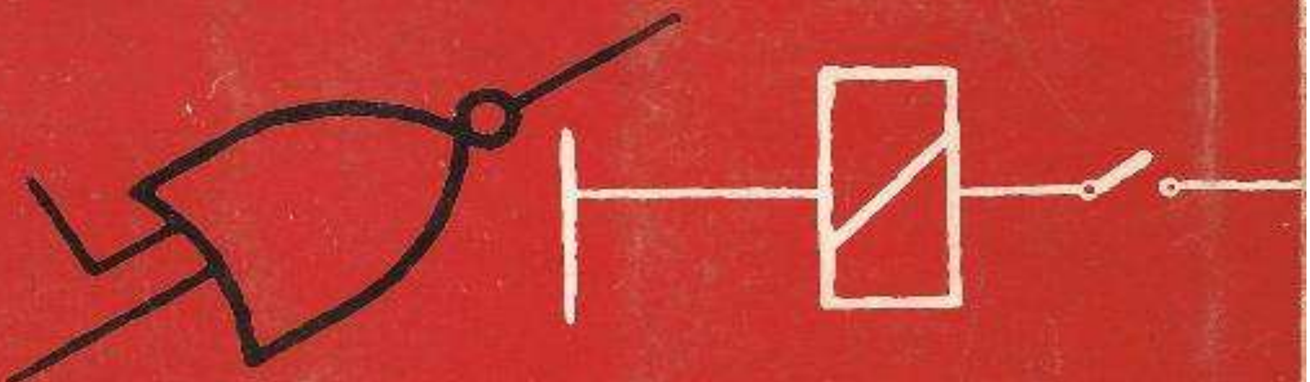
AUTOMATISMO ELECTRICO Y ELECTRONICO



1ª EDICION

F. ARTERO

F. ARTERO PUJOL

Automatismo Eléctrico y Electrónico

EDICIONES CEDEL
José Oriol Avila Monteso

VILADRAU
Avda. Virgen de Fátima

BARCELONA
Mallorca, núm. 257

Depósito legal: Z. 746-1975
I. S. B. N. 84-400-0954-2

Imprenta y Litografía O.

Edita: F. Artero — Paseo de Teruel, 36 — ZARAGOZA

INDICE

Págs.

CAPITULO I

CAPITULO II

CAPITULO III

CAPITULO IV

CAPITULO V

Págs.

CAPITULO VI

CAPITULO VII

CAPITULO VIII

CAPITULO IX

CAPITULO X

CAPITULO XI

Págs.

CAPITULO XII

CAPITULO XIII

CAPITULO XIV

CAPITULO I

1-1. SISTEMAS DE NUMERACION. — La primera operación aritmética que realizó el hombre fue la de contar. Para ello ideó unos entes abstractos, tantos como dedos tienen las manos de una persona normal y los representó según unos signos llamados cifras.

Estos entes abstractos se representan hoy día con los signos

$$0\ ,\ 1\ ,\ 2\ ,\ 3\ ,\ 4\ ,\ 5\ ,\ 6\ ,\ 7\ ,\ 8\ ,\ 9$$

los cuales dan lugar al sistema de numeración decimal, internacionalmente conocido.

La rutina con que utilizamos el sistema de numeración decimal, hace que en ocasiones no tengamos conciencia de los números que utilizamos, olvidando que se componen de unidades, decenas, centenas, etc. Así, por ejemplo, cuando escribimos o hablamos del número *364*, deberíamos tener presente que este número está formado por *4* unidades, *6* decenas y *3* centenas

$$364 = 3 \,.\, 100 + 6 \,.\, 10 + 4$$

puesto en forma exponencial, este número es igual a

$$364 = 3 \,.\, 10^2 + 6 \,.\, 10^1 + 4 \,.\, 10^0$$

Este tipo de notación puede también generalizarse para los números fraccionarios. Así, el número *2,865* es igual a

$$2{,}865 = 2 \,.\, 10^0 + 8 \frac{1}{10} + 6 \frac{1}{100} + 5 \frac{1}{1000}$$

y puesto en forma exponencial

$$2{,}865 = 2 \,.\, 10^0 + 8 \,.\, 10^{-1} + 6 \,.\, 10^{-2} + 5 \,.\, 10^{-3}$$

El sistema de numeración decimal, basado en una circunstancia casual, como es el número de dedos de las manos de una persona, es el más utilizado en la práctica normal, lo cual no quiere decir que cualquier otro sistema de numeración carezca de importancia.

En general, un número perteneciente a un sistema de numeración cualquiera puede representarse según la expresión

$$N = d_n B^n + \ldots\ldots + d_3 B^3 + d_2 B^2 + d_1 B^1 + d_0 B^0 \qquad (1\text{-}1)$$

en la que d es el signo o dígito correspondiente a esa posición y B la base del sistema de numeración.

En el sistema de numeración decimal, $B = 10$ y los dígitos son

$$0\,,1\,,2\,,3\,,4\,,5\,,6\,,7\,,8\,,9$$

Un sistema de numeración hasta cinco tendrá como base $B = 5$ y sus dígitos serán

$$0\,,1\,,2\,,3\,,4$$

Un sistema de numeración hasta dos, o sistema de numeración binario, tendrá como base $B = 2$ y dispondrá de dos únicos dígitos

$$0\,,1$$

1-2. SISTEMA DE NUMERACION BINARIO. — El sistema de numeración binario es el más ampliamente utilizado después del sistema de numeración decimal. Este sistema nace como consecuencia de los dos únicos estados estables en que pueden encontrarse la mayor parte de los elementos y dispositivos de uso corriente.

Ejemplos típicos a los que se les puede atribuir la base de un sistema de numeración binario, son:

1.º Un conductor eléctrico, puede tener tensión con respecto a otro *(1)* o no tenerla *(0)*.

2.º Un relé electromagnético, puede tener su bobina excitada por el paso de una corriente eléctrica *(1)* o no tenerla excitada *(0)*.

3.º Una lámpara de incandescencia puede estar encendida *(1)* o apagada *(0)*.

4.º Un contacto eléctrico puede estar cerrado *(1)* o abierto *(0)*.

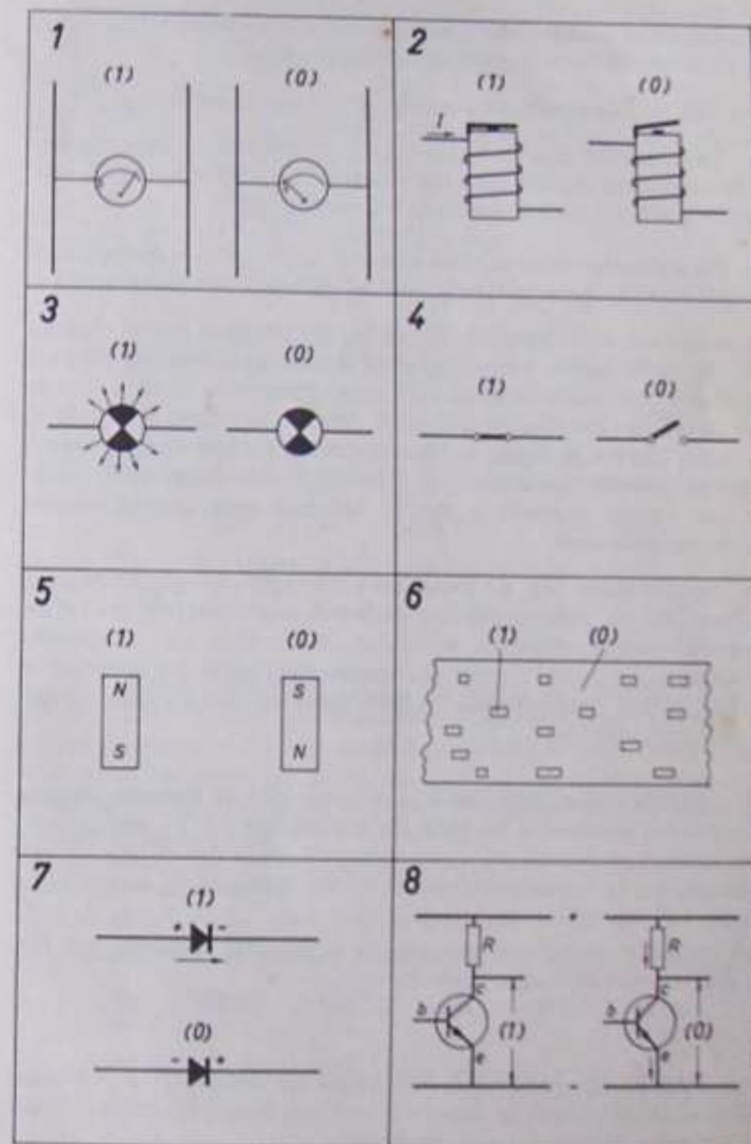


Fig. 1-1

5.° Un núcleo magnético puede encontrarse imantado en un sentido *(1)* o imantado en el sentido contrario *(0)*.

6.° Una tarjeta puede estar perforada *(1)* o no perforada *(0)*.

7.° Un diodo PN puede conducir en el sentido ánodo-cátodo cuando se le aplica una tensión positiva con respecto a su cátodo *(1)*, o no conduce cuando la tensión aplicada es inversa *(0)*.

8.° Un transistor tiene tensión entre el emisor y el colector cuando no conduce *(1)*, pero no tiene tensión cuando conduce *(0)*.

La naturaleza «biestable» de los casos citados hace que el sistema binario de numeración tenga importantísimas aplicaciones, algunas de las cuales desarrollaremos en este libro. Obsérvese cómo a una de las dos posiciones estables de los casos citados, le hemos atribuido el dígito *1* y a la otra el dígito *0*. Naturalmente, no hay ningún inconveniente en cambiar los dígitos, el *1* por el *0* y el *0* por el *1*, únicamente nos hemos limitado a dar la notación más corrientemente empleada en cada caso.

Los casos citados son de utilización corriente en electricidad y electrónica. En la práctica diaria podemos encontrarnos con otros muchos de carácter eléctrico, mecánico, hidráulico, etc., proporcionando otras aplicaciones no menos interesantes, como por ejemplo la neumática, cuyos fundamentos son idénticos al estudio que inicialmente desarrollaremos.

1-3. ESCRITURA BINARIA. — Puesto que el sistema binario de numeración solamente dispone de dos dígitos *(0, 1)*, un número binario estará compuesto por agrupación de estos dos dígitos, y por consiguiente en la expresión general de los sistemas de numeración (ecuación 1-1), las letras correspondientes a d_n, ... d_3, d_2, d_1 y d_0, no podrán tomar otro valor que no sea *0* ó *1*. Por ejemplo, son números del sistema de numeración binario,

1001 ; 11110 ; 10 ; 1000001 ; 11011 ; 101

1-4. PASO DEL SISTEMA BINARIO AL DECIMAL. — Puesto que en el sistema binario la base es $B = 2$, según la expresión general de los sistemas de numeración, tendremos que

$$N = d_n 2^n + \dots\dots + d_3 2^3 + d_2 2^2 + d_1 2^1 + d_0 2^0$$

Esta expresión nos muestra cómo el sistema binario está basado en las potencias de dos; un desplazamiento hacia la izquierda multiplica por dos y un desplazamiento hacia la derecha divide por dos.

Así, pues, para hallar el equivalente número decimal de un número binario, lo descompondremos en sus potencias de dos, afectadas del dígito correspondiente.

EJEMPLOS

1. — Hallar el equivalente decimal del número binario 101.

$$101 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$
$$= 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1$$
$$= 4 + 1 = 5 \text{ (decimal)}$$

2. — Determinar el equivalente decimal del número binario 1101.

$$1101 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$
$$= 1 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1$$
$$= 8 + 4 + 1 = 13 \text{ (decimal)}$$

1-5. PASO DEL SISTEMA DECIMAL AL BINARIO. — Dado que el sistema binario está basado en las potencias de dos, para transformar un número decimal en su equivalente número binario, se van efectuando las sucesivas divisiones por dos del número decimal; los restos de dichas divisiones nos dan el número binario equivalente, leído de abajo a arriba.

EJEMPLOS

1. — Convertir el número decimal 28 en su equivalente binario.

cociente	resto
28 : 2 = 14	0
14 : 2 = 7	0
7 : 2 = 3	1
3 : 2 = 1	1
1 : 2 = 0	1

28 (decimal) = 11100 (binario)

2.—Hallar el equivalente número binario del número decimal 133.

	cociente	resto
133 : 2 =	66	1
66 : 2 =	33	0
33 : 2 =	16	1
16 : 2 =	8	0
8 : 2 =	4	0
4 : 2 =	2	0
2 : 2 =	1	0
1 : 2 =	0	1

133 (decimal) = 10000101 (binario)

3.—Hallar los números binarios equivalentes a los 16 primeros números decimales.

Efectuando las sucesivas divisiones por dos, de cada uno de estos 16 números, obtendremos la siguiente tabla:

Decimal	Binario
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
16	10000

1-6. ARITMETICA BINARIA.—El sistema binario de numeración admite las mismas operaciones aritméticas que el sistema decimal, es decir, que podrán realizarse la suma, resta, multiplicación y división de números binarios. Para nuestro propósito tienen sumo interés las operaciones de suma y multiplicación, las cuales veremos seguidamente.

1-7. SUMA DE NUMEROS BINARIOS.—Para efectuar la suma de números binarios basta tener presente las tres reglas siguientes:

$$0 + 0 = 0 \quad ; \quad 1 + 0 = 0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ y se lleva } 1 \rightarrow 10$$

Obsérvese cómo la suma de $1 + 1$ debería ser 2, pero como este dígito no es del sistema binario habrá que representarla por medio de dos dígitos *(10)*. Esto ocurre también en el sistema decimal, ya que $9 + 1 = 0$ y se lleva uno *(10)*.

EJEMPLOS

1.—Efectuar la siguiente suma

$$\begin{array}{r} 1001 \\ +\ 101 \\ \hline 1110 \end{array} \quad \text{equivale a} \quad \begin{array}{r} 9 \\ +\ 5 \\ \hline 14 \end{array}$$

2.—Efectuar la suma

$$\begin{array}{r} 10011 \\ +\ 11001 \\ \hline 101100 \end{array} \quad \text{equivale a} \quad \begin{array}{r} 19 \\ +\ 25 \\ \hline 44 \end{array}$$

3.—Efectuar la suma

$$\begin{array}{r} 10111 \\ +\ 11011 \\ \hline 110010 \end{array} \quad \text{equivale a} \quad \begin{array}{r} 23 \\ +\ 27 \\ \hline 50 \end{array}$$

Obsérvese cómo $1 + 1 + 1 = 1$ y se lleva $1 = 11$.

1-8. MULTIPLICACION DE NUMEROS BINARIOS. — La multiplicación de números binarios se rige según las siguientes reglas:

$$0 \times 0 = 0 \quad ; \quad 0 \times 1 = 1 \times 0 = 0 \quad ; \quad 1 \times 1 = 1$$

Teniendo en cuenta estas tres reglas, la multiplicación de números binarios ya no tiene nada de especial, y se lleva a cabo exactamente igual que para los números decimales.

EJEMPLOS

1. — Efectuar el producto

$$\begin{array}{r} 101 \\ \times 11 \\ \hline 101 \\ 101 \\ \hline 1111 \end{array} \quad \text{equivale a} \quad \begin{array}{r} 5 \\ \times 3 \\ \hline 15 \end{array}$$

2. — Efectuar el producto

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 1011 \\ \hline 1101 \\ 1101 \\ 1101 \\ \hline 10001111 \end{array} \quad \text{equivale a} \quad \begin{array}{r} 13 \\ \times 11 \\ \hline 143 \end{array}$$

CAPITULO II

2-1. ALGEBRA DE BOOLE. — El álgebra de Boole, conocida también como álgebra lógica o álgebra de conmutación, debe sus comienzos a los trabajos publicados, en 1847, por un matemático inglés llamado George Boole.

El álgebra de Boole, aplicada a los circuitos eléctricos, se basa en el carácter binario de los elementos que en él intervienen y que dan lugar a las siguientes verdades lógicas:

1.ª Un contacto eléctrico no puede adoptar más que dos únicos estados, «abierto» o «cerrado». Un contacto abierto se representa simbólicamente por el número cero, y un contacto cerrado por el número uno (fig. 2-1).

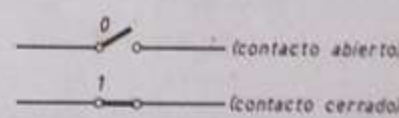


Fig. 2-1

2.ª La agrupación de un cierto número de contactos solamente pueden dar lugar a dos combinaciones lógicas de salida:

0 (ausencia de tensión)

1 (presencia de tensión)

Analizando detenidamente un circuito eléctrico cualquiera, observaremos que está compuesto por un cierto número de contactos, en una disposición que podrá ser: serie, paralelo o mixta, y cuya misión no es otra que la de alimentar a un determinado receptor.

Sea por ejemplo el circuito indicado en la figura 2-2. Este circuito está compuesto por tres contactos eléctricos, en una disposición mixta, cuya misión es la de alimentar a un relé R. El estado en que se encuentran estos contactos no lo hemos representado, pero de antemano sabemos que cada uno de ellos podrá adoptar la posición de «abiertos» (0) o «cerrados» (1). De las diversas combinaciones que pueden realizarse con los contactos de este circuito, habrá unas que determinarán la continuidad eléctrica del circuito hasta el receptor, en cuyo caso habrá paso de corriente y, por consiguiente, tensión de salida (1), o dicho de otra forma, habrá tensión en bornas del receptor; por el contrario, nos encontraremos con que algunas de las combinaciones no establecen continuidad eléctrica hasta el receptor, por lo que no habrá paso de corriente y, por lo tanto, tampoco habrá tensión de salida (0).

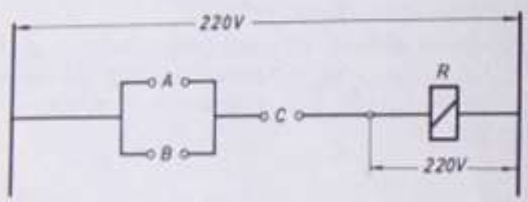


Fig. 2-2

Todo lo dicho hasta ahora nos lleva a la conclusión de que un circuito eléctrico cualquiera estará compuesto por un cierto número de variables binarias de entrada, o variables independientes (los contactos), las cuales dan como resultado una variable binaria de salida (el receptor). Del número de variables de entrada de que disponga el circuito, dependerá el número de combinaciones diferentes que con ellas puedan realizarse, de forma que con n variables de entrada se podrán obtener 2^n combinaciones diferentes, las cuales solamente podrán tomar el valor «0» ó «1» de salida.

Basándose en estos principios, el álgebra lógica o álgebra de conmutación representa las variables de entrada de un circuito mediante letras, las cuales, convenientemente agrupadas de acuerdo a cier-

tas condiciones previamente establecidas y sujetas a reglas operativas, dan lugar a expresiones algebraicas de variables binarias, que podrán ser transformadas y simplificadas, dando como resultado final una expresión fácilmente traducible a un circuito eléctrico o electrónico que cumplirá las condiciones a que fueron sometidas las variables.

Al igual que el álgebra corriente, el álgebra de Boole se fundamenta en postulados y teoremas. Veamos seguidamente estos postulados y teoremas.

POSTULADOS

Postulado 1

La suma lógica de dos o más variables equivale a la realización eléctrica de contactos en paralelo

$$A + B = S$$

Para poner en evidencia este postulado, realicemos primeramente las cuatro combinaciones diferentes que pueden obtenerse con dos contactos en paralelo, $2^2 = 4$ (fig. 2-3).

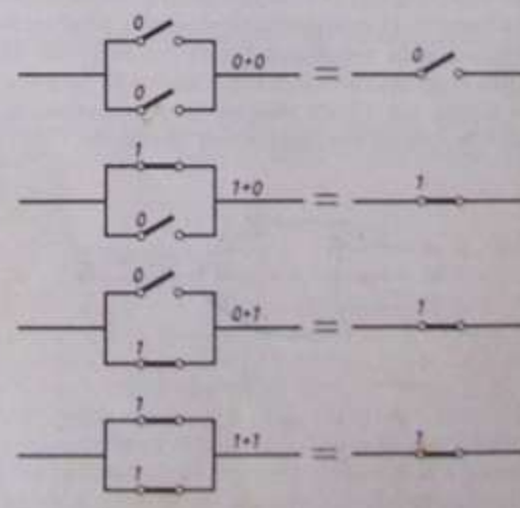


Fig. 2-3

Si ahora comparamos estos resultados con los obtenidos mediante «la tabla de la verdad», o tabla obtenida mediante las combinaciones de las variables independientes y los resultados que de dichas combinaciones se deducen, observaremos cómo efectivamente la suma lógica de dos o más variables equivale a la realización eléctrica de contactos en paralelo.

A	*B*	$A + B = S$
0	*0*	$0 + 0 = 0$
1	*0*	$1 + 0 = 1$
0	*1*	$0 + 1 = 1$
1	*1*	$1 + 1 = 1$

La función «suma lógica» de dos o más variables recibe el nombre de «función O» o «puerta O» (en inglés, puerta OR), debido a que la salida es *1* cuando *A* es *1* «o» *B* es *1*, es decir, que para tener salida *1* es suficiente con que una de las variables de entrada sea *1*; naturalmente, con mayor motivo la salida es *1* si todas sus entradas son *1*.

Como más adelante veremos, existen circuitos electrónicos capaces de realizar esta función, por lo que resulta de sumo interés poder representar la función O mediante un símbolo. Muchos han sido los símbolos utilizados para representar esta función; no obstante, las más importantes fábricas europeas representan la función O según el símbolo de la figura 2-4. Como más adelante veremos, la función O puede disponer de tantas entradas como deseemos.

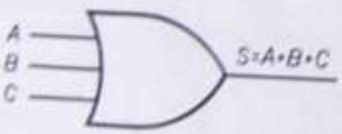


Fig. 2-4

Según este símbolo adoptado, los cuatro estados diferentes en que se puede encontrar la función O de dos entradas, los tenemos representados en la figura 2-5. En el caso de que la función O hubiera tenido tres entradas, el número de estados diferentes en que se podría

encontrar sería de $2^3 = 8$, y sería suficiente con que una sola de sus entradas fuera *1* para que la salida se hiciera igual a *1*.

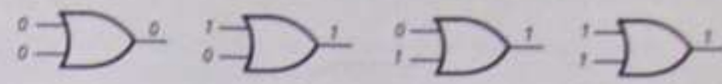


Fig. 2-5

Postulado 2

El producto lógico de dos o más variables equivale a la realización eléctrica de contactos en serie.

$$A \,.\, B = S$$

Representando las cuatro combinaciones diferentes que pueden obtenerse con dos contactos en serie (fig. 2-6),

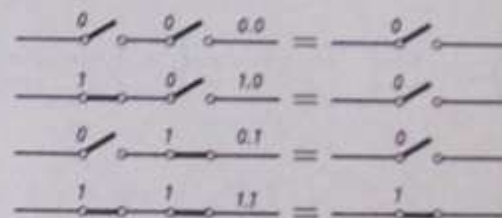


Fig. 2-6

y comparándolas con los resultados obtenidos en la tabla de la verdad de esta función, advertiremos la evidencia del postulado.

A	*B*	$A \,.\, B = S$
0	*0*	$0 \,.\, 0 = 0$
1	*0*	$1 \,.\, 0 = 0$
0	*1*	$0 \,.\, 1 = 0$
1	*1*	$1 \,.\, 1 = 1$

El producto lógico de dos o más variables recibe el nombre de «función Y» o «puerta Y» (en inglés, puerta AND), ya que su salida es *1* cuando *A* es *1* «y» *B* es *1*. En general, podemos decir que es característica de la puerta Y dar señal de salida *1* cuando todas sus entradas son *1*.

Al igual que hemos dicho para la función O, la función Y también se la suele representar mediante un símbolo. En la figura 2-7 representamos una puerta Y de tres entradas.

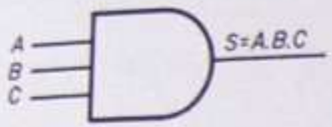


Fig. 2-7

Según este símbolo, las cuatro combinaciones diferentes que puede adoptar al función Y de dos entradas, las hemos representado en la figura 2-8.

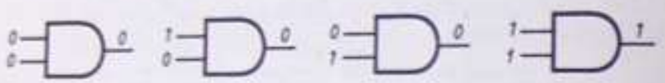


Fig. 2-8

Postulado 3. — A + 1 = 1

A+1 =1

La asociación en paralelo de un contacto *A* con otro siempre cerrado, equivale a un contacto cerrado.

Esto queda en evidencia examinando la realización con contactos (fig. 2-9).

Fig. 2-9

Junto a la realización eléctrica, dibujaremos siempre la realización simbólica del circuito. Más adelante veremos la importancia de este tipo de representación.

Postulado 4. — A + 0 = A

La asociación de un contacto *A* en paralelo con otro siempre abierto, es igual a *A*.

Sobre el circuito eléctrico de la figura 2-10 puede verse perfectamente cómo se cumple esta igualdad.

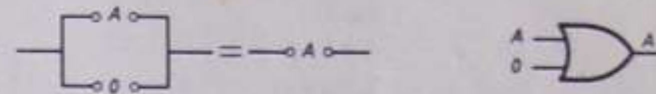


Fig. 2-10

Postulado 5. — A . 1 = A

Un contacto *A* en serie con otro siempre cerrado, es igual a *A*.

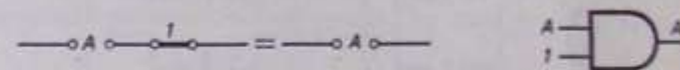


Fig. 2-11

Postulado 6. — A . 0 = 0

Un contacto *A* en serie con otro siempre abierto, es igual a *0*.

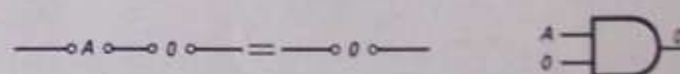


Fig. 2-12

Postulado 7. — A + A = A

Dos contactos iguales en paralelo equivalen a un solo contacto *A*.

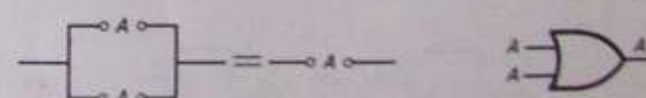


Fig. 2-13

Postulado 8. — A . A = A

Dos contactos iguales en serie equivalen a un solo contacto *A*.

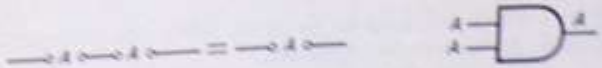


Fig. 2-14

Postulado 9. — A + B = B + A

Esta es la propiedad conmutativa de la suma lógica o función O, la cual nos dice que el resultado de una distribución de contactos en paralelo es independiente de su disposición.

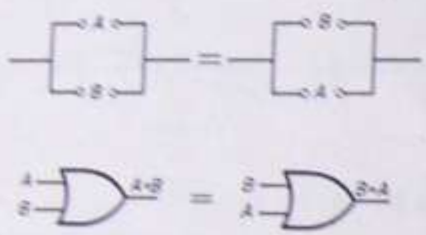


Fig. 2-15

Postulado 10. — A . B = B . A

Propiedad conmutativa del producto lógico o función Y, la cual nos muestra cómo el resultado de una disposición de contactos en serie es independiente del orden en que se coloquen.

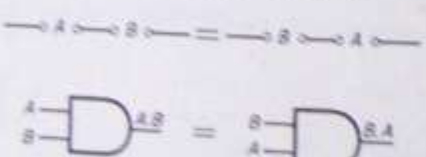


Fig. 2-16

Postulado 11

En el álgebra de Boole pueden utilizarse paréntesis, corchetes, etcétera, para agrupar sumas o productos (funciones O o funciones Y), no afectando para nada en el resultado final.

Por ejemplo:

$$A + B + C = A + (B + C) = (A + B) + C$$

$$A . B . C = A (B . C) = (A . B) C$$

Portulado 12. — A (B + C) = A B + A C

Propiedad distributiva del producto lógico, la cual nos dice que la asociación de un contacto en serie con otros dos en paralelo, equivale a la asociación en paralelo de dos circuitos serie formados por el contacto producto con cada uno de los otros dos (fig 2-17).

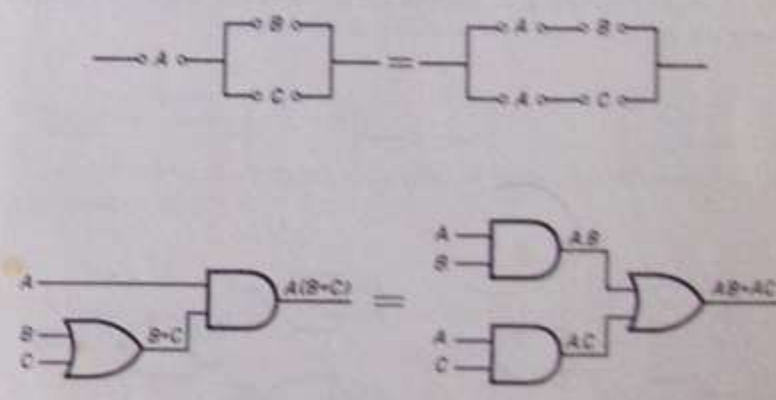


Fig. 2-17

La evidencia de este postulado queda de manifiesto en la figura; no obstante, puede comprobarse también mediante la tabla de la verdad. Como este circuito dispone de tres variables de entrada, podrán realizarse $2^3 = 8$ combinaciones diferentes.

A	B	C	$B + C$	$A(B + C)$		AB	AC	$AB + AC$
0	0	0	0	0		0	0	0
0	0	1	1	0		0	0	0
0	1	0	1	0		0	0	0
1	0	0	0	0		0	0	0
1	1	0	1	1		1	0	1
0	1	1	1	0		0	0	0
1	0	1	1	1		0	1	1
1	1	1	1	1		1	1	1

Postulado 13. — $A + BC = (A + B)(A + C)$

Esta es una segunda propiedad distributiva del producto lógico, la cual nos dice que la asociación de un contacto en paralelo con otros dos en serie, equivale a la disposición en serie del contacto independiente en paralelo con cada uno de los otros dos.

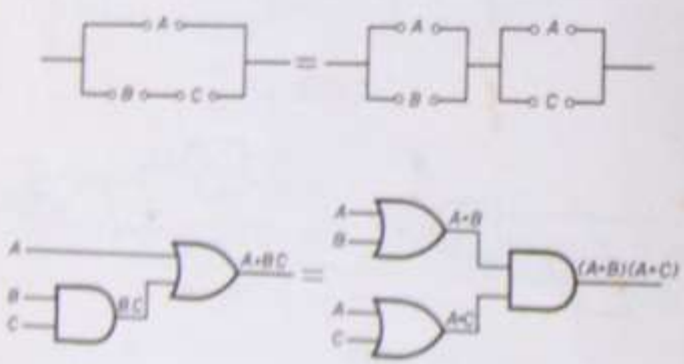


Fig. 2-18

Este postulado queda claramente justificado en el circuito de la figura 2-18; no obstante, puede justificarse también mediante la tabla de la verdad.

Postulado 14. — $A + \overline{A} = 1$

Antes de poner en evidencia la verdad de este postulado, aclaremos que por $\overline{A}$ representamos el valor inverso de A, es decir, que cuando A valga 1, $\overline{A} = 0$, y cuando A valga 0, $\overline{A} = 1$. Una variable o una función cualquiera afectada por esta rayita, puede leerse de varias maneras, por ejemplo, $\overline{S}$ se leerá:

Inversa de .... S
Negación de .... S
NO .... S
Complemento de .... S

Así, pues, un contacto en paralelo con su inversa, da siempre como resultado lógico un contacto permanentemente cerrado, Fig. 2-19.

Fig. 2-19

Postulado 15. — $A \cdot \overline{A} = 0$

Un contacto en serie con su inversa, es igual a un contacto permanentemente abierto.

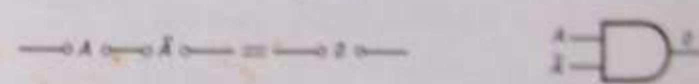


Fig. 2-20

Postulado 16. — $\overline{\overline{A}} = A$

Este postulado nos muestra cómo dando una doble inversión a una variable cualquiera, ésta no varía. Este postulado resulta también válido para cualquier número par de inversiones.

El mismo postulado puede generalizarse para una función cualquiera. Así, para la función O y para la función Y, tendremos

$$A + B = \overline{\overline{A + B}} = \overline{\overline{S}} = S$$
$$A \,.\, B = \overline{\overline{A \,.\, B}} = \overline{\overline{S}} = S$$

Postulado 17. — Si $\mathbf{A = B}$, $\mathbf{\overline{A} = \overline{B}}$

Si invertimos los dos miembros de una igualdad, ésta no varía.

Generalizando este postulado para la suma y el producto lógico, podremos escribir que,

$$A + B = S \quad ; \quad \overline{A + B} = \overline{S}$$
$$A \,.\, B = S \quad ; \quad \overline{A \,.\, B} = \overline{S}$$

Resultados análogos se obtendrán al aplicar este postulado a funciones O o funciones Y de más de dos variables. Igualmente se puede aplicar este postulado a una función cualquiera.

TEOREMAS

Basándonos en los postulados, veamos cómo se demuestran los siguientes teoremas.

Teorema 1. — $\mathbf{A + A\,B = A}$

Según la propiedad distributiva del producto, postulado 12, sacando factor común A, tendremos que

$$A + A\,B = A(1 + B)$$

y como según el postulado 3, $1 + B = 1$

$$A + A\,B = A \,.\, 1 = A \qquad \text{c. q. d.}$$

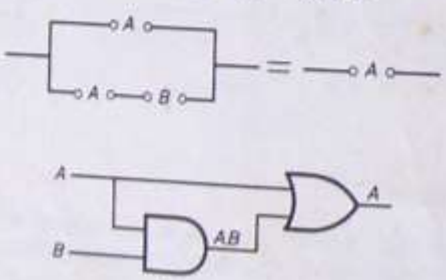


Fig. 2-21

Teorema 2. — $\mathbf{A\,(A + B) = A}$

Al igual que en el teorema anterior, aplicando la propiedad distributiva del producto, tendremos que

$$A(A + B) = A \,.\, A + A \,.\, B$$

y como $A \,.\, A = A$ (postulado 8).

$$A(A + B) = A + A\,B = A \qquad \text{c. q. d.}$$

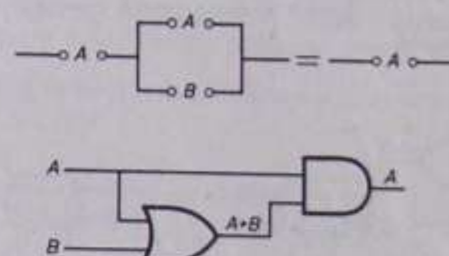


Fig. 2-22

Teorema 3. — $\mathbf{A + \overline{A}\,B = A + B}$

Según la segunda propiedad distributiva del producto, postulado 13,

$$A + \overline{A}\,B = (A + \overline{A})\,(A + B)$$

pero como $A + \overline{A} = 1$, postulado 14,

$$A + \overline{A}\,B = 1(A + B) = A + B \qquad \text{c. q. d.}$$

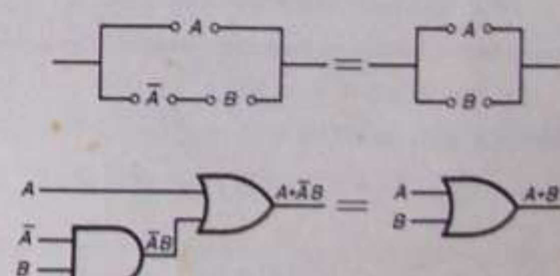


Fig. 2-23

Teorema 4. — $(A+\overline{B})\,B = A\,B$

Aplicando la propiedad distributiva del producto

$$(A+\overline{B})B = A\,B + \overline{B}\,B$$

y como según el postulado 15, $\overline{B}\,.\,B = 0$, tendremos

$$(A+\overline{B})B = A\,B + 0 = A\,B$$

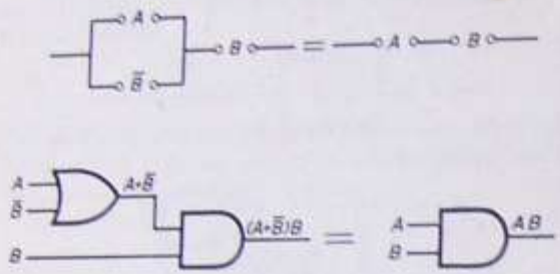


Fig. 2-24

Teorema 5. — $(A+B)\,(\overline{A}+C) = A\,C + \overline{A}\,B$

Aplicando la propiedad distributiva del producto con respecto a la suma, y de la suma con respecto al producto, tendremos

$$(A+B)\,(\overline{A}+C) = A\,\overline{A} + A\,C + B\,\overline{A} + B\,C$$

y como $A\,\overline{A} = 0$,

$$(A+B)\,(\overline{A}+C) = A\,C + B\,\overline{A} + B\,C$$

Ahora bien, el tercer sumando, podemos ponerlo bajo la forma

$$B\,C = B\,C(A+\overline{A}) = B\,C\,A + B\,C\,\overline{A}$$

y sustituyendo este valor de $B\,C$,

$$A\,C + B\,\overline{A} + B\,C\,A + B\,C\,\overline{A} = A\,C(1+B) + B\,\overline{A}(1+C)$$

por lo tanto,

$$(A+B)\,(\overline{A}+C) = A\,C + B\,\overline{A} \qquad \text{c. q. d.}$$

Teorema 6. — $\overline{A+B} = \overline{A}\,.\,\overline{B}$

$\overline{a+b} = \overline{a}\,\overline{b}$

Este teorema es uno de los más importantes del álgebra de Boole, pudiéndose enunciar de la siguiente manera:

«La inversa de una suma lógica o inversa de una función O, es igual al producto lógico o función Y de las inversas de las variables.»

La demostración de este teorema puede realizarse, algebráicamente y con ayuda de los postulados, no obstante, como su demostración resultaría un tanto laboriosa, en este caso pondremos en evidencia este teorema mediante la tabla de la verdad; procedimiento totalmente válido para demostrar un teorema.

La tabla de la verdad, correspondiente a la igualdad del enunciado del teorema, resulta ser:

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$A+B$	$\overline{A+B}$	$\overline{A}\,.\,\overline{B}$
0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0

La cual nos muestra cómo los valores que toma $\overline{A+B}$ son idénticos a los que toma $\overline{A}\,.\,\overline{B}$.

Demostrado el teorema para dos variables, puede ampliarse a tres, cuatro, etc., ya que si multiplicamos los dos miembros de la igualdad demostrada, por una nueva variable, tendremos

$$(\overline{A+B})\overline{C} = \overline{A}\,.\,\overline{B}\,.\,\overline{C}$$

y aplicando el teorema al primer miembro de esta igualdad, tendremos que

$$(\overline{A+B})\overline{C} = \overline{A+B+C} = \overline{A}\,.\,\overline{B}\,.\,\overline{C}$$

Así sucesivamente el teorema se puede ir ampliando a tantas variables como queramos.

Teorema 7. — $\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$

Este teorema puede enunciarse de la siguiente manera:

«La inversa de un producto lógico o inversa de una función Y, es igual a la suma lógica o función O de las inversas de las variables.»

Al igual que el teorema anterior, pongámoslo en evidencia mediante la tabla de la verdad.

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$A.B$	$\overline{A.B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0

Este teorema puede demostrarse también, partiendo del teorema anterior, ya que siendo

$$\overline{A+B} = \overline{A}\,.\,\overline{B} \quad \text{se verifica que} \quad \overline{\overline{A}+\overline{B}} = A\,.\,B$$

y como según el postulado 17, invirtiendo los dos miembros de una igualdad, ésta no varía,

$$\overline{\overline{\overline{A}+\overline{B}}} = \overline{A\,.\,B} \quad \therefore \quad \overline{A}+\overline{B} = \overline{A\,.\,B} \quad \text{c. q. d.}$$

Igualmente podíamos haber hecho la demostración para tres o más variables,

$$\overline{A\,.\,B\,.\,C} = \overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$$

Los teoremas 6 y 7 constituyen los llamados «teoremas de Morgan», de gran importancia en las transformaciones del álgebra de Boole, ya que mediante estos teoremas una suma lógica o función O puede ser transformada en producto lógico o función Y, y viceversa.

CAPITULO III

3-1. SIMPLIFICACION DE FUNCIONES. — Con ayuda de los postulados y teoremas vistos en el capítulo II, resulta evidente que ciertas funciones podrán ser simplificadas, dando como resultado otras funciones equivalentes más sencillas, cuya realización eléctrica mediante contactos o mediante funciones O y funciones Y, podrá llevarse a cabo de una manera más simple y económica. Seguidamente veremos algunos ejemplos de simplificación que nos permitirá apreciar lo que acabamos de decir.

EJEMPLOS

1.° — Simplificar la función $S = \overline{A}B + AB$

Sacando factor común B, tendremos

$$S = B(\overline{A} + A)$$

pero como $\overline{A} + A = 1$, la función equivalente a la del enunciado, será:

$$S = B$$

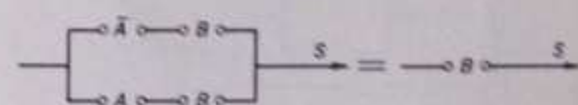


Fig. 3-1

En la figura 3-1 mostramos el circuito eléctrico correspondiente a la función del enunciado, junto con la función equivalente después de la simplificación.

