ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

"EL LENGUAJE DE LAS COMPUTADORAS"

AUTORÍA
ANGEL MANUEL RUBIO ORTEGA
TEMÁTICA
ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA
ETAPA
ESO, BACHILLERATO

Resumen

Actualmente nos encontramos rodeados dispositivos digitales. Por ello se hace imprescindible tener una base sobre los sistemas de comunicación que emplean estos dispositivos.

En el presente artículo se va a realizar una presentación sobre electrónica digital, exponiendo las bases de la comunicación digital, la implementación física de los principales dispositivos que permiten su tratamiento y los métodos para poder simplificar las funciones.

A su vez, se expondrán algunos ejemplos de aplicación, basados en los contenidos expuestos que permitan observar la gran versatilidad que pueden tener en otros campos como la neumática y la hidráulica.

Palabras clave

Electrónica digital.

Puertas lógicas.

Álgebra de Boole.

Nivel alto.

Nivel bajo.

REVISTA DIGITAL INNOVACIÓN Y EXPERIENCIAS EDUCATIVAS

ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

1. INTRODUCCIÓN

Los circuitos utilizados en los ordenadores o en los sistemas de control industrial, no siempre basan su funcionamiento en sencillas situaciones de “todo” o “nada”.

En multitud de ocasiones su comportamiento se rige por órdenes “lógicas” de más o menos complejidad, adoptando determinados estados en función de unas condiciones.

Mediante el Álgebra de Boole se da respuesta a dicho comportamiento. George Boole estableció distintas relaciones entre las variables, que podían desempeñar diferentes funciones a partir de dos estados o niveles lógicos, el 0 y el 1.

En el presente artículo se realizará una iniciación a la electrónica digital, comenzando por las Funciones Lógicas para terminar con las Técnicas de Diseño y Simplificación de Funciones Lógicas de gran aplicación en este campo.

2. LOS DISPOSITIVOS DIGITALES

Se denominan puertas lógicas a los dispositivos electrónicos que son capaces de efectuar las funciones u operaciones lógicas. Los principales tipos de puertas lógicas son:

- Puerta OR (O ó suma lógica)
- Puerta AND (Y ó producto lógico)
- Puerta NOT (negación)
- Puerta NOR.
- Puerta NAND.
- Puerta NOR EXCLUSIVO (XNOR)
- Puerta OR EXCLUSIVO (XOR)

El comportamiento de estos dispositivos digitales se puede expresar en una tabla de verdad. Una tabla de verdad es la representación gráfica de todas las posibles combinaciones de las variables de entrada con el valor de la función a la salida.

A	B	F = A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

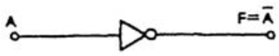
Figura 1.- Puerta OR

A	B	F = A · B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figura 2.- Puerta AND

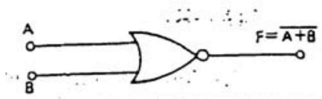
ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

Existen otras puertas que realizan las mismas funciones que las representadas anteriormente en las figuras 1 y 2, pero que niegan las variables de salida a través de la función NOT. Se trata de las puertas NOR y NAND que se representan a continuación:



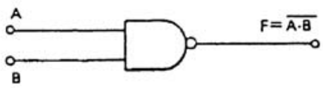
A	$F=\overline{A}$
0	1
1	0

Figura 3.- Puerta NOT



A	B	$F=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

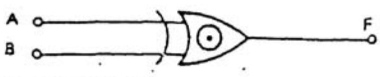
Figura 4.- Puerta NOR



A	B	$F=\overline{A\cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

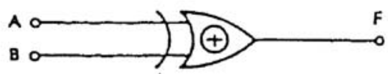
Figura 5.- Puerta NAND

Por último se representan dos puertas lógicas con funciones un poco más peculiares, se trata de las XNOR y XOR, cuyas tablas de verdad se exponen a continuación:



A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figura 6.- Puerta XNOR



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

Figura 7.- Puerta XOR

3. LA COMUNICACIÓN DE LAS COMPUTADORAS.

Representadas las funciones que pueden implementarse a través de dispositivos electrónicos conocidos como puertas lógicas, a continuación se van a desarrollar una serie de principios fundamentales, basados en métodos algebraicos.

