

# Pratique de l'électronique

3<sup>e</sup> PARTIE  
voir Nos 1780 et 1781

## Comptage prédéterminé avec des décades simples

Il est bien évident que les décades à prédétermination (de préférence réversibles) apportent une solution assez simple au problème du comptage par une valeur donnée. Mais on peut aussi y arriver avec des décades plus courantes (comme la HEF 45018 ou la SN 74 LS 90 en TTL).

Généralement, si l'on demande à un électronicien de réaliser un circuit qui donne un signal quand des décades arrivent à un certain nombre, il propose automatiquement les circuits « ou exclusifs ».

En effet, le circuit « ou exclusif » est également nommé « anticoincidence », parce que sa sortie n'est haute que quand ses deux entrées ne coïncident pas, quand elles sont à des niveaux **différents**, une au « un », l'autre au « zéro ». Autrement dit, sa sortie n'est basse que si ses deux entrées coïncident, que si elles sont au même niveau (toutes deux hautes, ou toutes deux basses).

Dès lors, le montage de la figure 19 se comprend facilement. La roue codeuse, avec les quatre résisteurs de « tirage bas », applique, sur les entrées supérieures des quatre « ou-exclusifs », ses sorties A, B, C et D. Les entrées inférieures de ces circuits sont attaquées respectivement par les sorties A, B, C et D de la décade.

Ce ne sera que quand il y aura coïncidence entre :

- les quatre sorties de la décade ;
  - les quatre sorties de la roue codeuse
- que les quatre sorties des « ou

# Division et multiplication de fréquence

exclusifs » seront basses, ce qui entraînera que la sortie du circuit « ou » à quatre entrées soit basse.

Si l'on veut détecter l'arrivée à une valeur à deux chiffres, on utilise deux décades, deux roues codeuses, huit circuits « ou exclusif » et un circuit

« ou » à huit entrées. Les choses se compliquent un peu quand on veut détecter l'arrivée à une valeur à trois chiffres, car il n'y a pas (à la connaissance de l'auteur) de circuit « ou » à douze entrées (et encore moins à seize ou vingt entrées, si l'on veut pro-

céder sur quatre ou cinq chiffres).

Mais la solution à « ou exclusifs » est presque « trop parfaite ». Elle a, évidemment, l'avantage de ne détecter que le passage par la valeur indiquée par les roues codeuses, et pas le passage par une au-