2.° — Simplificar $S = A\,B\,\overline{C} + A\,B\,C + A\,\overline{B}\,C$

Sacando factor común $A\,B$ del primero y segundo sumando

$$S = A\,B(\overline{C} + C) + A\,\overline{B}\,C = A\,B + A\,\overline{B}\,C$$

Sacando ahora factor común a A,

$$S = A(B + \overline{B}\,C)$$

y según el teorema 3, $B + \overline{B}\,C = B + C$, por lo tanto

$$S = A(B + C)$$

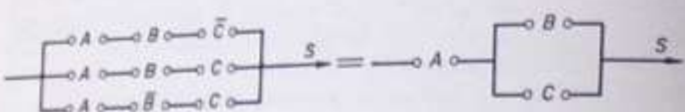


Fig. 3-2

3.° — Simplificar la función $R = E + D\,A + C\,D + B(\overline{A} + \overline{A}\,B)\,(A + \overline{B})$

Según el teorema 1, $\overline{A} + \overline{A}\,B = \overline{A}$, y según el teorema 4, $B(A + \overline{B}) = A\,B$, por lo tanto

$$R = E + D\,A + C\,D + \overline{A}\,.\,A\,B$$

y como $\overline{A}\,.\,A = 0$,

$$R = E + D\,A + C\,D = E + D(A + C)$$

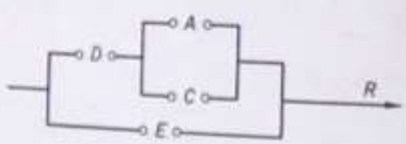


Fig. 3-3

En la figura 3-3 mostramos el circuito eléctrico correspondiente a la función simplificada.

4.° — Simplificar la función $L = A(\overline{A} + B) + (B + \overline{A})\,A\,B$

Aplicando la propiedad distributiva del producto, en los dos sumandos de la función,

$$L = A\,\overline{A} + A\,B + B\,A\,B + \overline{A}\,A\,B$$

de donde se deduce

$$L = 0 + A\,B + A\,B + 0\,B = A\,B + A\,B = A\,B$$

Del postulado 7 se deduce que $A\,B + A\,B = A\,B$

Dibújese el circuito eléctrico correspondiente a la función del enunciado y compárese con la función simplificada.

5.° — Simplificar $S = A\,B\,C + D + A + E\,D$

Sacando factor común A y D, tendremos

$$S = A(B\,C + 1) + D(1 + E)$$

y según el postulado 3, deducimos que

$$S = A + D$$

CAPITULO IV

4-1. OBTENCION DE EXPRESIONES ALGEBRAICAS CORRESPONDIENTES A CIRCUITOS DADOS. — Para obtener la expresión algebraica correspondiente a un circuito dado, nos basaremos en dos principios ya establecidos:

1.ª — Los contactos en serie corresponden con la realización práctica de la función Y o producto lógico.

2.ª — Los contactos en paralelo corresponden con la realización práctica de la función O o suma lógica.

Con objeto de simplificar al máximo las funciones algebraicas habrá que tener en cuenta que todos los contactos que mueve un mismo relé, un pulsador o un mecanismo cualquiera, pueden ser representados por una misma variable. Unicamente habrá que hacer la distinción de si el contacto a que hacemos referencia se halla «normalmente abierto» o «normalmente cerrado»; a los contactos normalmente abiertos de un pusador o relé se los designará por una misma letra, y a los normalmente cerrados se los representará por la misma letra afectada con el signo de «inversión».

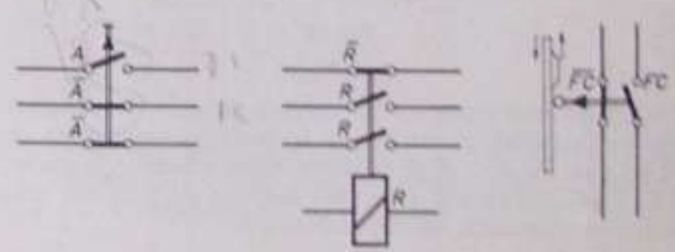


Fig. 4-1

En la figura 4-1 podemos ver la representación algebraica de tres contactos de un pulsador A, de tres contactos de un relé R, y de dos contactos de un final de carrera FC, accionado por un mecanismo cualquiera.

El procedimiento general a seguir para obtener la expresión algebraica de un determinado circuito eléctrico, consiste en ir recorriendo todos los posibles caminos del circuito, de la entrada a la salida, para luego asociarlos todos ellos en paralelo. Este procedimiento general irá perdiendo aplicación a medida que nos vayamos familiarizando con las expresiones algebraicas de los circuitos, ya que intuitivamente iremos agrupando contactos para obtener así directamente la expresión final; no obstante conviene recordar este procedimiento, pues será la base para resolver el problema inverso, es decir, a partir de unas ciertas condiciones que deben cumplir las variables de entrada, obtener la expresión algebraica correspondiente, y de ella el circuito.

EJEMPLOS

1.—Hallar la expresión algebraica del siguiente circuito:

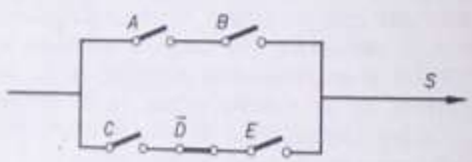


Fig. 4-2

Recorriendo el circuito de izquierda a derecha, observaremos que existen dos caminos, el camino de la parte superior tiene dos contactos en serie $A . B$, y el de la parte inferior tiene tres contactos en serie $C . \overline{D} . E$. Agrupando estos dos caminos en paralelo, tendremos la expresión algebraica correspondiente.

$$S = A B + C \overline{D} E$$

2.—Determinar la función algebraica correspondiente al circuito de la figura 4-3.

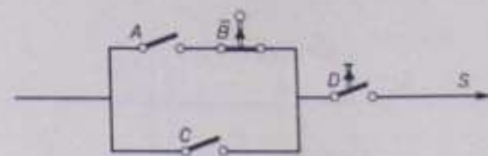


Fig. 4-3

El circuito puede ser recorrido por dos caminos, $A . \overline{B} . D$ y $C . D$, los cuales asociados en paralelo nos dan la expresión algebraica pedida.

$$S = A \overline{B} D + C D = D(A \overline{B} + C)$$

La expresión de este circuito también puede obtenerse considerando que $A . \overline{B}$ están en paralelo con C, $(A \overline{B} + C)$, y a su vez en serie con D,

$$S = (A \overline{B} + C)D$$

3.—Determinar la expresión algebraica del siguiente circuito:

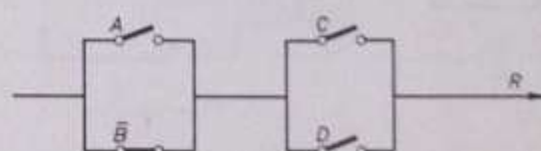


Fig. 4-4

Este circuito puede ser recorrido por cuatro caminos diferentes, pero no obstante el problema puede simplificarse si se tiene en cuenta que $A + \overline{B}$ están en serie con $C + D$, por lo tanto,

$$R = (A + \overline{B}) (C + D)$$

Paralelo +

4.—Expresar algebraicamente el circuito de la figura 4-5.

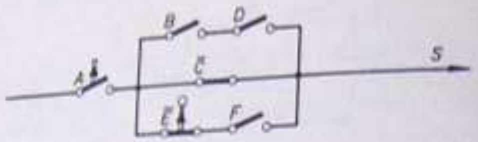


Fig. 4-5

En este caso podemos asociar a A en serie con las tres ramas en paralelo, así que

$$S = A(B\,D + \overline{C} + \overline{E}\,F)$$

5.—Hallar la función correspondiente al circuito indicado en la figura 4-6.

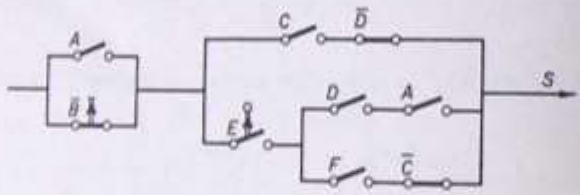


Fig. 4-6

En este caso tenemos dos contactos en paralelo, $A + \overline{B}$, en serie con el resto del circuito. El resto del circuito se compone de dos contactos en serie $C . \overline{D}$ en paralelo con $E(D\,A + F\,\overline{C})$. Agrupando convenientemente estos circuitos parciales, tendremos

$$S = (A + \overline{B})\,[C\,\overline{D} + E\,(D\,A + F\,\overline{C})]$$

6.—Determinar la expresión algebraica del siguiente circuito.

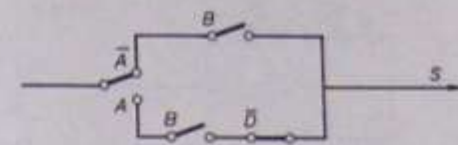


Fig. 4-7

En el circuito tenemos un contacto «conmutado» A, es decir, que en reposo adopta el valor $\overline{A}$ y al accionarlo pasa a la posición A. Actuando de manera similar a como hemos venido haciendo, tendremos que el circuito se compone de dos caminos en paralelo, $\overline{A} . B$ y $A . B . \overline{D}$, por lo tanto

$$S = \overline{A}\,B + A\,B\,\overline{D}$$

7.—Para el mando de una lamparita de señalización L, disponemos del circuito indicado en la figura 4-8. Determinar la función algebraica correspondiente.

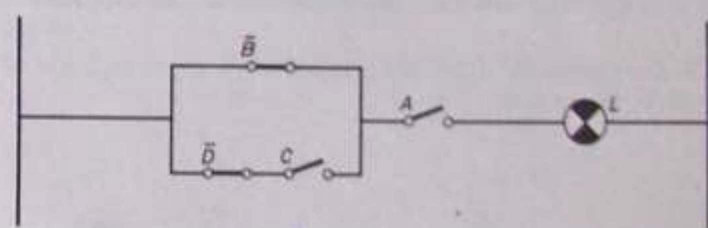


Fig. 4-8

El problema es idéntico al de los casos anteriores, únicamente ahora se nos aclara que la salida del circuito se utiliza para el mando de una lamparita de señalización. Así, pues, la expresión algebraica del circuito resulta ser,

$$L = (\overline{B} + \overline{D}\,C)\,A$$

8. —Obtener la expresión algebraica del circuito de la figura 4-9.

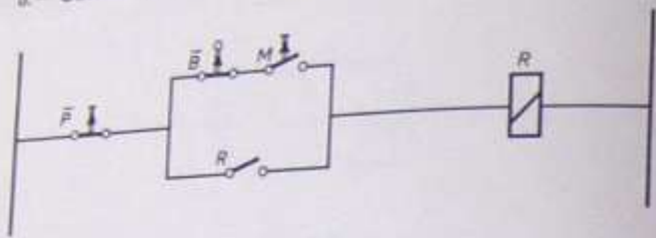


Fig. 4-9

La expresión correspondiente será

$$R = \overline{P}(\overline{B}\,M + R)$$

No hay que extrañarse por que el circuito disponga de una variable de entrada con la misma denominación que la salida R, ya que indudablemente se tratará de un contacto incorporado en el relé. Así, si la salida es cero, el relé se hallará desexcitado $R = 0$, y el contacto R estará abierto; por el contrario si la salida es uno, el relé se hallará excitado $R = 1$, y el contacto R se hallará cerrado. Esto da lugar a lo que más adelante llamaremos lazo de realimentación.

9. —Determinar la expresión o expresiones a que da lugar el circuito de la figura 4-10.

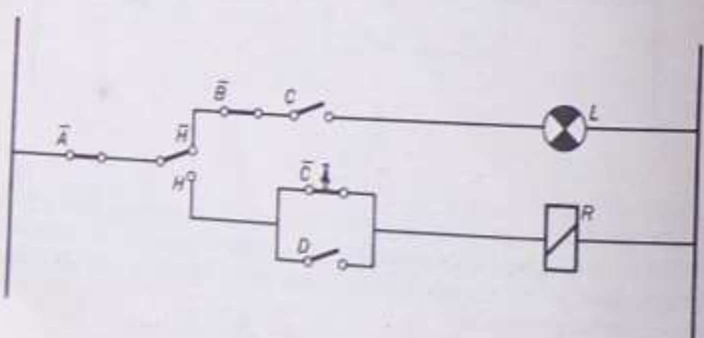


Fig. 4-10

Puesto que el circuito dispone de dos salidas, L y R, serán dos las funciones características de este circuito.

Para L tendremos

$$L = \overline{A}\,\overline{H}\,\overline{B}\,C$$

y para R

$$R = \overline{A}\,H(\overline{C} + D)$$

NOTA. —Con objeto de ir familiarizándose con las expresiones correspondientes a los circuitos, recomendamos se obtenga la tabla de la verdad de algunas de ellas con objeto de ir viendo las condiciones de salida uno de que disponen, y se comprueben sobre el circuito eléctrico.

Así, por ejemplo, las funciones obtenidas en este último circuito nos muestran que la lamparita L tendrá una sola condición de salida «uno» (lámpara encendida), ya que se trata de una función Y de cuatro variables

$\overline{A}$	$\overline{H}$	$\overline{B}$	C	L
1	1	1	1	1

mientras que el relé R tendrá tres condiciones de salida «uno» (relé excitado)

$\overline{A}$	H	$\overline{C}$	D	R
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Cualquier otra condición que establezcamos tendrá salida «ceros», según se deduce de las funciones y se comprueba sobre el circuito. Puesto que la condición «unos» de la lamparita no coincide con ninguna de las tres del relé, se deduce también que en ningún caso lamparita y relé podrán actuar simultáneamente.

CAPITULO V

5-1. OBTENCION DE LA EXPRESION ALGEBRAICA DE UN CIRCUITO A PARTIR DE UNAS CONDICIONES DADAS.

Para resolver estos problemas, tengamos presente el procedimiento utilizado para obtener la función algebraica correspondiente a un circuito dado. Dicho procedimiento consistía en recorrer el circuito, de la entrada a la salida, por todos los caminos posibles, para luego asociarlos en paralelo, es decir, que se asociaban en paralelo todos los caminos que podían hacer «unos» la salida; de esta forma obteníamos la función representativa del circuito, y de ella la tabla de la verdad correspondiente.

Ahora se trata de resolver el problema inverso, por lo tanto lo primero que habrá que hacer es determinar claramente, con ayuda de las condiciones dadas, la tabla de la verdad, para establecer tantos caminos como salidas afirmativas tengamos (las salidas cero que se encuentren en la tabla de la verdad no establecen ningún camino, por lo tanto se desechan). Obtenidos estos caminos, se asocian en paralelo y la expresión resultante, una vez simplificada, si se puede, nos servirá para obtener el circuito correspondiente.

Así, por ejemplo, si la tabla de la verdad, en una de sus condiciones establece que

A	B	C	S
0	1	0	1

el camino a que dará lugar será

$$\overline{A} . B . \overline{C} \quad \text{ya que} \quad \overline{0} . 1 . \overline{0} = 1 . 1 . 1 = 1$$

Veamos seguidamente algunos ejemplos.

EJEMPLO 1

Una lámpara de incandescencia debe poder gobernarse mediante dos pulsadores A y B, de acuerdo a las siguientes condiciones:

A y B en reposo	lámpara apagada
A accionado y B en reposo	lámpara encendida
A en reposo y B accionado	lámpara encendida
A y B accionados	lámpara apagada

Deducir la función característica y el circuito correspondiente.

En primer lugar, determinemos la tabla de la verdad deducida de las condiciones establecidas:

A	B	L
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Según esta tabla de la verdad, existen dos caminos de salida afirmativa, $L = 1$. El primero establece el camino lógico

$$A \,.\, \overline{B}$$

y el segundo

$$\overline{A} \,.\, B$$

Puestos en paralelo estos dos caminos, obtenemos la función

$$L = A\,\overline{B} + \overline{A}\,B$$

la cual no admite simplificación y por lo tanto será la función más simple que cumple las condiciones establecidas por el enunciado del problema (dando valores a A y B, comprobaremos cómo efectivamente cumple las condiciones del problema).

Obtenida la función, no queda más que dibujar el circuito correspondiente, fig. 5-1.

De la función obtenida, antes de dibujar el circuito, puede deducirse que para su realización práctica se necesitará un pulsador A con un contacto normalmente abierto A y un contacto normalmente cerrado $\overline{A}$, y un pulsador B con un contacto normalmente cerrado $\overline{B}$ y un contacto normalmente abierto B.

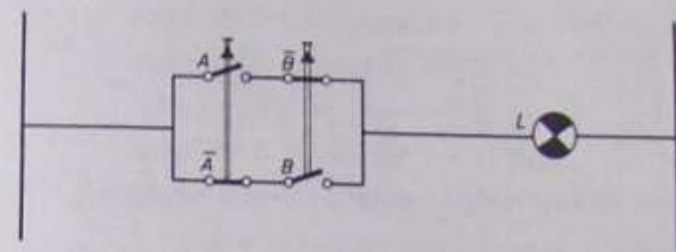


Fig. 5-1

A la vista del circuito, compruébese que efectivamente cumple las condiciones del problema.

EJEMPLO 2

Un contactor R para el accionamiento de un motor eléctrico está gobernado por la acción combinada de tres finales de carrera A, B y C. Para que el motor pueda entrar a funcionar, dichos finales de carrera deben reunir las siguientes condiciones:

1.ª A accionado, B y C en reposo

2.ª B y C accionados, A en reposo

3.ª C accionado, A y B en reposo

4.ª A y C accionados, B en reposo

Hallar el circuito eléctrico que cumple estas condiciones.

La tabla de la verdad correspondiente, será:

A	B	C	R
1	0	0	1
0	1	1	1
0	0	1	1
1	0	1	1

Obsérvese que con tres variables de entrada pueden obtenerse $2^3 = 8$ combinaciones diferentes, pero según el enunciado del problema solamente cuatro dan salida uno, por lo tanto las otras cuatro se supondrán nulas.

Los cuatro caminos que establece la tabla de la verdad, son:

$$A\overline{B}\,\overline{C} \quad ; \quad \overline{A}BC \quad ; \quad \overline{A}\,\overline{B}C \quad ; \quad A\overline{B}C$$

que puestos en paralelo, nos dan la expresión

$$R = A\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}BC + \overline{A}\,\overline{B}C + A\overline{B}C$$

Esta expresión admite simplificación, por lo tanto

$$R = A\overline{B}(\overline{C} + C) + \overline{A}C(B + \overline{B}) = A\overline{B} + \overline{A}C$$

Expresión final que nos permite dibujar el circuito correspondiente, Fig. 5-2.

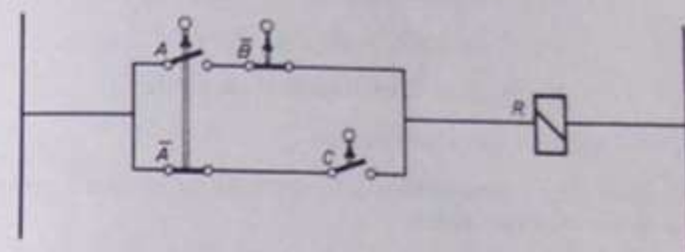


Fig. 5-2

EJEMPLO 3

Un zumbador debe accionarse para dar una señal de alarma, cuando cuatro relés A, B, C y D, cumplen las siguientes condiciones:

1.ª A y B excitados, C y D en reposo

2.ª A y D excitados, B y C en reposo

3.ª C excitado, A, B y D en reposo

4.ª A, B y C excitados, D en reposo

Proyectar el circuito correspondiente.

En primer lugar, determinemos la tabla de la verdad correspondiente a las condiciones dadas:

A	B	C	D	Z
1	1	0	0	1
1	0	0	1	1
0	0	1	0	1
1	1	1	0	1

Z

$A B \overline{C} \overline{D}$
$A \overline{B} \overline{C} D$
$\overline{A} \overline{B} C \overline{D}$
$A B C \overline{D}$

Junto a la tabla de la verdad hemos indicado los cuatro caminos que dan lugar a que el zumbador dé señal de alarma. Estos caminos puestos en paralelo, nos dan la expresión

$$Z = A B \overline{C} \overline{D} + A \overline{B} \overline{C} D + \overline{A} \overline{B} C \overline{D} + A B C \overline{D}$$

Esta expresión admite simplificación, así que

$$Z = A B \overline{D} (\overline{C} + C) + \overline{B} (A \overline{C} D + \overline{A} C \overline{D})$$

de donde

$$Z = A B \overline{D} + \overline{B} (A \overline{C} D + \overline{A} C \overline{D})$$

En la figura 5-3 hemos dibujado el circuito correspondiente a esta función resultante. Obsérvese cómo hemos aprovechado la propiedad

conmutativa del producto lógico para ordenar los contactos según nos ha convenido, obteniendo de esta manera un circuito más cómodo para su interpretación en lo que al funcionamiento se refiere.

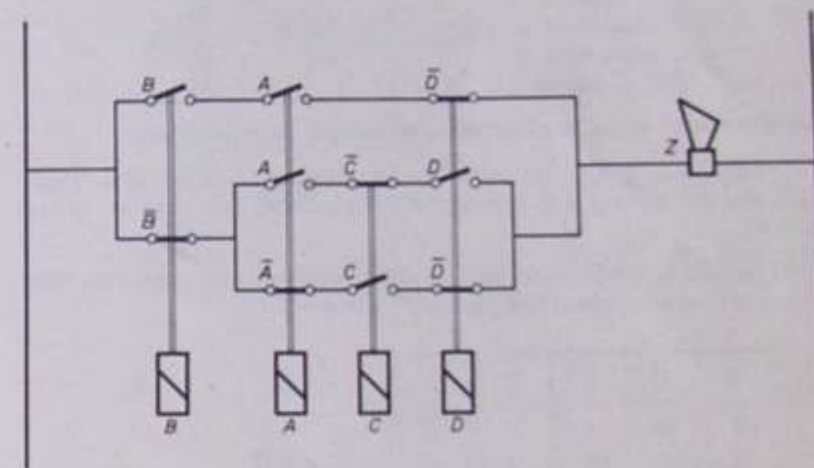


Fig. 5-3

E1655

EJEMPLO 4

Mediante tres pulsadores A, B y C queremos resolver la puesta en marcha de dos motores M_1 y M_2, según el siguiente programa:

Pulsadores oprimidos	*Motores en marcha*
Ninguno	Ninguno
A solamente	M_1
B solamente	M_1 y M_2
C solamente	M_2
A y C juntos	M_1

Determinar el circuito eléctrico que cumple este programa.

Puesto que lo que se pretende es accionar dos motores, harán falta dos circuitos y por lo tanto dos funciones, una para M_1 y otra para M_2.

Dibujada la tabla de la verdad correspondiente al programa indicado en el enunciado, tendremos

A	B	C	M_1	M_2	M_1	M_2
0	0	0	0	0		
1	0	0	1	0	$A\overline{B}\,\overline{C}$	
0	1	0	1	1	$\overline{A}B\overline{C}$	$\overline{A}B\overline{C}$
0	0	1	0	1		$\overline{A}\,\overline{B}C$
1	0	1	1	0	$A\overline{B}C$	

Junto a la tabla de la verdad hemos indicado los tres caminos correspondientes al motor M_1 y los dos correspondientes al motor M_2.

Para el motor M_1 tendremos que la suma de sus tres caminos nos dará

$$M_1 = A\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}C = A\overline{B}(\overline{C} + C) + \overline{A}B\overline{C}$$

de donde

$$M_1 = A\overline{B} + \overline{A}B\overline{C}$$

Para el motor M_2 tendremos

$$M_2 = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}\,\overline{B}C = \overline{A}\,(B\overline{C} + \overline{B}C)$$

$\overline{A}\,(B \oplus C)$

Estas dos funciones resultantes nos permiten dibujar ya el circuito correspondiente (compruébese que efectivamente cumple las condiciones del enunciado).

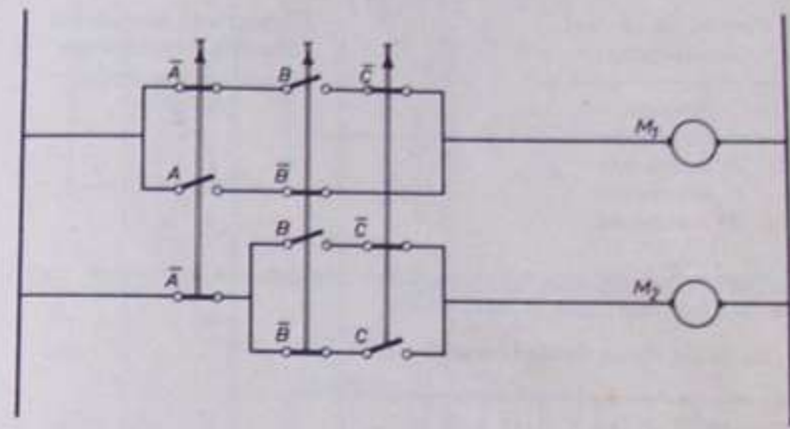
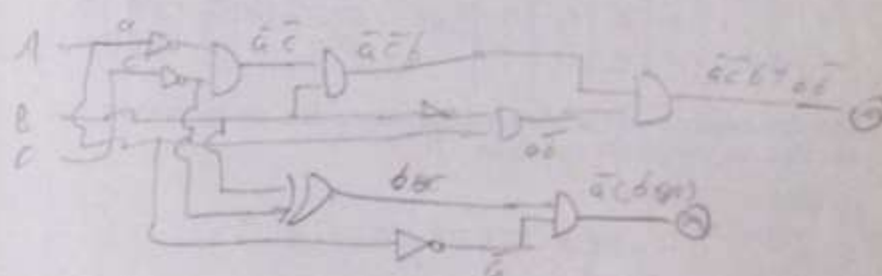


Fig. 5-4



EJEMPLO 5

Para accionar tres motores, disponemos de tres contactores C_1, C_2 y C_3. Resolver con cuatro finales de carrera *A, B, C* y *D* la puesta en marcha de dichos motores según el siguiente programa:

Finales de carrera accionados	*Contactores accionados Motores funcionando*
Ninguno	Ninguno
A solamente	C_1
B solamente	C_1 y C_2
C solamente	C_2 y C_3
D solamente	C_3

Puesto que son tres los contactores que deberán accionarse, serán tres las funciones que se obtendrán.

La tabla de la verdad, resulta ser

A	B	C	D	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
0	0	0	0	0	0	0			
1	0	0	0	1	0	0	$A\overline{B}\,\overline{C}\,\overline{D}$		
0	1	0	0	1	1	0	$\overline{A}B\overline{C}\,\overline{D}$	$\overline{A}B\overline{C}\,\overline{D}$	
0	0	1	0	0	1	1		$\overline{A}\,\overline{B}C\overline{D}$	$\overline{A}\,\overline{B}C\overline{D}$
0	0	0	1	0	0	1			$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}D$

Los dos caminos que se obtienen para cada uno de los contactores, nos dan las siguientes funciones:

Para C_1

$$C_1 = A\overline{B}\,\overline{C}\,\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\,\overline{D} = \overline{C}\,\overline{D}(A\overline{B} + \overline{A}B)$$

Para C_2

$$C_2 = \overline{A}B\overline{C}\,\overline{D} + \overline{A}\,\overline{B}C\overline{D} = \overline{A}\,\overline{D}(B\overline{C} + \overline{B}C)$$

Para C_3

$$C_3 = \overline{A}\,\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}D = \overline{A}\,\overline{B}(C\overline{D} + \overline{C}D)$$

Estas tres funciones nos permiten dibujar el circuito, el cual ha sido representado en la figura 5-5. Al igual que en el caso anterior, hemos ordenado los contactos para una mejor representación.

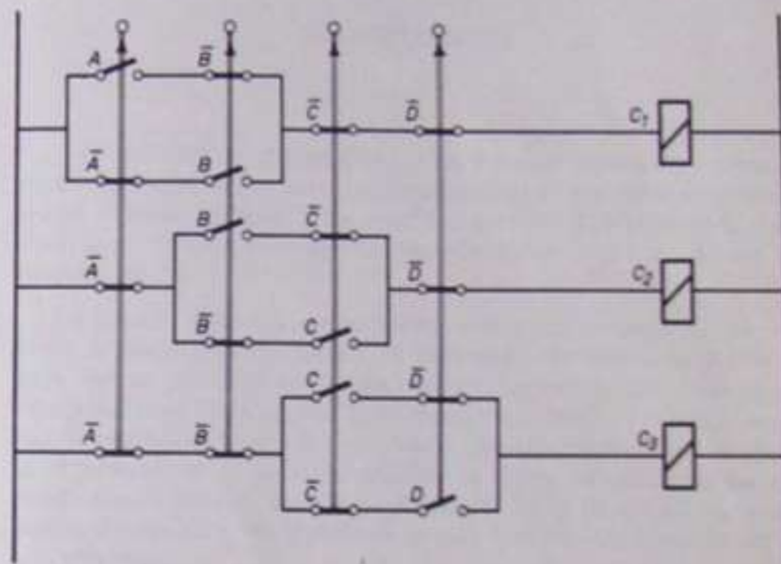


Fig. 5-5

CAPITULO VI

6-1. FUNCION MEMORIA. — La función memoria, corrientemente utilizada en los automatismos realizados con relés o contactores, se obtiene tomando la variable representativa del resultado final como una variable más de entrada, dando así lugar a un lazo de realimentación.

La función memoria, en su forma más simple, consta de un pulsador o mecanismo de mando *M* encargado de excitar la salida *R* para que se produzca la realimentación. La realización práctica de esta función se lleva a cabo incluyendo en el relé un contacto auxiliar *R*, normalmente abierto, de forma que al excitar el relé mediante el pulsador *M*, el contacto auxiliar se cierra, manteniendo así excitado el relé aunque se deje de pulsar *M*. En la figura 6-1 representamos el circuito correspondiente a esta función, cuya expresión algebraica será:

$$R = M + R$$

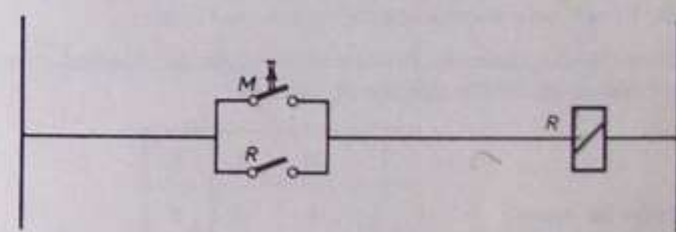


Fig. 6-1

Resulta evidente que en la realización práctica de circuitos con la función memoria, ésta deberá poder «borrarse» cuando se desee, ya que de lo contrario el relé quedaría excitado indefinidamente.

Para tal fin colocaremos en serie con la simple función memoria $(M + R)$ un pulsador P normalmente cerrado, de forma que al pulsar P, el circuito quede momentáneamente abierto, dejando que el relé se desexcite y se abra el contacto auxiliar de retención R. De todo esto se deduce que la función memoria con pulsador de borrado, tendrá como expresión algebraica

$$R = \overline{P}(M + R)$$

correspondiéndole el circuito eléctrico indicado en la figura 6-2.

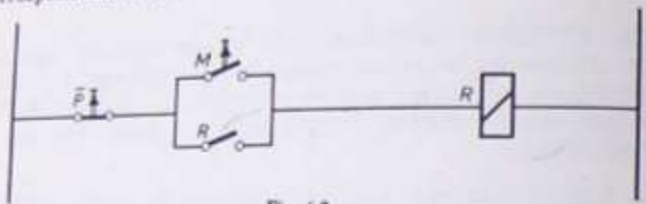


Fig. 6-2

Desde que se pulsa M hasta que el contacto auxiliar R se cierra, transcurre un cierto tiempo t_1 llamado «tiempo de excitación», el cual depende de la inercia del relé utilizado y suele ser del orden de 50 *ms*. Igualmente, desde que se pulsa P hasta que el relé se desexcita, transcurre un tiempo t_2 llamado «tiempo de desexcitación» y suele ser del orden de 30 *ms*. Tanto el tiempo de excitación como el de desexcitación no implican ningún problema en la realización práctica de la función memoria, ya que los pulsadores M y P, por construcción, tienen una inercia mayor que la del relé.

Analizando las fases de funcionamiento de la función memoria, obtendremos el siguiente cuadro de valores:

		$\overline{P}$	M	R	R	
Posición de reposo		1	0	0	0	
Acción sobre M	t_1	1	1	0	1	$\overline{P}M\overline{R}$
Retención	t_1	1	1	1	1	$\overline{P}MR$
Desacción de M		1	0	1	1	$\overline{P}\overline{M}R$
Acción sobre P	t_2	0	0	1	0	
	t_2	0	0	0	0	
Desacción de P		1	0	0	0	

De este cuadro de valores o tabla de la verdad de la función memoria, deducimos que son tres los caminos que hacen uno la salida, los cuales, puestos en paralelo y simplificados, tienen que darnos la función memoria,

$$R = \overline{P}M\overline{R} + \overline{P}MR + \overline{P}\overline{M}R = \overline{P}M(\overline{R} + R) + \overline{P}\overline{M}R$$

de donde

$$R = \overline{P}M + \overline{P}\overline{M}R = \overline{P}(M + \overline{M}R) = \overline{P}(M + R) \quad \text{q. d. e.}$$

A la vista de la simple función memoria con su pulsador P de borrado, ampliemos el concepto de dicha función según los siguientes apartados:

1.º El borrado de la función memoria, realizado mediante el pulsador P, puede efectuarse también mediante otros pulsadores P_1, P_2, etc..., colocados en serie con P (fig. 6-3).

$$R = \overline{P}\,\overline{P_1}\,\overline{P_2}(M + R)$$

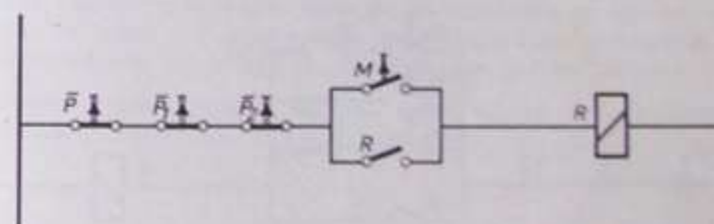


Fig. 6-3

2.º El mando de la función memoria puede llevarse a cabo con varios pulsadores, M_1, M_2, etc..., colocados en paralelo con M (fig. 6-4).

$$R = \overline{P}\,\overline{P_1}\,\overline{P_2}(M + M_1 + M_2 + R)$$

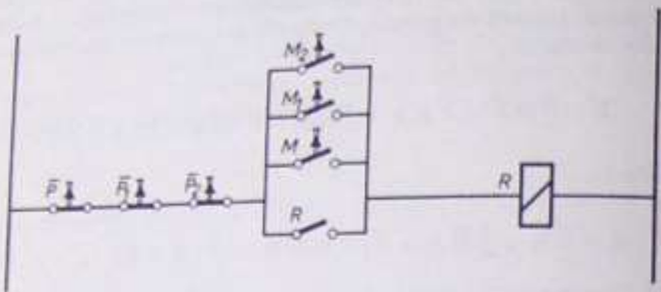


Fig. 6-4

3.ª La acción de uno cualquiera de los mandos de la función memoria puede supeditarse al estado en que se encuentren uno o varios contactos colocados en serie con él. Así, un contacto normalmente cerrado $\overline{F_1}$ en serie con M_1, deja actuar a M_1 mientras no se accione $\overline{F_1}$; un contactor normalmente abierto F_2 en serie con M_2, impide la acción del mando M_2 hasta que no se accione F_2 (fig. 6-5),

$$R = \overline{P}\,\overline{P_1}\,\overline{P_2}\,(M + M_1\overline{F_1} + M_2F_2 + R)$$

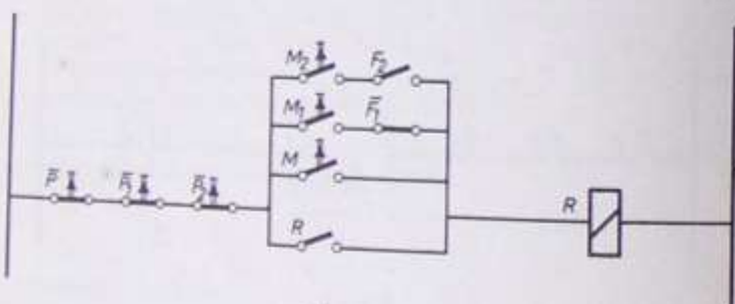


Fig. 6-5

Normalmente el borrado de la función memoria se lleva a cabo mediante uno o varios pulsadores P, tal y como hemos visto; no obstante, también puede conseguirse colocando en serie con el contacto auxiliar de retención R un pulsador U con un contacto normalmente

cerrado, ya que de esta forma también se puede interrumpir el circuito al pulsar U. La función memoria con este nuevo sistema de borrado, resultará ser (fig. 6-6),

$$R = M + R\,\overline{U}$$

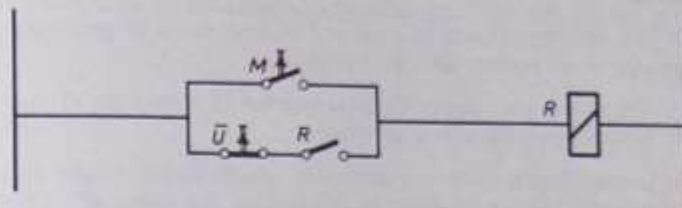


Fig. 6-6

Obsérvese cómo en este circuito si el pulsador U se mantiene abierto, puede excitarse el relé R a través de M, aunque sin retención. El borrado de la simple función memoria mediante este pulsador solamente se utiliza en casos especiales en los que se necesita retención para unas condiciones e intermitencia (excitación sin retención) para otras.

Manejando convenientemente todo lo que acabamos de decir, pueden resolverse la mayor parte de los problemas de automatismo, solamente habrá que ir agregando a la simple función memoria las condiciones que establezca el problema que pretendamos resolver.

Seguidamente veremos algunos ejemplos que nos ayudarán a comprender mejor todo lo que hemos dicho.

EJEMPLO 1

Una máquina bobinadora es movida mediante un motor accionado por medio de un contactor R. La función memoria encargada de accionar el contactor dispondrá de un pulsador de marcha M y otro de parada P. Adicionalmente se pretende acoplar los siguientes dispositivos:

1.° Un sistema tal que cuando por alguna causa se produzca una sobrecarga en el motor, éste se desconecte.

2.° Un dispositivo capaz de desconectar el motor en el caso de que el hilo de la bobinadora se rompa.

En primer lugar, vamos a describir los dispositivos que existen para resolver estas dos condiciones adicionales que indica el problema.

Para la protección de un motor contra sobrecargas, existen relés térmicos que se colocan en serie con las fases que alimentan al motor, de forma que cuando por alguna circunstancias la intensidad en alguna o en las tres fases aumenta por encima de un valor prefijado, el contacto $\overline{E}$ se abre y se cierra E (fig. 6-7 *a*).

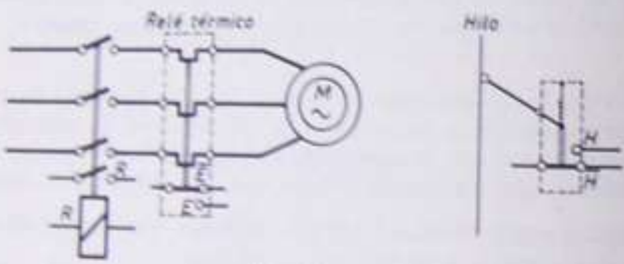


Fig. 6-7

Como detector de la rotura de un hilo existen «minirruptores rompe hilos», cuyo esquema de principio se indica en la figura 6-7 b, el cual dispone de un contacto $\overline{H}$ que se abre cuando el hilo se rompe.

Puestos al corriente de los dispositivos que existen, veamos la manera de resolver el problema. En primer lugar, la función memoria encargada de accionar el contactor R, tendrá como expresión elgebraica

$$R \rightarrow \overline{P}(M + R)$$

Ahora bien, a esta función memoria hay que agregarle dos condiciones de borrado, la correspondiente al relé térmico E de sobrecarga y la correspondiente al «minirruptor rompe hilos» H, por lo tanto

$$R = \overline{P}(M + R)\,\overline{E}\,\overline{H}$$

El circuito correspondiente a esta función ya puede dibujarse, pues cumple las condiciones establecidas en el enunciado del problema (fig. 6-8).

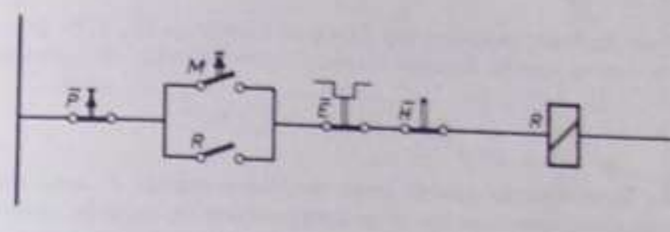


Fig. 6-8

EJEMPLO 2

El accionamiento de dos relés, R_a y R_b, mediante sus respectivas funciones memoria, debe de cumplir las siguientes condiciones:

1.ª El relé R_a debe poder excitarse y desexcitarse con independencia de R_b.

2.ª El relé R_b solamente deberá poder excitarse cuando R_a esté excitado.

