

TEMA 9

LÓGICA DE CIRCUITOS. CIRCUITOS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES

ÍNDICE

1. DEFINICIÓN

- 1.1 VALORES BOOLEANOS Y VARIABLES BOOLEANAS
- 1.2 FUNCIÓN LÓGICA O BOOLEANA.
- 1.3 TABLA DE VERDAD DE UNA FUNCIÓN LÓGICA

2. FUNCIONES LOGICAS BÁSICAS.

- 2.1 FUNCIÓN OR (UNIÓN, DISYUNCIÓN SUMA LÓGICA Ó O)
- 2.2. FUNCIÓN AND (INTERSECCIÓN, CONJUNCIÓN, PRODUCTO LÓGICO Ó Y)
- 2.3. FUNCIÓN NOT (NEGACIÓN, COMPLEMENTACIÓN Ó NO)

3. PROPIEDADES DEL ALGEBRA DE BOOLE.

- 3.1 TEOREMAS

4. PUERTAS LÓGICAS.

5. CIRCUITOS COMBINACIONALES.

- 5.1 DEFINICIÓN
- 5.2 SUBSISTEMAS COMBINACIONALES.
 - 5.2.1 *Codificadores.*
 - 5.2.2 *Descodificadores*
 - 5.2.3 *Multiplexores*
 - 5.2.4 *Coversores de código*

6. SISTEMAS SECUENCIALES.

7. TIPOS DE SISTEMAS SECUENCIALES.

- 7.1. BIESTABLES
- 7.2. EL BIESTABLE S-R (SET-RESET)

8. BIBLIOGRAFIA

El matemático Boole desarrolló una teoría matemática que permitió la representación de circuitos de conmutación. Su nombre fue la “Teoría de los circuitos lógicos” y giraba en torno a lo que desde el punto de vista matemático hoy se denomina Álgebra de Boole.

1. DEFINICIÓN

Un álgebra de booleana es un sistema algebraico cerrado formado por un conjunto K de dos o más elementos que por su especial utilidad como metáfora de los circuitos electrónicos, asumiremos que son:

$K = \{0,1\}$;

los dos operadores binarios AND y OR, conocidos también como el producto lógico (\wedge) y suma lógica (\vee)

el operador unario NOT, denominado negación lógica.

1.1 Valores booleanos y variables booleanas

En el álgebra de Boole existen solamente dos valores o resultados posibles, el valor lógico cierto y el valor lógico falso, contrarios entre sí y que pueden ser denotado como 1 y 0, sí y no etc...

En los circuitos lógicos electrónicos la interpretación física o equivalencia de estos valores lógicos o estados suele ser asociada a la presencia o ausencia de tensión.

Se denomina **variable booleana o lógica** a toda variable de esta álgebra que sólo puede adoptar uno de los dos valores booleanos. El complemento de una variable lógica es el resultado de aplicarle el operador unario NOT. A partir de ahora utilizaremos las letras del alfabeto (a, b, c, \dots) para representar las variables lógicas.

1.2 Función lógica o booleana.

Una función booleana lógica es una función el tipo $F: \{0,1\} \times \{0,1\} \times \dots \times \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$, que se define como una combinación adecuada de variables lógicas relacionadas entre sí a través de operadores lógicos siguiendo unas determinadas reglas de construcción.

El resultado final de una función lógica, después de ser evaluada para unos determinados valores de sus variables, es siempre un valor lógico.

Una función lógica puede escribirse en forma de ecuación lógica. Ejemplo; para las variables a, b y c una función cualquiera podría ser:

$$F = f(a,b,c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$$

1.3 Tabla de verdad de una función lógica

La tabla de verdad de una función lógica es una representación del comportamiento de la misma, dependiendo del valor particular que pueden tomar cada una de las variables. En ella deben figurar todas las combinaciones posibles entre las variables, y para cada una aparecerá el valor de la función.

Para una función F que posea n entradas, como cada una de ellas sólo puede tomar los valores 0 ó 1, la salida a su vez tomará uno de los dos valores, así para n variables tendremos 2^n combinaciones posibles, de las cuales ninguna puede faltar ni estar repetida.

2. FUNCIONES LOGICAS BÁSICAS.

El orden de ejecución (precedencia) de estos operando es : NOT, AND, OR. Para alterar este orden se utilizan los paréntesis.

2.1 Función OR (unión, disyunción suma lógica ó O)

Es representada por + y por v. Su valor es 1 si lo es cualquiera de sus operandos o los dos, si ambos son 0 el valor de la función es 0.

$$F = a \vee b$$

a	b	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

2.2. Función AND (intersección, conjunción, producto lógico ó Y)

Es representada por . y por ^. Su valor es 1 si ambos operandos lo son, siendo 0 en el resto de los casos.

$$F = a \wedge b$$

a	b	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

2.3. Función NOT (negación, complementación ó NO)

Representada por – (un guión encima de la variable) correspondiente. Opera sobre una única variable, siendo el valor de la función el contrario de la variable.

$$F = \overline{a}$$

a	F
0	1
1	0

3. PROPIEDADES DEL ALGEBRA DE BOOLE.

Existencia del elemento neutro de la suma y del producto lógicos :

$$0 + a = a$$

$$1 \cdot a = a$$

Idempotencia

$$a + a = a$$

$$a \cdot a = a$$

Complementación

$$a + \overline{a} = 1$$

$$a \cdot \overline{a} = 0$$

Involución : $\overline{(\overline{a})} = a$

Conmutatividad :

$$a + b = b + a$$

$$a \cdot b = b \cdot a$$

Asociatividad :

$$(a + b) + c = a + (b + c)$$

$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$$

Distributividad :

$$a \cdot (b + c) = (a \cdot b) + (a \cdot c)$$

$$a + (b \cdot c) = a$$

3.1 Teoremas

En el álgebra de Boole se cumplen los siguientes teoremas:

Absorción :

$$a \vee (a \wedge b) = a$$

$$a \wedge (a \vee b) = a$$

Leyes de Morgan :

$$(a \vee b) = \neg a \wedge \neg b$$

$$(a \wedge b) = \neg a \vee \neg b$$

4. PUERTAS LÓGICAS.

Una puerta lógica es un pequeño circuito electrónico que equivale, desde el punto de vista lógico, a una función básica. Las variables que maneja una puerta lógica son sus entradas, mientras que la función resultante viene dada por su salida.