Un conjunto B constituido por dos operaciones suma y producto lógico, es un álgebra de Boole si y solo si se verifican los siguientes postulados:

ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

1. Las operaciones suma y producto lógico son conmutativas:

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

2. Existen en el conjunto B dos elementos distintos denominados unitarios o de “identidad” y representados por 0 y 1, de forma que se cumplen las siguientes expresiones:

$$a + 0 = a$$
$$a \cdot 1 = a$$

3. Para cada elemento “a” perteneciente al conjunto B existe un elemento “a” en B, tal que se verifica:

$$a + \overline{a} = 1$$
$$a \cdot \overline{a} = 0$$

4. Cada operación es distributiva respecto de la otra, cumpliéndose:

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

De los postulados se deduce que las dos operaciones son asociativas.

En la definición de un álgebra de Boole, la primera condición era la de establecer dos operaciones básicas suma y producto lógico. Dichas operaciones también se pueden denominar función OR (o) y función AND (y) respectivamente, cuyas tablas de verdad fueron desarrolladas en el punto anterior.

Del Álgebra de Boole también se desprenden una serie de Teoremas Fundamentales:

1. Teorema de idempotencia:

$$a + a = a$$
$$a \cdot a = a$$

2. Teorema de las constantes:

$$a \cdot 0 = 0$$
$$a + 1 = 1$$

3. Teorema asociativo:

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

4. Teorema de absorción:

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

INNOVACIÓN Y EXPERIENCIAS EDUCATIVAS
ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

5. Teorema del doble complemento:

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

6. Teorema de Morgan:

$$\overline{a + b + c} = \overline{a} \cdot \overline{b} \cdot \overline{c}$$

$$\overline{a \cdot b \cdot c} = \overline{a} + \overline{b} + \overline{c}$$

7. Teorema de falsa redundancia:

$$a + (\overline{a} \cdot b) = a + b$$

$$a \cdot (\overline{a} + b) = a \cdot b$$

Toda función lógica puede representarse en su forma canónica. De esta forma las funciones pueden expresarse de dos formas:

a) Como suma lógica de producto de las variables o primera forma canónica.

$$a \cdot b \cdot c + \overline{a} \cdot b \cdot c$$

b) Como producto de sumas lógicas o segunda forma canónica.

$$(a + b + c) \cdot (\overline{a} + b + c)$$

A cada uno de los términos de la primera forma canónica se les denomina mintérminos y a los de la segunda, maxtérminos.

Una expresión o función lógica está expresada en forma canónica (primera o segunda), si cada uno de sus términos incluye todas las variables (negadas o sin negar) de las que consta la función.

Toda función lógica en forma no canónica, siempre puede expresarse en su forma canónica, aplicando las leyes del álgebra de Boole.

4. LA VELOCIDAD DE LAS COMPUTADORAS. LA OPTIMIZACIÓN DE LAS FUNCIONES LÓGICAS.

Es obvio que el comportamiento de cualquier sistema puede ser implementado a través de funciones lógicas. Su aplicación además de tener aplicación directa a la electrónica digital, también puede observarse en otros tipos de sistemas como los neumáticos e hidráulicos.

Para poder explotar al máximo la potencia que nos brindan estos métodos de expresión, se precisa aplicar técnicas de simplificación de funciones lógicas.

Las expresiones lógicas que describen el funcionamiento de los sistemas digitales se traducen en la práctica en una serie de circuitos cuya complejidad estará directamente relacionada con la de una expresión.

ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

Así pues, al plantearse la realización física de una función el diseñador deberá conseguir que dicha función sea la mínima posible en orden a obtener, por tanto, una minimización en los costes de implementación física de los circuitos digitales.

Existen diversas técnicas de simplificación, pero en este artículo por su sencillez y aplicación se van a desarrollar dos:

Método algebraico

En el que se aplican los teoremas y leyes del álgebra de Boole. Éste método permite la simplificación de funciones lógicas sencillas, no siendo un método sistemático para expresiones complejas.