Por ser R_a independiente del funcionamiento de R_b, a R_a lo accionaremos con su simple función memoria con pulsador de borrado P_a.

$$R_a = \overline{P_a}\,(M_a + R_a)$$

Como R_b solamente deberá poder excitarse cuando R_a esté excitado, a la función memoria de R_b le agregaremos en serie la condición de R_a excitado (contacto normalmente abierto que solamente se cerrará cúando el relé R_a se excite, o lo que es igual, R_b solamente podrá ser igual a uno, cuando R_a sea uno).

$$R_b = \overline{P_b}\,(M_b + R_b)\,R_a$$

Obsérvese cómo efectivamente R_b no puede ser uno hasta que R_a no valga uno.

Según estas dos funciones, el circuito correspondiente ya puede dibujarse (fig. 6-9). Sobre el circuito, compruébese que efectivamente se cumplen las condiciones establecidas en el enunciado del problema.

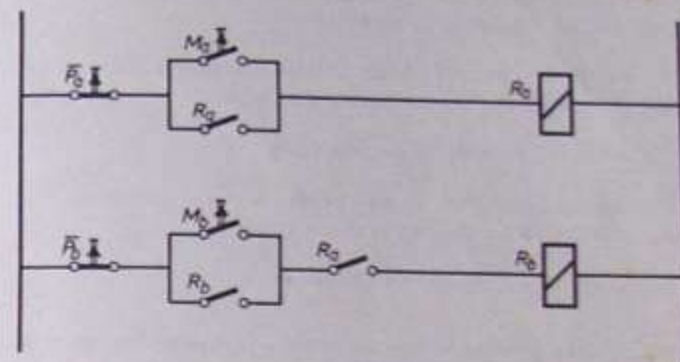


Fig. 6-9

EJEMPLO 3

Mediante dos pulsadores de marcha M_D y M_I y un solo pulsador de parada P, encargados del accionamiento de dos relés R_D y R_I, queremos realizar el siguiente programa:

1.° Pulsando M_D, el relé R_D se excita. Aunque pulsemos seguidamente M_I, el relé R_I no deberá poder excitarse.

2.° Pulsando P, el relé R_D se desexcita.

3.° Pulsando M_I, el relé R_I se excita. Aunque pulsemos seguidamente M_D, el relé R_D no deberá poder excitarse.

4.° Pulsando P, el relé R_I se desexcita.

Las respectivas funciones memoria para el mando de R_D y R_I, con un único pulsador de parada, serán:

$$R_D \rightarrow \overline{P}(M_D + R_D)$$

$$R_I \rightarrow \overline{P}(M_I + R_I)$$

Ahora bien, puesto que una vez excitada una cualquiera de las memorias la otra no deberá poder excitarse, a cada una de estas dos funciones habrá que agregarle un borrado por medio de la función opuesta, es decir, que la función R_D se borre con R_I y la función R_I se borre con R_D,

$$R_D = \overline{P}(M_D + R_D)\,\overline{R_I}$$

$$R_I = \overline{P}(M_I + R_I)\,\overline{R_D}$$

Así, por ejemplo, tendremos que si la función R_D está excitada, $R_D = 1$, la función R_I no podrá excitarse, ya que estará multiplicada por $\overline{R_D} = 0$. Dibujado el circuito a que dan lugar estas dos funciones, podemos comprobar que cumple las condiciones establecidas por el enunciado del problema (fig. 6-10).

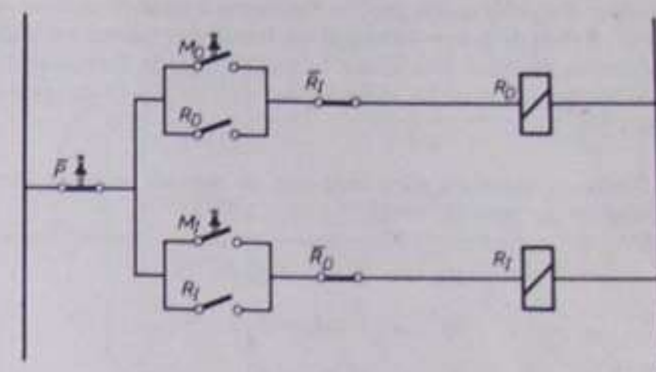


Fig. 6-10

Obsérvese cómo este circuito corresponde con el de inversión del sentido de giro de un motor.

EJEMPLO 4

Tres motores gobernados por las funciones memoria de tres relés R_a, R_b y R_c, deben de poder funcionar de forma que puesto en marcha uno cualquiera de ellos se elimine la posibilidad de funcionamiento de los otros dos. El circuito deberá disponer de un único pulsador de parada P.

Las funciones memoria para cada uno de los tres motores, con un único pulsador de parada, serán:

$$R_a \rightarrow \overline{P}(M_a + R_a)$$

$$R_b \rightarrow \overline{P}(M_b + R_b)$$

$$R_c \rightarrow \overline{P}(M_c + R_c)$$

Puesto que la condición del problema es que cuando uno cualquiera de los relés esté excitado, impida la excitación de los otros dos, a cada una de las tres funciones memoria le agregaremos en serie la inversa de las salidas de las otras dos; a la función R_a le agregaremos las inversas de R_b y R_c, a la función R_b le agregaremos las inversas de R_a y R_c, y a la función R_c le agregaremos las inversas de R_a y R_b.

$$R_a = \overline{P}(M_a + R_a)\,\overline{R_b}\,\overline{R_c}$$

$$R_b = \overline{P}(M_b + R_b)\,\overline{R_a}\,\overline{R_c}$$

$$R_c = \overline{P}(M_c + R_c)\,\overline{R_a}\,\overline{R_b}$$

El correcto funcionamiento del circuito a que dan lugar estas tres funciones, puede deducirse fácilmente, ya que si suponemos, por ejemplo, que R_b está excitado, $R_b = 1$, las otras dos funciones no podrán excitarse, pues se encuentran multiplicadas por $\overline{R_b} = 0$. El circuito lo tenemos representado en la figura 6-11.

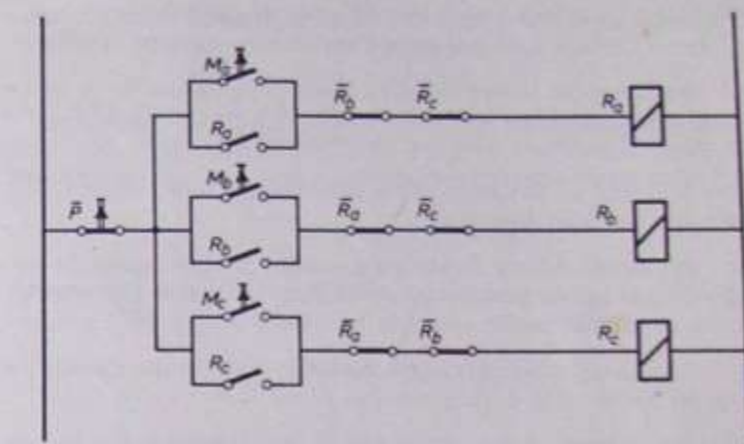


Fig. 6-11

EJEMPLO 5

Proyectar un circuito para el control automático de una taladradora vertical. Dicha máquina deberá realizar la siguiente función:

1.° Mediante un pulsador B iniciamos el descenso de la herramienta, la cual, al llegar a un minirruptor fin de carrera FCB, debe interrumpir el descenso e iniciar la subida.

2.° Al llegar, en la subida, a un minirruptor fin de carrera FCS, la herramienta debe detenerse.

3.° El circuito deberá llevar un pulsador de emergencia P_S, mediante el cual pueda interrumpirse el descenso de la herramienta, para que automáticamente se inicie la subida.

4.° Cuando la herramienta esté subiendo, de ninguna manera deberá poder iniciarse la bajada, aunque se pulse B.

En la figura 6-12 hemos representado esquemáticamente los elementos que intervienen en el problema, para un mayor entendimiento.

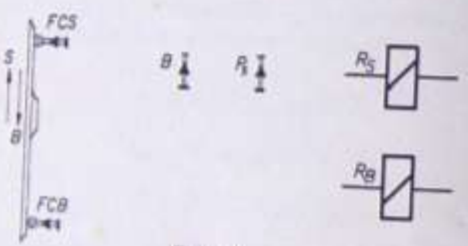


Fig. 6-12

La simple función memoria del relé R_B encargado de accionar el dispositivo eléctrico o neumático que hace bajar la herramienta, será

$$R_B \rightarrow B + R_B$$

A esta función simple, le agregaremos la acción de borrado de su memoria cuando la herramienta llegue a FCB o cuando por emergencia se pulse P_S, por lo tanto

$$R_B \rightarrow (B + R_B)\,\overline{FCB}\,\overline{P_S}$$

Según la cuarta condición, a esta función todavía habrá que agregarle una variable más, ya que R_B no deberá poder accionarse si R_S está accionado. Por lo tanto, a R_B le agregaremos la acción de borrado de R_S,

$$R_B = (B + R_B)\,\overline{FCB}\,\overline{P_S}\,\overline{R_S}$$

La simple función memoria del relé R_S, encargado de accionar el dispositivo que hace subir la herramienta, debe excitarse cuando la herramienta llegue a FCB o cuando por emergencia se pulse P_S,

$$R_S \rightarrow (FCB + P_S + R_S)$$

Esta simple función memoria debe borrarse cuando la herramienta llegue a FCS, por lo tanto

$$R_S = (FCB + P_S + R_S)\,\overline{FCS}$$

Todas las condiciones del problema ya se hallan reflejadas en estas dos funciones; por lo tanto, el circuito ya se puede dibujar (fig. 6-13).

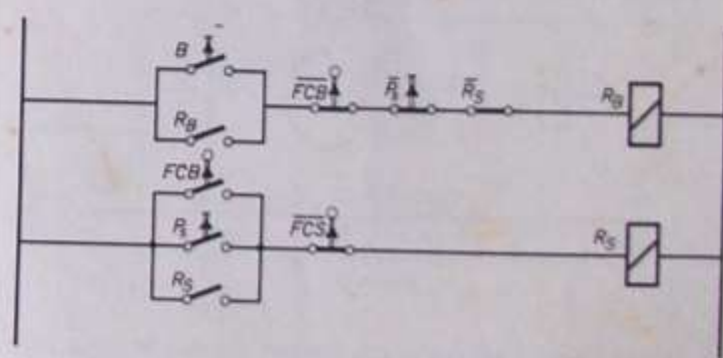


Fig. 6-13

EJEMPLO 6

Se desea proyectar un mando automático de vaivén, por ejemplo para una cepilladora, el cual debe cumplir los siguientes requisitos:

1.° Mediante dos pulsadores M_D y M_I, debe poder iniciarse el movimiento de vaivén, en un sentido o en otro.

2.° Mediante dos finales de carrera *FCD* y *FCI*, debe de limitarse el recorrido en un sentido, para iniciarse el recorrido en sentido contrario.

3.° Mediante un pulsador de parada *P*, deberá poder detenerse el movimiento de vaivén, sea cual sea la posición en que se encuentre el carro.

4.° El circuito deberá ir protegido mediante un sistema que impida el funcionamiento simultáneo de los dos relés de mando.

Con objeto de facilitar el desarrollo de las funciones que cumplen las condiciones expuestas, dibujemos los elementos que intervienen en el problema (fig. 6-14).

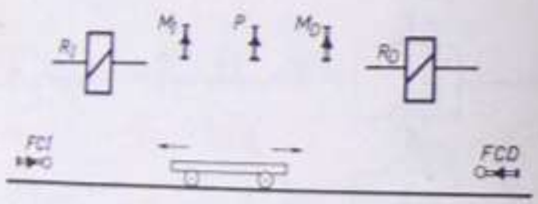


Fig. 6-14

La simple función memoria, con mando manual M_D, del relé R_D que hace accionar el mecanismo de marcha a la derecha, será:

$$R_D \rightarrow (M_D + R_D)$$

A esta función hay que agregarle el mando automático que deberá actuar cuando el carro llegue a *FCI*,

$$R_D \rightarrow (M_D + FCI + R_D)$$

Esta simple función memoria debe borrarse manualmente cuando se pulsa *P* y automáticamente cuando el carro llegue a *FCD*, por tanto

$$R_D \rightarrow \overline{P}\,(M_D + FCI + R_D)\,\overline{FCD}$$

Razonamiento similar puede hacerse para el relé R_I,

$$R_I \rightarrow \overline{P}\,(M_I + FCD + R_I)\,\overline{FCI}$$

Para completar el sistema, atendiendo a la cuarta condición, agregaremos a estas funciones un borrado entre ellas, que como ya sabemos consiste en agregar a cada función la inversa de la otra,

$$R_D = \overline{P}\,(M_D + FCI + R_D)\,\overline{FCD}\,\overline{R_I} \quad ; \quad R_I = \overline{P}\,(M_I + FCD + R_I)\,\overline{FCI}\,\overline{R_D}$$

Estas dos funciones nos dan ya el circuito deseado (fig. 6-15).

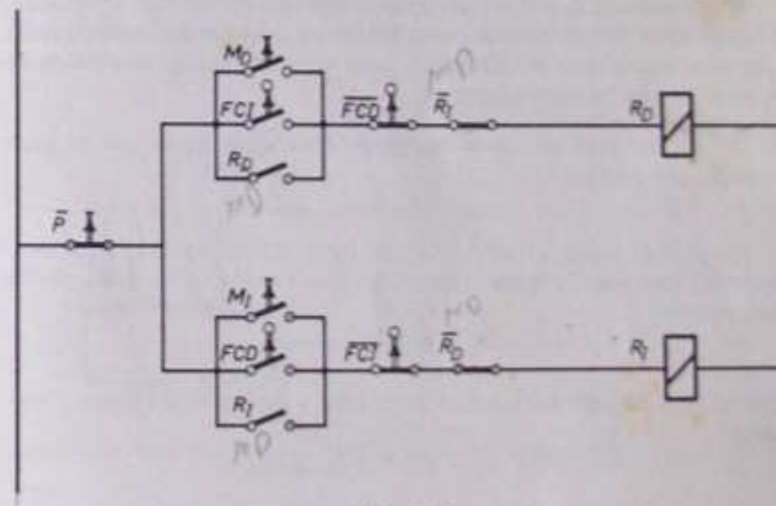
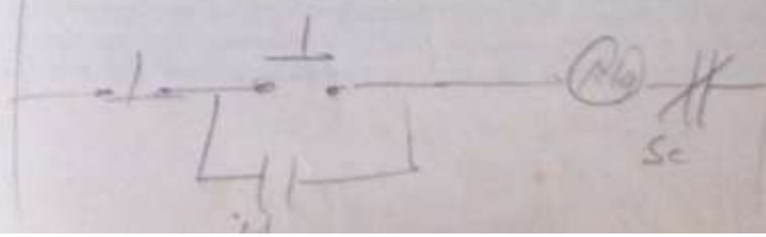


Fig. 6-15



EJEMPLO 7

Los procesos automáticos de cierta importancia deben llevar un sistema de alarma capaz de denunciar cualquier defecto o avería en su funcionamiento. Dicho sistema debe ser capaz de explorar un determinado número de puntos, cada uno de los cuales dispondrá de un elemento sensor capaz de cerrar un contacto de acuerdo a las circunstancias que provocan el anormal funcionamiento (elevaciones de temperatura, aumentos o disminuciones de la presión, vibraciones, burbujeo anormal en el interior de un líquido, etc...).

Para tal fin, deberá disponerse de un sistema que en líneas generales cumpla los siguientes requisitos:

1.° Producido el defecto, que se traduce en uno o varios contactos D que se cierran, debe encenderse una luz roja, al mismo tiempo que empieza a sonar un zumbador.

2.° Percibida la señal de alarma acústica y óptica, el operario encargado de la instalación pulsa un botón de «alarma recibida», A_r, que hace enmudecer el zumbador, pero deja la luz roja encendida en el caso de que la avería persista.

3.° La luz roja se deberá mantener encendida hasta que se haya reparado la avería.

En primer lugar, el defecto que cierra el contacto D lo haremos accionar una simple función memoria que manda un relé R_D, siendo esta función

$$R_D \rightarrow (D + R_D)$$

Con el relé R_D accionaremos el zumbador y la luz roja (primera condición),

$$Z = R_D \quad ; \quad L \rightarrow R_D$$

La segunda condición nos dice que una vez percibida la señal de alarma, se pulsa A_r para hacer enmudecer el zumbador, pero la luz roja debe de seguir encendida. Esto lo resolveremos con otra simple función memoria, cuyo mando A_r se encarga de accionar otro relé R_A,

$$R_A \rightarrow A_r + R_A$$

Ahora bien, esta función memoria no debe tener retención en el caso de que el defecto haya desaparecido, y debe borrarse cuando el defecto se haya reparado, por lo tanto

$$R_A = A_r + R_A D \quad \left\{ \text{Esta es la función memoria especial de la que ya hablamos.} \right.$$

Una vez excitado el relé R_A, el relé R_D debe desexcitarse para hacer enmudecer el zumbador; por lo tanto, a la simple función memoria R_D le agregaremos el borrado que deberá producirle R_A,

$$R_D = (D + R_D)\,\overline{R_A}$$

La luz roja se iluminaba con R_D excitado y también debe quedar iluminada con R_A excitado, por consiguiente

$$L = R_D + R_A$$

Estas tres últimas funciones, junto con la $Z = R_D$, nos permiten dibujar ya el circuito que cumple las condiciones del problema (figura 6-16).

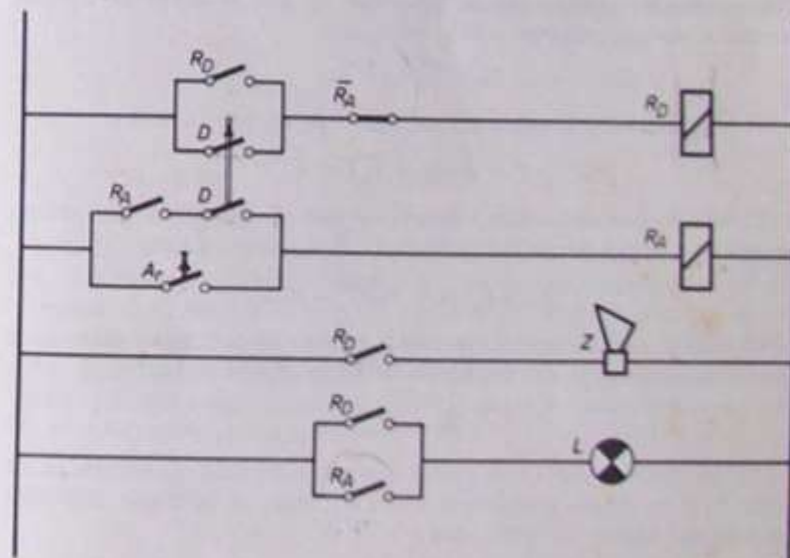


Fig. 6-16

EJEMPLO 8

Disponemos de tres relés R_0, R_1 y R_2, un temporizador de conexión T y un juego de pulsadores, M de marcha y P de parada. Con estos elementos se pretende realizar el siguiente programa:

1.º—Al pulsar M, el relé R_0 debe excitarse, al mismo tiempo entra a funcionar el temporizador y se excita el relé R_1.

2.º—Transcurrido un cierto tiempo, el temporizador que dispone de un contacto normalmente cerrado $\overline{T}$ y otro normalmente abierto T, conmuta estos contactos, haciendo que el relé R_1 se desexcite y se excite R_2; R_0 deberá permanecer excitado.

3.º—Como medida de seguridad y con objeto de que los relés R_1 y R_2 no puedan quedar excitados simultáneamente, estos dos relés deberán bloquearse entre sí.

4.º—Mediante el pulsador P, el sistema deberá poder desconectarse en cualquier momento.

El mando del relé R_0 se lleva a cabo mediante el pulsador M y se debe poder desexcitar con el pulsador P, por lo tanto la función memoria correspondiente a este relé, será:

$$R_0 = \overline{P}(M + R_0)$$

El temporizador T entra a funcionar con R_0, por lo tanto

$$T = \overline{P}(M + R_0) = R_0$$

El relé R_1 también entra a funcionar con R_0, pero debe desexcitarse cuando al cabo de un cierto tiempo, $\overline{T}$ se abre, así que

$$R_1 \to \overline{P}(M + R_0)\overline{T} = R_0\overline{T}$$

El relé R_2 se mantiene desexcitado hasta que el temporizador hace que el contacto T se cierre, por lo tanto tendremos que

$$R_2 \to R_0 T$$

La condición tercera nos indica que como medida de seguridad los relés R_1 y R_2 deben bloquearse entre sí; esto se consigue mediante un borrado mutuo, es decir, que

$$R_1 = R_0\overline{T}\,\overline{R_2} \quad ; \quad R_2 = R_0 T\,\overline{R_1}$$

La cuarta condición ha quedado establecida desde el momento en que todas las funciones las hemos supeditado al valor de R_0.

Estas dos últimas funciones, junto con la función obtenida para R_0 y para T, nos permiten dibujar el circuito, Fig 6-17.

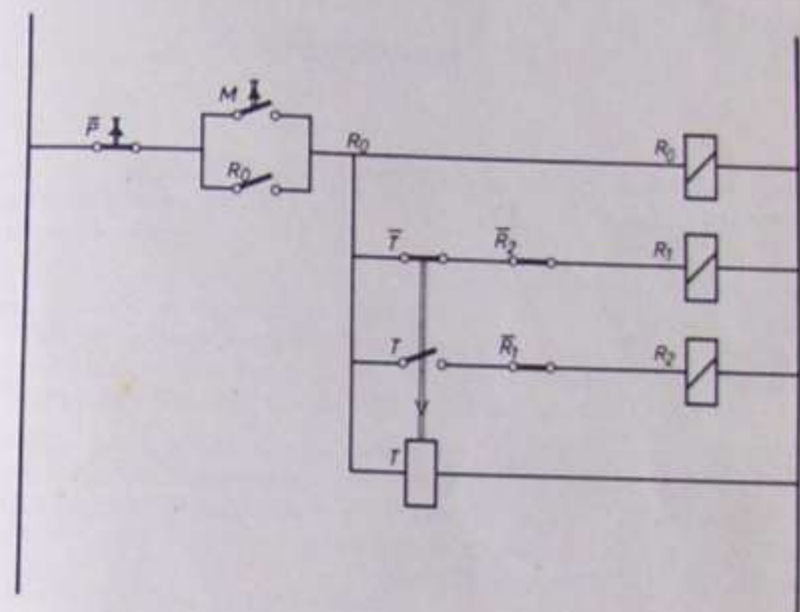


Fig. 6-17

Obsérvese cómo la aplicación práctica de este circuito corresponde con el arranque estrella-triángulo de un motor asincrónico; el relé o contactor R_0 es el que conecta a la red de alimentación del motor, R_1 pone el motor en conexión estrella y R_2 lo pone en conexión triángulo. Para hacer totalmente práctico este circuito, solamente nos queda agregar a las funciones obtenidas las características propias del temporizador que se utilice.

CAPITULO VII

7-1. MANDO DE UN ASCENSOR. — Uno de los mandos automáticos más sugestivos que pueden realizarse, lo tenemos en el mando de un ascensor.

Son muchas las condiciones que pueden establecerse para el mando y control de un ascensor, unas serán de carácter voluntario y responderán al deseo de perfeccionamiento y modernización del sistema, otras serán de carácter obligatorio y deberán atenerse al Reglamento de Aparatos Elevadores publicado por el Ministerio de Industria.

En este capítulo no pretendemos, ni mucho menos, resolver el mando de un modernísimo ascensor, el cual debería responder a una enorme serie de condiciones, las cuales darían como consecuencia un circuito muy complejo; solamente pretendemos resolver un simple ascensor que cumpla las condiciones mínimas deducidas de un sencillo pero eficaz funcionamiento.

Los ascensores que corrientemente se encuentran en edificios públicos y privados, son del tipo económico y por lo tanto responden a una concepción muy simple. Dichos ascensores pueden identificarse por los elementos que poseen y que seguidamente describiremos:

1.° — Disponen de una sola velocidad de subida o bajada, seleccionada mediante dos contactores R_S y R_B.

2.° — La cabina no tiene puertas.

3.° — La cabina dispone de tantos pulsadores *C* de mando como pisos haya, y un pulsador *P* de parada.

4.° — En cada piso existe un pulsador de llamada *M* y una lamparita *L* que se enciende cuando el ascensor está ocupado.

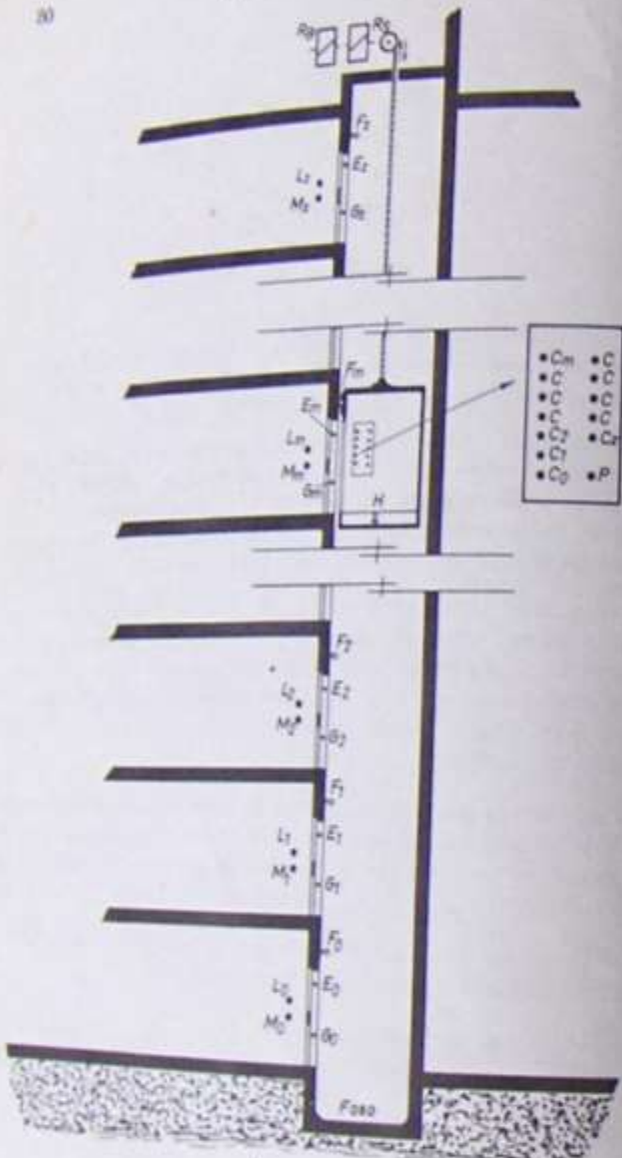


Fig. 7-1

5.° — En cada piso existe un final de carrera F que es accionado por la cabina al desplazarse.

6.° — En cada una de las puertas de los distintos pisos existe un contacto E que es accionado por la puerta al cerrarse.

7.° — Cada puerta dispone de una cerradura magnética G, compuesta generalmente por un electroimán que acciona un pasador, el cual solamente permite la apertura de la puerta cuando la cabina está parada frente a él.

8.° — El suelo de la cabina dispone de un contacto H que se acciona al ser ocupada por una persona.

Basándonos en los elementos descritos, veamos la manera de ir sacando gradualmente las expresiones que nos permitan luego dibujar el circuito.

Supongamos que el ascensor se halla detenido en la planta m y por consiguiente que el final de carrera F_m está accionado. Si llamamos ahora al ascensor pulsando uno cualquiera de los mandos de llamada de piso, por ejemplo el M_n, correspondiente al piso n, el ascensor deberá ponerse en marcha, en subida o bajada, según las simples funciones memoria,

$$R_{Sn} \rightarrow M_n + R_{Sn}$$
$$R_{Bn} \rightarrow M_n + R_{Bn}$$

Ahora bien, el ascensor deberá bajar si la planta n está por debajo de m y deberá subir si está por encima. Para predeterminar esta condición, tengamos presente que los finales de carrera, F, situados por debajo de la planta n, serán,

$$F_0 \ ; \ F_1 \ ; \ F_2 \ ; \ \ldots \ F_{n-1}$$

y los situados por encima

$$F_{n+1} \ ; \ F_{n+2} \ ; \ F_{n+3} \ ; \ \ldots \ ; \ F_t$$

Como lo que nos interesa es que el ascensor suba si F_m está en el primer grupo o baje si está en el segundo, en serie con el pulsador de mando M_n, coloquemos estos dos grupos de finales de carrera, colocados en paralelo,

$$R_{Sn} \rightarrow M_n (F_0 + F_1 + \ldots + F_{n-1}) + R_{Sn}$$
$$R_{Bn} \rightarrow M_n (F_{n+1} + F_{n+2} + \ldots + F_t) + R_{Bn}$$

De esta manera, al pulsar M_n solamente una de estas dos funciones podrá tomar el valor uno, ya que el final de carrera $F_m = 1$ solamente se hallará en uno de estos dos grupos (todos los demás finales de carrera están en cero).

El ascensor debe poder ser gobernado también desde el interior de la cabina, para poder ser situado, por la persona que lo ocupe, en la planta que desee. Esto equivale a disponer de un doble mando, el correspondiente al de planta M_n y el de cabina C_n, los cuales deberán estar en paralelo,

$$R_{Sn} \rightarrow (M_n + C_n)(F_0 + F_1 + \ldots + F_{n-1}) + R_{Sn}$$

$$R_{Bn} \rightarrow (M_n + C_n)(F_{n+1} + F_{n+2} + \ldots + F_z) + R_{Bn}$$ R.Bn

Cuando el ascensor llegue al piso n, el final de carrera F_n será accionado por el propio ascensor, el cual deberá detenerse; por otra parte, el ascensor deberá detenerse también cuando por alguna causa se pulsa el mando de parada P situado en la cabina. Así, F_n y P deben actuar como borrado de las memorias de subida y bajada, por consiguiente

$$R_{Sn} \rightarrow \overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n + C_n)(F_0 + F_1 + \ldots + F_{n-1}) + R_{Sn}]$$

$$R_{Bn} \rightarrow \overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n + C_n)(F_{n+1} + F_{n+2} + \ldots + F_z) + R_{Bn}]$$

Como medida de seguridad, interesa que el ascensor no pueda ponerse en marcha mientras todas las puertas no estén cerradas. Para resolver esto se dispondrán en serie todos los contactos de puerta E,

$$\overline{E} = \overline{E_0}\,\overline{E_1}\,\overline{E_2} \ldots \overline{E_z} \qquad (7\text{-}1)$$

y los haremos actuar como borrado de las funciones memoria,

$$R_{Sn} \rightarrow \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n + C_n)(F_0 + F_1 + \ldots + F_{n-1}) + R_{Sn}]$$

$$R_{Bn} \rightarrow \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n + C_n)(F_{n+1} + F_{n+2} + \ldots + F_z) + R_{Bn}]$$

Cuando el ascensor esté ocupado, es conveniente que los pulsadores de llamada de los distintos pisos, queden fuera de servicio, con objeto de que no obedezca ninguna otra orden que no sea la de la persona que lo ocupa. Esto se conseguirá mediante el contacto H del suelo de la cabina, el cual, encontrándose normalmente cerrado cuando la cabina está desocupada, se colocará en serie con los pulsadores de llamada de piso

$$R_{Sn} \rightarrow \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n \overline{H} + C_n)(F_0 + F_1 + \ldots + F_{n-1}) + R_{Sn}]$$

$$R_{Bn} \rightarrow \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n \overline{H} + C_n)(F_{n+1} + F_{n+2} + \ldots + F_z) + R_{Bn}]$$

de esta forma, cuando la cabina sea ocupada, el contacto H tomará el valor cero, anulando los mandos de llamada de piso.

Sin más dispositivos adicionales, éstas serían las dos funciones correspondientes al piso n, por lo tanto los z pisos darían lugar a una serie de funciones similares que se encargarían de accionar el contactor de subida R_S o el de bajada R_B, siendo

$$R_S \rightarrow R_{S1} + R_{S2} + \ldots + R_{Sn} + \ldots + R_{Sz}$$

$$R_B \rightarrow R_{B0} + R_{B1} + \ldots + R_{Bn} + \ldots + R_{Bz-1}$$

Obsérvese cómo se han suprimido las funciones R_{S0} (subida a la planta cero o planta baja) y R_{Bz} (bajada a la última planta), ya que estas condiciones no existen.

El mando del ascensor a que darían lugar estas funciones, tendría dos inconvenientes, los cuales vamos a describir y a solucionar.

Durante los períodos de tiempo en que el ascensor está funcionando (obedeciendo una orden dada), interesa que los mandos de piso y de cabina queden bloqueados, para que no haya posibilidad de darle otra orden que no sea la de parada desde el interior de la cabina. Para tal fin, introduzcamos un factor de seguridad, en serie con los mandos, capaz de tomar el valor uno cuando el ascensor está parado, pero que al ponerse en marcha tome el valor cero, anulando con ello los mandos. Dicho factor de seguridad puede ser el correspondiente a la expresión

$$\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}$$

ya que si el ascensor está subiendo, $R_S = 1$ y $R_B = 0$, tendremos que

$$\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B} = 0$$

si está bajando, $R_S = 0$ y $R_B = 1$,

$$\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B} = 0$$

y si está parado, $R_S = 0$ y $R_B = 0$

$$\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B} = 1$$

Así, pues, las expresiones generales, afectadas de este factor de seguridad, serán:

$$R_{Sn} \rightarrow \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n\overline{H} + C_n)(F_0 + F_1 + \ldots + F_{n-1})(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{Sn}]$$

$$R_{Bn} \rightarrow \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n\overline{H} + C_n)(F_{n+1} + F_{n+2} + \ldots + F_z)(\overline{R_S}\,\overline{R_B}) + R_{Bn}]$$

Finalmente veamos lo que sucedería si por algún motivo se pulsa el paro P situado en la cabina. Cuando esto suceda, la cabina se detendrá inmediatamente, y lo más probable es que lo haga entre dos pisos, es decir, que se quedará en una posición tal que ningún final de carrera F quedará accionado. En estas condiciones, si pulsamos un mando cualquiera de cabina o de piso, el ascensor no podrá ponerse en marcha debido a que los dos grupos de finales de carrera que nos determinaban la condición de subida o bajada, han tomado el valor cero. Naturalmente esto supone un serio problema que hay que resolver, para lo cual no nos queda más remedio que hacer uso, en cada planta, de una función memoria auxiliar que se accione al llegar al final de carrera de cada planta, y se borre al pasar por la planta inmediatamente superior o inferior. Así, por ejemplo, para la planta n, la función memoria auxiliar que le corresponderá, será

$$A_n = (F_n + A_n)\,\overline{F_{n+1}}\,\overline{F_{n-1}} \qquad (7\text{-}2)$$

Disponiendo de z funciones auxiliares, una por cada planta, los finales de carrera que agrupados daban la condición de subida o bajada del ascensor, pueden ser sustituídos por contactos de los relés correspondientes a las funciones auxiliares, dejando con ello resuelto definitivamente el mando del ascensor desde la planta n,

$$R_{Sn} = \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n\overline{H} + C_n)(A_0 + A_1 + \ldots + A_{n-1})(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{Sn}] \qquad (7\text{-}3)$$

$$R_{Bn} = \overline{E}\,\overline{P}\,\overline{F_n}[(M_n\overline{H} + C_n)(A_{n+1} + A_{n+2} + \ldots + A_z)(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{Sn}] \qquad (7\text{-}4)$$

Para las z plantas, tal y como se dijo anteriormente, tendremos que

$$R_S = R_{S_1} + R_{S_2} + \ldots + R_{Sn} + \ldots + R_{S_z} \qquad (7\text{-}5)$$

$$R_B = R_{B_0} + R_{B_1} + \ldots + R_{Bn} + \ldots + R_{B_{z-1}} \qquad (7\text{-}6)$$

Las lamparitas indicadoras, colocadas una en cada planta, debían encenderse cuando el ascensor está ocupado, es decir, cuando está subiendo o cuando está bajando, cuando existe alguna puerta abierta, o cuando el contacto del suelo de la cabina está accionado, por consiguiente

$$L_0 = L_1 = \ldots = L_z = R_S + R_B + E_0 + E_1 + \ldots + E_z + H \qquad (7\text{-}7)$$

Tal y como se dijo, todo ascensor debe llevar una cerradura magnética en cada puerta, compuesta por un electroimán, el cual solamente deberá activarse, para dejar libre la apertura de la puerta, cuando el ascensor se halle parado, $\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B} = 1$, frente a la cerradura correspondiente, $F = 1$. Así, para la cerradura situada en el piso n tendremos

$$G_n = \overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}\,.\,F_n \qquad (7\text{-}8)$$

Con esto damos por terminadas las expresiones correspondientes al ascensor que cumple las condiciones propuestas al principio de este capítulo. Agregando nuevas condiciones a estas expresiones, pueden ir perfeccionándose y ampliándose las características del ascensor, pudiendo llegar a un tipo tan perfecto como se quiera.

Seguidamente veremos un ejemplo sencillo que nos ayudará a comprender mejor todo lo dicho.

EJEMPLO 1

Proyectar un ascensor para tres plantas, 0, 1 y 2, que cumpla las condiciones establecidas al principio del capítulo VII.

Según las expresiones generales correspondientes a los contactores de subida y bajada, ecuaciones 7-5 y 7-6.

$$R_S = R_{S_1} + R_{S_2} \quad ; \quad R_B = R_{B_0} + R_{B_1}$$

De la igualdad 7-3 sacamos las dos condiciones de subida,

$$R_{S_1} = \overline{E}_0\overline{E}_1\overline{E}_2\overline{P}\,\overline{F}_1[(M_1\overline{H} + C_1)(A_0)(\overline{R}_S . \overline{R}_B) + R_{S_1}]$$

$$R_{S_2} = \overline{E}_0\overline{E}_1\overline{E}_2\overline{P}\,\overline{F}_2[(M_2\overline{H} + C_2)(A_0 + A_1)(\overline{R}_S . \overline{R}_B) + R_{S_2}]$$

De la igualdad 7-4 sacamos las dos condiciones de bajada,

$$R_{B_0} = \overline{E}_0\overline{E}_1\overline{E}_2\overline{P}\,\overline{F}_0[(M_0\overline{H} + C_0)(A_1 + A_2)(\overline{R}_S . \overline{R}_B) + R_{B_0}]$$

$$R_{B_1} = \overline{E}_0\overline{E}_1\overline{E}_2\overline{P}\,\overline{F}_1[(M_1\overline{H} + C_1)(A_2)(\overline{R}_S . \overline{R}_B) + R_{B_1}]$$

Las memorias auxiliares, ec. 7-2, serán tres,

$$A_0 = (F_0 + A_0)\overline{F}_1 \quad ; \quad A_1 = (F_1 + A_1)\overline{F}_0\overline{F}_2 \quad ; \quad A_2 = (F_2 + A_2)\overline{F}_1$$

Las luces de planta, según la ecuación 7-7, serán

$$L_0 = L_1 = L_2 = R_S + R_B + E_0 + E_1 + E_2 + H$$

Finalmente, las cerraduras magnéticas de las puertas serán

$$G_0 = \overline{R}_S\overline{R}_B F_0 \quad ; \quad G_1 = \overline{R}_S\overline{R}_B F_1 \quad ; \quad G_2 = \overline{R}_S\overline{R}_B F_2$$

De acuerdo con estas funciones, ya puede obtenerse el circuito (fig. 7-2). Una vez que nos hayamos familiarizado con este circuito, podremos apreciar que puede realizarse alguna simplificación más, además de la que ya hemos realizado con los contactos de puerta E y el pulsador de parada P, que se han sacado «factor común».

Es conveniente ir dando valores al circuito y comprobar su correcto funcionamiento. Pártase de una posición cualquiera de la cabina, teniendo en cuenta que en la posición que se elija deberá haber un final de carrera accionado y, por lo tanto, la memoria auxiliar correspondiente estará excitada.

