

LES BASCULES JK

LES bascules électroniques sont les éléments de base les plus importants rencontrés dans les circuits numériques. Les quatre types de bascules RS, D, T et JK ont des caractéristiques intéressantes bien utiles à connaître. Celles-ci sont résumées dans les tables de vérité respectives de ces bascules.

Les problèmes posés par la commande de la bascule RS ont amené à la bascule JK puis à la technique maître-esclave.

Bien qu'il existe des bascules JK intégrées, il est indispensable de savoir comment fonctionne une maître-esclave, ceci en les réalisant avec des NAND et en contrôlant les niveaux logiques à l'aide de diodes électroluminescentes.

Une bascule JK a également l'avantage de pouvoir être transformée en bascule T en reliant ensemble les entrées J et K et en appliquant le signal de commande sur ce point commun.

La bascule JK

Dans l'exposé sur la bascule RS nous avons dit que cette dernière, lorsqu'elle est

constituée de deux NAND, n'autorise pas l'éventualité : $R = S = 0$.

Ce problème n'existe pas avec la bascule JK.

En principe, celle-ci se compose d'une bascule RS à laquelle sont ajoutées deux portes (numérotées 1 et 2 sur la fig. 1).

La bascule JK comporte deux entrées J et K. La porte numéro 1 reçoit d'une part, le signal de commande arrivant par l'entrée J, d'autre part, le niveau logique de la sortie \bar{Q} de la bascule.

Nous savons que la bascule RS sera dans l'état « travail » si l'entrée S est au niveau logique 0. Nous savons aussi que, pour que la sortie d'un NAND soit 0, il faut que ses entrées soient au niveau 1. Autrement dit, il est nécessaire dans notre cas que $J = 1$ et que $\bar{Q} = 1$ (bascule à l'état « repos »).

De même pour l'autre entrée \bar{R} , la remise à zéro, s'effectuera si \bar{R} est au niveau 0, ce qui implique que les entrées de la porte NAND numéro 2 soient $K = 1$ et $Q = 1$ (bascule à l'état « travail »).

Remarquons tout de suite qu'avec cette bascule il n'y a pas d'indétermination puisque les entrées sont forcément complémentaires, étant chacune reliée à une sortie. Si $Q = 1$, l'autre sortie \bar{Q} sera égale à 0. Et inversement, si $Q = 0$, la sortie \bar{Q} sera obligatoirement 1.

En conclusion, l'entrée J met la bascule dans l'état travail ($Q = 1$). Si la bascule est déjà dans cet état travail, il n'y a rien de changé (pas de basculement), vu que $\bar{Q} = 0$, et que, de ce fait, la sortie de la porte NAND n° 1 est à l'état 1.

L'entrée K remet la bascule à zéro ($Q = 0$). Là aussi, si la bascule est déjà à l'état repos, rien ne se passe, elle restera à l'état zéro.

Sans revenir en détail sur son établissement, nous donnons figure 2 la table de vérité de la bascule JK. Le lecteur pourra la contrôler expérimentalement.

Q_n	J	K	Q_{n+1}
0	0	X	0
0	1	X	1
1	X	1	0
1	X	0	1

Fig. 2. - Table de vérité de la bascule JK.

Rappelons la signification de X : Les états logiques 1 ou 0 peuvent être appliqués sur l'entrée en question, il n'en résulte aucune répercussion en sortie.

En résumé, avec la bascule JK, l'entrée J est la commande de l'état travail, et l'entrée K la commande de l'état repos.

Tout comme pour la bascule RS, on peut adjoindre à la JK une entrée de validation H, appelée aussi CK (fig. 3). Son but est de protéger l'in-

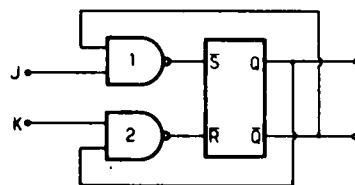


Fig. 1. - Composition d'une bascule JK.

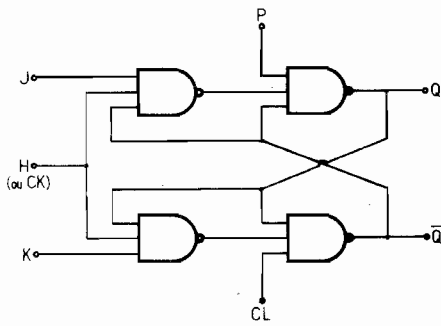


Fig. 3. - Bascule JK avec circuit de validation.

