

## Applications des circuits logiques :

### LOGIQUE ET ELECTRICITE

par R. MOREAU.

---

Dans cet article, rédigé pour des professeurs, je me propose, reprenant une idée exprimée récemment par un de nos collègues, M. BEAULIEU (\*), de montrer quelques applications des portes logiques. Si le niveau général de l'article est évidemment largement supérieur à ce qu'il est envisageable de traiter en classe de cinquième, j'espère que quelques idées, cependant, pourront être exploitées devant les élèves, et que d'autres paraîtront utiles à la formation des professeurs ou donneront lieu à des activités de club.

Au-delà, je voudrais montrer qu'il n'y a pas lieu d'opérer un cloisonnement strict entre électronique logique et électronique générale ou électronique analogique. C'est le mariage de ces diverses manifestations de l'activité des physiciens qui conduit à des réalisations intéressantes.

Il s'agit de construire une maquette simulant une partie du fonctionnement d'un appareil photographique automatique. Passer de l'idée de départ à un montage sûr, évoquant de manière proche l'appareil industriel simulé, pose, nous le verrons, plusieurs problèmes auxquels on peut répondre de manières diverses. Nous pourrions constater que les portes logiques permettent de donner des solutions techniques élégantes à certaines questions.

Dans cet article, nous aurons plusieurs fois recours à des condensateurs. Leur étude ne fait pas partie des programmes des collèges (même s'il est prévu d'en utiliser en classe de quatrième). Il n'est pas interdit, cependant, d'employer ces composants pour des réalisations marginales, en donnant leur nom, et en observant les comportements qu'ils induisent. Ils permettent en effet de réaliser de nombreuses fonctions intéressantes, et par leurs applications, peuvent valoriser, en les complétant, les réalisations que peuvent effectuer les élèves dans le cadre plus limité du programme.

---

(\*) B.U.P. n° 690, p. 47.

### I. QUELQUES FONCTIONS LOGIQUES MISES EN ŒUVRE DANS UN APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE.

Lorsque l'appareil est en service, un témoin lumineux indique si la photographie peut être prise. S'il y a assez de lumière, cette autorisation est toujours accordée. En l'absence de lumière, il faut, pour que la photographie soit prise, que le flash puisse fonctionner. Et cela n'est possible que si le condensateur susceptible de l'alimenter est chargé, ce qui prend un certain temps.

Désignons par  $t$  la variable logique relative au témoin lumineux :  $t = 1$  signifie que la photographie peut être prise,  $t = 0$  annonce qu'il faut attendre.

Soit, de la même manière,  $l$  et  $c$  les variables logiques attachées respectivement à la présence de lumière, et à la charge du condensateur.

Lorsqu'il y a assez de lumière, nous posons  $l = 1$ , et quand le condensateur d'alimentation du flash est suffisamment chargé, nous posons encore  $c = 1$ .

La variable  $t$  dépend évidemment de  $l$  et de  $c$  et l'opération qui permet de passer du couple  $(l, c)$  à  $t$  est la fonction OU :

$t = (l \text{ OU } c)$ , que l'on peut écrire  $t = l \vee c$  et schématiser comme le montre la fig. 1 :

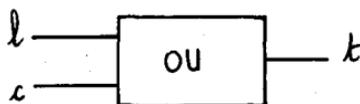


Fig. 1

Soit  $m$  la variable logique attachée à l'obturateur, (sur notre maquette un petit moteur jouera le rôle de l'obturateur). Désignons par  $d$  la variable qui caractérise le déclencheur sur lequel il faut appuyer, finalement, pour prendre la photographie. Avec des notations évidentes, on trouve :  $m = (t \text{ ET } d)$ , que l'on peut écrire  $m = t \wedge d$ , et schématiser selon la fig. 2.

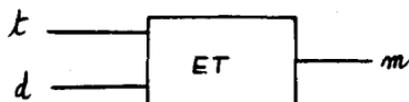


Fig. 2

Le flash, enfin, sera caractérisé par la variable  $f$ . Pour qu'il soit mis en service, il faut qu'il n'y ait pas de lumière ( $l = 0$ ) et que la prise de photographie ait lieu ( $m = 1$ ). En désignant

par  $\bar{l}$  la variable logique qui vaut 1 quand  $l = 0$ , et *vice versa*, on peut écrire :  $f = \bar{l}$  ET  $m$ , ou  $f = \bar{l} \wedge d$ .

Nous schématiserons l'opération (inversion) qui permet de passer de  $l$  à  $\bar{l}$ , comme l'indique la fig. 3.

