



## DEFINICIÓN

# SISTEMAS DE PROCESAMIENTO

## Capítulo Quinto

El procesamiento de información, es la capacidad del Sistema de Información para efectuar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida. Estos cálculos pueden efectuarse con datos introducidos recientemente en el sistema o bien con datos que están almacenados. Esta característica de los sistemas permite la transformación de datos fuente en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones, lo que hace posible, entre otras cosas, que un sistema electrónico genere una salida adecuada a los actuadores del sistema para que generen la aplicación deseada.

Los sistemas de procesamiento electrónicos están basados en la lógica digital. La lógica digital está basada en eventos discretos, es decir, en pasa o no pasa, existe o no existe, hay voltaje o no hay voltaje. Por eso es que se utiliza el sistema binario. En donde los dos únicos valores permitidos son el cero y el uno. Es decir, que en los circuitos digitales se utiliza otra forma de contar, otra numeración, así como los humanos utilizamos la numeración Decimal. Los sistemas digitales utilizan la numeración Binaria, esta numeración difiere del conjunto fijo decimal, es decir, para contar objetos se utiliza como conjunto de referencia un conjunto fijo que es el conjunto de los números naturales pero para esta numeración el conjunto fijo se acorta a solo 2 dígitos, 0 y 1.

## SISTEMAS DE NUMERACIÓN

Los números se forman por agregación de unidades. Así, si a una unidad o numero 1 agregamos una unidad (1) resulta el numero 2; si a este agregamos otra unidad resulta el numero 4 y así sucesivamente, esta se le denomina serie de números. La Base de un sistema de numeración es el numero de unidades de un orden que forman una unidad de orden inmediato superior. Así en el sistema de numeración empleado por nosotros, la base es 10 porque 10 unidades de primer orden forman una decena ; 10 decenas forman una centena, etc.

En los sistemas de numeración se cumplen los siguientes principios:

1. Un número de unidades de un orden cualquiera, igual a la base forma una unidad del orden inmediato superior.
2. Toda cifra escrita a la izquierda de la otra representa unidades tantas veces mayores que las que representa la anterior, como unidades tenga la base.
3. En todo sistema con tantas cifras como unidades tenga la base contando el cero, se pueden escribir todos los números.
4. Para indicar a que numeración pertenece se escribe como subíndice del número la base del sistema

Para todos los sistemas de numeración se puede establecer esta ecuación.

$$N_{10} = A_B B^{l-1} + A_B B^{l-2} + \dots$$

Donde:

N<sub>10</sub> = Número en decimal

A = Número perteneciente al sistema con la condición  $0 < A < B$ .

l = Número de posiciones del número A

Para hacer más fácil este procedimiento se elabora un cuadro teniendo como eje al uno a la izquierda se multiplica por 2 y a la derecha se divide por 2 en cada casilla se pondrá un 1 para seleccionarlo o un 0 para no tomarlo:

1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	.	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	.	0	1	0	1	1

De esta tabla se toman los números que tengan 1 en su casillero, se suman y ese es el número.

$$10010101101.01011_2 = 1024+128+32+8+4+1+.25+.0625+.03125$$

$$10010101101.01011 = 1197.34375$$

Para convertir de Decimal a Binario es necesario aplicar la siguiente regla: Cada dígito está dado por el residuo de la división del número por la base. y para las fracciones se multiplica por la base. Por ejemplo, para convertir a binario el número 1197

NUMERO	COCIENTE	RESIDUO
1197 / 2	598	1
598 / 2	299	0
299 / 2	149	1
149 / 2	74	1
74 / 2	37	0
37 / 2	18	1
18 / 2	9	0
9 / 2	4	1
4 / 2	2	0
2 / 2	1	0
1 / 2	0	1

El numero se toma al revés

$$1197=10010101101$$

## HISTORIA DEL MICRO PROCESADOR



Figura 5.1 - Ingeniero de Intel Ted Hoff

Como otros tantos inventos, el microprocesador nació de la unión de la casualidad y el ingenio. La historia del microprocesador se comenzó a gestar en 1969, cuando el fabricante de semiconductores, es decir, de chips electrónicos Intel, recibió el encargo de una firma japonesa para crear los elementos de una calculadora programable. El pedido de Busicom fue abordado de la forma usual para la época, que consistía en crear chips específicos para cada tarea. Lo cual dio como resultado la necesidad de crear 12 circuitos integrados distintos.

A la vista de la complejidad, el ingeniero de Intel Ted Hoff tuvo la ocurrencia de diseñar un procesador genérico, cuyo comportamiento estuviera regulado por una secuencia de instrucciones cargable externamente. De esta manera se podía modificar el comportamiento real del chip, pero sin necesidad de re diseñar el silicio, una tarea realmente costosa y lenta.

Así finalmente, el 15 de Noviembre de 1971 veía la luz el primer microprocesador, denominado Intel 4004. Se trataba de un dispositivo de silicio, compuesto por unos 2.300 transistores y que operaba con una frecuencia de 108 KHz. Y realizaba cerca de 60,000 operaciones por segundo. Contaba con 46 instrucciones y 4k de espacio de almacenamiento. Posteriormente Intel lanzó el modelo 4004 al cual le agregó 14 instrucciones más y que tenía una capacidad de 8k de almacenamiento. El costo de cada chip Intel 4004 era de unos 200 dólares de la época.

Dado que era un encargo, Basicom había pagado a Intel una cifra cercana a unos 60.000 dólares por el desarrollo. Pero al ser capaz de ver el potencial de su desarrollo, Intel se ofreció a devolver dicha cantidad, y Basicom aceptó encantada, dado que así el costoso desarrollo le salía gratis. Para Intel resultó toda una gran inversión que ha quedado multiplicada con creces a lo largo de sus 30 años de historia. Y que ha convertido a este fabricante de semiconductores en una de las principales compañías mundiales.