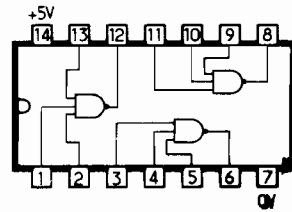


Fig. 4. - Brochage d'un circuit SN 7410 N (3 NAND à 3 entrées).

formation logique stockée dans la bascule. Pour pouvoir changer l'état de la bascule, il est nécessaire d'effectuer simultanément deux opérations : Faire passer l'entrée H à l'état haut, et agir sur l'une des entrées suivant ce que l'on désire.

Puisque des NAND à trois entrées sont nécessaires dans ce montage, il faut alors changer de circuit intégré et utiliser par exemple le type SN7410.

De même, la bascule proprement dite peut comporter deux entrées, l'une P (ou Preset) mettant la bascule en position travail, si on lui applique un zéro logique, et cela indépendamment des autres commandes. Une autre entrée CL (ou Clear) remet la bascule à zéro. Ces deux entrées permettent de mettre la bascule dans un état préliminaire bien déterminé avant son utilisation.

La bascule maître-esclave

Théoriquement la bascule JK, telle que nous venons d'en parler, semble parfaite pour mettre sans problème une information binaire en mémoire.

Cependant, la bascule JK représentée sur les figures 1 et 3 possède un gros défaut, dont la cause est la rapidité avec laquelle se fait le basculement.

Considérons le cas où $K = 1$, $J = 1$ et $Q = 0$ (ligne n° 2 de la table de vérité). Lorsque $H = 1$, la sortie Q passe de 0 à 1. Mais, aussi longtemps que $K = 1$ et $J = 1$, Q va repasser à zéro (ligne n° 4 de la table de vérité), puis au niveau 1, ... il y a oscillation de la bascule, qui prend alternativement les niveaux 0 et 1. Ceci amène à

la technique « maître-esclave ».

Nous avons déjà « l'esclave » dans une bascule avec entrée H (le montage est soumis au niveau de cette entrée H). En employant deux bascules RSH, l'une à la suite de l'autre, et en ajoutant un inverseur, on réalise une bascule RS maître-esclave (fig. 5) que l'on pourra facilement transformer en bascule JK maître-esclave.

Voyons donc comment fonctionne ce circuit. Tout d'abord, il est indispensable, pour que ce circuit fonctionne correctement, que l'inverseur (NAND n° 9) ait un seuil de fonctionnement plus bas que celui des deux bascules RSH.

Considérons le signal appliqué en « H » (fig. 6). C'est une impulsion positive appliquée à l'entrée H₁ de la première bascule RSH. Ce signal peut être obtenu manuellement en reliant un fil prove-

nant du + 5 V au point H₁. Ou bien, en plaçant les extrémités d'un potentiomètre de quelques milliers d'ohms aux bornes de la source de 5 V et en reliant le curseur au point H₁.

Ce signal part donc de zéro (t_0). Au temps t_1 la sortie de l'inverseur passe de 1 à 0, la deuxième bascule RSH est déconnectée du circuit précédent. Au temps t_2 , la première bascule est connectée et les informations binaires présentes sur les entrées S et R agissent sur la première bascule. Au temps t_3 cette bascule se déconnecte, l'information qu'elle vient d'emmagasiner est protégée. Au temps t_4 , cette information va passer dans la deuxième bascule puisque le niveau du signal H est assez bas pour qu'à la sortie de l'inverseur, la tension positive permette l'ouverture des portes NAND 3 et 4.

Il y a ainsi quatre étapes dans le cheminement de l'information binaire devant être stockée dans la mémoire « esclave ». Ces étapes sont montrées synoptiquement sur la figure 7. Les deux interrupteurs représentent en fait les circuits de validation du maître et de l'esclave.