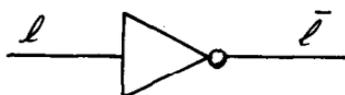


Fig. 3

Cela nous donne la représentation générale de la fig. 4 qui relie entre elles les différentes variables que nous considérons :

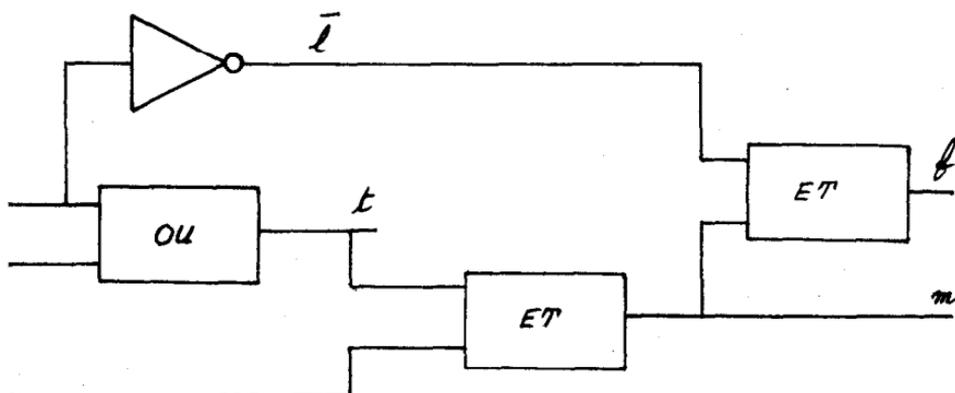


Fig. 4

Il est tout à fait possible de vérifier le fonctionnement de ce montage. Il faut, pour cela, grouper quelques plaquettes porte-circuits, et simuler les informations relatives à  $l$ ,  $c$  et  $d$  par des inverseurs tandis que des témoins lumineux permettent de visualiser l'état des variables de sortie  $t$ ,  $m$  et  $f$ .

## II. UTILISATION DES OPERATEURS NON-ET (NAND).

Il existe bien sur le marché, des opérateurs inverseurs, comme celui qui permet de passer de  $l$  à  $\bar{l}$  (par exemple le sextuple inverseur 74 HC 04).

Pour réaliser l'ensemble du dispositif précédent, il faut alors utiliser trois circuits intégrés différents (les deux opérateurs ET sont pris sur le même boîtier qui en comporte 4).

On peut également décider de n'utiliser qu'un seul type de circuits intégrés, des circuits NON-ET, qui permettent effective-

ment de réaliser toutes les fonctions de logique combinatoire (on peut aussi panacher).

### II.1. Réalisation d'un inverseur avec un opérateur NON ET à deux entrées.

Le tableau logique d'une fonction NON ET, représenté sur la fig. 5, fait apparaître deux possibilités :

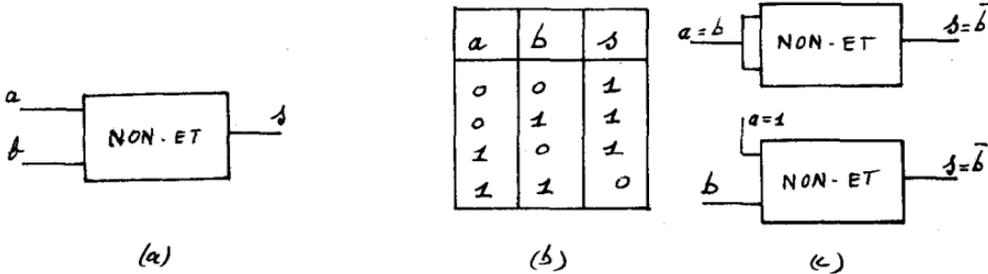


Fig. 5

Si l'on réunit, comme sur la fig. 5 c (en haut) les deux bornes d'entrée d'un opérateur logique NON-ET, on force les variables logiques  $a$  et  $b$  à être égales. L'opérateur ne comporte plus qu'une seule variable d'entrée, et la relation entre cette variable logique unique et la sortie, est donnée par les lignes 1 et 4 du tableau correspondant : c'est une inversion logique.

On peut aussi porter à la valeur 1 une des variables logiques ( $a$  par exemple), en reliant une des deux bornes d'entrées à un point de potentiel proche de  $V_{cc}$ , si  $V_{cc}$  est la tension d'alimentation du montage — on pose égal à zéro le potentiel de la borne négative de l'alimentation. Dans ce cas, la sortie logique  $s$  ne dépend que de  $b$ , et les deux dernières lignes du tableau logique de la fig. 5 b montrent que la relation entre  $s$  et  $b$  est encore de la forme :  $s = \bar{b}$ .

Il existe bien d'autres manières de réaliser un inverseur logique que celles qui sont représentées sur la fig. 5 c. On peut utiliser par exemple un opérateur NI (en laissant une variable logique d'entrée à l'état zéro), ou un opérateur OU EXCLUSIF (en laissant une entrée à l'état 1). Mais on peut aussi, si l'on dispose d'un transistor, réaliser le montage de la fig. 6 qui est facile à mettre en œuvre.

Lorsque le point B est relié à la borne d'alimentation, de potentiel  $V_{cc}$ , le transistor conduit et joue le rôle de court-circuit. Le potentiel du point C est alors proche de celui de la masse :  $b = 1 \rightarrow s = 0$ .

