



SISTEMAS DIGITALES

LOGRO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

- Al término de la unidad, los alumnos, diseñarán e implementarán sistemas digitales básicos mediante el uso de simuladores que permite describir el funcionamiento interno de los circuitos digitales usados en la computadora.
- Al término de la unidad, los alumnos, describirán el funcionamiento de sistemas digitales básicos usados en la computadora, haciendo uso de sistemas numéricos, voltajes y tiempos.

TEMARIO

- Sistemas analógicos y digitales
- Computadores analógicos y digitales
- El Bit y el Byte
- Compuertas lógicas

ACTIVIDADES PROPUESTAS

- Los alumnos establecen diferencias entre los sistemas digitales y analógicos.
- Los alumnos establecen diferencias entre los diferentes tipos de computadores.
- Los alumnos desarrollan las tablas de estado de cada una de las compuertas digitales.

1. INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DIGITALES

En el mundo que nos rodea, se suele encontrar dos tipos de sistemas bastante conocidos: **Sistemas analógicos**, **Sistemas digitales**.

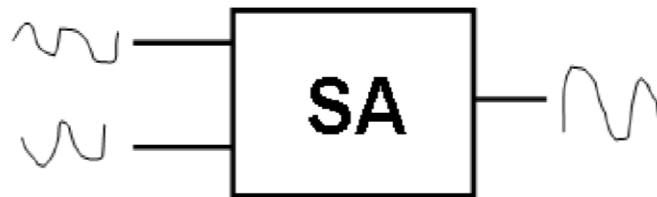
Para poder entender cómo trabajan los sistemas digitales y analógicos, es necesario entender el concepto de sistema. Sistema es un conjunto de componentes que

interactúan entre si y que tienen un mismo objetivo, todos los componentes trabajan para el mismo objetivo.

También es necesario entender primero a las variables digitales y analógicas. Las variables analógicas toman diferentes valores cambiando de manera continua, como lo hace, por ejemplo, la temperatura. Las variables digitales solo toman dos valores posibles, estos pueden ser: encendido y apagado.

1.1. LOS SISTEMAS ANALÓGICOS

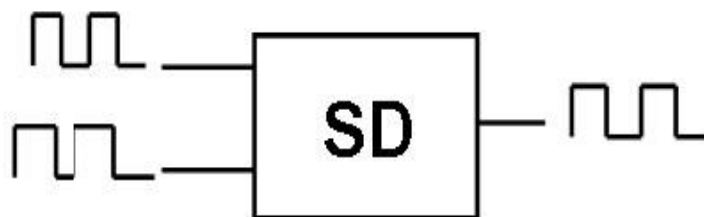
Los sistemas analógicos están formados por un conjunto de componentes que interactúan entre sí para lograr el mismo objetivo o utilidad de ese sistema, este sistema para que sea analógico deben usar variables de entrada y de salida analógicas.



1.2. LOS SISTEMAS DIGITALES

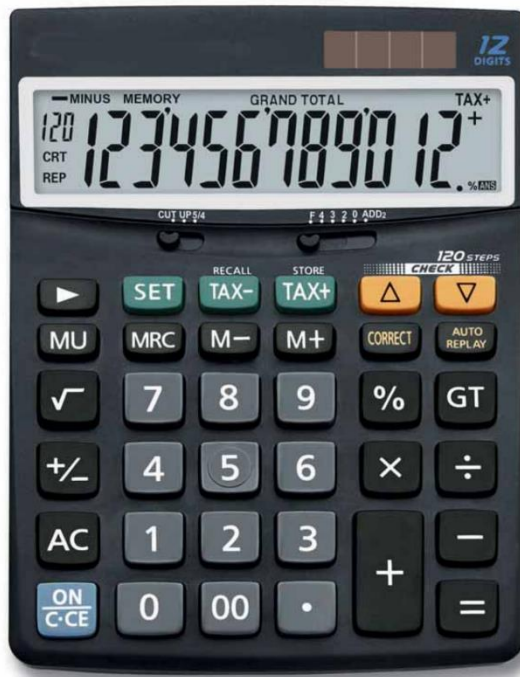
Los sistemas digitales se caracterizan porque sus variables de entrada y salida son digitales tomando sólo dos estados posibles. Los estados que pueden tomar los siguientes valores:

