

Circuits intégrés logiques

INITIATION, UTILISATION AU COLLEGE

par Jacques BEAULIEU,
Lycée Benjamin-Franklin, 45000 Orléans.

Nous avons là une chance de faire du travail moderne et intéressant, mais il faudra aussi se modérer, compte tenu des limites des élèves et des moyens financiers des établissements. Parmi les différents compromis possibles, voici une maquette destinée à faciliter cette étude (fig. 1 et 1 bis).

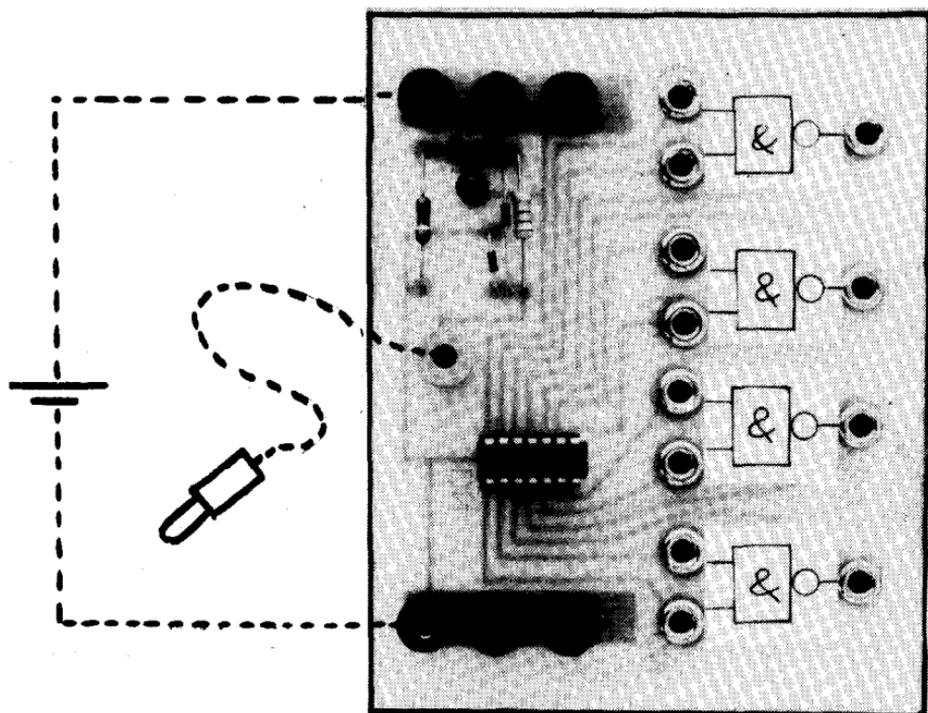
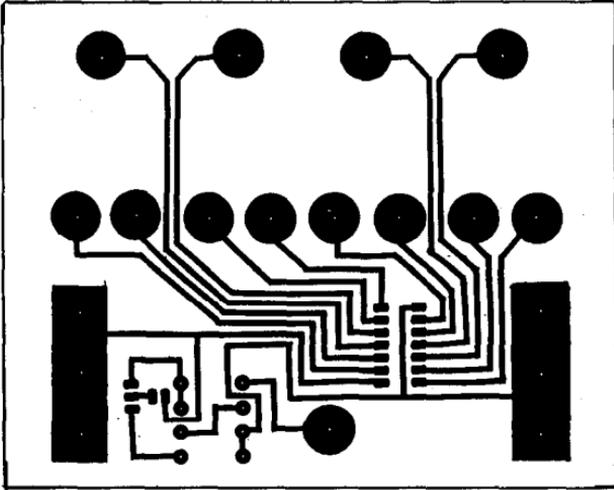