Debido a su pequeño tamaño, el dispositivo fue etiquetado como microprocesador, para diferenciarlo de los procesadores que equipaban a los grandes ordenadores de la época. Pero en estos 30 años el microprocesador ha recorrido un largo camino, y ha crecido de forma exponencial.

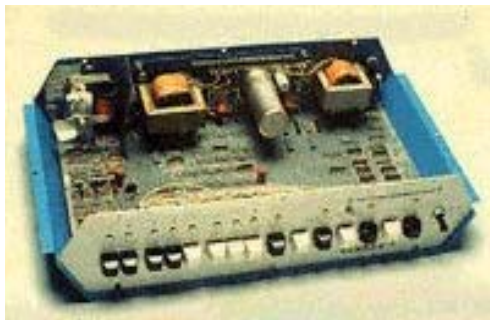


Figura 5.2 - KenBak1, primera computadora de la historia.

Durante 1985 el Museo de Computación de Boston realizó un concurso con el objeto de registrar la historia de la computación. El museo estuvo publicitando este evento en todos los Estados Unidos, solicitando al público su contribución personal, y como resultado de 316 muestras remitidas y ante la enorme sorpresa de todos, un modelo discontinuado y olvidado resultó haber sido la primera Computadora Personal, que inclusive precedió a la Altair.

La Kenbak 1, fue fabricada en 1971 por John Blankenbaker de la Kenbak Corporation de Los Angeles, vale decir 4 años antes que la Altair fuese lanzada al mercado. Esta PC fue dirigida al mercado educacional y contaba con apenas 256 bytes (no kilobytes) de memoria Ram y su programación se realizaba por medio de palanquillas (switches). Solamente se comercializaron 40 equipos al costo de 750 dólares.

En lo que se refiere a la aparición de los microprocesadores en la industria tenemos que en los años 1960's, los ingenieros lograron el control industrial usando grandes bancos de relés mecánicos. Estos sistemas fueron complejos, difíciles de modificar y propensos a las fallas. El primer PLC (Control Lógico Programable) apareció a finales de los años 60, con el propósito de eliminar el enorme costo que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés (relays). La empresa Bedford Associates (Bedford, MA) propuso un sistema al que llamó Modular Digital Controller o MODICON a una empresa fabricante de autos en los Estados Unidos. El MODICON 084 fue el primer PLC producido comercialmente, el cual empleó una CPU para realizar lógica digital y hacer la interfaz con las entradas y salidas digitales. Con este Sistema cuando la producción necesitaba variarse, entonces se variaba el sistema y ya.

En el sistema basado en relés, estos tenían un tiempo de vida limitado y se necesitaba un sistema de mantenimiento muy estricto. El alambrado de muchos relés en un sistema muy grande era muy complicado, si había una falla, la detección del error era muy tediosa y lenta.

Este nuevo controlador (el PLC) tenía que ser fácilmente programable, su vida útil tenía que ser larga y ser resistente a ambientes difíciles. Esto se logró con técnicas de programación conocidas y reemplazando los relés por elementos de estado sólido. Los primeros PLCs usaron CPUs basadas en pedazos de silicio, tal como el AMD 2901 y fueron limitados al control digital. Para hacerlos confiables y simples de programar, los PLCs emplearon arquitecturas rígidas de control y conjuntos simples de instrucciones. Los ingenieros programaron la mayoría de los PLCs usando lógica ladder, un lenguaje creado para imitar los diagramas originales de relés de los años 1960 (que irónico, ¿no?)

A mediados de los años 70, la AMD 2901 y 2903 eran muy populares entre los PLC MODICON. Por esos tiempos los microprocesadores no eran tan rápidos y sólo podían compararse a PLCs pequeños. Con el avance en el desarrollo de los microprocesadores (más veloces), cada vez PLC más grandes se basan en ellos.

La habilidad de comunicación entre ellos apareció aproximadamente en el año 1973. El primer sistema que lo hacía fue el Modbus de Modicon. Los PLC podían incluso estar alejados de la maquinaria que controlaban, pero la falta de estandarización debido al constante cambio en la tecnología hizo que esta comunicación se tornara difícil.

En los años 80 se intentó estandarizar la comunicación entre PLCs con el protocolo de automatización de manufactura de la General Motors (MAP). En esos tiempos el tamaño del PLC se redujo, su programación se realizaba mediante computadoras personales (PC) en vez de terminales dedicadas sólo a ese propósito.

En los años 90 se introdujeron nuevos protocolos y se mejoraron algunos anteriores. El último estándar (IEC 1131-3) ha intentado combinar los lenguajes de programación de los PLC en un solo estándar internacional. Ahora se tiene PLCs que se programan en función de diagrama de bloques, listas de instrucciones, lenguaje C, etc. al mismo tiempo. También se ha dado el caso en que computadoras personales (PC) han reemplazado a PLCs. La compañía original que diseñó el primer PLC (MODICON) ahora crea sistemas de control basados en PC.

**EL PROCESADOR** En realidad "procesador" es un término relativamente moderno. Se refiere a lo que en los grandes ordenadores de antaño se conocía como Unidad Central de Proceso UCP (CPU "Central Processing Unit"). Un ordenador es una máquina fundamentalmente secuencial. Esto quiere decir que realiza sus tareas una detrás de otra, siguiendo el orden en el que están las instrucciones para realizarlas. Sus componentes básicos son: Memoria que es un lugar donde se almacenan las instrucciones y datos; y un elemento encargado de ejecutar los procesos indicados por esas instrucciones (Unidad Central de Proceso).

