le commutateur revient sur 1 créant de ce fait une seule impulsion bien nette qui sera comptée par le compteur.

### Visualisation sur afficheur 7 segments

Le comptage peut être visualisé par un afficheur 7 segments (fig. 5). Comme son nom l'indique, ce composant est constitué par 7 diodes électro-luminescentes.

tes en forme de segments désignés par les 7 premières lettres de l'alphabet. Certains afficheurs possèdent un ou deux points lumineux (P) indiquant la virgule. Les diodes ont une liaison commune liant ensemble soit les anodes (fig. 6), soit les cathodes. La plupart de ces afficheurs ont l'avantage d'être compatibles TTL (alimentation 5 V).

Les modèles représentés sur la figure 5 sont très courants et se trouvent dans tous les magasins de composants électroniques. Ce sont tous les deux des afficheurs à anode commune de couleur rouge et de 20,3 mm de haut. Leur différence réside dans l'alignement des broches qui se trouvent soit de côté, soit en haut et en bas de l'afficheur. Le choix dépend de considérations pratiques d'implantation des com-

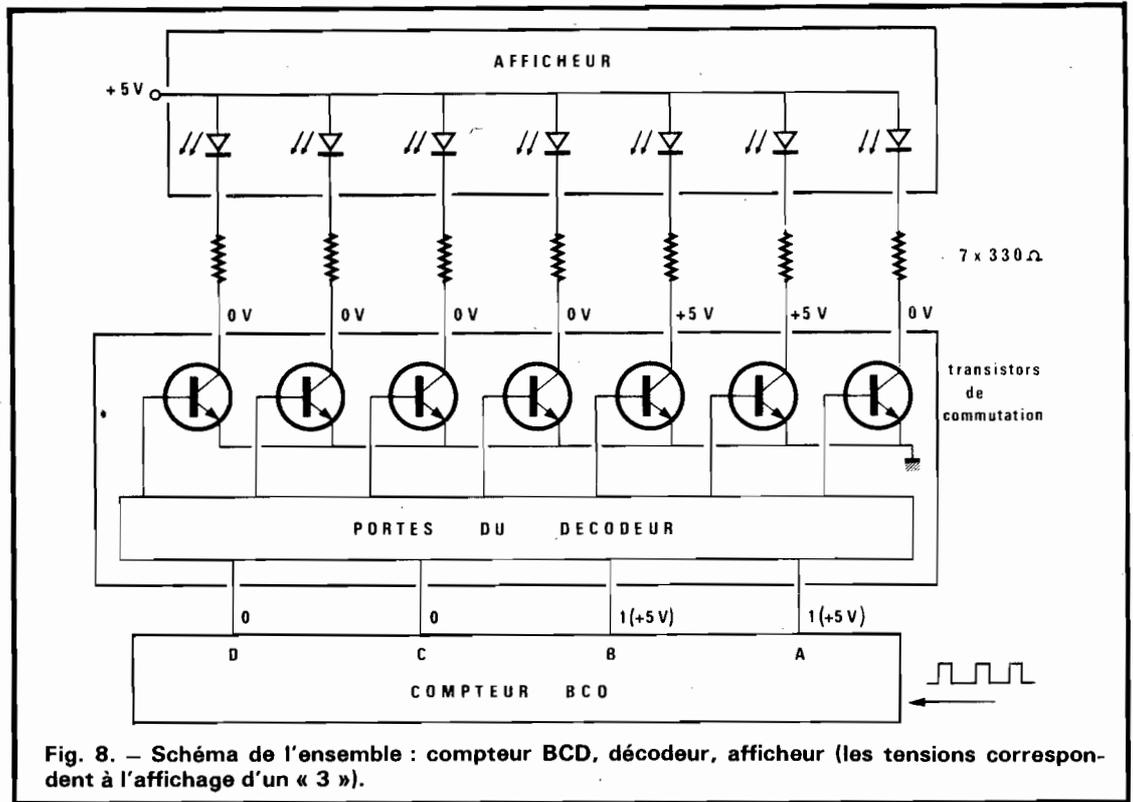


Fig. 8. - Schéma de l'ensemble : compteur BCD, décodeur, afficheur (les tensions correspondent à l'affichage d'un « 3 »).

