

INITIATION A LA PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE

VISUALISATION DES COMPTEURS ELECTRONIQUES

La visualisation de 0 à 9 d'un compteur décimal peut se faire par 10 voyants s'allumant successivement, ou encore par un afficheur 7 segments.

Un afficheur 7 segments est constitué de diodes électroluminescentes de forme allongée dont les anodes ou les cathodes sont connectées ensemble, et dont les caractéristiques (couleur, tensions) sont les mêmes que pour les LED courantes. Quelle que soit la solution adoptée (10 voyants ou 7 segments), il y a nécessité d'employer un décodeur qui peut être soit intégré, soit

un assemblage d'éléments discrets. Les décodeurs intégrés permettent de simplifier considérablement le décodage.

On peut leur adjoindre un circuit de mémoire (bascules gardant l'état des sorties du compteur au moment de la mesure).

Afin de réduire le nombre de composants, on adopte la technique de multiplexage consistant à n'utiliser qu'un seul décodeur et à le commuter sur les afficheurs de façon successive, et cela très rapidement pour éviter l'effet de papillotement.

Visualisation sur 10 voyants

Nous savons que pour compter une dizaine, il nous faut 4 bascules dont l'état des sorties (Q et \bar{Q}) est différent pour chaque valeur décimale de 0 à 9. En combinant ces sorties avec des portes logiques, on allume les 10 voyants numérotés de 0 à 9.

Nous reproduisons sur la figure 1 l'état des sorties des bascules. Le circuit entre celles-ci et les voyants peut se composer de 10 opérateurs ET à 4 entrées. Ces dernières sont reliées à 4 sorties bien déterminées des bascules, tandis que la sortie de chaque opérateur alimente le voyant (une LED et sa résistance de protection ou une ampoule à incandescence à travers un transistor de commutation (fig. 2)). Un opérateur ET, pour se trouver à l'état

	D		C		B		A	
	Q	\bar{Q}	Q	\bar{Q}	Q	\bar{Q}	Q	\bar{Q}
0	0	1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1	1	0
2	0	1	0	1	1	0	0	1
3	0	1	0	1	1	0	1	0
4	0	1	1	0	0	1	0	1
5	0	1	1	0	0	1	1	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	0	1	0	1	0
8	1	0	0	1	0	1	0	1
9	1	0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	1	0	1

FIGURE 1. — Table de vérité d'un compteur BCD.

haut, doit avoir toutes ses entrées à l'état 1. Donc, si nous considérons le voyant zéro, les 4 entrées de celui-ci devront être connectées à \bar{Q}_A , \bar{Q}_B , \bar{Q}_C

et \bar{Q}_D (se reporter à la table de vérité de la figure 1). De même, celles du voyant 5 seront reliées à Q_A , Q_B , Q_C et Q_D .

Pratiquement, le ET à 4 entrées peut être réalisé par un NAND à 4 entrées (7420) suivi d'un inverseur. Une solution plus économique consiste à n'utiliser que des NAND. On aura soin dans ce cas de revoir les liaisons d'entrée et le branchement de la diode LED.

Les afficheurs 7 segments

Comme son nom l'indique, ce composant est constitué par 7 diodes électroluminescentes dont la partie lumineuse se présente sous la forme de barreaux allongés désignés par les 7 premières lettres de l'alphabet (fig. 3). La plupart de ces afficheurs possèdent un point lumineux (DP) visualisant la