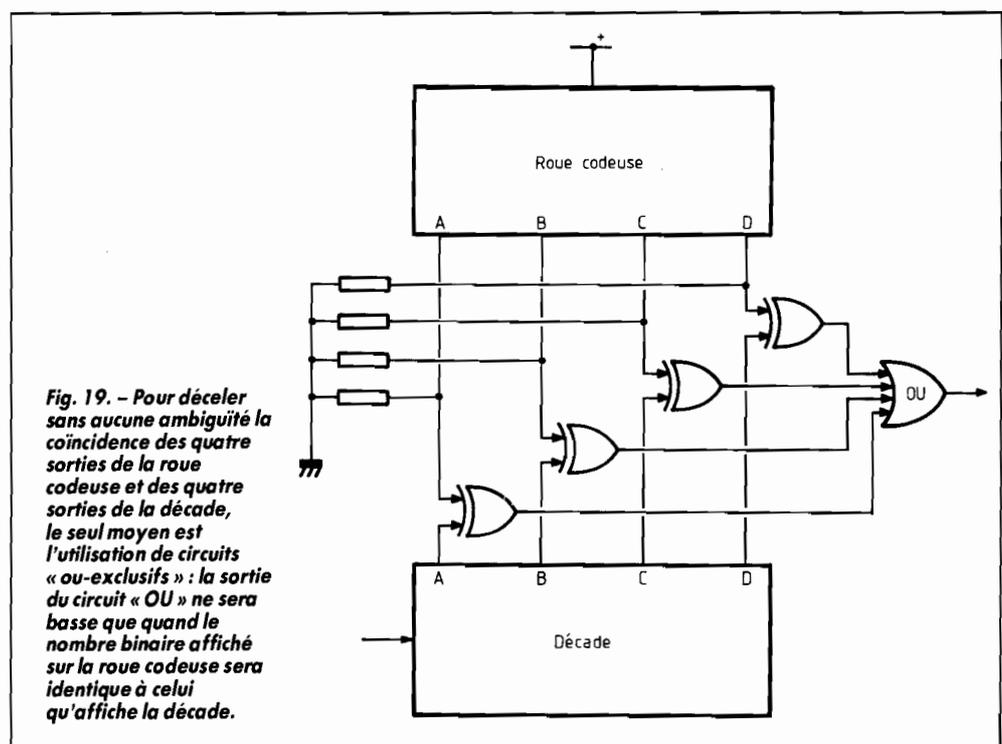


Fig. 19. - Pour déceler sans aucune ambiguïté la coïncidence des quatre sorties de la roue codeuse et des quatre sorties de la décade, le seul moyen est l'utilisation de circuits « ou-exclusifs » : la sortie du circuit « OU » ne sera basse que quand le nombre binaire affiché sur la roue codeuse sera identique à celui qu'affiche la décade.

tre valeur. Mais on fait bien plus simple en détectant le « premier passage ».

### Une ambiguïté... qui ne gêne personne

En effet, supposons que, pour détecter le passage d'une décade par le chiffre 5, nous utilisions le montage de la figure 20. On voit bien que la sortie du circuit « ET » restera basse tant que les deux sorties A et C ne sont pas hautes en même temps, ce qui sera le cas pour les états 0, 2 et 4 (A basse) et pour les états 1 et 3 (où C est basse).

Le montage nous indique bien, par un niveau haut en sortie du « ET », que la décade vient de passer par l'état n° 5. Mais, si nous continuons le comptage, la sortie du « ET » deviendra basse pour l'état n° 6 (elle aura raison), mais redeviendra haute pour l'état n° 7 (et là, elle aura horriblement tort !).

Cela signifie-t-il que notre montage soit inutilisable ?

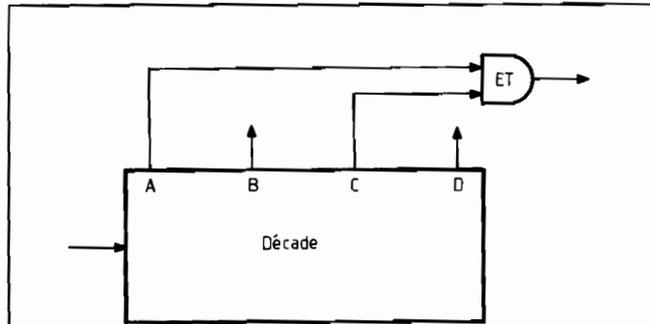


Fig. 20. - Dans ce montage, la sortie du circuit « ET » sera haute pour la première fois quand le nombre affiché sur la décade, partant de zéro, passera par la valeur 5 ; mais ce sera aussi le cas si ce nombre est 7.

Non. Nous allons pouvoir l'employer, à condition que le comptage stoppe quand on aura atteint l'état détecté.

Avant d'en arriver là, voyons comment réaliser ce montage avec de simples transistors, et le généraliser à plusieurs décades. La figure 21 nous montre comment procéder. Ce circuit utilise deux décades, mais on peut l'étendre à un nombre quelconque de décades, en utilisant systématiquement une

tors et quatre résisteurs par décade.

Signalons que l'on propose souvent une solution n'utilisant que les roues codeuses et des diodes. Mais elle répond moins vite, aussi nous ne parlerons que de la solution à transistors de la figure 21.