La CPU debe incluir todos los componentes necesarios para leer la memoria, decodificar las instrucciones y ejecutar cálculos aritméticos y lógicos. Un microprocesador consta, normalmente, de una serie de registros, una Unidad Aritmética-Lógica (ALU) y los circuitos de control para la comunicación interna y externa.

**LOS REGISTROS** Los registros constituyen una especie de pequeña memoria interna al microprocesador. Todas las operaciones que realizan los procesadores se hacen entre números contenidos en los registros, o bien, entre un registro y una posición de memoria. Existen varios tipos de registros. Unos tienen funciones muy específicas y otros tienen funciones muy generales. Dentro de los registros de funciones específicas tenemos:

**CONTADOR DE PROGRAMA:** El contador de programa (en inglés Program Counter o PC) es un registro interno del computador en el que se almacena la dirección de la última instrucción leída. De esta manera el computador puede saber cuál es la siguiente instrucción que debe ejecutar.

Tras la ejecución el registro se incrementa para continuar con la siguiente, o se sustituye su valor por otro si se ha de ejecutar un salto o una llamada a subrutina. En el momento de conectar el ordenador, la señal de RESET pone este registro a "cero", por lo que la ejecución comienza desde la primera dirección de memoria

**PUNTERO DE PILA:** Una pila es una zona reservada de memoria cuyos datos están organizados como "último en entrar, primero en salir" (LIFO: Last In First Out), y sirve para almacenar determinados datos, como por ejemplo, la dirección de retorno tras una llamada a subrutina. De una pila sólo se puede recuperar cada vez el último dato que se ha introducido. El registro SP es el puntero de la Pila de Máquina. Apunta siempre al último dato introducido. La existencia de una pila permite la ejecución de llamadas a subrutinas, cada vez que se llama a una subrutina, se introduce en la pila el contenido actual del PC, se decrementa dos veces el SP y se carga el PC con la nueva dirección de la subrutina.

Para retornar, se carga el PC con el contenido superior de la pila y se incrementa dos veces el SP. Este sistema permite la anidación de subrutinas hasta el límite de la memoria disponible para la pila.

Cuando se escribe un programa, hay que tener sumo cuidado para que la pila no crezca indefinidamente, ya que destrozaría todos los datos almacenados en memoria, incluido el propio programa. Por otro lado, hay que tener cuidado para recuperar de la pila todos los datos almacenados durante una subrutina antes de intentar retornar, ya que de lo contrario habríamos "corrompido" la pila y el retorno no sería posible.

**REGISTROS INDICE:** Estos registros sirven para manipular tablas, contienen las direcciones de base a las que se sumará un entero en complemento a dos cuando se utilice direccionamiento indexado.

**ACUMULADOR:** El Acumulador es el registro más importante de un microprocesador, puesto que recibe los resultados de todas las operaciones aritméticas y lógicas que realiza en microprocesador. Este registro se utiliza para todo.

**REGISTRO DE ESTADO:** El registro de estado indica la ocurrencia de determinadas condiciones, tales como: paridad, cero, signo, acarreo, desbordamiento, que se producen tras una operación aritmética o lógica y que serán de gran utilidad en los saltos condicionales.

**REGISTRO APUNTADEOR DE DATOS:** El registro generalmente de 16 bits DPTR, está formado por la unión de los registros DPH y DPL, cuya misión principal consiste en apuntar a cualquier dirección dentro de los 64 Kbytes del espacio de memoria tanto de código como de datos. Para ello se dispone de instrucciones específicas.

### **LA FAMILIA DE MICRO PROCESADORES MCS51**

## **LA FAMILIA DE MICRO PROCESADORES MCS51**

Desde mediados de la década de los 80 gran parte de los diseños basados en la automatización (electrodomésticos, sencillas aplicaciones Industriales, instrumentación medica, control numérico, etc..) utilizaban componentes de la familia 51.

Esta familia 51 es una familia de microcontroladores basados todos ellos en un chip que es el 8051. Este chip fue creado por INTEL en el año 1981 y las características de este son:

- T** CPU de 8 bits
- T** Procesador Booleano con el cual puede realizar operaciones bit a bit
- T** 128 bytes de RAM interna

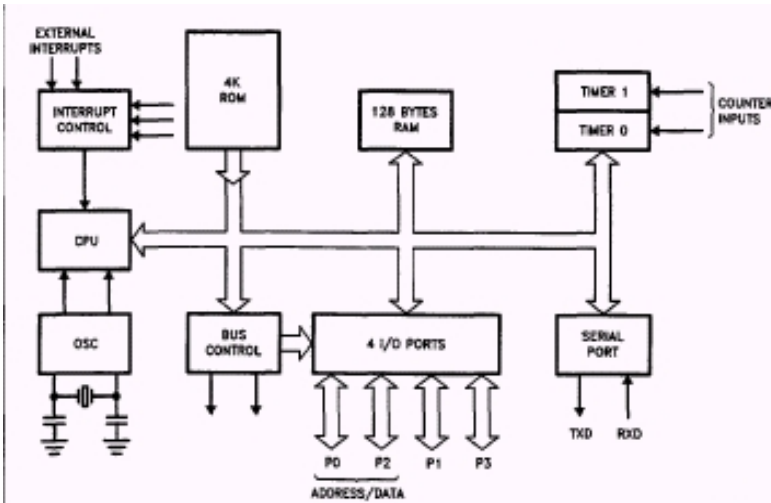


Figura 5.3 - Estructura interna del microcontrolador 8051

- T** 5 fuentes de interrupción con 2 niveles de prioridad
- T** 32 bits de entrada/salida direccionables bit a bit
- T** 1 línea serie Full dúplex (UART)
- T** 2 Contadores-Temporizadores de 16 bits programables
- T** 1 oscilador para las señales de reloj
- T** Posibilidad de direccionar 64Kbytes de memoria de programa externa
- T** Posibilidad de direccionar 64Kbytes de memoria de datos externa
- T** 4 Kbytes de memoria de programa internos (ROM)