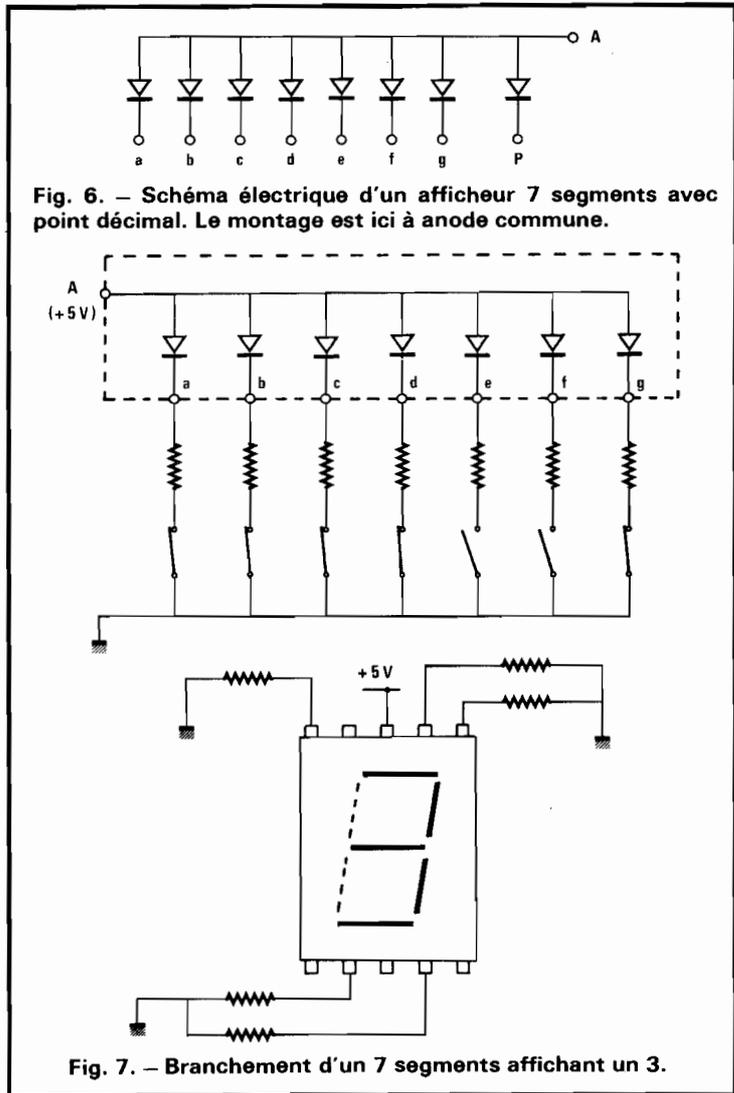


Fig. 6. - Schéma électrique d'un afficheur 7 segments avec point décimal. Le montage est ici à anode commune.

posants. De toute façon, l'espacement entre les broches est normalisé.

Les constructeurs proposent également des afficheurs en deux autres couleurs : vert ou jaune. La hauteur des caractères peut être aussi plus grande (20,3 mm) ou plus petite (7,6 mm). Pour se documenter sur les différents types d'afficheurs disponibles, il est conseillé de parcourir les pages publicitaires du Haut-Parleur.

En ce qui concerne le branchement, l'anode commune est reliée au pôle positif de l'alimentation ; les diodes

sont allumées lorsque les cathodes sont branchées à l'autre extrémité de la source de tension, à travers une résistance de sécurité de 330  $\Omega$  (fig. 7).

Le chiffre 3 sera affiché si les sorties des diodes a, b, c, d et g sont reliées à la masse à travers 330  $\Omega$  comme sur la figure 7. La commande de l'allumage peut se faire par des interrupteurs. Il en faudrait alors 7 pour avoir les chiffres de 0 à 9. Ces interrupteurs mécaniques sont remplacés par les transistors de commutation du circuit intégré de décodage.

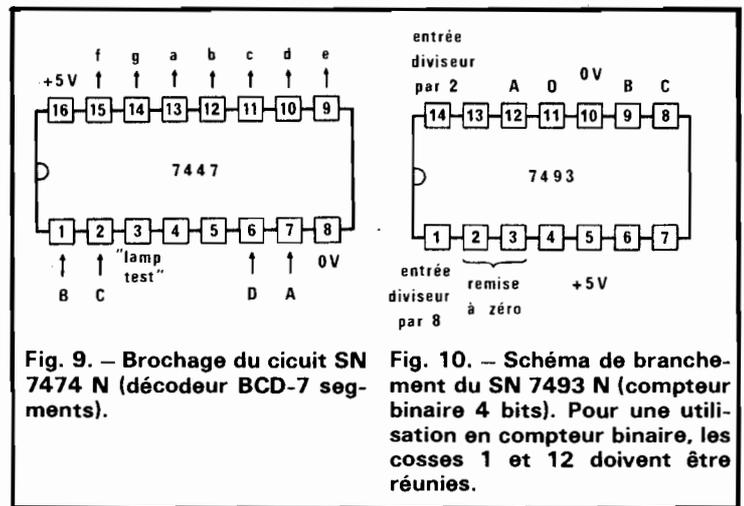


Fig. 9. - Brochage du circuit SN 7474 N (décodeur BCD-7 segments).

