

Organización de los sistemas computarizados

Introducción

Las computadoras se han utilizado de forma general desde los años 50's. En un principio las computadoras digitales eran sistemas grandes y costosos utilizados por el gobierno, universidades y grandes empresas. El tamaño y forma de las computadoras digitales cambiaron gracias a la invención del circuito integrado (IC). El cual permitió tener todo un procesador en una sola pastilla denominándolo *microprocesador*. El microprocesador es un pequeño, pero extremadamente complejo dispositivo LSI o VLSI. Las computadoras utilizan un *programa almacenado*. Una computadora utiliza un microprocesador y como mínimo algún tipo de memoria semiconductora.

Las computadoras habitualmente son unidades de *propósito general*. Normalmente se programan muchas veces y se utilizan para realizar varias tareas. Las *computadoras dedicadas* o *sistemas computarizados* se emplean cada vez mas debido al uso de los microprocesadores que actualmente son pequeños y de bajo costo. Un sistema computarizado se programa para realizar solo pocas tareas, como ocurre en los juguetes, automóviles, herramientas, sistemas automatizados etc.

Organización de un sistema computarizado

Debido a que los sistemas computarizados son computadoras dedicadas la organización de ello es igual a de una computadora y la base que conforma una computadora es la unidad central de procesamiento o CPU, la sección memoria y la sección de entrada salida o E/S. Estas tres secciones están interconectadas por tres conjuntos de líneas paralelas llamados buses o ductos. Estos tres buses son : el *bus de direcciones*, el *bus de datos* y el *bus de control*. La figura 1 y 2 muestran un diagrama de bloques simplificado de una microcomputadora.

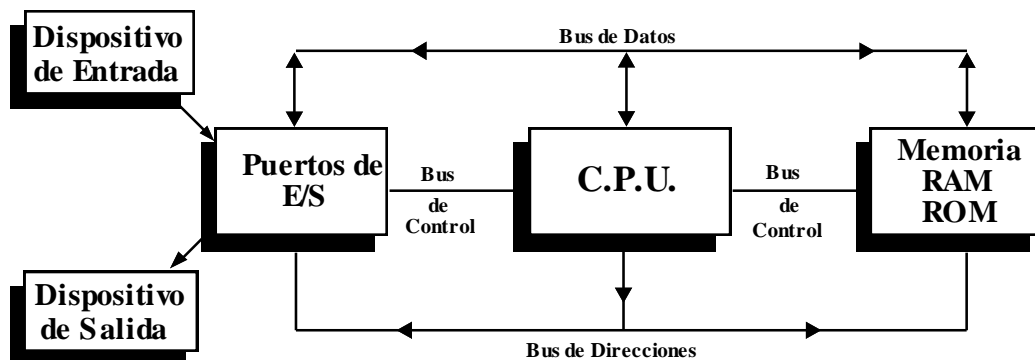


Figura 2. Diagrama de bloques simplificado de una microcomputadora.