El microcontrolador 8051 está basado en los microprocesadores de 8 bits, contiene internamente un CPU de 8bits, 3 puertos de entrada y salida paralelos, un puerto de control, el cual a su vez contiene; un puerto serie, dos entradas para Timer/Contador de 16 bits, dos entradas para interrupciones externas, las señales de RD y WR para la toma o almacenamiento de datos externos en RAM, la señal de PSEN para la lectura de instrucciones almacenadas en EPROM externa. Gracias a estas tres señales el microcontrolador 8051 puede direccionar 64 K de programa y 64K de datos separadamente, es decir un total de 128Kb. Además cuenta con 128 bytes de memoria RAM interna.

Además el microcontrolador 8051 puede generar la frecuencia (Baud Rate) de Transmisión/Recepción de datos por el puerto serie de manera automática partiendo de la frecuencia del oscilador general, por medio de la programación del Timer 1. Dicha frecuencia de transmisión puede ser cambiada en cualquier momento con solo cambiar el valor almacenado en el control o también se puede duplicar o dividir la frecuencia con solo escribir sobre el bit 7 (SMOD) del registro de control (PCON).

La memoria del sistema del 8051 se clasifica en tres partes fundamentales: La primera, llamada memoria de programa, en donde se encuentran todas las instrucciones que van a ser ejecutadas por el microcontrolador 8051, es decir, el programa de trabajo. Algunas versiones del 8051 cuentan con memoria de programa interna (de 2 a 4 Kb). Cuando se requiere trabajar con una localidad arriba de ésta, la memoria del programa (externa) es seleccionada mediante la activación de la señal PSEN (estado bajo). El máximo espacio de memoria de programa que se puede acceder es de 64KB.



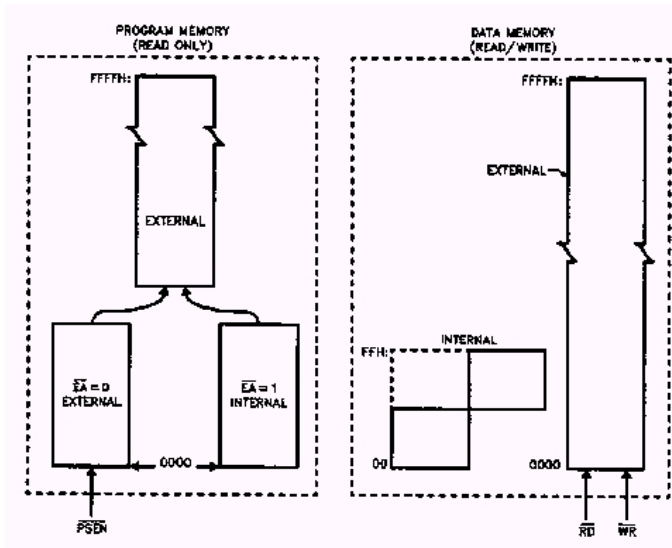


Figura 5.4 - Arquitectura de memoria del microcontrolador 8051

El segundo espacio de memoria denominado, memoria de datos es accedido mediante la activación de las señales RD y WR, durante la lectura o escritura de datos respectivamente. En este espacio del microcontrolador toma todos valores que se encuentran en memoria como DATOS, es decir, el microcontrolador no puede ejecutar ninguna instrucción que se encuentre aquí almacenada. El 8051 puede direccionar también 64KB de memoria de datos.

El tercer espacio de memoria es denominado como memoria RAM interna, el cual se subdivide en 128 bytes de memoria bajos y en 128 bytes de memoria altos. En los

primeros 128, se encuentran 4 bancos de 7 registros cada uno. Estos registros son de gran ayuda para la simplificación de los programas, debido a que cada uno de ellos nos permiten almacenar datos momentáneamente y realizar un basto número de instrucciones del 8051. También dentro de este espacio, se encuentran 16 bytes (del 20H al 2FH) que pueden ser direccionados directamente por bit. En la parte alta de la memoria RAM interna, se encuentran el contenido de los Registros de Funciones Especiales, formado por Puertos, Registros de Control, Acumuladores, Registros de interrupción, etc.

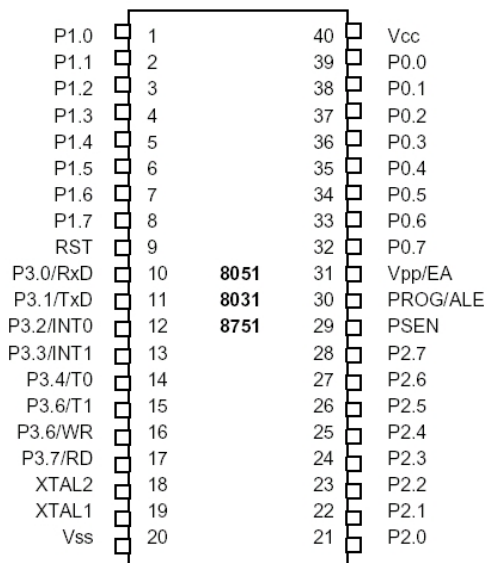


Figura 5.6 - Asignación de los pines del microprocesador 8051

El 8051 está empaquetado en una cápsula de 40 pines, así como se muestra en la figura 5.5, y en la figura 5.6 mostramos el diagrama de pines del circuito, como vemos algunos pines tienen doble función, como el pin 16, que es el bit 6 del puerto tres o también puede ser el bit Write para escribir en la memoria de datos.