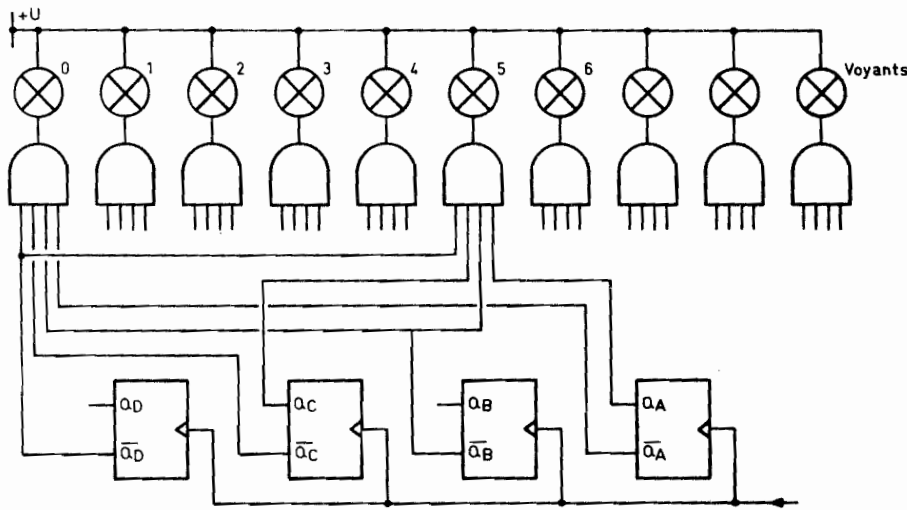


FIGURE 2. - Visualisation sur 10 voyants. Pour simplifier l'explication, seuls les voyants « 0 » et « 5 » ont été représentés.

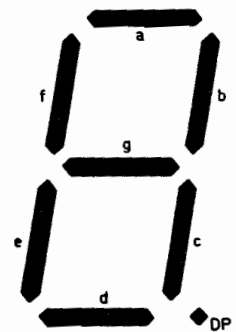


FIGURE 3
Constitution
d'un afficheur
7 segments avec
point décimal.

virgule (en anglais « decimal point »). Non seulement les chiffres de 0 à 9 peuvent être représentés, mais également les premières lettres de l'alphabet (A à F), ce qui est pratique si on se sert du système hexadécimal comme dans les microprocesseurs (fig. 4). La plupart de ces afficheurs ont l'avantage d'être compatibles TTL (alimentation

+ 5 V). Les diodes ont une liaison commune de toutes les anodes (fig. 5) ou de toutes les cathodes.

Les modèles de la figure 6 sont très courants et se trouvent dans tous les magasins de composants électroniques. Leur différence réside dans l'alignement des broches qui se situent soit de chaque côté, soit en haut et en bas

de l'afficheur. Le choix dépend des considérations pratiques d'implantation des composants. De toute façon, l'espacement entre les broches est normalisé.

Sur la figure 7, nous voyons un afficheur du type MAN 4710 A indiquant le chiffre 2. Les anodes sont reliées au + 5 V, tandis que les sorties de ca-



▲ FIGURE 4. - Représentation des symboles alphanumériques de 0 à F.

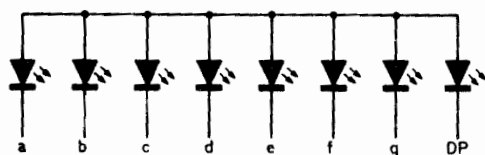
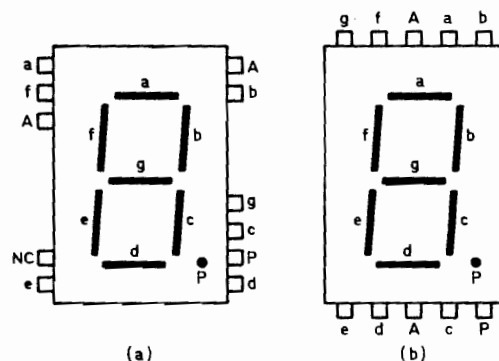


FIGURE 5. - Équivalent électrique d'un afficheur 7 segments à anode commune.

FIGURE 6. - Afficheur 7 segments MAN4710 A (a) et TIL701 (b). Ils sont de couleur rouge, à anode commune (cosse A) et avec point décimal (P), ils sont compatibles TTL.



thode a, b, d, e et g sont reliées à la masse à travers des résistances de 330Ω .

