

## Unidad 6

### Circuitos Integrados y Circuitos Lógicos

<b>Competencias a desarrollar</b>	
<p><b>Identificar los circuitos integrados y lógicos importantes utilizados en la electrónica de potencia y sus principales aplicaciones.</b></p>	<p><b>Construir y diseñar circuitos lógicos para una aplicación determinada.</b></p>
<b>Actividades de aprendizaje</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar y describir los diferentes tipos de circuitos integrados.</li> <li>• Enlistar y describir los principales circuitos lógicos.</li> <li>• Aplicar el álgebra booleana y obtener las tablas de verdad de cada uno de los circuitos lógicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar circuitos lógicos de acuerdo a su función.</li> <li>• Visualizar el funcionamiento de los dispositivos lógicos.</li> </ul>

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

## 6.1 Introducción.

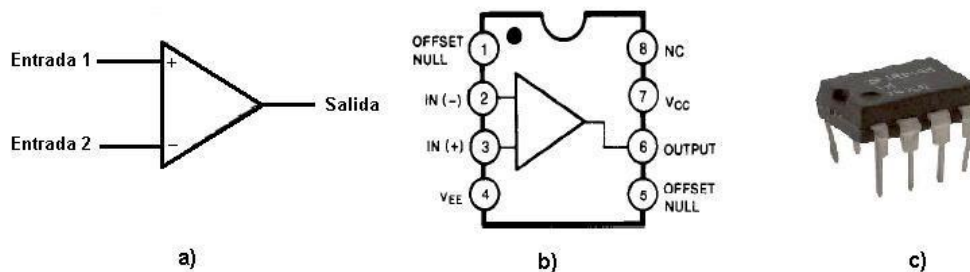
En este capítulo se estudiarán los circuitos integrados y lógicos importantes utilizados en electrónica de potencia. Los circuitos integrados que se estudian son tres, el primero es el amplificador operacional, el cual es un circuito integrado que gracias a su versatilidad permite realizar diversos circuitos electrónicos para el control de la conmutación de dispositivos de potencia. Ejemplos de estos circuitos son los comparadores, amplificadores y sumadores. El segundo es el integrado temporizador 555, el cual permite generar pulsos y circuitos temporizadores. En tercer lugar se estudiarán en forma breve los optoacopladores que permiten acoplar la parte de baja potencia de un sistema de control con la parte de alta potencia de una forma segura, ya que el acoplamiento se realiza mediante circuitos ópticos. Dentro de los circuitos lógicos, se estudian los fundamentos de sistemas binarios y lógica combinatorial para entender el funcionamiento de estos sistemas, mediante el álgebra booleana.

## 6.2 Amplificadores Operacionales

### 6.2.1 Introducción

Un amplificador operacional, u Op-Amp, es un circuito del tipo amplificador diferencial con una ganancia muy alta, con una elevada impedancia de entrada y una impedancia de salida baja. Las aplicaciones típicas del amplificador operacional son proporcionar cambios de amplitud y polaridad de voltaje, en circuitos osciladores, circuitos de filtrado, circuitos de instrumentación, y convertidores análogos a digital. Un Op-Amp contiene tres etapas principales: a) La entrada, la intermedia y la salida, para lograr una ganancia de voltaje muy alta.

La figura 6.1-a muestra el símbolo de un Op-Amp básico con dos entradas y una salida. La entrada 1 se conoce como entrada no inversora y la entrada 2 como entrada inversora. La figura 6.1-b muestra las terminales del encapsulado mostrado en la figura 6.1-c, que corresponde ya sea al Op-Amp LM741 o TL081.



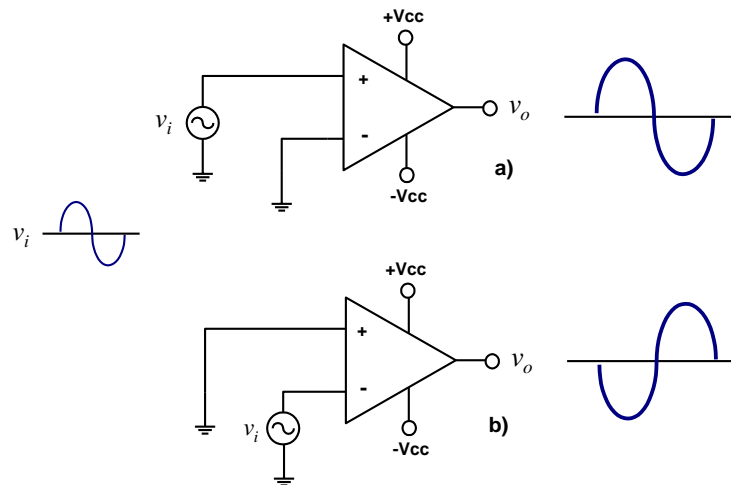
**Figura 6.1 Amplificador operacional**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

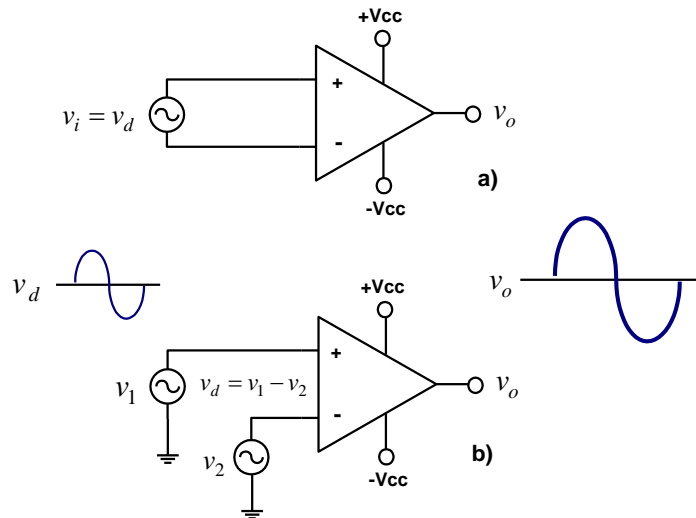
**6.1.2 Configuración de una sola terminal.**

La operación con la entrada en una sola terminal resulta cuando la señal de entrada se conecta a una terminal de entrada, mientras la otra terminal de entrada se conecta a la tierra, tal como se muestra en la figura 6.2. Si la señal se aplica a la terminal de entrada con un signo más (con la terminal de entrada con signo menos a tierra), se obtiene como resultado una salida que tiene la misma polaridad que la de la señal aplicada a la entrada. Si la señal se aplica a la terminal de entrada con un signo menos, se obtiene una señal de salida opuesta en fase con la señal aplicada a la entrada. Estos dos casos se muestran en las figuras 6.2-a y 6.2-b, respectivamente.


**Figura 6.2 Operación en una sola terminal: a) No inversor, b) Inversor.**
**6.1.3 Configuración de dos terminales (diferencial)**

En el modo diferencial, se aplican señales en cada terminal de entrada, por lo que se convierte en una operación de dos terminales. La figura 6.3-a muestra como una entrada  $v_i = v_d$ , es aplicada entre las dos terminales de entrada, por lo que ninguna terminal de entrada se conecta a tierra; la salida resultante amplificada está en fase con la señal aplicada entre las terminales inversora y no inversora. Una configuración equivalente se muestra en la figura 6.3.b, en la que se aplican dos señales separadas a las terminales de entrada:  $v_1$  a la entrada no inversora y  $v_2$  a la entrada inversora, dando como resultado la señal diferencial  $v_d = v_1 - v_2$ .

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

**Figura 6.3. Configuración de dos terminales**

### 6.2.4 Modelos del amplificador operacional: Ideal y práctico

Un amplificador operacional es un amplificador que posee una ganancia muy alta, una impedancia de entrada muy alta (por lo general de unos cuantos megaohms) y una baja impedancia de salida (menos de  $100\Omega$ ). El circuito básico se construye con un amplificador diferencial que tiene dos entradas (más y menos) y al menos una salida, tal como se mostró en la figura 6.1

Las características del amplificador operacional ideal son las siguientes:

- Ganancia de voltaje infinita,  $A_v = \infty$ .
- Ancho de banda infinito.
- Impedancia de entrada infinita,  $Z_{ent} = \infty$ , en lazo abierto.
- Impedancia de salida cero,  $Z_{ent} = 0$ .

Las características anteriores solo sirven para el análisis de circuitos tomando el modelo ideal del amplificador. Sin embargo en la práctica el voltaje de salida está limitado por el voltaje de la fuente, el ancho de banda de la calidad del dispositivo, y las impedancias de entrada y salida está en función de los voltajes de entrada y corrientes de salida que el circuito soporta, por lo tanto las características del amplificador operacional práctico son:

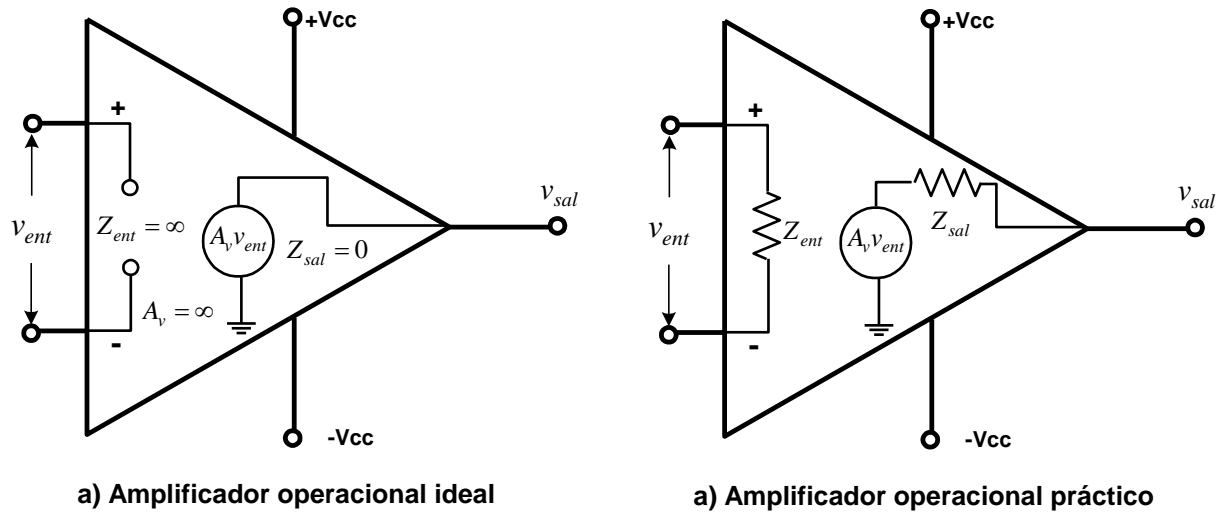
- Alta ganancia de voltaje.
- Ancho de banda alta.
- Alta impedancia de entrada.
- Baja impedancia de salida.

En la figura 6.4 se muestran las representaciones de estos modelos del amplificador operacional. En el modelo ideal (figura 6.4-a), la impedancia de entrada infinita se representa como un “abierto”, mientras

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

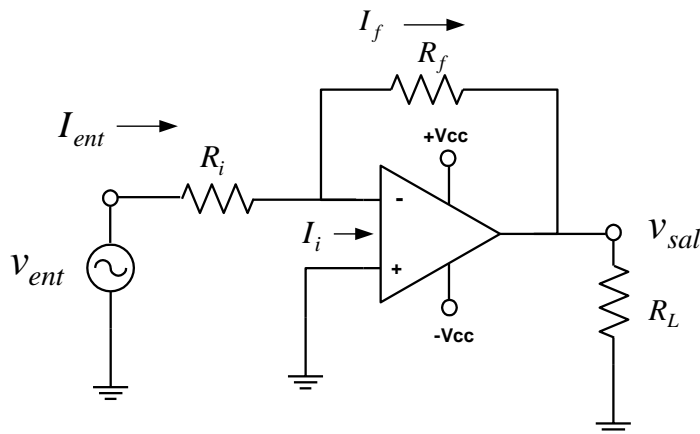
**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

que la impedancia cero de salida es un “corto”, y la ganancia infinita multiplica el voltaje de entrada para dar el voltaje de salida. En la figura 6.4-b, se incluyen los símbolos de las impedancias de entrada y salida.