Verdadero	Falso
Alto	Bajo
Cerrado	Abierto
5 voltios	0 voltios
1	0



Existen diversos ejemplos de sistemas digitales y analógicos, los encontramos en diversas aplicaciones que usamos, pero cómo podemos reconocer si el sistema es analógico y digital, esto lo podemos lograr determinando cómo son sus variables de entrada y salida. Por ejemplo, si el sistema tiene variables de entrada y de salida digitales, podemos asegurar que es un sistema digital.

Uno de los sistemas que debemos analizar, preguntándonos si es analógico o digital es la calculadora. En este sistema sus variables de entrada son teclas, las cuales o están presionadas o no están presionadas (variable digital) y su salida es un display con dígitos y los dígitos están formados por 7 segmentos o "focos" los cuales o están encendidos o apagados (variable digital), por lo tanto si sus variables de entrada y de salida son digitales podemos asegurar que la calculadora es un sistema digital.



El siguiente sistema a analizar es el computador, nos preguntamos si el computador es analógico o digital. La respuesta es ambos, en el sentido que los primeros computadores fueron analógicos, mientras que los actuales son digitales.

1.3. COMPUTADORES ANALÓGICOS

Los primeros computadores, muchos años atrás, fueron analógicos, implementados con componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. Su programación se encuentra cableada en los circuitos que lo integran, teniendo solo una aplicación. Sus variables de entrada y salida son analógicas las entradas mediante potenciómetros fijan algún valor dentro de un rango, la salida puede ser obtener una determinada temperatura o un determinado nivel de líquido, siempre dentro de un rango.

En el siguiente gráfico podemos apreciar dos ejemplos de computadores analógicos, el primero de ellos con componentes electrónicos, mientras que el de la derecha, totalmente mecánico, es la máquina diferencial 2 de Babbage (1891) utilizado solo para un cálculo matemático.



1.4. COMPUTADORES DIGITALES

Son aquellos que permiten su programación por medio de lenguajes en los cuales se usan códigos binarios (0's y 1's). Usan variables digitales y éstas toman sólo dos valores posibles, asociados al 0 y al 1. La importancia de los computadores digitales es que le podemos dar uso en diferentes aplicaciones, para ello se les debe cambiar de software o programa.

Estamos acostumbrados a usar nuestra computadora para escuchar música, como también para comunicarnos a través de Internet o ver películas, todo ello gracias a que la computadora digital acepta diversos programas, a estos programas se le llama software, es la parte flexible, modificable de la computadora.



Los computadores usados actualmente son digitales, los analógicos es historia, tal como ocurre con el uso de los celulares, donde ya nadie quiere usar un celular analógico, conocido popularmente como "ladrillo". Los computadores digitales se clasifican de la siguiente manera:

