



**Mi Universidad**

Nombre del alumno: Yahir Aguilar Sicalhua

Nombre del tema: Conceptos básicos de circuitos digitales y de semiconductores

Parcial: 1

Nombre de la materia: Circuitos Eléctricos

Nombre del profesor: Juan José Ojeda Trujillo

Nombre de la licenciatura: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Cuatrimestre: 4

Dentro de la estructura bajo la cual funciona la manipulación y el almacenamiento de la información, los circuitos digitales tienen un papel fundamental. En el entorno móvil representan un motor que se debe conocer y que también se aplica en la comunicación entre otros tipos de máquina.

Durante los últimos tiempos, se ha podido ubicar a la electrónica como la responsable del avance tecnológico humano. Esto, debido a que aquella conforma la base de cada desarrollo que se ha logrado, en busca del ahorro del trabajo humano y de mejorar la calidad de vida de las personas. Por ello, nos enfocamos en el estudio de la misma y de los materiales semiconductores, utilizados con frecuencia en la fabricación de una variedad de dispositivos electrónicos.

## Conceptos básicos de circuitos digitales

### 1.1.- Señales y sistemas analógicos y digitales, sistemas de señal mixta

Una señal se define como la variación temporal de una magnitud física que se utiliza para codificar información. En el caso de una señal electrónica esa magnitud puede ser una corriente eléctrica, tensión o intensidad luminosa.

Las señales electrónicas pueden ser analógicas y digitales. Las primeras pueden adoptar cualquier magnitud en un rango continuo de valores, mientras que en las segundas las posibles magnitudes se restringen a un intervalo discreto de valores.

### 1.2.- Puertas lógicas y familias lógicas.

Aunque los modernos componentes electrónicos digitales son el resultado de años de desarrollo y evolución, no hay un conjunto ideal de circuitos que satisfaga todos los requerimientos. Por tanto, existen varias familias lógicas, cada una de las cuales ofrece ventajas particulares. La velocidad, consumo de potencia y densidad de componentes son cuestiones a tener en cuenta. Algunas familias trabajan a velocidades muy altas, mientras que otras poseen bajo consumo. Parte de la función del diseñador consiste en seleccionar una familia lógica apropiada para una aplicación dada.

La primera familia lógica fue la RTL. De estas primeras celdas lógicas se derivó la lógica TTL (transistor-transistor) cuya principal característica es el empleo de transistores bipolares con múltiples emisores. Motorola<sup>®</sup> introdujo en 1962 una línea bipolar de alta velocidad conocida como lógica ECL (de emisores acoplados).

### 1.3.- Caracterización de puertas y familias lógicas.

Las prestaciones que nos ofrecen las distintas familias lógicas vienen determinadas por unos valores de tensión, intensidad, consumo, tiempos de retardo, etc. que en definitiva son los que diferencian a unas familias de otras.

Como sabemos, un dispositivo lógico puede estar trabajando en régimen estático o en conmutación. Para poder valorar su comportamiento en estos dos regímenes existen unas características de cuyo estudio nos encargamos a continuación.

- Características estáticas. Como ya hemos comentado definen el comportamiento en régimen estático o permanente de una familia lógica. Definiremos una serie de conceptos basados en el análisis de una puerta NAND.

### 1.4.- La puerta lógica ideal.

Características ideales en una puerta lógica Una puerta lógica ideal, para ofrecer un excelente acoplo en tensión, debe presentar una resistencia de entrada muy alta y una resistencia de salida baja.

INTERESA  $R_i \sim \infty$ ,  $R_o \sim 0$ .

Además, valores bajos de la resistencia de salida favorecen en gran medida la «inmunidad frente al ruido», es decir, evitan que perturbaciones electromagnéticas de cualquier tipo afecten a la tensión de salida.

Cuanto más pequeña es  $R_o$  menor será el efecto de las perturbaciones que actúen sobre el nudo de salida (se requiere mayor intensidad para producir una modificación de la tensión de este nudo). [Supongamos una perturbación con una potencia  $P$ , la variación de la tensión que producirá será  $\Delta V_o = \sqrt{P \cdot R_o}$ , tanto menor cuanto menor sea  $R_o$ .]