Supposons que nous ayons affiché 5 sur la décade des unités. La roue codeuse des unités envoie donc une tension de 2 V sur ses sorties A et C. Tant que les deux sorties A et C de la décade des unités

ne sont pas simultanément au niveau haut, il y a au moins un des deux transistors ( $T_1$  ou  $T_3$ ) qui est conducteur.

En effet,  $T_1$  par exemple, a son émetteur relié à la sortie A de la décade, et sa base reliée, par le résistor  $r$ , à la sortie A de la roue codeuse, sortie qui est à + 2 V. Donc, tant que la sortie A de la décade des unités est basse, ce transistor est conducteur. De même, tant que la sortie C de la décade des unités est basse,  $T_3$  est conducteur.

Les transistors  $T_2$  et  $T_4$ , ne recevant pas de courant sur leurs bases, car les sorties B et D de la roue codeuse ne sont pas reliées au « commun » quand cette roue est en position 5, ne seront jamais conducteurs, quels que soient les niveaux des sorties B et D de la décade des unités.

Les quatre transistors,  $T_1$  à  $T_4$ , étant en parallèle, ce groupe de quatre ne sera bloqué que quand la décade arrivera dans l'état n° 5. Comme nous l'avons vu, ils le seront de nouveau quand la décade arrivera dans l'état n° 7, mais nous allons voir que cela ne nous gêne pas.

