

MÓDULO CUATRO INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
Y AUTOMATISMOS

U.D. 4 AUTOMATIZACIÓN, FUNDAMENTOS  
Y ÁREAS DE APLICACIÓN. ÁLGEBRA DE BOOLE,  
CIRCUITOS LÓGICOS COMBINACIONALES  
Y SECUENCIALES

M 4 / UD 4



## ÍNDICE

Introducción.....	213
Objetivos.....	215
1. Los sistemas automatizados .....	217
1.1. Evolución histórica de la autimatización .....	217
1.2. Áreas de aplicación de la automatización .....	219
1.3. Estructura general de un sistema automatizado .....	220
1.4. Tipos de procesos productivos .....	222
2. Álgebra de boole. Funciones lógicas y variables.....	223
2.1. Introducción.....	223
2.2. Operaciones lógicas básicas.....	223
2.3. Análisis de circuitos lógicos combinacionales sencillos.....	227
2.4. Síntesis de circuitos lógicos combinacionales .....	229
2.5. Circuitos lógicos secuenciales .....	230
Resumen .....	233
Bibliografía.....	235



## INTRODUCCIÓN

La revolución industrial ocurrió al substituirse la producción de un sólo artículo a la vez por la producción en masa, o en serie. Esto fue posible gracias al invento de la maquinaria de vapor. Eventualmente, el motor eléctrico y los sistemas hidráulicos reemplazaron a las máquinas de vapor y se desarrollaron los sistemas automáticos de control industrial.

Antes de la invención del autómata programable, los equipos automatizados basaban su funcionamiento sobre los circuitos lógicos combinacionales y secuenciales implementados fundamentalmente con relés. Posteriormente, el Autómata Programable substituyó al relé.

Hoy en día, el autómata programable es el pilar indispensable para sostener y mejorar los sistemas automatizados para el control industrial. La programación de un autómata está íntimamente ligada al álgebra de Boole. De hecho, existen lenguajes de programación (Texto Estructurado y Lista de Instrucciones) en los que se acude directamente a expresiones booleanas combinacionales y secuenciales. En otros lenguajes, como el lenguaje de contactos, se utiliza la lógica booleana de una manera indirecta.



## OBJETIVOS

En este módulo, se estudiarán los elementos que componen a un sistema automatizado de producción y las bases del álgebra de Boole, que como ya se ha comentado, resultan necesarias en la programación de autómatas.





## 1. LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS

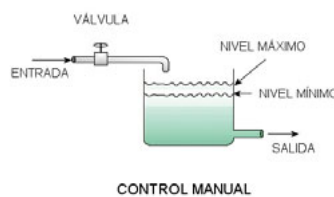
Se entiende por Sistema Automatizado toda máquina o conjunto de máquinas que evoluciona de manera automática (con la mínima intervención humana), respetando unas condiciones de funcionamiento prefijadas.

La automatización trae consigo una serie de ventajas, tales como:

- Aumentar la fiabilidad, el control, la eficacia o productividad y la flexibilidad de un proceso.
- Minimizar tiempos de espera y mejorar la repetibilidad de fabricación, es decir, que todos los productos fabricados tengan características idénticas.
- Reducir los tiempos de parada.
- Incrementar la seguridad, relevando al operario de tareas peligrosas.
- Conseguir una mejor adaptación a contextos especiales: adaptación a entornos y tareas hostiles (tales como entornos corrosivos, húmedos, ... y aplicaciones de tipo marino, espacial, nuclear, ...)

### 1.1. Evolución histórica de la automatización

La manera más rudimentaria que ha tenido el ser humano para controlar algún elemento de su entorno ha sido la de ejercer el control manual. El operario debe observar continuamente la variable a ser controlada, tomando él las decisiones y ejerciendo las acciones pertinentes para que dicha variable se mantenga dentro del rango deseado.



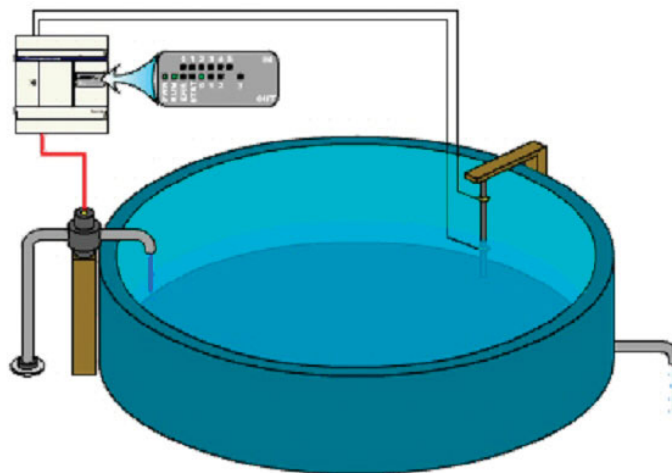
Si se desea que el nivel de un líquido almacenado en un tanque permanezca dentro de un rango de niveles, el operario debe vigilar continuamente el nivel existente en el depósito. Dado que el consumo de líquido en la salida del depósito puede ser variable, el operario debe abrir y cerrar la válvula según sea necesario.