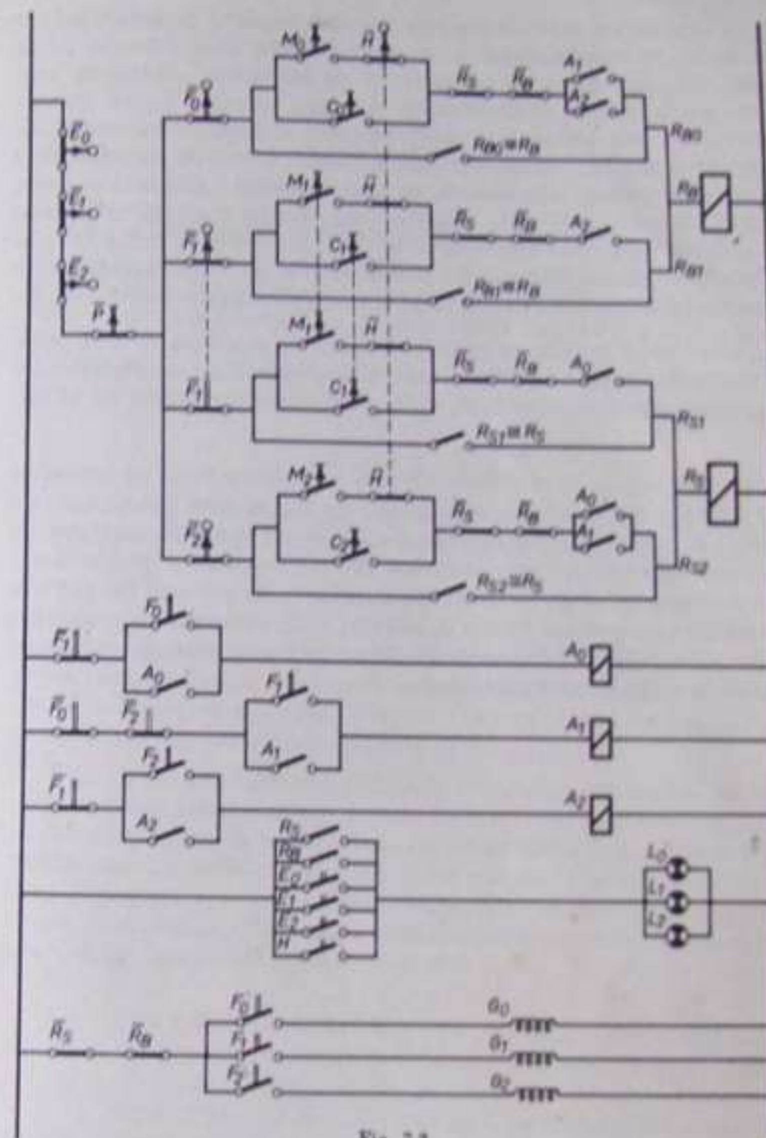


Fig. 7-2

La realización práctica de este circuito requiere la utilización de una serie de relés auxiliares, no representados en el circuito de la figura 7-2, con objeto de proporcionar el suficiente número de contactos de la misma denominación. Así, por ejemplo, en el circuito intervienen seis contactos correspondientes al final de carrera F_1 de la primera planta; fácilmente puede comprenderse la imposibilidad práctica de colocar una cámara de seis contactos; por consiguiente, al final de carrera F_1 se le dispondrá de un solo contacto encargado de accionar un pequeño relé auxiliar con el número de contactos que se precisen. Exactamente igual puede decirse de todos aquellos contactos iguales que intervienen en el circuito en número mayor de uno.

Dado que el mando de relés con corriente continua es más seguro que con corriente alterna, deberá disponerse de un rectificador para alimentar todos los relés auxiliares que intervengan en el circuito.

Recomendamos la meditación sobre el número total de contactos que deberán intervenir en un ascensor de diez o doce pisos. Si a esto unimos el hecho de que la vida media de un contacto eléctrico no suele ser superior a cinco millones de interrupciones (puede durar diez o veinte millones de interrupciones, pero también es verdad que solamente puede durar cien o doscientas mil), podemos hacernos idea de las probabilidades de avería que tendrán los ascensores con mando a base de relés electromagnéticos.

CAPITULO VIII

8-1. FUNCIONES LOGICAS ELEMENTALES. — En el capítulo II, al estudiar los postulados 1 y 2 del álgebra de Boole, vimos las dos funciones elementales en que se basaba toda el álgebra de Boole; estas dos funciones resultaron ser la función O y la función Y.

Función O. — Equivalía a la suma lógica de dos o más variables y correspondía a la realización eléctrica de contactos en paralelo,

$$S = A + B + C + \ldots$$

Función Y. — Equivalía al producto lógico de dos o más variables y correspondía a la realización eléctrica de contactos en serie,

$$S = A \, . \, B \, . \, C \, . \ldots$$

Según se dijo entonces, tanto la función O como la función Y podían ser realizadas mediante componentes electrónicos, permitiéndonos así resolver cualquier circuito eléctrico mediante unidades de composición netamente electrónica.

El presente capítulo está dedicado al estudio electrónico de estas dos funciones elementales y a otras que de ellas se derivan. Conocer el funcionamiento de estas funciones elementales solamente nos proporcionará una satisfacción teórica, ya que en la práctica dispondremos, si queremos, de unidades o bloquecitos que contienen estas funciones elementales, los cuales, conexionados convenientemente, nos permitirán resolver el circuito que deseemos.

8-2. CIRCUITO INVERSOR. — La misión de un circuito inversor es la de producir la inversión de una variable, es decir, que al aplicar a su entrada una variable A (0 ó 1), a la salida nos da $\overline{A}$ (1 ó 0). Recuérdese que $A = 1$ equivale a «presencia de tensión» o «contacto cerrado» y $A = 0$ equivale a «ausencia de tensión» o «contacto abierto».

Un típico circuito inversor lo tenemos representado en la figura 8-1, el cual utiliza un transistor *NPN* según el montaje *emisor común*.

Tal y como se encuentra el circuito, sin tensión de entrada, el transistor no puede conducir y su resistencia colector-emisor es muy grande comparada con R_c, por lo que la tensión de salida, tomada entre el colector y el emisor, será aproximadamente igual a la tensión de alimentación, $V_b = 24$ V. Por el contrario, si a la entrada aplicamos la tensión V_b a través del divisor de tensión formado por R_1 y R_2, hacemos que la tensión base-emisor sea lo suficientemente grande (unos *0,5 V*), para que el transistor pase a conducir a saturación y, por lo tanto, que la tensión de salida se haga aproximadamente igual a cero. El divisor de tensión a través del cual se aplica la tensión de entrada, es totalmente necesario, ya que si la tensión se aplicara directamente al transistor, éste se destruiría.

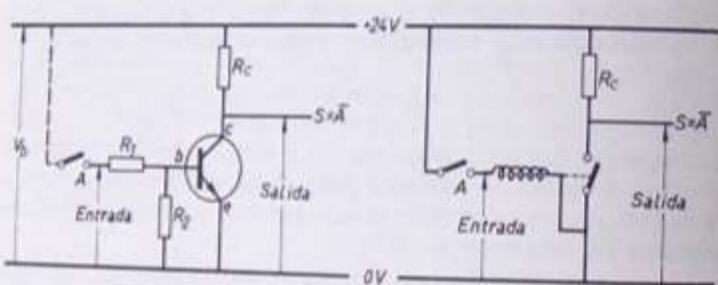


Fig. 8-1

Obsérvese la similitud del circuito electrónico con la del circuito eléctrico dibujado a su derecha. Cuando *A* se cierra, el relé se excita y cierra su contacto, dando una tensión nula de salida.

La solución gráfica del circuito electrónico la hemos representado, sobre las curvas características del transistor, en la figura 8-2. En ella podemos apreciar cómo cuando la señal de entrada (tensión base-emisor) sea cero, la intensidad por la base es nula y, por consiguiente, la tensión colector-emisor, o tensión de salida, será aproximadamente igual a V_b; por el contrario, cuando apliquemos tensión

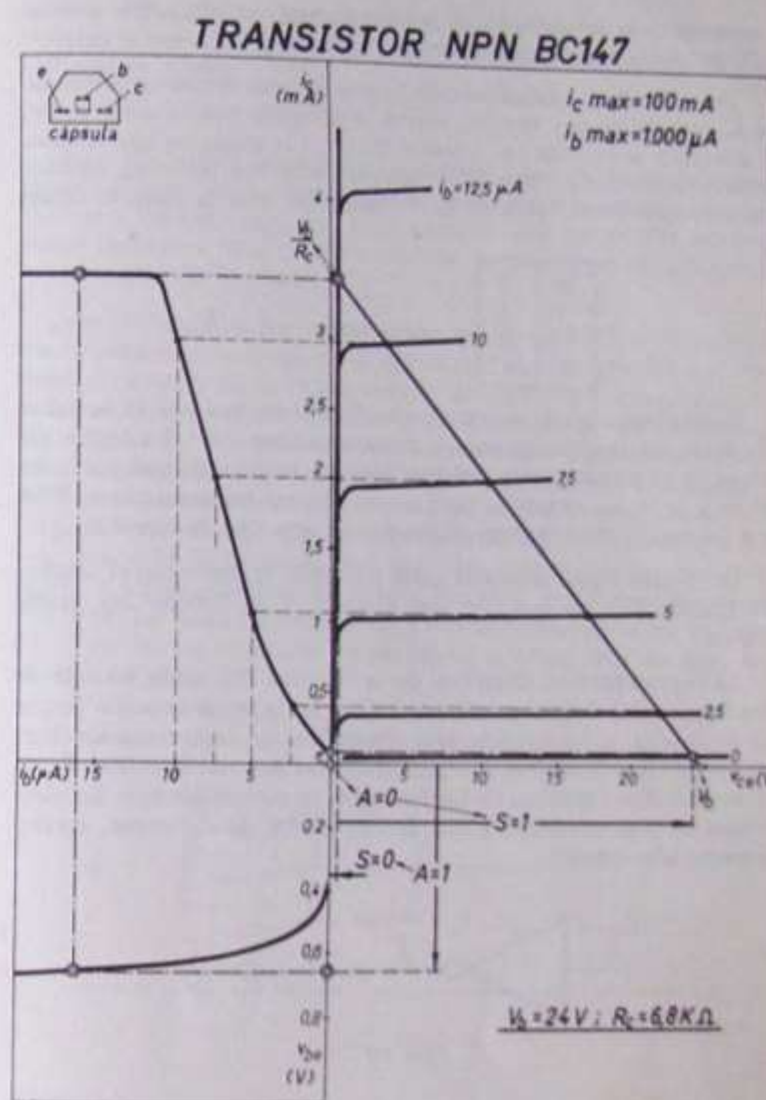


Fig. 8-2

de entrada, la intensidad por la base se hará relativamente grande, por lo que la tensión colector-emisor se hará prácticamente nula.

Resumiendo el funcionamiento de este circuito, diremos que cuando a la entrada no hay tensión, «cero», a la salida hay tensión, «uno», y cuando a la entrada hay tensión, «uno», a la salida no hay tensión, «cero». Estas condiciones de funcionamiento nos permiten obtener su correspondiente tabla de la verdad y de ella la función característica.

A	*S*
0	*1*
1	*0*

de donde $S = \overline{A}$

Exactamente igual, pero con polaridades inversas, podíamos haber realizado un circuito inversor con un transistor *PNP*. La lógica positiva, la que utiliza impulsos positivos, ha desplazado casi por completo a la lógica negativa, motivo por el cual los transistores *NPN* son los más corrientemente utilizados en este tipo de circuitos.

La función lógica inversora suele conocerse también con el nombre de función NO, ya que con una entrada *A* se obtiene una salida NO - *A*.

La representación simbólica de la función NO suele hacerse de dos formas (fig. 8-3), la primera se utiliza en la representación propia de la función y la segunda para simplificar la representación simbólica de otras funciones que son afectadas de una inversión. En la representación simbólica de las funciones se omiten siempre los electrodos de alimentación, ya que se supondrán, de antemano, correctamente alimentados.

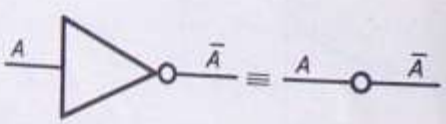


Fig. 8-3

La función NO, al igual que las que seguidamente iremos viendo, pueden realizarse prácticamente según dos técnicas completamente diferentes: una de ellas hace uso de materiales convencionales como

son las resistencias y los transistores, la otra se basa en la fabricación de circuitos por el procedimiento conocido como «circuitos integrados de silicio».

8-3. FUNCION O. — Como ya sabemos, la función O, en inglés función OR, da salida cero sólo en el caso de que todas sus entradas sean cero (circuito paralelo). La realización práctica de esta función puede llevarse a cabo de varias maneras, por lo que seguidamente veremos algunas de ellas.

Aprovechando las características de los diodos *PN*, los cuales conducen cuando a su ánodo se le aplica una tensión positiva con respecto al cátodo y no conducen cuando la tensión aplicada a su ánodo es negativa con respecto al cátodo, pueden construirse funciones O. En la figura 8-4 tenemos un circuito que cumple las condiciones exigidas a una función O, ya que si todas sus entradas se conectan a cero, la salida será cero (tensión nula en bornas de la resistencia de carga R_c), pero si una, dos o las tres entradas se conectan a uno (en este caso + *24 V*), la salida será uno, dado que el diodo o diodos conectados a potencial positivo pueden conducir con una caída interna casi nula. La caída interna de un diodo de silicio suele ser de unos *0,9 V*, por lo que la tensión en bornas de la carga sería en este caso de $24 - 0{,}9 = 23{,}1$ *V*.

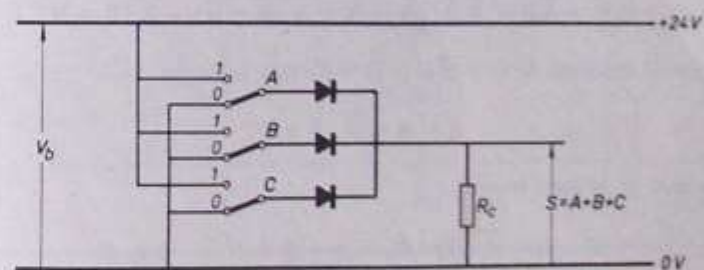


Fig. 8-4

En este circuito hemos conseguido una función O de tres entradas, pero fácilmente puede comprenderse la forma de obtener una función O con cuantas entradas deseemos. Con tres entradas pueden obtenerse $2^3 = 8$ estados diferentes, los cuales los hemos representado en la siguiente tabla de la verdad obtenida del circuito

A	B	C	S	
0	0	0	0	
1	0	0	1	$A\overline{B}\overline{C}$
0	1	0	1	$\overline{A}B\overline{C}$
0	0	1	1	$\overline{A}\overline{B}C$
1	1	0	1	$AB\overline{C}$
0	1	1	1	$\overline{A}BC$
1	0	1	1	$A\overline{B}C$
1	1	1	1	ABC

Siguiendo las normas dadas en el capítulo V para obtener la expresión algebraica a partir de la tabla de la verdad, tendremos

$$S = A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C + AB\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC$$

$$S = A\overline{B}(\overline{C} + C) + \overline{A}B(\overline{C} + C) + \overline{A}\overline{B}C + AB(\overline{C} + C)$$

según el postulado 14, $\overline{C} + C = 1$, luego

$$S = A\overline{B} + \overline{A}B + \overline{A}\overline{B}C + AB = A(\overline{B} + B) + \overline{A}(B + \overline{B}C)$$

según el teorema 3, $B + \overline{B}C = B + C$, por lo tanto

$$S = A + \overline{A}(B + C)$$

y según el mismo teorema

$$S = A + \overline{A}(B + C) = A + B + C \qquad \text{c. q. d.}$$

La función O o puerta O que acabamos de ver, es de las conocidas como «puerta pasiva», debido a que a la salida se obtiene una potencia menor que la de entrada, dado que en los diodos se produce una pérdida de potencia. Cuando una puerta da a la salida una potencia mayor que a la entrada, se distingue con el nombre de «puerta activa».

Antes de seguir con el estudio de las funciones O, queremos aclarar un concepto referente a la manera de aplicar la señal *0* ó *1* a la entrada de una función cualquiera. En el caso visto en la figura 8-4, para simplificar su funcionamiento, las señales de entrada las hemos obtenido mediante conmutadores; esto no es necesariamente obligatorio, ya que podían haber procedido de la salida de un circuito inversor o de otra función cualquiera de las que estudiaremos en este capítulo.

Para obtener puertas activas será necesario hacer uso de circuitos transistorizados, mediante los cuales se pueden obtener ganancias de tensión y de corriente y, en consecuencia, ganancias de potencia. Una función O activa la tenemos representada en la figura 8-5, la cual consta de tres transistores *NPN*, ya que la hemos dispuesto con tres entardas. Si las tres entradas se encuentran a cero, los transistores no podrán conducir y, por lo tanto, la tensión en bornas de R_c será cero, $S = 0$; por el contrario, si a una, a dos o a las tres entradas le aplicamos señal uno, los transistores correspondientes podrán conducir, haciendo que en bornas de R_c aparezca una tensión aproximadamente igual a la tensión de alimentación, $S = 1$.

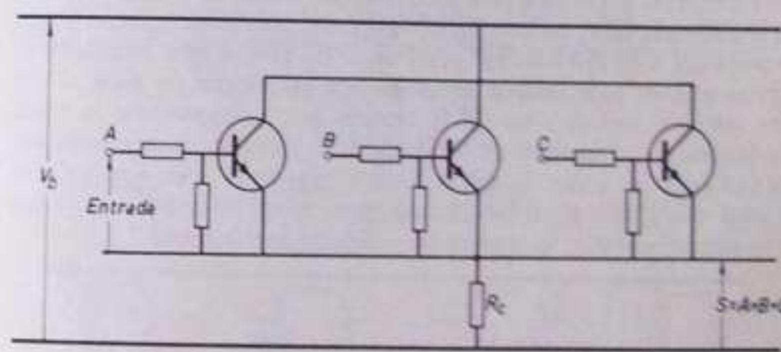


Fig. 8-5

La manera de representar simbólicamente una función O fue expuesta en el capítulo II. En la figura 8-6, junto al símbolo de una función O de tres entradas, mostramos los ocho estados diferentes en que podrá encontrarse.

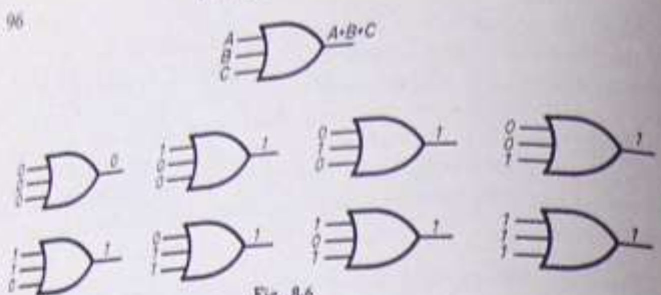


Fig. 8-6

Las dos puertas O que acabamos de describir no son las únicas, pero sí las más típicas, pudiendo exitir tantos tipos como fabricantes haya. No obstante, tal y como hemos dicho al principio de este capítulo, lo verdaderamente importante es saber el comportamiento de estas funciones.

84. FUNCION Y. — La función Y, en inglés función AND, se caracteriza por dar salida uno sólo en el caso de que todas sus entradas sean uno (circuito serie).

La función Y pasiva puede realizarse por medio de diodos *PN*. Así, si nos fijamos en el circuito de la figura 8-7, podremos apreciar cómo cuando sus tres entradas estén en cero, los tres diodos conducen y, por consiguiente, la tensión de salida será prácticamente nula, $S = 0$ (en realidad, será de unos *0.9 V*, tensión que corresponde a la caída de tensión en el interior de los diodos). Si llevamos una cualquiera de sus entradas a uno, la salida sigue siendo cero, dado que todavía quedan dos diodos conduciendo; así, pues, hasta que no llevemos las tres entradas a uno, la tensión de salida no se hará uno.

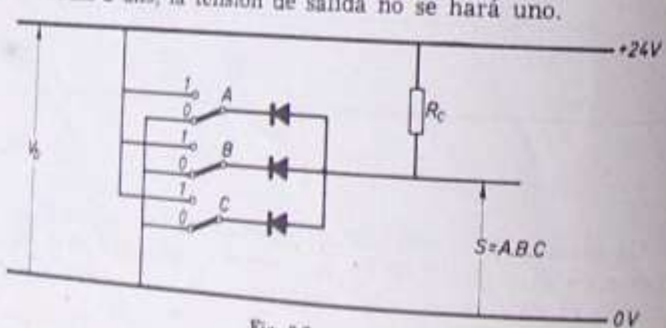


Fig. 8-7

De este circuito podemos ir obteniendo su correspondiente tabla de la verdad, al igual que se hizo con la función O, y de ella obtener la función característica. Siendo tres las variables de entrada de que dispone este circuito, serán ocho las posibles combinaciones diferentes que podrán realizarse, por lo tanto,

A	B	C	S	
0	0	0	0	
1	0	0	0	
0	1	0	0	
0	0	1	0	
1	1	0	0	
0	1	1	0	
1	0	1	0	
1	1	1	1	A . B . C

de donde se deduce que

$$S = A\,B\,C$$

La representación simbólica de esta función la indicamos en la figura 8-8, junto con los ocho estados diferentes en que puede encontrarse esta función, cuando dispone de tres variables de entrada.

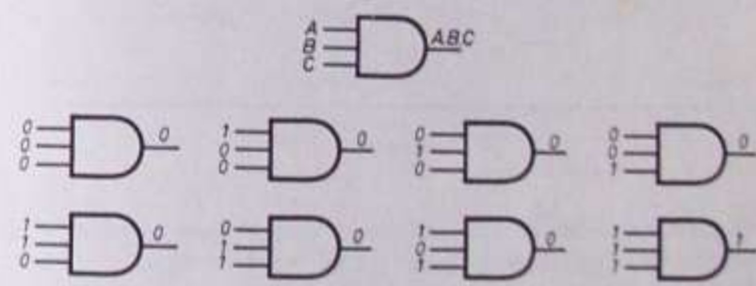


Fig. 8-8

La función Y activa puede realizarse con transistores, a semejanza de la función O; no obstante, no vamos a exponerla ahora, ya que la veremos con más claridad después de haber visto al resto de las funciones elementales.

8-5. FUNCION NOR. — La función NO-O o función NO-OR, abreviadamente función NOR, equivale a una función O seguida de una inversión.

Simbólicamente, la función NOR se representa según se indica en la figura 8-9.

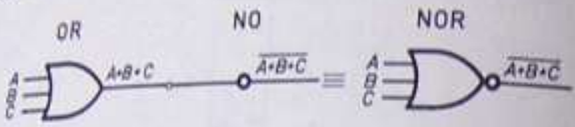


Fig. 8-9

Prácticamente, la función NOR podía conseguirse mediante una función O pasiva, como la de la figura 8-4, seguida de una unidad inversora o función NO. No obstante, dado que los diodos de la función O pasiva solamente realizan la misión de paso de corriente, éstos pueden ser sustituídos por simples resistencias (fig. 8-10).

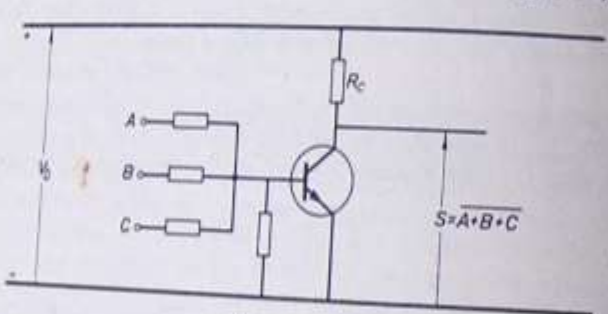


Fig. 8-10

El funcionamiento de este circuito es muy simple y similar al de la función NO descrita anteriormente. Si nos fijamos en el circuito, podremos apreciar que en el caso de que las tres entradas sean cero, el transistor no podrá conducir y su tensión de salida (tensión colector-emisor) será aproximadamente igual a la tensión de alimentación V_s, es decir, que cuando las tres entradas estén en cero, la salida será uno. Basta aplicar señal uno a una cualquiera de sus tres entradas para que el transistor conduzca a saturación y, por tanto, que la tensión de salida se haga aproximadamente igual a cero; con mayor

motivo la salida será cero cuando a dos o a las tres entradas se les aplique señal uno. Escribiendo la tabla de la verdad correspondiente a este circuito, tendremos:

A	B	C	S
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
1	1	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

$\overline{A}.\overline{B}.\overline{C}$

de donde deducimos que

$$S = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$$

y según el teorema 6, del capítulo II,

$$S = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} = \overline{A + B + C}$$

Para una mayor comprensión de la función NOR con tres entradas, en la figura 8-11 hemos representado los ocho posibles estados en que se podrá encontrar.

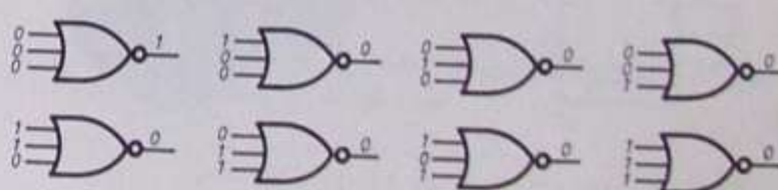


Fig. 8-11

Nos hemos referido a una función NOR de tres entradas, pero se comprende que la función NOR de la figura 8-10 puede disponerse con cuantas entradas queramos. La función NOR con una sola entrada, bien porque solamente disponga de una o bien por que las otras se han dejado de conectar, equivale a una función NO, fig. 8-12;

esto que a simple vista resulta ser una cosa lógica y sin mayor trascendencia, tiene una extraordinaria importancia, según veremos más adelante.

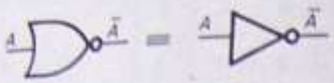


Fig. 8-12

En la figura 8-13 se muestra la unidad 2NOR 60 de la serie NORBIT 60, la cual contiene dos funciones NOR de cuatro entradas, montadas sobre circuito impreso y con elementos convencionales. Estas unidades tienen una gran aplicación en circuitos industriales y se las suele representar simbólicamente tal y como indicamos (lo verdaderamente importante no es el símbolo con que se representan las funciones, sino su comportamiento). Al final del libro indicamos las características de los elementos más destacados de esta serie.

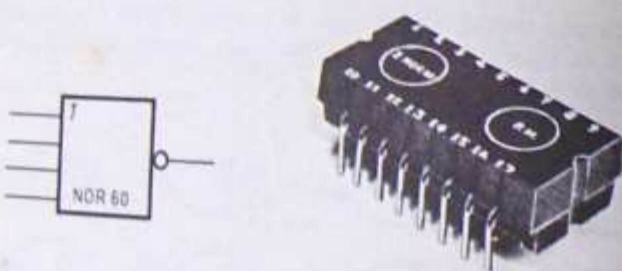


Fig. 8-13

8-6. FUNCION NAND. — La función NO-Y o función NO-AND, abreviadamente función NAND, equivale a una función Y seguida de una inversión.

La función NAND se representa simbólicamente tal y como indicamos en la figura 8-14.

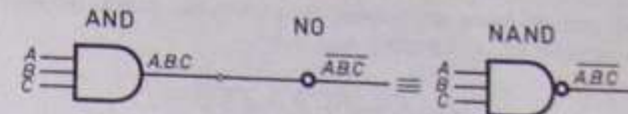


Fig. 8-14

Prácticamente, la función NAND puede obtenerse mediante una función Y pasiva, como la de la figura 8-7, seguida de una función NO, figura 8-15. El funcionamiento de este circuito puede deducirse inmediatamente si tenemos en cuenta que corresponde al de una función Y de tres entradas, con la salida invertida. Así, pues, como la función Y solamente tiene salida uno cuando todas sus entradas son uno, tendremos que la función NAND dará salida cero solamente en el caso de que todas sus entradas sean uno

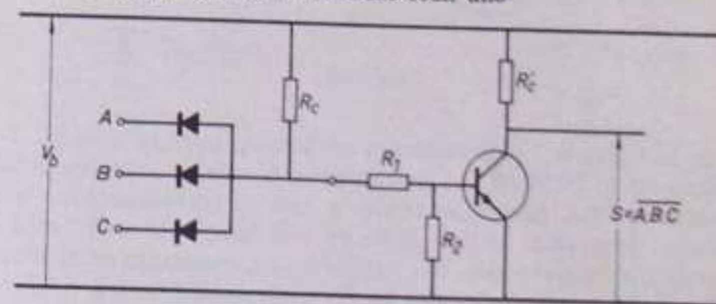


Fig. 8-15

Si escribimos la tabla de la verdad correspondiente a una función NAND de tres entradas, tendremos que

A	B	C	S
0	0	0	1
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	1
1	1	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Al igual que en casos anteriores, de esta tabla puede obtenerse la función característica, siendo

$$S = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} = \overline{A\,B\,C}$$

La función NAND también puede servirnos como unidad inversora, pues si suponemos que no tiene más que una entrada o que todas las entradas menos una se han conectado a uno, de la entrada que nos quede libre dependerá la salida, la cual será uno si la entrada es cero, pero la salida será cero si la entrada es uno, figura 8-16.

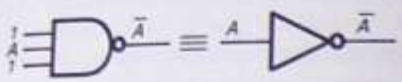


Fig. 8-16

En la figura 8-17 representamos un bloquecito de la serie FC, concretamente el FCH 191, el cual dispone de cuatro unidades NAND de dos entradas, fabricadas según la técnica correspondiente a los circuitos integrados. La fotografía de este bloquecito está hecha de acuerdo a su tamaño real. Las patitas no representadas en el dibujo, la 7 y la 14, corresponden con las de alimentación, la 7 a $+6V$ y la 14 a $0V$.

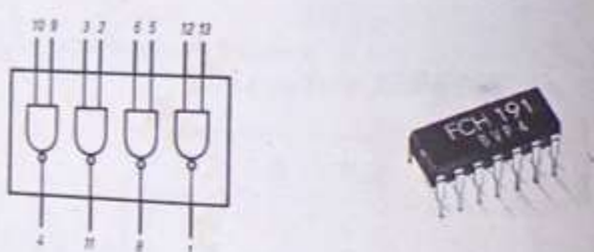
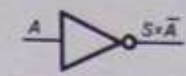


Fig. 8-17

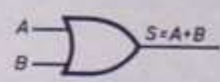
Como recordatorio, en la figura 8-18 resumimos las cuatro funciones lógicas elementales con dos entradas, junto a ellas representamos también la función NO.

Función NO



A	S
0	1
1	0

Función O (OR)

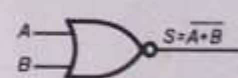


A	B	S
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Función Y (AND)

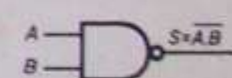
A	B	S
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Función NO-O (NOR)



A	B	S
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Función NO-Y (NAND)



A	B	S
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Fig. 8-18

CAPITULO IX

9-1. LOGIGRAMAS. — En los capítulos IV y V vimos cómo un circuito eléctrico cualquiera podía ser representado por medio de una función booleana y viceversa. La realización de estas funciones mediante las funciones lógicas elementales, da lugar a los llamados «logigramas».

Ya en el capítulo I al estudiar los postulados y teoremas del álgebra de Boole, fuimos dibujando, junto al circuito eléctrico, el correspondiente logigrama con funciones Y y O. La resolución de una función cualquiera por medio de estas dos funciones elementales resulta evidente, ya que cualquier tipo de función que se nos pueda presentar estará compuesta por sumas y productos. Así, la función obtenida en el ejemplo 1 del capítulo V, era $L = A\,\overline{B} + \overline{A}\,B$, cuyo logigrama lo tenemos representado en la figura 9-1.

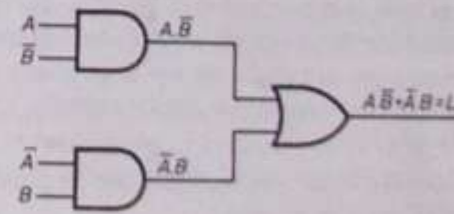


Fig. 9-1

El logigrama así obtenido equivale al circuito eléctrico de la figura 5-1.

Veamos otro ejemplo:

En la figura 4-6 se expuso un circuito eléctrico del que se sacó la siguiente expresión algebraica,

$$S = (A + \overline{B})\,[C\overline{D} + E\,(D\,A + F\,\overline{C})]$$

El logigrama no es difícil obtenerlo si se van realizando con funciones Y y O los productos y sumas de que consta esta expresión, figura 9-2.

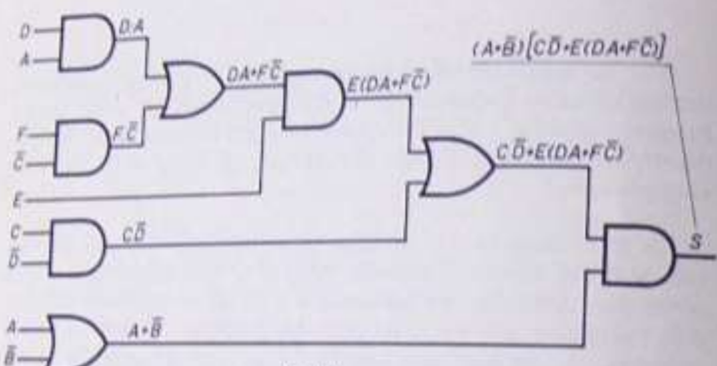


Fig. 9-2

El número de variables de entrada de que dispone este logigrama es de nueve, pero si unimos las variables de entrada iguales, en este caso solamente la A, quedan reducidas a ocho. Disponiendo de unidades inversoras que nos proporcionen de C su inversa y de D su inversa, el número de variables de entrada podría reducirse a seis.

Estos logigramas que acabamos de ver equivalen a sus respectivos circuitos eléctricos, pero tienen dos inconvenientes a la hora de su realización práctica:

1.º — Para resolver estos circuitos ha sido necesario disponer de dos tipos de funciones elementales.

2.º — No pueden obtenerse las inversas de las variables de entrada, salvo que se haga uso de una tercera función elemental, la función NO.

Por los motivos que acabamos de exponer, no es fácil encontrar unidades lógicas que contengan las funciones elementales Y y O, ya que lo ideal es poder resolver los logigramas con un solo tipo de función elemental y esto es posible.

Cuando en el capítulo anterior vimos las funciones NOR y NAND, se comprobó la particularidad de estas funciones de poder trabajar como simples funciones NO. Esta particularidad hace que las unidades NOR y NAND sean las que corrientemente se utilicen en la realización de logigramas, ya que además comprobaremos que mediante transformaciones adecuadas, cualquier tipo de función, por complicada que sea, puede ser resuelta con la sola utilización de una de estas dos funciones elementales.

9-2. REALIZACION DE LOGIGRAMAS CON UNIDADES NOR. — Como ya se demostró, una unidad NOR es capaz de realizar dos funciones elementales,

$$S = \overline{A + B + C + \ldots} \quad ; \quad S = \overline{A}$$

A la vista de estas dos funciones elementales, resulta evidente que para resolver una función cualquiera por medio de funciones NOR, habrá que transformarla para que todas las variables de entrada aparezcan en forma de suma lógica invertida. Para conseguir esto, la función propuesta deberá ser sometida a las siguientes transformaciones:

1.ª — A la expresión global de la función que pretendamos resolver, se le practica una doble inversión, con lo cual no sufre variación (postulado 16).

2.ª — Si la expresión viene dada en forma de productos lógicos, se opera una de las inversiones dadas, para transformar los productos en sumas (teorema 7).

3.ª — Si después de realizar la segunda transformación todavía existen productos parciales, a éstos se les da otra doble inversión, y con una de estas dos inversiones se transforman los productos en sumas.

Vemos, pues, cómo mediante la sucesiva aplicación del postulado 16 y del teorema 7, cualquier tipo de función puede ser transformado en una suma lógica de variables, la cual podrá ser resuelta con la sola utilización de unidades NOR.

Seguidamente veamos algunos ejemplos que nos ayudarán a comprender mejor todo lo dicho.

EJEMPLO 1

Realizar la función O de dos entradas, mediante unidades NOR.

Como ya se sabe, la función O de dos entradas tiene la siguiente expresión algebraica,

$$S = A + B$$

Practicando a esta función una doble inversión,

$$S = \overline{\overline{A + B}}$$

la cual no necesita ninguna transformación más, dado que está bajo la forma de suma lógica invertida, y por tanto puede ser resuelta con unidades NOR, figura 9-3.

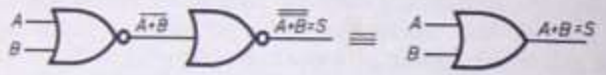


Fig. 9-3

Obsérvese cómo para resolver este logigrama hemos hecho uso de dos unidades NOR; de la primera hemos utilizado dos entradas y de la segunda sólo una. En el caso de que las unidades NOR utilizadas hubieran tenido cuatro entradas, como por ejemplo la unidad 2NOR 60, las entradas que no se utilicen se dejarán sin conectar, sin preocuparnos de más.

Comprobemos sobre el logigrama obtenido su equivalencia con la función O. Para ello recordemos que la función NOR tiene salida uno solo en el caso de que todas sus entradas sean cero, y que la solución correcta, correspondiente a la función O, deberá dar salida uno cuando todas o alguna de sus entradas sean uno. Efectivamente, así sucede, según podemos apreciar en la figura 9-4.

La función O de tres, cuatro, etc., entradas, puede obtenerse sin otro requisito que el de disponer a la primera unidad NOR de tantas entradas como necesitemos.

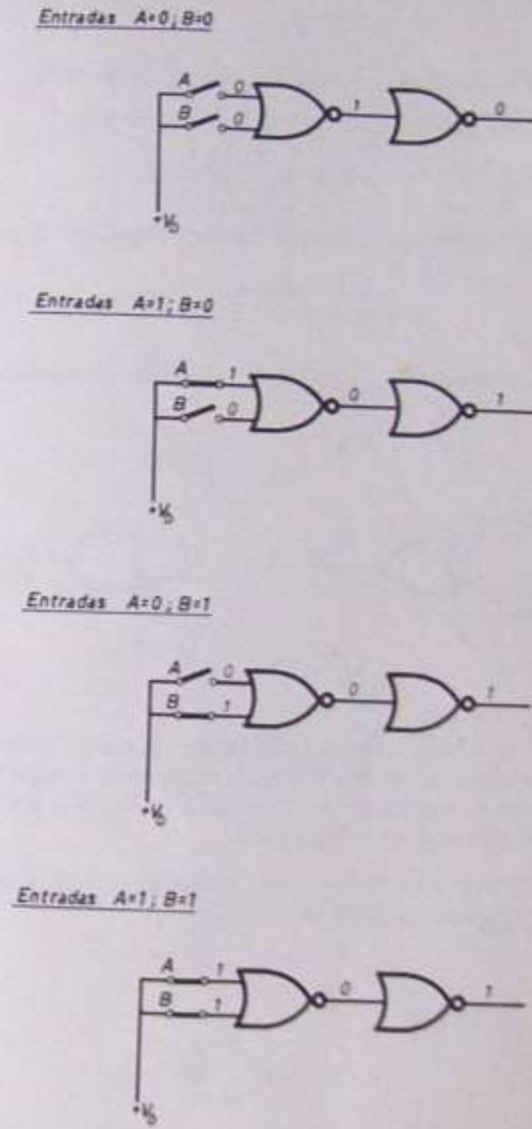


Fig. 9-4

EJEMPLO 2

Realizar la función Y de dos entradas, con unidades NOR.

La función Y de dos entradas responde a la expresión,

$$S = A \, . \, B$$

Dándole una doble inversión y transformando el producto en suma, tendremos

$$S = \overline{\overline{A \, . \, B}} = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$$

El logigrama correspondiente a esta función lo tenemos representado en la figura 9-5.

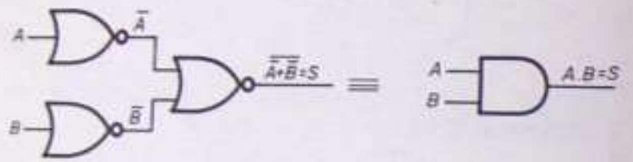
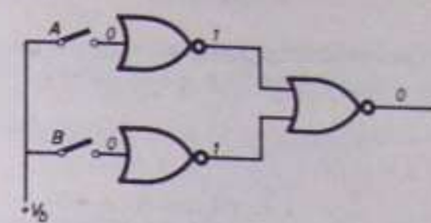


Fig. 9-5

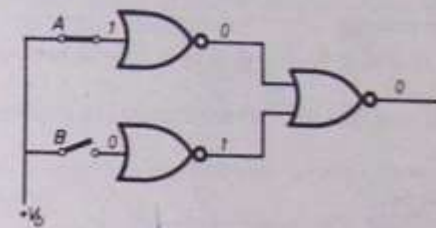
Al igual que en el caso anterior, dibujemos los cuatro estados en que puede encontrarse la función Y de dos entradas, y comprobemos que efectivamente el logigrama corresponde a la función propuesta por el enunciado del problema, figura 9-6.

La función Y con tres, cuatro, etc., entradas, puede obtenerse agregando nuevas unidades NOR de entrada.

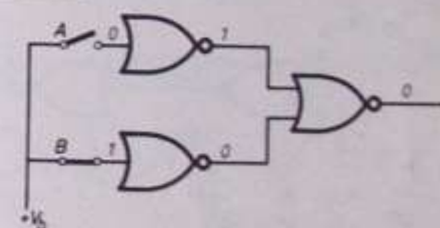
Entradas $A=0; B=0$



Entradas $A=1; B=0$



Entradas $A=0; B=1$



Entradas $A=1; B=1$

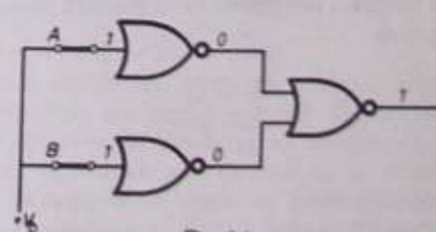


Fig. 9-6

EJEMPLO 3

Resolver con unidades NOR la función $S = A\,(B + \overline{A}\,D)$.

Dándole una doble inversión y transformando el producto en suma, tendremos

$$S = \overline{\overline{A\,(B+\overline{A}\,D)}} = \overline{\overline{A} + \overline{(B+\overline{A}\,D)}}$$

Una doble inversión dada al producto que todavía nos queda, permite su total transformación en suma,

$$S=\overline{\overline{A}+\overline{B+\overline{\overline{\overline{A}\,D}}}}=\overline{\overline{A}+\overline{B+\overline{\overline{\overline{\overline{A}}+\overline{D}}}}}=\overline{\overline{A}+\overline{B+\overline{A+\overline{D}}}}$$

El logigrama de esta función transformada, lo representamos en la figura 9-7.