Fig. 10. - Schéma de branchement du SN 7493 N (compteur binaire 4 bits). Pour une utilisation en compteur binaire, les cosse 1 et 12 doivent être réunies.

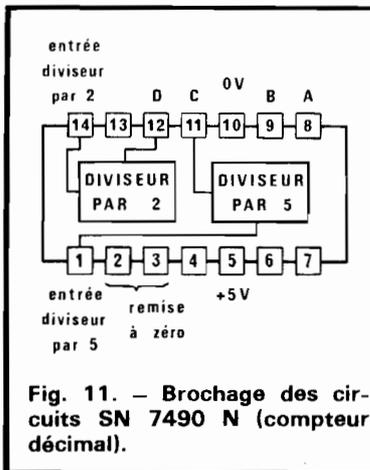


Fig. 11. - Brochage des circuits SN 7490 N (compteur décimal).

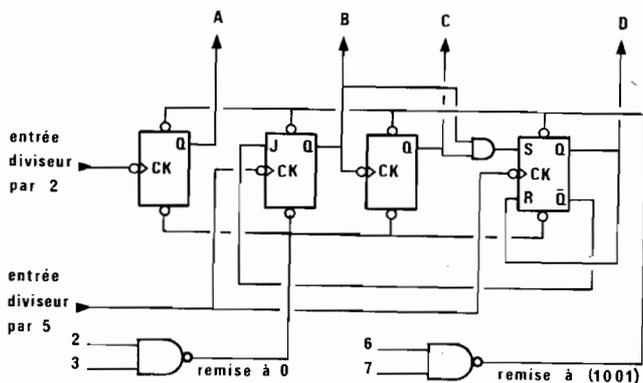


Fig. 12. - Schéma interne du 7490.

## Décodeurs BCD-7 segments

Les afficheurs que nous venons de citer sont compatibles TTL. Ils peuvent être commandés directement par un décodeur réalisant la conversion BCD-7 segments.

Le décodeur reçoit les 4 bits du compteur BCD. Ces informations binaires traversent de nombreuses portes logiques puis ressortent à travers 7 transistors de commutation intégrés, chacun correspondant à un segment de l'afficheur.

Reprenons notre exemple du paragraphe précédent. Le compteur a reçu 3 impulsions, l'état des bascules est  $A = B = 1$  et  $C = D = 0$ . Ce chiffre, exprimé en BCD par (0011), est envoyé vers le décodeur dont les tensions de sortie seront nulles pour a, b, c, d et g, et égales à +5 V environ sur les sorties e et f. L'afficheur relié à ce décodeur indiquera alors un « 3 ».

La figure 9 montre les connexions du 7447 que nous avons choisies pour la commande de l'afficheur. La broche 3, intitulée « lamp test », permet de contrôler d'un seul coup tous les segments, si elle est reliée à la masse. En fonctionnement habituel, cette broche est laissée « en l'air ».

Les broches 4 et 5 servent à commander une extinction éventuelle de l'afficheur.

Au lieu de faire toutes les connexions sur la plaque d'expérimentation et ensuite

de mettre sous tension pour voir « si ça marche » ou plutôt pour constater que le résultat n'est pas celui souhaité, il est préférable de relier d'abord le décodeur 7447 à l'afficheur 7 segments (sans oublier les 330 Ω) et d'alimenter le montage. En reliant la cosse 3 du circuit intégré à la masse, on facilite la recherche d'une panne éventuelle.

Ensuite, il ne reste qu'à effectuer les liaisons A B C et D entre le compteur BCD et le décodeur.

La photo présente l'ensemble du montage sur une plaque de connexions. On distingue 4 circuits intégrés qui sont, de droite à gauche, un SN 7400 N dont trois de ses portes NAND sont employées d'une part pour le

montage astable de période d'une seconde, et d'autre part pour la transformation du compteur binaire en BCD. Les deux circuits intégrés qui suivent sont des SN 7474 N. Le quatrième est le décodeur SN 54LS47 N (faible consommation). L'afficheur utilisé est un TIL 701.