Le type mentionné émet en lumière rouge. La hauteur du caractère est de 20,3 mm. Il existe bien sûr des 7 segments de couleur orange, verte et jaune. Quant à la hauteur des caractères, ils peuvent aller de 6,8 mm à 2 cm. Les dimensions les plus courantes sont 7, 6 et 12,7 mm. Le chiffre peut également être précédé d'un signe « + » ou « - ».

La commande peut se faire avec des

interrupteurs comme sur la figure 8. Il en faut alors sept pour toutes les combinaisons. Ils sont remplacés par les transistors de commutation du circuit intégré de décodage.

Décodeur BCD 7 segments

Ce décodeur, nous pouvons l'imaginer composé de portes logiques, chaque segment étant relié à la sortie d'un circuit combinatoire dont les entrées

seraient reliées aux 4 bascules. Mieux vaut éviter cet assemblage de portes ET et OU, on le remplace avantageusement par un décodeur BCD/7 segments.

Le décodeur reçoit les 4 bits du compteur BCD (décimal codé en binaire). Ces informations binaires traversent de nombreux opérateurs pour ressortir à travers 7 transistors de commutation intégrés, chacun correspondant à un segment de l'afficheur.

Reprenons l'exemple cité plus haut. Le compteur a reçu 2 impulsions, l'état

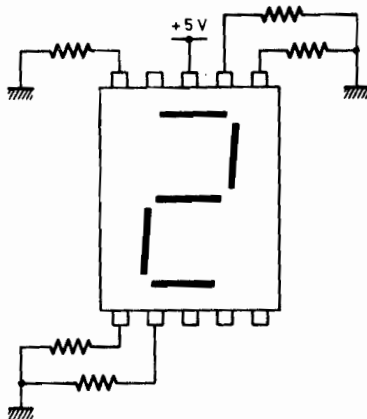


FIGURE 7. - Branchement d'un 7 segments affichant un 2.

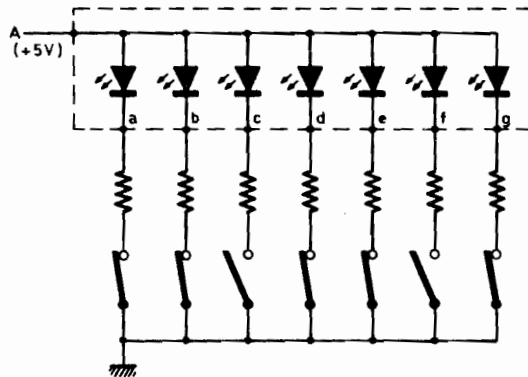


FIGURE 8. - Sept interrupteurs font toutes les combinaisons pour l'affichage de 0 à 9.