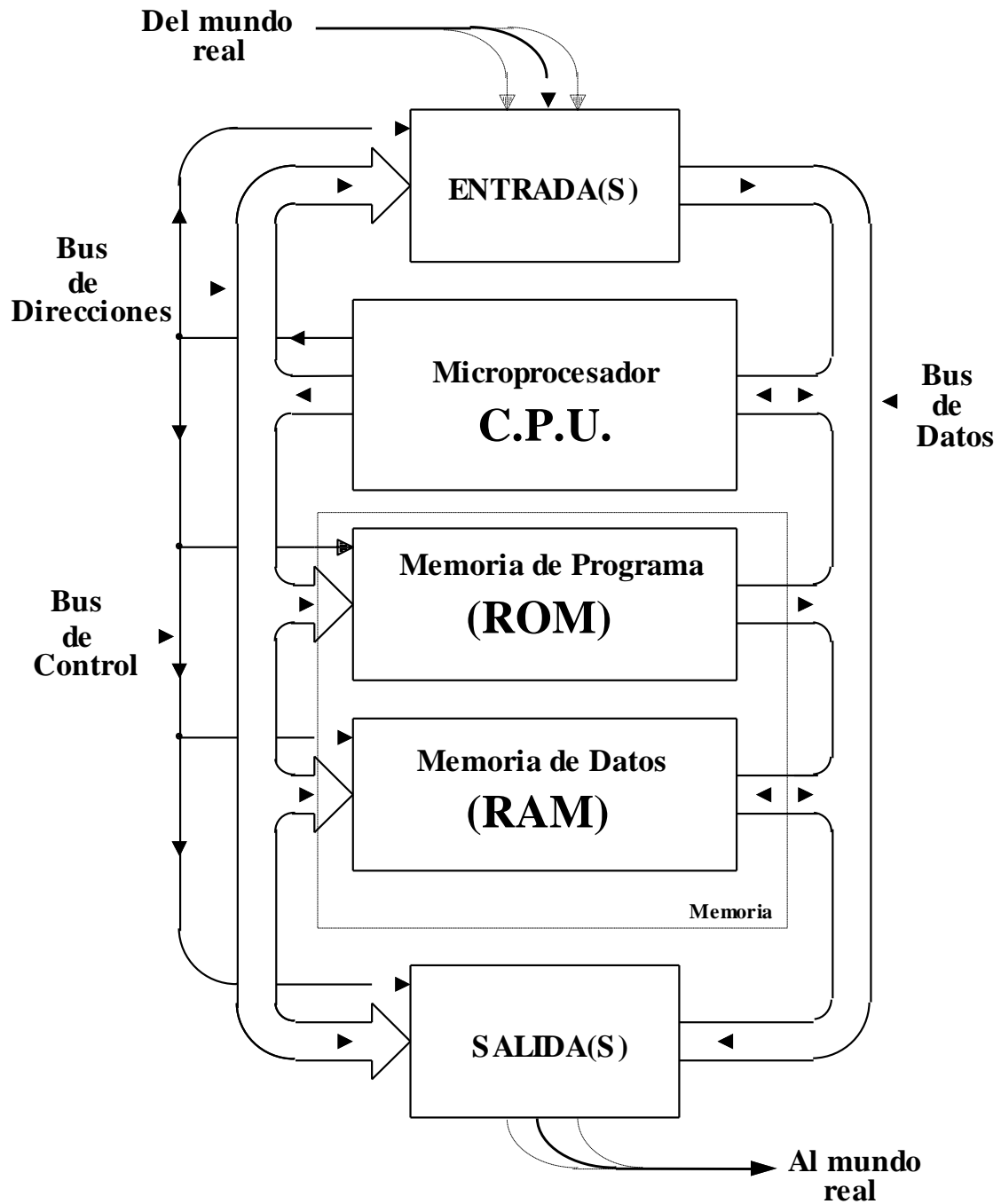


Figura 2. Diagrama de bloques de un sistema basado en microprocesador

Memoria

La memoria generalmente de una mezcla de RAM y ROM. También puede tener dispositivos de memoria diferentes a RAM y ROM (memorias de estado sólido) como lo son los discos óptico, discos duros y discos flexibles. La memoria tiene dos propósitos, el primero es almacenar códigos binarios de la secuencia de instrucciones que se quiere ejecutar por el sistema. El segundo propósito es almacenar el código binario de las datos con los cuales se trabajará.

Sección de Entrada/Salida

La sección de entrada y salida (E/S) permite a la computadora tomar datos del mundo real o mandar datos al mundo real. Los periféricos tales como teclados, pantalla, impresores y modems se conectan a la sección de E/S. Esta sección permite que el usuario y la computadora se comuniquen en diferentes direcciones es decir usuario→computadora y computadora→usuario.

Los dispositivos físicos actuales utilizados para interfazar los buses de la computadora a sistemas externos se les denomina puertos. Un puerto de entrada permite que la información de un teclado o un convertidor analógico digital (ADC) o alguna otra fuente pueda ser leído por la computadora bajo el control del CPU. Un puerto de salida se utiliza para mandar información de la computadora a algún periférico tal como pantalla, impresora o un convertido digital analógico (DAC).