**Figura 6.4 Modelos del amplificador operacional**

### 6.2.5 Amplificador Inversor

En la figura 6.5 se muestra la conexión de uno de los circuitos básicos que se pueden realizar usando un Op-Amp. Este circuito proporciona una operación como un multiplicador de ganancia constante. Una señal de entrada  $v_i$ , se aplica a través de la resistencia de entrada  $R_i$ , a la terminal de entrada inversora. El voltaje de salida se conecta de regreso a la misma terminal de entrada de signo menos a través de una resistencia de retroalimentación  $R_f$ . La entrada no inversora está conectada a tierra. Debido a que la señal  $v_i$  está aplicada a la terminal de entrada inversora, la salida resultante estará opuesta en fase con la señal de entrada.


**Figura 6.5 Amplificador inversor**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA****Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

Para establecer la relación que existe entre el voltaje de salida y el voltaje de entrada en función de las resistencias asociadas al circuito se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El voltaje de entrada diferencial  $v_d$ , es virtualmente cero, es decir el voltaje en la entrada inversora está a nivel de tierra virtual.
- La corriente de entrada a la terminal inversora es prácticamente cero,  $I_i = 0$

Entonces, como no hay corriente en la entrada inversora, la corriente a través de  $R_i$  es igual al de  $R_f$ , es decir:

$$I_{ent} = I_f \quad (6.1)$$

Por otro lado el voltaje a través de  $R_i$  es igual al voltaje de entrada, entonces

$$I_{ent} = \frac{v_{ent}}{R_i} \quad (6.2)$$

y el voltaje de salida es igual al voltaje de  $R_f$  pero con signo opuesto, por lo tanto

$$I_f = \frac{-v_{sal}}{R_f} \quad (6.3)$$

Como la corriente a través de las resistencias es la misma se tiene que

$$\frac{v_{ent}}{R_i} = \frac{-v_{sal}}{R_f} \quad (6.4)$$

Por lo que la relación entre la salida y la entrada es la siguiente:

$$\frac{v_{sal}}{v_{ent1}} = -\frac{R_f}{R_i} \quad (6.5)$$

La ecuación anterior muestra que la relación de la salida total al voltaje de entrada,  $A_v$ , depende únicamente de los valores de las resistencias  $R_i$  y  $R_f$ . Entonces, la ganancia se puede definir como:

$$A_v = \frac{v_{sal}}{v_{ent1}} \quad (6.6)$$

Si  $R_f = R_i$ , la ganancia es unitaria, es decir:

$$A_v = \frac{R_f}{R_i} = -1 \quad (6.7)$$

Por lo que el circuito proporciona una ganancia de voltaje unitaria con una inversión de fase de  $180^\circ$ .

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

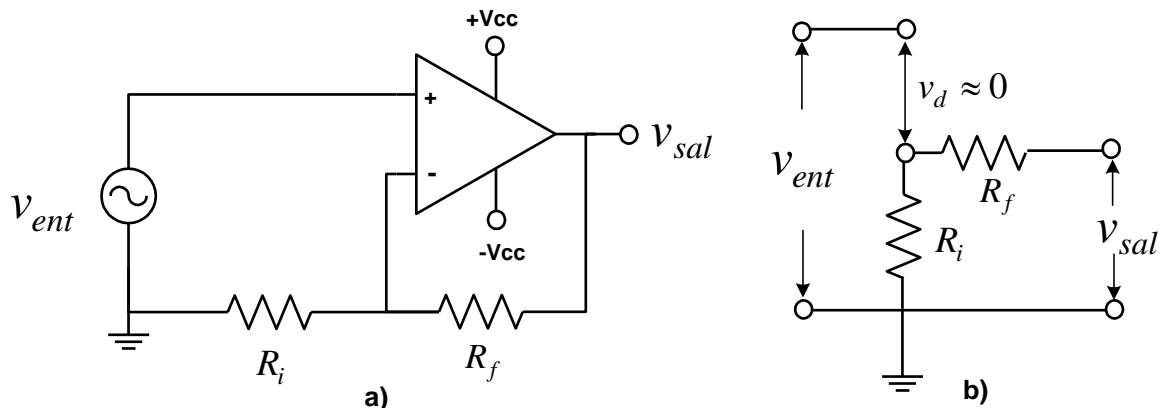
### 6.2.6 Amplificador no inversor

En la figura 6.6-a se muestra el circuito amplificador no inversor con Op-Amp, el cual un multiplicador de ganancia constante. Para determinar la relación entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida de este circuito, se usará la representación equivalente que se muestra en la figura 6.6-b. En esta aproximación el voltaje a través de  $R_i$  es  $v_{ent}$ , debido a que  $v_d = 0$ . Por otro lado como la corriente de entrada es cero, el voltaje de  $R_i$  debe ser igual al voltaje de salida a través de un divisor de voltaje en  $R_i$  y  $R_f$ , por lo que

$$v_{ent} = \frac{R_f}{R_i + R_f} v_{sal} \quad (7.8)$$

lo que da como resultado

$$\frac{v_{sal}}{v_{ent}} = \frac{R_i + R_f}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (7.9)$$



**Figura 6.6. Amplificador No Inversor**

#### Seguidor Unitario

Si en el circuito amplificador no inversor  $R_i$  se hace infinita y  $R_f$  se hace cero, se obtiene el circuito seguidor unitario, que se muestra en la figura 6.7, el cual proporciona una ganancia unitaria (1) sin inversión de polaridad o de fase. A partir del circuito equivalente está claro que

$$\frac{v_{sal}}{v_{ent}} = 1 + \frac{0}{\infty} = 1 \quad (6.10)$$

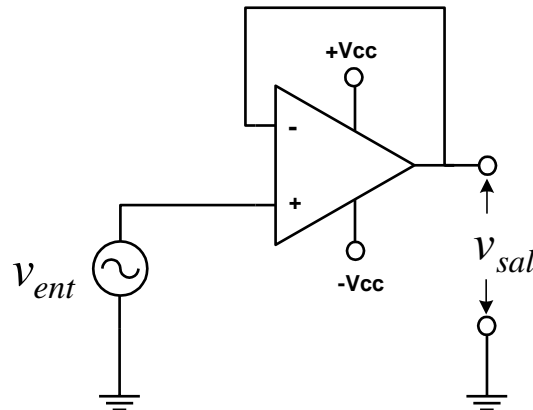
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

Por lo tanto:

$$v_{sal} = v_{ent} \quad (6.11)$$

Por lo tanto, la salida es de la misma polaridad y magnitud que la entrada. El circuito opera como un circuito emisor seguidor o seguidor de fuente, a excepción de que la ganancia es exactamente unitaria.



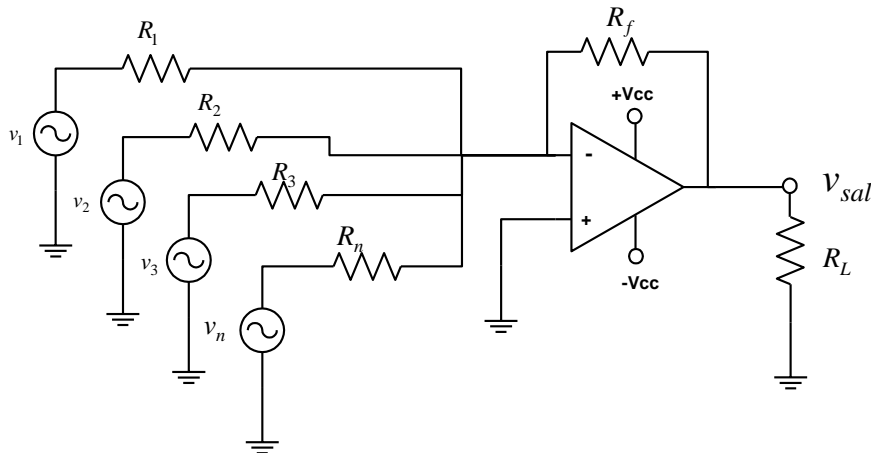
**Figura 6.7 Seguidor Unitario**

### 6.2.7 Amplificador Sumador

El circuito con amplificador operacional más utilizado es el circuito del amplificador sumador que se muestra en la figura 6.8, el cual puede manejar dos o más señales de entrada. El amplificador sumador proporciona un medio de sumar algebraicamente más de dos voltajes, multiplicado cada uno por un factor de ganancia constante, y sumando cada término con la representación equivalente mostrada en la figura 6.8-b. Al aplicar el principio de superposición, cada entrada suma un voltaje a la salida con su respectiva ganancia. Si se usan más entradas, cada una añade un componente adicional a la salida. Entonces, el voltaje de salida puede calcularse en términos de las entradas con la siguiente expresión:

$$v_{sal} = - \left( \frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \frac{R_f}{R_3} v_3 + \dots + \frac{R_f}{R_n} v_n \right) \quad (6.12)$$

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

**Figura 6.8 Amplificador Sumador**
**6.2.8 Integrador**

Al utilizar en el lazo de retroalimentación un condensador en lugar de una resistencia se obtiene un circuito llamado integrador, como el que se muestra en la figura 6.9. Para obtener una expresión que relacione el voltaje entre la entrada y la salida, se debe considerar por un lado que el voltaje diferencial es casi cero, por lo tanto existe una tierra virtual, significa que podemos considerar el voltaje en la unión de  $R$  y  $X_C$  como si fuera tierra; por otro lado la corriente que pasa a tierra en este punto es cero. La impedancia capacitiva puede ser expresada como:

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{sC} \quad (6.13)$$

donde  $j$  es la variable compleja,  $\omega = 2\pi f$ , es la frecuencia angular expresada en radianes,  $C$  es la capacitancia del capacitor y  $s = j\omega$  es la notación en términos de la transformada de Laplace.

La corriente que pasa por  $R_i$  en un instante dado es la misma que pasa por el capacitor, es decir:

$$I_{ent} = I_f \quad (6.14)$$

entonces se tiene que:

$$\frac{v_{ent}}{R} = -\frac{v_{sal}}{X_C} \quad (6.15)$$

Resolviendo para  $V_{sal}/V_{ent}$ , se obtiene:

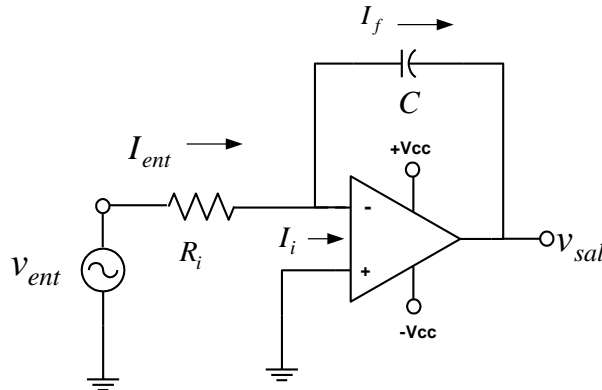
$$\frac{v_{sal}}{v_{ent}} = -\frac{X_C}{R} = -\frac{-1}{sCR} \quad (6.16)$$

Aplicando la transformada inversa de Laplace, la expresión anterior puede reescribirse en el dominio del tiempo como:

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

$$v_{sal}(t) = -\frac{1}{RC} \int v_{ent}(t) dt \quad (6.17)$$


**Figura 6.9 Amplificador Integrador**

La ecuación (6.17) indica que la salida es la integral de la entrada, invertida y con una atenuación (o ganancia)  $1/RC$ . Este circuito permite, en conjunto con sumadores, resolver ecuaciones diferenciales. Esto es aplicable a sistemas de control electrónico sistemas físicos.