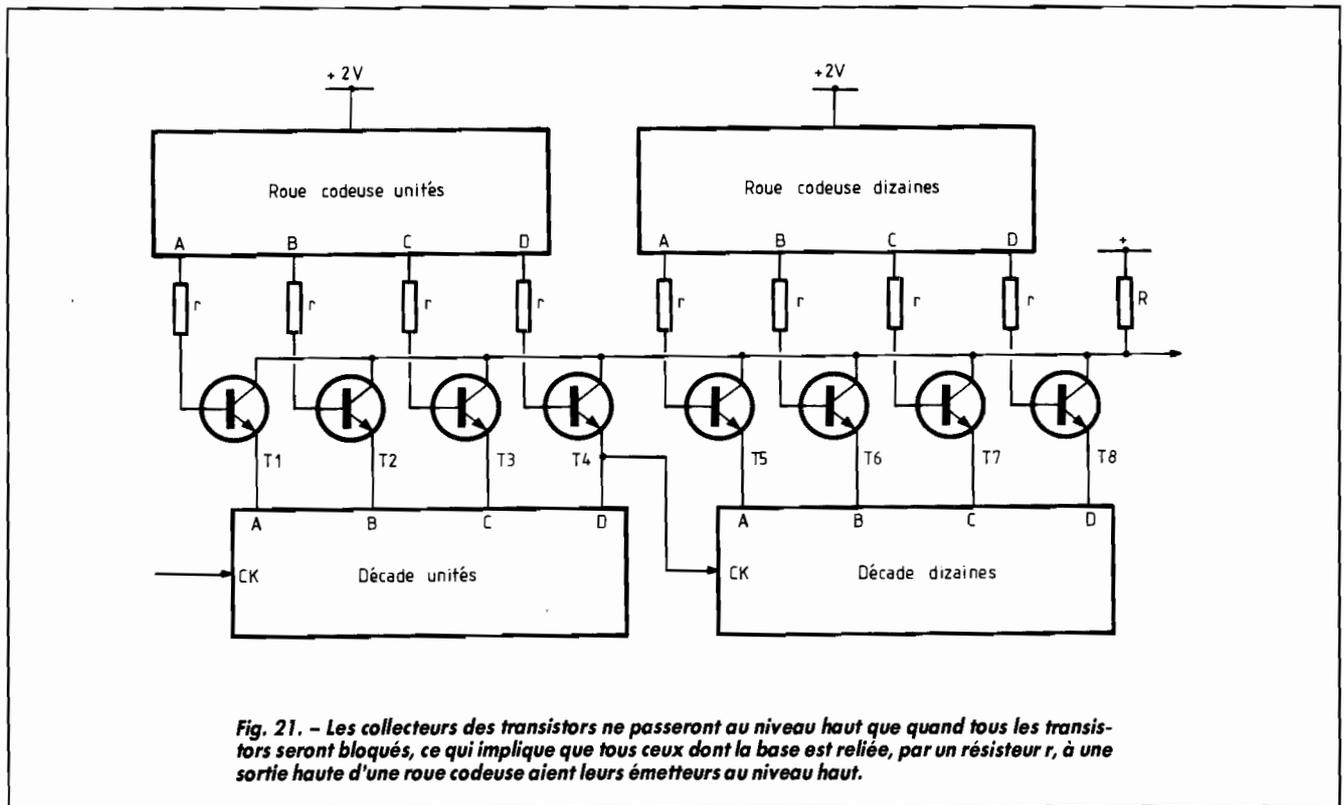


Fig. 21. - Les collecteurs des transistors ne passeront au niveau haut que quand tous les transistors seront bloqués, ce qui implique que tous ceux dont la base est reliée, par un résistor  $r$ , à une sortie haute d'une roue codeuse aient leurs émetteurs au niveau haut.