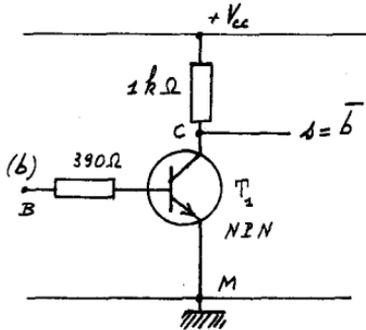


Fig. 6

Si, en revanche, on relie B à la masse ( $b = 0$ ), alors T ne conduit pas, on a :  $v_{cM} \approx V_{cc}$ , et donc  $s = 1$ .

**II.2. Réalisation d'un opérateur ET à l'aide d'opérateurs NON-ET.**

Le tableau logique de la fig. 5 montre que si  $s = (a \text{ NON-ET } b)$ , que l'on peut aussi noter  $\overline{a \wedge b}$ , alors  $\overline{s} = (a \text{ ET } b)$  ou  $(a \wedge b)$ .

Si donc on inverse la sortie d'un opérateur NON-ET par l'une des méthodes que nous venons de décrire, on obtient un opérateur ET (fig. 7).

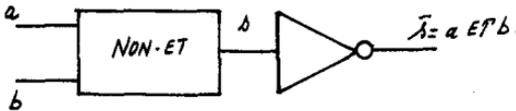


Fig. 7

**II.3. Réalisation d'un opérateur OU à l'aide d'opérateurs NON-ET.**

Comparons les tableaux logiques relatifs à ces deux types d'opérateurs (fig. 8).

a	b	s
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$s = \overline{a \wedge b}$$

l	c	t
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$t = a \vee b$$

Fig. 8

On constate que les lignes 2 et 3 sont les mêmes, tandis que les entrées des lignes 1 et 4 sont permutées. Or, en ce qui concerne les entrées, permuter les lignes 1 et 4, c'est inverser les variables.

Si nous posons  $a = \bar{l}$  et  $b = \bar{c}$ , la fonction  $s = \overline{a \wedge b}$  devient  $s = \overline{\bar{l} \wedge \bar{c}}$ , soit une fonction des variables  $l$  et  $c$  dont le tableau logique est donné sur la fig. 9.

$l$	$c$	$s$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Fig. 9

On constate qu'en changeant l'ordre des lignes, on retrouve le tableau logique de la fonction OU, car le changement de  $a$  en  $\bar{a}$  et de  $b$  en  $\bar{b}$  a laissé globalement inchangées les lignes 2 et 3.

On a donc  $t = l \vee c = \overline{\bar{l} \wedge \bar{c}}$ , ce qui est représenté sur la fig. 10.

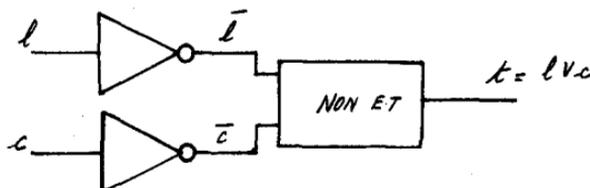


Fig. 10

#### II.4. Nouveau schéma de principe du montage.

Il est donc possible de réaliser le montage de la fig. 4 en n'utilisant que des opérateurs NON-ET (un inverseur étant réalisable avec un NON-ET).

Observons que pour réaliser la variable  $f$ , nous avons déjà besoin, sur la fig. 4 de la variable  $\bar{l}$ . Or si nous réalisons  $t$  avec un opérateur NON-ET, nous devons encore passer par la variable  $\bar{l}$ .

Il est donc plus rapide d'élaborer une variable logique,  $\bar{l}$ , qui, directement, soit égale à 1 lorsqu'il n'y a pas de lumière, et à zéro lorsqu'il y a de la lumière.

Cela donne le schéma de la fig. 11 :

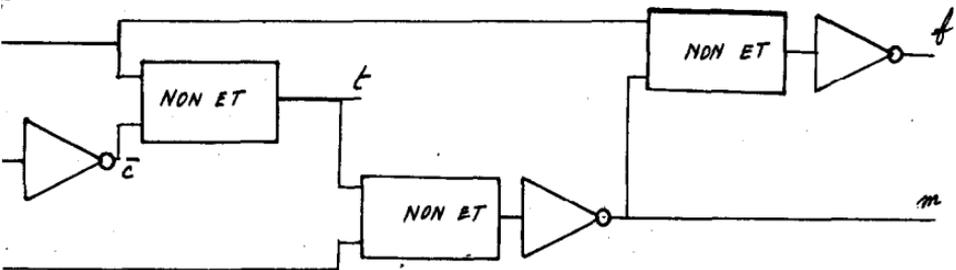


Fig. 11

### III. ELABORATION DES VARIABLES LOGIQUES $\bar{l}$ , $c$ et $d$ .

Ces variables seront associées à des tensions. Proches de la tension  $V_{cc}$ , ou, tout au moins comprises entre  $\frac{V_{cc}}{2}$  et  $V_{cc}$ , ces tensions  $v_{\bar{l}}$ ,  $v_c$  et  $v_d$  matérialiseront les états 1 des variables logiques correspondantes. Proches de zéro, elles fixent leur état zéro.