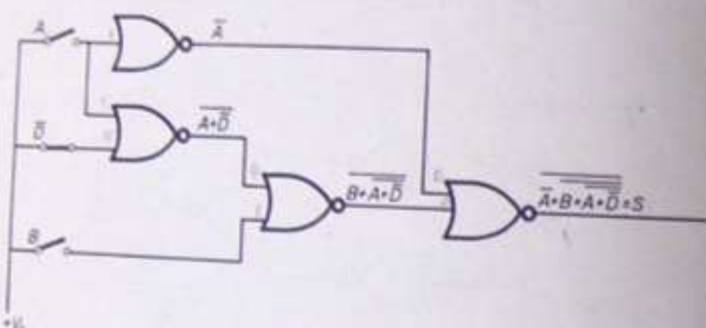


Fig. 9-7

Obténgase la tabla de la verdad de la función dada y compruébese sobre el logigrama.

En el logigrama puede verse cómo uno de los contactos se halla normalmente cerrado $\overline{D}$. De esta forma nos evitamos el empleo de la unidad NOR encargada de producir la inversión de la variable (D), correspondiente a un contacto normalmente abierto. Naturalmente puede presentársenos el caso de que no dispongamos de un contacto normalmente cerrado, en cuyo caso es imprescindible el empleo de una unidad NOR que produzca la inversión.

EJEMPLO 4

Con la sola utilización de unidades NOR, resolver la función $R = A\,\overline{B} + \overline{A}\,C$ que se obtuvo en el ejemplo 2 del capítulo V.

En primer lugar démosle a la función una doble inversión

$$R=\overline{\overline{A\,\overline{B}+\overline{A}\,C}}$$

Ninguna transformación puede hacerse con la doble inversión dada, así que démosle una nueva doble inversión a cada uno de los dos productos de la función

$$R=\overline{\overline{\overline{\overline{A\,\overline{B}}}+\overline{\overline{\overline{A}\,C}}}}$$

operemos ahora una de las inversiones de cada producto y transformémoslos en sumas

$$R=\overline{\overline{\overline{\overline{A}+\overline{\overline{B}}}+\overline{\overline{\overline{A}}+\overline{C}}}}=\overline{\overline{\overline{A}+B}+\overline{A+\overline{C}}}$$

La función ya está dispuesta para ser resuelta mediante unidades NOR, figura 9-8.

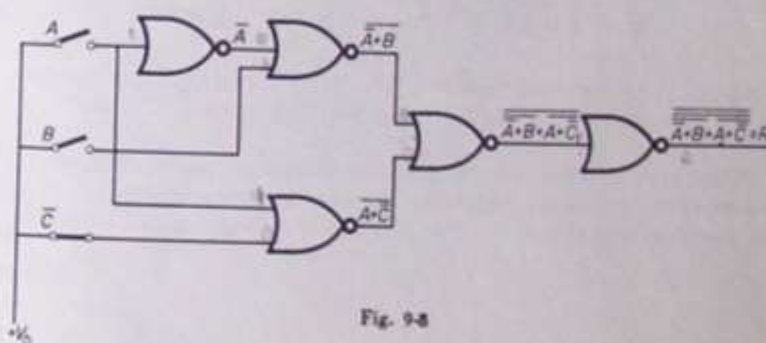


Fig. 9-8

A la vista del logigrama obtenido, compruébese cómo efectivamente cumple las condiciones establecidas en la tabla de la verdad del ejemplo 2 del capítulo V.

EJEMPLO 5

Resolver con unidades NOR el ejemplo 4 del capítulo V.

En este ejemplo se hacía referencia al mando de dos motores M_1 y M_2, mediante tres pulsadores A, B y C. La tabla de la verdad nos permitió entonces obtener las funciones correspondientes, las cuales resultaron ser

$$M_1 = A\overline{B} + \overline{A}B\overline{C} \quad ; \quad M_2 = \overline{A}\,(B\overline{C} + \overline{B}C)$$

Dándoles una doble inversión a estas dos funciones, tendremos

$$M_1 = \overline{\overline{A\overline{B} + \overline{A}B\overline{C}}} \quad ; \quad M_2 = \overline{\overline{\overline{A}\,(B\overline{C} + \overline{B}C)}} = \overline{A + \overline{B\overline{C} + \overline{B}C}}$$

Transformando los productos parciales en sumas, mediante una doble inversión, obtendremos:

Para M_1

$$M_1 = \overline{\overline{\overline{\overline{A\overline{B}}} + \overline{\overline{\overline{A}B\overline{C}}}}} = \overline{\overline{\overline{\overline{A} + B} + \overline{A + \overline{B} + C}}}$$

y para M_2

$$M_2 = \overline{A + \overline{\overline{\overline{B\overline{C}}} + \overline{\overline{\overline{B}C}}}} = \overline{A + \overline{\overline{\overline{B} + C} + \overline{B + \overline{C}}}}$$

Estas dos funciones nos permiten dibujar el logigrama que equivaldrá al circuito eléctrico de la figura 5-4, figura 9-9.

Obsérvese la reducción de contactos eléctricos que se obtiene mediante el logigrama. El logigrama dispone de tres contactos de mando, mientras que al circuito eléctrico le son necesarios diez contactos.

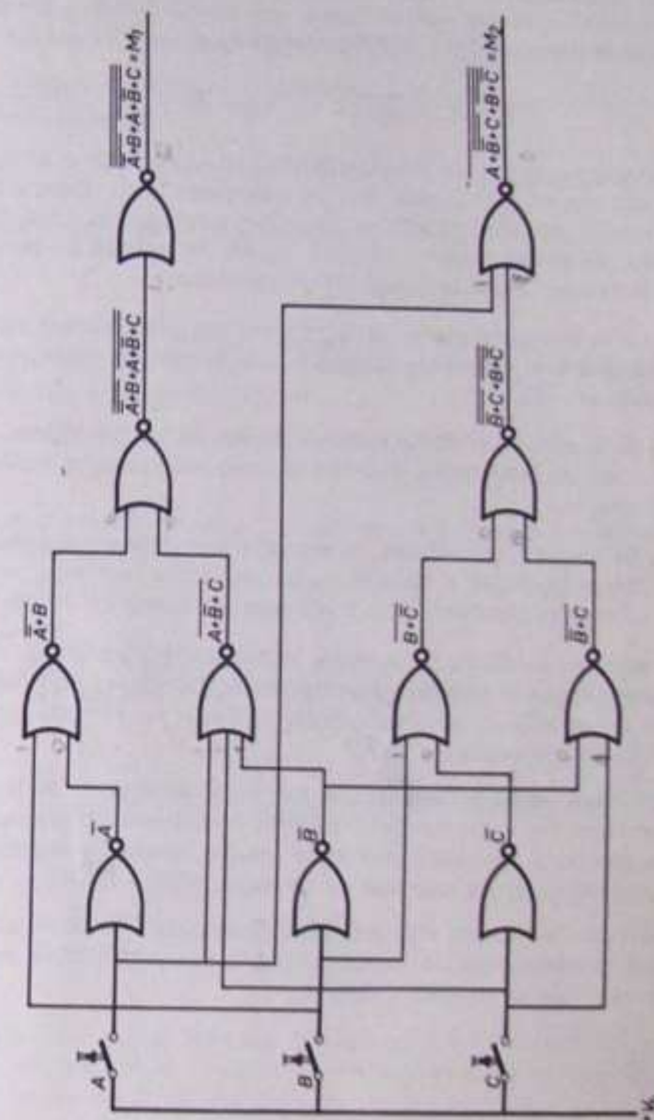


Fig. 9-9

9-3. REALIZACION DE LOGIGRAMAS CON UNIDADES NAND. — Ya es sabido que mediante una unidad NO-Y o NAND pueden realizarse las dos funciones elementales,

$$S = \overline{A.B.C....} \quad ; \quad S = \overline{A}$$

Para que por medio de unidades NAND podamos realizar el logigrama correspondiente a una función cualquiera, ésta deberá ser transformada para que en ella no aparezcan más que los productos invertidos de sus variables. Con este objeto, la función propuesta deberá someterse a las siguientes transformaciones:

1.ª — A la expresión global de la función que pretendamos resolver, se le practica una doble inversión, con lo cual no sufre variación (postulado 16).

2.ª — Si la expresión viene dada en forma de sumas lógicas, se opera una de las inversiones, para transformar las sumas en productos (teorema 6).

3.ª — Si después de realizar la segunda transformación todavía existen sumas parciales, a éstas se les da una doble inversión, y con una de estas dos inversiones se transforman las sumas en productos.

Así es como mediante la sucesiva aplicación del postulado 16 y del teorema 6, puede transformarse cualquier función en un producto lógico de variables, y por consiguiente ya puede ser resuelta con la sola utilización de unidades NAND.

Recordamos ahora la importancia que en el capítulo II se le dio a los teoremas 6 y 7, los cuales constituían los llamados teoremas de Morgan, gracias a los cuales es posible resolver cualquier logigrama con la utilización de un solo tipo de unidades NOR o NAND.

Seguidamente veamos algunos ejemplos para aclarar la forma de conseguir la transformación de las funciones que pretendamos resolver con este tipo de unidades lógicas.

EJEMPLO 1

Realizar la función O de tres entradas, con unidades NAND.

Como ya sabemos, la función O de tres entradas, tiene como expresión algebraica,

$$S = A + B + C$$

Practicando a esta función una doble inversión,

$$S = \overline{\overline{A + B + C}}$$

y aprovechando una de las inversiones para transformar la suma en producto, teorema 6, tendremos

$$S = \overline{\overline{A}\,.\,\overline{B}\,.\,\overline{C}}$$

La cual ya está dispuesta para ser resuelta mediante unidades NAND, figura 9-10.

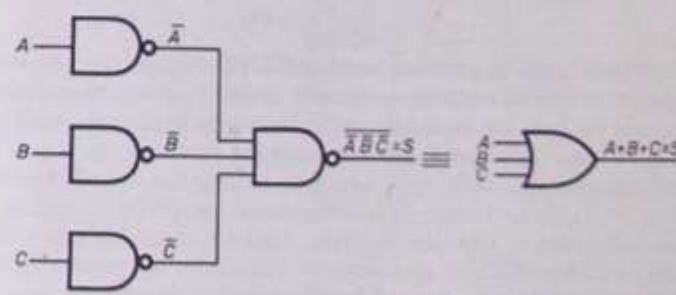


Fig. 9-10

Al igual que se hizo con la función O de dos entradas, resuelta con unidades NOR, compruébese la equivalencia de este logigrama con la función *O* de tres entradas.

EJEMPLO 2

Realizar la función Y de tres entradas, mediante unidades NAND.

La función Y de tres entradas tiene por expresión

$$S = A \,.\, B \,.\, C$$

Dándole una doble inversión, tendremos

$$S = \overline{\overline{A \,.\, B \,.\, C}}$$

Esta función ya está preparada para ser resuelta mediante unidades NAND, a la cual le corresponde el logigrama indicado en la figura 9-11.

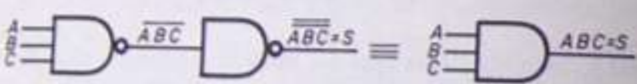


Fig. 9-11

Obsérvese cómo la primera unidad NAND dispone de tres entradas, mientras que la segunda solamente dispone de una sola entrada. En el caso de que las unidades utilizadas dispusieran de cuatro entrada cada una, recuérdese que las entradas sobrantes hay que darles entrada uno, es decir, que hay que conectarlas directamente al extremo $+V_b$ de la fuente de alimentación; exactamente igual podemos decir para el ejemplo anterior. Esto no ocurre con la utilización de unidades NOR, ya que como se indicó, las entradas sobrantes pueden dejarse sin conectar, es decir, con señal de entrada cero.

EJEMPLO 3

Resolver con unidades NAND la función $R = A\,(B + C) + C$

Primeramente démosle una doble inversión y transformemos la suma en producto

$$R = \overline{\overline{A\,(B + C) + C}} = \overline{\overline{A\,(B + C)}\;\overline{C}}$$

A la suma $B + C$ démosle una doble inversión y transformémosla en producto

$$R = \overline{A\,(\overline{\overline{B + C}})\;\overline{C}} = \overline{A\,\overline{\overline{B}\,\overline{C}}\;\overline{C}}$$

La función ya la tenemos bajo la forma de producto de todas sus variables, correspondiéndole el logigrama de la figura 9-12.

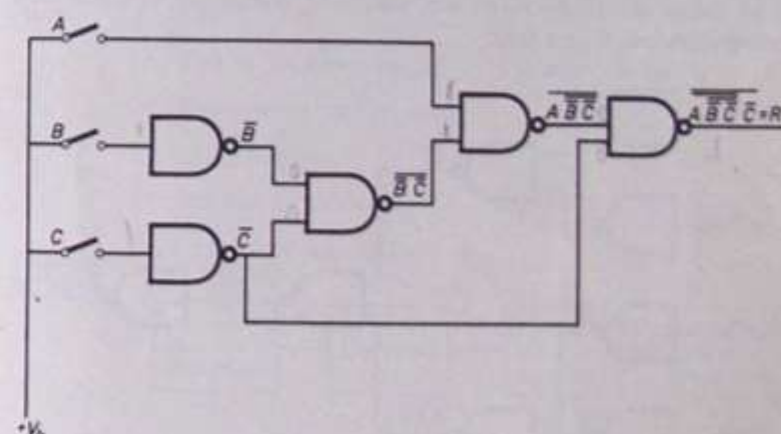


Fig. 9-12

EJEMPLO 4

Con la sola utilización de unidades NAND, realizar el logigrama correspondiente a la función $S = (A + C)\,(D + B + \overline{E})$

Dando una doble inversión a la función propuesta, tendremos

$$S = \overline{\overline{(A + C)\,(D + B + \overline{E})}}$$

Como con esta doble inversión no puede hacerse ninguna transformación, démosle una doble inversión a cada una de las sumas parciales que aparecen dentro de los paréntesis, y transformémoslas en productos.

$$S = \overline{\overline{\overline{\overline{(A + C)}}\;\overline{\overline{(D + B + \overline{E})}}}} = \overline{\overline{\overline{\overline{A}\,\overline{C}}\;\overline{\overline{D}\,\overline{B}\,E}}}$$

ya en forma de producto de sus variables, dibujemos el logigrama correspondietne, figura 9-13.

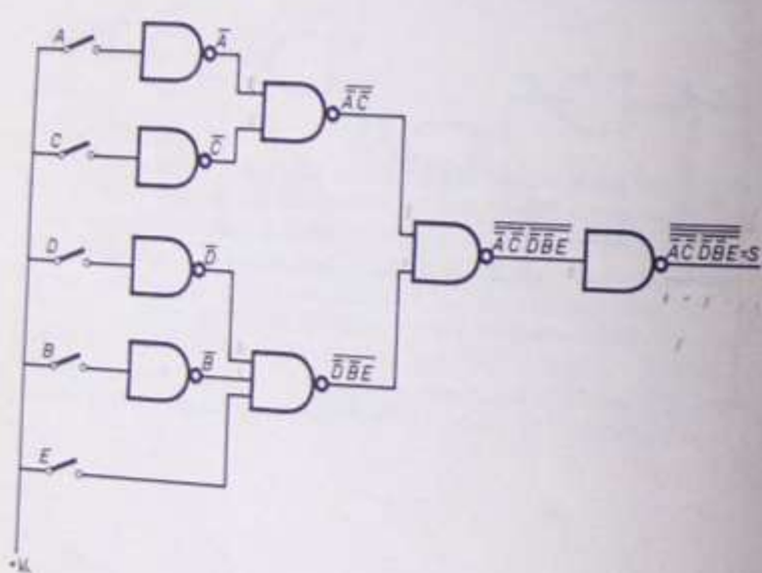


Fig. 9-13

CAPITULO X

10-1. AUTOMATISMOS CON UNIDADES LOGICAS. — Vista la manera de obtener el logigrama correspondiente a una función cualquiera por medio de unidades NOR o NAND, ya estamos en disposición de poder resolver cualquier automatismo eléctrico por medios electrónicos.

En general, un sistema electrónico capaz de realizar las mismas funciones que un sistema eléctrico, puede descomponerse en cinco partes (fig. 10-1):

1.ª Fuente de alimentación de corriente continua.

2.ª Organos de información.

3.ª Logigrama.

4.ª Unidad de potencia.

5.ª Organo de ejecución.

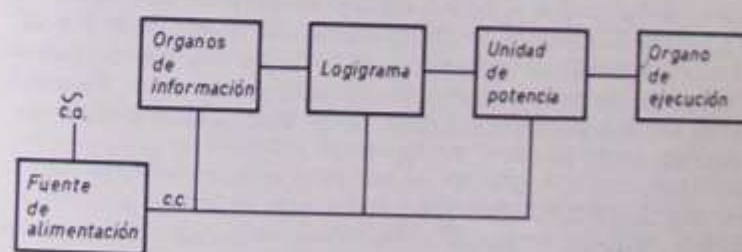


Fig. 10-1

La fuente de alimentación se encarga de suministrarnos la tensión o tensiones necesarias para alimentar las unidades lógicas de que constará el logigrama, los órganos de información, las unidades de potencia y, en ocasiones, los órganos de ejecución.

El logigrama tiene como misión darnos salida cero (ausencia de tensión) o salida uno (presencia de tensión), de acuerdo a ciertas condiciones establecidas previamente y que responden a la acción de ciertos órganos de información (interruptores, cintas perforadas, células fotoeléctricas en general, resistores NTC, etc...).

Los órganos de ejecución (relés, selenoides, lámparas de señalización, zumbadores, motores, etc...) deben responder de acuerdo a la salida del logigrama, pero como dicha salida no puede ser aplicada directamente a un órgano de ejecución, ya que éstos no reaccionarían, por necesitar una potencia mucho mayor que la que puede darnos una unidad lógica NOR o NAND, habrá que intercalar, entre la salida del logigrama y el órgano de ejecución, una unidad amplificadora de potencia que esté de acuerdo con las necesidades del órgano de ejecución.

10-2. FUENTES DE ALIMENTACION. — Las unidades lógicas fabricadas mediante la técnica de circuitos integrados, suelen necesitar una tensión de alimentación de *5* a *6 V* y admiten una variación de tensión máxima de $\pm 5\%$. Así pues, para alimentar estas unidades será preciso disponer de circuitos rectificadores con un sistema estabilizador de tensión.

Por el contrario, las unidades lógicas fabricadas a base de componentes convencionales, como por ejemplo las unidades correspondientes a la serie NORBIT 60, se alimentan con una tensión de *24 V* y admiten una variación de tensión de $\pm 25\%$. Es por esto que las fuentes de alimentación para este tipo de unidades pueden estar formadas por un rectificador puente, seguido de un simple filtro a condensador *C* (fig. 10-2).

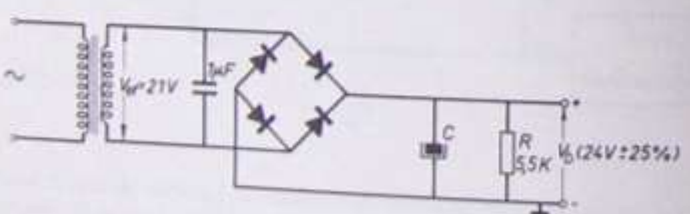


Fig. 10-2

Como se indica en la figura, el circuito rectificador suele llevar en el secundario del transformador un condensador de *1* μ*F* encargado de absorber las sobretensiones de frente muy escarpado procedentes de la red de alimentación y una pequeña resistencia de drenaje de unos *5,5 K*Ω.

Como seguidamente justificaremos, las fuentes de alimentación para la alimentación de ciertos sistemas suelen llevar también un pequeño rectificador que suministra tensión continua de unos *100 V*.

10-3. ORGANOS DE INFORMACION. — Como ya hemos dicho, los órganos de información están constituídos por todos aquellos dispositivos eléctricos y electrónicos capaces de dar señal *0* ó *1*, a la entrada del logigrama, de acuerdo a determinados fenómenos de mando.

Cuando el órgano de información está constituído por un interruptor, éste puede ser alimentado por la misma tensión de alimentación que la utilizada para las unidades lógicas (fig. 10-3 a).

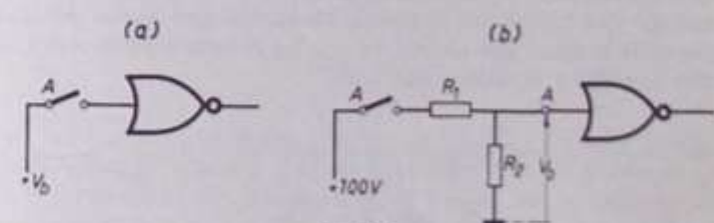


Fig. 10-3

La alimentación de un interruptor con la misma tensión que la utilizada para las unidades lógicas, puede ocasionar ciertas dificultades en aquellos circuitos a los que se les exige una gran seguridad de funcionamiento, ya que siendo relativamente pequeñas las tensiones a que trabajan las unidades lógicas, entre *5* y *24 V*, podrían resultar insuficientes para perforar la ligerísima capa de óxido formada en la superficie del material con que están fabricados los contactos del interruptor (nos estamos refiriendo a una extraordinaria seguridad de funcionamiento, ya que por todos es sabido que un contacto eléctrico puede trabajar correctamente con tensiones todavía más pequeñas).

Cuando se precise una mayor seguridad, puede hacerse uso del circuito indicado en la figura 10-3 b, el cual se alimenta con una tensión continua mayor, del orden de *100 V*, y mediante el divisor de tensión formado por R_1 y R_2, se hace que en bornas de R_2 aparezca la tensión V_b necesaria para el mando de la unidad lógica.

Recordemos que el mando de una unidad NOR se hace a través de la base de un transistor y, por lo tanto, las intensidades que cierran o abren los interruptores es del orden de microamperios. Esto hace que los contactos de estos interruptores tengan una vida eléctrica indefinida.

Con objeto de evitar los efectos de rebote y parásitos producidos por toda conmutación mecánica, así como las tensiones inducidas en las líneas que van de los órganos de información a la entrada del logigrama, suelen hacerse uso de filtros para aminorar los efectos de estos fenómenos. Por lo general, estos filtros están compuestos por una capacidad que absorbe las sobretensiones de frente escarpado y un diodo Zener como limitador de sobretensiones.

La serie NORBIT 60 dispone de la unidad 2SF 60, la cual lleva en su interior dos filtros, los cuales se alimentan por medio de sendos divisores de tensión, con objeto de que las conmutaciones mecánicas puedan hacerse a tensiones elevadas.

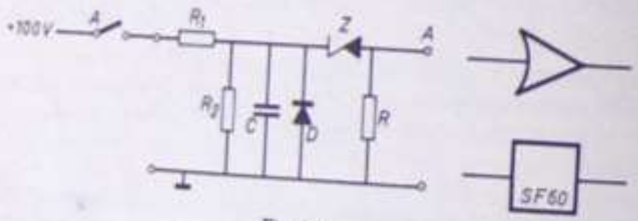


Fig. 10-4

En la figura 10-4 hemos dibujado uno de los dos filtros de que consta la unidad 2SF 60, junto con su representación simbólica general y particular.

10-4. UNIDADES DE POTENCIA. — Las unidades de potencia a intercalar entre las salidas de los logigramas y los órganos de ejecución, pueden ser para corriente continua o para corriente alterna.

Unidades de potencia para corriente continua. — Cuando los órganos de ejecución deban alimentarse con corriente continua y la potencia que necesitan no es superior a *2 ó 3* vatios, como en el caso de pequeños relés, lamparitas de señalización, etc..., puede hacerse uso del circuito indicado en la figura 10-5. Este circuito consta de un pequeño transistor, por ejemplo el MC 140, en montaje emisor común, a cuya entrada se aplica la salida del logigrama, llevando la carga u órgano de ejecución conectado entre el colector y el extremo $+V_b$ de la fuente de alimentación.

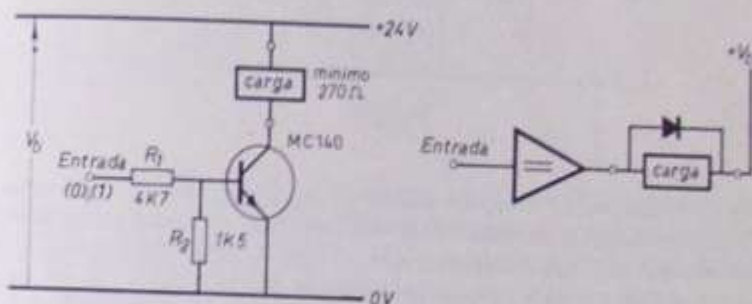


Fig. 10-5

El funcionamiento de este circuito es similar al de una unidad inversora, es decir, que si a la entrada la señal es cero, el transistor no puede conducir y, por consiguiente, la tensión en la carga es nula; por el contrario, si a la entrada se aplica señal uno, el transistor conduce a saturación y la tensión en bornas de la carga se hace aproximadamente igual a V_b. Junto a este amplificador hemos representado el símbolo general de los amplificadores de potencia para corriente continua; el diodo conectado en paralelo con la carga es aconsejable siempre que ésta sea inductiva, ya que de esta manera protegemos al transistor contra las sobretensiones.

Amplificadores de mayor potencia pueden conseguirse utilizando dos o más transistores. Así, en la figura 10-6 representamos un amplificador de potencia con dos transistores, un transistor previo T_1 que ataca al transistor de potencia T_2. Obsérvese cómo el transistor T_1 lleva la resistencia de carga a la salida del emisor, por lo que constituye un amplificador del tipo «seguidor emisor», el cual no da ganancia de tensión, pero sí ganancia de intensidad; de esta manera, cuando la señal de entrada sea uno, la tensión en R_2 será pequeña, pero podrá suministrar la corriente necesaria para que T_2 conduzca a saturación.

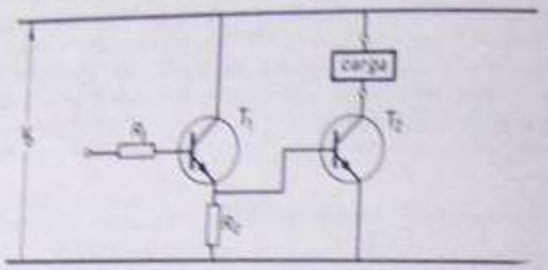


Fig. 10-6

En ocasiones, la señal de salida del logigrama en lugar de aplicarla directamente al amplificador de potencia, se aplica a través de un circuito del tipo «disparador Schmitt», dejando fijado con ello un nivel mínimo de actuación de la salida del logigrama. La unidad PA 80, de la serie NORBIT 60, corresponde a esta descripción, con la única diferencia de que el amplificador de potencia está formado por dos transistores previos en lugar de uno.

Unidades de potencia para corriente alterna. — Con la aparición del «triac», elemento equivalente a dos tiristores en antiparalelo, pero con una sola puerta, las unidades de potencia para corriente alterna pueden ser realizadas con suma facilidad.

Si tenemos en cuenta que un triac puede cebarse, con un margen suficientemente amplio, con una tensión de *1,2 V* y absorbe para dicha tensión una corriente de unos *70 mA*, el mando del triac puede realizarse tal y como se indica en la figura 10-7. Se trata de una unidad de potencia para corriente continua como la de la figura 10-4, la cual utiliza dos resistencias de carga como limitadoras de tensión, entre las que se alimenta la puerta del triac. El circuito de potencia en sí está constituido por el triac en serie con la carga, y se alimenta directamente de la red alterna. La potencia que puede obtenerse en la carga depende única y exclusivamente del tipo de triac utilizado; así, por ejemplo, si utilizamos un triac del tipo BTX94/500R, el cual puede controlar una corriente alterna de *20 A* a una tensión

de *220 V*, tendremos que cuando la salida del logigrama sea uno, habrá tensión y corriente por la puerta del triac, pudiendo obtener en la carga una potencia de $220 \times 20 = 4.400$ *W*.

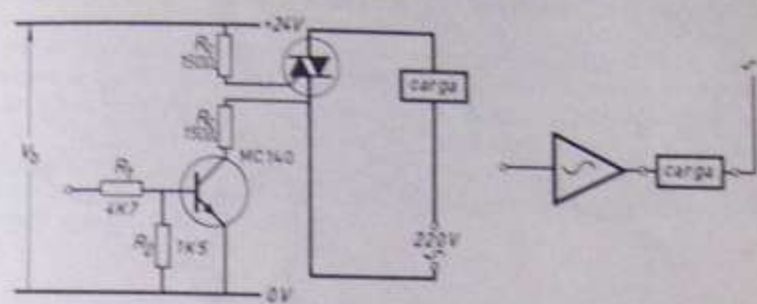


Fig. 10-7

Naturalmente, este mismo circuito puede ser utilizado para alimentar la puerta de un tiristor, en cuyo caso en la carga se obtendrá una tensión pulsada de media onda, pues, como se sabe, el tiristor sólo puede conducir en un sentido.

10-5. LIMITACION DE LA DURACION DE LOS IMPULSOS.

En la realización de ciertos automatismos nos encontraremos con la necesidad de limitar la duración de un impulso dado por un pulsador o por una unidad lógica, para lo cual deberemos hacer uso de los circuitos diferenciadores RC.

Sea por ejemplo un pulsador *A* accionado manualmente, que actúa como órgano de información de una unidad NOR (fig. 10-8); al pulsar *A* la entrada de la unidad lógica se hace uno durante el tiempo que dure la pulsación, tiempo que, como mínimo, podrá ser del orden de *0,5* segundos, ya que la inercia propia del pulsador y la acción manual que le proporcionamos no permitirá tiempos menores. Si a partir de un pulsador *A* pretendemos obtener impulsos de muy corta duración y constante, intercalemos entre el pulsador y la unidad lógica el circuito diferenciador que se indica; en estas condiciones, al pulsar *A* el condensador *C* tiende a cargarse a través del diodo *D* y de la resistencia *R*, por lo que en el primer instante aparece en bornas de estos dos componentes una tensión igual a $+V_b$, tensión que disminuirá rápidamente como consecuencia de la carga de *C*, hasta hacerse cero. Cuando se deje de pulsar A, el condensador, que ya se habrá cargado, tenderá a descargarse a través de R_l, no pudiéndolo hacer a través del diodo, pues al quedar polarizado en sentido inverso ofrecerá una resistencia muy grande.

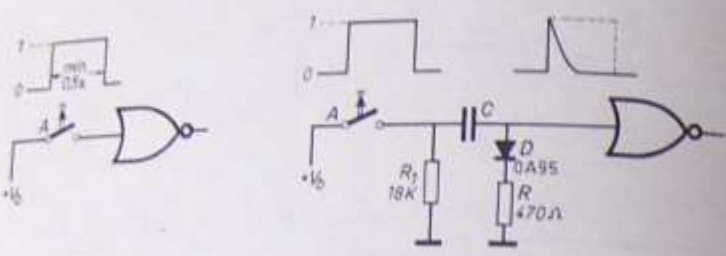


Fig. 10-8

A la vista del funcionamiento de este circuito, deducimos que la duración del impulso suministrado por el diferenciador depende del producto RC (suponemos que la resistencia del diodo, polarizado en sentido directo, es nula), pero como a R le daremos un valor fijo y lo suficientemente grande para que nos proteja al diodo, en este caso hemos supuesto $R = 470\,\Omega$, la duración del impulso depedenderá solamente del valor que se dé al condensador. Una vez que se deja de pulsar A, la recuperación del circuito a su estado primitivo (C descargado) depende del tiempo de descarga de C sobre R_l, el cual podrá suponerse suficientemente pequeño en la mayoría de las aplicaciones si hacemos $R_l = 17\,K\Omega$.

Al hablar de la función memoria realizada con relés, se vio cómo un relé necesitaba un tiempo mínimo para su excitación, el cual era del orden de $30\ ms$. Exactamente igual podemos decir para las unidades lógicas, ya que debido a la capacidad interelectródica de las uniones del transistor, tendrán un tiempo mínimo de conmutación, mucho menor que el de un relé, pero que, no obstante, en ciertos casos puede llegar a tener su importancia; así, una unidad NOR fabricada con elementos convencionales tendrá un tiempo mínimo de conmutación del orden de $3\ \mu s$. Esto nos lleva a la conclusión de que la diferenciación de un impulso de entrada a una unidad NOR nunca podrá ser menor que el tiempo mínimo de conmutación de la unidad lógica que se utilice.

Cuando pretendamos limitar la duración de un impulso dado por una unidad lógica a otra, el circuito a utilizar puede simplificarse notablemente como consecuencia del funcionamiento de dichas unidades. Así, por ejemplo, para limitar la acción de una unidad NOR sobre otra (fig. 10-9), podremos hacer uso de un simple diferenciador RC, ya que cuando la salida de la primera unidad NOR se conmute de cero a uno, el condensador C tenderá a cargarse a través de R en un tiempo que dependerá del producto RC. Cuando la salida de dicha unidad vuelva nuevamente a cero, esto se deberá a que su transistor ha pasado a conducir a saturación y, por lo tanto, el condensador se descargará rápidamente a través de la resistencia casi nula que le ofrece el transistor.

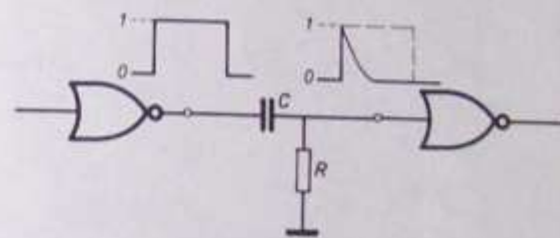


Fig. 10-9

10-6. CONMUTACION DE UNA UNIDAD NOR MEDIANTE IMPULSOS NEGATIVOS. — Una unidad NOR que de salida cero, como consecuencia de tener una o varias de sus entradas con señal uno ($+V_b$), puede conmutarse su salida de cero a uno, suprimiendo la señal o señales «unos» de entrada. Este es el procedimiento normal de conmutación, ya estudiado, pero también puede hacerse aplicando una señal negativa a otra cualquiera de las entradas. Este procedimiento de conmutación, no suele utilizarse para el mando normal de los logigramas, pero sí tiene una extraordinaria importancia en los multivibradores biestables. Veamos seguidamente la manera de obtener impulsos negativos y la manera de aplicarlos.

Cuando el impulso negativo que se quiera obtener deba ser dado mediante un pulsador, puede hacerse uso del circuito indicado en la figura 10-10. Según vemos en este circuito, cuando el pulsador esté sin accionar, el condensador C se carga a través de la resistencia R_a

y R, con la polaridad indicada, no pudiéndolo hacer a través de la carga R_e que va a alimentar debido a que se lo impide el diodo; cuando el pulsador se accione, el condensador es colocado en paralelo con la resistencia R y, por lo tanto, se descarga a través de esta resistencia y la de carga R_e de entrada a la unidad NOR, dando en consecuencia un impulso negativo a la entrada de la unidad lógica, cuya duración dependerá del valor del condensador (ahora el diodo queda polarizado en sentido directo). Naturalmente, la unidad NOR que se hallaba con salida cero, por tener una de sus entradas conectadas a $+V_b$, se conmuta a uno durante el tiempo que dure el impulso negativo.

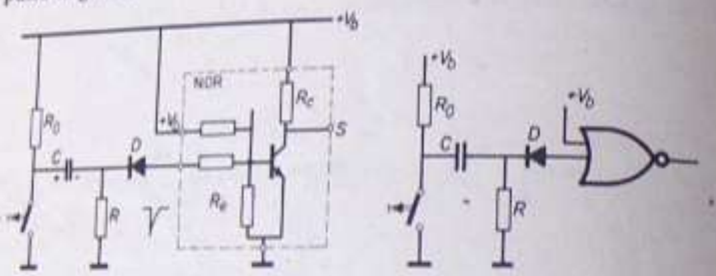


Fig. 10-10

Si el impulso negativo debe ser dado por una unidad NOR a otra, el circuito a utilizar es similar, pues como ya sabemos las unidades NOR se comportan como interruptores que abren o cierran un contacto según sea la tensión aplicada a la entrada. Según puede verse en la figura 10-11, cuando la salida de la primera unidad sea uno, el condensador C se cargará a través de la resistencia de carga de dicha unidad, y cuando la salida se conmute a cero (el transistor conduce a saturación), el condensador quedará unido directamente a masa, mediante la resistencia casi nula colector-emisor, descargándose a través de la resistencia R y la de entrada de la unidad NOR.

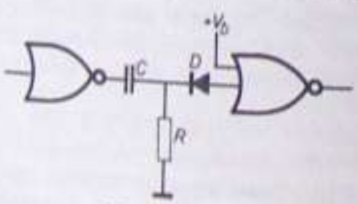


Fig. 10-11

CAPITULO XI

11-1. FUNCION MEMORIA CON UNIDADES NOR. — En el capítulo VI vimos la manera de obtener la función memoria, así como las posibilidades de utilización del circuito correspondiente. Puesto que la función memoria tenía como función algebraica

$$R = \overline{P}\,(M + R)$$

dicha función podrá ser resuelta mediante unidades NOR, si la transformamos convenientemente. Dicha transformación, realizada según las normas dadas en el capítulo IX, nos da la siguiente función

$$R = \overline{\overline{\overline{P}\,(M + R)}} = \overline{\overline{\overline{P}} + \overline{M + R}} = \overline{P + \overline{M + R}}$$

la cual ya puede ser resuelta con la sola utilización de unidades NOR (fig. 11-1). Obsérvese cómo una de las variables de entrada es R, la cual se obtiene directamente de la salida, dando lugar al lazo de realimentación del que se habló.

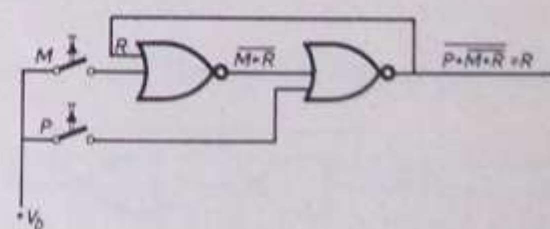
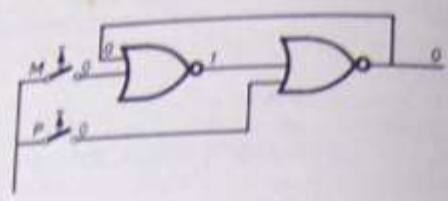


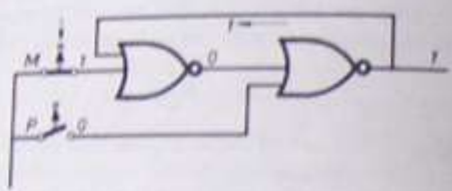
Fig. 11-1

En la figura 11-2 exponemos las fases de funcionamiento de la función memoria, para una mayor comprensión del logigrama.

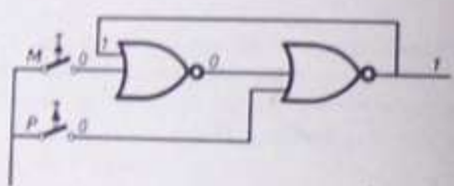
Posición de reposo



Acción sobre M



Retención



Acción sobre P (borrado de la memoria)

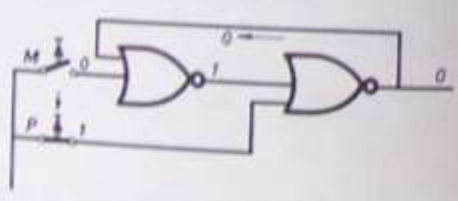


Fig. 11-2

De una forma más general, la función memoria fue expuesta con varios pulsadores de mando M y de borrado P. Siendo en este caso

$$R = P\,P_1 P_2 \ldots (M + M_1 + M_2 + \ldots + R)$$

tendremos que transformando esta expresión para ser resuelta con unidades NOR,

$$R = \overline{P + P_1 + P_2 + \ldots + \overline{M + M_1 + M_2 + \ldots + R}}$$

la cual nos permite dibujar el logigrama correspondiente (fig. 11-3).

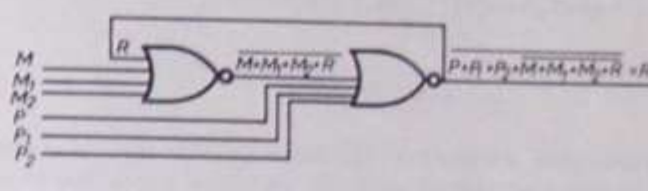


Fig. 11-3

Aunque menos utilizada, otra forma de presentar la función memoria era la correspondiente a la función

$$R = M + R\overline{P}$$

la cual transformada nos da

$$R = \overline{\overline{M + R\overline{\overline{P}}}} = \overline{\overline{M + \overline{\overline{R} + \overline{\overline{P}}}}} = \overline{\overline{M + \overline{\overline{R} + P}}}$$

De esta función puede obtenerse el logigrama correspondiente; no obstante, esta función, que de por sí necesitaría cuatro unidades NOR (compruébelo el lector), puede ser simplificada si hacemos uso del portulado 13, referente a la segunda propiedad distributiva del producto lógico. Así, pues, tendremos que según este postulado,

$$R = M + R\overline{P} = (M + R)(M + \overline{P})$$

Transformando esta nueva función equivalente, tendremos,

$$R = \overline{\overline{(M + R)(M + \overline{P})}} = \overline{\overline{M + R} + \overline{M + \overline{P}}}$$

cuyo logigrama se representa en la figura 11-4.