Figura 5.5 - Fotografía de uno de los primeros circuitos integrados 8051, fabricado por Intel.

**Puerto 0 (Pines del 32 al 39):** Es un puerto bidireccional con salidas en colector abierto. Cuando el puerto tiene 1's escritos, las salidas están flotadas y pueden servir como entradas en alta impedancia. El puerto 0 es también multiplexado para obtener el DATO y la parte baja de la dirección.

**Puerto 1 (Pines del 1 al 8):** Es un puerto quasidireccional, cuando se escribe 1's en el puerto, el puerto puede ser utilizado como entrada.

**Puerto 2 (Pines del 21 al 28):** Es un puerto quasi-bidireccional con fijadores de nivel internos (pull-up). Cuando se escriben 1's sobre el puerto, las líneas pueden ser utilizadas como entradas o salidas. Como entradas, las líneas que son externamente colocadas en la posición baja proporcionarán una corriente hacia el exterior. El puerto 2 es utilizado además para direccionar memoria externa. Este puerto, emite el byte más alto de la dirección durante la búsqueda de datos en la memoria del programa externo y durante el acceso a memorias de datos externos que usan direccionamientos de 16 bits. Durante el acceso a una memoria de dato externa, que usa direcciones de 8 bits, el puerto dos emite el contenido del registro del correspondiente a este puerto, que se encuentra en el espacio de funciones especiales.

**Puerto 3 (Pines del 10 al 17):** Es un puerto quasi-bidireccional con fijadores de nivel internos (PULL-UP). Cuando se escriben 1's sobre el puerto, las líneas pueden ser utilizadas como entradas o como salidas. Como entradas las líneas que son externamente colocadas en la posición baja proporcionarán una corriente. El puerto 3 se utiliza además para producir señales de control de dispositivos externos como son los siguientes:

- **RxD(P3.0):** Puerto serie de entrada.
- **TxD(P3.1):** Puerto serie de salida.
- **INT0(P3.2):** Interrupción externa.
- **INT1(P3.3):** Interrupción externa.
- **T0(P3.4):** Entrada externa timer0.
- **T1(P3.5):** Entrada externa timer1.
- **WR(P3.6):** Habilitador de escritura para memoria externa de datos.
- **RD (P3.7):** habilitador de lectura para la memoria externa de datos.

**Reset (Pin 9):** Una entrada alta en esta línea durante dos ciclos de maquina mientras el oscilador está corriendo detiene el dispositivo. Un resistor interno conectado a Vss permite un alto en la fuente usando solamente un capacitor externo a VCC.

**Address Latch Enable (Pin 30):** Un pulso positivo de salida permite fijar el byte bajo de la dirección durante el acceso a una memoria externa. En operación normal, ALE es emitido en un rango constante de 1/6 de la frecuencia del oscilador, y puede ser usada para cronometrar. Note que un pulso de ALE es emitido durante cada acceso a la memoria de datos externos.

**Program Store Enable (Pin 29):** Habilitador de lectura para memoria de programas externos. Cuando el 8031/8051 está ejecutando un código de una memoria de programas externos, PSEN es activada dos veces cada ciclo de máquina, excepto cuando se accesa la memoria de datos externos que omiten las dos activaciones del PSEN externos. PSEN tampoco es activada cuando se usa la memoria de programas internos.

**External Access Enable (Pin 31):** EA debe mantenerse externamente en posición baja para habilitar el mecanismo que elige el código de las localizaciones de la memoria de programas externos, 0000H y 0FFFH. Si EA se mantiene en posición alta, el dispositivo ejecuta los programas que se encuentran en la memoria interna ROM, a menos que el contador del programa contenga una dirección mayor a 0FFFH.

## INSTRUMENTACIÓN

### DEFINICIONES

## INSTRUMENTACIÓN

Se llama sensor al instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica (antaño se utilizaban señales hidráulicas), que refleja el valor de una propiedad, mediante alguna correlación definida (su ganancia).

En términos estrictos, un sensor es un instrumento que no altera la propiedad sensada. Por ejemplo, un sensor de temperatura sería un instrumento tal que no agrega ni cede calor a la masa sensada, es decir, en concreto, sería un instrumento de masa cero o que no contacta la masa a la que se debe medir la temperatura (un termómetro de radiación infrarroja, p.e.)

Existe, además, el concepto estricto de transductor, que es un instrumento que convierte una forma de energía en otra (o una propiedad en otra). Por ejemplo, un generador eléctrico en una caída de agua es un conocido transductor de energía cinética de un fluido en energía eléctrica; sobre esta base se podría pensar, por ejemplo, en un transductor de flujo a señal eléctrica consistente de un pequeño generador a paletas movilizadas por el caudal a medir. Los transductores siempre retiran algo de energía desde la propiedad medida, de modo que al usarlo para obtener la cuantificación de una propiedad en un proceso, se debe verificar que la pérdida no impacte al proceso sensado en alguna magnitud importante.

En el terreno de la instrumentación y control se habla de sensores, para englobar tanto transductores como sensores, dándose por sentado que cuando se utilizan transductores, la potencia que se absorberá será mínima. Es decir, es responsabilidad del diseñador asegurar que la medición de una propiedad no altere el proceso.

**TIPOS DE SENSORES** Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos. Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano.