#### III.1. Elaboration de $v_{\bar{l}}$ .

Le schéma de la fig. 12 définit le montage correspondant :

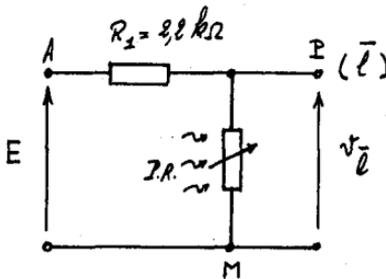


Fig. 12

La valeur de  $R_1$  n'est donnée qu'à titre indicatif. Elle dépend du type de photorésistance qu'on utilise. Lorsque la photorésistance est éclairée, sa résistance est faible devant  $R_1$ , le potentiel du point P est donc proche de celui de la masse M. La tension  $v_{\bar{l}}$  est proche de zéro, ce qui correspond bien à l'état 0 pour la variable  $\bar{l}$ .

Inversement, en l'absence de lumière, le potentiel de P est proche de celui de A car  $R_1$  est faible devant la résistance de la photorésistance. On a  $v_{\bar{l}} \approx E$  et donc  $\bar{l} = 1$ .

### III.2. Elaboration de $v_c$ .

Nous choisissons un condensateur de capacité assez importante ( $4700 \mu\text{F}$ ), ce qui simplifie la simulation du flash : Si la tension  $E$  qui alimente le condensateur est voisin de  $7 \text{ V}$ , par exemple, alors le condensateur, en se déchargeant dans une ampoule de caractéristiques nominales ( $3,5 \text{ V}$ ,  $200 \text{ mA}$ ), produit un éclair assez vif qui peut être reproduit plusieurs centaines de fois.

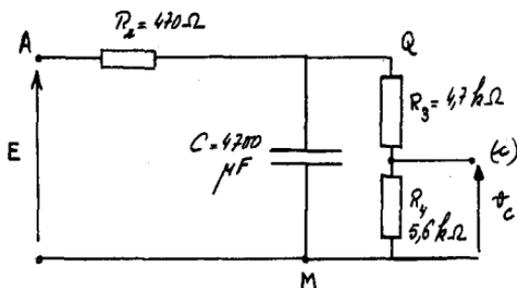


Fig. 13

Le condensateur de capacité  $C$  se charge avec une constante de temps légèrement inférieure à  $R_2C$  (à cause de la présence de  $R_3$  et  $R_4$ ). Nous avons choisi  $R_2C = 2,2 \text{ s}$ .

Le condensateur est ainsi chargé en quelques secondes, ce qui permet de constater que l'obturateur  $m$  ne peut être commandé tant que  $C$  est chargé (si  $l = 0$ ).

La tension  $v_c$  est prise aux bornes d'une résistance  $R_4$  formant avec  $R_3$  un diviseur de tension. La tension de charge limite

du condensateur est égale à  $\frac{(R_3 + R_4) \cdot E}{R_3 + R_4 + R_2}$ . Avec  $E = 7 \text{ V}$  et les

valeurs numériques de la fig. 13, cette tension vaut  $6,7 \text{ V}$ . La

valeur maximale de  $v_c$  vaut  $\frac{R_4}{R_2 + R_3 + R_4} \cdot E = 3,5 \text{ V}$ .

Si  $V_{cc} = E = 7 \text{ V}$ , la variable logique  $c$ , associée à  $v_c$  vaut 1 lorsque  $v_c$  est supérieure à  $3,2 \text{ V}$  (en technologie H.C.MOS). Le fait de placer un diviseur de tension pour réaliser  $v_c$ , permet de retarder l'instant où  $c = 1$  jusqu'au moment où le condensateur, chargé sous  $6,0 \text{ V}$ , est pratiquement en fin de charge ( $7 \text{ V}$  constitue la valeur limite de la tension d'alimentation pour les portes de technologie H.C.MOS).

### III.3. Elaboration de $v_d$ .

L'un des montages de la fig. 14, utilisant un bouton-poussoir à contact normalement ouvert, ou un inverseur, permettent cette réalisation.

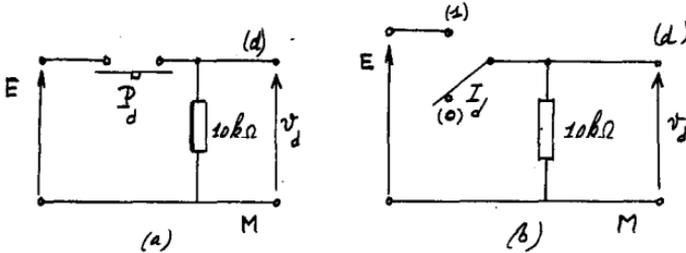


Fig. 14

## IV. SIMULATION DES ORGANES DE SORTIE, FLASH, OBTURATEUR ET TEMOIN LUMINEUX.

### IV.1. Simulation du flash.

La variable de sortie  $f$  correspond à une tension capable de commander un transistor. Il suffit donc de placer l'ampoule dont nous avons parlé, en série avec ce transistor commandé par  $v_f$  (fig. 15). Lorsque  $v_f \approx 0$ , le transistor est bloqué, le condensateur C des fig. 13 et 15 peut se charger à travers  $R_2$ , ou, s'il est chargé sous sa tension maximale, le demeurer. Lorsque  $v_f \approx V_{cc}$ , le transistor, recevant du courant de commande dans sa base, équivaut à un court-circuit. L'ampoule, survoltée pendant une courte durée, émet une vive lueur, mais son filament n'a pas le temps de fondre. Elle peut être réutilisée de très nombreuses fois.