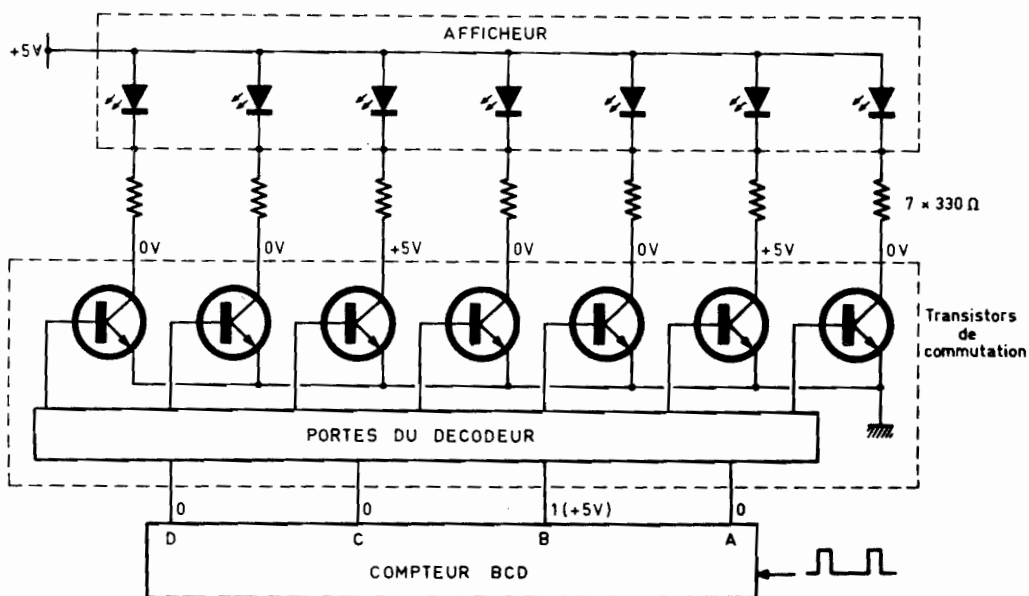


FIGURE 9. - Schéma de l'ensemble : compteur BCD, décodeur, afficheur (les tensions correspondent à l'affichage d'un « 2 »).

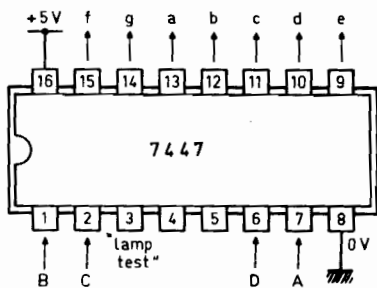
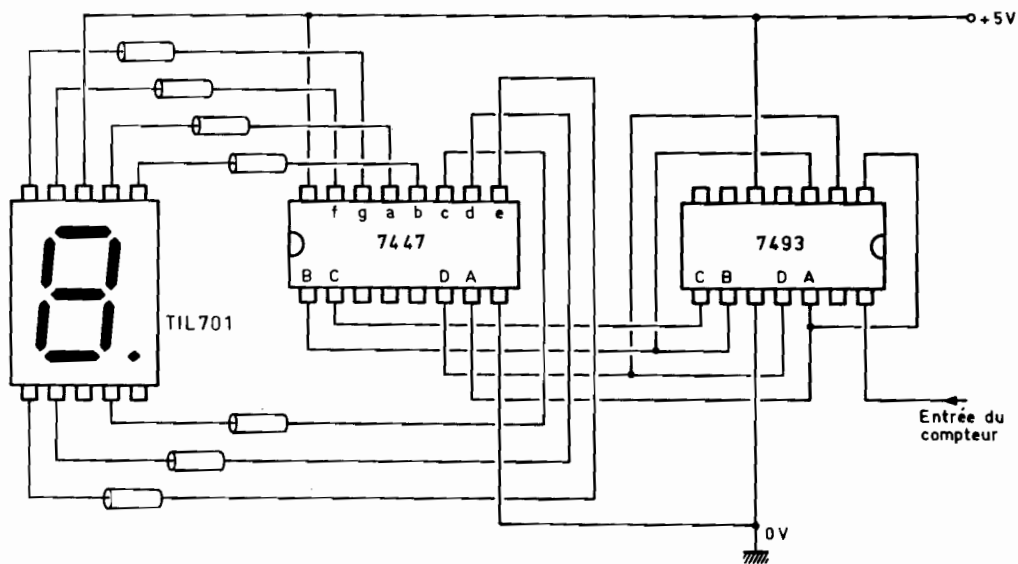


FIGURE 10. – Brochage du 7447 (décodeur BCD/7 segments).

FIGURE 11. – Câblage d'un compteur, d'un décodeur et d'un afficheur sur une plaque de connexions.



des bascules est $B = 1$ et $A = C = D = 0$. Ce chiffre, exprimé en BCD par (0010), est transmis vers le décodeur dont les tensions de sortie nulles pour a, b, g, et d, et égales à + 5 V sur les sorties c et f (fig. 9). L'afficheur relié au décodeur indiquera alors « 2 ».