Como se comentó en la introducción, con el paso del tiempo y gracias a la continua innovación e invenciones del ser humano, se ha evolucionado desde el control manual hasta las técnicas más sofisticadas de control mediante el autómatas programable y todos sus equipos auxiliares.

Al principio, como sustitución de las técnicas de control manual en el manejo de aplicaciones, se empleó en la automatización mediante equipos cableados, a partir de cuadros realizados con elementos eléctricos y electromecánicos (tales como relés, contactores,...) con la misión de automatizar un proceso o parte del mismo.

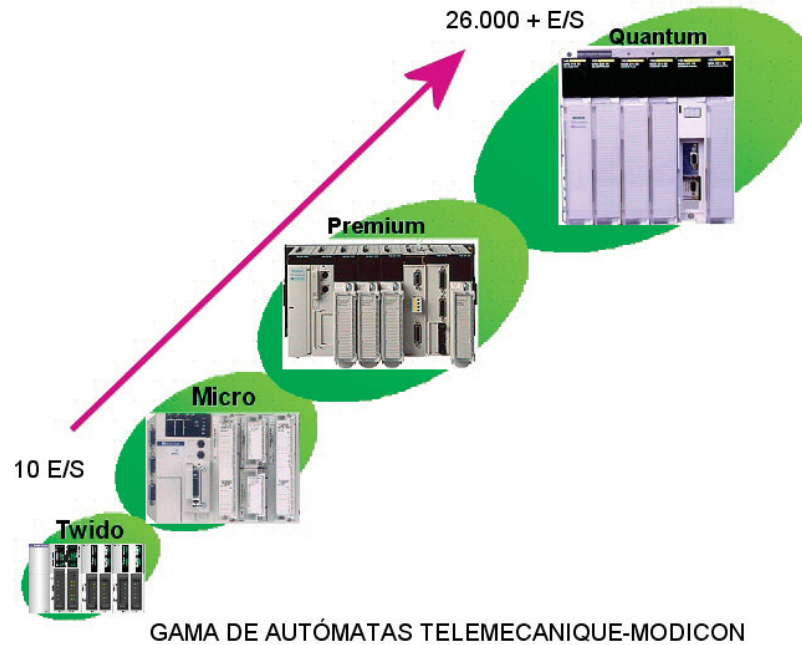
Más tarde llegaría la sustitución de los equipos cableados por un Autómata programable. El primero de ellos se llamaba **MO**dular **DI**gital **CON**troller (**MODICON**). Dadas las ventajas obtenidas en la automatización de procesos productivos mediante este aparato, se han utilizado autómatas con éxito en otros sectores.

Por ejemplo, mediante un autómata se puede tener una solución flexible y totalmente automatizada para ejercer el control de nivel de líquido antes comentado:



En este caso, el autómata recibe mediante dos entradas la información relativa al nivel del líquido. En la memoria del autómata reside un programa que se ha escrito con el propósito de activar la electroválvula, permitiendo la entrada de líquido cuando el nivel cae por debajo del mínimo, o desactivar la electroválvula, impidiendo la entrada del líquido cuando su nivel supera al máximo.

En principio, no parece que se justifique la presencia de un autómata para ejecutar una función tan simple como la descrita. Pensemos por un momento que ese depósito de líquido puede formar parte de un proceso industrial mucho más complejo. El mismo autómata que se ha mostrado encargándose de controlar el nivel del líquido, puede estar controlando simultáneamente otros cientos o miles de maniobras adicionales en dicho proceso.



Como se muestra en la última imagen, seleccionando debidamente al autómata, éste se puede ocupar de la gestión de una aplicación en la que estén involucradas unas cuantas variables (10 Entradas/Salidas) o varias decenas de miles.

## 1.2. Áreas de aplicación de la automatización

En líneas generales, cuando se habla de automatización, inmediatamente viene a la mente la idea de una fábrica automatizada. Como ejemplo más emblemático de esta aplicación se puede citar a una línea de fabricación de coches, en la que a lo largo de 24 horas de producción continua se pueden fabricar más de 1000 coches.