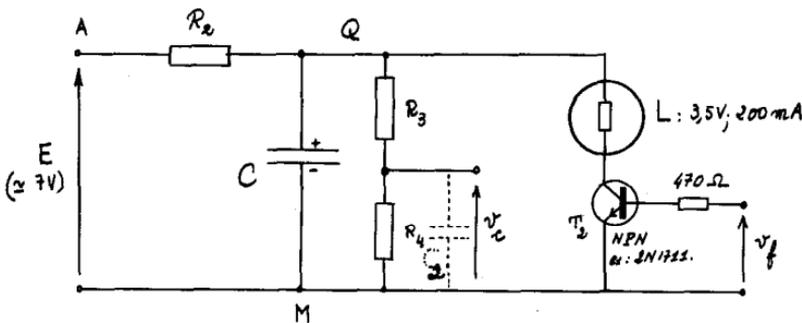


Fig. 15

### IV.2. Simulation de l'obturateur.

L'obturateur est représenté par un petit moteur à courant continu de jouet. Là encore, la sortie de l'opérateur logique qui

réalise la variable de sortie  $m$ , des fig. 4 et 11 n'est pas capable, seule, d'alimenter un petit moteur consommant entre 50 et 500 mA. Mais, par l'intermédiaire d'un transistor  $T_3$ , cette commande est parfaitement possible.

La fig. 16 représente le montage provisoire auquel on aboutit.

#### Remarque.

Un petit moteur à courant continu générant de parasites radioélectriques, à cause des phénomènes de commutation inhérents au fonctionnement du système balais-collecteur, il est bon de leur adjoindre, pour réduire ces parasites, comme l'indique la fig. 16, un condensateur de déparasitage.

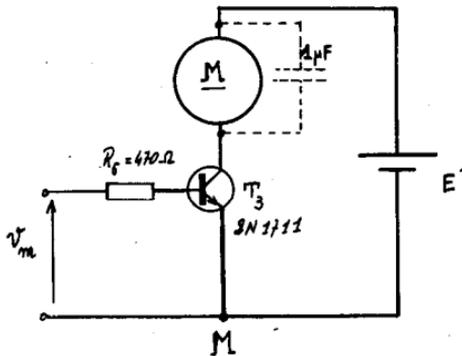


Fig. 16

Par ailleurs, lorsque le moteur démarre, il « appelle du courant ». La source qui lui fournit ce courant voit donc sa tension chuter à chaque démarrage du moteur. Si cette source est la même que celle qui alimente les circuits intégrés, le fonctionnement de ces derniers peut être perturbé par ces chutes de tension. Parfois s'instaure une sorte de couplage, par l'alimentation commune, entre circuits de commande et circuits de puissance, qui aboutit à des oscillations intempestives. Il est donc sage de choisir une alimentation du moteur (de f.é.m.  $E'$  sur la fig. 16), différente de celle qui est utilisée pour le reste du montage.

#### IV.3. Simulation du témoin lumineux $\mathcal{C}$ .

Il suffit d'une diode électroluminescente en série avec une résistance de protection de l'ordre de  $470 \Omega$ . Le tout étant commandé par l'opérateur NON-ET de la fig. 11 (fig. 21).

## V. CRITIQUE DU MONTAGE PRECEDENT ; AMELIORATIONS.

### V.1. Bilan provisoire.

Lorsque l'on procède, comme nous venons de le faire, à la mise au point d'un montage, on s'assure, à chaque étape, du fonctionnement correct du sous-système étudié. Ainsi le fonctionnement du système de traitement de l'information et de commande de la fig. 11, peut être testé par des sondes logiques ou des voyants à diodes électroluminescentes. Les autres sous-ensembles, dont les étapes sont marquées par les différentes figures de notre texte, peuvent, de la même manière, être analysées, et voir leurs éléments modifiés pour tenir compte des caractéristiques des éléments dont on dispose, etc. Mais lorsqu'on réunit l'ensemble des parties du montage, on a parfois des surprises... même si, à la réflexion, on constate que ces surprises étaient prévisibles !

Ici, en assemblant les différentes parties, telle que nous les avons construites, on constate plusieurs phénomènes :

1° Lorsqu'il y a assez de lumière ( $\bar{I} = 0$ ), le témoin lumineux  $\mathcal{T}$  s'allume bien, et si l'on manœuvre l'un des déclencheurs  $P_d$  ou  $I_d$  de la fig. 14, le moteur tourne comme prévu. Cependant cette rotation simule mal le fonctionnement d'un obturateur, car elle est liée à l'action sur le déclencheur. Elle dure autant qu'on appuie sur le bouton-poussoir  $P_d$  ou que l'on maintient l'inverseur  $I_d$  en position (1), et cesse dès que la variable logique  $d$  reprend la valeur zéro. Une simulation plus fidèle devrait rendre la durée de rotation du moteur  $M$  indépendante de la durée d'action sur le déclencheur.