- **Supercomputadores**

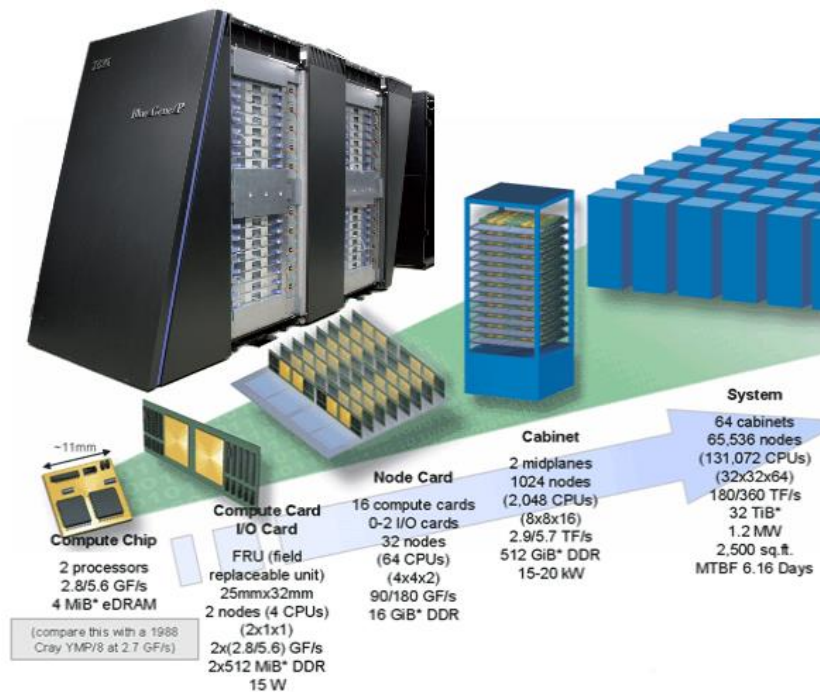
Un supercomputador es el tipo de computador más potente y más rápido que existe en el mundo. Estas máquinas están diseñadas para procesar enormes cantidades de información en poco tiempo y son dedicadas a una tarea específica. Asimismo, son las más caras, sus precios alcanzan los cientos de millones de dólares, dado que está construido con miles de microprocesadores, consiguiendo con ello enormes velocidades procesamiento.

Los desarrollan para tareas específicas como las siguientes:

- Control de la energía y armas nucleares.
- Búsqueda de yacimientos petrolíferos.
- Estudio y predicción de tornados.
- Estudio y predicción del clima de cualquier parte del mundo.
- Elaboración de maquetas y proyectos de la creación de aviones, simuladores de vuelo, etc.

Debido a su elevado precio, son muy pocos los supercomputadores que se construyen en un año. Un ejemplo es el Supercomputador Blue Gene/L desarrollado por IBM para Lawrence Livermore National Laboratory. Blue Gene se convirtió en el 2005 el supercomputador más rápido del mundo. Está instalado en el laboratorio estadounidense Lawrence Livermore. Esta máquina se dedicará principalmente al almacenamiento y transmisión de datos entre diversos sistemas informáticos. Gracias a esta computadora, EE. UU. volvió a encabezar la lista de las máquinas más potentes del mundo, arrebatándole el título a Japón, que lo tenía desde 2002 con el Earth Simulator.

Científicos estadounidenses develaron el 9 de junio de 2008, que la computadora más rápida del mundo llamada Roadrunner (Correcaminos) capaz de realizar 1,000 billones de cálculos por segundo, y cuyo propósito central será trabajar con armas nucleares. Para dar una idea de la velocidad de la supercomputadora, expertos de IBM señalaron que si cada uno de los 6,000 millones de habitantes del planeta usaran una computadora personal y trabajaran 24 horas por día, les demoraría 46 años concretar lo que Roadrunner hace en un solo día.



Roadrunner ("correcaminos") es un supercomputador del Laboratorio Nacional Los Álamos en Nuevo México. Ha sido diseñado conjuntamente por IBM y el personal del laboratorio y es actualmente el supercomputador más rápido (junio de 2008). Está equipado con más 12.000 procesadores tipo PowerXCell 8i mejorados, diseñados originalmente para la videoconsola Sony Playstation 3, colocados en paralelo y 6.912 procesadores Opteron de AMD.



- **Macro computadores**

Los macro computadores son también conocidos como mainframes. Los mainframes son grandes, rápidos y caros sistemas, capaces de controlar cientos de usuarios simultáneamente, así como cientos de dispositivos de entrada y salida. Los mainframes tienen un costo que va desde 350,000 dólares hasta varios millones de dólares. Los macro computadores soportan varios programas simultáneamente. En el pasado, los mainframes ocupaban habitaciones completas o hasta pisos enteros de algún edificio, hoy en día, un mainframe es parecido a una hilera de archivadores en algún cuarto con piso falso. Esto para ocultar los cientos de cables de los periféricos; además, su temperatura tiene que estar controlada mediante sistemas de aire acondicionado.