La figure suivante nous montre le brochage du 7474 que nous avons choisi pour la commande de l'afficheur. La broche 3 intitulée « lamp test » permet de contrôler d'un seul coup tous les segments si ladite broche est reliée au 0 V. En fonctionnement, elle n'est pas connectée. Les broches 4 et 5 servent à commander l'extinction éventuelle de l'afficheur (les zéros non significatifs).

Au lieu de disposer toutes les connexions puis ensuite brancher l'alimentation pour « voir si ça marche » et constater que le résultat n'est pas celui souhaité, il est préférable de relier d'abord le décodeur 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 plus qu'à effectuer les liaisons A, B, C et D entre le compteur et le décodeur. La figure 11 nous montre l'ensemble du montage disposé sur une plaque de connexions. Le circuit intégré de droite est un compteur binaire asynchrone 4 bits (7493) branché en BCD par utilisation du NAND interne (voir le schéma donné dans *Le Haut-Parleur* de juillet 1985). L'afficheur est un TIL 701.

Mémorisation de l'affichage

Comme son nom l'indique, un compteur sert avant tout à compter... Mais il a bien d'autres applications. Il permet entre autres de mesurer la vitesse. S'il

s'agit de la vitesse d'un moteur, le compteur donnera le nombre de tours pendant un temps déterminé. Pendant son fonctionnement, l'affichage donnera une succession très rapide de nombres bien difficiles à lire. Il devient alors indispensable de mémoriser la valeur finale (le nombre de tours du moteur à la fin d'une minute).

Un circuit mémoire est alors disposé entre le compteur et le décodeur (fig. 12). Il existe des mémoires 4 bits (7475), 8 bits (74100), 16 bits (7481 ou 7484)...

Notre application utilise la mémoire 4 bits type 7475 qui se compose de 4 bascules D dont le but est de stocker l'information au bon moment (fig. 13).

Le fonctionnement de cette mémoire est simple. Les 4 bascules reçoivent, l'information binaire (ABCD) du compteur 4 bits. Ces signaux sont constamment variables, aussi les bascules suivent-elles ces variations. Outre l'entrée D et les sorties Q et \bar{Q} , ces bascules

ossèdent une commande de verrouillage dont la fonction est de les bloquer, si cette commande est portée au niveau zéro, ou de laisser libre le fonctionnement de ces bascules, si ce niveau reste à l'état haut.

En portant la commande (broches 4 et 13) à + 5 V, on peut voir défiler les chiffres de l'affichage. En ramenant rapidement la tension à 0 V, c'est le dernier chiffre affiché qui reste mémorisé.

Les figures 14 et 15 nous montrent deux principes d'application de ces circuits : celui d'un chronomètre et celui d'un fréquencemètre.

Le premier donne une précision d'un dixième de seconde, définie par un oscillateur fournissant des signaux carrés appliqués à une des entrées d'un opérateur ET. L'autre entrée de celui-ci reçoit une tension rectangulaire provenant d'une bascule RS. Les entrées S et R de cette bascule sont commandées respectivement par les signaux de départ et de fin. La première impulsion fait passer la sortie Q du niveau 0 au niveau 1, autorisant le passage des impulsions de 1/10^e de seconde vers le compteur. L'impulsion de fin de mesure remet à zéro la bascule RS. Sa sortie Q retombe au niveau bas, bloque la porte et arrête le compteur tout en mémorisant le temps écoulé entre les deux impulsions.

Le fréquencemètre reçoit à ses bornes la tension périodique dont on veut connaître la fréquence. Cette tension passe à travers un circuit de mise en forme dont on recueille en sortie une tension rectangulaire de même fréquence que le signal à mesurer. Ces signaux bien nets sont appliqués à l'une des entrées de la porte. Une autre partie du circuit consiste en un générateur de temps étalon. C'est un oscillateur à quartz vibrant à une fréquence bien stabilisée de quelques dizaines de kilohertz. Il est suivi d'un diviseur de fréquence, puis d'un circuit dont la particularité est de donner une impulsion positive d'une seconde (monostable). Sa sortie est reliée à la deuxième sortie de la porte ET.