2° Lorsqu'il n'y a pas de lumière ( $\bar{I} = 1$ ), la situation est plus préoccupante. Le témoin  $\mathcal{T}$  s'allume quand le condensateur est chargé, mais, quand on appuie sur  $P_d$ , ni le flash ni le moteur ne fonctionnent correctement. Si l'on dispose d'un oscillographe analysant par exemple la tension  $v_f$ , on constate aussi que tant que l'action sur le déclencheur est maintenue, des oscillations électriques s'installent dans le système de commande.

Cela vient de ce que les variables logiques  $m$  et  $f$  ne prennent la valeur 1, en l'absence de lumière, que si la variable  $c$  vaut 1 (condensateur chargé). Or, justement la tension  $v_f$  correspondant à  $f = 1$ , a pour effet, grâce au transistor  $T_2$  de la fig. 15, de décharger  $C$  et de forcer la variable logique  $c$  à la valeur zéro.

Il s'ensuit des oscillations car l'égalité  $c = 0$  entraîne  $f = 0$  et donc  $v_f \simeq 0$  :  $T_2$  ne conduit plus et la tension  $v_c$  augmentant légèrement, passe au-delà de la tension de seuil de l'inverseur

qu'elle commande. On a alors, de nouveau :  $c = 1$ , donc  $f = 1$ ,  $T_2$  conducteur,  $v_c$  qui passe en dessous de la tension de seuil, etc.

Il faut donc revoir le montage et faire en sorte que quand la variable logique  $m$ , (qui commande à la fois le moteur et le flash), passe à l'état 1, elle garde cet état, quoi qu'il adienne au condensateur  $C$ , pendant une durée suffisante. De cette manière, le condensateur  $C$  pourra transférer toute son énergie à l'ampoule  $L$  (fig. 15), et le moteur  $M$  effectuera le mouvement qui simule celui d'un obturateur.

## V.2. Améliorations.

### V.2.1. SOLUTIONS RAPIDES MAIS PARTIELLES.

\* *Temporisation du moteur  $M$  lorsque la lumière est suffisante.*

On désire par exemple que lorsque la variable logique  $m$  est égale à 1, le moteur tourne pendant 0,4 seconde environ, puis s'arrête.

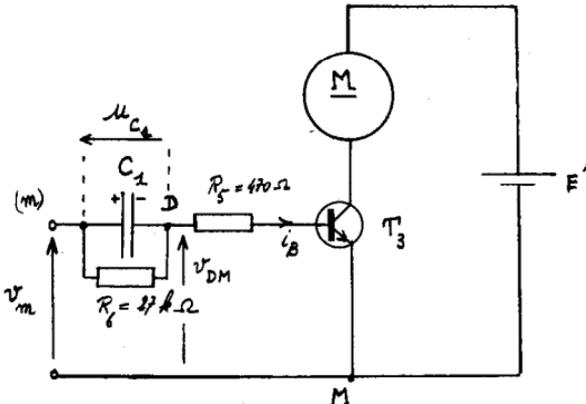


Fig. 17

La fig. 17 fournit une solution à ce problème, mais les valeurs de  $R_6$  et de  $C_1$  doivent être ajustées en fonction de chaque type de moteur.

Supposons que, pour tourner, notre moteur  $M$  ait besoin de 100 mA. Il faut alors que l'intensité  $i_B$  arrivant dans la base de  $T_3$  soit de l'ordre de 1 mA. Pour cela, il suffit que la tension  $v_{DM}$ , compte tenu de la valeur de  $R_5$ , soit voisine de 1 V. Supposons que la valeur de  $v_m$  soit de 6 V. Tant que la tension  $u_{C1}$  aux bornes du condensateur  $C_1$  est inférieure à 5 V, le moteur tourne, puisque  $v_{DM} = v_m - u_{C1}$  est alors supérieure à 1 V.

Si, au moment où la tension  $v_m$  passe de 0 à 6 V, le condensateur est déchargé, sa tension  $u_{C_1}$  passe de 0 à 5 V en une durée approximativement égale à  $\tau = 2 R_5 C_1$ . Si nous voulons  $\tau = 0,4$  s, avec  $R_5 \simeq 500 \Omega$ , il nous faut  $C_1$  de l'ordre de 100  $\mu\text{F}$ . (Notre calcul ne serait pas valable avec des portes logiques utilisant la technologie CMOS, car une porte CMOS ne peut débiter l'intensité  $i_B = 10$  mA qui parcourt le circuit de base de  $T_3$ , en début de charge de  $C_1$ , avec des portes HCMOS ou TTL).

Lorsque le condensateur  $C_1$  est chargé,  $i_B$  s'annule, et le moteur s'arrête. La résistance  $R_6 = 27 \text{ k}\Omega$  n'intervient pratiquement pas lors de la charge du condensateur. Elle est trop grande pour que l'intensité qui la parcourt (inférieure en tous cas à 0,2 mA), puisse provoquer la rotation du moteur. En revanche, lorsque  $v_m$  devient égale à zéro, cette résistance  $R_6$  décharge le condensateur  $C_1$  en une durée de l'ordre de  $R_6 C_1$ , soit 3 s environ. Le dispositif peut alors fonctionner de nouveau.