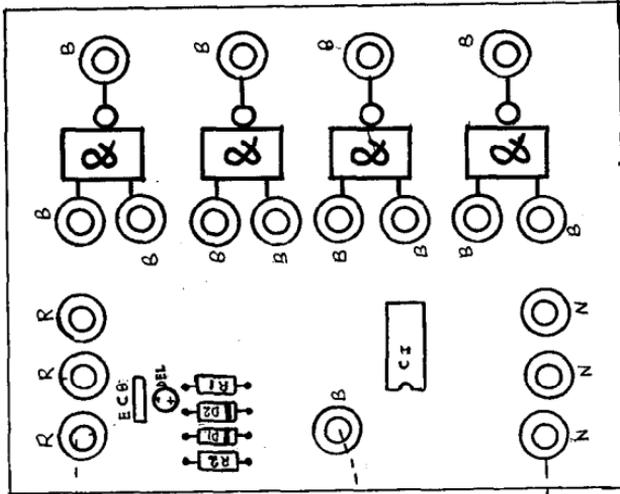
Fig. 1

Le circuit imprimé, avec les trous percés et le dessin du symbole des portes par sérigraphie, peut être fait par un pro-



Circuit imprimé

vu de dessus, à travers l'époxy, avant le perçage des trous.



Côté composants

- CD 4011B
- C.I. sur support
- R₁ : 2,2 kΩ
- R₂ : 39 Ω
- D₁ : 1N4148
- D₂ : 1N4148
- DEL : diode électroluminescente
ø 5 mm, rouge.
- Transistor : BD 135
- douilles pour fiches bananes ø 4 mm
- R rouges
- N noirs
- B blanches

Fig. 1 bis

fessionnel pour moins de 20 F, si on en commande une quantité suffisante. La mise en place et la soudure des composants peuvent être faites par un lycée technique. Le prix final d'une maquette est de l'ordre de 50 à 60 F pour une série de quelques centaines.

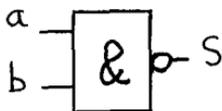
DESCRIPTION DE LA MAQUETTE.

Le circuit intégré étudié est placé sur un circuit imprimé $10 \times 12,5$ cm. Des douilles pour fiches bananes 4 mm sont reliées aux broches du circuit intégré par les pistes du circuit imprimé. Le dessin du symbole des portes évite à l'utilisateur de se soucier du brochage du composant. Nous avons aussi prévu une sonde logique : une diode électroluminescente (DEL) s'allume si l'entrée de la sonde est au niveau logique haut (le 1 logique), c'est-à-dire si le potentiel de l'entrée de la sonde est voisin de celui du plus de l'alimentation.

Nous avons prévu un petit montage électronique pour que la DEL allumée soit bien visible. Il y passe un courant voisin de 15 mA quelle que soit la tension d'alimentation entre 3 et 15 volts (voir Annexe).

LE CIRCUIT INTEGRE ETUDIE.

Le 4011 B (vérifier à l'achat la présence de la lettre B), nous a paru bien convenir. C'est une quadruple porte \overline{ET} (NON ET, appelée aussi NAND), de technologie C.M.O.S. série B avec protections internes et dont les sorties peuvent laisser passer quelques mA. Rappelons que cette porte \overline{ET} possède deux entrées a et b et une sortie s .



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

La sortie est au zéro logique (à un potentiel très voisin de celui du moins de l'alimentation) si les deux entrées sont reliées au plus de l'alimentation (le 1 logique). Dans tous les autres cas, la sortie est au potentiel du plus de l'alimentation (*).

(*) Il est entendu qu'une entrée est soit reliée à la borne + de l'alimentation, soit mise à la masse. Elle ne doit pas être laissée « en l'air », comme cela sera montré un peu plus loin.

Ces circuits intégrés sont très répandus et offrent déjà de bonnes possibilités. Ils fonctionnent avec n'importe quelle alimentation continue entre 3 et 15 volts et ne consomment qu'un courant très faible. Une pile 4,5 volts ordinaire convient parfaitement.

CE QUE L'ON PEUT FAIRE, POUR COMMENCER, AVEC DES PORTES ET.

1) Vérifier le fonctionnement d'une porte en reliant sa sortie à l'entrée de la sonde (table de vérité).

2) Faire de la logique. Avec les 4 portes \overline{ET} disponibles, on peut faire d'autres portes : NON ET, \overline{ET} , \overline{OU} , OU, OU exclusif. Par exemple, voici comment faire une porte OU avec 3 portes ET (fig. 2).

