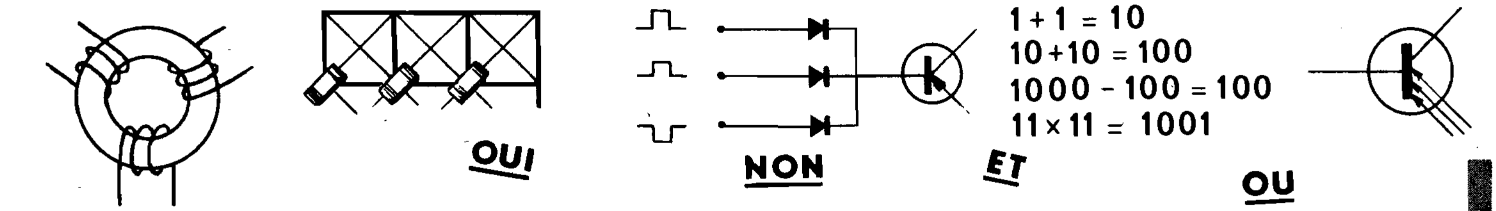
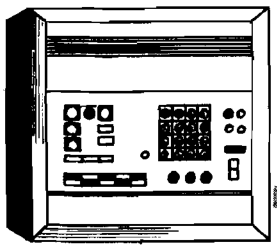




INITIATION AU CALCUL ELECTRONIQUE

Logigrammes

COMME on l'a précisé dans le précédent article, les logigrammes sont des schémas de circuits dans lesquels les portes ET, OU et NON ou leurs combinaisons sont représentées par des figures symboliques.

Les électroniciens ne doivent pas être trop choqués par l'emploi de termes et dessins symboliques car même en électronique et aussi dans toutes les sciences on se sert de symboles qui ne sont qu'une expression générale d'éléments d'une même famille. Ainsi, on a appris à se servir des symboles des lampes, des diodes, des transistors, des circuits intégrés (triangles, rectangles) des bobinages, etc. L'emploi des notations, des figures et d'un langage symboliques est plutôt un facteur de progrès et non une invention des spécialistes destinée à dérouter les non initiés.

Ce qui est à déplorer, c'est surtout le grand nombre de variantes d'un même symbole selon les pays, les auteurs, les marques industrielles, etc, car s'il est déjà difficile de retenir une seule série de symboles, il est encore plus difficile d'en retenir plusieurs.

*
**

Revenons aux logigrammes et reportons-nous à celui de la figure 4 de notre précédent article représentant un circuit d'addition de deux chiffres binaires a et b. On a vu qu'à l'aide de trois portes ET, d'une porte OU et de deux circuits de négation (NON) on peut obtenir la retenue $R = ab$ et $S = a\bar{b} + \bar{a}b$. Une autre manière d'effectuer la somme de deux chiffres binaires (ou nombres d'un chiffre) a et b est d'employer les relations :

$R = ab$

$S = a + b) (\bar{a} + \bar{b})$ (4 bis)

Le logigramme qui donnera R et S sera différent de celui de la figure 4 (précédent article) mais donnera, évidemment les mêmes résultats puisque :

$S = (a + b) (\bar{a} + \bar{b})$
$= a\bar{b} + \bar{a}b$

la deuxième expression de S ayant été obtenue avec le logigramme de la figure 4.

La figure 5 donne le logigramme de l'expression 4 bis de S et, également $R = ab$.

Analysons le schéma de cette figure 5. Les signaux a et b (équivalents aux chiffres a et b qui ne peuvent être que 0 ou 1 de toutes les manières possibles) sont appliqués à la porte (ou l'opérateur) ET représentée en haut qui, conformément à sa définition donne le produit :

$$R = ab$$

De même a et b, doivent être additionnés pour obtenir la somme $a + b$. Ceci se réalise avec une porte OU, représentée au-dessous de la porte ET. A la sortie de cette porte ET on obtient la somme $a + b$.

Il nous faut aussi $a + b$.

Pour cela, le signe + nous conduit à utiliser une autre porte OU, mais les barres de $a + b$ nous obligent à transformer a en $\bar{a}$ et b en $\bar{b}$ à l'aide de circuits de négation (NON).

Donc, finalement, on applique à la porte OU inférieure, a et b ce qui donne à la sortie de cette porte $\bar{a} + \bar{b}$.

Nous disposons ainsi de $a + b$ et de $\bar{a} + \bar{b}$ qu'il faut multiplier. Ceci est réalisable avec une porte ET.