### 1.5.- Nociones básicas de teoría de circuitos

A los circuitos y sistemas electrónicos se le pueden realizar diversos tipos de análisis con objeto de conocer el comportamiento de éstos frente a diferentes estímulos. El cálculo del punto de operación o punto de polarización, su evolución en el tiempo mediante un análisis transitorio, o bien su comportamiento frente a señales de diferentes frecuencias son los más habituales.

Para la realización de cada uno de estos análisis se cuenta con dos tipos de herramientas; el cálculo manual mediante el uso de las ecuaciones que definen el sistema, y la simulación de su comportamiento con programas específicos de simulación circuitos, siendo el más conocido el programa SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis).

Cálculo manual

La Teoría de Circuitos recoge una variada y completa gama de herramientas matemáticas destinadas a analizar el comportamiento de los circuitos electrónicos. De entre estas herramientas, las más simples y útiles son las leyes de Kirchhoff para tensiones y corrientes. La primera de las leyes establece que la suma de corrientes en un nodo es cero. Por extensión, cualquier superficie cerrada cumple también la misma ley. La segunda de ellas se

aplica sobre un camino cerrado, y da como resultado que la suma de tensiones es también cero.

## Conceptos básicos de semiconductores

### 2.1.- Estructura de los sólidos: Aislantes, conductores y semiconductores.

#### Conductores

Los conductores son materiales (generalmente metales), cuya estructura electrónica les permite conducir la corriente eléctrica a bajas temperaturas o temperatura ambiente; su resistividad al paso de la corriente eléctrica es muy baja. De acuerdo con la teoría de bandas, son aquellos materiales cuyas bandas de valencia y de conducción, se encuentran muy próximas entre sí, al grado de que, en algunos casos, estas bandas se encuentran sobrepuestas

#### Aislantes.

Los aislantes son materiales con una resistencia tan alta, que no es posible la conducción eléctrica a través de ellos.

#### Semiconductores.

Los semiconductores se encuentran situados, por lo que hace a su resistencia, entre los conductores y los aislantes, ya que a temperaturas muy bajas difícilmente conducen la corriente eléctrica y más bien se comportan como aislantes, pero, al elevar su temperatura o al ser sometidos a un campo eléctrico externo, su comportamiento cambia al de los conductores. Estos semiconductores son conocidos como intrínsecos y, en ellos, las bandas de conducción y valencia se encuentran separadas por una barrera de energía (banda prohibida) más pequeña (comparada con la del diamante), de aproximadamente 1 eV (1.1 eV para el Si y 0.7 eV para el Ge).

### 2.2.- Cristales semiconductores: modelo de enlace covalente, portadores de carga.

Los semiconductores son sustancias cuya conductividad oscila entre  $10^{-3}$  y  $10^3$  Siemen/metro y cuyo valor varía bastante con la temperatura. Los semiconductores más empleados son, por orden histórico, el Germanio y el Silicio. Un átomo de cualquiera de estos elementos posee cuatro electrones en su última capa y por ello se une a sus átomos vecinos mediante enlaces covalentes. A temperaturas bajas los cuatro electrones están formando dichos enlaces, por lo que permanecen ligados a los átomos y no pueden moverse, aunque se aplique un campo eléctrico exterior, esto es, se comportan como aislantes. A temperaturas superiores, como la temperatura ambiente, hay electrones que poseen suficiente energía térmica como para saltar de su enlace covalente a niveles energéticos superiores donde no están ligados.