- **Minicomputadores**

En 1960, surgió el minicomputador. Una versión más pequeña del macro computador que al ser orientado a tareas específicas, no necesitaba de todos los periféricos que necesita un mainframe. Esto ayudó a reducir el precio y los costos de mantenimiento. En general, un mini computador es un sistema multiproceso (varios procesos en paralelo) capaz de soportar desde 10 hasta 200 usuarios simultáneamente.

Son sistemas seguros, debido a que son sistemas cerrados con hardware y software propietario. No son atacados por virus, por lo que los bancos usan estos sistemas para su seguridad. Un ejemplo actual de minicomputador es el AS 400 de IBM. El AS/400 es un ordenador de IBM de gama baja y media, llegando a solaparse con los grandes host y con los pequeños servidores Windows y Linux, para todo tipo de empresas y departamentos. Comercializado por primera vez en 1988, sigue fabricándose actualmente bajo el nombre de i5 (anteriormente eServer iSeries).



- **Microcomputadores (PC)**

Los microcomputadores o Computadores Personales (PC's) tuvieron su origen con la creación de los microprocesadores. Los PC's son computadores para uso personal. Son relativamente baratos y actualmente se encuentran en las oficinas, escuelas y hogares. El término PC se deriva del modelo "IBM PC" que sacó a la venta, en el año 1981, la empresa IBM, el cual se convirtió en un tipo de computador ideal para uso "personal"; de ahí que el término "PC" se estandarizó y los clones que sacaron posteriormente otras empresas fueron llamados "PC's compatibles". Estos usaban procesadores del mismo tipo que los de IBM, pero de un costo menor aunque podían ejecutar el mismo tipo de programas. Existen otros tipos de microcomputadores, como el Macintosh®, que no son compatibles con el PC de IBM, pero que, en muchos de los casos, se les llama también "PC's", por ser de uso personal.



Las computadoras actuales más usadas son las microcomputadoras conocidas como PC, nuestro curso de Arquitectura del computador está referido a éste y lo trataremos como un sistema digital para conocer como procesa los ceros y unos.



1.5. El BIT

Para trabajar con los sistemas digitales debemos conocer el concepto del BIT, el cual es la unidad básica de la información digital. Se representa con un "0" o con un "1". Este bit puede ser estar representado en la práctica por uno de los dos estados que toma la variable digital (alto o bajo, cerrado o abierto, encendido o apagado).

Con un bit sólo se pueden definir 2 estados, pero los sistemas de cómputo usan innumerables estados. Para ello se hace uso de la combinación de bits. Por ejemplo si se usan 2 bits se puede tener 4 estados diferentes:

00 01 10 11

SI se usa 3 bits se puede tener 8 estados diferentes:

000 001 010 011 100 101 110 111

Si se usa 8 bits se puede tener 256 estados diferentes:

00000000 00000001 11111110 11111111

Si tenemos n bits se pueden obtener 2^n estados diferentes.

Es usual trabajar con conjuntos de 8 bits a los cuales se les llama BYTES.

Unidades de medida de la información

Las unidades de medida que se utilizan para determinar la cantidad de datos o información que se guarda en algún medio de almacenamiento son básicamente dos, el bit y el byte.

- **Bit:** unidad básica y puede tomar los valores: 0 ó 1.
- **Byte:** conjunto de 8 bits.

Cuando se trabaja con cantidades muy grandes se requiere del uso de factores, los cuales son:

- **Kilo (K)** = 1024
- **Mega (M)** = 1024×1024
- **Giga (G)** = $1024 \times 1024 \times 1024$
- **Tera (T)** = $1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$

Por ejemplo, si se tiene 1048576 bytes, esta cantidad puede ser reemplazado por 1Mbytes, ya que, $1024 \times 1024 = 1048576 = 1 \text{ M}$.