## Quelques compteurs intégrés

Les compteurs binaires et décimaux que vous avez réalisés avaient pour but de bien montrer le mécanisme d'un compteur électronique.

Il existe, vous vous en doutez, des circuits intégrés regroupant dans un seul boî-

tier de nombreuses bascules, réalisant ainsi des compteurs décimaux compacts. Nous nous limiterons à la description de quelques-uns de ces compteurs intégrés, qui sont en fait les modèles les plus courants.

Un compteur électronique est souvent appelé « diviseur ». Un compteur décimal est un diviseur par 10 : pour 10 impulsions à l'entrée, il donne 1 impulsion en sortie. Aussi parlerons-nous souvent de diviseur par 10 au lieu de compteur décimal...

Il faut savoir également qu'en connectant deux compteurs décimaux l'un à la suite de l'autre, il est possible de compter jusqu'à 100. Et si nous avons besoin de compter jusqu'à 60, il suffit de placer un diviseur par 6 à la suite d'un diviseur par 10, ou inversement, l'ordre n'ayant pas d'importance.

Le 7493 est un compteur binaire 4 bits avec lequel, moyennant les artifices dont nous avons parlé, on peut compter de 2 jusqu'à 16 (fig. 10).

Un circuit intéressant est le 7490. C'est un compteur décimal constitué de deux parties autonomes : un diviseur par 2 et un diviseur par 5 (fig. 11). Connectés l'un à la suite de l'autre, on réalise un diviseur par 10. De plus,

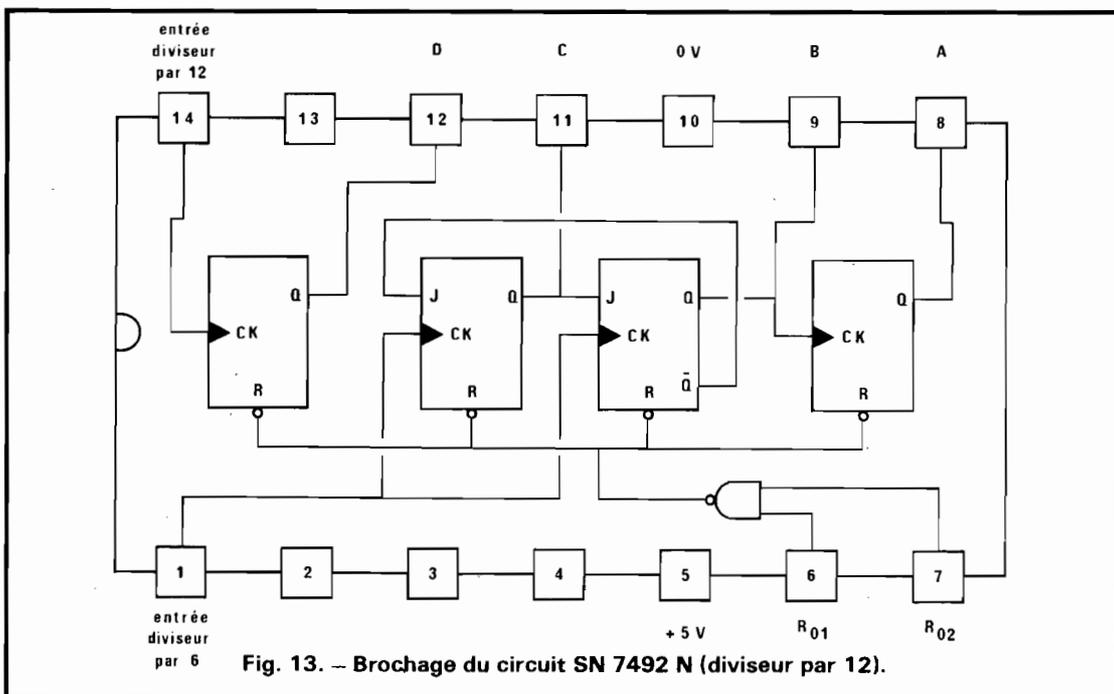
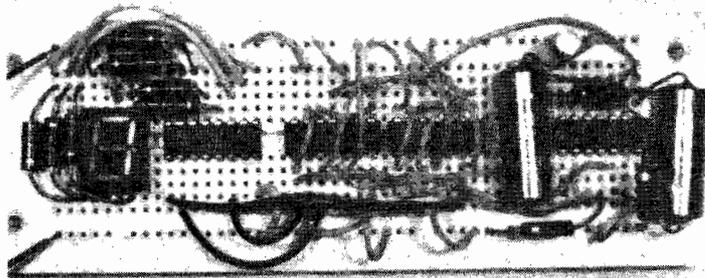


Fig. 13. - Brochage du circuit SN 7492 N (diviseur par 12).