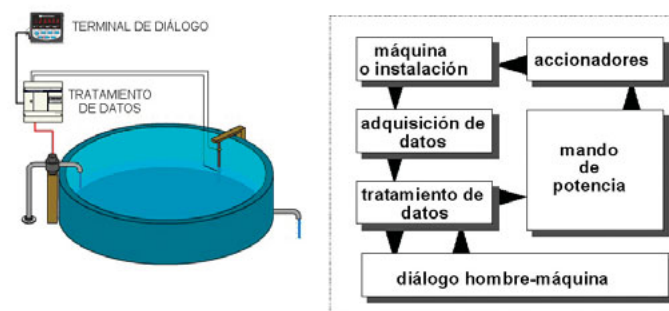
En una fábrica de este tipo existen innumerables robots (en color naranja en la imagen) y autómatas que se encargan de la inmensa mayoría de las operaciones necesarias. También existen operarios haciendo labores manuales, pero su cantidad es muy reducida.

Aparte de los procesos productivos, la automatización está presente en otras áreas, tales como el control de edificios y la distribución de energía, entre otros. En la siguiente imagen se aporta más información al respecto:



### 1.3. Estructura general de un sistema automatizado

Cualquier sistema o proceso automatizado de puede asimilar, en líneas generales, al expuesto en el siguiente esquema:



ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

En cualquier caso, se deben distinguir las diferentes partes que lo componen:

Máquina, instalación, sistema o proceso a automatizar.

Sistema de adquisición de datos.

Sistema de tratamiento de datos.

Sistema de diálogo hombre-máquina.

Sistema de mando de potencia (Accionadores y Preaccionadores).

En el ejemplo presentado, la instalación a automatizar es el depósito cuyo nivel se desea controlar.

La adquisición de datos del proceso la realizamos a través de elementos captadores o sensores. Un captador es cualquier elemento o sistema capaz de recoger información de su entorno, convertirla en una señal eléctrica y transmitirla hacia otro elemento que sea capaz de leerla, entenderla y tratarla.

Una vez que se capta un dato, la señal correspondiente al valor del mismo es recogida por un sistema capaz de guardarlo en su memoria para que posteriormente se pueda realizar el tratamiento correspondiente.

En función de la aplicación que se ha de controlar, los diferentes componentes a utilizar que tienen como propósito el tratamiento de la información, pueden ser:

- Dispositivos discretos configurables (relés, relés temporizados, variadores de frecuencia, etc, ...).
- Controladores programables.
- Automatas programables.
- PC's industriales.

El terminal de diálogo permite el establecimiento del diálogo hombre-máquina, que es la relación que existe entre el operador del sistema y el automatismo que lo controla. Permite supervisar el estado de funcionamiento de un sistema y actuar sobre el mismo en caso de que sea necesario. El diálogo hombre-máquina surge de la necesidad que tiene o puede tener un sistema automatizado de control y supervisión por parte de un operador externo al proceso.

Una vez que el automatismo, según las señales que ha tratado, decide unas determinadas acciones de control sobre la aplicación, actúa sobre los elementos que se encargan de ejecutar estas acciones, ya sea directamente (actuando sobre los elementos accionadores) o indirectamente (actuando sobre los elementos preaccionadores).

## 1.4. Tipos de procesos productivos

En líneas generales, existen dos tipos de proceso productivos: Los secuenciales y los continuos:

a. Procesos secuenciales.

Se refieren a operaciones diversas que se ejecutan con un cierto orden y por intervalos de tiempo definidos, con el propósito de producir un artículo. Por comentar un ejemplo muy simple, una máquina no puede enroscar un tornillo en una pieza metálica, a menos que previamente se haya hecho la rosca en la pieza. En los procesos secuenciales hay que mantener una secuencia (valga la redundancia) predeterminada. Tal sería el caso de una fábrica de pan en donde una parte de los diversos procesos consiste en mezclar los ingredientes uno a uno en diferentes momentos.

b. Procesos continuos.

Son aquellos en donde varias operaciones están siendo ejecutadas y controladas al mismo tiempo. Existe una entrada de materiales que se reciben continuamente, y una salida de los productos manufacturados, también continua. Como ejemplo se pueden citar una refinería de petróleo o la producción de papel.

## 2. ÁLGEBRA DE BOOLE. FUNCIONES LÓGICAS Y VARIABLES

### 2.1. Introducción

Muchos componentes utilizados en la automatización, tales como interruptores y relés, presentan dos estados claramente diferenciados (abierto o cerrado, conduce o no conduce). A este tipo de componentes se les denomina componentes del tipo todo o nada o también componentes lógicos.