\* *Lutte contre l'instabilité du système lorsque l'on a*  
 $l = 0$  et  $d = 1$ .

Il suffit de placer en parallèle sur la résistance  $R_4$  de la fig. 15, un condensateur de capacité  $C_2$  voisine de 220  $\mu\text{F}$  (condensateur électrolytique). Ainsi, lorsque le condensateur  $C$  est déchargé par  $T_2$ , sous l'action de  $v_f$ , la tension  $v_c$  met un certain temps pour décroître en-deçà du seuil de l'inverseur qu'elle commande.

En désolidarisant la tension  $v_c$  de la tension  $v_{cM}$  aux bornes du condensateur principal  $C$  (fig. 15), la capacité  $C_2$  permet alors au moteur  $\underline{M}$  de tourner et au transistor  $T_2$  de décharger totalement  $C$ , avant que la variable logique  $c$  ne repasse à zéro.

Ces modifications rendent le montage totalement fiable et démonstratif, mais il subsiste encore un petit motif d'insatisfaction dans le comportement du moteur : selon qu'il est actionné en présence de lumière ( $\bar{l} = 0$ ) ou en son absence ( $\bar{l} = 1, c = 1$ ) il tourne plus ou moins longtemps, car les durées imposées par  $C_1$  et  $C_2$  ne sont pas égales, elles varient en fonction de l'état de charge de ces condensateurs, etc.

#### V.2.2. SOLUTION COMPLÈTE, UTILISANT UNE BASCULE MONOSTABLE.

Elle consiste, comme le montre la fig. 18, à créer une variable logique supplémentaire  $m'$ , de telle sorte que lorsque cette variable  $m'$  passe à la valeur 1, la variable  $m$  prenne aussi cette valeur et la conserve pendant une durée  $\Phi$ , quoi qu'il advienne aux variables primaires  $\bar{l}$ ,  $c$ , et  $d$ .

Ensuite  $m$  repasse à zéro et ne reprend la valeur 1 que lorsque, de nouveau,  $m'$  repasse à 1.

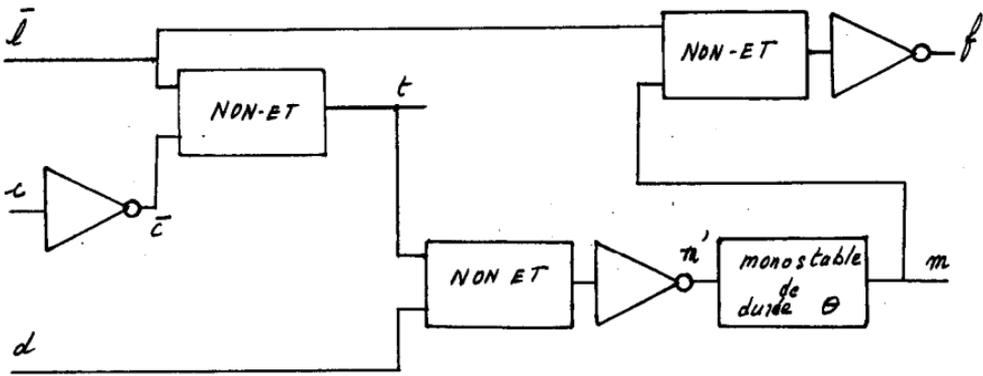


Fig. 18

Le chronogramme de la fig. 19 précise cette relation entre  $m'$  et  $m$ .

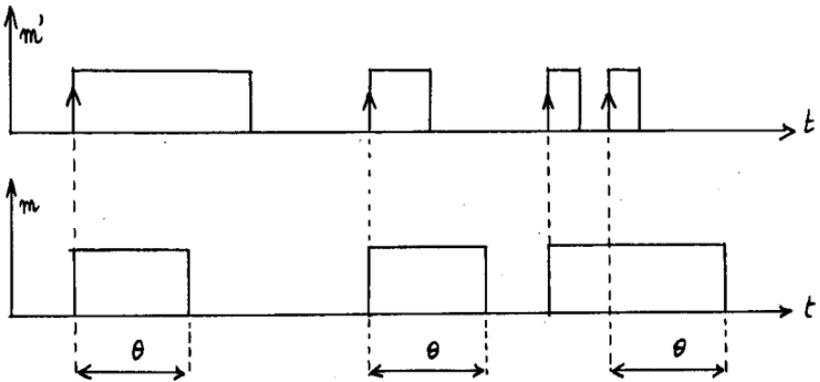


Fig. 19

Le dispositif qui assure cette relation entre les variables  $m'$  et  $m$  a pour nom une bascule monostable.

On peut très facilement la construire à l'aide de deux inverseurs logiques et de quelques composants, comme le montre la fig. 20.

De telles bascules monostables existent aussi sous forme de circuit intégré, il suffit d'y ajouter les éléments extérieurs qui, comme  $R_9$  et  $C_3$  sur la fig. 20, règlent la durée  $\theta$  de l'état haut de la variable  $m$ . (Le circuit intégré 74 H C 123 comporte ainsi deux bascules monostables).