Réalisation du compteur décimal avec générateur d'impulsions décodeur et afficheur.

les sorties des 4 bascules constituant le compteur sont accessibles et permettent de réaliser, par de très simples liaisons, un diviseur par 2, 3, ... jusqu'à 9.

Une pendule électronique pourrait être réalisée avec quelques 7490, le signal des secondes étant fourni par un montage astable bien réglé. Deux circuits intégrés de ce type donneraient le signal des minutes, l'un connecté en diviseur par 6, l'autre en diviseur par 10. Deux autres 7490 connectés à la suite serviraient à l'indication des heures (diviseur par 24), l'un divisant par 4, l'autre par 6, soit une division totale de  $4 \times 6$ . Ces deux derniers circuits pourraient être connectés en diviseur par 12, si on préfère le langage habituel qui consiste à dire 4 heures au lieu de 16 heures.

Pour arriver à ces différentes divisions, regardons le schéma interne du circuit (fig. 12). Nous remarquons deux portes NAND ; celui de gauche commande la remise à zéro des 4 bascules. La transformation de l'ensemble en diviseur de 2 à 9 dépend des niveaux logiques des entrées (2 et 3) de ce NAND. Le petit cercle à l'entrée R (RESET) des bascules indique que la remise à zéro est effective par l'application du zéro logique sur ce point. Il faut savoir également que la sortie d'un NAND est toujours à l'état logique haut, sauf si toutes ses entrées

sont au niveau 1. La compréhension du fonctionnement des différentes divisions est également aidée en regardant le diagramme des temps de la figure 3.

Comment faire un diviseur par trois ? La réponse est évidente : après 3 impulsions comptées, le compteur doit revenir à zéro. En regardant le diagramme des temps, on peut voir qu'après 3 impulsions, l'état des sorties est le suivant : A = 1, B = 1, C = 0 et D = 0. En faisant purement et simplement la liaison de A à une entrée du NAND, et la liaison de B à l'autre entrée, la remise à zéro se fait automatiquement, et la division par 3 est réalisée. Le mécanisme est exactement le même que celui de la transformation d'un compteur 4 bits en compteur BCD.

En raisonnant de la même façon, on comprend comment se réalise un diviseur par 4. Une des entrées (broche n° 3) est reliée en permanence au + 5 V. L'autre entrée de la porte est connectée à C.

De même le diviseur par 6 est obtenu en reliant B et C aux deux entrées du NAND.

Signalons également le circuit intégré 7492. C'est un diviseur par 12 très utile justement pour les applications de l'électronique à l'horlogerie. Il se compose d'un diviseur par 2 et d'un diviseur par 6 (fig. 13).

J.-B. P.

# B. G. MENAGER

20, rue Au-Maire, PARIS-3<sup>e</sup>  
Tél : TUR. 66-96 - C.C.P. 109-71 Paris  
A 50 mètres du métro Arts-et-Métiers

MAGASINS OUVERTS  
Tous les jours de 9 h à 12 h 30 et de 14 h à 19 h  
sauf Samedi-Dimanche

CREDIT DE 6 A 24 MOIS sur tout le matériel

## MACHINES A COUDRE D'OCCASION

Portable en mallette. Modèle récent.  
Garantie **490 F**

## FOURS AEG NEUFS

Différents modèles  
Soldés pour défaut d'aspect.  
**650 F - 890 F - 1 250 F**

## POMPE A VIDANGE de puisard

220 V mono 4 000 l/h ..... **490 F**

RADIATEUR pour salle de bains

modèle infra-rouge à quartz 2 allures 600-1 200 watts ..... **180 F**

## HOTTE DE CUISINE

2 vitesses de ventilation, éclairage longueur 60 cm ..... **450 F**

POELE A BOIS soldé ..... **450 F**

## MOTEURS ELECTRIQUES

OCCASION 1/3 CV, 220 V mono,

3 000 tours avec poulie à gorge de 60 mm.

Prix ..... **75 F**

## SANS SUITE

### PERCEUSE D'ETABLI

à colonne type artisanal moteur 220 V mono  
COMPLETE AVEC MANORIN

en 13 mm ..... **1 090 F**

16 à 24 mm TRI 220/380 ... **1 595 F**

20 à 32 mm TRI 220/380 ... **3 200 F**

### PERCEUSE PEUGEOT

Type professionnel 13 mm, 4 vitesses, double isolement, sans percussion.