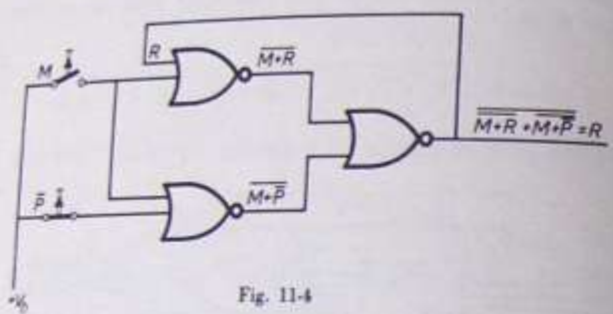


Fig. 11-4

Naturalmente, cuando los logigramas de estas funciones memoria se utilicen para accionar órganos de ejecución, habrá que intercalar los amplificadores de potencia que se describieron en el capítulo anterior.

A la vista de los resultados obtenidos con la función memoria con unidades NOR, es evidente que los ejemplos expuestos en el capítulo VI pueden ser resueltos electrónicamente. Seguidamente, resolvamos todos los ejemplos que en dicho capítulo se plantearon.

EJEMPLO 1

Este ejemplo hacía referencia al mando de una máquina bobinadora mediante un pulsador de mando M y un pulsador de parada P. Adicionalmente se acoplaba a dicho mando un minirruptor «rompe hilos» H y un relé térmico E, encargados de desconectar el relé de mando del motor, cuando el hilo de la bobinadora se rompía o cuando se produjera una sobrecarga en el motor.

La función obtenida para el relé de mando del motor fue

$$R = \overline{P}\,(M + R)\,\overline{E}\,\overline{H}$$

Transformando esta función para ser resuelta con unidades NOR, tendremos

$$R = \overline{\overline{\overline{P}\,(M + R)\,\overline{E}\,\overline{H}}} = \overline{P + \overline{M + R} + E + H}$$

La cual nos da el logigrama indicado en la figura 11-5.

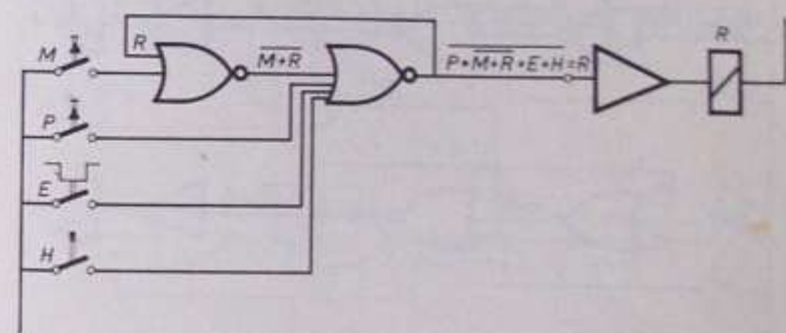


Fig. 11-5

Compruébese el idéntico funcionamiento de este circuito electrónico con el circuito eléctrico de la figura 6-8.

EJEMPLO 2

Se trataba del accionamiento de dos relés, R_a y R_b, de forma que el relé R_a se pudiera excitar y desexcitar con independencia de R_b, mientras que el relé R_b solamente debería poder excitarse y desexcitarse cuando R_a estuviera excitado.

Las funciones encontradas fueron:

$$R_a = \overline{P_a}\,(M_a + R_a) \quad ; \quad R_b = \overline{P_b}(M_b + R_b)\,R_a$$

que transformadas resultarán ser

$$R_a = \overline{P_a + \overline{M_a + R_a}} \quad ; \quad R_b = \overline{P_b + \overline{M_b + R_b} + \overline{R_a}}$$

El logigrama correspondiente a estas dos funciones lo tenemos representado en la figura 11-6

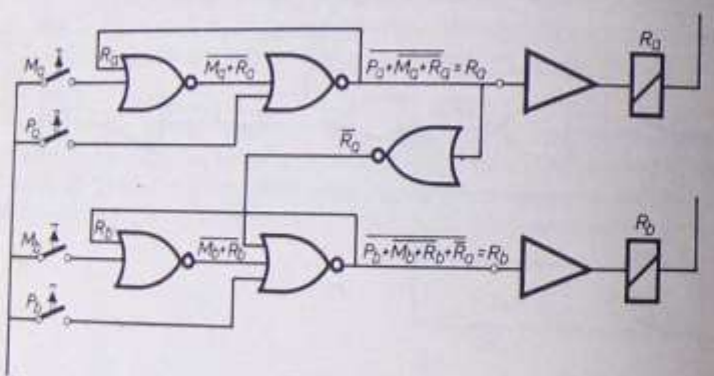


Fig. 11-6

El funcionamiento del circuito es evidente, ya que cuando R_a esté desexcitado $R_a = 0$, tendremos que $\overline{R_a} = 1$, valor que aplicado a la segunda unidad NOR, actuará como borrado de la función correspondiente; hasta que R_a no se haga igual a uno, en cuyo caso $\overline{R_a} = 0$, el relé R_b no podrá ser excitado.

EJEMPLO 3

Este ejemplo hacía referencia al típico circuito correspondiente a la inversión del sentido de giro de un motor. Las funciones obtenidas en este caso, fueron

$$R_D = \overline{P}\,(M_D + R_D)\,\overline{R_I} \quad ; \quad R_I = \overline{P}\,(M_I + R_I)\,\overline{R_D}$$

que transformadas, equivaldrán a las dos funciones siguientes:

$$R_D = \overline{P + \overline{M_D + R_D} + R_I} \quad ; \quad R_I = \overline{P + \overline{M_I + R_I} + R_D}$$

El logigrama correspondiente se representa en la figura 11-7, pudiendo apreciar cómo ambas funciones se borran entre sí, no permitiendo su simultáneo funcionamiento (condición necesaria en la inversión el sentido de giro de un motor).

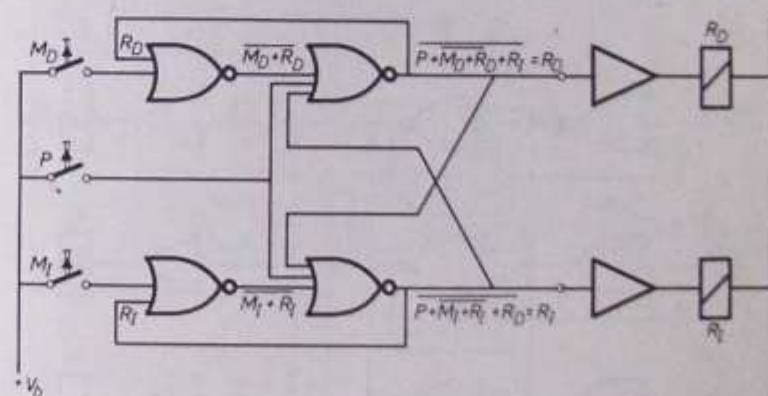


Fig. 11-7

EJEMPLO 4

En este ejemplo hacíamos referencia al mando de tres motores mediante tres relés, R_a, R_b y R_c, los cuales debían cumplir la condición de que cuando uno cualquiera de ellos se pusiera en marcha, se eliminará la posibilidad de funcionamiento de los otros dos.

Las funciones correspondientes a cada uno de estos tres relés de mando, resultaron ser

$$R_a = \overline{P}\,(M_a + R_a)\,\overline{R_b}\,\overline{R_c}$$
$$R_b = \overline{P}\,(M_b + R_b)\,\overline{R_a}\,\overline{R_c}$$
$$R_c = \overline{P}\,(M_c + R_c)\,\overline{R_a}\,\overline{R_b}$$

Estas tres funciones, transformadas para ser resueltas con unidades NOR, nos permitirán dibujar el logigrama correspondiente, figura 11-8.

$$R_a = \overline{P + \overline{M_a + R_a} + R_b + R_c} \quad ; \quad R_b = \overline{P + \overline{M_b + R_b} + R_a + R_c}$$

$$R_c = \overline{P + \overline{M_c + R_c} + R_a + R_b}$$

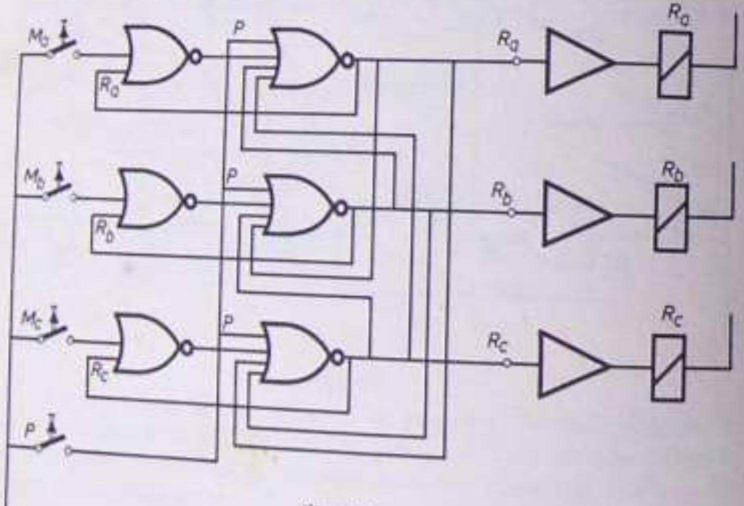


Fig. 11-8

Obsérvese cómo de trece contactos que tenía el circuito eléctrico de la figura 6-11, en el logigrama han quedado reducidos a cuatro.

EJEMPLO 5

Veíamos en este ejemplo el control automático de una taladradora, habiendo encontrado las dos siguientes funciones para el mando de los relés de subida y bajada:

$$R_B = (B + R_B)\,\overline{FCB}\,\overline{P_S}\,\overline{R_S} \quad ; \quad R_S = (FCB + P_S + R_S)\,\overline{FCS}$$

Transformadas estas dos funciones

$$R_B = \overline{\overline{B + R_B} + FCB + P_S + R_S} \quad ; \quad R_S = \overline{\overline{FCB + P_S + R_S} + FCS}$$

podemos dibujar el logigrama correspondiente, figura 11-9.

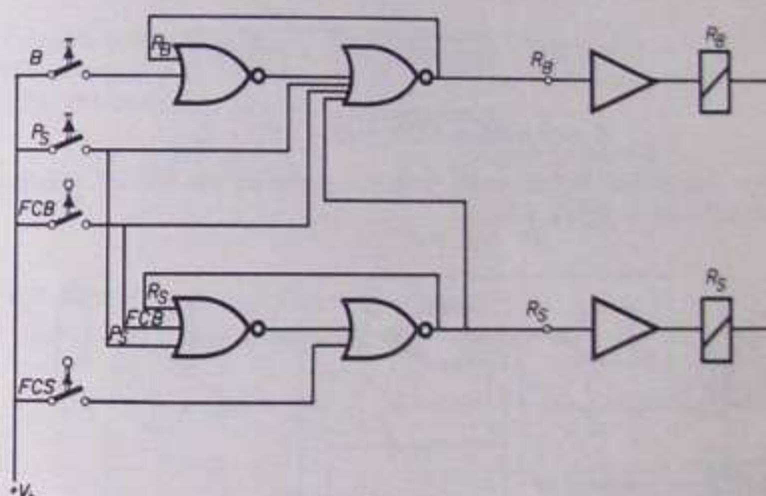


Fig. 11-9

EJEMPLO 6

En este ejemplo se resolvía el mando automático de vaivén de un carro móvil, por ejemplo para una cepilladora. Las dos funciones que se dedujeron para los correspondientes relés de mando hacia la derecha R_D y mando hacia la izquierda R_I, resultaron ser:

$$R_D = \overline{P}\,(M_D + FCI + R_D)\,\overline{FCD}\,\overline{R_I}$$

$$R_I = \overline{P}\,(M_I + FCD + R_I)\,\overline{FCI}\,\overline{R_D}$$

de donde se deduce que

$$R_D = \overline{P + \overline{M_D + FCI + R_D} + FCD + R_I}$$

$$R_I = \overline{P + \overline{M_I + FCD + R_I} + FCI + R_D}$$

cuyo logigrama, figura 11-10, puede ser comparado con el circuito eléctrico de la figura 6-15.

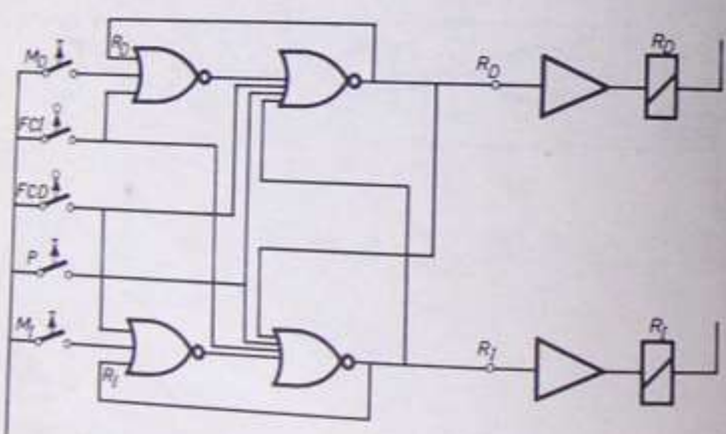


Fig. 11-10

EJEMPLO 7

En este ejemplo se describía un interesante circuito capaz de denunciar cualquier defecto o avería producido en una instalación. Este circuito disponía de un zumbador Z y de una lamparita roja de señalización L; el mando del circuito se efectuaba mediante un contacto D, detector del defecto o avería, y un pulsador A_r de alarma recibida, el cual hacía enmudecer el zumbador y dejaba la lamparita encendida en el caso de que la avería persistiera.

Las funciones que cumplían las condiciones establecidas, fueron:

$$R_D = (D + R_D)\,\overline{R_A} \quad ; \quad R_A = A_r + R_A D = (A_r + R_A)(A_r + D)$$

$$Z = R_D \quad ; \quad L = R_A + R_D$$

Transformadas estas cuatro funciones, teniendo presente la simplificación que se hizo para la función memoria del tipo correspondiente a R_A, tendremos

$$R_D = \overline{\overline{D + R_D} + R_A} \quad ; \quad R_A = \overline{\overline{A_r + R_A} + \overline{A_r + D}}$$

$$Z = R_D \quad ; \quad L = \overline{\overline{R_A + R_D}}$$

cuyo logigrama se representa en la figura 11-11.

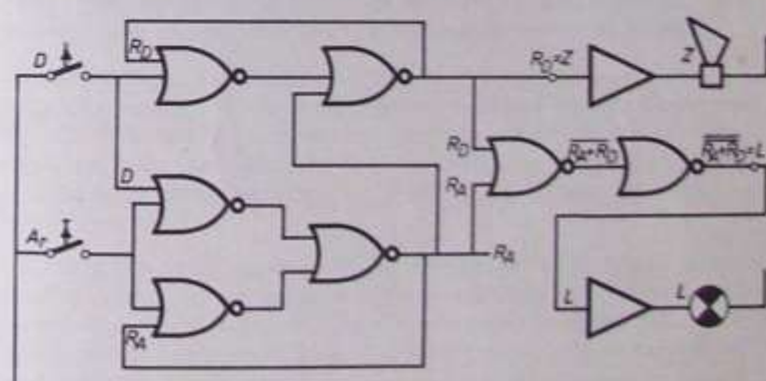


Fig. 11-11

CAPITULO XII

12-1. COMPARACION DE LOS SISTEMAS ELECTRICO Y ELECTRONICO DE MANDO DE UN ASCENSOR. — Hasta ahora nos hemos limitado a ir resolviendo electrónicamente todos los circuitos que en un principio se plantearon y resolvieron eléctricamente. Las ventajas e inconvenientes del sistema eléctrico con respecto al sistema electrónico, no han sido expuestas debido a que si pretendemos comparar, por ejemplo, un simple circuito inversor del sentido de giro de un motor, realizado mediante contactores, con el mismo circuito realizado con unidades NOR, veríamos cómo el sistema electrónico se llevaría todas las ventajas menos una, la más importante, y es la de resultar más caro. Esta ventaja que pueden apuntarse todos los circuitos eléctricos sencillos, va perdiendo fuerza a medida que van aumentando en complejidad, pudiendo afirmar que los circuitos electrónicos pueden competir en precio con los realizados eléctricamente, a partir de un determinado momento, establecido por la complejidad del sistema que se pretenda realizar.

Naturalmente nos estamos refiriendo a circuitos no temporizados, ya que los temporizadores no han sido estudiados todavía. Como más adelante veremos, solamente los circuitos eléctricos sencillos que lleven una sola temporización de poca precisión, como por ejemplo, un arrancador estrella-triángulo, pueden competir en precio con los electrónicos.

El exponer en el capítulo VII el mando de un ascensor, se hizo con el propósito de comparar el sistema eléctrico con el electrónico, cuando llegara el momento. Dicho momento creemos que ya ha llegado, por lo tanto resolvamos electrónicamente el ascensor de tres plantas que se obtuvo en el mencionado capítulo, y luego comparemos ambos sistemas.

Según se vio, las dos expresiones características para los contactores de subida y bajada del ascensor de tres plantas, resultaron ser,

$$R_S = R_{S_1} + R_{S_2} \quad ; \quad R_B = R_{B_0} + R_{B_1}$$

que transformadas para ser resueltas con unidades NOR, quedan bajo la siguiente forma,

$$R_S = \overline{\overline{R_{S_1} + R_{S_2}}} \quad ; \quad R_B = \overline{\overline{R_{B_0} + R_{B_1}}}$$

Los sumandos de estas expresiones resultaron ser:

Para

$$R_{S_1} = \overline{E_0}\,\overline{E_1}\,\overline{E_2}\,\overline{P}\,\overline{F_1}\,[(M_1\overline{H} + C_1)(A_0)(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{S_1}]$$

que transformada nos da

$$R_{S_1} = \overline{E_0 + E_1 + E_2 + P + F_1 + \overline{\overline{(M_1\overline{H} + C_1)(A_0)(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{S_1}}}}$$

$$R_{S_1} = \overline{E_0 + E_1 + E_2 + P + F_1 + \overline{\overline{\overline{\overline{(M_1\overline{H} + C_1)} + \overline{A_0} + \overline{\overline{R_S}} + \overline{\overline{R_B}}}} + R_{S_1}}}$$

$$R_{S_1} = \overline{E_0 + E_1 + E_2 + P + F_1 + \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{M_1} + H} + C_1}} + \overline{A_0} + R_S + R_B}} + R_{S_1}}$$

Para

$$R_{S_2} = \overline{E_0}\,\overline{E_1}\,\overline{E_2}\,\overline{P}\,\overline{F_2}\,[(M_2\overline{H} + C_2)(A_0 + A_1)(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{S_2}]$$

que transformada, nos da

$$R_{S_2} = \overline{E_0 + E_1 + E_2 + P + F_2 + \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{M_2} + H} + C_2}} + \overline{A_0 + A_1} + R_S + R_B}} + R_{S_2}}$$

Para

$$R_{B_0} = \overline{E_0}\,\overline{E_1}\,\overline{E_2}\,\overline{P}\,\overline{F_0}\,[(M_0\overline{H} + C_0)(A_1 + A_2)(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{B_0}]$$

que transformada resulta ser,

$$R_{B_0} = \overline{E_0 + E_1 + E_2 + P + F_0 + \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{M_0} + H} + C_0}} + \overline{A_1 + A_2} + R_S + R_B}} + R_{B_0}}$$

Para

$$R_{B_1} = \overline{E_0}\,\overline{E_1}\,\overline{E_2}\,\overline{P}\,\overline{F_1}\,[(M_1\overline{H} + C_1)(A_2)(\overline{R_S}\,.\,\overline{R_B}) + R_{B_1}]$$

que transformada nos da

$$R_{B_1} = \overline{E_0 + E_1 + E_2 + P + F_1 + \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{M_1} + H} + C_1}} + \overline{A_2} + R_S + R_B}} + R_{B_1}}$$

Las memorias auxiliares que impedían que el ascensor se quedara bloqueado entre dos plantas cuando se accionaba el pulsador de parada situado en la cabina, resultaron ser tres,

$$A_0 = (F_0 + A_0)\overline{F_1} \quad ; \quad A_1 = (F_1 + A_1)\overline{F_0}\,\overline{F_2} \quad ; \quad A_2 = (F_2 + A_2)\overline{F_1}$$

que transformadas nos darán las expresiones,

$$A_0 = \overline{\overline{F_0 + A_0} + F_1} \quad ; \quad A_1 = \overline{\overline{F_1 + A_1} + F_0 + F_2} \quad ; \quad A_2 = \overline{\overline{F_2 + A_2} + F_1}$$

Las luces de planta resultaron ser,

$$L_0 = L_1 = L_2 = R_S + R_B + E_0 + E_1 + E_2 + H$$

de donde

$$L_0 = L_1 = L_2 = \overline{\overline{R_S + R_B + E_0 + E_1 + E_2 + H}}$$

Finalmente las cerraduras magnéticas de las puertas del ascensor, tenían por expresión algebraica

$$G_0 = \overline{R_S}\,\overline{R_B}F_0 \quad ; \quad G_1 = \overline{R_S}\,\overline{R_B}F_1 \quad ; \quad G_2 = \overline{R_S}\,\overline{R_B}F_2$$

de las que deducimos que

$$G_0 = \overline{R_S + R_B + \overline{F_0}} \quad ; \quad G_1 = \overline{R_S + R_B + \overline{F_1}} \quad ; \quad G_2 = \overline{R_S + R_B + \overline{F_2}}$$

Las transformaciones realizadas con estas funciones, nos permiten dibujar el logigrama correspondiente, figuras 12-1 y 12-2. La figura 12-1 nos muestra el mando, propiamente dicho, del ascensor. La figura 12-2, nos muestra las funciones auxiliares, junto con las luces de planta y las cerraduras magnéticas.

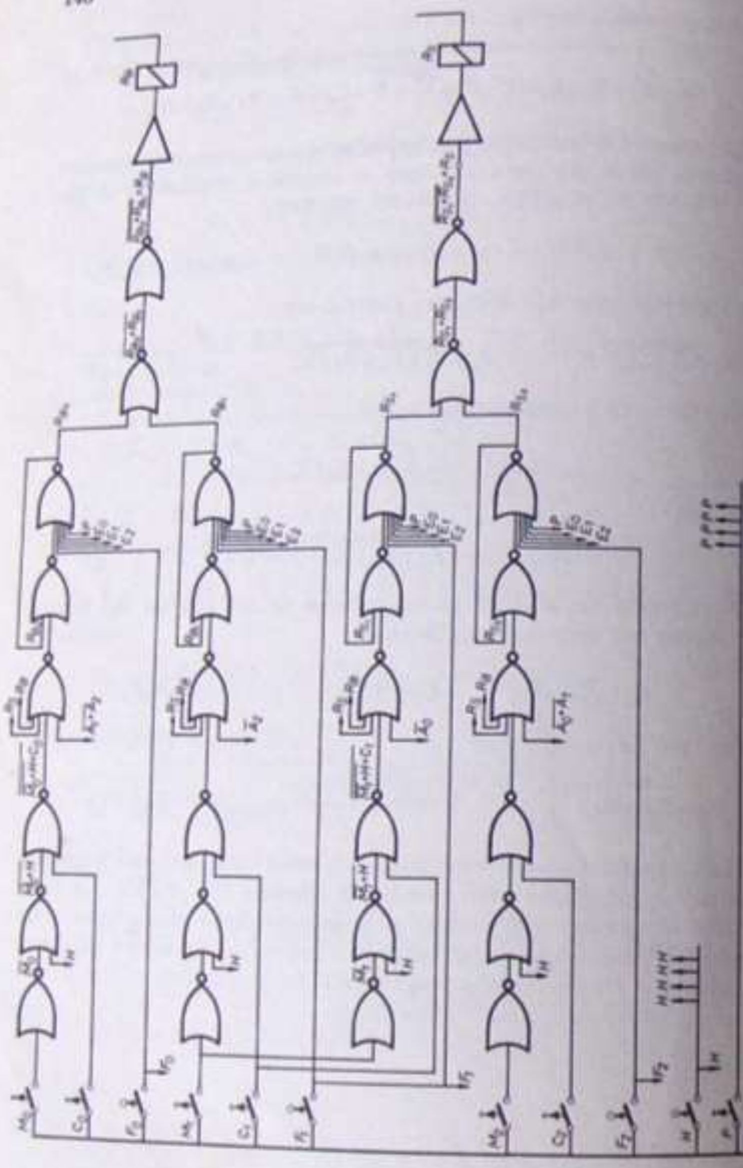


Fig. 12-1

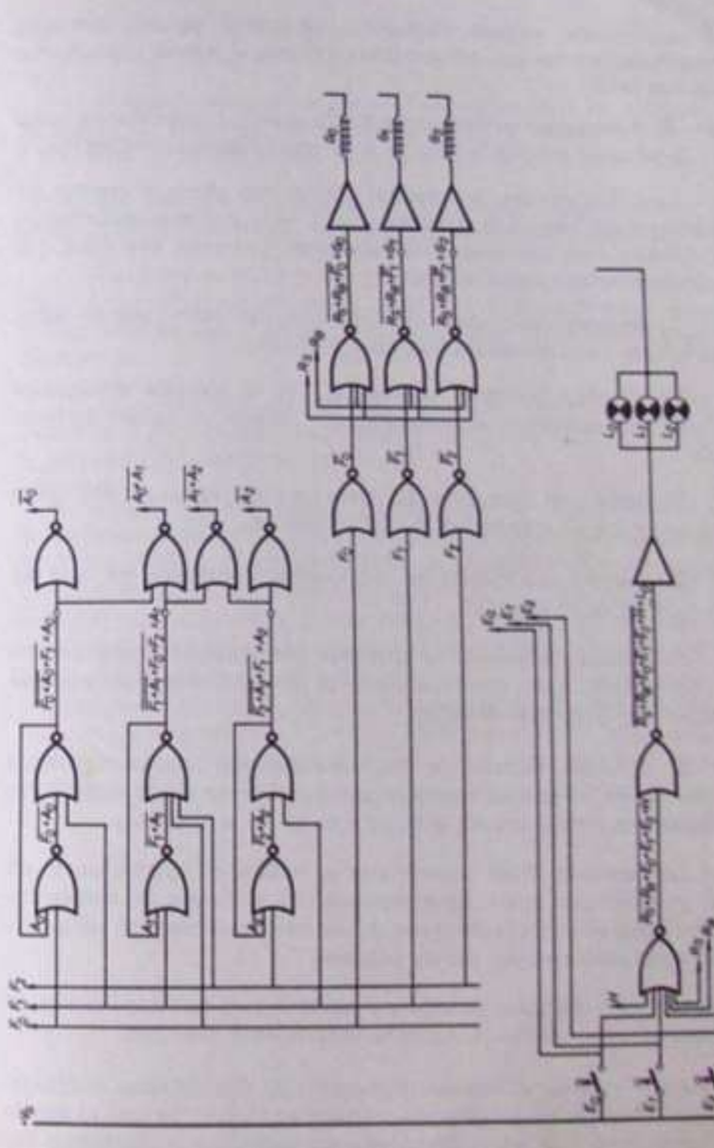


Fig. 12-2

A la vista del sistema electrónico de mando de este ascensor, pueden deducirse las siguientes ventajas frente al mismo circuito realizado con relés:

1.ª El número de contactos eléctricos queda notablemente reducido: de 59 en el circuito eléctrico, a 14 en el circuito electrónico.

2.ª Los 14 contactos del circuito electrónico abren y cierran intensidades muy pequeñas, inferiores a *1 mA*, por consiguiente, su vida eléctrica será prácticamente indefinida, por muy pequeños que sean los contactos que se utilicen.

3.ª El desgaste del circuito electrónico es casi nulo; por lo tanto, los gastos de mantenimiento son muy reducidos.

4.ª La potencia eléctrica consumida por el circuito electrónico para su funcionamiento, es notablemente inferior a la del circuito eléctrico.

5.ª El tiempo de respuesta del circuito electrónico es del orden de mil veces menor que la del circuito eléctrico.

6.ª El sistema electrónico es totalmente silencioso, ya que no dispone de relés auxiliares.

7.ª El sistema electrónico se alimenta con tensiones del orden de *24 V*, por consiguiente, queda anulado el riesgo de accidentes por la utilización de tensiones elevadas.

8.ª El reducido tamaño de los transistores y demás elementos que intervienen en el circuito, hace que el volumen de la instalación electrónica sea notablemente inferior que el de la eléctrica.

9.ª Las unidades NOR comerciales se hallan encapsuladas en un bloque compacto de material incombustible, y siendo de características similares el circuito impreso donde van montadas, el riesgo de incendio por cortocircuito queda anulado.

Las ventajas descritas pueden ser aplicadas en la comparación de cualquier circuito electrónico con su equivalente eléctrico.

Pretender realizar el estudio económico de dos sistemas cualquiera, resulta siempre muy complejo y comprometedor, ya que el precio de los elementos que intervengan estarán sometidos a constantes variaciones, así que nos limitaremos a citar algunos datos comparativos de estos dos sistemas, los cuales nos servirán para hacernos una idea:

a) El mando electrónico ha quedado reducido a la utilización de 14 contactos eléctricos de superficie mínima, 46 unidades NOR y 6 unidades de potencia para alimentar los órganos de ejecución.

b) Los tres relés auxiliares A_a, A_i y A_b, que impedían que el ascensor quedara bloqueado entre dos pisos, han quedado suprimidos.

c) Los relés auxiliares que se utilizaban con objeto de obtener el número necesario de contactos de la misma denominación, y que no fueron representados en el circuito eléctrico, también han quedado suprimidos.

d) La posibilidad de montaje del circuito electrónico sobre circuitos impresos reduce notablemente la mano de obra y facilita la localización de averías de montaje.

A la vista de estos datos comparativos se deduce que el precio del sistema electrónico de mando depende muy directamente de las unidades NOR que han permitido la supresión de relés auxiliares. Como dato orientativo, podemos decir que una unidad NOR de tres entradas, como la de la figura 8-10, se compone de un transistor y cincos resistencia de un cuarto de vatio; el precio del transistor puede fijarse en 20 pesetas y el de las resistencias en 5 pesetas (una peseta por resistencia), lo cual hace un total de 25 pesetas por unidad NOR. Bien es verdad que las unidades NOR comerciales, montadas y encapsuladas, resultan algo más caras, pero evitan el gasto correspondiente al montaje y al circuito impreso donde deberán ir montadas.

CAPITULO XIII

13-1. TEMPORIZADORES. — Hasta ahora, todas las señales *(0, 1)* obtenidas con contactos eléctricos, relés y unidades NOR o NAND, las hemos considerado instantáneas en su aplicación, es decir, que el tiempo de tránsito de *0* a *1*, o de *1* a *0*, era prácticamente nulo.

Corrientemente, en el automatismo de ciertos sistemas se precisa de señales que actúen con un cierto retraso en la conexión, desconexión e, incluso, en la conexión y desconexión. Cuando una señal cualquiera A esté temporizada en la conexión (en su paso de *0* a *1*), la representaremos por A^{tc}, y cuando esté temporizada en la desconexión la representaremos por A^{td}; si la señal está temporizada en la conexión y desconexión, la representaremos por A^{tcd}.

Gráficamente, las tres temporizaciones elementales que pueden realizarse con una señal A, las hemos representado en la figura 13-1, habiendo incluído los símbolos que adoptaremos para representar cada una de estas funciones.

Cuando la salida de estas funciones temporizadoras elementales sufre una inversión, bien por razones tecnológicas o bien porque dicha inversión se realiza voluntariamente mediante una unidad inversora, se obtienen otras tres funciones de tiempo (fig. 13-2).

Si la señal A introducida a la entrada de las tres primeras funciones de tiempo, sufre una inversión antes de ser aplicada, se obtendrán otras tres funciones de tiempo, indicadas en la figura 13-3.

En total son nueve las funciones de tiempo que pueden obtenerse, seis de las cuales han sido obtenidas a partir de las tres primeras funciones elementales. Si comparamos las tres funciones de la se-

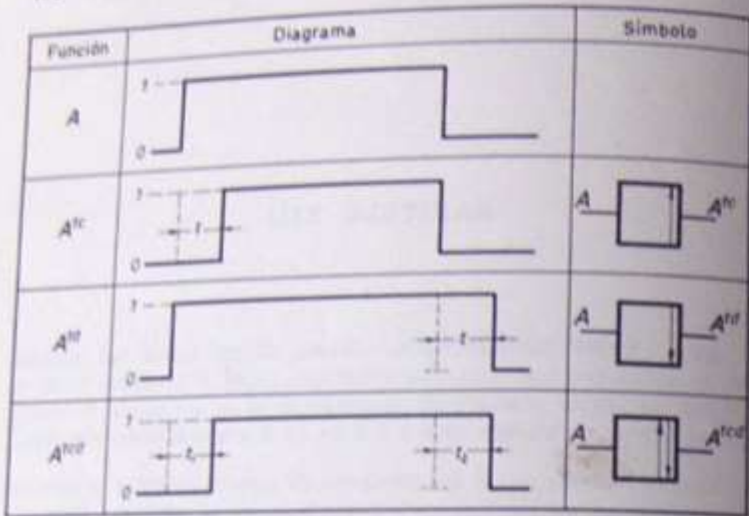


Fig. 13-1

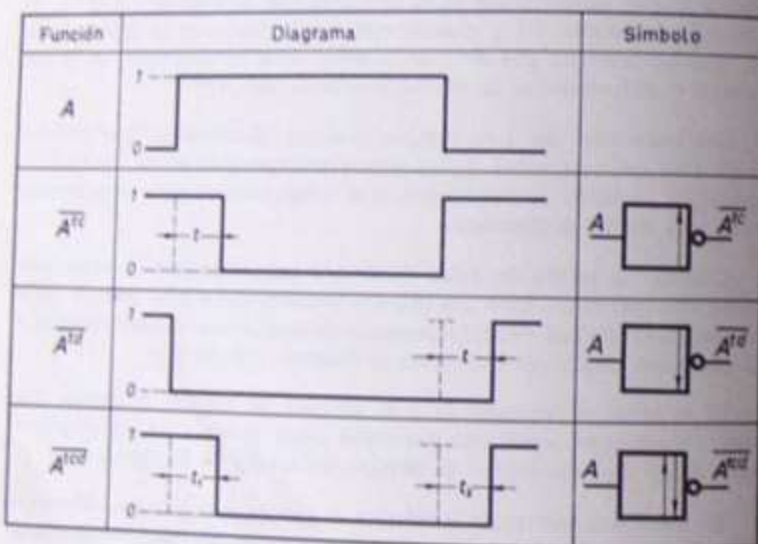


Fig. 13-2

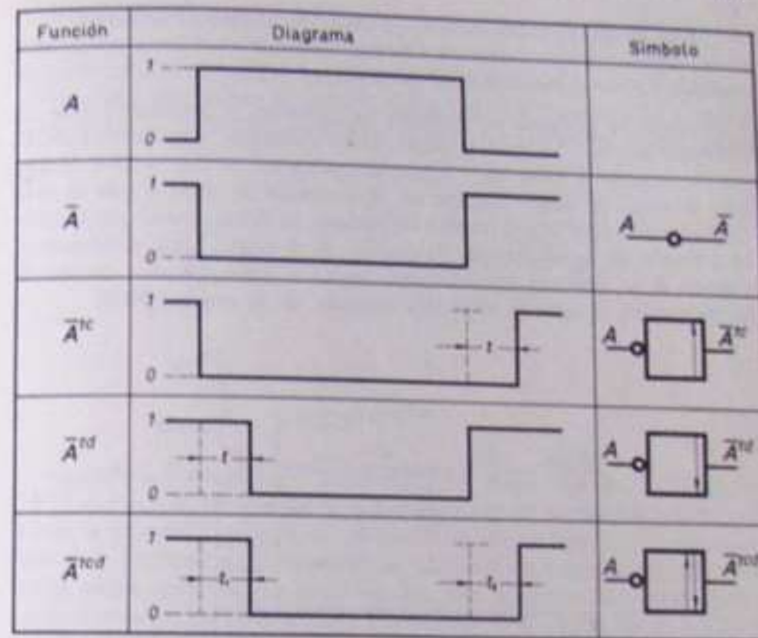


Fig. 13-3

gunda tabla con las de la tercera, fácilmente podremos deducir las siguientes igualdades:

$$\overline{A^{tc}} = \bar{A}^{td} \quad ; \quad \overline{A^{td}} = \bar{A}^{tc} \quad ; \quad \overline{A^{tcd}} = \bar{A}^{tcd}$$

dando una simple inversión a los dos miembros de estas igualdades, no varían (postulado 17), obteniendo con ello

$$A^{tc} = \overline{\bar{A}^{td}} \quad ; \quad A^{td} = \overline{\bar{A}^{tc}} \quad ; \quad A^{tcd} = \overline{\bar{A}^{tcd}}$$

Estas seis igualdades obtenidas resultarán de sumo interés, ya que, como más adelante veremos, nos permitirán obtener las nueve funciones de tiempo con la utilización de un solo tipo de unidad temporizadora.

13-2. TEMPORIZACIONES CORTAS Y SIN PRECISION. — Para obtener temporizaciones cortas y sin una extremada precisión, pueden utilizarse los circuitos integradores R C.

Cuando se pretenda temporizar la conexión y desconexión de un contacto eléctrico A, por ejemplo, para alimentar una unidad NOR, puede llevarse a cabo tal y como se indica en la figura 13-4. Según este circuito, la temporización en la conexión se debe a que el condensador C, entre cuyas bornas se obtiene la salida, tiene que cargarse a través de la resistencia R, cuando A se cierra; por el contrario, cuando A se abre, el condensador tiende a descargarse a través de la resistencia R_e que le ofrece la entrada de la unidad NOR.

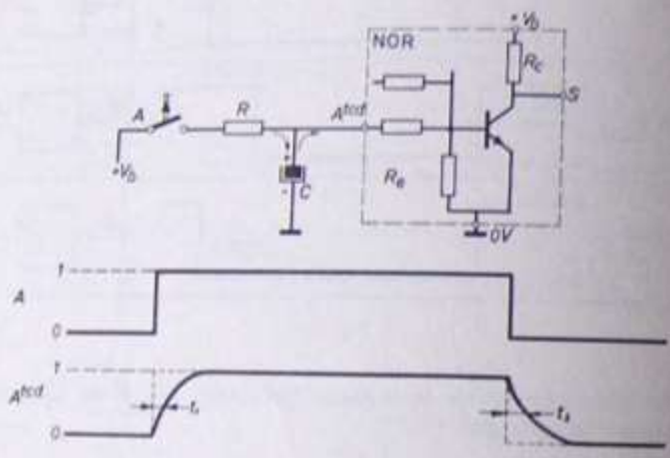


Fig. 13-4

Así, pues, la temporización en la conexión dependerá del producto R C y la temporización en la desconexión del producto R_e C. Dado que una unidad NOR necesita a la entrada una tensión mínima de unos *5 V* para considerar su salida conmutada de *1* a *0*, los tiempos de retardo en la conexión y desconexión no corresponden a la total carga y descarga del condensador, sino a valores notablemente inferiores. Recuérdese que el nivel *1* de una unidad NOR confeccionada con elementos convencionales, equivale a una tensión de *24 V*, tensión recomendada para la alimentación de estas unidades.

De manera análoga, puede temporizarse en la conexión y desconexión, la acción de la salida de una unidad NOR sobre la entrada de otra unidad similar (fig. 13-5). En este caso, es necesario colocar un diodo D, con objeto de evitar la descarga del condensador a través de R y de la resistencia colector-emisor de la primera unidad NOR.

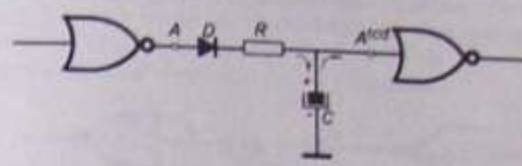


Fig. 13-5

Cuando se desee una temporización solamente en la conexión (A^{tc}), al circuito integrador habrá que agregarle algún dispositivo que anule la temporización en la desconexión. En la figura 13-6 representamos un circuito que temporiza la conexión de una unidad NOR que actúa sobre otra unidad idéntica. En este circuito, la temporización de la conexión se lleva a cabo normalmente a través de la resistencia R, no influyendo para nada el diodo que se encuentra polarizado en sentido inverso; cuando se efectúe la desconexión, es decir, cuando la salida de la primera unidad NOR se conmute de *1* a *0*, el condensador podrá descargarse rápidamente a través del diodo, que ahora queda polarizado en sentido directo, y de la resistencia colector-emisor del transistor de la primera unidad NOR (obsérvese cómo la resistencia colector-emisor, al conmutarse la salida de *1* a *0*, pasa de tener un valor enormemente grande a un valor casi nulo).

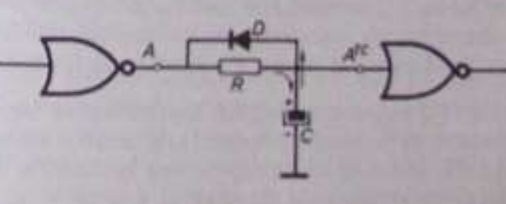


Fig. 13-6

Si lo que se desea es temporizar solamente la desconexión (A^{td}), el circuito a utilizar puede ser el indicado en la figura 13-7. En este caso, la carga del condensador se efectúa en un tiempo prácticamente nulo a través del diodo, anulando así la temporización en la conexión; por el contrario, cuando la salida de la primera unidad NOR se conmuta de *1* a *0*, el condensador no puede descargarse a través del diodo, por ofrecerle una resistencia enormemente grande y, por lo tanto, tiene que hacerlo lentamente a través de la resistencia de entrada de la segunda unidad NOR.