A continuación se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos:

- **Sensores de temperatura:** Termopar, Termistor
- **Sensores de deformación:** Galga extensiométrica
- **Sensores de acidez:** IsFET
- **Sensores de ópticos:** fotodiodo, fotorresistencia
- **Sensores de sonido:** micrófono
- **Sensores de contacto:** final de carrera

Los sensores también se pueden dividir en:

- **Pasivos:** los que necesitan un aporte de energía externa.
- **Resistivos:** son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de su resistencia eléctrica. Un ejemplo puede ser un termistor, que sirve para medir temperaturas.
- **Capacitivos:** son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la capacidad de un condensador. Un ejemplo es un condensador con un material en el dieléctrico que cambie su conductividad ante la presencia de ciertas sustancias.
- **Inductivos:** son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la inductancia de una bobina. Un ejemplo puede ser una bobina con el núcleo móvil, que puede servir para medir desplazamientos.
- **Activos:** los que son capaces de generar su propia energía. A veces también se les llama sensores generadores. Un ejemplo puede ser un transistor en el que la puerta se sustituye por una membrana permeable sólo a algunas sustancias (IsFET), que puede servir para medir concentraciones.

**SOBRE EL ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL** Por lo general la señal de salida de estos sensores no es apta para su procesamiento, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, y amplificadores que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería.

Por lo general se requiere de una amplificación para adaptar sus niveles a los del resto de la circuitería. Un ejemplo de amplificador es el amplificador de instrumentación, que es muy inmune a cierto tipo de ruido. Aparte de adaptar niveles, también puede que la salida del sensor no sea lineal o incluso que ésta dependa de las condiciones de funcionamiento (como la temperatura ambiente o la tensión de alimentación) por lo que hay que linealizar el sensor y compensar sus variaciones. La compensación puede ser hardware o software, en este último caso ya no es parte del acondicionador.

Otras veces la información de la señal no está en su nivel de tensión, puede que esté en su frecuencia, su corriente o en algún otro parámetro, por lo que también se pueden necesitar demoduladores, filtros o convertidores corriente-tensión. Un ejemplo de cuando la información no está en el nivel de tensión puede ver un sensor capacitivo, en el que se necesita que tenga una señal variable en el tiempo (preferentemente sinusoidal).

Por último, entre el acondicionador y el siguiente paso en el proceso de la señal puede haber una cierta distancia o un alto nivel de ruido, por lo que una señal de tensión no es adecuada al verse muy afectada por estos dos factores. En este caso se debe adecuar la señal para su transporte, por ejemplo transmitiendo la información en la frecuencia o en la corriente (por ejemplo el bucle de 4-20mA).

**SENSORES ÓPTICOS** Ahora bien, de todos los tipos de sensores u transductores. Los que nos interesan son los del tipo óptico. Puesto que son los que se van a utilizar en los módulos que integran la línea transportadora inteligente.

Los sensores ópticos o fotodetectores son aquellos componentes que varían algún parámetro eléctrico en función de la luz. Todos los fotodetectores están basados en el mismo principio. Si construimos un componente con un material semiconductor de manera que la luz pueda incidir sobre dicho material, la luz generará pares electrón - hueco. En este capítulo se estudiarán principalmente el funcionamiento de tres componentes:

- , Fotorresistencias
- , Fotodiodos
- , Fototransistores

**FOTORRESISTENCIAS:** Una fotorresistencia se compone de un material semiconductor cuya resistencia varía en función de la iluminación. La fotorresistencia reduce su valor resistivo en presencia de rayos luminosos.

Es por ello por lo que también se le llama resistencias dependientes de luz (light dependent resistors), fotoconductores o células fotoconductoras. Cuando incide la luz en el material fotoconductor se generan pares electrón - hueco. Al haber un mayor número de portadores, el valor de la resistencia disminuye. De este modo, la fotorresistencia iluminada tiene un valor de resistencia bajo.

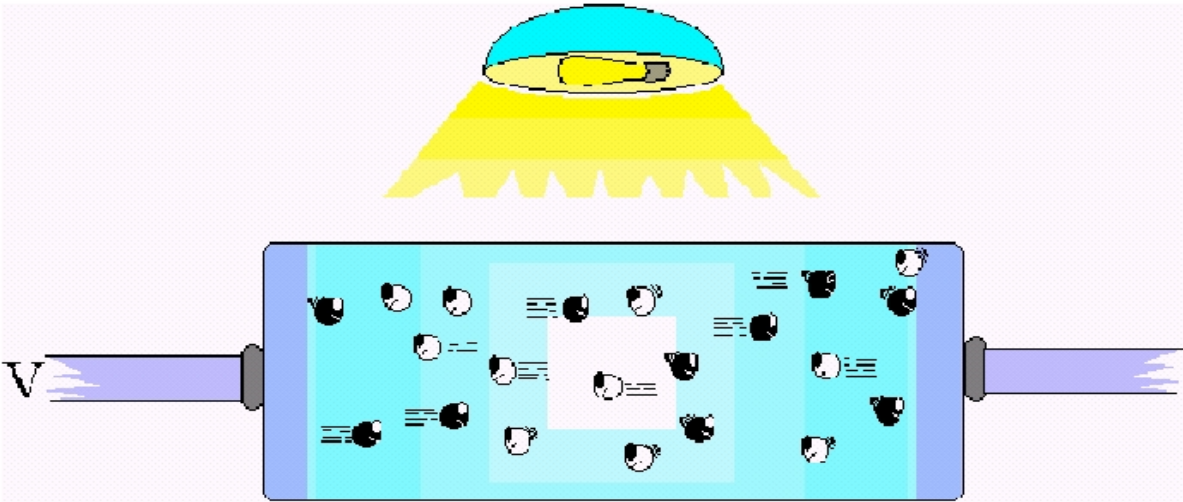


Figura 5.7 - Si dejamos de iluminar, los portadores fotogenerados se recombinarán hasta volver hasta sus valores iniciales. Por lo tanto el número de portadores disminuirá y el valor de la resistencia será mayor.