On applique à celle-ci $a + b$ et $\bar{a} + \bar{b}$ et on obtient à la sortie finale :

$S = (a + b) (\bar{a} + \bar{b})$.

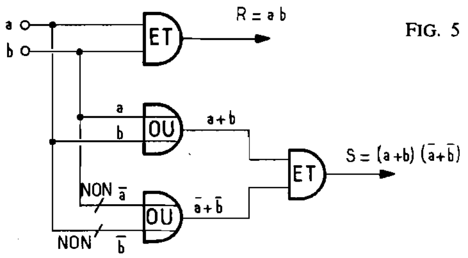


FIG. 5

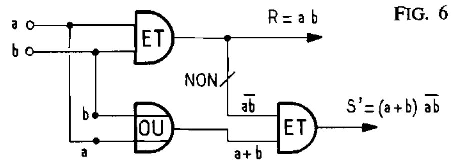


FIG. 6

TROISIÈME DISPOSITIF

Pour R on doit procéder comme dans les deux dispositifs précédents (figures 4 et 5).

Le troisième logigramme, celui de la figure 6, est constitué pour réaliser S selon l'expression :

$$S = (a + b) \overline{ab}$$

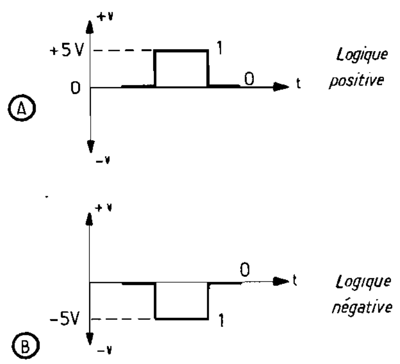
qui est équivalente aux deux autres.

En effet $\overline{ab} = \bar{a} + \bar{b}$ selon une des relations de Morgan, donc, cette troisième expression de S est égale à la deuxième.

Le dispositif de la figure 6, la porte ET, auquel on applique $a + b$ donne $R = ab$.

La porte OU à laquelle on applique également $a + b$ donne $a + b$.

FIG. 7



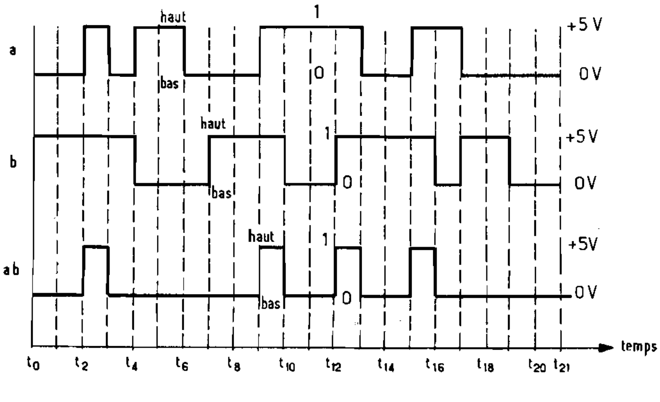
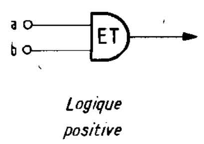


FIG. 8



On dispose, par conséquent, pour constituer S, de $a + b$ et de ab. Il faut transformer à l'aide d'un circuit de négation NON, ab en $\overline{ab}$.

Finalement, on applique à la porte ET, $a + b$ et $\overline{ab}$ ce qui donne bien à la sortie du dispositif :

$$S = (a + b)\,\overline{ab}$$

Le mérite du montage de la figure 6 est d'être plus simple que les deux précédents, car il ne nécessite que trois portes (deux ET et une OU) et un circuit de négation, tandis que le montage de la figure 5 utilise quatre portes et deux circuits de négation tandis que celui de la figure 4, trois portes et deux circuits de négation également.

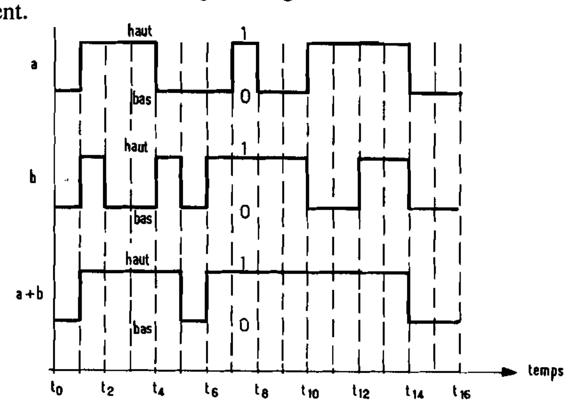
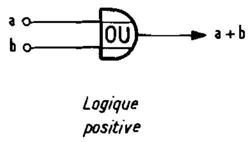