### 2.3.- Movimiento de portadores en semiconductores.

Cuando se unen dos semiconductores dopados, P y N, aparece un fenómeno interesante: los electrones libres del semiconductor N que están cerca de la unión saltan a los huecos del semiconductor P para completar los enlaces covalentes que faltaban. Por cada electrón que salta de N a P aparece una carga negativa en la zona P (la carga del electrón que ha saltado) y aparece una carga positiva en N (la del núcleo del átomo al que pertenecía el electrón fugado). Al cabo de un cierto tiempo la zona P, cerca de la unión, se queda cargada negativamente y la zona N cargada positivamente. Estas cargas producen un campo eléctrico dirigido de N a P el cual se opone a que pasen más electrones de N a P. Los electrones que han conseguido saltar a P se mantienen cerca de la unión ya que son atraídos por los núcleos positivos de la zona N.

### 2.4.- Semiconductores intrínsecos y extrínsecos.

Un material semiconductor hecho sólo de un único tipo de átomo, se denomina semiconductor intrínseco.

Los más empleados históricamente son el germanio (Ge) y el silicio (Si); siendo este último el más empleado (por ser mucho más abundante y poder trabajar a temperaturas mayores que el germanio).

#### Semiconductores extrínsecos

Para mejorar las propiedades de los semiconductores, se le somete a un proceso de impurificación (llamado dopaje), consistente en introducir átomos de otros elementos con el fin de aumentar su conductividad.

### 2.5.- El diodo de unión p-n.

La unión p-n desempeña un importante papel en las aplicaciones de la electrónica moderna, así como en la construcción y aplicación de otros dispositivos semiconductores. Se utiliza por ejemplo en aplicaciones de rectificación, conmutación, ... Además, es un dispositivo fundamental en la construcción de otros dispositivos semiconductores tales como los transistores bipolares, tiristores, transistores de efecto de campo o dispositivos para aplicación en microondas o fotónicos.

### 2.5.1.- Unión p-n en equilibrio.

Una unión p-n se forma cuando se unen estas dos regiones. En la práctica, los procesos de fabricación de uniones p-n son los de epitaxia, difusión e implantación de iones.

Para simplificar vamos a suponer el caso en que el límite entre las regiones P y N represente una unión escalón o unión abrupta. En este tipo de unión la transición entre las regiones P y N tiene lugar en una distancia extremadamente pequeña. Por lo tanto, hay un cambio brusco en el dopaje yendo desde P hasta N.

### 2.5.2.- Polarización directa e inversa.

Si el terminal positivo de la fuente está conectado al material tipo p y el terminal negativo de la fuente está conectado al material tipo n, diremos que estamos en "Polarización Directa".

En este caso tenemos una corriente que circula con facilidad, debido a que la fuente obliga a que los electrones libres y huecos fluyan hacia la unión. Al moverse los electrones libres hacia la unión, se crean iones positivos en el extremo derecho de la unión que atraerán a los electrones hacia el cristal desde el circuito externo.

Existe una pequeña corriente en polarización inversa, porque la energía térmica crea continuamente pares electrón-hueco, lo que hace que haya pequeñas concentraciones de portadores minoritarios a ambos lados, la mayor parte se recombina con los mayoritarios pero los que están en la z.c.e. pueden vivir lo suficiente para cruzar la unión y tenemos así una pequeña corriente.

### 2.5.3.- Curva característica del diodo; modelos del diodo.

Tensión Umbral: Como ya se ha dicho antes es el valor de la tensión a partir del cual el diodo conduce mucho. A partir de la Tensión Umbral o Barrera de Potencial la intensidad aumenta mucho variando muy poco el valor de la tensión.

Resistencia Interna: A partir de la tensión umbral se puede aproximar, esto es, se puede decir que se comporta como una resistencia.

La zona inversa: En polarización inversa teníamos un corriente que estaba formada por la suma de los valores de la corriente  $I_S$  y la corriente de fugas  $I_f$ .

## 2.6.- El diodo como elemento de circuito, circuitos con diodos.

Los métodos de análisis de circuitos del capítulo 1 son aplicables a los circuitos no lineales. Es decir, un circuito que contenga diodos se resuelve planteando las ecuaciones topológicas (leyes de Kirchoff) junto a las constitutivas de los distintos elementos. De esta manera dispondremos de un sistema de ecuaciones cuya solución es la del circuito. La presencia de elementos no lineales, como el diodo, limita la utilización de los teoremas de superposición, Thévenin y Norton a las partes del circuito que sean lineales. En este apartado mostramos los pasos a dar para resolver un circuito con diodos.