Recordando los cursos de cálculo, la integración representa una sumatoria, y es en sí la suma del área bajo una forma de onda o curva a lo largo de un intervalo de tiempo. Por otro lado, varias funciones se pueden sumar para formar una sola función. Por lo tanto, se puede aplicar más de una entrada al integrador y la operación resultante está dada por:

$$v_{sal}(t) = - \left[ \frac{1}{R_1 C} \int v_1(t) dt + \frac{1}{R_2 C} \int v_2(t) dt + \frac{1}{R_3 C} \int v_3(t) dt + \dots + \frac{1}{R_n C} \int v_n(t) dt \right] \quad (6.18)$$

### 6.2.9 Diferenciador

En la figura 6.10 se indica in circuito diferenciador con amplificador operacional, en el cual la señal de salida es proporcional a la velocidad de cambio en la señal de entrada. Este circuito al igual que el integrador se aplica para controlar electrónicamente sistemas físicos.

Para determinar la relación del voltaje de salida con respecto al voltaje de salida, se toman las mismas consideraciones que en caso del integrador, por lo tanto:

$$I_{ent} = I_f \quad (6.19)$$

La corriente de entrada es la corriente que fluye a través del capacitor y está dada por:

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

$$I_{ent} = I_C = C \frac{dv_c}{dt} = C \frac{dv_{ent}}{dt} \quad (6.20)$$

y la corriente en la resistencia de retroalimentación se calcula como:

$$I_f = -\frac{v_{sal}}{R_f} \quad (6.21)$$

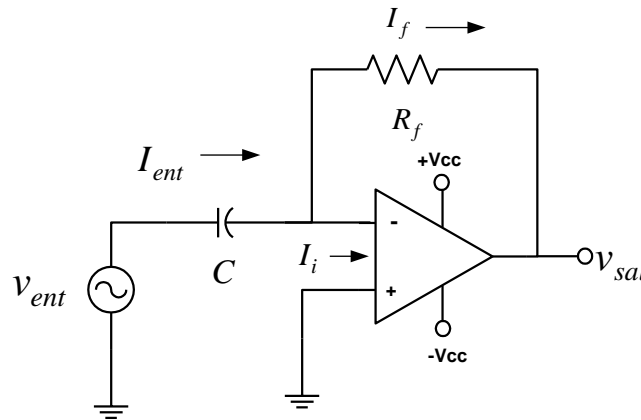
Al igualar las corrientes se tiene:

$$C \frac{dv_{ent}}{dt} = -\frac{v_{sal}}{R_f} \quad (6.22)$$

Por lo tanto el voltaje de salida con respecto al voltaje de entrada se escribe como:

$$v_{sal} = -R_f C \frac{dv_{ent}}{dt} \quad (6.23)$$

donde el factor de escala es  $-RC$ .



**Figura 6.10** Circuito diferenciador

### 6.2.10 Comparador de voltaje

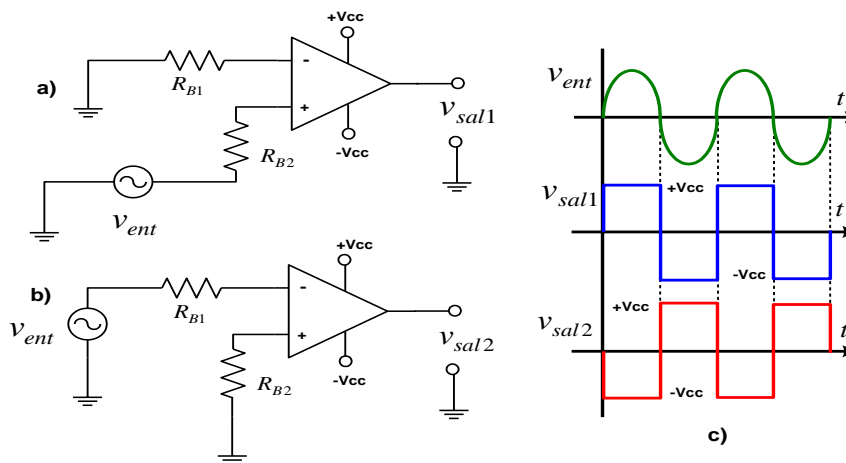
Como ya se ha visto, el amplificador operacional es utilizado normalmente con conexión de componentes externos que proporcionan realimentación negativa, la cual sirve para reducir la ganancia de voltaje; cuando se utilizan componentes externos se denomina ganancia de voltaje en lazo cerrado.

Un amplificador operacional rara vez se utiliza en lazo abierto porque su ganancia es tan alta que dificulta el balance del voltaje de salida entre los puntos de saturación positivo y negativo. Sin embargo una aplicación en la cual se utiliza en lazo abierto es en el comparador de voltaje. Un comparador de voltaje

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

(también llamado comparador) hace lo que su nombre implica. Compara un voltaje con otro voltaje, indicando mediante su salida cuál de ellos es mayor. La figura 6.11-a muestra un ejemplo de comparador de voltaje, en el cual la entrada inversora está conectada a tierra y la señal de entrada está conectada a la entrada no inversora. El circuito hace la comparación entre  $v_{ent}$  y tierra (0V). Si  $v_{ent}$  es mayor que 0V, lo cual significa que es positivo, la salida pasara a saturación positiva, casi  $+V_{cc}$ . Si  $v_{ent}$  es menor que 0V, lo cual significa que es negativo, la salida pasara a saturación negativa, casi  $-V_{cc}$ . Un comparador de voltaje con las señales de entrada invertidas se muestra en la fig. 6.11-b. Si  $v_{ent}$  es mayor que 0 V, la salida pasara a  $-V_{cc}$ . Si  $v_{ent}$  es menor que 0V, la salida pasara a  $+V_{cc}$ . Las formas de onda de las respectivas salidas se muestran en la figura 6.11-c, cuando la entrada es del tipo senoidal.


**Figura 6.11 Circuito comparador**

El comparador de voltaje es aplicado en muchos circuitos industriales que deben monitorear constantemente algunas señales de voltaje variables e indicar cuando estos voltajes son mayores o menores que alguna referencia de voltaje.

## 6.3 Circuitos Temporizadores.

### 6.3.1 Introducción

En aplicaciones como los osciladores, los generadores de pulsos, los generadores de rampas o señales cuadradas, las alarmas contra y los monitores de voltaje se requiere de un circuito que produzca intervalos de temporización. El circuito integrado temporizador más popular es el LM555 y al igual que los amplificadores operacionales de propósito general, el 555 es confiable, fácil de usar en diversas aplicaciones y económico. El temporizador 555 puede trabajar con fuentes de alimentación que van de + 5 a + 18V, lo que lo hace compatible tanto con circuitos TTL (lógica transistor – transistor) como con circuitos de amplificadores operacionales. El circuito temporizador 555 puede operar en los dos modos indicados en la tabla 6.1 y representados gráficamente en la figura 6.12.

Tabla 6.1. Modos de operación del temporizador 555.

Multibrivador Astable	Multibrivador Monoestable
<p>El voltaje de salida pasa de estado alto a estado bajo repetidamente. El tiempo del estado en alto se determina mediante un arreglo RC que se conecta al IC 555. El valor del voltaje de salida en alto es aproximadamente <math>V_{cc}</math> y el nivel de salida en bajo es aproximadamente 0V.</p>	<p>El voltaje de salida permanece en bajos hasta que se aplica un pulso negativo a la entrada; este pulso tiene una duración determinada por un circuito RC que se conecta externamente al IC. Cuando el tiempo de temporización termina, la salida regresa nuevamente a nivel bajo.</p>

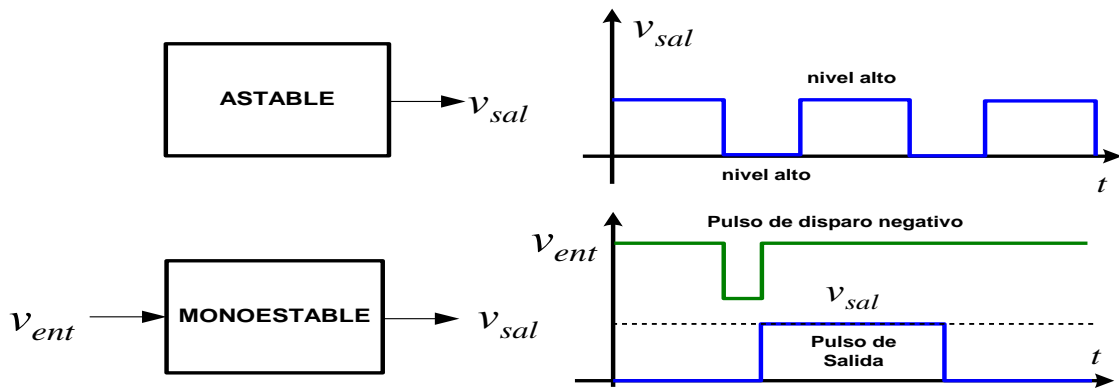
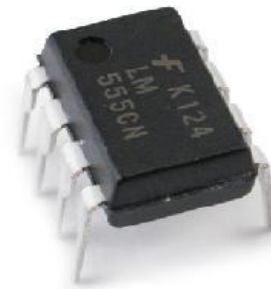
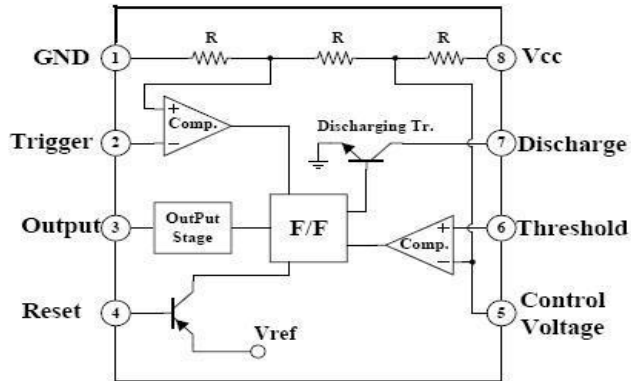


Figura 6.12 Modos de operación del temporizador 555

### 6.3.2 Terminales del 555

La presentación más popular del encapsulado del temporizador 555 es el DIP que cuenta con ocho terminales tal como se muestra en la figura 6.13. La alimentación del circuito es a través de la terminal 8, a la cual se le puede aplicar un voltaje que puede tener un valor entre +5 y 18V, lo que lo hace compatible con fuentes TTL o fuentes para circuitos integrados lineales. La tierra es la terminal 1, y está indicada normalmente con un punto en la parte superior del encapsulado. A continuación se describen las terminales restantes.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

**Figura 6.13** Terminales del temporizador 555

**Terminal 3, Salida (Output) :** Puede suministrar o disparar corriente, la salida puede ser una resistencia conectada a Vcc; en este caso si la salida está en alto la resistencia estará desactivada, si la salida está en bajo la resistencia estará activada. Si la resistencia se conecta a tierra en un extremo y el otro a la salida del 555 entonces, estará activa si la salida está en alto y desactivada si la salida está en bajo.

**Terminal 4, Reinicio (Reset):** Le corresponde la terminal 4; Al conectar a nivel bajo esta terminal se desactiva el 555, anulando las señales de comando en la entrada de disparo. Esta terminal debe estar conectada a Vcc si no se utiliza.