1.6. COMPUERTAS LÓGICAS

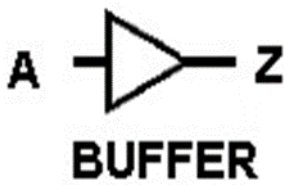
Los sistemas digitales tienen sus variables de entrada digitales, por lo que ingresa al sistema ceros y unos, estos serán procesados y entregados a la salida también ceros y unos. La pregunta es qué hay dentro del sistema que procesa los bits, qué componentes tiene para que frente a un ingreso de bits pueda generar una salida de bits. La respuesta es que para lograr el objetivo del sistema, este está formado por componentes básicos llamados compuertas digitales, las cuales permiten realizar operaciones lógicas, como las que veremos más adelante.

Existe un conjunto de compuertas digitales, cada una de ellas desarrolladas para una determinada aplicación, algunas suman lógicamente, otras multiplican lógicamente, también pueden comparar e incluso invertir. Vemos cada una de ellas:

1.6.1. BUFFER

Esta compuerta lógica tiene una variable de entrada y otra de salida, ambas con igual valor. Parecería que esto no tuviese importancia o que no tuviese aplicación, sin embargo, la función de esta compuerta es importante porque obedece más a fines prácticos. El objeto de esta compuerta es permitir que una salida pueda conectarse a muchas entradas, haciendo el papel como de amplificador.

La función lógica es la siguiente: $Z = A$

	Tabla de Estado <table border="1"><thead><tr><th>A</th><th>Z</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td></tr></tbody></table>	A	Z	0		1	
A	Z						
0							
1							

1.6.2. Inversor o compuerta NOT

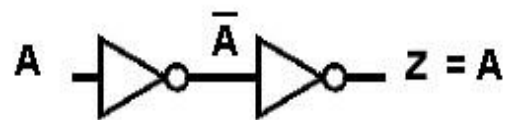
Esta compuerta lógica tiene una variable de entrada y otra de salida. El valor de salida será el opuesto al de entrada.

La función lógica es la siguiente: $Z = \bar{A}$

 INVERSOR o NOT	Tabla de Estado <table border="1" data-bbox="954 583 1161 804"> <thead> <tr> <th>A</th><th>Z</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	Z	0		1	
A	Z						
0							
1							

A es la variable de entrada y Z es la variable de salida. Si $A = 1$ lógico entonces $Z = 0$ lógico. Por otro lado si $A = 0$ lógico entonces $Z = 1$ lógico. Por este comportamiento esta compuerta también es llamada inversora.

Las compuertas NOT se pueden conectar en cascada, logrando después de dos compuertas, la entrada original, comportándose como un buffer.



1.6.3. AND

Esta compuerta tiene dos o más variables de entrada y una de salida, para el caso de dos entradas.

La función lógica se representa así: $Z = A.B$



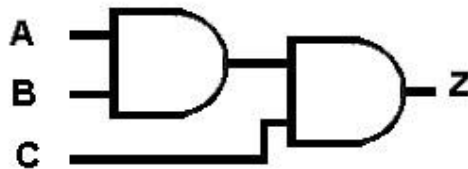
Compuerta AND

Tabla de Estado

A	B	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Las variables de entrada son A y B, la salida es Z. La ecuación lógica indica que Z es igual a 1 lógico si y solo si A es igual a 1 lógico y B es igual a 1 lógico. Visto de otra forma, si tanto A o B o ambas son iguales a cero lógico entonces Y es igual a cero lógico. Esta compuerta multiplica las variables de entrada, por lo que para llenar la tabla de estado debemos multiplicar las entradas.

Una compuerta AND puede tener muchas entradas. Una AND de múltiples entradas puede ser creada conectando compuertas simples en serie. Si se necesita una AND de 3 entradas y no hay disponible, es fácil crearla con dos compuertas AND como se muestra en el siguiente diagrama.



1.6.4. OR

Esta compuerta suma a las variables de entrada, puede tener dos o más variables de entrada y una de salida.