## 2.7.- Puertas lógicas con diodos.

### **Compuerta OR implementada con diodos**

En este tipo de compuerta, si una o las dos entradas están a un "1" lógico (5 voltios), pasará corriente a través de uno o los dos diodos. Esta corriente atravesará la resistencia que a su vez tendrá un voltaje alto entre sus terminales obteniéndose así un "1" lógico a la salida. Con este arreglo se obtiene un "0" lógico a la salida, solamente cuando ambas entradas están en nivel bajo ("0" lógico). Así, ninguno de los dos diodos conduce, no hay corriente por la resistencia y tampoco hay caída de voltaje. Como consecuencia el voltaje en  $V_{out}$  es lo mismo que tierra (0 voltios).

### **Compuerta AND implementada con diodos**

Cuando en esta compuerta lógica las dos entradas están en nivel alto ("1"), los dos diodos están polarizados en reversa y no conducen corriente y por lo tanto en la salida hay un nivel lógico alto ("1") Compuerta AND de dos entradas implementada con diodos Si una de las entradas está en nivel bajo, entonces la salida será de nivel bajo ("0"), pues pasará corriente a través de la resistencia y el diodo cuyo cátodo este puesto a tierra. De esta manera el ánodo del diodo (la salida) estará a nivel bajo.

Este método funciona muy bien cuando estos circuitos son sencillos. Pero aparece un problema cuando se realiza una interconexión de compuertas.

### **Compuerta NOT (compuerta inversora) en tecnología RTL**

La forma más sencilla de obtener una compuerta NOT o inversora con tecnología RTL es con el siguiente circuito.

## 2.8.- Otros tipos de diodos: diodo Zener, diodo varactor, led, fotodiodos etc.

El Zener consiste en un semiconductor diseñado para conducir en la dirección inversa cuando se alcanza un determinado voltaje especificado, conocido como **tensión Zener**.

Una vez alcanzada la tensión Zener, los terminales de Zener no varían, permanecen constantes, aunque aumente la tensión de alimentación.

El diodo Zener tiene un voltaje de ruptura inversa bien definido, cuando se polariza inversamente y llegamos a  $V_z$ , el diodo conduce y mantiene la tensión  $V_z$  constante aunque nosotros sigamos aumentando la tensión en el circuito.

El diodo Varicap conocido como diodo de capacidad variable o varactor, es un diodo que aprovecha determinadas técnicas constructivas para comportarse, ante variaciones de la tensión aplicada, como un condensador variable. Polarizado a la inversa, este dispositivo electrónico presenta características que son de suma utilidad en circuitos sintonizados (L-C), donde son necesarios los cambios de capacidad.

Un LED (acrónimo del concepto inglés light-emitting diode) es un diodo emisor de luz. En su interior hay un semiconductor que, al ser atravesado por una tensión continua, emite luz, lo que se conoce como electroluminiscencia.

Un fotodiodo es un diodo semiconductor del tipo PN, que resulta sensible a la luz, tanto a la visible como a la infrarroja. Generalmente, se habla de un fotodiodo como la combinación de una fotorresistencia (LDR) y un diodo común; donde el diodo común posee aún su polarización. El componente electrónico de un fotodiodo es aún mucho más lineal que un LDR.

Tras el análisis podemos deducir que un semiconductor es todo aquel material que, dependiendo de las circunstancias – temperatura, presión, radiación y campos magnéticos-, puede actuar como conductor, permitiendo el paso de la corriente, o como aislante, impidiendo el paso de la misma.

### ***Fuentes Bibliográficas:***

<https://como-funciona.co/fotodiodo/>

<https://visualled.com/glosario/que-es-un-led/>

<https://electronicaonline.net/componentes-electronicos/diodo/diodo-varicap/>

<https://plataformaeducativauds.com.mx/libro.php?idLibro=166846377316>