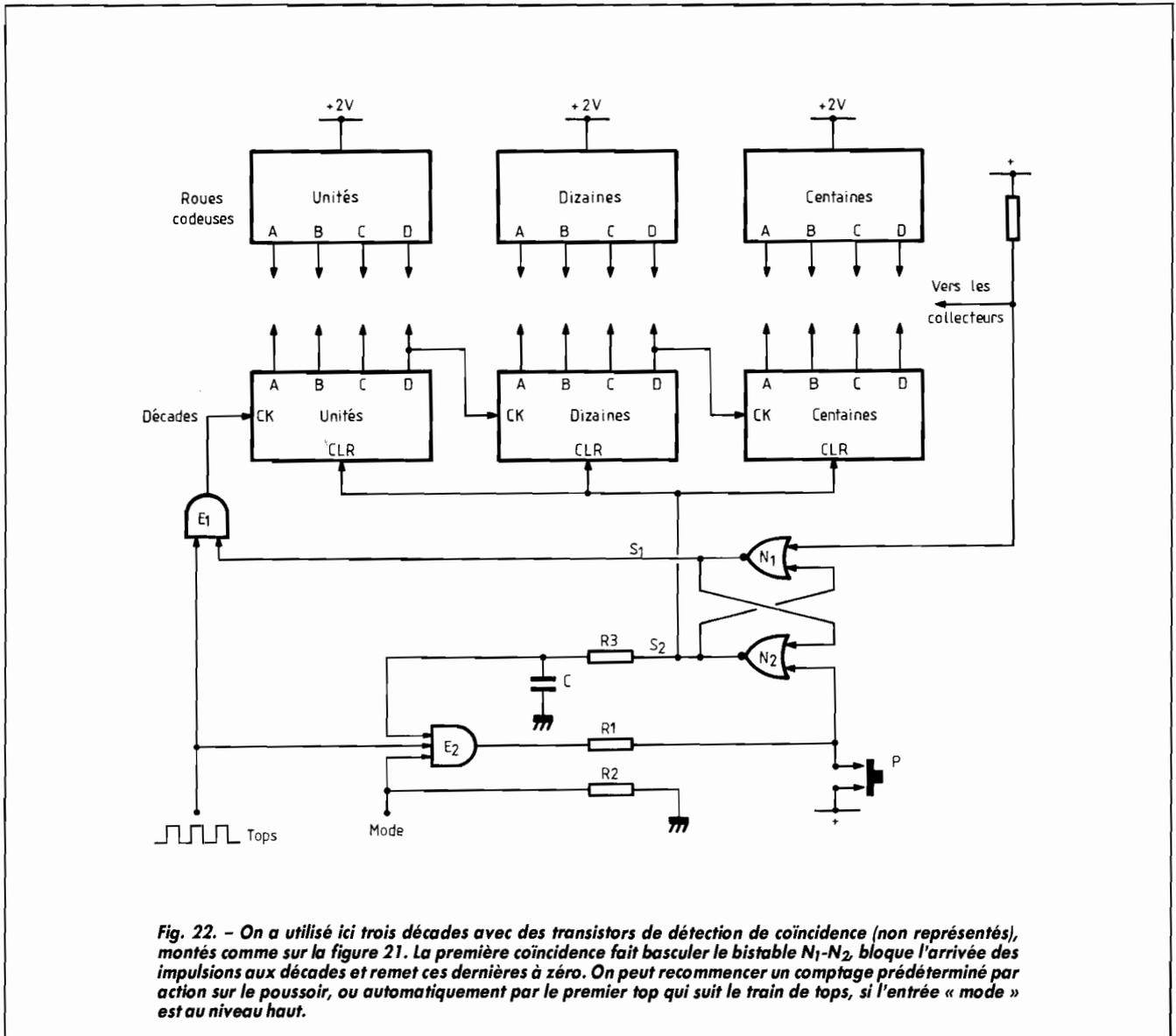


Fig. 22. - On a utilisé ici trois décades avec des transistors de détection de coïncidence (non représentés), montés comme sur la figure 21. La première coïncidence fait basculer le bistable N<sub>1</sub>-N<sub>2</sub>, bloque l'arrivée des impulsions aux décades et remet ces dernières à zéro. On peut recommencer un comptage prédéterminé par action sur le poussoir, ou automatiquement par le premier top qui suit le train de tops, si l'entrée « mode » est au niveau haut.

## Il va falloir bloquer tous les transistors

N'oublions pas, en effet, que nous avons aussi quatre transistors commandés par la décade des dizaines. Supposons que nous voulions détecter le passage des deux décades par l'état n° 45. La roue codeuse des dizaines, sur la position 4, n'enverra du 2 V que sur sa sortie C.

Les transistors T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> et T<sub>8</sub> seront donc toujours bloqués, ne recevant pas de courant base.

Le transistor T<sub>7</sub> va continuer à être conducteur tant que la décade des dizaines n'arrive pas à l'état n° 4 (qui portera l'émetteur de T<sub>7</sub> au niveau haut, le bloquant). Il est à noter que T<sub>7</sub> sera encore bloqué

Donc, quand on arrive à l'impulsion n° 40, la décade des dizaines passe dans l'état n° 4 ; tous les transistors qu'elle commande sont alors bloqués. A l'impulsion n° 45, ce sont les transistors commandés par la décade des unités qui sont tous bloqués. C'est donc uniquement à ce moment que, les huit transis-

tors étant bloqués simultanément, la ligne joignant tous les collecteurs passe pour la première fois au niveau haut.

« Et alors ? » objecteront les lecteurs. « Elle y repassera lors de l'impulsion n° 47, de l'impulsion 55, de la 57, de la 65, de la 67, de la 75 et de la 77 : comme ambiguïté, on ne fait pas mieux ! »

Ce serait parfaitement exact si nous laissons le comptage se poursuivre après le premier passage de la ligne des collecteurs au niveau haut. Mais, justement, nous allons utiliser ce passage pour bloquer le comptage.

On peut, par exemple, utiliser la ligne des collecteurs pour commander le basculement d'un bistable, qui, par une de ses sorties, bloque une porte transmettant les impulsions à l'entrée de la décade des unités.

## Un montage très élaboré, quoique simple

La figure 22 montre comment on peut tirer parti du système détectant le « premier passage » par la valeur affichée sur les roues codeuses.

On voit que ce premier passage, appliquant un niveau haut à l'entrée supérieure du « NOR »  $N_1$ , va faire basculer le bistable du type « R-S » constitué par les deux circuits « NOR »,  $N_1$  et  $N_2$ .

La sortie  $S_1$  de ce basculeur passe au niveau bas, bloquant, par le circuit « ET »  $E_1$ , l'arrivée des impulsions aux décades (ce qui supprime l'ambiguïté indiquée plus haut, car les « fauses détections d'état » ne se produiront pas).