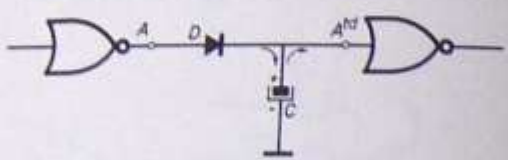


Fig. 13-7

La limitación de estos temporizadores a aquellos casos en que se requiere poca precisión y tiempos relativamente cortos, se debe por una parte a que las tensiones de alimentación no se hallan estabilizadas con objeto de que las curvas de carga y descarga sean constantes con las posibles variaciones de la tensión de alimentación y por otra a que las conmutaciones se realizan según una curva de tensión creciente o decreciente y no bruscamente, como sería de desear.

13-3. TEMPORIZACIONES LARGAS Y PRECISAS. — Cuando las temporizaciones requeridas para el automatismo de ciertos sistemas deban ser largas y precisas, hay que hacer uso de unidades temporizadoras especiales, de construcción netamente electrónica, basadas en el mismo principio de carga y descarga de un condensador.

En la figura 13-8 representamos un temporizador básico que produce una inversión de la señal de entrada, al mismo tiempo que temporiza la conexión, es decir, que proporciona la función $\overline{A^{tc}} = \overline{A^{td}}$. En realidad, se trata de un circuito inversor al que se le ha colocado un condensador y una pequeña resistencia entre el colector y el emisor

del transistor. De esta manera, cuando la entrada sea uno, la salida será cero y, por lo tanto, el condensador se hallará descargado; al conmutar la entrada de uno a cero, el transistor dejará de conducir, pero la salida tardará algún tiempo en hacerse uno como consecuencia de la carga del condensador a través de la resistencia variable R. Cuando la señal de entrada se conmute nuevamente a uno, el transistor se hará conductor y, por lo tanto, el condensador se descargará rápidamente a través de la pequeña resistencia R_1 y de la resistencia prácticamente nula que le ofrece el transistor, no produciendo temporización (el objeto de la resistencia R_1 es el de proteger al transistor de una rapidísima descarga del condensador).

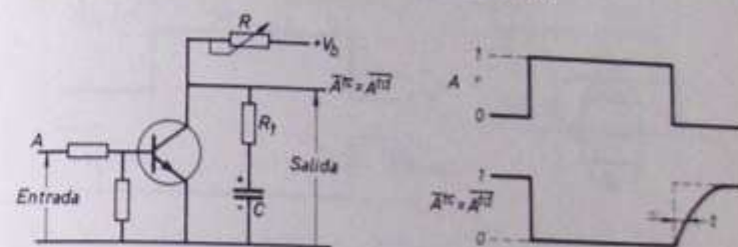


Fig. 13-8

El circuito que acabamos de describir es, como ya hemos dicho, un circuito básico, dado que sigue teniendo los mismos defectos de los temporizadores anteriormente estudiados. Agregando a este circuito algunos elementos más, como por ejemplo un diodo Zener para estabilizar la tensión de alimentación y un circuito adicional que permita conmutaciones rápidas, es posible conseguir un temporizador de excelentes condiciones de trabajo. El objeto de haber descrito este temporizador básico, se debe a que la serie NORBIT 60 dispone de una unidad temporizadora, la TU 60 (ver información al final del libro), la cual se basa en el circuito indicado y, por lo tanto, proporciona la función $\overline{A^{tc}} = \overline{A^{td}}$.

Las unidades temporizadoras comerciales, como la que acabamos de describir, pueden efectuar temporizaciones desde algunas décimas de segundo hasta un tiempo casi sin límite, con una extremada precisión, pudiendo competir perfectamente con los temporizadores eléctricos de tipo síncrono, utilizados en los circuitos con relés; económicamente también pueden competir ventajosamente, ya que su precio es del orden de cinco veces menor. Otra importante ventaja de las unidades temporizadoras electrónicas estriba en que con un solo tipo de función y con ayuda de unidades NOR, pueden obtenerse todas las funciones de tiempo que se describieron al principio de este capítulo.

La función temporizadora $\overline{A}^{tc} = \overline{A^{td}}$ es la que más posibilidades tiene de las nueve funciones descritas, ya que además de servirnos para obtener el resto de las funciones de tiempo, puede darnos por sí misma una serie de aplicaciones específicas.

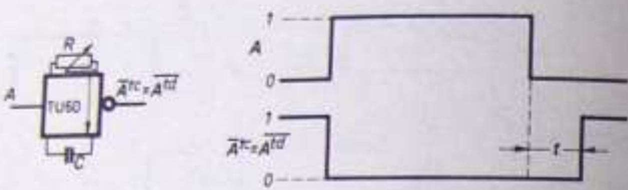


Fig. 13-9

En la figura 13-9, como recordatorio, representamos el símbolo y el diagrama correspondiente a la función $\overline{A}^{tc} = \overline{A^{td}}$, pues en ella vamos a basar todos los circuitos temporizadores; sobre el símbolo de la unidad temporizadora se han representado el condensador y la resistencia variable que sirven para ajustar los tiempos deseados, según el producto $R\,C$.

Seguidamente, veamos la manera de obtener las tres funciones elementales, A^{tc}, A^{td} y A^{tcd}, a partir de la función $\overline{A}^{tc} = \overline{A^{td}}$.

a) A partir de una señal A, obtener la función A^{tc}.

Puesto que la unidad temporizadora nos da la función $\overline{A}^{tc}$, para obtener la función A^{tc} basta invertir la señal A, mediante una unidad NOR, y luego aplicarla a la entrada de la unidad temporizadora. De esta manera, como la entrada a la unidad temporizadora será $\overline{A}$, a la salida se obtendrá $\overline{\overline{A}}^{tc} = A^{tc}$.

En la figura 13-10 representamos el logigrama correspondiente, junto con el diagrama de tensiones en cada punto del circuito. Téngase siempre bien presente que la función temporizadora $\overline{A}^{tc}$ produce la inversión de la señal que se aplica a su entrada, y solamente produce temporización cuando la señal de entrada se conmuta de uno a cero.

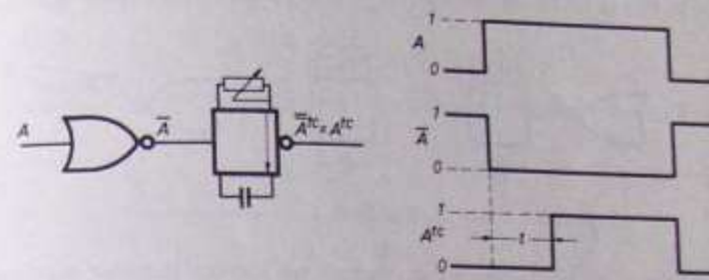


Fig. 13-10

b) A partir de una señal A, obtener la función A^{td}.

Puesto que la unidad temporizadora nos da la función $\overline{A}^{tc}$, que a su vez es igual a $\overline{A^{td}}$, invirtiendo la salida de dicha unidad, obtendremos $\overline{\overline{A^{td}}} = A^{td}$, figura 13-11.

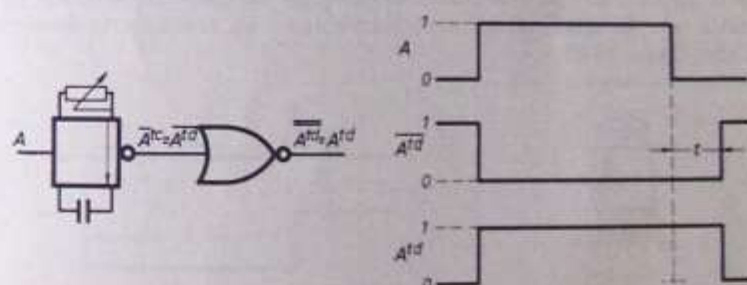


Fig. 13-11

c) A partir de una señal A, obtener la función A^{tcd}.

Esta función de tiempo puede conseguirse sin más que colocar las dos funciones A^{tc} y A^{td}, una detrás de otra (en serie), ya que habrá de cumplirse que

$$A^{tc} . A^{td} = A^{tcd}$$

En la figura 13-12 representamos el logigrama correspondiente.

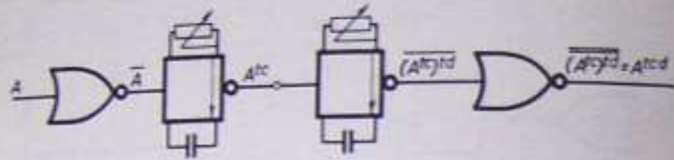


Fig. 13-12

El resto de las funciones de tiempo no merece la pena exponerlas, ya que sin duda el lector podrá deducirlas con suma facilidad.

Como ya se dijo en un principio, la función $\overline{A^{tc}} = \overline{A^{td}}$, puede servir, además, para una serie de aplicaciones específicas, algunas de las cuales vamos a exponer seguidamente.

1.ª Mediante la aplicación de un impulso de entrada de corta duración, mantener una salida en cero durante un tiempo t.

La solución de este problema se deduce de la simple actuación de la función $\overline{A^{tc}}$, ya que como sabemos, al conmutar la entrada de uno a cero, la salida tarda un cierto tiempo t en conmutarse de cero a uno, figura 13-13.

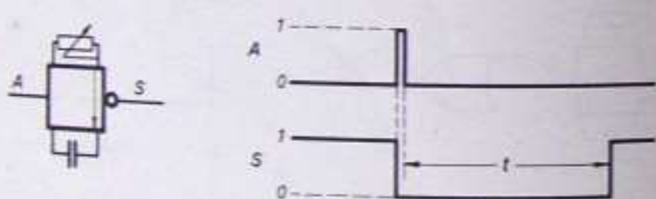


Fig. 13-13

Si se quiere, el impulso de entrada puede diferenciarse mediante el circuito de la figura 10-8, con objeto de reducir al mínimo su duración.

Esta aplicación puede resolvernos un problema interesante, ya que si el impulso vuelve a repetirse al cabo de un tiempo menor que t, volverá a producirse un nuevo tiempo t de retardo, pudiendo así alargar la condición cero de salida mientras existan impulsos de entrada. No es necesario que los impulsos de entrada se repitan con una frecuencia constante, solamente deben repetirse con una secuencia menor que t, figura 13-14.

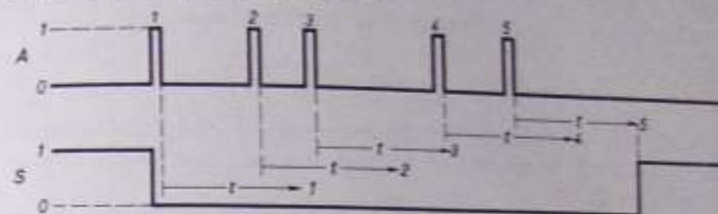


Fig. 13-14

2.ª A partir de una señal que se conmuta de uno a cero, mantener la salida en uno durante un tiempo t.

Para resolver este problema necesitamos combinar la acción de una unidad temporizadora con la acción de una unidad NOR, figura 13-15. De esta manera, cuando la entrada A, común a las dos unidades, se conmute de 1 a 0, la salida de la unidad temporizadora se mantendrá en cero durante un tiempo t, y por consiguiente la salida de la unidad NOR podrá ser uno hasta que la unidad temporizadora conmute su salida a uno.

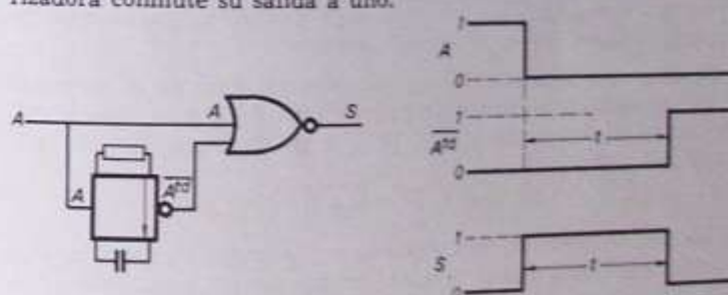


Fig. 13-15

Seguidamente veamos algunos ejemplos de automatismos temporizados, resueltos con elementos exclusivamente electrónicos.

EJEMPLO 1

Para accionar un contactor R encargado de la puesta en marcha de un motor, hacemos uso de la función memoria ya conocida, pero queremos al accionar el pulsador de marcha M, el contactor tarde 30 segundos en excitarse.

Según el enunciado del problema se trata de obtener R^{tc} a partir de una señal R obtenida mediante la función memoria,

$$R = \overline{P}\,(M + R) = \overline{P + \overline{M + R}} \rightarrow R^{tc}$$

Así, pues, a la salida de la función memoria colocaremos el circuito de la figura 13-10, temporizador de conexión, para que nos proporcione R^{tc}, figura 13-16.

EJEMPLO 2

Las grandes máquinas, como por ejemplo una rotativa para la impresión de periódicos, llevan temporizada, en la conexión, la acción de sus motores, con objeto de que los operarios que trabajan en ella tengan aviso acústico de la inmediata puesta en marcha. Para ello, desde el momento en que el jefe de la máquina pulsa M, hasta que la máquina se pone en funcionamiento, transcurre un tiempo, unos 30 segundos, durante el cual está sonando un zumbador. Resolver el circuito correspondiente.

En primer lugar se trata de temporizar en la conexión, la acción del contactor encargado de accionar el motor o motores que mueven la máquina, igual que en el ejemplo anterior.

La acción del zumbador $Z = 1$, deberá producirse en el momento en que la salida de la función memoria se haga igual a uno, $R = 1$, «y» durante el tiempo en el cual $R^{tc} = 0$, por lo tanto debe de verificarse que

$$Z = R\,\overline{R^{tc}} = \overline{\overline{R} + R^{tc}}$$

De la función memoria temporizada en la conexión, sacamos las variables para esta nueva función, obteniendo el logigrama de la figura 13-17.

Es conveniente ir comprobando sobre el logigrama el funcionamiento del circuito, de esta forma podrá llegarse a su perfecto entendimiento.

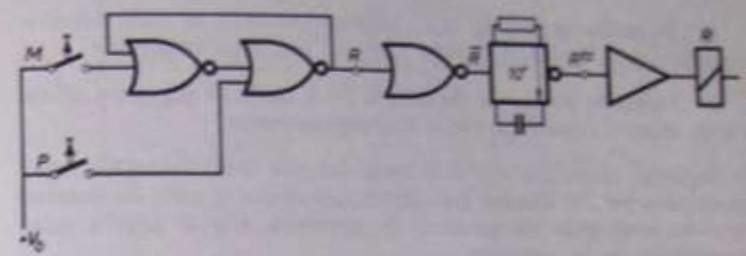


Fig. 13-16

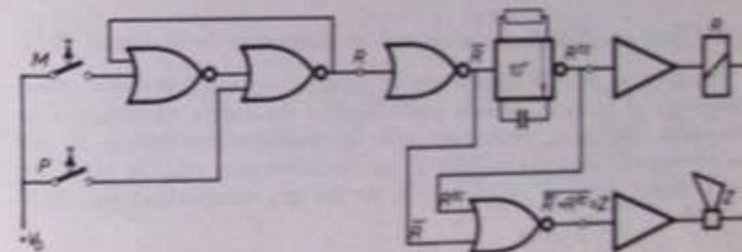


Fig. 13-17

EJEMPLO 3

Se desea proyectar un sistema de control para dos electroválvulas *A* y *B*, de manera que cumplan el siguiente programa:

1.º Pulsando un mando *M*, la electroválvula *A* se abre instantáneamente, y la electroválvula *B* tarda 15 segundos en abrirse.

2.º Pulsando un mando de parada *P*, A tarda 25 segundos en cerrarse, mientras que *B* se cierra instantáneamente.

Según el enunciado del problema, las dos electroválvulas están gobernadas por los mismos pulsadores de marcha y paro. La función memoria encargada de accionar la electroválvula *B* deberá estar temporizada en la conexión,

$$B = \overline{P}(M + B) = \overline{P + \overline{M + B}} \rightarrow B^{tc}$$

mientras que la función memoria de la electroválvula *A*, deberá estar temporizada en la desconexión

$$A = \overline{P}(M + A) = \overline{P + \overline{M + A}} \rightarrow A^{td}$$

De estas dos funciones se obtiene el logigrama de la figura 13-18.

Puesto que cuanto menor sea el número de unidades que intervienen en el circuito, menos posibilidades de avería tendrá, y más económico resultará, obsérvese que las funciones memoria de las dos electroválvulas son idénticas, por lo tanto una sola de ellas nos podrá servir para la alimentación de los dos temporizadores, figura 13-19.

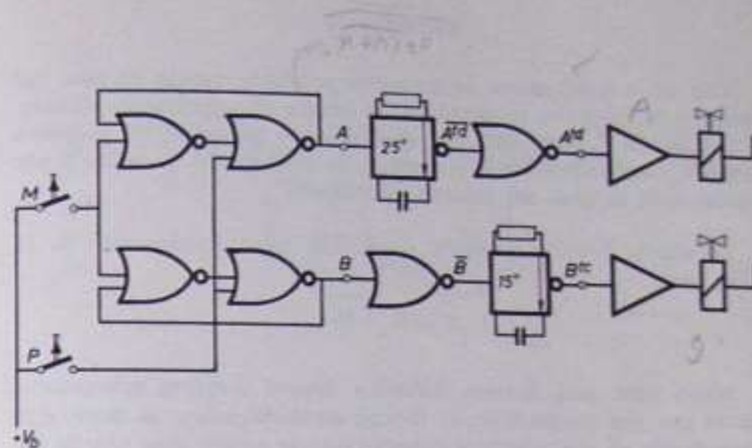


Fig. 13-18

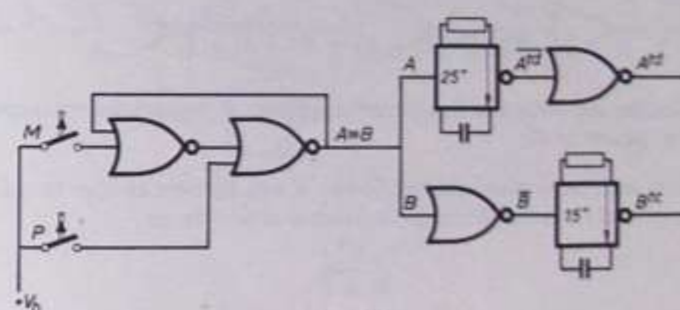


Fig. 13-19

EJEMPLO 4

Una tolva dosificadora de un cierto producto, arroja un peso del producto en cuestión, proporcional al tiempo que permanece abierta. Proyectar un circuito tal, que mediante un pulsador M, podamos controlar automáticamente el tiempo de aperura de la tolva, y por consiguiente el peso del material dosificado.

La simple función memoria encargada del accionamiento de la tolva, será

$$R \rightarrow M + R$$

Ahora bien, esta función memoria deberá borrarse automáticamente una vez transcurrido el tiempo de dosificación, es decir, que transcurrido un cierto tiempo deberá llevarse a nivel uno una de las entradas de la segunda unidad NOR de la función memoria. Esto puede conseguirse partiendo de la salida R de la función memoria, la cual, como se conmuta de cero a uno al pulsar M, deberemos temporizarla en la conexión y aplicarla como borrado de la memoria ($\overline{R^{tc}}$).

$$R = \overline{R^{tc}}\,(M + R) = \overline{R^{tc} + \overline{M + R}}$$

La función así obtenida nos permite dibujar el logigrama correspondiente, figura 13-20.

Este logigrama puede simplificarse si nos fijamos en que la salida de la primera unidad NOR de la función memoria, es

$$\overline{M + R}$$

pero como M es igual a uno durante un tiempo muy breve (el tiempo de pulsar), tendremos que

$$\overline{M + R} = \overline{R}$$

por lo tanto la unidad temporizadora utilizada para obtener R^{tc}, podrá alimentarse directamente de este punto, evitándonos con ello una unidad NOR, figura 13-21.

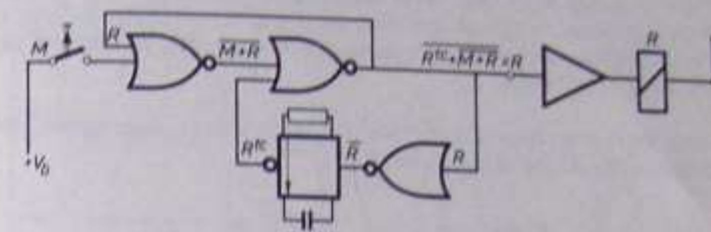


Fig. 13-20

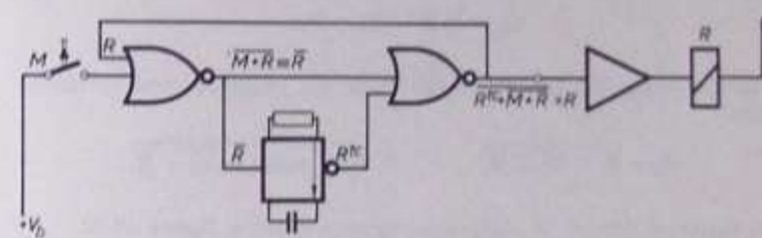


Fig. 13-21

EJEMPLO 5

Disponemos de dos contactores R_1 y R_2 para la puesta en marcha de dos motores M_1 y M_2. Estos motores deberán poder accionarse independientemente el uno del otro, pero con la condición de que si M_1 está funcionando cuando se ponga en marcha M_2, M_2 deberá pararse a los 4 segundos.

Las funciones memoria de los dos contactores encargados del accionamiento de los motores, serán

$$R_1 = \overline{P_1}(M_1 + R_1) \quad ; \quad R_2 = \overline{P_2}(M_2 + R_2)$$

Como la condición del problema es que R_2 se desconecte 4 segundos después de conectarse R_1, a la función memoria de R_2 habrá que agregarle una nueva condición de borrado de su memoria, esta condición se traduce en una temporización en la conexión de la salida $R_1(\overline{R_1^{4''}})$, es decir, que

$$R_2 = \overline{P_2}\,\overline{R_1^{4''}}(M_2 + R_2)$$

Transformadas las dos funciones para ser resueltas con unidades NOR.

$$R_1 = \overline{P_1 + \overline{M_1 + R_1}} \quad ; \quad R_2 = \overline{P_2 + R_1^{4''} + \overline{M_2 + R_2}}$$

ya podemos dibujar el logigrama correspondiente, figura 13-22.

Al igual què en el caso anterior, el circuito puede simplificarse si se quiere. La simplificación ha sido indicada con línea de trazos.

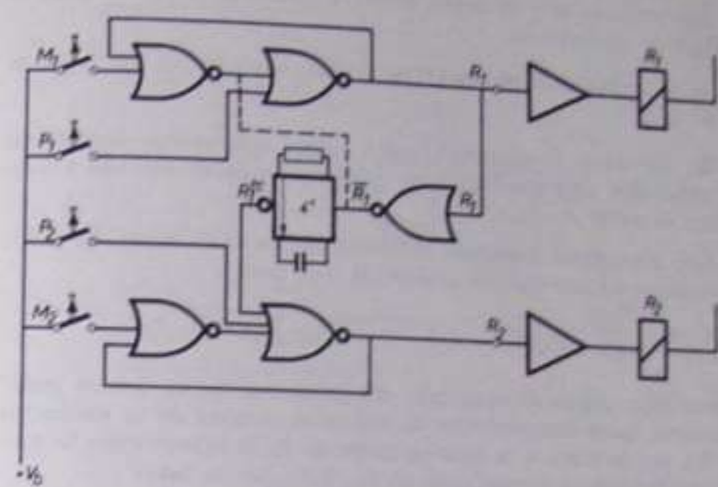


Fig. 13-22

EJEMPLO 6

Dos motores A y B deben entrar a funcionar de acuerdo a las siguientes condiciones:

1.ª El motor A tiene que entrar a funcionar antes de que lo pueda hacer el B.

2.ª El motor B solamente podrá entrar a funcionar después de transcurridos 42 segundos, como mínimo, de haber entrado a funcionar el motor A.

Las respectivas funciones memoria de los contactores R_A y R_B, encargados de accionar los motores A y B, serán

$$R_A = \overline{P_A}\,(M_A + R_A) \quad ; \quad R_B = \overline{P_B}\,(M_B + R_B)$$

Ahora bien, según el enunciado del problema, R_B no deberá poder excitarse hasta transcurridos 42 segundos después de la excitación de R_A, por lo tanto a la función memoria R_B le agregaremos la condición de bloqueo temporizado de R_A, (R_A^{tc}), por lo tanto

$$R_B = \overline{P_B}\,R_A^{tc}\,(M_B + R_B)$$

las dos funciones transformadas nos dan

$$R_A = \overline{P_A + \overline{M_A + R_A}} \quad ; \quad R_B = \overline{P_B + \overline{R_A^{tc}} + \overline{M_B + R_B}}$$

cuyo logigrama lo representamos en la figura 13-23, e indicamos con línea de trazos la simplificación que puede realizarse.

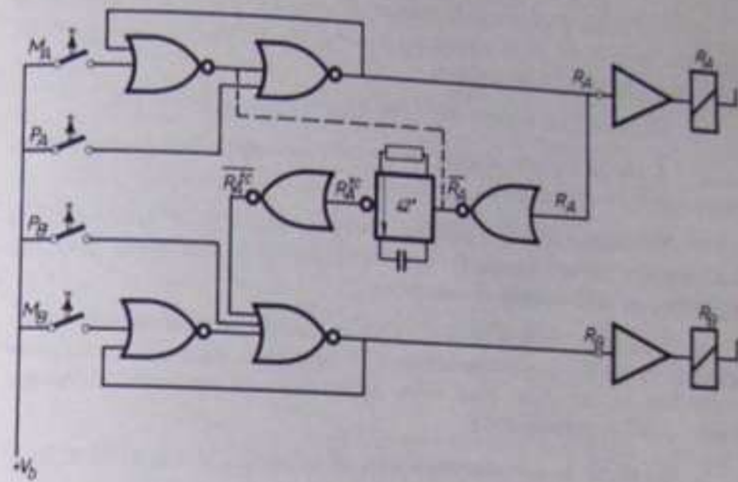


Fig. 13-23

EJEMPLO 7

Proyectar un sistema automático de encendido de tres lámparas, L_V (luz verde), L_A (luz amarilla) y L_R (luz roja), las cuales deben realizar el siguiente programa:

1.° Pulsando un mando M, debe encenderse la luz verde.

2.° A los 30 segundos después de haberse encendido la luz verde, se enciende la luz amarilla.

3.° Transcurridos 4 segundos después de haberse encendido la luz amarilla, deben apagarse simultáneamente la luz verde y la luz amarilla, encendiéndose la luz roja.

4.° Este ciclo deberá poder repetirse automáticamente cada 50 segundos, es decir, que transcurridos 50 segundos después de haberse encendido la luz roja, ésta debe apagarse para encenderse la luz verde, y así sucesivamente.

La luz verde la accionaremos con el pulsador M según la simple función memoria

$$M + L_V$$

la cual debe borrarse automáticamente, transcurridos $30 + 4 = 34$ segundos, por lo tanto, L_V temporizada en la desconexión será

$$L_V = \overline{L_V^{tc}}\,(M + L_V) = \overline{L_V^{tc} + \overline{M + L_V}}$$

La luz amarilla deberá quedar retrasada en su conexión 30 segundos con respecto a la luz verde, y deben apagarse al mismo tiempo, por lo tanto

$$L_A = L_V^{tc}$$

La luz roja se enciende cuando se apaga la luz verde, por consiguiente ambas luces son inversas

$$L_R = \overline{L_V}$$

Estas tres últimas funciones cumplen las tres primeras condiciones del enunciado del problema, por lo tanto dibujemos el logigrama correspondiente, figura 13-24; obsérvese cómo admite todavía una mayor simplificación.

Si queremos que se repita el ciclo correspondiente a las tres primeras condiciones del enunciado del problema, la salida de L_V, que marca el fin del ciclo con su paso de uno a cero, la aplicaremos a la entrada de una unidad temporizadora del tipo $\overline{A}^{tc} = \overline{A^{td}}$, para que de esta manera, cuando L_V pase de uno a cero, la salida de la unidad temporizadora tarde 50 segundos en conmutarse de cero a uno; el impulso obtenido a la salida de la unidad temporizadora lo aplicamos a la entrada de la función memoria y, de esta forma, tendremos la repetición del ciclo durante un tiempo indefinido. A la salida de la unidad temporizadora correspondiente a la repetición del ciclo, hemos colocado un interruptor con objeto de poner o quitar a voluntad la repetición del ciclo.

No es necesario insistir en la aplicación de este circuito, ya que sin duda habrá sido identificado con la acción de un semáforo.

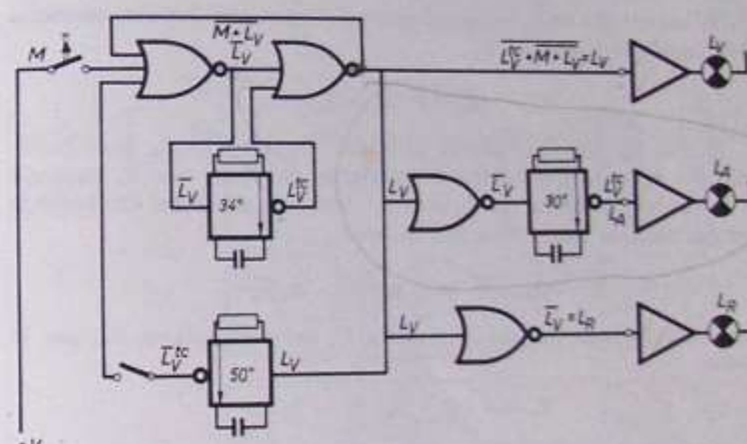


Fig. 13-24

EJEMPLO 8

Se dispone de tres relés R_0, R_1 y R_2 para realizar una maniobra automática, según las siguientes condiciones:

1.ª Al pulsar un mando M, el relé R_0 debe excitarse, al mismo tiempo debe excitarse también R_1.

2.ª Transcurridos 10 segundos debe desexcitarse R_1 y excitarse R_2; R_0 deberá permanecer excitado.

3.ª Como medida de seguridad y con objeto de que los relés R_1 y R_2 no puedan quedar excitados simultáneamente, las funciones R_1 y R_2 deberán bloquearse entre sí.

4.ª Mediante un pulsador P, el sistema deberá poder desconectarse en cualquier momento.

El mando del relé R_0 lo realizaremos según una función memoria con mando M y borrado P,

$$R_0 = \overline{P}\,(M + R_0)$$

El relé R_1 deberá excitarse al mismo tiempo que R_0, pero transcurridos 10 segundos deberá desexcitarse, es decir, que R_1 equivale a la función memoria de R_0 con la condición adicional de borrado temporizado de ella misma, por lo tanto

$$R_1 \rightarrow \overline{P}\,(M + R_0)\,\overline{R^{tc}} = R_0\,\overline{R_0^{tc}}$$

$R_0 + T +$

Al mismo tiempo que se desconecta R_1 debe conectarse R_2, por lo tanto,

$$R_2 \rightarrow \overline{P}\,(M + R_0)\,R^{tc} = R_0\,R_0^{tc}$$

Como según la condición tercera ambas funciones deben bloquearse entre sí, a las funciones R_1 y R_2 hay que agregarse la condición de borrado mutuo, obteniendo finalmente

$$R_1 = R_0\,\overline{R_0^{tc}}\,\overline{R_2} \quad ; \quad R_2 = R_0\,R_0^{tc}\,\overline{R_1}$$

Así, pues, las tres funciones características que cumplen el enunciado del problema, serán:

$$R_0 = \overline{P}\,(M + R_0) \quad ; \quad R_1 = R_0\,\overline{R_0^{tc}}\,\overline{R_2} \quad ; \quad R_2 = R_0\,R_0^{tc}\,\overline{R_1}$$

Obsérvese cómo estas tres funciones resultan ser idénticas a las obtenidas en el capítulo VI, ejemplo 8, dado que las condiciones de ambos problemas son las mismas. Se trata por consiguiente de la maniobra automática de un arrancador estrella-triángulo, para un motor asincrónico.

Transformadas las funciones para ser resueltas con unidades NOR, tendremos

$$R_0 = \overline{P + \overline{M + R_0}} \quad ; \quad R_1 = \overline{\overline{R_0} + R_0^{tc} + R_2} \quad ; \quad R_2 = \overline{\overline{R_0} + \overline{R_0^{tc}} + R_1}$$

las cuales nos dan el logigrama de la figura 13-25. Con objeto de simplificar al máximo el logigrama, la variable $\overline{R_0}$ ha sido obtenida, como en casos anteriores, a la salida de la primera unidad NOR de la función memoria.

$R_1 = \overline{\overline{P + \overline{M + R_0}} + T + R_2}$

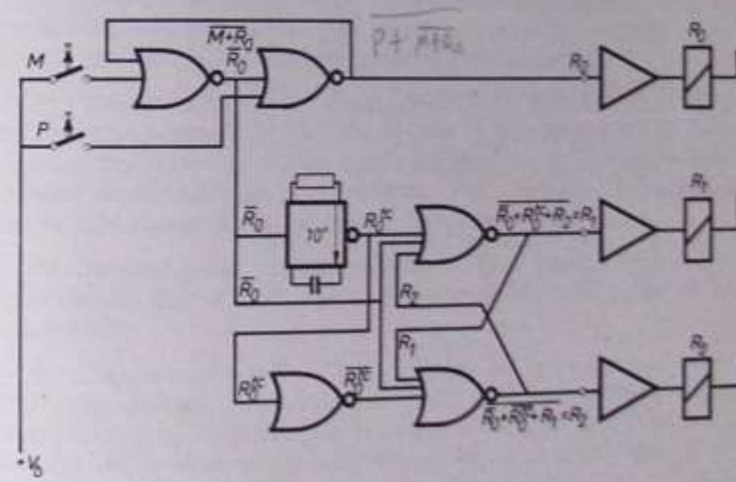


Fig. 13-25

CAPITULO XIV

14-1. CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE LAS UNIDADES NOR. — En el capítulo VIII vimos el comportamiento eléctrico de las unidades NOR, pero casi nada se dijo sobre las posibilidades máximas y mínimas de trabajo de estos circuitos. Veamos ahora las condiciones prácticas que deberán tenerse presentes a la hora de proyectar y montar un sistema automático con unidades NOR.

1.ª Tensión de alimentación. — Este dato hace referencia a la tensión nominal para la cual han sido proyectadas las unidades y nos servirá para proyectar el rectificador que las alimenta.

2.ª Tensión máxima de alimentación. — Se refiere a la tensión máxima que pueden soportar las unidades lógicas sin peligro de deteriorarse. Este valor de tensión queda limitado por la máxima tensión colector-emisor que admite el transistor y por la intensidad máxima por la base cuando todas sus entradas están con señal uno.

3.ª Tensión mínima de alimentación. — Es la tensión mínima que requiere una unidad NOR sin que se comprometa la seguridad en su conmutación.

4.ª Consumo nominal. — Es el consumo de la unidad cuanda el transistor conduce a saturación, es decir, cuando da salida cero. Si despreciamos la intensidad por la base y suponemos que la caída de tensión colector-emisor del transistor es nula cuando conduce a saturación, su intensidad de colector y, por consiguiente, su consumo, será

$$I_c = \frac{V_b}{R_c}$$

5ª Número de entradas. — En las unidades ya construídas, no existe problema, pues solamente podrán disponerse de las que le fueron montadas, pero en aquéllas en que se van montando las entradas a medida que se van necesitando, habrá que tener cuidado de no sobrepasar la intensidad máxima permitida por la base del transistor. A medida que se vaya aumentando el número de entradas, la intensidad por la base del transistor se va haciendo mayor, no debiendo sobrepasar el valor máximo para la máxima tensión de alimentación prevista.

6.ª *Características de salida.* — Dato muy importante de toda unidad lógica es el número máximo de unidades similares que puede gobernar con la absoluta seguridad de producirles una conmutación.

El número de unidades de control (U C) que puede gobernar la salida de una unidad NOR depende principalmente del valor de su resistencia de carga, cuanto menor sea, mayor será el número de unidades similares que puede controlar; naturalmente, una disminución en la resistencia de carga implica una mayor intensidad por la base para producir la conmutación (esto afecta al número máximo de entradas). Cuando se da el número máximo de unidades de control que puede gobernar una unidad NOR, se refiere siempre con la mínima tensión de alimentación.

En la figura 14-1 representamos una unidad NOR cuyas características más importantes se detallan a continuación.

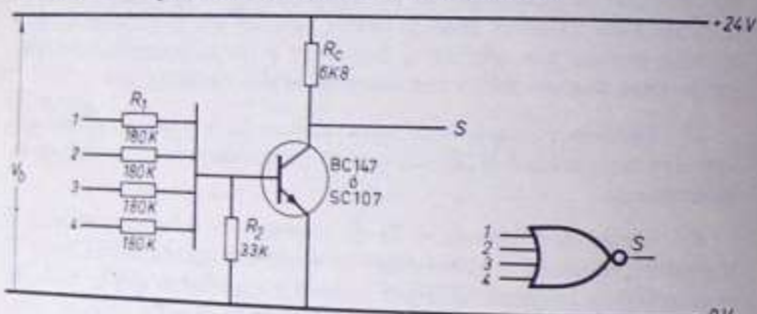


Fig. 14-1

Tensión de alimentación	24 V ± 25 %
Consumo nominal	3,5 mA.
Número máximo de entradas	7
Características de salida	8 UC
Tensión mínima de entrada para producir la conmutación	6 V

Nota. — Tanto este circuito como todos los que seguidamente se irán viendo, han sido minuciosamente ensayados y comprobados, pueden montarse con toda confianza, pues hemos tenido especial interés en obtener circuitos con una gran seguridad de funcionamiento, con objeto de no desilusionar a aquéllos que por primera vez intenten resolver electrónicamente algún automatismo. La tensión de alimentación se ha elegido de 24 V por ser esta tensión la más corrientemene utilizada en los automatismos industriales. El transistor elegido para todos los circuitos ha sido el BC 147 o su equivalente SC 107, por ser uno de los más corrientes y económicos.

14-2. INTERRUPTORES ELECTRONICOS. — Hasta ahora todos los automatismos realizados con unidades lógicas se han supuesto gobernados por órganos de información constituídos por pulsadores o interruptores, cuya misión no era otra que la de dar señal cero o señal uno, de acuerdo con una determinada orden de mando.

La finalidad de los interruptores electrónicos es la misma que la de los interruptores eléctricos, pero con la ventaja de que los electrónicos carecen de partes móviles (los contactos) y, por lo tanto, no producen extracorrientes de ruptura. Por otra parte, los interruptores electrónicos pueden ser construídos para una mayor gama de fenómenos de información, con una sensibilidad tan grande como se desee.

La mayor parte de los interruptores electrónicos están basados en la acción de un transductor de mando sobre la entrada de un circuito del tipo «Disparador Schmitt». La misión de un circuito Schmitt es la de dar una tensión de salida prácticamene nula (salida cero) hasta que a su entrada no se aplica una tensión que sobrepase un determinado nivel de tensión E_1; aplicada dicha tensión, la salida se conmuta bruscamente a un valor de tensión aproximadamente igual a V_b (salida uno) y permanece en este estado hasta que la tensión de entrada desciende a un valor E_2, ligeramente inferior a E_1.

En la figura 14-2 hemos representado un disparador Schmitt práctico, cuyo funcionamiento puede justificarse fácilmente si nos fijamos en que con tensión nula de entrada el transistor T_1 no puede conducir y, por lo tanto, su tensión colector-emisor es grande, aproximadamente igual a V_b; dicha tensión se halla aplicada directamente al divisor de tensión formado por R_1 y R_2, el cual polariza al transistor T_2, haciendo que conduzca a saturación (tensión de salida cero).

En estas condiciones, la tensión en la resistencia R_e tendrá un valor E_i (producto de la intensidad de colector de T_2 por el valor de R_e) y, por lo tanto, hasta que a la entrada no se aplique una tensión superior a E_i, el transistor T_1 no podrá iniciar la conducción; cuando esto suceda, la tensión colector-emisor del transistor T_1 disminuirá, disminución que hará que el transistor T_2, que se hallaba conduciendo a saturación debido a esta tensión, pase a un estado de no conducción (salida uno). Así se mantendrá la salida del circuito hasta que la tensión de entrada no descienda a un valor E_2. El circuito indicado en la figura, para un valor de $R_e = 2,2\ K\Omega$, necesita una tensión de entrada $E_1 = 2,7\ V$, para conmutar su salida a uno, y ésta no vuelve a cero hasta que la tensión de entrada no disminuye a un valor $E_2 = 2,3\ V$; variando el valor de la resistencia R_e, puede aumentarse o disminuirse la diferencia entre estas dos tensiones.