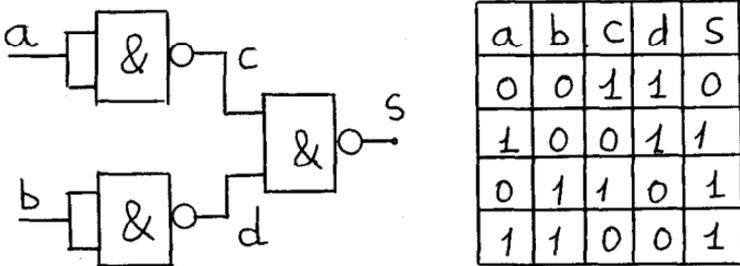


Fig. 2

3) Faire une pré-étude des caractéristiques :

3.1) Les courants. On peut montrer que le courant électrique absorbé par une entrée est très faible.

* Au lieu d'utiliser un fil conducteur, on peut relier une entrée à la pile avec ses doigts. Le montage fonctionne parfaitement.

* On relie ensemble les deux entrées d'une porte par un court fil conducteur puis on branche au point commun obtenu un autre fil conducteur d'une quarantaine de centimètres. Ce dernier fil est simplement posé sur la table (en bois). La sortie de la porte est reliée à l'entrée de la sonde.

On peut faire allumer ou éteindre la DEL de la sonde, en approchant ou en éloignant du fil posé sur la table, une baguette de plastique frottée, ce qui montre bien qu'il suffit d'un courant extrêmement faible pour commander les entrées. Remarquons que ce dernier montage peut être utilisé pour faire des expériences d'électrostatique (sans en abuser).

* On peut montrer que le courant à la sortie est beaucoup plus important. Il est suffisant pour allumer une DEL. On peut aussi montrer qu'une sortie peut commander plusieurs entrées.

3.2) Les tensions. C'est plus difficile. Il faut un voltmètre pour montrer que la tension de sortie varie brusquement même si la tension d'entrée varie très lentement. Notions de seuil et d'amplification.

4) Applications.

Si on étudie les circuits logiques, c'est à cause de leurs applications, en particulier dans les ordinateurs et dans la commande des « robots ».

4.1) Un élément de mémoire (fig. 3).

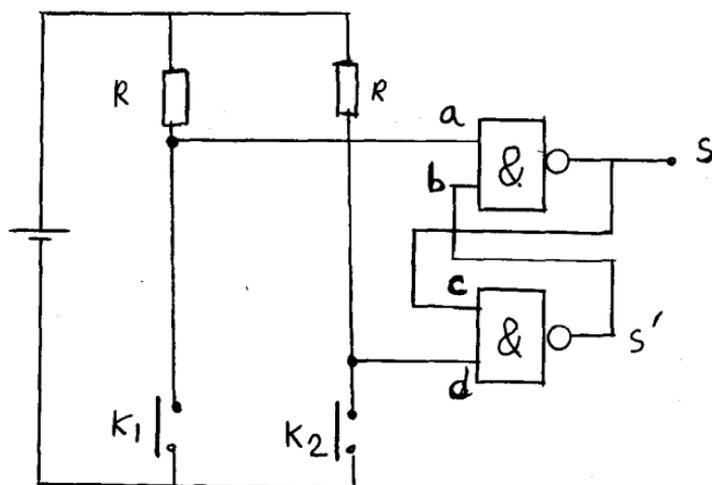


Fig. 3

On relie la sortie de chacune des deux portes à une entrée de l'autre, ce qui donne un montage bistable. Les commutateurs K_1 et K_2 sont utilisés pour faire des contacts très brefs. Au repos K_1 et K_2 sont ouverts. Ils ne sont jamais fermés ensemble.

Si K_1 est ouvert $a = 1$. Si K_2 est ouvert $d = 1$.

Si K_1 est fermé $a = 0$. Si K_2 est fermé $d = 0$.

K_1 et K_2 étant ouverts ($a = d = 1$), on peut avoir $S = 1$ ou $S = 0$ suivant ce qui a été fait avant. Le montage conserve la mémoire des états précédents.

a	b=s'	c=s	d	S	
0	0	1	1	1	K_1 fermé, K_2 ouvert
1	0	1	1	1	K_1 et K_2 ouverts
1	1	0	0	0	K_2 fermé, K_1 ouvert
1	1	0	1	0	K_1 et K_2 ouverts

Applications :

* Des montages bistables peuvent stocker un nombre binaire.