FIG. 9



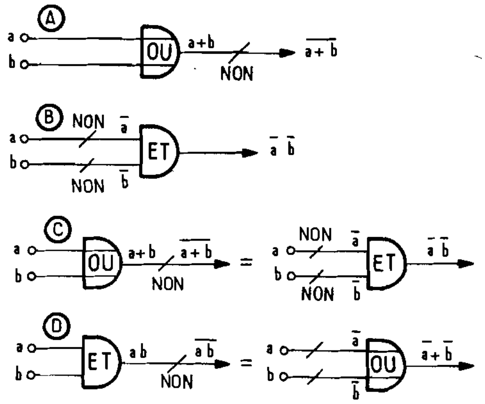


FIG. 10

EMPLOI DES IMPULSIONS

Le grand mérite de la numération binaire est qu'il n'y a que deux chiffres, 0 et 1 dont l'électronique peut trouver deux équivalents exprimés par des grandeurs physiques, par exemple deux niveaux de tensions comme la tension zéro qui représenterait le chiffre zéro et une tension E positive ou négative, représentant le chiffre 1, par exemple E = + 5 V ou E = – 5 V, etc.

Si E est positive on dit que l'on travaille en **logique positive;** si E est négative on travaille en **logique négative.**

Soit un signal rectangulaire, à une seule impulsion, comme celui de A ou B, figure 7.

Si la logique est positive, le 1 est représenté par la tension + E (par exemple + 5 V). Si la logique est négative l'impulsion négative de – 5 V représente zéro au niveau zéro volt et 1 au niveau – 5 V.

On dit aussi qu'il y a deux niveaux : haut et bas. Le niveau bas est toujours celui qui correspond à la tension la plus négative (ou moins positive) et le niveau haut est celui de tension la plus élevée.

Ainsi, en A figure 7, le niveau haut est + 5 V correspondant à 1 et le niveau bas est zéro volt correspondant à zéro.

Dans le cas de la figure 7 B, le niveau haut est zéro volt correspondant à zéro et le niveau bas est – 5 V correspondant à 1 en logique négative.

En résumé, pour les niveaux, on compare les tensions exprimées par leur signe comme en algèbre.

Un autre avantage de ce système binaire est qu'il est difficile de confondre les niveaux haut et bas, même si les tensions exactes correspondantes ne sont pas obtenues avec une précision très grande.

Les circuits électroniques peuvent être réglés de manière que le niveau considéré soit obtenu avec une certaine marge d'erreur (ou tolérance), par exemple ± 10 %.

On comprend aisément que si l'on avait affaire à un nombre plus grand que 2 de niveaux, par exemple 10, une petite erreur de niveau serait susceptible de faire confondre un niveau avec un niveau voisin, supérieur ou inférieur. De plus, il n'y aurait pas non plus le choix entre deux niveaux, le niveau haut et le niveau bas.

Les signaux a et b peuvent se modifier avec le temps. Ainsi, la figure 8 donne un exemple de signaux a et b variant avec le temps t.

Le signal a est zéro de t_0 à t_2, 1 de t_2 à t_3, zéro de t^3 à t_4, 1 de t_4 à t_6, etc.

Le signal b, dans cet exemple est différent de a à certains moments et égal à a à d'autres moments.

Leur produit ab est toutefois réalisable à l'aide d'un opérateur (porte) ET, à condition que $a + b$ soient toujours 1 ou 0 ou, électriquement, de deux niveaux : haut et bas (en logique positive 1 et 0, en logique négative 0 et 1).

A droite des diagrammes des signaux $a + b$ on a représenté la porte ET qui, recevant les signaux a et b, donne à la sortie le signal ab. La logique adoptée est la logique positive avec le niveau haut correspondant à + 5 V (1) et le niveau bas à zéro et à zéro volt.

Le produit logique se détermine comme un produit classique, mais tout ce qui n'est pas zéro est égal à 1. Partons de t_0. De t_0 à t_2 on a :

$a = 0, b = 1$ donc $ab = 0$
De t_2 à t_3 : $a = 1, b = 1$ donc $ab = 1$
De t_3 à t_4 : $a = 0, b = 1$ donc $ab = 0$
De t_4 à t_6 : $a = 1, b = 0$ donc $ab = 0$
et ainsi de suite.