Valeur **700 F** Vendu **390 F**

### TOURET D'ATELIER

2 meules, Ø 125 et 150 mm. Courant 220 V mono  
Avec écran protecteur ..... **NET 282 F et 380 F**

### GENERATEUR D'OZONE

pour assainissement  
**VENDU 265 F**

### GROUPE ELECTROGENE

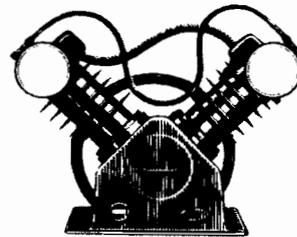
Portatif, moteur 4 temps, équipé de génératrice LEROY 220 V mono.

AL' PRIX HORS COURS :

1 kVA 2 425 F 2 kVA 3 169 F

5 kVA 5 800 F

### TETE DE COMPRESSEUR



Monocylindre  
5 m<sup>3</sup> ..... **430 F**

Bi-cylindres  
10 m<sup>3</sup> ..... **785 F**

15 m<sup>3</sup> ..... **1 075 F**

Tri-cylindres  
20 m<sup>3</sup> ..... **1 295 F**

OU MONOCYLINDRE

8 m<sup>3</sup>, 5 kg de pression ou 5 m<sup>3</sup>,

7 kg vendu avec moteur 1 CV,

220/380 V ..... **650 F**

## POMPES "SAM"

Pompe immergée pour puits ou forage profond  
jusqu'à 40 m. Peut distribuer l'eau jusqu'à 1 000 m.  
Fabrie encombrement 220 V ..... **NET 790 F**

FLOTTANTE utilisation instantanée, refoulement 28  
m 1 800 L/Heure, puits, rivière, mare, étang, piscine,  
pour abrevoir, étable, arrosage habitation,  
etc Avec 10 m de câble ..... **TTC 990 F**

RADIATEUR à circulation d'huile, 2 000 W, 220 V.  
Prix exceptionnel ..... **395 F**

## ELECTRO-POMPE

PR 1, 220 V, mono.  
Aspirat. 6,50 m. Re-  
foul. 20 m vertical,  
200 m horizontal ... **395 F**

## ENSEMBLE SOUS PRESSION

Pour DISTRIBUTION EAU  
ménagère avec ré-  
servoir 25 l ..... **890 F**

En 100 l  
à pression air ..... **1 250 F**

## MONTEZ VOTRE GROUPE ELECTROGENE

Alternateur mono, 220 V  
2 000 W ..... **1 500 F**  
5 kW 220-380 tri mono ... **3 250 F**

CUISINIERE-CHAUDIERE de cui-  
sine Bois et Charbon, larg. 85 cm. **6 845 F**

CLIMATISEUR retour d'expo.  
50 à 60 m<sup>3</sup> ..... **2 940 F**

BRULEUR A MAZOUT  
de 15 000 à 45 000 calories **1 530 F**

## PROMOTION

ROBINET THERMOSTATIQUE  
allemand ..... **65 F**

CIRCULATEUR ACCELERATEUR  
de chauffage central ..... **360 F**

FER A SOUDER 120 watts, 220 V, a chauffe  
rapide ..... **42 F**

MEULEUSE TRONÇONNEUSE  
Ø 230, puissance 2 000 W, 6 000 tr, 220 V  
Prix ..... **750 F**



Moteurs mono 220 V

1 CV 3 000 tours ..... **448 F**

1,5 CV 3 000 tours ..... **535 F**



### MOTEURS ELECTRIQUES

triphasé 220/380

ventiles

NEUFS

Garantie 1 an

1 CV 3000 T/rm **299 F** 1500 T/rm **307 F**

1,5 CV 3000 T/rm **346 F** 1500 T/rm **381 F**

2 CV 3000 T/rm **403 F** 1500 T/rm **442 F**

3 CV 3000 T/rm **521 F** 1500 T/rm **544 F**

4 CV 3000 T/rm **616 F** 1500 T/rm **637 F**

5,5 CV 3000 T/rm **788 F** 1500 T/rm **811 F**

7,5 CV 3000 T/rm **976 F** 1500 T/rm **1 030 F**

Avec inter. jusqu'à 4 CV  
Avec démarreur Et. triangle ..... **90 F**

de 3 à 10 CV ..... **227 F**