Un peu de pratique

Nous pouvons maintenant mettre en évidence ce que nous venons de dire en expé-

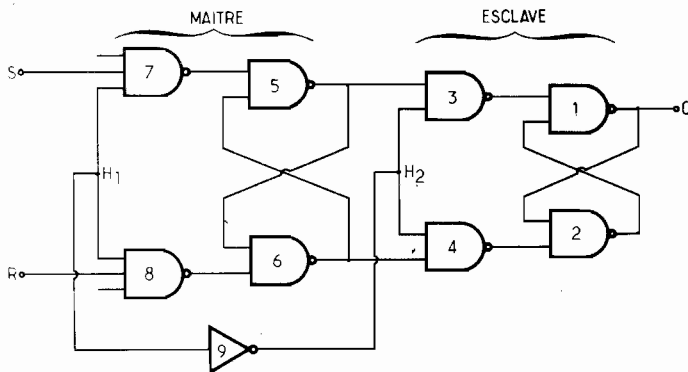


Fig. 5. - Schéma de base d'une bascule maître-esclave.

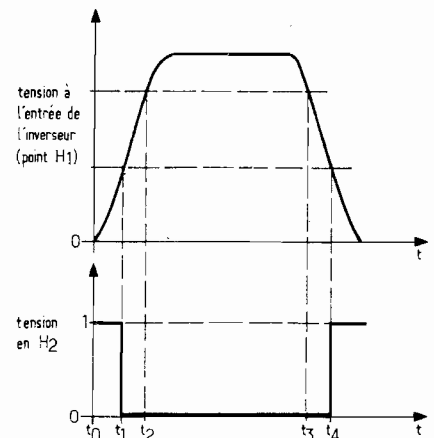


Fig. 6. - Forme du signal à l'entrée et à la sortie de l'inverseur.

rimentant à l'aide de quelques circuits intégrés TTL montés sur votre plaque de connexion.

Le matériel nécessaire se réduit à trois circuits intégrés, deux du type SN7400N et un SN7420N, quatre diodes électro-luminescentes vertes, CQY 72 ou similaire, deux résistances de 220Ω $1/4 W$, et une alimentation de $+ 5 V$, ou à la rigueur une pile neuve de $4,5 V$.

Visualisation des états logiques

L'intérêt de choisir une diode LED verte, par rapport à une autre de couleur rouge, est que sa tension de polarisation est de $2,7 V$, au lieu de $1,6 V$ pour une rouge. Une diode verte peut être connectée directement à la sortie « totem pole » d'une des portes du 7400 sans qu'il y ait besoin de mettre en série une résistance chutrice.

La répartition des tensions aux bornes des éléments du totem pole du 7400 est donnée sur la figure 8. Sachant que les chutes de tension aux bornes de la diode D et du transistor T_1 sont respectivement $0,7$ et $0,3 V$ quand la sortie est à l'état haut, la

tension aux bornes de la 130Ω sera de $5 V - 3,7 V$ soit $1,3 V$, d'où l'apparition d'un courant de :

$$\frac{1,3}{130} = 10 \text{ mA}$$

ce qui est largement supportable par le transistor interne T_1 .

Pour visualiser le niveau à l'entrée, une résistance devra être mise en série avec la LED verte, pour chuter les $2,3 V$ en excès. La diode s'allumant si sa tension collecteur est de $+ 2,7 V$, pour un courant de 10 à 20 mA , une valeur de 220Ω pour la résistance sera correcte (fig. 9).

Méthode de travail

Notre premier schéma pratique est celui d'une bascule RS maître-esclave représentée figure 10. Si on est débutant en électronique, il est préférable de câbler d'abord la dernière bascule et de contrôler son fonctionnement, en laissant de côté le reste du montage. Le câblage se fait l'alimentation coupée, mais il ne faut pas oublier de câbler celle-ci, son câblage n'étant pas montré sur le

schéma (broche 14 au $+ 5 V$, broche 7 au $0 V$).

La première bascule (NAND 1 et 2) étant câblée et alimentée, on applique alternativement le niveau zéro sur ses entrées (broches 4 et 10), tout en constatant l'allumage et l'extinction des LED à la sortie.

Le circuit de validation sera ensuite câblé (NAND 3 et 4), puis expérimenté en commandant les nouvelles entrées (broches 13 et 1). Si la broche 13 est à $+ 5 V$, et la broche 1 à la masse, la sortie Q est au niveau 1.