**Terminal 7, Descarga (Discharge):** A través de esta terminal se descarga el capacitor de temporización externa durante el tiempo en el cual la salida este en nivel bajo. Cuando las salidas esta en nivel alto, la terminal funciona como un circuito abierto y permite al capacitor cargarse a una velocidad determinada por las resistencias asociadas al circuito.

**Terminal 5, Voltaje de control (Control voltage).-** Mediante un capacitor (0.01microF) conectado a esta terminal se pueden filtrar los ruidos generados por la fuente. Además esta terminal permite modificar el nivel de los voltajes de disparo y de umbral mediante una resistencia.

**Terminales de disparo y umbral (Trigger, threshold):** Estas definen el modo de operación del temporizador

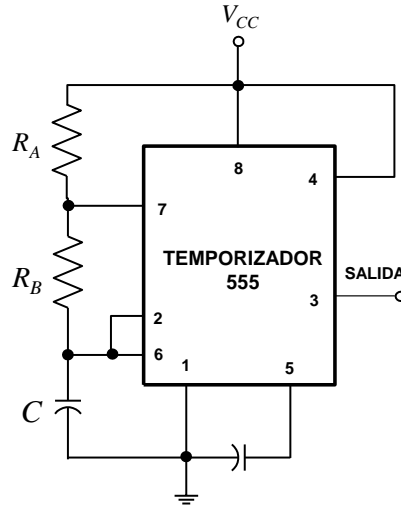
### 6.3.3 Operación Astable

En la figura 6.14 se muestra el circuito multivibrador astable con el temporizador 555 conectado como multivibrador astable. El capacitor  $C$  se carga mediante los resistores externos  $R_A$  y  $R_B$  hasta el valor de la alimentación  $V_{CC}$ . Cuando el voltaje en el capacitor alcanza el valor de  $\frac{2}{3}V_{CC}$ , el cual corresponde al voltaje de umbral en la terminal 6, un comparador dispara un circuito de flip-flop (internos del 555) provocando un cambio de estado a nivel bajo en la salida. Entonces el capacitor se descarga a través de la terminal 7

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

mediante la resistencia  $R_B$  y cuando alcanza un valor por debajo de  $\frac{1}{3}V_{CC}$  el flip-flop se dispara de nuevo, ocasionando que la salida se vaya de nuevo a nivel alto y que el capacitor se vuelva a cargar.



**Figura 6.14** Multivibrador astable con el temporizador 555

El intervalo de tiempo en alto se calcula en función de los resistores y el capacitor mediante la siguiente fórmula:

$$t_{alto} = 0.695(R_A + R_B)C \quad (6.24)$$

La salida está en nivel bajo durante el intervalo en el que  $C$  se descarga del valor  $\frac{2}{3} V_{CC}$  a  $\frac{1}{3} V_{CC}$  y se calcula con la expresión:

$$t_{bajo} = 0.695R_B C \quad (6.25)$$

El periodo total de oscilación se calcula como:  $T = t_{alto} + t_{bajo}$ , y por lo tanto la frecuencia de oscilación libre está dada por:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (6.26)$$

### 6.3.4 Oscilador Monoestable.

No en todas las aplicaciones se necesita una onda repetitiva continua, y en muchas aplicaciones solo se necesita un nivel de voltaje determinado durante cierto tiempo. Para estas aplicaciones el multivibrador monoestable, o de un disparo es el circuito recomendable. En la figura 6.15 se muestra este circuito.

Al aplicar un pulso negativo a la terminal 2, la salida se eleva y la terminal 7 elimina el cortocircuito del capacitor  $C$ , entonces el voltaje de  $C$  crece con una constante de tiempo determinada por  $R_A$  y por  $C$ .

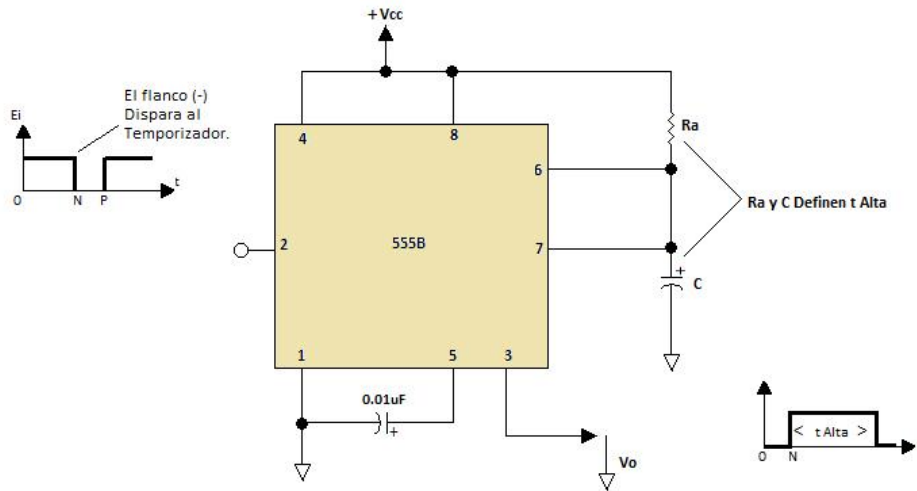
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

Cuando el voltaje del capacitor alcanza el valor de  $\frac{2}{3} V_{CC}$ , el comparador interno del temporizador provoca que la salida cambie de un nivel alto a uno bajo.

El tiempo en alto de la salida se determina mediante la siguiente fórmula:

$$T_{\text{alto}} = 1.1R_A C \quad (6.27)$$



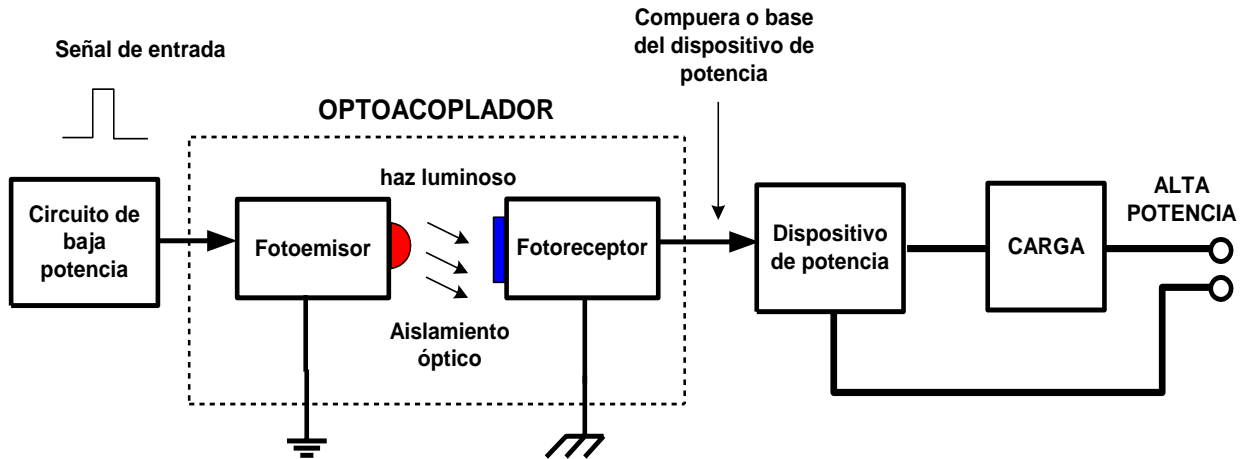
**Figura 6.15 Oscilador Monoestable**

## 6.4 Optoacopladores

Un optoacoplador combina en un solo encapsulado un dispositivo semiconductor formado por un fotoemisor, y un fotoreceptor y entre ambos hay un camino por donde se transmite la luz. El encapsulado que por lo general es de tipo DIP. La señal de entrada es aplicada al fotoemisor y la salida es tomada del fotoreceptor. Los optoacopladores son capaces de convertir una señal eléctrica en una señal luminosa modulada y volver a convertirla en una señal eléctrica. La gran ventaja de un optoacoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida.

En la figura 6.16 se muestra en forma conceptual la operación de un optoacoplador. Normalmente la salida del circuito de baja potencia envía una señal al fotoemisor del optoacoplador, el fotoemisor emite un haz de luz infrarroja que es captada por el fotoreceptor. La señal luminosa es semejante a la señal eléctrica, por lo tanto el fotoreceptor reproducirá a su salida la señal eléctrica aplicada al fotoemisor; entonces esta señal servirá para activar la compuerta o base del dispositivo de potencia, el cual a su vez conmutará para controlar la carga conectada a un sistema de alta potencia.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

**Figura 6.16 Operación de un optoacoplador**

Los fotoemisores que se emplean en los optoacopladores de potencia son diodos que emiten rayos infrarrojos (IRED) y los fotoreceptores pueden ser tiristores o transistores. Cuando aparece una tensión sobre las terminales del diodo IRED, este emite un haz de rayos infrarrojo que transmite a través de una pequeña guía-ondas de plástico o cristal hacia el fotoreceptor. La energía luminosa que incide sobre el fotoreceptor hace que este genere una tensión eléctrica a su salida. Este responde a las señales de entrada, que podrían ser pulsos de tensión.

Un parámetro clave en Optoacopladores es la CTR (relación de transferencia de corriente). La CTR es una indicación del grado en que una señal es acoplada eficientemente desde la entrada hasta la salida y se expresa como la relación de un cambio de la corriente en el LED al cambio correspondiente de la corriente en el fotodiodo o fototransistor. Normalmente se expresa como un porcentaje.

Se utilizan Optoacopladores para aislar secciones de un circuito que son incompatibles en términos de niveles de voltaje o corrientes requeridas. Por ejemplo, se utilizan para proteger pacientes hospitalizados contra choques eléctricos cuando están conectados a instrumentos de monitoreo u a otros dispositivos. También se utilizan para aislar circuitos de señalización o de control de baja corriente de circuitos de suministro de potencia ruidosos, o de circuitos de máquinas y motores de alta intensidad de corriente.

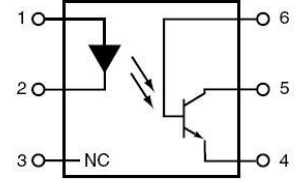
En la tabla siguiente se mencionan los tipos más comunes de optoacopladores

**Tabla 6.2 Tipos de optoacopladores**

TIPO	Descripción	Esquemático
<b>Fototransistor</b>	Los números comerciales son el 4N25, 4N26, 4N27, y 4N28 es un encapsulado de 6 terminales. Sus principales parámetros son los siguientes: $I_F$ (corriente en directa) = 100mA en el emisor. $V_{CEO}$ (voltaje colector-emisor) = 30V	

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**  
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.  
**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

$V_{CBO}$  (voltaje colector-base) = 70V

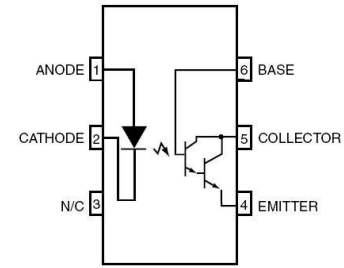


**1-Anodo, 2-Catodo, 3-NC, 4-Emisor, 5-Colector, 6-Base**

**Fotodarlington**

Los números comerciales son el 4N29, 4N30 4N31 4N32 y 4N33 es un encapsulado de 6 terminales. Sus principales parámetros son los siguientes:

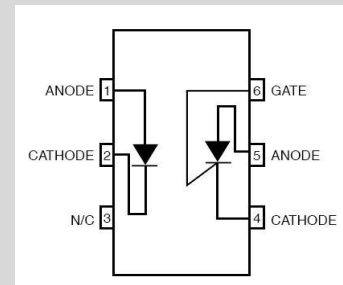
$I_F$  (corriente en directa) = 80mA en el emisor.  
 $V_{CEO}$  (voltaje colector-emisor) = 30V  
 $V_{CBO}$  (voltaje colector-base) = 30V



**FotoSCR**

Los números comerciales son el 4N39, y 4N40 es un encapsulado de 6 terminales. Sus principales parámetros son los siguientes:

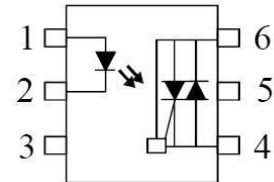
$I_F$  (corriente en directa) = 60mA en el emisor.  
 Soporta un voltaje inverso a su salida de 400V.