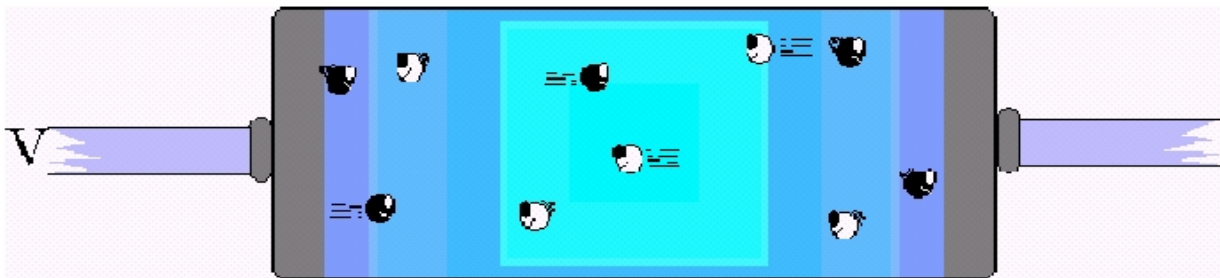


Figura 5.8 - Estado de conducción sin fotogeneración

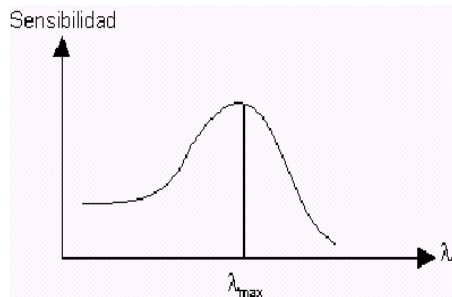


Figura 5.9 - Variación de resistencia en función de la longitud de onda de la radiación.

Por supuesto, el material de la fotorresistencia responderá a unas longitudes de onda determinadas. Es decir, la variación de resistencia será máxima para una longitud de onda determinada. Esta longitud de onda depende del material y el dopado, y deberá ser suministrada por el proveedor. En general, la variación de resistencia en función de la longitud de onda presentan curvas como las de la figura. El material mas utilizado como sensor es el CdS, aunque también puede utilizarse Silicio, GaAsP y GaP.

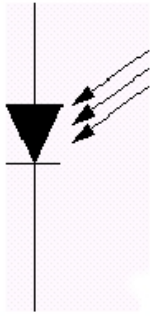


Figura 5.10 - Símbolo eléctrico del fotodiodo

**FOTODIODOS:** Los fotodiodos son diodos de unión PN cuyas características eléctricas dependen de la cantidad de luz que incide sobre la unión. El efecto fundamental bajo el cual opera un fotodiodo es la generación de pares electrón - hueco debido a la energía luminosa. Este hecho es lo que le diferencia del diodo rectificador de silicio en el que, solamente existe generación térmica de portadores de carga. La generación luminosa, tiene una mayor incidencia en los portadores minoritarios, que son los responsables de que el diodo conduzca ligeramente en inversa.

El comportamiento del fotodiodo en inversa se ve claramente influenciado por la incidencia de luz. Conviene recordar que el diodo real presenta unas pequeñas corrientes de fugas de valor  $I_S$ . Las corrientes de fugas son debidas a los portadores minoritarios, electrones en la zona P y huecos en la zona N. La generación de portadores debido a la luz provoca un aumento sustancial de portadores minoritarios, lo que se traduce en un aumento de la corriente de fuga en inversa tal y como se ve en la figura. El comportamiento del fotodiodo en directa apenas se ve alterado por la generación luminosa de portadores. Esto es debido a que

los portadores provenientes del dopado (portadores mayoritarios) son mucho más numerosos que los portadores de generación luminosa. Para caracterizar el funcionamiento del fotodiodo se definen los siguientes parámetros:

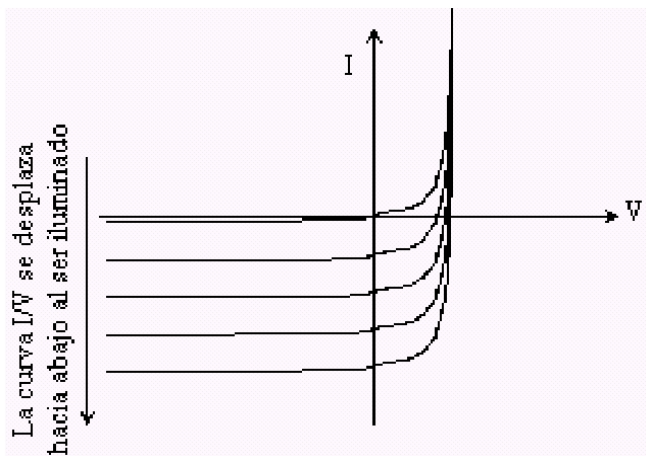


Figura 5.11 - Curvas características del fotodiodo

■ Corriente oscura (dark current): Es la corriente en inversa del fotodiodo cuando no existe luz incidente.

■ Sensibilidad del fotodiodo: Es el incremento de intensidad al polarizar el dispositivo en inversa por unidad de intensidad de luz, expresada en luxes o en  $mW/cm^2$ .

Los fotodiodos son más rápidos que las fotorresistencias, es decir, tienen un tiempo de respuesta menor, sin embargo solo pueden conducir en una polarización directa corrientes relativamente pequeñas. Un fotodiodo presenta una construcción análoga a la de un diodo LED, en el sentido que necesita una ventana transparente a la luz por la que se introduzcan los rayos luminosos para incidir en la unión PN. En la Figura, aparece una geometría típica. Por supuesto, el encapsulado es transparente a la luz.