Para estudiar el comportamiento de estos elementos, se representan los dos estados del componente mediante los símbolos 1 y 0 (0 abierto, 1 cerrado). De esta forma podemos utilizar una serie de leyes y propiedades comunes a la lógica digital con independencia del componente específico.

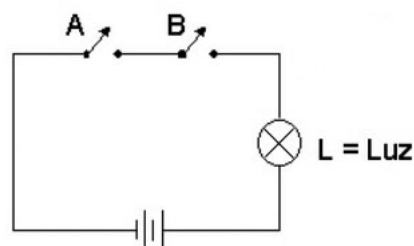
Atendiendo a este criterio, todos los elementos del tipo todo o nada son representables por una variable lógica, entendiendo como tal aquella que sólo puede tomar los valores 0 y 1. El conjunto de leyes y reglas de operación de variables lógicas se denomina álgebra de Boole, ya que fue George Boole el que desarrolló las bases de la lógica matemática

### 2.2. Operaciones lógicas básicas

Las operaciones lógicas básicas son las operaciones sobre las que se fundamenta la lógica Booleana. Cualquier operación lógica compleja puede ser expresada utilizando combinaciones de las operaciones básicas.

#### 2.2.1. Función AND (Función Y)

Analizamos un circuito eléctrico elemental, en el que hay dos interruptores, una lámpara y una fuente de alimentación:



Para que la lámpara se encienda ( $L=1$ ), se requiere que los interruptores A y B estén cerrados ( $A=B=1$ ). Si cualquiera de los dos interruptores está en 0 (abierto), la lámpara estará apagada ( $L=0$ ).

Por otra parte, se puede observar que las variables A y B son independientes, mientras que la variable L no lo es. L es una función lógica de A y B.

Todo circuito lógico combinacional tiene lo que se llama la “Tabla de Verdad”, en la que se representan las diferentes combinaciones de las entradas (A y B) y el resultado obtenido en la salida (F) para cada una de las combinaciones. A continuación, se muestra la tabla de verdad de este circuito:

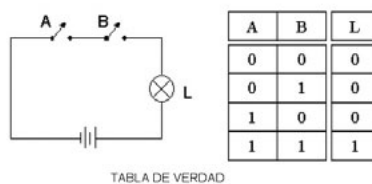


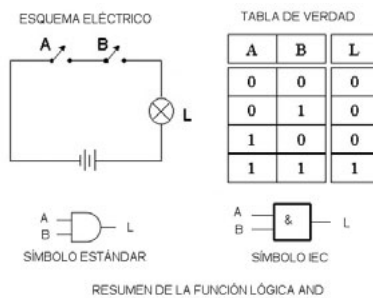
TABLA DE VERDAD

En otras palabras,  $L=1$  si A Y B son 1. Se ha remarcado la letra Y con toda la intención, ya que el circuito mostrado ejecuta la función lógica Y. Normalmente, se emplea para esta función el término en inglés AND.

Entonces, se puede decir que la función L es:  $L = A \text{ AND } B$ .

A esta función también se le llama “producto lógico”, pudiéndose escribir como  $L = A \cdot B$ , o de manera más simple,  $L = AB$ .

La función lógica AND posee un símbolo estándar que es el que se emplea normalmente y otro símbolo bajo la norma IEC, que es el que se utiliza a nivel de programación de autómatas. A continuación, se muestra un resumen de la función lógica AND:

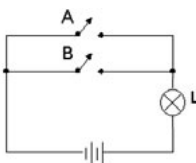


RESUMEN DE LA FUNCIÓN LÓGICA AND



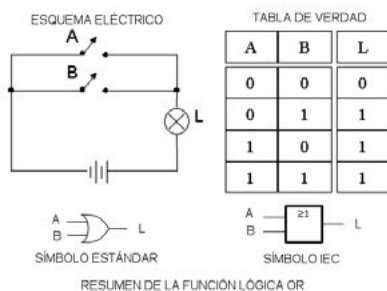
### 2.2.2. Función lógica OR (Función O)

Analicemos el siguiente circuito:



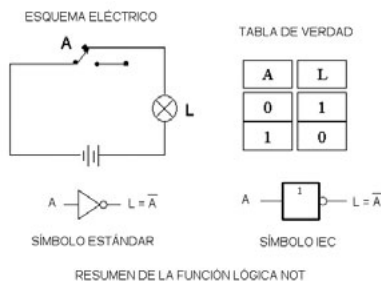
Resulta obvio que la lámpara se enciende si A o B están cerrados, Este circuito se corresponde con la función lógica OR. La función L se puede escribir así:  $L = A \text{ OR } B$ . La función OR también se conoce como “suma lógica” y se puede escribir  $L=A+B$