Ensuite la bascule « maître » sera câblée en ajoutant un autre circuit 7400 (NAND 5 et 6). Toujours après son contrôle, on branche le circuit de validation (NAND 7 et 8), H_1 étant relié au $+ 5 V$.

Le maître et l'esclave sont ensuite reliés, et l'ensemble sera contrôlé, H_1 et H_2 étant au niveau 1.

Finalement l'inverseur (NAND 9 monté en inverseur) sera expérimenté, et il est alors possible de contrôler la table de vérité de cette bascule R.S.

On peut ensuite facilement transformer celle-ci en JK en ajoutant deux connexions, l'une reliant la broche 1 du NAND 7 à la sortie \bar{Q} , l'autre entre la broche 5 du NAND 8

à la sortie Q (trait en pointillé), la table de vérité est ensuite vérifiée (fig. 2).

Le schéma de la bascule JK simple (fig. 1) peut aussi être expérimenté lorsqu'il y a des oscillations, les deux LED de sortie s'allument.

La bascule T

Ce type de bascule est à commande unique. Nécessairement maître-esclave pour son bon fonctionnement, cette bascule est réalisable très facilement avec une bascule JK. Il suffit de laisser « en l'air » les entrées J et K et de commander la bascule par l'intermédiaire de l'entrée H, dénommée de ce fait entrée « T ».

En technique TTL, lorsque les entrées sont « en l'air », elles sont plutôt, à cause de la technologie, reliées à une tension positive proche du $+ 5 V$. Mieux vaut pour transformer une bascule JK en bascule T, connecter franchement les entrées J et K au $+ 5 V$.

Revenons à la bascule T qui change d'état lorsqu'on applique un 1 sur son entrée, quel que soit son état antérieur, et qui conserve cet état indéfiniment... jusqu'à l'appa-

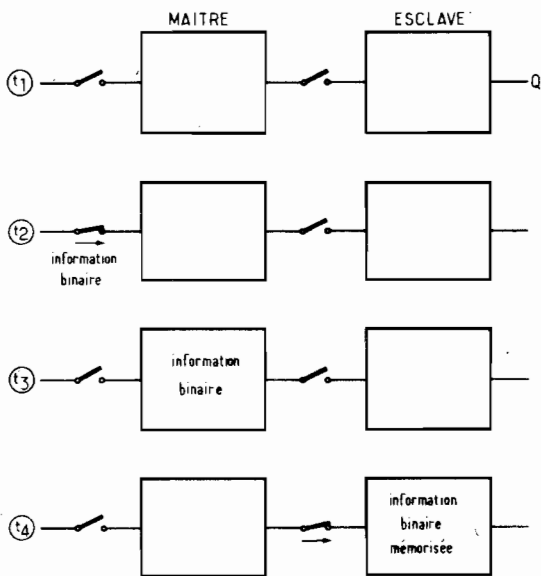


Fig. 7. - Etapes du cheminement de l'information binaire dans la bascule maître-esclave.

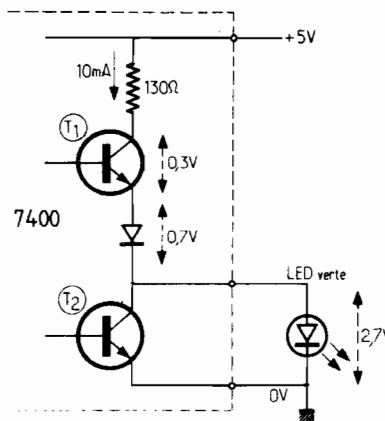


Fig. 8. - Branchement direct d'une LED verte sur un totem-pole.

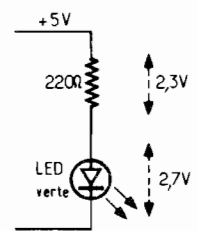


Fig. 9. - Visualisation du $+ 5 V$ à l'aide d'une LED verte. Une résistance chutrice est indispensable.