Seguidamente se recogen las puertas lógicas básicas indicando su símbolo gráfico, su expresión algebraica y la tabla de verdad correspondiente.

Puerta OR, responde a la unión o suma lógica:

$$S = a + b$$

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Puerta AND, responde a la intersección o producto lógico:

$$S = a \cdot b$$

a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Puerta NOT, responde a la negación lógica:

$$S = \text{not } a$$

a	S
0	1
1	0

Puerta NOR, es la negación de la OR:

$$S = \text{not } (a + b)$$

a	b	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Puerta NAND, responde a la negación de la AND:

$$S = \text{NOT } (a \cdot b)$$

a	b	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Puerta XOR, la función OR exclusivo toma el valor 1 cuando son distintas sus entradas:

$$S = (a \cdot \text{not } b) + (\text{not } a \cdot b)$$

$$S = a \oplus b$$

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Puerta IGUALDAD, se utiliza para separar circuitos electrónicamente:

$$S = a \oplus a$$

a	S
0	0
1	1

Físicamente una puerta lógica se diseña con un circuito electrónico. Las puertas lógicas no se fabrican ni se venden individualmente, sino en unidades llamadas circuitos integrados o chips.

Un chip no es más que una pieza de silicio rectangular sobre la que se depositan algunas puertas lógicas.

5. CIRCUITOS COMBINACIONALES.

5.1 Definición

Un circuito combinacional es aquel que resuelve una función lógica a partir de sus entradas, de tal forma que sus salidas toman valores que sólo dependen del valor de las entradas y del propio circuito. Según esto, debe entenderse que para una misma combinación de valores en sus entradas se tendrán siempre los mismos valores en sus salidas.

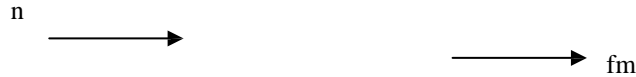
Un circuito combinacional consta de tres elementos básicos:

- variables de entrada (a, b, n)

- variables de salida (f0, f1, f2.. fm)

- circuito interno formado por puertas lógicas.





LAS M FUNCIONES DE LAS SALIDAS UNA VEZ SIMPLIFICADAS PUEDEN COMPARTIR PUERTAS LÓGICAS COMUNES ENTRE ELLAS.

5.2 Subsistemas combinacionales.

A continuación se estudian algunos circuitos que responden a funciones lógicas muy utilizadas y suelen representarse en circuitos comerciales.

5.2.1 Codificadores.

Un codificador es un módulo lógico combinacional que transforma señales sin codificar en un conjunto que responde a un código determinado. Como regla general un codificador de n salidas ha de poseer al menos 2^n entradas.

Un codificador muy típico es el codificador DECIMAL-BDC en el que se pasa un número decimal a código BCD natural que se obtiene en las cuatro salidas del circuito.

5.2.2 Descodificadores

Realizan la función inversa a los codificadores. Presentan una de sus salidas activadas dependiendo del valor presentado en sus entradas. Por tanto, podemos considerar el descodificador n a 2^n como un generador de minterminos, donde cada salida corresponde a un mintermino diferente.

Los decodificadores se usan para tareas tales como seleccionar una palabra de memoria o convertir códigos, por ejemplo, de binario a decimal.

5.2.3 Multiplexores

Son circuitos con 2^n líneas de entrada, n líneas de selección (control) y una línea de salida. Su objetivo es colocar en la salida el dato presente en la línea de entrada seleccionada por las líneas de control. Actúa pues como un conmutador múltiple por las líneas de selección.

5.2.4 Conversores de código

Son circuitos cuya misión es transformar una información binaria representada en un determinado código y presente en su entrada, en la misma información pero en otro código que generará en su salida.

6. SISTEMAS SECUENCIALES.

Como se ha visto en los puntos anteriores, en los sistemas combinacionales (s.c) la salida en un instante depende de la entrada en ese mismo instante, por lo que se puede decir que un s.c. es estático e independiente del tiempo. Por el contrario, un sistema secuencial (s.s) es aquel en cuyo comportamiento influye, no sólo la entrada en un instante, sino todos los valores pasados de la misma, esto es, la salida depende de la secuencia de entrada aplicadas.

7. TIPOS DE SISTEMAS SECUENCIALES.

Atendiendo a la forma de comportarse en el tiempo los s.s pueden ser de dos tipos: síncronos y asíncronos.

7.1. Biestables

Son circuitos capaces de retener información; por tanto son unidades de memoria que mantienen su último estado indefinidamente mientras no se produzca un cambio en sus entradas.

Los biestables síncronos tienen una entrada que identificaremos como C (de clock) para el sincronismo.

7.2. El Biestable S-R (set-reset)

El biestable S-R asíncrono es un circuito a base de puertas lógicas con dos entradas S(set) y R(reset) y dos salidas Q1 y Q2

8. BIBLIOGRAFIA

Alcalde ; Ormaechea: “Arquitectura de ordenadores” ed. McGraw-Hill 1991.

Nelson V.P.”Análisis y Diseño de Circuitos Lógicos Digitales “ Prentice Hall 1996