Finalmente, se muestra la tabla de verdad de la función OR, junto con sus símbolos:



### 2.2.3. Función lógica NOT (Función Negación)

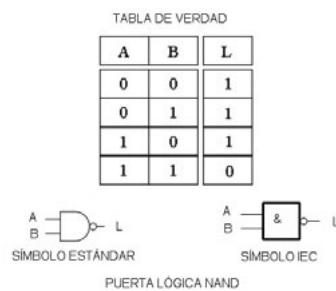
La última de las tres operaciones lógicas fundamentales, también conocida como negación, complemento o inversión, es más simple que las anteriores. En la figura se puede observar el circuito, que en este caso tiene la particularidad de que si no se pulsa el interruptor ( $A=0$ ), la luz enciende. En caso de pulsar el interruptor ( $A=1$ ), la luz se apaga. El estado de L siempre es el contrario que el estado de A.



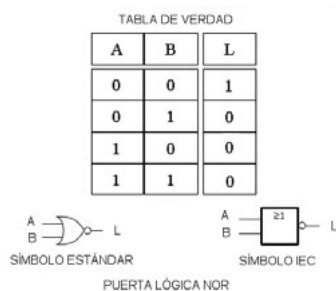
En este caso la notación es:  $L = \text{NOT } A$ . Para indicar la negación, También se utiliza la colocación de una barra sobre la variable negada, es decir  $L = \bar{A}$ .

En lógica Booleana se utiliza muy a menudo el termino “Puerta Lógica”. Una puerta lógica es simplemente un dispositivo que permite realizar una cierta función lógica. De esta manera, existen puertas lógicas AND, OR y puertas NOT.

Utilizando puertas lógicas que soporten las tres operaciones básicas (AND, OR y NOT), se pueden realizar todas las funciones combinatorias; no obstante, existen otras puertas que también pueden ser utilizadas, tales como las que ejecutan las funciones NAND y NOR. Una puerta NAND está formada simplemente por una puerta AND y un inversor (NOT) en su salida. A continuación se presenta la tabla de verdad y el símbolo de una puerta NAND:

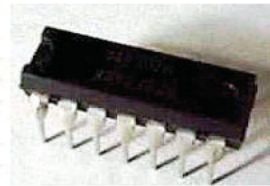
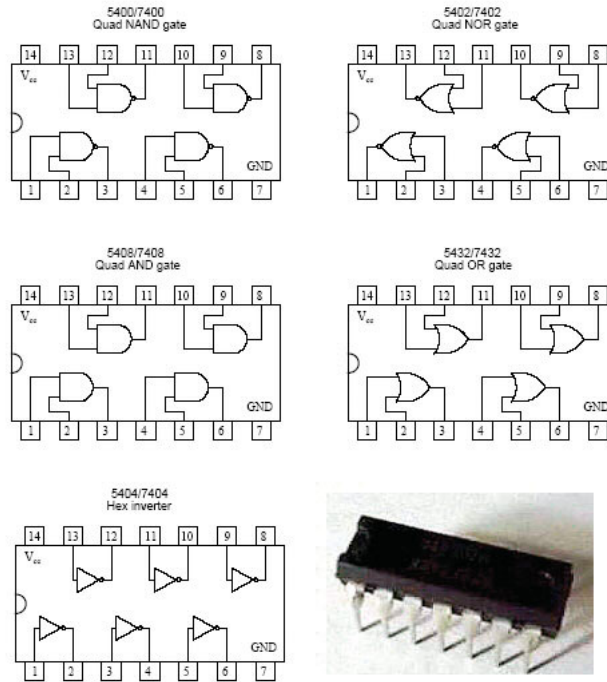


También existen puertas NOR, compuestas por una puerta OR y un inversor en su salida:



Comercialmente, se dispone de circuitos integrados que contienen puertas lógicas. Posiblemente las que han tenido mayor éxito a nivel comercial son las puertas TTL (Transistor Transistor Logic). Las puertas TTL requieren para su operación una polarización de 5V ( $V_{CC}=5V$ ). Los niveles de tensión que representan al 0 y al 1 son respectivamente de 0V y de 5V (existe una cierta tolerancia con respecto a estos valores).