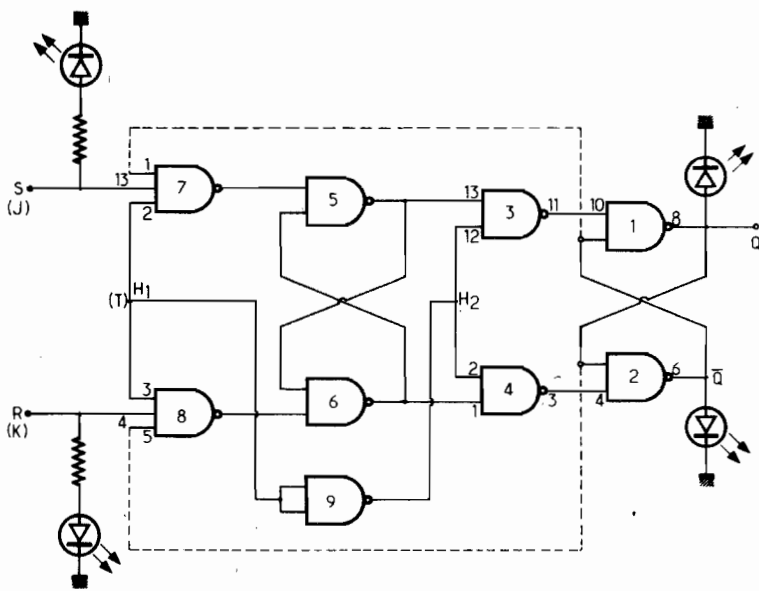


Fig. 10. - Schéma expérimental de la bascule maître-esclave.

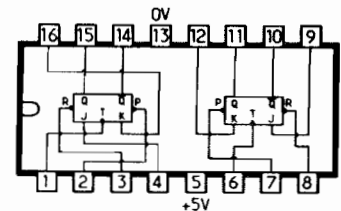


Fig. 12. - Brochage d'un circuit SN 7476 N (2 bascules JK maître-esclave).

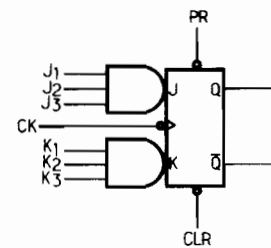


Fig. 13. - Représentation d'une bascule JK à entrées multiples.

rition du signal suivant. Ceci est résumé dans la table de vérité de la figure 11.

Q_n	$T_{Q_{n+1}}$	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Fig. 11. - Table de vérité de la bascule T.

Branchement possible de J et de K

Nous venons de voir que si J et K sont au niveau 1, la bascule se transforme en bascule T.

Si les entrées J et K sont toutes les deux au niveau 0, la bascule reste bloquée.

En reliant J et K, et en utilisant le point commun ainsi obtenu pour la commande, la bascule devient équivalente au type T. Seul le point de commande change.

En branchant un inverseur logique entre J et K, le circuit se comporte en bascule D.

Bascule JK intégrée

La réalisation de bascules à l'aide de portes logiques a pour but de faire comprendre le mécanisme de fonctionnement de ces circuits.

Il est évident que si on désire utiliser une bascule JK dans un circuit, on aura intérêt à utiliser un modèle intégré. Il en existe en effet de très nombreux types dans le catalogue TTL, en boîtier TO116. Nous donnons figure 12 le schéma de branchement du circuit intégré SN7476N qui comporte deux bascules JK maître-esclave. Chaque bascule peut être commandée par cinq entrées : les entrées J, K, T et également les commandes de remise à 0 et de « preset ». Remarquons que l'alimentation du circuit (+ 5 V) se fait entre les broches 5 et 13.

Afin d'augmenter les possibilités d'emploi de la bas-

cule, certaines possèdent plusieurs entrées J et plusieurs entrées K, comme le type SN74110N dont nous vous donnons la représentation officielle (fig. 13).

Le petit cercle indique que la commande se fait en passant de l'état haut (1) à l'état bas (0).

En ce qui concerne les entrées PR et CLR, mise de la bascule dans l'état 1 et remise à 0, celles-ci sont utilisées d'une façon momentanée pour mettre la bascule en position « travail » ou en position « repos ». Ces deux points, reliés en permanence au + 5 V, n'ont aucun effet sur le fonctionnement normal de la bascule. Aussi longtemps que ces entrées sont reliées au 0 V, les entrées J, K et T n'ont aucun effet sur la bascule (effet de « verrouillage »).

J.-B.P.