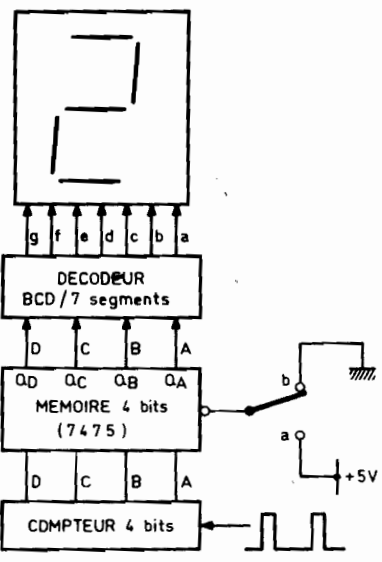


FIGURE 12. - Mise en mémoire de l'affichage. Le commutateur étant sur la position (a), il y a transmission des signaux entre le compteur et le décodeur. Sur b, la mémoire garde la dernière valeur reçue du compteur.

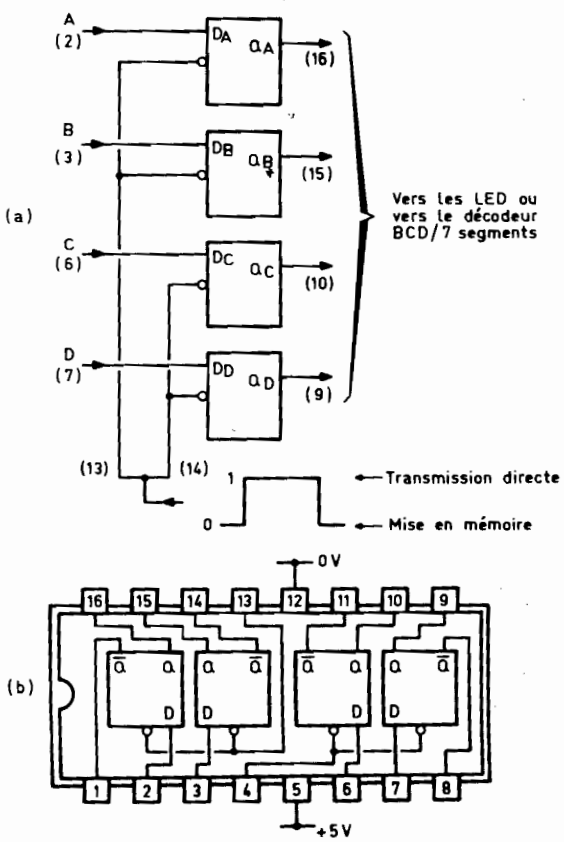


FIGURE 13. - Composition d'un circuit de mémoire 4 bits 7475 (a) et son brochage (b).

Multiplexage

Nous n'avons jusqu'ici considéré qu'un seul afficheur. Pour lire les résultats d'un calcul, il nous faut autant d'afficheurs et autant de décodeurs que de

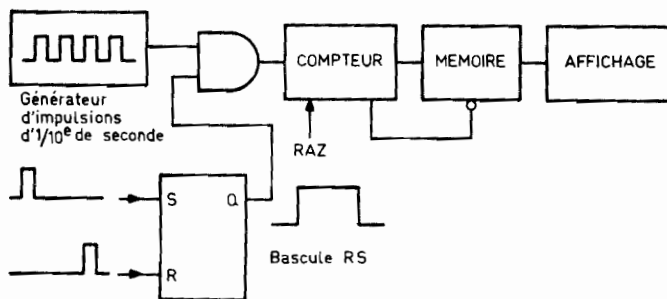


FIGURE 14. - Principe du chronomètre électronique.