En la imagen presentada a continuación, se muestran varias puertas TTL, su empaque y la función lógica que desempeñan:

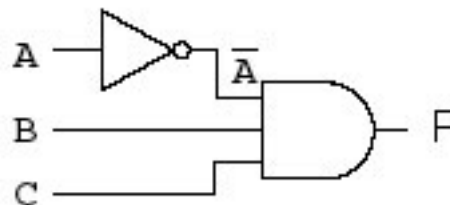


EMPAQUE Y EQUIVALENTE INTERNO DE VARIAS PUERTAS TTL

### 2.3. Análisis de circuitos lógicos combinacionales sencillos

El análisis de un circuito lógico consiste en la determinación de la tabla de verdad de dicho circuito, junto con la indicación de la expresión lógica de su salida. Citaremos un ejemplo:

Se desea determinar la tabla de la verdad y la expresión lógica del circuito mostrado en la figura:



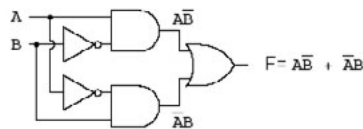
Como se observa, la salida  $F$  proviene de una puerta AND con tres entradas. Para que una compuerta AND tenga su salida en 1, se requiere que todas sus entradas estén simultáneamente en 1. De esta manera, es necesario que las variables  $B$  y  $C$  estén en 1, mientras que la variable  $A$  debe estar en 0.

En definitiva, la tabla de verdad sería la siguiente:

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

La expresión de la función lógica de F es:  $F = \bar{A} \cdot B \cdot C$ . Recordemos que también es válida la expresión  $L = \bar{A} BC$

Analicemos otro ejemplo:



En este ejemplo ya está indicada la expresión lógica de la salida de la puerta OR, que se obtiene haciendo la suma lógica ( función OR) de las dos salidas de las puertas AND (  $L = \bar{A}B$  y  $\bar{B}A$ ).

En este caso, la tabla de verdad es la siguiente:

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

La función combinatoria que se acaba de desarrollar se denomina OR EXCLUSIVO. Esta operación lógica se designa de la siguiente forma:

$$F = A \oplus B$$

La operación OR EXCLUSIVO es lo suficientemente importante como para que los fabricantes de circuitos integrados la tengan en su catálogo. La puerta OR EXCLUSIVO tiene incluso un símbolo, que se muestra a continuación:



SÍMBOLO DE LA PUERTA OR EXCLUSIVO

## 2.4. Síntesis de circuitos lógicos combinacionales

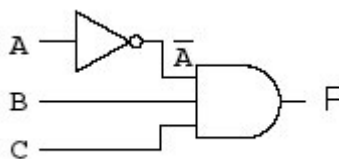
A menudo se presenta la necesidad de sintetizar una función lógica compleja que no se corresponde con las tablas de verdad que se han presentado hasta ahora. A continuación, se describirá un método general para sintetizar funciones lógicas combinacionales. El método es bastante sencillo y resulta válido para hacer la síntesis de cualquier función lógica por más complicada que ésta sea.

Supongamos que se requiere implementar un circuito lógico combinacional con tres entradas (A, B y C), cuya salida cumpla con la siguiente tabla de verdad:

A	B	C	SALIDA
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

La manera más simple de atacar este tipo de problema, es la de analizar por separado cada una de las combinaciones de entradas en las que se requiera que la salida esté en 1. Como se observa, hay 4 combinaciones de entradas que cumplen con las condiciones mencionadas. Analicemos el primero de los casos:

La combinación A=0, B=1 y C=1 requiere que la salida F esté en 1. Si ésta fuese la única condición para tener un 1 en la salida, la función lógica necesaria sería  $F = \bar{A}BC$  y el circuito lógico correspondiente correspondería con el que analizamos unos páginas atrás:



Como son varias las combinaciones de entrada para las cuales la salida es 1, el circuito mostrado no es la respuesta al problema. Se necesita analizar el resto de combinaciones que dan salida 1, indicando la función lógica para cada una de ellas:

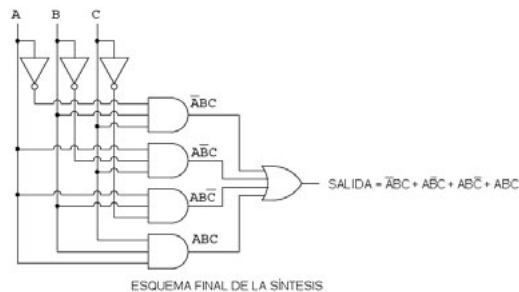
A	B	C	SALIDA	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	1	$\bar{A}BC = 1$
1	0	0	0	
1	0	1	1	$A\bar{B}C = 1$
1	1	0	1	$AB\bar{C} = 1$
1	1	1	1	$ABC = 1$

Para finalizar la síntesis de la función, sólo se requiere hacer la suma lógica (puerta OR) de las cuatro condiciones necesarias para que la salida esté en 1, asegurando así que bajo esas 4 condiciones de entradas, la salida será 1:

$$\text{SALIDA} = \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + ABC$$

Resulta conveniente indicar que la solución de síntesis realizada con el método descrito, no es la solución óptima. Existen métodos más sofisticados que traen como resultado final un número menor de puertas.