**FotoTRIAC**

Los números comerciales son el MOC3030, MOC3031, MOC3032 y MOC3033 es un encapsulado de 6 terminales. Sus principales parámetros son los siguientes:

$I_F$  (corriente en directa) = 50mA en el emisor.  
 Soporta un voltaje inverso a su salida de 250V.



**1-Anodo, 2-Catodo, 3-NC, 4-T1 5-NC, 6-T2**

**6.5. Circuitos Lógicos**

Uno de los elementos que constituyen un sistema eléctrico de potencia es el control automático. Este controlador puede ser del tipo analógico o digital. Los sistemas analógicos poco a poco han sido desplazados por los sistemas digitales, ya que estos últimos presentan una gran versatilidad en su implementación.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA****Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

Los sistemas digitales están constituidos por computadoras o microcomputadoras para su operación. Las computadoras digitales son máquinas capaces de almacenar en su memoria una gran cantidad de datos e instrucciones, y para la representación de estos datos e instrucciones estas máquinas utilizan el sistema numérico binario.

El sistema numérico binario como su nombre lo indica, contiene solamente dos elementos. Este sistema para representar cualquier número, utiliza solamente los dígitos 0 y 1, que reciben el nombre de BIT, del término Inglés **BI**nary digi**T**.

El álgebra booleana es la técnica matemática usada para resolver problemas de naturaleza lógica, es decir que esta algebra es la mejor herramienta conocida para el análisis y diseño de sistemas lógicos, entre los cuales se encuentran, las computadoras electrónicas digitales que han llegado a ocupar un lugar preponderante debido, a la gran ayuda y uso que brindan a la sociedad.

El álgebra booleana fue creada por el gran matemático inglés George Boole (1815-1864), pero el primero en aplicar la obra de Boole al análisis y diseño de circuitos se debe al norteamericano Claude Shannon quien con esto fortaleció y facilitó el diseño de circuitos digitales.

## 6.6 Operaciones básicas del álgebra Booleana.

Una variable booleana es un término que sirve para representar magnitudes lógicas, es decir que puede tomar solo dos valores diferentes ‘falso’ y ‘verdadero’, que pueden ser representado como ‘0’ y ‘1’; respectivamente. Existen tres operaciones básicas en el álgebra booleana, dos de dichas operaciones actúan sobre dos variables y la otra está definida sobre una variable. Para representar una operación lógica de forma clara y completa se usa un gráfico denominado tabla de verdad, que consiste en una tabla cuyas columnas de la parte izquierda representan todas las combinaciones posibles que pueden tomar las variables de entrada. En la columna derecha se indica el valor que toman las salidas para cada combinación de las entradas.

**Operación lógica AND:** La operación lógica AND entre dos variables booleanas A y B, se escribe como  $A \cdot B = AB = A \wedge B$  y su definición se muestra en la siguiente tabla de verdad:

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

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA****Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

De la tabla se puede observar, que para que el resultado de la operación AND sea uno, es necesario que ambos valores de las variable A y B sean 1.

**Operación lógica OR:** La operación lógica OR entre dos variables booleanas A y B, se escribe  $A + B = A \vee B$  y su definición se muestra en la siguiente tabla de verdad:

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

De la tabla se puede observar, que la operación OR tomará el valor de uno, cuando cualquiera de las variables de entrada (A o B), o ambas contengan el valor de uno.

**Operación lógica NOT** o complemento: La operación lógica NOT está definida tal como se muestra en la siguiente tabla y actúa sobre una variable de entrada solamente, su representación es la siguiente:  $A' = \bar{A}$

A	A'
0	1
1	0

De la tabla podemos observar que la operación lógica NOT, tiene como función cambiar el valor de la entrada de un estado lógico al otro en el sistema numérico binario, es decir que la operación NOT equivale a la operación de complemento

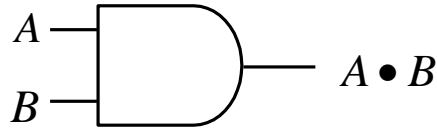
Nota : En el sistema numérico binario existen 2 tipos de complementos el complementos a 2 o a la base y el complementos a 1 o base menos 1, el tipo de complementos que realiza la compuerta NOT corresponde a complementos a 1, el cual cambia la entrada, es decir si la entrada es 1 lo cambia a 0 , si la entrada es 0 lo cambia a 1.

**COMPUERTAS LOGICAS BASICAS:** Para implementar una operación lógica básica se pueden utilizar diferentes elementos ya sea eléctricos, mecánicos, hidráulicos o una combinación de ellos, para esto se pensó en utilizar una simbología que represente gráficamente la operación lógica y que sea independiente de los elementos físicos que se desean usar.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA****Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

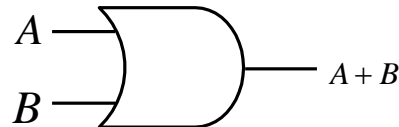
Los símbolos utilizados en este documento para representar a las operaciones lógicas son tomados del estándar ANSI/IEEE 91-1984 que ha sido adoptado por la industria privada y la militar. A continuación se describen los símbolos para las operaciones lógicas básicas.

**OPERACIÓN AND:** El símbolo utilizado para esta operación es:



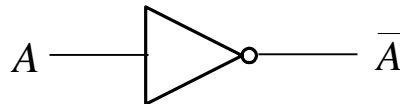
En este caso la compuerta tiene dos entradas (A y B), pero puede ser implementado con más de dos entradas

**OPERACIÓN OR:** El símbolo utilizado para esta operación es



Al igual que operador AND éste símbolo puede tener más de dos entradas

**OPERACIÓN NOT o COMPLEMENTO:** El símbolo utilizado para esta operación es:



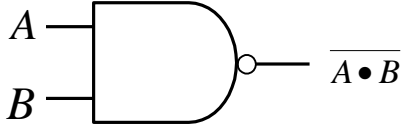
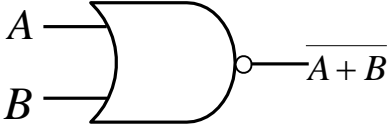
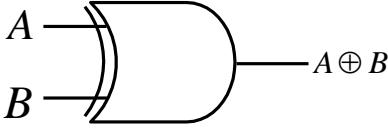
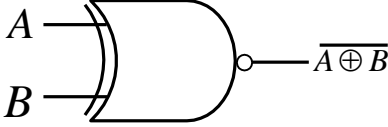
Como se mencionó anteriormente este símbolo solo actúa sobre un operando o variable de entrada.

**OPERACIONES LÓGICAS ESPECIALES:** Las anteriores compuertas son llamados operadores básicos, pero se han estado desarrollando diferentes compuertas especiales que se construyen a partir de una combinación de estos operadores básicos, las cuales tienen ciertas propiedades o ventajas en el costo y su utilización. Estas compuertas especiales corresponden a las operaciones NO-AND (llamada NAND), NO-OR (llamada NOR) y O-EX (llamada EXOR). Las cuales se describen a continuación.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

**Tabla 6.3 Operadores lógicos especiales**

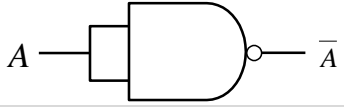
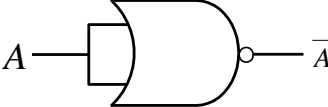
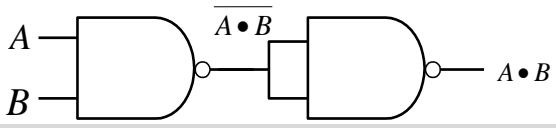
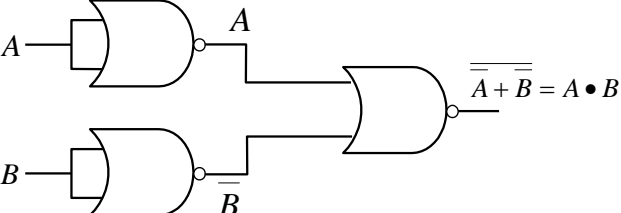
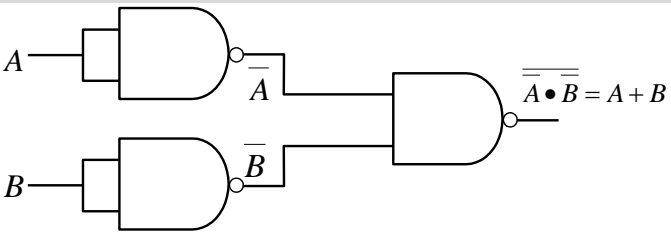
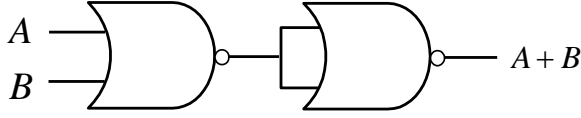
OPERACIÓN	TABLA DE VERDAD			SÍMBOLO
<b>NAND:</b> corresponde a la negación de la operación AND	A	B	$\overline{A \cdot B}$	
	0	0	1	
	0	1	1	
	1	0	1	
	1	1	0	
<b>NOR:</b> corresponde a la negación de la operación OR	A	B	$\overline{A + B}$	
	0	0	1	
	0	1	0	
	1	0	0	
	1	1	0	
<b>XOR,</b> es muy similar a la operación OR, dando como resultado 1 cuando las entradas son diferente	A	B	$A \oplus B$	
	0	0	0	
	0	1	1	
	1	0	1	
	1	1	0	
<b>XNOR,</b> es muy similar a la operación OR, dando como resultado 1 cuando las entradas son iguales	A	B	$\overline{A \oplus B}$	
	0	0	0	
	0	1	1	
	1	0	1	
	1	1	0	

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

Estas compuertas tienen una gran propiedad que la llamaremos *propiedad universal o universalidad*, el significado de esta propiedad puede interpretarse como la utilización de las compuertas especiales para la implementación de las compuertas básicas AND, OR y NOT, las siguientes figuras ilustran esta propiedad.

**Tabla 6.4 Equivalencia entre compuertas**

Compuerta NAND implementando una operación NOT	
Compuerta NOR implementando una operación NOT	
Compuertas NAND implementando una operación AND	
Compuertas NOR implementando una operación AND	
Compuertas NAND implementando una operación OR	
Compuerta NOR implementando una operación OR	

## 6.7. Circuitos integrados TTL

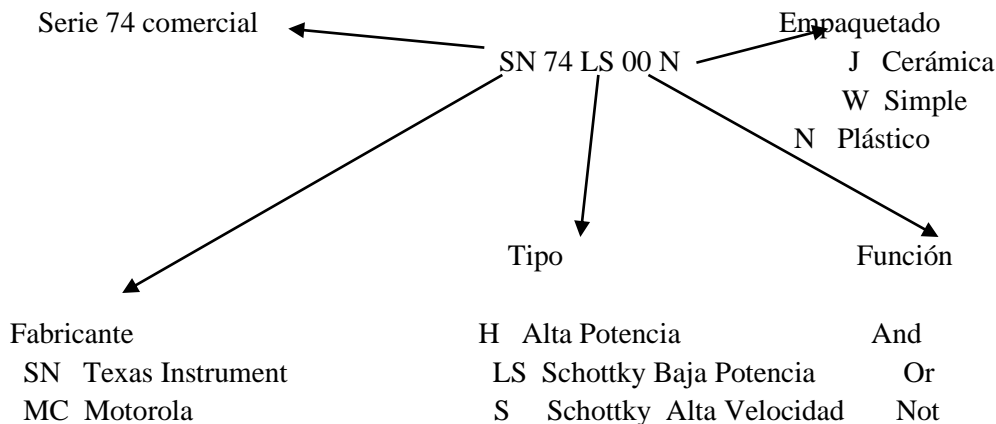
Dentro de los circuitos integrados (CI) se habla de la clasificación en familias, es decir, un cierto componente encapsulado de una cierta manera y hecho con una cierta tecnología. Existen diferentes tecnologías de construcción de los CI como TTL, CMOS, ECL, MOSFET, etc., cada una con sus ventajas y desventajas, además de los numerosos factores como costo, dispersión de potencia, velocidad de operación e inmunidad al ruido que determinan su selección y uso.