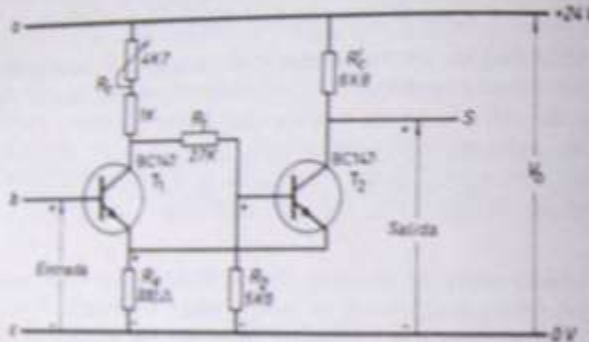


Fig. 14-2

Visto el funcionamiento del circuito «Disparador Schmitt», se deduce que cualquier transductor eléctrico de un fenómeno cualquiera, puede provocar un cambio de estado del circuito y, por lo tanto, una conmutación eléctrica. Así, por ejemplo, en la figura 14-3 representamos un mando fotoeléctrico para el circuito Schmitt, constituido por un divisor de tensión gobernado por una célula LDR, de forma que cuando a ella llegue una determinada iluminación, ajustaremos el potenciómetro para que la tensión de salida sea ligeramente inferior a E_1; cuando la iluminación en la célula se incremente, su resistencia disminuirá y, por lo tanto, la tensión en el potenciómetro

aumentará, conmutándose a uno la salida del circuito Schmitt. Idéntico razonamiento puede hacerse si en lugar de la célula LDR colocamos un resistor NTC, el cual, como ya se sabe, disminuye su resistencia con los aumentos de temperatura.

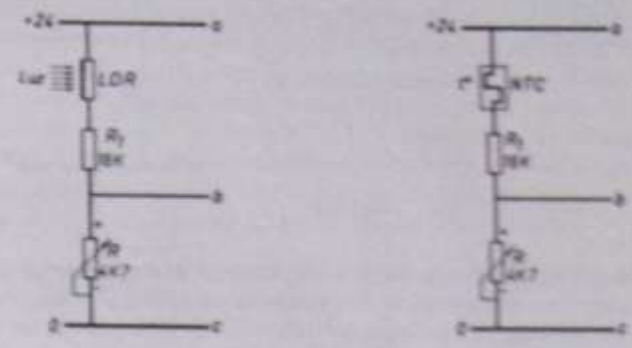


Fig. 14-3

Como detector del nivel de un líquido, e incluso como detector de humedad, puede utilizarse el circuito de la figura 14-4. Su funcionamiento es muy simple, ya que cuando el nivel del líquido llegue hasta los electrodos, el circuito se cerrará a través de la resistencia del líquido, apareciendo en bornas del potenciómetro una tensión lo suficientemente grande como para disparar el circuito Schmitt. Grabando el dibujo que se indica en la figura, sobre una placa para circuito impreso, puede obtenerse un detector de humedad de una extraordinaria precisión; para ello habrá que ajustar el potenciómetro para el grado de humedad deseado, es decir, que para el grado de humedad que se elija tiene que aparecer la tensión de disparo necesaria en la entrada del circuito Schmitt (con un potenciómetro de 10 K como el que se utiliza en el circuito de la figura y una placa de unos 4 cm^2 de superficie, es posible seleccionar una gama muy extensa).

Hemos descrito una serie de elementos de mando para el disparador Schmitt, pero se comprende que no son los únicos; fácilmente podrán proyectarse mandos acústicos, de proximidad, de inducción magnética, de presión atmosférica, etc.

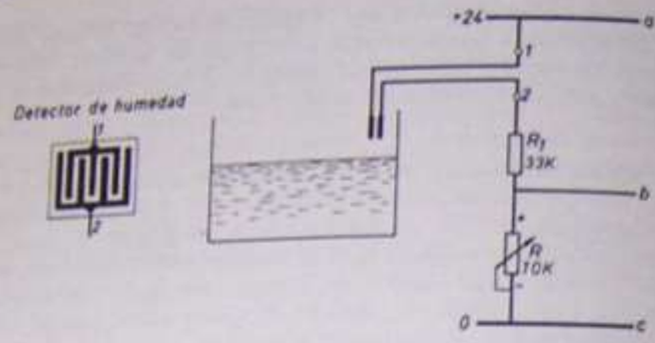


Fig. 14-4

El simple acoplamiento de uno cualquiera de los interruptores descritos con una cualquiera de las unidades de potencia vistas en el capítulo X, da lugar a los llamados relevadores (circuitos electrónicos que mandan un relé de acuerdo a un determinado fenómeno). El circuito disparador Schmitt, con su correspondiente mando de entrada, puede servir por sí solo como circuito relevador, ya que si en lugar de la resistencia de carga R'_c colocamos un pequeño relé de unos *1.000* Ω, el transistor correspondiente podrá accionarlo; téngase presente que el transistor BC 147 solamente soporta una corriente máxima de colector de 100 mA y, por tanto, esta solución sólo es factible para pequeños relés.

14-3. TEMPORIZADORES PRACTICOS. — Muchos son los temporizadores que pueden realizarse a base de transistores; no obstante, como el objeto de este capítulo es el de dar una serie de circuitos prácticos que nos permitan proyectar y realizar los automatismos vistos en los capítulos anteriores, expondremos seguidamente un temporizador de excelentes características, capaz de darnos la función A^{tc}, fig. 14-5.

Fácilmente deduciremos el funcionamiento de este circuito, ya que si nos fijamos en él observaremos cómo cuando la señal de entrada sea cero, el transistor T_1 no puede conducir, mientras que T_2 conducirá debido a que la tensión en R_f resulta ser ligeramente superior a la que aparece en bornas de la carga de T_1. Si T_2 conduce, T_3 también coducirá, motivo por el cual T_4 no conduce (salida cero).

Si aplicamos señal uno a la entrada del circuito, el transistor T_1 conducirá a saturación, dejando de conducir T_2 y en consecuencia T_3. La no conducción de T_3 provoca una disminución de tensión en R_f y un aumento en R_2, por lo que el transistor T_4 pasa a conducir a saturación (salida uno). Cuando la señal de entrada cese, el transistor T_2 no podrá conducir, ya que habiendo disminuido la tensión en R_f, dicho transistor no podrá volver a conducir hasta que el condensador C, en su descarga, haya disminuido su tensión a un valor inferior al que aparece en R_f. Cuando esto suceda, T_2 y T_3 podrán conducir nuevamente, aumentando la tensión en R_f y anulándose la tensión en R_2, por tal motivo T_4 deja de conducir (salida uno); en estas condiciones el condensador se carga rápidamente a través de la resistencia de 4K7, restableciéndose así el estado inicial del circuito.

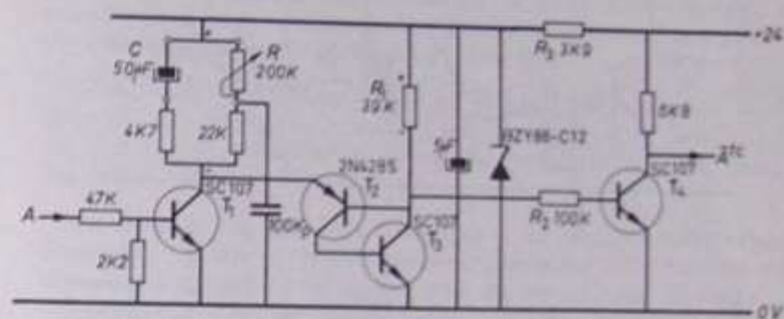


Fig. 14-5

El tiempo de descarga del condensador queda garantizado en su esactitud, mediante el estabilizador formado por R_3 y el diodo Zener. Tal y como se encuentra el circuito pueden obtenerse tiempos comprendidos entre 3 y 30 segundos; naturalmente, aumentando o disminuyendo la capacidad del condensador C, pueden aumentarse o disminuirse estos tiempos.

14-4. MULTIVIBRADORES. — Dentro del campo de los automatismos industriales realizados electrónicamente, ocupan un lugar importantísimo los tres tipos fundamentales de multivibradores: monoestable, astable y biestable. Veamos seguidamente estos tres multivibradores y la utilización que puede dárseles en los automatismos electrónicos.

Multivibrador monoestable. — El multivibrador monoestable es un circuito que dispone de dos estados eléctricos, uno solo de los cuales es estable, aunque temporalmente pueda pasar al otro estado inestable.

Este multivibrador está constituído por dos unidades NOR realimentadas entre sí; una de ellas, la correspondiente al transistor T_1, se realimenta directamente de la salida de T_2, mientras que la entrada de la unidad NOR correspondiente al transistor T_2 se realimenta a través del condensador C_1, al mismo tiempo que toma señal uno de entrada mediante la resistencia R'_4 (fig. 14-6).

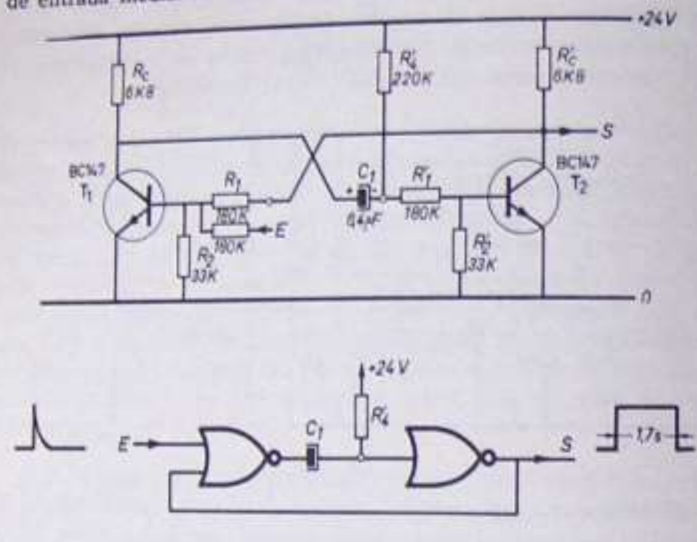


Fig. 14-6

En las condiciones en que se encuentra el circuito, tendremos que el transistor T_2 conduce a saturación (salida cero), mientras que el transistor T_1 no podrá conducir, cargándose el condensador con la polaridad indicada. Este es el estado estable del circuito, del cual no puede salir por sí solo. Si ahora aplicamos a una de las entradas de la unidad NOR correspondiente al transistor T_1 un impulso positivo de entrada, dicho transistor pasará a conducir a saturación y la brusca disminución de su resistencia colector-emisor coloca al con-

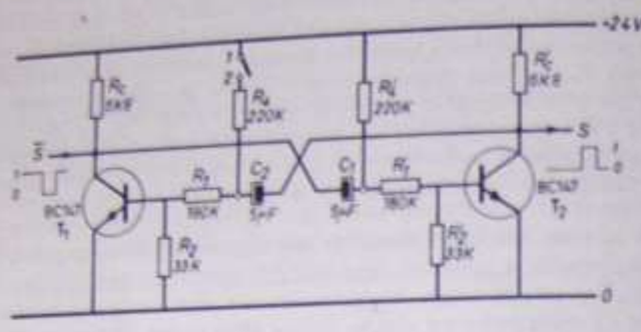
densador en paralelo con la entrada de T_2, proporcionándole un impulso negativo que le hace conmutar su salida a uno (la realimentación de esta salida sobre la unidad NOR correspondiente a T_1 mantiene a saturación dicho transistor aunque el impulso de entrada haya cesado). El impulso negativo proporcionado por el condensador C_1 dura un tiempo igual al de descarga de C_1 sobre R'_4, ya que C_1 no podrá descargarse a través de la resistencia base-emisor del transistor por quedar polarizado en sentido inverso; por lo tanto, durante este tiempo se mantendrá en uno la salida del circuito.

A la vista del funcionamiento del circuito, se deduce que el impulso obtenido a la salida tiene una duración constante que depende de R'_4C_1; por lo tanto, la aplicación del circuito la tendremos en todos aquellos casos en que se quiera obtener un impulso rectangular de duración constante, sea cual sea la duración del impulso de entrada. Los valores dados al circuito de la figura 14-6 nos proporcionarán un impulso de salida de 1,7 segundos.

Multivibrador astable. — Como ya se sabe, un multivibrador astable es un oscilador de relajación que proporciona en cada una de sus dos salidas una tensión alterna de forma rectangular, defasadas 180°.

En nuestro caso podemos considerar a un multivibrador astable compuesto por dos unidades inversoras (unidades NOR con una sola entrada), a las que se les aplica señal de entrada uno mediante las resistencias R_4 y R'_4, de forma que cada una de ellas pueda conducir a saturación, realimentadas entre sí mediante los condensadores C_1 y C_2 (fig. 14-7).

Suponiendo que el interruptor 1-2 está abierto (cero), el transistor T_1 no tiene señal de entrada y, por lo tanto, no puede conducir (salida uno), mientras que el transistor T_2 conduce a saturación (salida cero), como consecuencia de la tensión aplicada mediante R'_4; cerrando ahora el interruptor 1-2, el transistor T_1 tiende también a conducir a saturación, pero como consecuencia de la realimentación hecha a través de los condensadores, el circuito iniciará una conmutación alternativa de T_1 y T_2. La velocidad de conmutación del circuito y, por lo tanto, la frecuencia de la tensión alterna de salida, depende de la constante de descarga $R_4C_2 = R'_4C_1$, valores con los que habrá que jugar para obtener una frecuencia de oscilación determinada; aumentando $C_2 = C_1$, podrá disminuirse la frecuencia y viceversa.



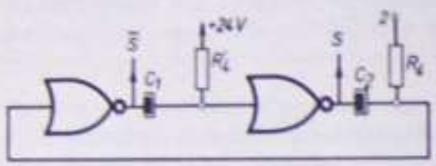


Fig. 14-7

La aplicación general de este circuito la encontraremos en todos aquellos casos en que se necesite una secuencia regular de impulsos, bien como consecuencia de un interruptor que se cierra, o bien mediante la salida de un logigrama cualquiera que da señal uno en el extremo 2 del interruptor.

En particular, el circuito dado ha sido proyectado para dar un impulso por segundo, secuencia muy utilizada para el mando de lámparas de señalización de alarma. La aplicación la tenemos en el ejemplo 7 del capítulo XI, en el cual veíamos un circuito detector de un defecto o avería de una instalación, el cual accionaba un zumbador y encendía una luz roja cuando el defecto se producía. En este caso, la salida *L* del logigrama puede llevarse a la entrada 2 del multivibrador y su salida *S* al amplificador de potencia que alimenta la lamparita roja; de esta manera tendremos que cuando la salida *L* se haga igual a uno, el multivibrador iniciará las oscilaciones, las cuales, al estar aplicadas a la entrada del amplificador de potencia, harán que la lamparita se encienda y se apague una vez por segundo.

Multivibrador biestable. — Sin duda alguna, el multivibrador biestable es el que más aplicación práctica tiene de los tres. Este multivibrador dispone de dos estados estables, pudiendo pasar de uno a otro sin más que aplicar un impulso de entrada.

Sea el circuito indicado en la figura 14-8. Según puede apreciarse se trata de una función memoria en la que las realimentaciones de las dos unidades NOR de que consta se hacen a través de sendos circuitos *R C* en paralelo, y las entradas del circuito se han unido a través de dos diodos, de forma que por dichas entradas solamente puedan ser introducidos impulsos negativos. Así, pues, tenemos un acoplamiento simétrico de dos circuitos iguales, que en el momento de conectarlo, debido a las tolerancias de fabricación de los componentes que integran el circuito, éste se vencerá hacia uno de los dos estados estables. Así, por ejemplo, si suponemos que en el momento de dar la tensión de alimentación al circuito, la intensidad por el colector de T_2 es ligeramente mayor que la de T_1, tendremos que la tensión colector-emisor de T_2 es menor que la de T_1, por lo tanto, la tensión positiva de realimentación en R_2 será menor que la de R'_2; una menor tensión en R_2 hace que el transistor T_1 conduzca menos, mientras que una mayor tensión en R'_2 hace que T_2 conduzca más todavía. Este efecto acumulativo sobre el transistor T_2 termina por llevarlo a un estado de saturación (salida cero), mientras que T_1 pasa a un estado de corte (salida uno), permaneciendo indefinidamente en este estado, siempre y cuando no se le aplique un impulso exterior. Obsérvese cómo en este estado el condensador C'_1 queda cargado con la polaridad indicada, mientras que el condensador C_1 se quedará descargado como consecuencia de conducir a saturación T_2.

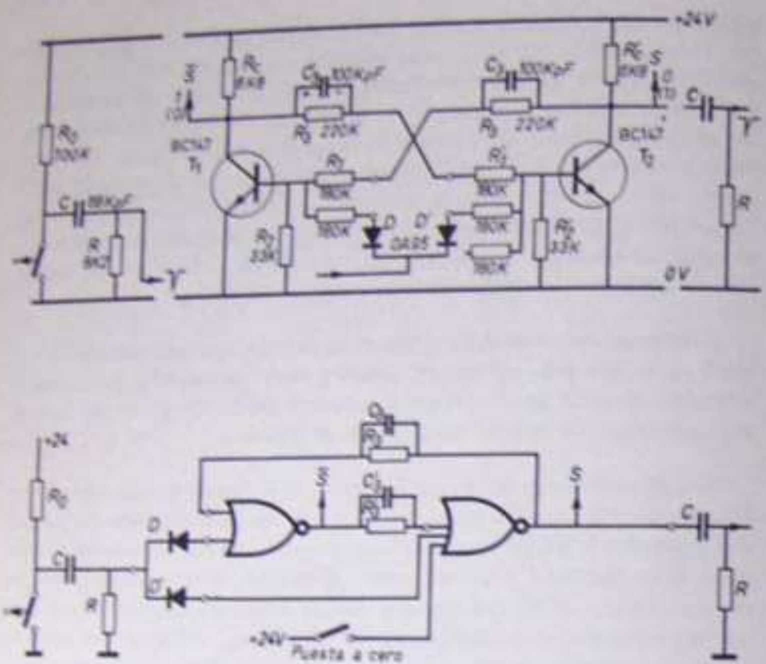


Fig. 14-8

Supongamos ahora que mediante un circuito como el descrito en el capítulo X (fig. 10-10), introducimos un impulso negativo al circuito. Dicho impulso hará que los dos transistores dejen de conducir (en este caso, será T_2 el que deje de conducir, ya que T_1 no conducía), es decir, que mediante la aplicación del impulso negativo llevamos a corte a los dos transistores; en estas condiciones, el condensador C_b, que se hallaba descargado, tiende a cargarse a través de R_b, R_i y R'_c, apareciendo en R_i una fuerte tensión positiva que hace conducir a saturación a T_1. Si durante el tiempo de carga de C_1 suponemos que el impulso de entrada ha cesado, podemos tener la seguridad de que T_1 queda conduciendo a saturación (salida cero), mientras que T_2 queda a corte (salida uno); el condensador C'_b, que se hallaba cargado al iniciar la conducción T_1, queda conectado a

masa a través de la pequeñísima resistencia colector-emisor, descargándose a través de la entrada de T_2, dándole un impulso negativo que favorece todavía más la no conducción de este transistor.

Un nuevo impulso a la entrada de este circuito volvería a conmutar las salidas, y así sucesivamente. El comportamiento eléctrico de este circuito podemos resumirlo en la siguiente tabla de la verdad:

Número de impulsos de entrada	$\overline{S}$	S
0	1	0
1	0	1
2	1	0
3	0	1
4	1	0
5	0	1
.	.	.
.	.	.

es decir, que cada dos impulsos aplicados a la entrada del circuito, éste vuelve a su estado primitivo. Se trata, pues, de un circuito divisor por dos, o lo que es lo mismo, un circuito contador binario.

La aplicación práctica de este circuito tiene un valor incalculable, ya que será la base de los contadores binarios de impulsos, los cuales dan lugar a los contadores decimales. Por otra parte, este circuito podrá servirnos en aquellos casos en que, partiendo de la salida de un logigrama cualquiera, se desee repartir alternativamente los impulsos obtenidos a la entrada de otros dos logigramas.

Obsérvese cómo cuando la salida S del biestable se conmuta de uno a cero, a la salida puede obtenerse un nuevo impulso negativo capaz de mandar otro biestable igual, obteniendo así un divisor por cuatro; un tercer biestable alimentado por el segundo nos da un divisor por ocho, etc...

La dificultad que a primera vista puede surgir como consecuencia de que las salidas del circuito adoptan un estado inicial arbitrario, determinado por las tolerancias de fabricación de los componentes iguales del circuito, puede solucionarse introduciendo unas diferencias voluntarias en los componentes, aunque el procedimiento más utilizado es el de colocar un pulsador de «puesta a cero», el cual inyecta una señal positiva a una de las entradas de la unidad NOR cuya salida deba ser inicialmente cero.

Los valores dados al circuito de la figura 14-8, han sido calculados con objeto de obtener un circuito biestable mandado mediante un pulsador. La velocidad de conmutación que necesita el circuito no es muy grande, ya que como se sabe un pulsador gobernado manual o mecánicamente, difícilmente puede alcanzar 25 conmutaciones por segundo; no obstante, el circuito, tal y como está, admite una velocidad máxima de *2.000* conmutaciones por segundo. Para una mayor velocidad de conmutación es necesario disminuir los condensadores C_1 y C_2, y limitar en lo posible la duración de los impulsos dados a la entrada. Téngase presente que existen circuitos biestables que admiten velocidades superiores a las *300.000* conmutaciones por segundo.

NORBIT serie 60

COMPAÑIA DE PRODUCTOS ELECTRONICOS "COPRESA", S. A.

Miniwatt

Características

Consideraciones generales sobre la serie Norbit 2

Esta serie de conmutadores estáticos Norbit utiliza para su alimentación únicamente tensión positiva, con una gran tolerancia respecto al valor de ésta.

Pueden ser alimentados con dos tensiones: 24 voltios, con una tolerancia del 25 % (es decir, de 18 a 30 V), o bien 12 voltios, con un 5 % de tolerancia (o sea, de 11,4 a 12,6 V). E recomendable utilizar la primera de estas tensiones de alimentación siempre que sea posible, pues para la misma seguridad de funcionamiento la tolerancia es mayor.

En el último capítulo, al describir las unidades Norbit, se adjunta la descripción de una fuente de alimentación especialmente adecuada para ser utilizada con estos elementos. En ella se ha incorporado una sección para la alimentación de los SF 60 (filtros de entrada).

Todos los elementos Norbit están provistos de un dispositivo antiparasitario que los hace extraordinariamente inmunes al ruido, condición necesaria que deben satisfacer todos los elementos utilizados en automatismos en general.

En el nivel 0 (comprendido entre 0 y 0,3 voltios positivos), la inmunidad al ruido de estas unidades Norbit es tal que, si en cualquier entrada se aplica una tensión positiva de 1 V con relación al nivel 0 (sin conectar las restantes entradas), no hay variación alguna en la tensión de salida.

En la inmunidad al ruido en el nivel 1 hay que considerar dos posibilidades:

a) Con una tensión de alimentación de 24 V ±25 %, una variación de 2 V por debajo del nivel 1 (comprendido entre 11,4 V y la tensión de alimentación) no modificará la tensión de salida.

b) Con una tensión de alimentación de 12 V ±5 %, una tensión continua de 0,25 V por debajo del nivel 1 (comprendido entre +8,3 V y la tensión de alimentación) no modificará la tensión de salida.

En la tabla siguiente se detallan los principales elementos Norbit, así como la función que realiza cada uno de ellos.

TABLA I

Tipo	*Función*
2 NOR 60	Doble función NO
2 IA 60	Doble amplificador inversor
2 SF 60	Doble filtro de entrada
TU 60	Temporizador
PA 60	Amplificador de potencia

Para el diseño con unidades Norbit debe tenerse en cuenta que existen ciertas limitaciones en cuanto al número de unidades que puede conmutar cada uno de ellos, es decir, para que la tensión de salida al nivel 1 cumpla con las tolerancias mencionadas, la carga máxima no puede sobrepasar ciertos límites.

En la tabla II puede verse una exposición de la carga máxima permitida para cada unidad Norbit, así como el número mínimo de unidades que deben conectarse a la entrada para disponer a la salida de la carga máxima. En dicha tabla no se hace referencia al tipo de Norbit, tomándose como unidad el símbolo UC, que representa una entrada de la siguiente unidad de control, independientemente del tipo a que pertenezca.

TABLA II

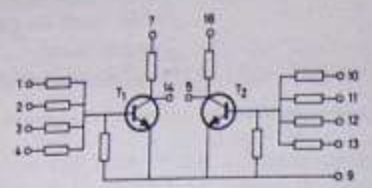
Unidades	*Entrada*	*Con alimentación de 12 V, la salida es:*	*Con alimentación de 24 V, la salida es:*
2 NOR 60.	1 UC	4 UC	6 UC
2 IA 60	2 UC	13 UC	20 UC
2 IA 60 como amplificador de baja potencia	2 UC	$R_{carga} = 150\ \Omega$	$R_{carga} = 300\ \Omega$
LP 60			
PA 60	1 UC	$R_{carga} = 13\ \Omega$	$R_{carga} = 30\ \Omega$
TU 60	1 UC	3 UC	5 UC
2 SF 60	+100 V c.c.	2 UC	2 UC

2 NOR 60

Función: Doble operación NO con cuatro entradas.

Color de la cápsula: Negro.

Esquema:



Descripción del circuito

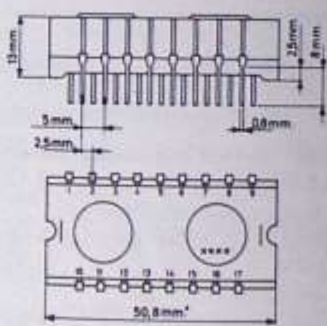
Esta unidad está formada, en realidad, por dos circuitos independientes que realizan la función NO.

Si una cualquiera de las entradas se lleva a un nivel 1, la salida queda conmutada a 0.

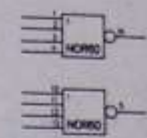
La posición de reposo (es decir, entradas sin conectar) representa nivel 0 en las entradas y, por lo tanto, nivel 1 en la salida.

Conexionado

1 Entrada NOR 1
2 Entrada NOR 1
3 Entrada NOR 1
4 Entrada NOR 1
5 Salida NOR 2
6 No conectado
7 Alimentación +V del NOR 1
8 No conectado
9 Común 0 V
10 Entrada NOR 2
11 Entrada NOR 2
12 Entrada NOR 2
13 Entrada NOR 2
14 Salida NOR 1
15 No conectado
16 Alimentación +V del NOR 2
17 No conectado



Representación gráfica



Alimentación

Tensión de alimentación . . .	$+V=24\ V\pm25\ \%$	$+V=12\ V\pm5\ \%$
Consumo + V	$I_{nom}=3{,}2$ mA	$I_{nom}=1{,}6$ mA
Consumo máximo	$I_{max}=4{,}2$ mA	$I_{max}=1{,}8$ mA
Características de entrada . .	1 UC	1 UC
Características de salida . . .	6 UC	4 UC

	Impedancia de entrada	*Corriente precisa en la entrada*
1 sola entrada	100 KΩ	0,13 mA
2 entradas en paralelo . . .	62 KΩ	0,125 mA
3 entradas en paralelo . . .	40 KΩ	0,110 mA
4 entradas en paralelo . . .	30 KΩ	0,1 mA

Valores límite

Alimentación: $V_{max}=30$ V

Tensión de entrada máxima absoluta= 90 V

Tensión negativa máxima absoluta $=-8$ V

Extensión de entradas

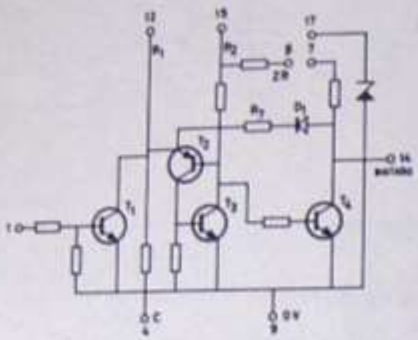
Suponiendo que la función tenga, por ejemplo, 5 variables, no bastan 4 entradas. Pueden utilizarse las 8 entradas que posee la unidad uniendo el terminal 5 con el 14 y aplicando la tensión de alimentación al 7 o al 16, dejando el otro sin conectar.

TU 60

Función: Produce un retardo en la conmutación de su **salida** en relación a la señal de entrada.

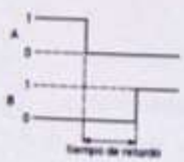
Color de la cápsula: Rojo.

Esquema:

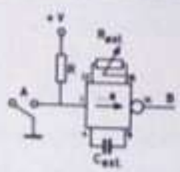


Descripción del circuito

El condensador conectado entre los terminales 4 y 9 se descarga cuando la señal de entrada es 1. Si ésta se conmuta a 0, T_1 se bloquea y comienza la carga del condensador hasta una tensión fijada por T_2. Al llegar a este límite, T_2 se desbloquea, proporcionando la corriente de base de T_3. En estas condiciones, T_4 se bloquea, conmutando el nivel de salida de 0 a 1.



a



b

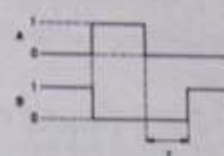
La figura *a* muestra la señal de entrada, A, comparada con la de salida, B, cuando la entrada se ha conmutado de 1 a 0.

En la figura *b* se representa esquemáticamente la disposición del circuito para este modo de funcionamiento. Obsérvese que en vez del resistor R y el conmutador A, la entrada puede ser atacada con cualquier uni-

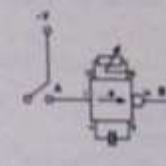
dad de conmutación estática Norbit, siempre que, en condiciones de reposo, la entrada permanezca en el nivel 1.

El tiempo de retardo lo proporciona la red RC exterior.

También puede funcionar conmutando la entrada de 0 a 1, produciéndose entonces el retardo a partir del rebasculado de la entrada a 0.

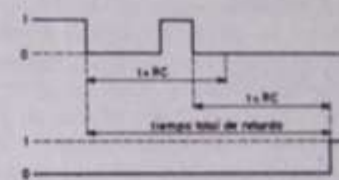


c



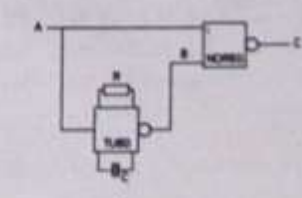
d

Una vez conmutada la entrada de 1 a 0 y antes de que haya transcurrido el tiempo de retardo *t* que, como se ha dicho, es igual a la constante de tiempo RC exterior, puede aperecer en la entrada otro impulso. Entonces, el tiempo de retardo *t* se pondrá de manifiesto a partir de la conmutación de 1 a 0 de este último impulso (fig. *e*), es decir, es posible alar-

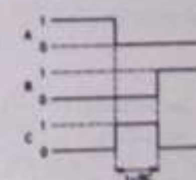


e

gar indefinidamente el impulso obtenido a la salida mediante una sucesión de impulsos en la entrada, bastando para ello que el período de éstos sea inferior a *t*.



f

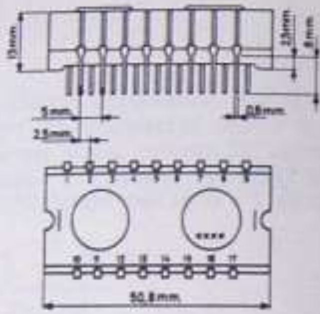


g

Si se desea obtener un impulso de una determinada duración a partir del final de uno de control, es posible utilizar asimismo el TU 60 mediante la disposición representada en la figura *f*. En la figura *g* se muestran las formas de onda en los puntos A, B y C del circuito. la disposición representada en la figura 50 *a*. En la figura 50 *b* se muestran las formas de onda en los puntos A, B y C del circuito.

Conexionado

1	Entrada
2	No conectado
3	No conectado
4	Conexión de C exterior
5	No conectado
6	Resistencia diodo Zener
7	Alimentación +V
8	No conectado
9	Común 0 V
10	No conectado
11	No conectado
12	Conexión de R exterior
13	No conectado
14	Salida
15	Conexión de R exterior
16	No conectado
17	Diodo Zener



Cuando se utilice una alimentación de +24 V ± 25 %, **deberán conectarse** entre sí los terminales 6 y 7, así como los 15 y 17. **Igualmente,** si la alimentación es de 12 V ± 5 %, **deberán unirse los terminales 15 y 7,** dejando sin conectar los 17 y 6.

Alimentación

Tensión de alimentación	24 V ± 25 %	12 V ± 5 %
Consumo	I_{nom} = 6,9 mA I_{max} = 10,1 mA	I_{nom} = 1,9 mA I_{max} = 2,1 mA
Características de entrada	1 UC	1 UC
Características de salida	5 UC	3 UC

Impedancia de entrada

45 KΩ [corriente precisa en la entrada: 0,285 mA (V_{alim} = 30 V)].

Temporización

Valor de la R exterior $\begin{cases} \text{mínimo} = 100\ K\Omega \\ \text{máximo} = 1\ M\Omega \end{cases}$

El condensador C exterior debe ser de bajas pérdidas. No deben utilizarse condensadores electrolíticos.

La duración de la temporización viene determinada por

$$t = RC$$

expresando R en ohmios y C en faradios.

Valores límite

Alimentación: V_{max} absoluta = 30 V

Tensión de entrada máxima absoluta = +70 V

Tensión negativa máxima absoluta de entrada = −16 V.

El tiempo de retardo máximo que se puede conseguir con la unidad TU60 está limitada por la máxima resistencia exterior, R_{ex} = 1 MΩ, y la imposibilidad de utilizar condensadores electrolíticos debido a la elevada corriente de pérdidas de los mismos. Para evitar este inconveniente se utilizan condensadores de policarbonato. Cuando el elevado valor de la capacidad no lo permita y deban utilizarse condensadores electrolíticos, se usará el circuito que representa la figura 38, con el que es posible utilizar condensadores electrolíticos, puesto que su resistencia de pérdidas está en paralelo con la resistencia exterior.

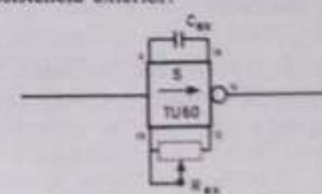


FIGURA 38

La temporización de este circuito es prácticamente ilimitada.

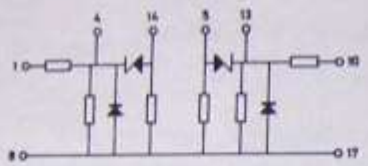
Nótese que la diferencia entre ambas disposiciones estriba en que C_{ex} se conecta entre los terminales 4 y 15, en vez de hacerlo entre los 4 y 9.

2 SF 60

Función: Doble filtro de entrada. Está especialmente diseñado para eliminar los rebotes y parásitos producidos en conmutaciones mecánicas, cuando éstas controlan las entradas de los elementos de conmutación estática Norbit.

Color de la cápsula: Verde.

Esquema:



Descripción del circuito

La finalidad del filtro de entrada SF 60 es adaptar las entradas de los elementos Norbit a las señales de mando cuando éstos se utilizan en conjunción con interruptores mecánicos.

Cada unidad comprende dos filtros, independientes entre sí. La conmutación se realiza a 100 V, a fin de asegurar un mejor contacto entre los elementos mecánicos.

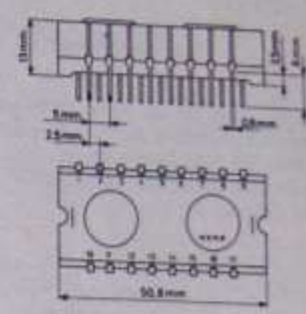
Como puede verse en el esquema, el filtro SF 60 consta esencialmente de un divisor resistivo y un limitador de sobretensión (diodo Zener), lo que proporciona una buena adaptación a las entradas de los elementos de conmutación estática Norbit.

La constante de tiempo del filtro se varía por medio del condensador exterior, conectado entre los terminales 8 y 4, para el SF 1, y 13 y 14, para el SF 2.

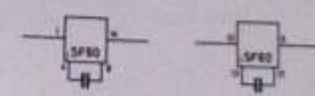
Conexionado

1 Entrada del SF 1
2 No conectado
3 No conectado
4 Conexión de C del SF 1
5 Salida del SF 2
6 No conectado

7 No conectado
8 Común 0 V
9 No conectado
10 Entrada del SF 2
11 No conectado
12 No conectado
13 Conexión de C del SF 2
14 Salida del SF 1
15 No conectado
16 No conectado
17 Común 0 V



Representación gráfica



Alimentación

Tensión de alimentación	$V=+100\ V_{=} \pm 25\ \%$
Consumo	$I_{nom}=3{,}3$ mA cada SF 60
	$I_{max}=4{,}8$ mA cada SF 60

Cuando se aplican a la entrada 100 V_{cc}, se obtiene a la salida el nivel 1. Esta salida puede controlar 2 UC.

La capacidad del condensador C se determina en la forma indicada anteriormente. Su valor debe estar de acuerdo con la duración *t* de los rebotes mecánicos producidos en el interruptor de control. En general, conocido *t* se determina C mediante la expresión:

$$t=1{,}7\ C$$

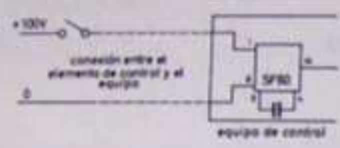
Expresando C en microfaradios, se obtendrá *t* en milisegundos.

La tensión de funcionamiento del condensador ha de ser igual o mayor de 100 V.

Valores límite

Tensión máxima de entrada $\begin{cases} +125\ \text{V} \\ -100\ \text{V} \end{cases}$

En la figura puede verse la disposición circuital típica adoptada para el SF 60. La situación óptima de este filtro está en el interior del equipo de control. De esta forma se consigue una mejor protección del funcionamiento de este equipo de los parásitos que puedan captarse a lo largo de la línea de entrada.

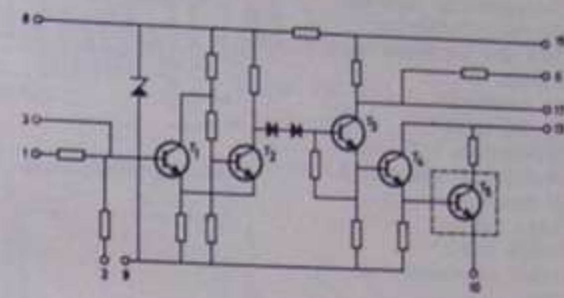


PA 60

Función: Amplificador de media potencia.

Color de la cápsula: Azul.

Esquema:



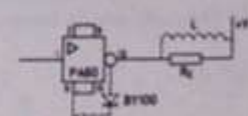
Descripción del circuito

Esta unidad está formada por un disparador Schmitt seguido por una etapa preamplificadora, que asegura un ataque adecuado al transistor final de potencia, cualesquiera que sean las condiciones de alimentación de éste.

Las precauciones que deben tomarse referentes a la protección de la unidad son las mismas que para el LP 60 respecto a cargas inductivas, lámparas de incandescencia, etc.

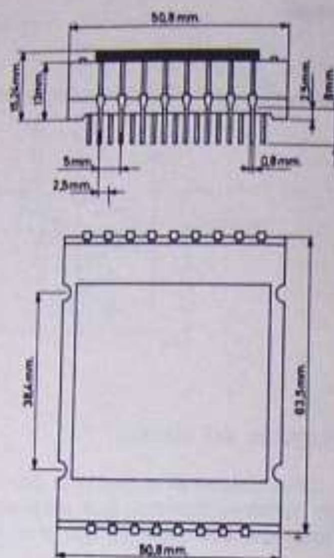
En caso de utilizarse esta unidad con una carga de tipo inductivo, se utiliza un diodo BY 100, conectado el ánodo del mismo al terminal 13 y el cátodo al 6, en el que se conecta el positivo de la tensión de alimentación.

Representación gráfica



Conexionado

1 Entrada
2 Resistencia de base del transistor de entrada
3 Base del transistor de entrada
4 No conectado
5 No conectado
6 Alimentación +V. Debe conectarse al terminal 15
7 No conectado
8 Diodo Zener
9 Común 0 V
10 Emisor del transistor de salida
11 No conectado
12 No conectado
13 Salida
14 No conectado
15 Alimentación +V. Debe conectarse al terminal 6
16 No conectado
17 Colector de T_3



Alimentación

Tensión de alimentación	24 V ± 25 %	12 V ± 5 %
Consumo	I_{nom} = 18,8 mA	I_{nom} = 15,1 mA
	I_{max} = 26,2 mA	I_{max} = 28,8 mA
R_{carga} máxima	30 Ω	13 Ω
Entrada	1 UC	1 UC
Potencia de salida	17,5 W	9,4 W

Tensión precisa a la entrada para que por la carga circule una corriente I_c:

Entrada por el terminal n.°	1	3
Tensión de entrada	8 V	1,6 V
Corriente de entrada	75 μA	30 μA

Tensión precisa a la entrada para que se corte la corriente en la carga I_c:

Entrada por el terminal n.° . . .	1	3
Tensión de entrada	<2,5 V	<0,65 V

Valores límite

Alimentación: $V_{max} = 30$ V

Tensión de entrada por el terminal 1 con los terminales 2 y 9 unidos:

$$V_{max} = 100 \text{ V}$$
$$-V_{max} = -15 \text{ V}$$

Tensión de entrada por el terminal 3: $V_{max} = +5$ V
$-V_{max} = -4{,}5$ V

Conclusión

Los conmutadores estáticos Norbit pueden ser empleados ventajosamente en circuitos de gran complejidad entre el conmutador de entrada y el transductor de salida. Como ejemplo de aplicaciones típicas pueden mencionarse también las funciones de conmutación asociadas con generadores de emergencia e instalaciones de aire acondicionado.

Los conmutadores estáticos Norbit están especialmente destinados a la resolución de los problemas de control automático, reemplazando ventajosamente a los relés electromecánicos. Los tipos disponibles permiten la realización fácil, rápida y racional, sin montaje complicado, de toda clase de mandos electrónicos automáticos.