A continuación se muestra el esquema lógico de la síntesis realizada:



## 2.5. Circuitos lógicos secuenciales

En los circuitos combinacionales, la señal de salida siempre es función de las entradas aplicadas al mismo. En otras palabras, para cada combinación de entrada, existe un único valor de salida.

En un circuito lógico secuencial, la señal de salida es función de las entradas aplicadas al mismo y de las entradas que se aplicaron con anterioridad. Es un circuito que tiene implícita la función de memorización, ya que el circuito “recuerda” las entradas aplicadas anteriormente.

Este circuito responde a un nuevo conjunto de entradas en función de éstas y de los valores lógicos almacenados en su memoria. Un ejemplo muy sencillo es el de un circuito contador. Un contador es un circuito que cuenta pulsos en su entrada. Cada vez que se presenta un nuevo pulso, el valor del conteo se incrementa en una unidad.

Pregunta sencilla: Si se aplica un pulso en la entrada de un contador, ¿qué valor tendrá el conteo del mismo? La pregunta no tiene respuesta, a menos que se conozca el valor del conteo antes de la aplicación del pulso. Este valor anterior está almacenado en el contador.

En definitiva, los circuitos secuenciales se distinguen por tener implícitamente la capacidad de memorizar y de responder de maneras diferentes según haya sido la secuencia de aplicación de sus entradas.

### 2.5.1 El biestable RS

El biestable RS o flip-flop RS es un dispositivo lógico secuencial, que posee la facultad de almacenar temporalmente dos estados lógicos diferentes. Sus entradas, R y S, a las que debe su nombre, permiten al ser activadas ejecutar dos funciones diferentes:

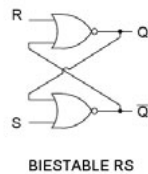
Al activar R, ocurre el borrado (Reset en inglés) del biestable, es decir, ocurre la puesta a 0 ó nivel bajo de la salida.

Al activar S, ocurre el grabado (Set en inglés), o puesta a 1 ó nivel alto de la salida.

Si no se activa ninguna de estas dos entradas, el biestable permanecerá, por tiempo indefinido, en el estado que poseía tras la última operación de borrado o grabado. En ningún caso deben activarse ambas entradas a la vez ( $R=1$  y  $S=1$ ), dado que no se podría determinar el estado en el que quedarían las salidas tras la desaparición de ambas señales.

El biestable posee dos salidas, llamada Q y  $\bar{Q}$ , ya que una siempre es complementaria de la otra.

Un biestable RS se puede implementar de diversas maneras, una de ellas es mediante el empleo de dos puertas NOR con la siguiente configuración:



Para comprobar su funcionamiento, le haremos la puesta a 1 ( $S=1$  y  $R=0$ ).

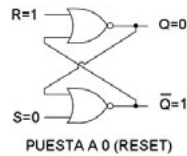


Como se observa, y (comprobarlo utilizando la tabla de verdad de la puerta NOR). Si ahora ponemos en 0 ambas entradas, la situación es la siguiente:



El circuito memoriza el estado anterior, recordando que se le aplicó un SET. El circuito permanecerá con y hasta que se aplique una entrada de RESET. De nuevo, se puede comprobar mediante la tabla de verdad del NOR.

Probemos ahora a hacer una puesta a cero:



Se observa que ahora  $Q = 0$  y  $\bar{Q} = 1$ . De nuevo se recomienda que el lector lo compruebe. Tras la puesta a cero O reset, colocaremos ahora S=0 y R=0:



El biestable memoriza que anteriormente se hizo una puesta a 0. Permanecerá en este estado hasta que se aplique un nuevo SET.

Como se comentó anteriormente, en ningún caso deberían activarse ambas entradas a la vez ( $R=1$  y  $S=1$ ), dado que no se podría determinar el estado en el que quedaría la salida tras la desaparición de ambas señales.

Existen muchos tipos adicionales de biestables, tales como el tipo T, el D, el JK, el JKT, etc. Por su complejidad, no los analizaremos.



## RESUMEN

Se entiende por Sistema Automatizado toda máquina o conjunto de máquinas que evoluciona de manera automática (con la mínima intervención humana), respetando unas condiciones de funcionamiento prefijadas.