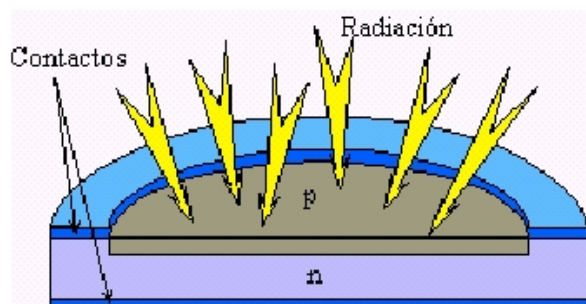


Figura 5.12 - Corte transversal de un fotodiodo comercial



Figura 5.13 - Símbolo eléctrico del fototransistor.

**FOTOTRANSISTOR:** Se trata de un transistor bipolar sensible a la luz. La radiación luminosa se hace incidir sobre la unión colector base. En esta unión se generan los pares electrón - hueco, que provocan la corriente eléctrica. El funcionamiento de un fototransistor viene caracterizado por los siguientes puntos:

- Un fototransistor opera, generalmente sin terminal de base ( $I_b=0$ ) aunque en algunos casos hay fototransistores tienen disponible un terminal de base para trabajar como un transistor normal.
- La sensibilidad de un fototransistor es superior a la de un fotodiodo, ya que la pequeña corriente fotogenerada es multiplicada por la ganancia del transistor.
- Las curvas de funcionamiento de un fototransistor son las que aparecen en la figura 9.17. Como se puede apreciar, son curvas análogas a las del transistor BJT, sustituyendo la intensidad de base por la potencia luminosa por unidad de área que incide en el fototransistor.

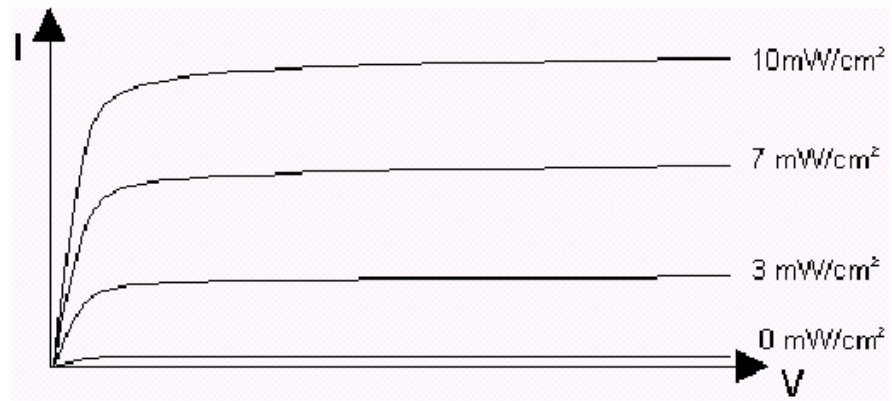


Figura 5.14 - Curvas características de un fototransistor típico.



## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Manuel Peralta; **SISTEMAS DE INFORMACIÓN**; <http://www.monografias.com/trabajos7/sisinf/sisinf.shtml>
- [2] Salvador Macías Hernández; **RELOJ DIGITAL**; <http://www.geocities.com/evaristgalois/Proyectos/RelojDigital/RelojDigital1.html>
- [3] A.J.Millán; **EL PROCESADOR**; <http://www.zator.com/Hardware/H3.htm>
- [4] Jesús Alonso Rodríguez; **CÓDIGO MÁQUINA, EL MICROPROCESADOR Z-80**; Hobby Press, S.A.
- [5] Wikipedia; **CONTADOR DE PROGRAMA**; [http://es.wikipedia.org/wiki/Contador\\_de\\_programa](http://es.wikipedia.org/wiki/Contador_de_programa)
- [6] Juan Rubio; **EL MICROPROCESADOR**; <http://mssimplex.com/microprocesador.htm>
- [7] Intel; **HOW MICROPROCESSORS WORK**; [http://www.intel.com/education/mpworks/index.htm?iid=intelmuseum+home\\_bemicro&](http://www.intel.com/education/mpworks/index.htm?iid=intelmuseum+home_bemicro&)
- [8] Jorge Machado; **1971 - 1981 CUARTA GENERACIÓN DE LAS COMPUTADORAS**; <http://www.persystems.com/historia/cuartag.htm>
- [9] Unicrom.com; **LA HISTORIA DEL PLC (PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER)**; [http://www.unicrom.com/art\\_historia\\_PLC.asp](http://www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp)
- [10] National Instruments; **CONSTRUYENDO UN MEJOR CONTROLADOR**; [http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/FB56F4E9485272C886256FB6004BBDCE?OpenDocument&node=165520\\_esa](http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/FB56F4E9485272C886256FB6004BBDCE?OpenDocument&node=165520_esa)
- [11] Sergio Aurtenetxea; **DESCRIPCIÓN DE LOS SFRs ESTÁNDAR**; [http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/web\\_8051/Contenido/tutor8051\\_52/Capitulo%202/description\\_de\\_los\\_sfrs.htm#TCON](http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/web_8051/Contenido/tutor8051_52/Capitulo%202/description_de_los_sfrs.htm#TCON)
- [12] Dr. Alejandro Vega S.; **CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MICROCONTROLADOR 8051**.
- [13] Intel; **MCS 51 MICROCONTROLLER FAMILY USER'S MANUAL**.
- [14] Wikipedia; **SENSOR**;
- [15] Wikipedia; **INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA**;
- [17] Plaquetodo; Libro 7- Experiencia 4; **OPTOELECTRONICA**