Le produit est représenté graphiquement par le diagramme disposé au-dessous de ceux de a et b.

On remarquera, par exemple, que de $t = t^3$ jusqu'à $t = t_9$ on a: $ab = 0$ car, à tout moment de cet intervalle de temps, a ou b, ou les deux, sont nuls donc ab doit être nul.

On a $ab = 1$ seulement lorsque a et b sont 1 à la fois. L'opération OU qui réalise la somme logique est représentée par la figure 9, où a et b ont des valeurs 1 et 0 (en logique positive toujours), différentes selon le temps.

L'opérateur OU donnant $a + b$ est représenté à droite et la somme $a + b$ au-dessous de a et b.

On voit que :

de t_0 à t_1, $a = 0, b = 0$ donc $a + b = 0$
de t_1 à t_2, $a = 1, b = 1$ donc $a + b = 1$ (et non 2)
de t_2 à t_4, $a = 1, b = 0$ donc $a + b = 1$
de t_4 à t_5, $a = 0, b = 1$ donc $a + b = 1$
et ainsi de suite.

REPRÉSENTATION LOGIQUE DES RELATIONS DE MORGAN

Ces relations sont :

$$\overline{a + b} = \bar{a}\bar{b}$$
$$\overline{ab} = \bar{a} + \bar{b}$$

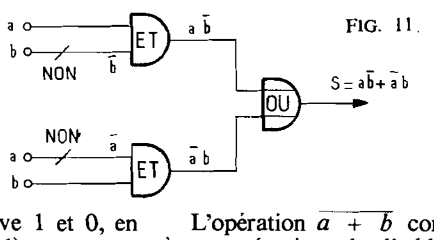


FIG. 11

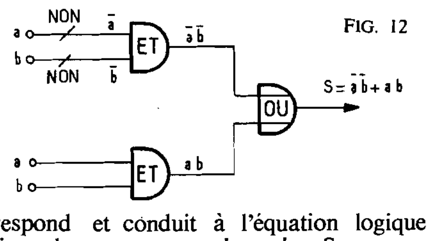


FIG. 12

L'opération $\overline{a + b}$ correspond à une négation de l'addition de a et b; il nous faut, par conséquent, une porte OU et deux inverseurs NON ce qui donne le dispositif représenté en (A) sur la figure 10. D'autre part, le second nombre de la relation de Morgan est $\bar{a}\bar{b}$, c'est-à-dire le produit des négations de a et b ce qui conduit à utiliser un circuit comme celui de (B) figure 10.

Passons à la deuxième relation $\overline{ab} = \bar{a} + \bar{b}$. Le produit $\overline{ab}$ peut s'obtenir à partir d'une porte ET recevant $a + b$ suivie d'un circuit NON qui donnera $\overline{ab}$ comme on l'indique en D figure 10 à gauche.

La somme $a + \bar{b}$ des négations de a et b peut s'obtenir avec deux circuits NON et une porte OU, comme on le montre à droite de la figure 10 D.

PROBLÈMES

Divers problèmes peuvent être posés au sujet des signaux a et b et du signal résultant que nous désignerons par S.

Problème 1 : on donne deux signaux a et b appliqués à un circuit logique donnant à la sortie un signal S tel que l'on ait : S = 1 si $a = 1$ et $b = 0$, ou $a = 0$ et $b = 1$.

L'équation logique s'écrit :

$$(a \text{ ET } \bar{b}) \text{ OU } (\bar{a} \text{ ET } b) = S$$

ce qui conduit à l'emploi de portes ET, OU et de circuits inverseurs NON.

La figure 11 donne le logigramme du circuit à réaliser.

Problème 2 : on dispose de deux signaux a et b et on demande de réaliser un dispositif logique tel que le signal de sortie S soit 1, seulement si $a = b = 0$ ou si $a = b = 1$, ce qui s'écrit :

$$(\bar{a} \text{ ET } \bar{b}) \text{ OU } (a \text{ ET } b)$$

et conduit à l'équation logique :

$$ab + ab = S$$

qui peut être effectuée avec le montage indiqué par le logigramme de la figure 12.

Remarquons que l'on a toujours la possibilité de réaliser d'autres schémas en utilisant les théorèmes de Morgan qui permettent de remplacer des produits par des sommes. Ainsi $\bar{a}\bar{b}$ peut être remplacé par $\overline{a + b}$, autrement dit une porte ET et deux circuits NON par une porte OU et un seul circuit NON, comme on l'a montré en C figure 10.