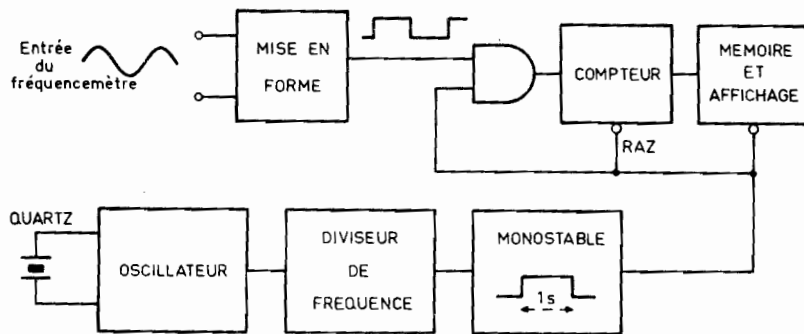


FIGURE 15. - Principe du fréquemètre électronique.

chiffres significatifs, sans compter un grand nombre de résistances, ce qui augmente considérablement le nombre de liaisons et le coût du montage.

A partir de 3 ou 4 chiffres, il est préférable d'adopter un affichage multiplexé consistant à n'utiliser qu'un seul décodeur et à commuter successivement, et très rapidement, les afficheurs en question.

Cette solution est possible puisque les diodes électroluminescentes ont un temps de réponse très court. La persistance rétinienne étant inférieure à 1/20^e

de seconde, l'observateur ne s'aperçoit d'aucun clignotement. Il en résulte également une économie d'énergie.

Cette technique demande l'emploi de multiplexeurs, qui ne sont que des commutateurs électroniques (éventuellement intégrés) ayant la même fonction qu'un commutateur rotatif mécanique dont le cycle complet doit être inférieur à 1/20^e de seconde.

Nous reviendrons plus tard sur le multiplexage et ses applications (particulièrement sur celles relatives aux afficheurs).

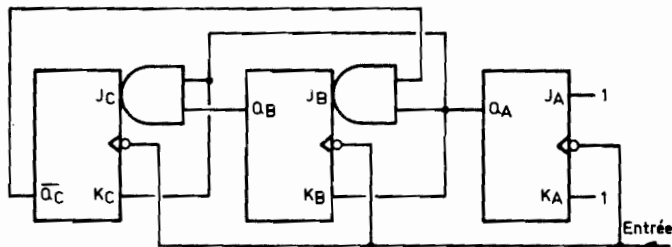


FIGURE 18. - Schéma du compteur modulo 6.

Exercices pratiques

Le mois dernier, nous vous demandions l'étude d'un compteur modulo 6 (comptant les demi-douzaines) utilisant des bascules JK. Nous vous donnons sur les figures 16 à 18 la table de vérité, les diagrammes de Karnaugh et le circuit définitif.

J.-B. P.

	QC	QB	QA	JC	KC	JB	KB	JA	KA
0	0	0	0	0	X	0	X	1	X
1	0	0	1	0	X	1	X	X	1
2	0	1	0	0	X	X	0	1	X
3	0	1	1	1	X	X	1	X	1
4	1	0	0	X	0	0	X	1	X
5	1	0	1	X	1	0	X	X	1
0	0	0	0						

FIGURE 16. - Table de vérité du compteur modulo 6.

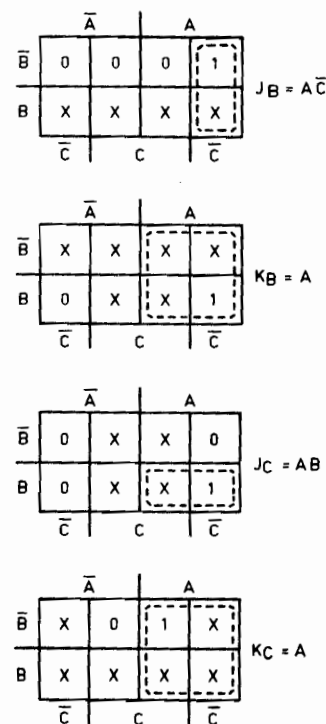


FIGURE 17. - Diagramme de Karnaugh utilisé pour la simplification des circuits du compteur.