La función lógica se representa así: $Z = A + B$



Compuerta OR

Tabla de Estado

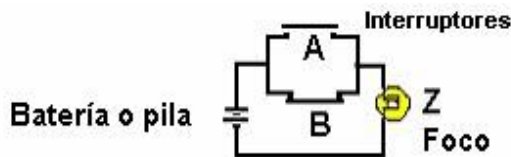
A	B	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

La ecuación lógica indica que Z es igual a 1 lógico si A es igual a 1 lógico o B es igual a 1 lógico o tanto A como B son iguales a 1 lógico. Visto de otra forma, Z es igual a 0 lógico, si y solo si, tanto A como B son iguales a 0 lógico.

Esta misma compuerta se puede implementar con interruptores como se muestra en la siguiente figura, en donde se puede ver que: cerrando el interruptor A o el interruptor B se encenderá la luz en la lámpara Z.

Para las entradas: interruptor cerrado representa a "1"
interruptor abierto representa a "0",

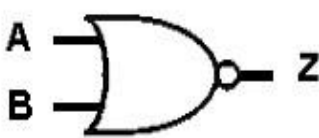
Para la salida: luz encendida representa a "1"



1.6.5. NOR

Esta compuerta suma y niega a las variables que tiene a la entrada.

La función lógica es la siguiente: $Z = \overline{A + B}$



Compuerta NOR

Tabla de Estado

A	B	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Esta compuerta surge de la conexión de una compuerta OR y un inversor en cascada. Las variables de entrada son A y B la salida es Z. La ecuación lógica indica que Z es igual a 0 lógico si A es igual a 1 lógico o B es igual a 1 lógico o ambos son iguales a 1 lógico. Visto de otra forma Z es igual a 1 lógico sí y sólo sí A es igual a 0 lógico y B es igual a 0 lógico. Nótese que esta compuerta es lo contrario a la OR.

1.6.6. NAND

Esta es la compuerta que multiplica y niega las variables que están en su entrada.

La función lógica es la siguiente: $Z = \overline{A \cdot B}$



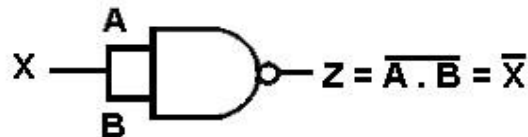
Compuerta NAND

Tabla de Estado

A	B	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Esta compuerta surge de la conexión de una compuerta AND y una NOT en cascada. Las variables de entrada son A y B la salida es Z. La ecuación lógica indica que Z es igual a 0 lógico si A es igual a 1 lógico y B es igual a 1 lógico. Visto de otra forma si tanto A o B o ambas son iguales a 0 lógico entonces Z es igual a 1 lógico. Nótese que esta compuerta es lo contrario a la AND.

En el siguiente diagrama se muestra la implementación de una compuerta NOT con una compuerta NAND. En la tabla de verdad del inversor resultante usamos a X como entrada y Z como salida, X lo obtenemos al unir las variables de entrada A y B de la compuerta NAND, $A = B = X$



1.6.7. OR Exclusive o Ex OR

Esta compuerta cuando tiene dos entradas lo podemos usar para comparar las entradas.

La función lógica es la siguiente: $Z = A \oplus B$

 OR Exclusive	Tabla de Estado <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Z</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr></table>	A	B	Z	0	0		0	1		1	0		1	1	
A	B	Z														
0	0															
0	1															
1	0															
1	1															

Las variables de entrada son A y B la salida es Z. La salida Z es 1 lógico si y sólo si A es diferente de B, si A y B son ambas 0 lógico o ambas son 1 lógico entonces Z es igual a 0 lógico

1.6.8. OR Exclusive negado o Ex NOR

Esta compuerta también compara las variables de entrada cuando estas son dos: A y B.

La función lógica es la siguiente: $Z = \overline{A \oplus B}$



OR Exclusive Negado

Tabla de Estado

A	B	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Las variables de entrada son A y B la salida es Z. La salida Z es 1 lógico si y solo si A y B son iguales ya sea que ambas sean 0 lógico o ambas sean 1 lógico. Si A y B son diferentes entre sí entonces Z es 0 lógico.