En même temps, la sortie  $S_2$  passe au niveau haut, remettant les décades au zéro (si ces dernières nécessitent un niveau bas pour la remise au zéro, on les commande par la sortie  $S_1$ ).

Il est à noter que, les décades étant remises au zéro, la ligne des collecteurs va repasser au niveau bas, mais le basculeur  $N_1$ - $N_2$  reste dans l'état où l'a mis le passage momentané de cette ligne au niveau haut.

## « Recyclage » manuel

L'entrée du bas du « NOR »  $N_2$ , maintenue au niveau bas par le résistor  $R_1$  (il va vers la sortie du « ET »  $E_2$ , qui est basse, son entrée du bas étant basse), peut être portée momentanément au niveau haut par le poussoir P. On remet alors le basculeur  $N_1$ - $N_2$  dans l'état où  $S_1$  est au niveau haut,  $S_2$  au niveau bas. Les décades ne sont plus « verrouillées au zéro », et la porte constituée par le circuit « ET »  $E_1$  permet aux impulsions d'arriver de nouveau aux décades.

Autrement dit, on est « reparti pour un tour ». On va donc trouver, en sortie de  $E_1$ , un train d'impulsions, qui comportera exactement le nombre de tops indiqué sur les roues codeuses. Ce système est donc très intéressant pour générer un « train de tops », de longueur choisie par les roues codeuses.

Il est souvent intéressant, pour des applications diverses, de pouvoir disposer, par exemple, d'un train de 483 impulsions. On va donc afficher 483 sur les roues codeuses,

et, à chaque pression sur le poussoir P, il y aura 483 tops d'horloge qui sortiront de  $E_1$ .

## Recyclage automatique

Nous n'avons pas parlé, jusqu'ici, du circuit « ET » à trois entrées  $E_2$ . Nous supposons que l'entrée « recyclage » était maintenue au niveau bas par la sortie du « ET »  $E_2$  (dont une entrée, celle du bas, se trouve maintenue au niveau bas par le résistor « de tirage bas »  $R_2$ , ce qui maintient sa sortie au niveau bas), donc que cette porte se trouvait bloquée, quels que soient les états des autres entrées.

C'est la raison de la présence du résistor  $R_1$ , car, pour le recyclage manuel, il faut appliquer momentanément un niveau haut à l'entrée du bas du « NOR »  $N_2$ . Si cette entrée était directement reliée à la sortie d'une porte « ET » à l'état logique bas, les choses risqueraient de se passer mal pour la porte « ET », puisqu'elle tend à maintenir sa sortie au niveau bas.

En interposant  $R_1$ , de 1 à 3 k $\Omega$ , entre la sortie de  $E_2$  et l'entrée du bas de  $N_2$ , on réduit le courant que la sortie de la porte  $E_2$  va devoir « avaler » à une valeur sans danger pour la porte.

Nous supposons maintenant que l'entrée « mode », c'est-à-dire l'entrée du bas du circuit « ET »  $E_2$ , est portée constamment au niveau logique haut.

Quand une « première coïncidence » a été détectée par le premier passage de la ligne des collecteurs au niveau haut, le basculeur  $N_1$ - $N_2$  bascule, portant la sortie  $S_2$  au niveau haut.

Après un très petit retard, amené par le circuit  $R_3$ -C, l'entrée du haut du « ET » à trois entrées,  $E_2$ , passe donc au niveau haut.

Sans le retard en question, l'impulsion d'horloge qui vient de provoquer tout ce chambardement aurait pu passer par  $E_2$ , car ses deux autres entrées sont au niveau haut. Mais le retard amené par

$R_3$ -C est plus long que la largeur de l'impulsion (largeur qui se trouve d'ailleurs réduite par les différents temps de réaction des circuits), et l'impulsion qui a commandé la coïncidence ne passe pas par  $E_2$ .