Una de las tecnologías que impacta por sus ventajas y que proporciona un mejor rendimiento en sus factores, corresponde a la *Lógica de conexión llamada Transistor-Transistor (TTL)*, esta tecnología es también llamada familia lógica TTL, la cual implementa en la construcción de los circuitos integrados Transistores bipolares en sus entradas y salida.

La familia de CI TTL, es identificada por los fabricantes en su serie comercial con la designación 74XXX y 54XXX en su grado o construcción para uso militar la cual opera bajo una temperatura mayor, entre otras diferencias. Dentro de la serie comercial o 74, los CI se clasifican en los siguientes tipos:

- 74 serie estándar.
- 74LS Schottky de baja potencia.
- 74S Schottky.
- 74H Alta potencia.
- 74L baja potencia.

Dentro de estos diversos tipos, la serie LS es la más común, ya que proporciona una gran mejora en sus factores de velocidad y la baja dispersión de potencia. Además de su designación como la serie numérica y su tipo, los CI TTL incorporan: al fabricante, su tipo de función y su empaquetado, la siguiente grafica resume todas sus designaciones de la familia TTL.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**

**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

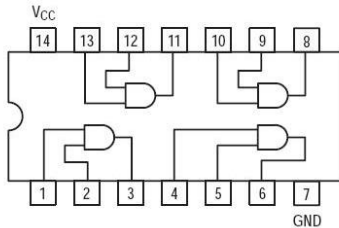
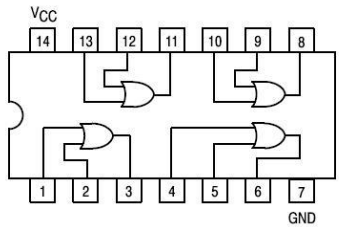
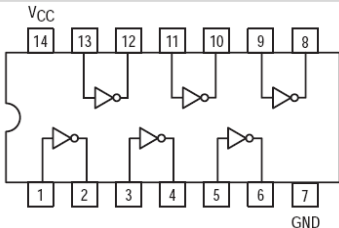
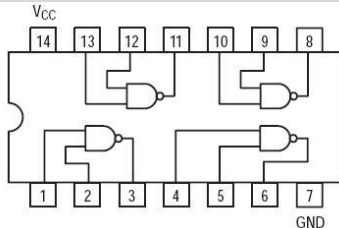
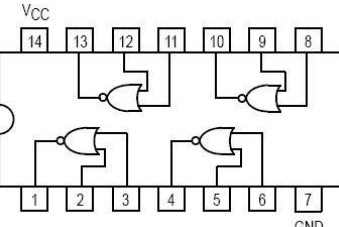
DM National

L Baja Potencia

P Intel

AM Advanced Micro Devices

**Tabla 6.5 Compuertas TTL más comunes**

<b>SN74LS08N</b>	Circuito integrado AND, cuenta con cuatro operadores de dos entradas cada uno.	
<b>SN74LS32N</b>	Circuito integrado OR, cuenta con cuatro operadores de dos entradas cada uno.	
<b>SN74LS04N</b>	Circuito integrado NOT, cuenta con seis operadores de una entrada cada uno.	
<b>SN74LS00N</b>	Circuito integrado NAND, cuenta con cuatro operadores de dos entradas cada uno.	
<b>SN74LS02N</b>	Circuito integrado NOR, cuenta con cuatro operadores de dos entradas cada uno.	

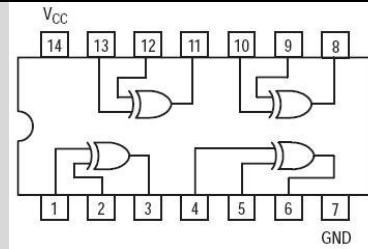
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

Carrera: Ingeniería Electromecánica, Curso: Electrónica Analógica, Unidad 1: El diodo semiconductor.

Autor: Dr. David Lara Alabazares

SN74LS86N

Circuito integrado XOR, cuenta con cuatro operadores de dos entradas cada uno.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA****Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

## 6.8. Funciones Booleanas o lógicas

Una función booleana de una o más variables, no es más que una relación lógica entre dichas variables, es decir una función matemática que sus variables solamente pueden tomar los valores de 0 o 1 y que están unidas por los operadores lógicos AND, OR y NOT. A continuación se muestran algunos ejemplos de funciones booleanas

$$f(a,b) = a + a.b + a'b'$$
$$g(x,y,z) = x'y'z + yz' + x'z$$

**TERMINOS DE UNA FUNCION BOOLEANA:** Un término de una función booleana está compuesto de una o más variables booleanas, unidas por el operador AND, estas variables pueden aparecer en su forma normal o complementada, por ejemplo:

- $(a'.b'.c)$  es un término de tres variables (a, b, c) unidas por el operador AND (.) con a y b en su forma complementada y c en su forma normal.
- $(x.y)$  es el término de dos variables (x,y) unidas por el operador AND(.), con ambas variables en su forma normal.

**FORMAS CANONICAS DE FUNCIONES BOOLEANAS:** Todas las expresiones booleanas, independientemente de su forma, pueden convertirse en cualquiera de su forma canónica llamadas minitérminos o suma de productos y maxitérminos o producto de sumas.

**MINITERMINOS O SUMA DE PRODUCTOS:** Un minitérmino, es un término que contiene todas las variables del dominio de la función booleana unidas por el operador AND (.), ejemplo de 2 minitérmino  $(a'.b.c)$  y  $(a.b.c)$  de la función booleana  $f(a, b, c)$ .

**MAXITERMINO O PRODUCTO DE SUMAS:** Un maxitérmino, es un término que contiene todas las variables del dominio de la función unidas por el operador OR (+), ejemplo de 2 maxitérminos  $(a+ b'+ c)$  y  $( a + b + c')$  de la función booleana  $f(a, b, c)$ .

**DOMINIO DE UNA FUNCION BOOLEANA:** El dominio de una función booleana, corresponde al conjunto de variables (o sus complementos) contenidos en una función. Por ejemplo el dominio de la función  $f(a,b,c) = ac' + abc$  es el conjunto de las variables (a,b,c).

**REPRESENTACION DE FUNCIONES BOOLEANAS:** Existen distintas formas de representar una función lógica o booleana, entre las que podemos destacar las siguientes:

- Algebraica
- Por tabla de verdad
- Numérica
- Gráfica

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

El uso de una u otra, dependerá de las necesidades concretas en cada caso, en nuestro caso se mostrara la algebraica y la gráfica por su utilidad dejando el resto para las siguientes prácticas.

**LA REPRESENTACION ALGEBRAICA:** Esta forma de representación de una función booleana se utiliza cuando se desea manipular, simplificar o probar la equivalencia de dos funciones booleanas, para esto es necesario utilizar los teoremas o reglas básicas del algebra booleana.

**TEOREMAS O REGLAS BASICAS DEL ALGEBRA BOOLEANA:**

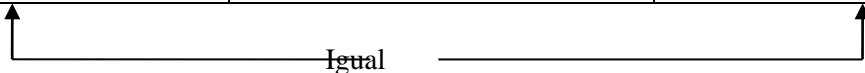
Existen un gran número de teoremas en el álgebra booleana, pero solamente pocas de ellas son de gran utilidad para la simplificación de funciones, a continuación tenemos las principales:

1.- $A + 0 = A$
2.- $A + A = A$
3.- $A \cdot 1 = A$
4.- $A \cdot A = A$
5.- $A + 1 = 1$
6.- $A \cdot 0 = 0$
7.- $A + A' = 1$
8.- $A \cdot A' = 0$
9.- $A'' = A$
10.- $A + AB = A$
11.- $A + A'B = A + B$
12.- $(A+B)(A+C) = A + BC$
13.- $A(B+C) = AB + AC$

Todos estos teoremas al inicio de su utilización parecen ser complicados, pero su prueba o demostración que se hará a continuación facilitara su comprensión y uso.

**Teorema 1.-**  $A + 0 = A$  esto quiere decir que un operador booleano OR de 2 entradas, que tiene una entrada con la variable A (0 o 1) y la otra siempre 0 tiene como resultado el mismo valor de A.

Primera entrada	Segunda entrada	Resultado
variable A	siempre 0	o salida
0	0	0
1	0	1


 Igual

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

## 6.8 Práctica: Circuitos Lógicos, Aplicación a una banda transportadora clasificadora de piezas.


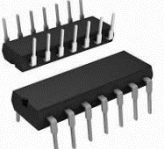


### 6.8.1. Objetivo

Aplicar circuitos lógicos mediante la realización de un sistema de clasificación de piezas en una banda transportadora.

### 6.8.2. Material y Equipo

- 1 Fuente de DC 5V con un juego de puntas
- 1 Multímetro
- 1 Pinza de corte
- 1 pinza de punta.

#### Material

Protoboard	Compuertas Lógicas: 4 ICS AND 74LS08 1 IC OR 74LS32 1 IC NEG 74LS04	8 Diodos LED	Resistencias 9 de 330Ohm 3 de 1Kohm
			

#### Antecedentes.

En los procesos de manufactura, las partes, componentes o piezas normalmente llegan un transportador, que las desplaza en un sentido, idealmente es izquierda a derecha. Un proceso de gran importancia es la clasificación del material durante el trayecto del transportador. Un ejemplo sencillo puede ser clasificar entre dos modelos diferentes (Modelo A y B) y distinguir si son aceptables o no, (Pieza buena o mala). Por lo tanto cada pieza puede colocarse en cada una de las siguientes cuatro clasificaciones:

Modelo A/Buena	Modela A/Mala	Modelo B/Buena	Modelo B/Mala
----------------	---------------	----------------	---------------

#### Actividad Previa:

Buscar las hojas de datos de los integrados 74LS08, 74LS32, y 74LS04.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**

**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

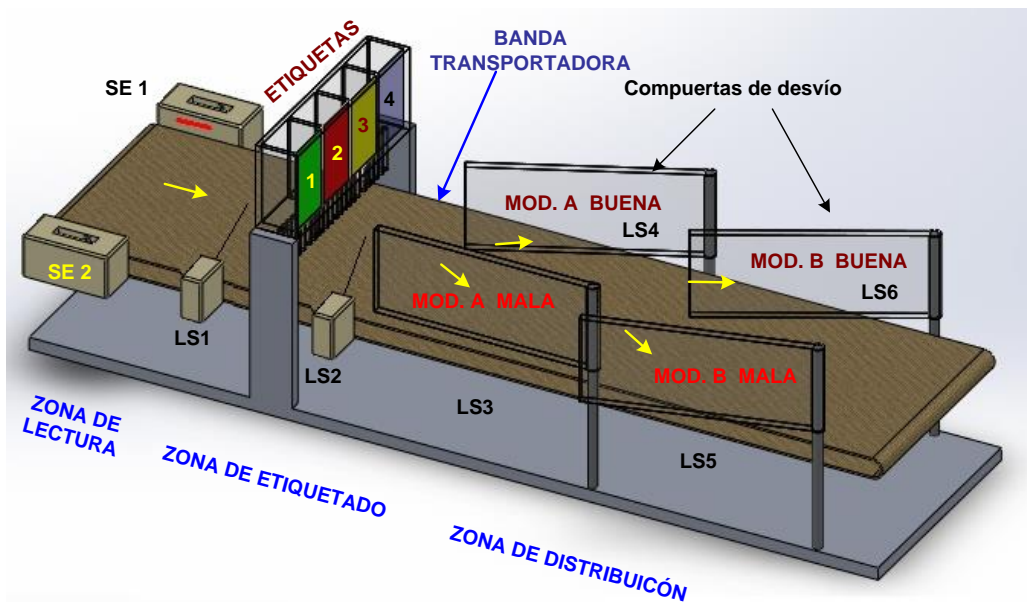
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

Carrera: Ingeniería Electromecánica, Curso: Electrónica Analógica, Unidad 1: El diodo semiconductor.