* Si la sortie S est suivie d'un transistor ou d'un relais, $S = 1$ peut correspondre à un moteur qui fonctionne et $S = 0$ à un moteur arrêté. Faire $d = 0$ (fermer K_1), même pendant un temps très court, met le moteur en marche. De même, faire $d = 0$ (fermer K_2), même pendant un temps très court arrête le moteur.

Plus tard, au lieu de K_1 et de K_2 , on pourra faire $a = 0$ ou $d = 0$ avec des circuits logiques, par exemple un compteur décimal avec une horloge à l'entrée. On obtiendra la mise en marche et l'arrêt du moteur à des instants choisis à l'avance.

4.2) Automatisation (fig. 4).

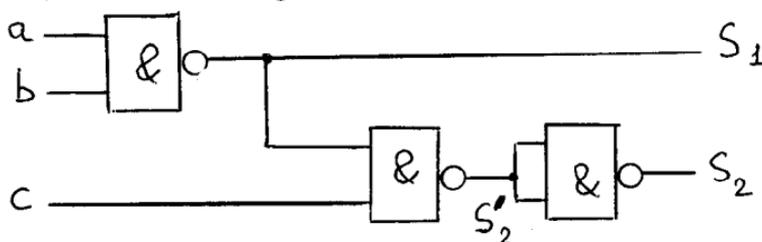


Fig. 4

a	b	c	S_1	S_2'	S_2
0	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0

Exemple, très simplifié, d'un appareil photographique automatique.

Si la lumière ambiante est insuffisante $a = 1$. Si le flash ne peut pas fonctionner (condensateur non rechargé) $b = 1$.

Si $S_1 = 1$, une diode électroluminescente s'allume pour indiquer que la photographie est possible (lumière suffisante $a = 0$, flash disponible $b = 0$).

Si on appuie sur le déclencheur électronique (interrupteur), $c = 1$.

Si $S_2 = 1$, un petit moteur fait fonctionner l'obturateur. La photographie est donc prise si la diode est allumée $S_1 = 1$ et si l'on a appuyé sur le déclencheur $c = 1$.

EXTENSION.

Nous n'avons pas donné ici toutes les possibilités des portes \overline{ET} ; elles seront réutilisées pour d'autres montages les années suivantes. On obtiendra facilement des maquettes pour l'étude d'autres portes, par exemple \overline{OU} , OU exclusif,... en remplaçant le 4011 par un 4001, 4030... et en conservant le circuit imprimé car beaucoup de brochages sont identiques.

On pourra par la suite s'adapter aux exigences des programmes et arriver progressivement à un ensemble de modules complémentaires sans jamais avoir eu à faire de gros investissements.

ANNEXE :

LA SONDE

Pour donner un éclaircissement sensiblement identique avec différentes tensions d'alimentation, la DEL est alimentée par un montage du type générateur de courant constant. La DEL doit être allumée lorsque l'entrée de la sonde est au 1 logique, elle doit être éteinte lorsque son entrée est au zéro logique.

En fait, la DEL commence à s'allumer un peu lorsque la tension à l'entrée de la sonde est supérieure à 0,7 volt, alors que la tension à appliquer aux entrées pour entraîner la commutation

est voisine de $\frac{U}{2}$. Mais comme le niveau bas des sorties est très inférieur à 0,7 volt, le fonctionnement de la sonde est tout à fait satisfaisant dans la plupart des cas.

Si la DEL est éteinte, le montage ne consomme aucun courant.

ETUDE SIMPLIFIEE DU COURANT DANS LA D.E.L. ALLUMEE

La tension d'entrée est voisine de U . Les diodes D_1 et D_2 en série se comportent comme une diode Zener de 1,2 volt. La tension aux bornes de la résistance R_2 est $v_{EM} = v_{BM} - v_{BE}$ soit $1,2 - 0,6 = 0,6$ volt. L'intensité du courant i_C dans la DEL est très voisine de i_2 . Si on veut 15 mA dans la DEL, il faut :

$$R_2 = \frac{0,6}{15 \cdot 10^{-3}} = 40 \Omega.$$

Nous avons pris $R_2 = 39 \Omega$, valeur normalisée la plus proche.