Mais, lorsque l'impulsion suivante d'horloge arrive, l'entrée du haut de  $E_2$  a eu le temps de passer au niveau haut. Donc, l'impulsion d'horloge passe par  $E_2$ , elle arrive à l'entrée du bas de  $N_2$ , et fait rebasculer le basculeur  $N_1$ - $N_2$ .

On est alors reparti pour un tour, le signal en  $S_2$  n'ayant duré qu'un peu moins de l'espace entre deux impulsions d'horloge.

Autrement dit, si l'on a réglé les roues codeuses sur 483, l'impulsion n° 483 (après une remise à zéro des décades) provoque la montée du potentiel de la ligne des collecteurs, faisant basculer  $N_1$ - $N_2$ , et portant  $S_2$  au niveau haut. Mais elle ne passe pas par  $E_2$ . L'impulsion n° 484, passant par  $E_2$ , fait rebasculer  $N_1$ - $N_2$ ,  $S_2$  repasse au niveau bas, l'impulsion 484 est alors comptée par les décades (préalablement remises au zéro par  $S_2$ ) comme étant la n° 1, et l'on repart pour un comptage de 483 impulsions. Toutes les 483 impulsions, on aura un signal assez bref sur la sortie  $S_2$  (signal que l'on peut allonger par un monostable, par exemple, si on le désire).

## Les possibilités du montage

Le montage indiqué par la figure 22 peut servir de plusieurs façons.

D'abord, comme nous l'avons indiqué, il sert de diviseur par un nombre N, nombre indiqué sur les roues codeuses. Il suffit de se mettre en mode « recyclage automatique », et l'on aura un signal sur la sortie  $S_2$  tous les N tops d'entrée.

Ensuite, il peut être utilisé comme générateur de trains de tops, contenant chacun N tops. Si l'on veut l'utiliser ainsi, il est bon de commander, par la sortie  $S_2$ , une LED qui indi-

que que le basculeur est en position d'attente ( $S_2$  au niveau haut), une autre, allumée par  $S_1$ , indiquant qu'il est en position « comptage » ( $S_1$  au niveau haut).

Quand l'ensemble est en position d'attente, il suffit de déclencher le fonctionnement par un appui sur le poussoir P, et la sortie de  $E_1$  délivrera un train unique de N impulsions.

Enfin, on peut utiliser le système comme « retardateur de précision ». On sait que la fonction « retardateur » est généralement réalisée par emploi d'un monostable (un demi-HEF 4518, ou un 555 monté en monostable). Mais le retard introduit ainsi n'est pas très précis, il est difficile d'en connaître la valeur à mieux de 1 % près.

Si l'on règle les roues codeuses du montage de la figure 22 sur 24 568, par exemple, le basculeur étant en position « attente », et que l'on applique à l'entrée « tops » une horloge précise, donnant 1 000 000 d'impulsions par seconde, comme on le fait en utilisant un quartz précis (et des diviseurs si nécessaire), le tout est prêt pour nous donner un retard valant exactement 24 568  $\mu$ s, à une microseconde près.

En effet, il suffit d'envoyer sur le haut de  $R_2$  une impulsion positive (remplaçant l'action du poussoir) pour que le bistable bascule. Les compteurs commencent à compter, à partir de zéro, et les jeux de transistors indiquent, par remontée du potentiel de tous leurs collecteurs, quand le comptage est arrivé à 24 568. Il y a alors remontée de la sortie  $S_2$ , ce qui nous fournit le signal retardé de 24 568  $\mu$ s par rapport au top appliqué à  $N_2$ .

Un tel système retardateur de précision est intéressant, par exemple, pour déclencher un flash électronique, qui permet la prise d'une vue avec un retard parfaitement connu par rapport à l'instant d'une impulsion donnée (fournie, par exemple, par le passage d'un objet devant une diode photosensible).

(A suivre)

**J.-P. OEHMICHEN**