Autor: Dr. David Lara Alabazares

### 5.8.3. Procedimiento

En la figura 5.1 se muestra el esquema de una banda transportadora en la cual las piezas pasan de izquierda a derecha y el sistema está dividido en zonas de lectura, etiquetado y distribución. La pieza pasa primero por la zona de lectura detectando el modelo y el estado calidad mediante dos sensores SE1 y SE2. Supongamos que el modelo se determina en base a la dimensión (largo) y la calidad en base al acabado de la pieza. Luego la pieza ingresa a la zona de etiquetado para clasificar en base al modelo y estado. Al entrar se activa un interruptor de límite del tipo “bigote de gato” LS1, el cual se usa cuando la pieza no guarda una posición repetible exacta en la banda, pudiendo estar desalineada en la banda. Por lo tanto, el interruptor puede responder ante una pieza situada en cualquier lugar sobre una línea a lo ancho de la banda. En la zona de etiquetado, un mecanismo dispensador pega la etiqueta a medida que la pieza pasa por debajo de este. El mecanismo es movido mediante un actuador (solenoyde) que se activa mediante un estado lógico alto. Al salir la pieza de la zona de etiquetado toca otro interruptor de límite, LS2, cambiando el estado lógico que activa al actuador de la etiqueta. La pieza se distribuye mediante una canaleta de descarga según su clasificación. Existen cuatro canaletas de descarga, una para cada clasificación. El proceso de distribución se efectúa mediante una compuerta de desvío que gira hacia el interior de la banda para dirigir la pieza que viaja en la banda del transportador a la canaleta adecuada. Las compuertas de desvío son actuadas mediante un servomecanismo el cual en estado de encendido mueve la compuerta hacia adentro, en caso de apagado la deja en posición afuera de la banda. Una restricción es que no puede entrar una pieza nueva hasta que la pieza actual haya pasado por una de las canaletas. Cuando la pieza pasa por la canaleta toca uno de los interruptores de límite, según sea el caso, del LS3 al LS6. Es necesario mantener la clasificación de cada pieza hasta que está haya despejado el sistema. Es decir, debe retener la clasificación debido a que se debe mantener la compuerta abierta de desvío adecuada hasta que la pieza haya sido segregada adecuadamente.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**  
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.  
**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

**Figura 6.17. Sistema banda transportadora, selectora.**

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

Carrera: Ingeniería Electromecánica, Curso: Electrónica Analógica, Unidad 1: El diodo semiconductor.

Autor: Dr. David Lara Alabazares

**Circuito de control de la banda transportadora /clasificadora usando compuertas lógicas.**

Los circuitos digitales básicos constituyen los bloques de construcción de un circuito lógico más amplio. Estos bloques se denominan compuertas lógicas, o simplemente compuertas, en las cuales el nivel lógico ALTO o encendido, corresponde a 5V. El circuito de control del sistema está conformado de tres circuitos: a) Identificador de piezas, b) Selector del proceso y c) Activador de actuadores

Identificador o clasificador de piezas:

En este circuito Inicialmente la línea de RESET permanece en ALTO. Los sensores de modelo SE1 y calidad SE2 envían un BAJO para el modelo A y pieza buena, así como un ALTO para el modelo B y pieza mala, respectivamente. Los sensores SE1 y SE2 cierran sus contactos para poner un nivel alto y abren sus contactos para un nivel BAJO. Conforme la pieza pasa por la zona de lectura los sensores clasifican la pieza mediante una combinación de dos bits.

Analicemos el circuito selector de modelo que está constituido por las compuertas AND (U1:C) y la compuerta OR (U2:C) y el inversor (U3:B). AL cerrar el contacto SE1 se aplica un ALTO a una entrada de la compuerta OR, produciendo un ALTO en la salida de esta, la cual retroalimenta el circuito al conectarse a una entrada de la compuerta AND. Esto ocasiona que la compuerta OR quede bloqueada de forma semejante a un revelador. Esto sucede debido a que la otra entrada de la compuerta AND se encuentra en ALTO (debido al RESET), ocasionando que su salida se active, colocando un ALTO en la segunda entrada de la compuerta OR. En esta configuración el circuito permanece bloqueado incluso después de que la pieza abandone la zona de prueba y el sensor cambie a BAJO, La única forma de romper el bloqueo de la OR es mediante un BAJO en el RESET.

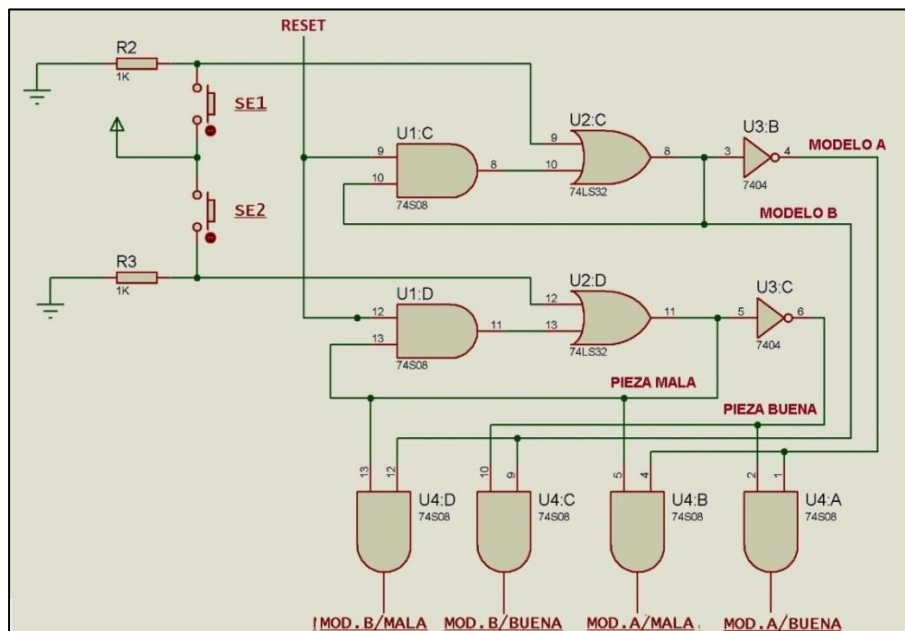
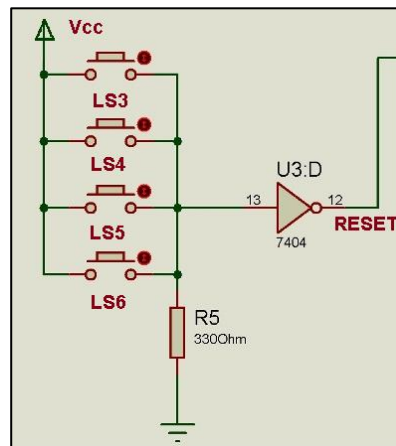


Figura 6.18. Circuito clasificador de piezas.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

La línea de RESET está en ALTO mientras la parte se encuentra en el transportador. Según la figura 6.19 el inversor (U3:D), conocido como NOT, recibe información de los cuatro interruptores de límite LS3-LS6, conectados en paralelo, los cuales están abiertos mientras la parte se encuentra en la banda y no existe una entrada de +5V aplicada al NOT en este momento. Por el contrario la presencia del resistor de  $330\Omega$  conectado entre la entrada y la tierra ocasiona que el NOT tome esta entrada como si fuera un nivel BAJO y por ende su salida se invierte a ALTO. Lo cual aplica un ALTO a la AND (U1:C), y la salida de la OR (U2:C) se mantendrá ALTO hasta que la parte active uno de los interruptores de límite de canaleta. En ese momento, la salida del NOT (U3:D) pasará a BAJO, desactivando la AND (U1:C), poniendo un BAJO en la entrada de la OR (U2:C). Esto romperá el bloqueo y la salida OR (U2:C) regresará a su estado BAJO.


**Figura 6.19. Circuito de Reset**

En este análisis se supone que el contacto del sensor de modelo se cerró, indicando que la pieza corresponde al modelo B. Si la pieza fuera del modelo A, el contacto no se cierra, y la salida de la OR (U2:C) permanece en BAJO durante el ciclo. En la figura 6.18, si la salida de la OR (U2:C) es ALTO, significa que la pieza es del modelo B, de lo contrario la parte es del modelo A, sin embargo se requiere un ALTO para activar los actuadores en la etapa posterior, por lo tanto se hace uso de un negador NOT (U3:B), el cual que hace que la salida BAJA de la OR (U2:C) pase a ALTO.

El circuito que determina si la pieza es buena o mala está formado por las compuertas OR (U2:D), AND (U1:D) el NOT (U3:C), y es un duplicado exacto del circuito de determinación del modelo. Las compuertas AND de la U4:A a la U4:D se consideran parte del circuito de clasificación, en razón de que las señales de entrada a este grupo de compuertas provienen de las salidas de los circuitos de detección de modelo y estado de calidad. Cada una de las compuertas AND tiene dos entradas que representan una cierta combinación de resultado de Modelo y Calidad, tal como se aprecia en la figura 6.18.

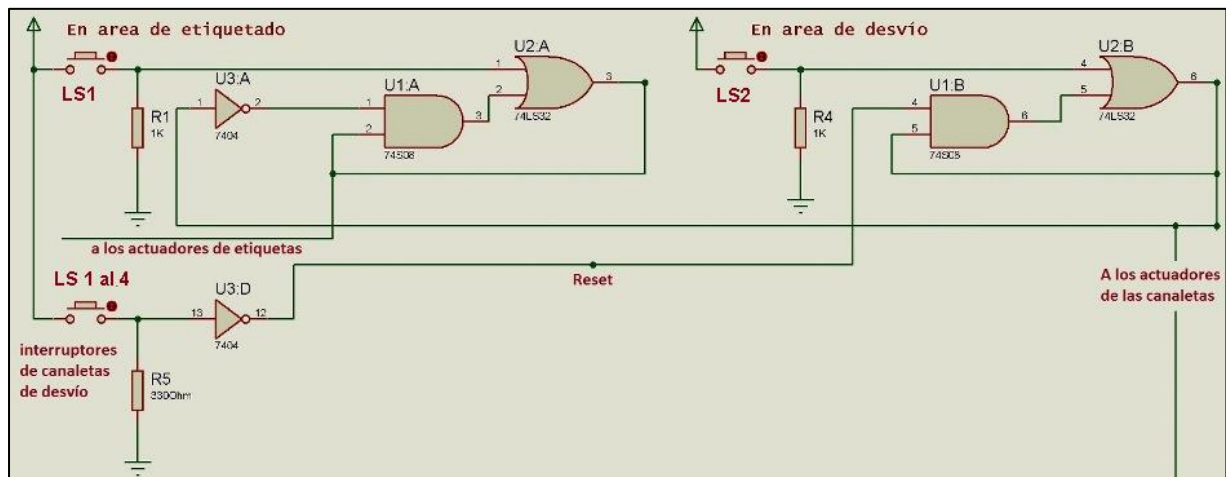
Selector del proceso

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**
**Carrera:** Ingeniería Electromecánica, **Curso:** Electrónica Analógica, **Unidad 1:** El diodo semiconductor.