No es posible con este método asegurar que el resultado obtenido sea una expresión irreducible; por tanto no conduce en muchos casos a la expresión mínima.

Método gráfico de Karnaugh

Basado en que con n variables es posible obtener 2^n términos o combinaciones diferentes. De esta forma, si se desea representar una función de 2 variables en un plano, será necesario desarrollar $2^2 = 4$ casillas. Si son 3 las variables, necesitaremos $2^3 = 8$ casillas y así sucesivamente.

Mediante unos mapas en forma de tabla se sitúa en el ángulo superior izquierdo las variables y en los lados superior e izquierdo los valores de las variables. De igual modo, si deseamos representar una función de 3 variables con las condiciones de adyacencia (variables comunes) y todos los posibles términos, obtendremos el siguiente mapa.

a \ bc	00	01	11	10
0				
1				

Figura 8.- Mapa de Karnaugh

Este método permite hasta 5 variables, ya que con más variables no es muy útil por la dificultad en observar adyacencias. Existen otros métodos para simplificar funciones de más de 5 variables.

Una vez conocido el fundamento del mapa de Karnaugh, vamos a ver la forma de operación sistemática del mismo, aplicado a un sencillo ejemplo.

ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 20 – JULIO DE 2009

Supongamos que las variables a, b y c representan tres ventanas. Nuestra función de salida F, representa una alarma visual en forma de bombilla que sólo se enciende cuando las tres ventanas están abiertas a la vez ó sólo la ventana a y b, encontrándose la c cerrada.

Definiendo el nivel alto o 1 lógico como el estado abierto y el 0 lógico como el estado cerrado, el punto de partida será la existencia de una función que representará el funcionamiento de un circuito digital. Luego los pasos a seguir son los siguientes:

1. En primer lugar se poner en forma canónica la función, caso de que no lo sea. Si la función viene definida por una tabla de verdad, no es necesaria su canonización.

   Si representamos la tabla de verdad de la función F, se tiene:

a	**b**	**c**	**F**
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

2. Representar sobre el mapa de Karnaugh la función. Se asigna un 1 a la casilla correspondiente a cada uno de los términos presentes en la función, y un 0 al resto (los ceros no se suelen representar sobre el mapa).

a \ bc	00	01	11	10
0				
1			1	1

3. Se forman agrupamientos de unos (términos que podrán simplificarse por su adyacencia) con el criterio siguiente:
    a. Se toman todos los “unos” que no se pueden agrupar con ningún otro.
    b. Se forman los grupos de dos “unos” que no pueden formar un grupo de cuatro.
    c. Se forman los grupos de cuatro “unos” que no pueden formar un grupo de ocho.
    d. Cuando se hayan cubierto todos los “unos” finaliza el proceso de grupos posible con el mayor número de casillas posible cada uno.

Los agrupamientos conseguidos y los “unos” aislados serán los términos que expresarán la función lógica en forma irreducible. Si observamos el mapa de Karnaugh, agrupando términos en común se obtiene, $F = a \cdot b$

5. CONCLUSIÓN

Con el estudio de estos métodos matemáticos se puede interpretar el funcionamiento de muchos equipos. La compresión de estos métodos exige al alumnado incrementar el grado de abstracción de sus conceptos habituales en los que las operaciones matemáticas son normalmente herramientas para calcular expresiones. Con el estudio de estos sistemas el alumnado puede introducirse en otros sistemas de comunicación como puede ser el código binario tan usado en los ordenadores y en la electrónica digital.

6. BIBLIOGRAFÍA

Tokheim, Roger L. (2008). *Electrónica Digital*. Madrid: Editorial McGraw-Hill.

Mandado Pérez, E. (2007). *Sistemas Electrónicos Digitales*. Madrid: Editorial Marcombo.

Gómez Campomanes, J. (2007). *Problemas resueltos de control digital.* Madrid: Editorial Thomson Paraninfo.

Autoría

- Nombre y Apellidos: Ángel Manuel Rubio Ortega
- Centro, localidad, provincia: Córdoba
- E-mail: amrubioortega@yahoo.es