La automatización trae consigo una serie de ventajas, tales como:

- Aumentar la fiabilidad, el control, la eficacia o productividad y la flexibilidad de un proceso.
- Minimizar tiempos de espera y mejorar la repetibilidad de fabricación, es decir, que todos los productos fabricados tengan características idénticas.
- Reducir los tiempos de parada.
- Incrementar la seguridad, relevando al operario de tareas peligrosas.

Conseguir una mejor adaptación a contextos especiales: adaptación a entornos y tareas hostiles (tales como entornos corrosivos, húmedos,... y aplicaciones de tipo marino, espacial, nuclear,...).

Como sustitución de las técnicas de control manual en el manejo de aplicaciones, se empleó en la automatización mediante equipos cableados, a partir de cuadros realizados con elementos eléctricos y electromecánicos (tales como relés, contactores,...) con la misión de automatizar un proceso o parte del mismo. Más tarde llegaría la sustitución de los equipos cableados por un Autómata programable. El primero de ellos se llamaba **MO**dular **DI**gital **CON**troller (MODICON). Dadas las ventajas obtenidas en la automatización de procesos productivos mediante este aparato, se han utilizado autómatas con éxito en otros sectores.

Aparte de los procesos productivos, la automatización está presente en otras áreas, tales como el control de edificios y la distribución de energía entre otros.

Cualquier sistema o proceso automatizado está compuesto por los siguientes elementos:

Máquina, instalación, sistema o proceso a automatizar.

Sistema de adquisición de datos.

Sistema de tratamiento de datos.

Sistema de diálogo hombre-máquina.

Sistema de mando de potencia (Accionadores y Preaccionadores)

En líneas generales, existen dos tipos de proceso productivos: Los secuenciales y los continuos.

Todos los elementos del tipo todo o nada son representables por una variable lógica, entendiendo como tal aquella que sólo puede tomar los valores 0 y 1. El conjunto de leyes y reglas de operación de variables lógicas se denomina álgebra de Boole.

Existen tres operaciones básicas en el álgebra booleana: AND, OR y NOT. Con estas tres operaciones y sus respectivas puertas, puede ser representada cualquier función lógica por más compleja que sea.

Todo circuito lógico combinacional tiene lo que se llama la “Tabla de Verdad”, en la que se representan las diferentes combinaciones de las entradas y el resultado obtenido en la salida para cada una de las combinaciones.

La función lógica AND da como resultado un 1 cuando todas las entradas a la puerta son iguales a 1.

La función lógica OR da como resultado un 1 cuando una o varias de las entradas a la puerta son iguales a 1.

Comercialmente, se dispone de circuitos integrados que contienen puertas lógicas. Posiblemente las que han tenido mayor éxito a nivel comercial son las puertas TTL (Transistor Transistor Logic).

A menudo se presenta la necesidad de sintetizar una función lógica combinacional compleja que no se corresponde con las tablas de verdad de las puertas básicas. Existe un método general para sintetizar funciones lógicas combinacionales. El método es bastante sencillo y resulta válido para hacer la síntesis de cualquier función lógica, por más complicada que ésta sea.

En un circuito lógico secuencial, la señal de salida es función de las entradas aplicadas al mismo y de las entradas que se aplicaron con anterioridad. Es un circuito que tiene implícita la función de memorización, ya que el circuito “recuerda” las entradas aplicadas anteriormente.

El biestable RS o flip-flop RS es un dispositivo lógico secuencial, que posee la facultad de almacenar temporalmente dos estados lógicos diferentes. Sus entradas, R y S se utilizan respectivamente para hacer la puesta a 0 y la puesta a 1 del biestable.

## BIBLIOGRAFÍA

Fóuillé, A.: *Electrotecnia para ingenieros. Máquinas eléctricas*, Aguilar S.A. Ediciones

Gaucheron, E.: *Cahier technique. N° 207. Les moteurs électriques. Pour mieux les piloter et les protéger*, Schneider Electric

Martín Romero, J.: *Electricidad*, Editorial Ramón Sopena, S.A.

Moeller & Werr: *Electrotecnia general y aplicada. Máquinas de cc y ca*, Editorial Labor, S.A.

Vidal Llenas, José: *Curso de Física (5ª Edición)*, Artes Gráficas Grijelmo S.A. *Biblioteca Técnica*, Schneider Electric

*Enciclopedia Salvat de la Ciencia y de la Tecnología*, Salvat Editores S.A.

*Manual electrotécnico. Telesquemario. Telemecanique*, Schneider Electric

*Reference data for Radio Engineers*, ITT