**Autor:** Dr. David Lara Alabazares

A medida que una parte ingresa en la zona de etiquetado se activa el interruptor LS1, el cual aplica un ALTO a una entrada de OR (U2:A) y su salida pasa a nivel ALTO, bloqueándose al retroalimentar la AND (U1:A). Esto ocurre mientras la otra entrada de la AND esté en ALTO, forzándola a permanecer activada y por lo tanto la OR (U2:A) permanecerá encendida. Como se puede apreciar en el diagrama la salida de la compuerta OR (U2:A) controla a los actuadores de la zona de etiquetas.

Cuando la parte sale del área de etiquetado ingresa al área de desvío, y activa el interruptor LS2, aplicando un ALTO a la entrada de la OR (U2:B), lo que ocasiona que la salida de esta cambie a ALTO. Esta salida tiene tres funciones. La primera, envía un ALTO a la entrada de NOT (U3:A), lo que provoca un nivel BAJO en la entrada de AND (U2:A), desactivándola y desbloqueando la compuerta OR (U2:A), haciendo que la línea que va a los actuadores de etiquetas regrese a BAJO, apagando el solenoide de etiqueta correspondiente. La segunda función, de esta salida es retroalimentar la compuerta AND (U1:B), provocando que la su salida cambie a ALTO (debido a que el RESET sigue en ALTO), bloqueando la OR (U2:B), tal como se ha visto anteriormente. La tercer función de la salida de OR (U2:A) es la señal que activa los actuadores de las compuertas de desvío. Cuando la parte es guiada fuera de la banda hacia una canaleta, uno de los interruptores de límite (LS3-LS6) de canaleta se activara, aplicando un ALTO al NOT (U3:D), por lo que su salida cambia a BAJO aplicándose a las entradas de las compuertas AND U1:B, U1:C y U1:D. Lo que romperá el bloqueo sobre la OR (U2:B), permitiendo que la señal de la zona de desvío regrese a BAJO, regresando el actuador de desvío activo a su posición normal. El nivel BAJO en U1:C y U1:D inhabilita a dichas compuertas, aplicando nivel BAJO a las entradas de las compuertas OR U2:C y U2:D, desbloqueándolas, reiniciando el clasificador de piezas, dejándolo listo para leer otra pieza sobre el transportador.


**Figura 6.20. Circuito selector de proceso**

### Activador de Actuadores

Las salidas de las compuertas de clasificación AND alimentan otros dos grupos de compuertas AND. Primero, alimentan las compuertas AND de U5:A a la U5:D, las cuales controlan las válvulas solenoide de etiqueta. Segundo, alimentan las compuertas AND U6:A a la U6:D, las

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

Carrera: Ingeniería Electromecánica, Curso: Electrónica Analógica, Unidad 1: El diodo semiconductor.

Autor: Dr. David Lara Alabazares

cuales controlan los actuadores de desvío. Ambos grupos tienen una entrada común proveniente de las salidas de las OR U2:A y U2:B respectivamente, lo cual implica que para que una compuerta del primer grupo se active, este grupo deberá tener la entrada común en ALTO, y dependiendo del actuador solo una de estas tendrá sus dos entradas en alto.

El circuito completo se muestra en la figura siguiente.

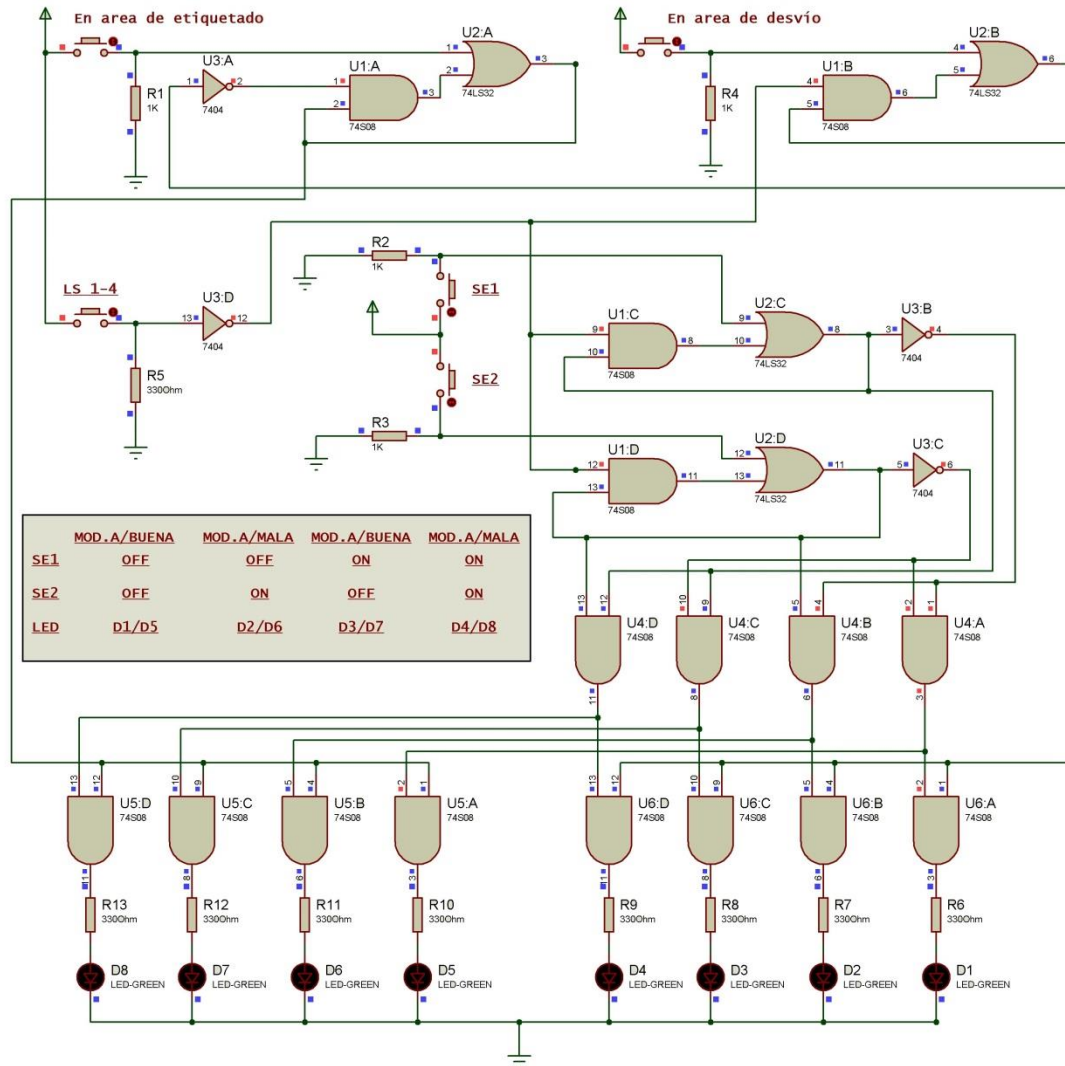
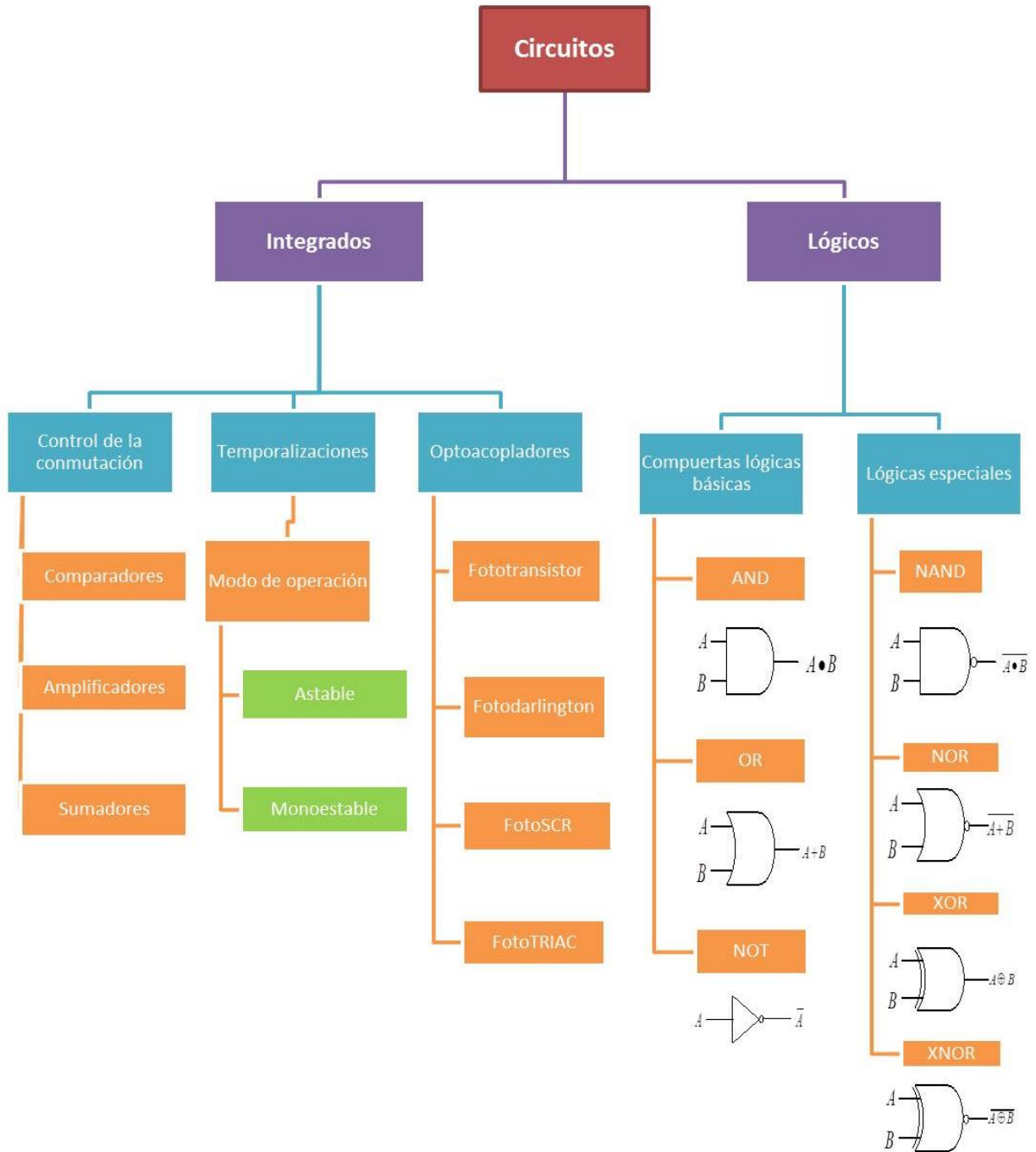


Figura 6.21. Sistema completo desarrollado en programa de simulación PROTEUS.

## 6.9 Mapa de aprendizaje de la unidad



## 6.10 Autoevaluación

Completa correctamente lo que se te pide.

1. ¿Cómo pueden ser los circuitos?

---

---

2. ¿Cuál es el modo de operación de un temporalizador?

---

---

3. ¿Qué son capaces de realizar los optoacopladores?

---

---

4. ¿Cuáles son las compuertas lógicas básicas?

---

---

5. ¿Compuertas que se construyen de la combinación de las compuertas básicas?

---

---