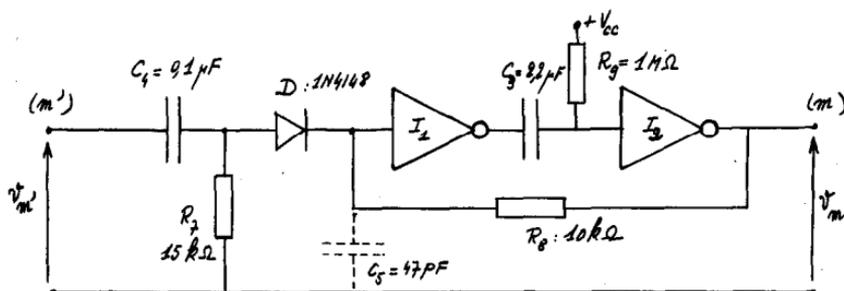


Fig. 20

Nous ne décrivons pas le fonctionnement de la bascule monostable de la fig. 20. Disons cependant que la partie essentielle en est constituée par les deux inverseurs  $I_1$  et  $I_2$  (circuits NON-ET dont les deux entrées sont réunies), et par les composants  $R_3$  et  $C_3$ . Le dispositif simplifié constitué de ces seuls éléments est déjà un circuit monostable, mais seulement lorsque la variable d'entrée  $m'$  garde la valeur 1 pendant une durée supérieure à  $\theta$ . C'est donc pour rendre la bascule insensible aux fronts descendants de  $v_m$ , que les éléments  $C_4$ ,  $R_7$ ,  $D$ , et  $R_3$  ont été rajoutés. Cette propriété est en effet essentielle pour notre montage. (La capacité  $C_5$ , de 47 pF, n'est pas vraiment nécessaire, mais elle rend le montage beaucoup plus sûr au cas où des fils seraient un peu longs, ou le circuit imprimé non conforme aux bonnes règles...).

Nous avons déjà dit que la durée  $\theta$  est de l'ordre du produit  $R_3 C_3 = 2,2$  s. Si  $R_3$  est constituée, au moins pour partie, d'une photorésistance, on voit que le fonctionnement du moteur  $\underline{M}$  aura une durée variable en fonction de l'éclairement. Cette durée, comme le temps d'exposition dans un appareil photographique automatique, décroît lorsque l'éclairement augmente.

Ainsi, comme le montre la fig. 18, la bascule monostable règle les deux problèmes que nous avons signalés au paragraphe 5.1, et elle permet même des améliorations.

La fig. 21 donne le schéma général du montage que nous venons de décrire fonction par fonction. Nous y avons représenté sous forme non normalisée, mais extrêmement répandue, les huit opérateurs NON-ET (deux circuits intégrés) qui sont nécessaires à sa réalisation.

On pourra prendre  $E = V_{cc} \approx 6$  V; cette valeur convient aussi pour  $E'$ , et il existe des piles de force électromotrice égale à 6 V.



qu'il existe des dispositifs capables de réaliser les chronogrammes de la fig. 19. Ainsi, on peut composer le schéma fonctionnel de la fig. 18 et concevoir la solution, ce qui exige aussi de la réflexion, mais au niveau fonctionnel, c'est-à-dire en aval de celui qui concerne les composants.

Nous avons dit que l'ensemble  $I_1$ ,  $C_3$ ,  $R_9$  et  $I_2$  de la fig. 20 (ou de la fig. 21) constitue déjà une bascule monostable dont le fonctionnement est régi par la charge de  $C_3$  à travers  $R_9$  : il s'agit là d'un dispositif à la fois simple et aux propriétés remarquables. Il en existe d'autres de ce type :

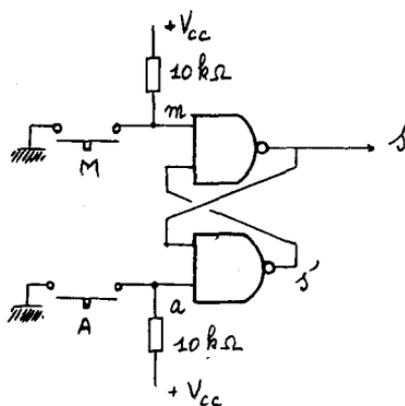


Fig. 22

Ainsi la cellule de la fig. 22 réalise à merveille, munie de deux boutons-poussoirs M et A, la fonction mémoire « marche-arrêt » d'un moteur. La théorie en est très simple : appuyer sur M entraîne  $m = 0$ , donc  $s = 1$ . Mais alors les deux entrées de l'opérateur NON-ET du bas sont à l'état 1 et  $s' = 0$ . On peut alors relâcher M, la sortie  $s$  reste à l'état 1, et « garde la mémoire de l'action sur M », etc.

Ces quelques exemples montrent quelques applications des circuits logiques dont les réalisations sous forme de circuits intégrés abondent. Faire manipuler les plus simples d'entre eux à nos élèves me semble nécessaire pour que l'enseignement de notre discipline conserve son attrait.