Físicamente un puerto de entrada o de salida es un conjunto de flip-flops tipo D los cuales permiten el paso de la información cuando son habilitados o activados por una señal de control del CPU.

Unidad Central de Procesamiento (CPU)

La unidad central de procesamiento o CPU controla las operaciones del sistema computarizado, este trae el código binario de la instrucción desde la memoria, decodifica las instrucciones a una serie de acciones simples y lleva acabo tales acciones. EL CPU contiene una unidad aritmética y lógica (ALU), la cual realiza operaciones como sumar, restar, or, and, xor, invertir etc. sobre palabras binarias, cuando las instrucciones así lo requieran. El CPU también contiene un *contador de direcciones o contador de programa* el cual se utiliza para retener la dirección de la próxima instrucción o dato a ser traído desde la memoria, ademas contiene registros de propósito general los cuales se utilizan para almacenar temporalmente datos binarios y un circuitería de control que genera las señales del bus de control.

Bus de Direcciones

El bus de direcciones consiste de 16,20,24 o mas líneas de señales en paralelo. Por estas líneas el CPU envía la localidad de memoria en la cual va escribir o leer. El número de localidades que el CPU puede direccionar o acceder se determina por el número de líneas del bus de direcciones. Si el CPU tiene N líneas de dirección entonces puede direccionar 2^N localidades. Cuando el CPU lee o manda datos a o desde un puerto, el la dirección del puerto también se envía por el bus de direcciones.

Bus de Datos

El bus de datos consiste de 8,16, 32 o mas líneas de señales en paralelo, estas líneas son *bidireccionales*. Esto significa que el CPU puede leer datos por estas líneas desde la memoria o un puerto así también puede mandar datos a una localidad de memoria a un puerto. Muchos dispositivos en un sistema pueden tener sus salidas conectadas al bus de datos, pero las salidas de solo un dispositivo pueden estar habilitadas. Cualquier dispositivo conectado al bus de datos debe ser de tres estados así estos dispositivos pueden estar flotados cuando no estén en uso.

Bus de Control

El bus de control consiste de 4 a 10 líneas de señales en paralelo. El CPU manda señales sobre el bus de control para habilitar las salidas de los dispositivos de memoria o puertos direccionados. Generalmente las señales del bus de control son *leer memoria escribir en memoria, leer E/S y escribir E/S*. Por ejemplo para leer un dato de un byte de una localidad de memoria, el CPU manda la dirección de la localidad de memoria deseada por el bus de direcciones y después manda la señal de lectura de memoria por el bus de control. La señal de lectura habilita al dispositivo de memoria direccionado para proporcionar el dato de un byte en el bus de datos de donde es leído por el CPU.

Hardware, Software y Firmware

Cuando se trabaja en el ambiente de las computadoras constantemente se utilizan los términos hardware, software y firmware. *Hardware* es el nombre que se le da a los dispositivos físicos y circuitos de la computadora. *Software* se refiere a los programas escritos para la computadora. *Firmware* es el termino que se le da a los programas almacenados en ROM.

Organización simplificada de la Memoria

Los sistemas computarizados generalmente utilizan circuitos integrados de memoria para almacenar programas y datos. El mas simple dispositivo de memoria es el flip-flop, el cual almacena un bit de información. Escribir o leer en una posición de memoria se denomina *accesar* a la memoria. En una *memoria de acceso aleatorio*, cualquier posición de memoria puede ser escrita o leída en un tiempo determinado llamado *tiempo de acceso*.

En una microcomputadora el microprocesador tiene comunicación con la memoria mediante el bus de direcciones, las líneas de bus de direcciones pueden generar combinaciones diferentes de ceros y unos. Algunas combinaciones se muestran bajo el bus de direcciones en la figura 3. La representación de las direcciones en forma hexadecimal es mas eficiente que la representación binaria o decimal, esto debido a que con menor número de dígitos se puede representar cantidades mayores. Obsérvese el uso de la letra H para designar la representación hexadecimal.

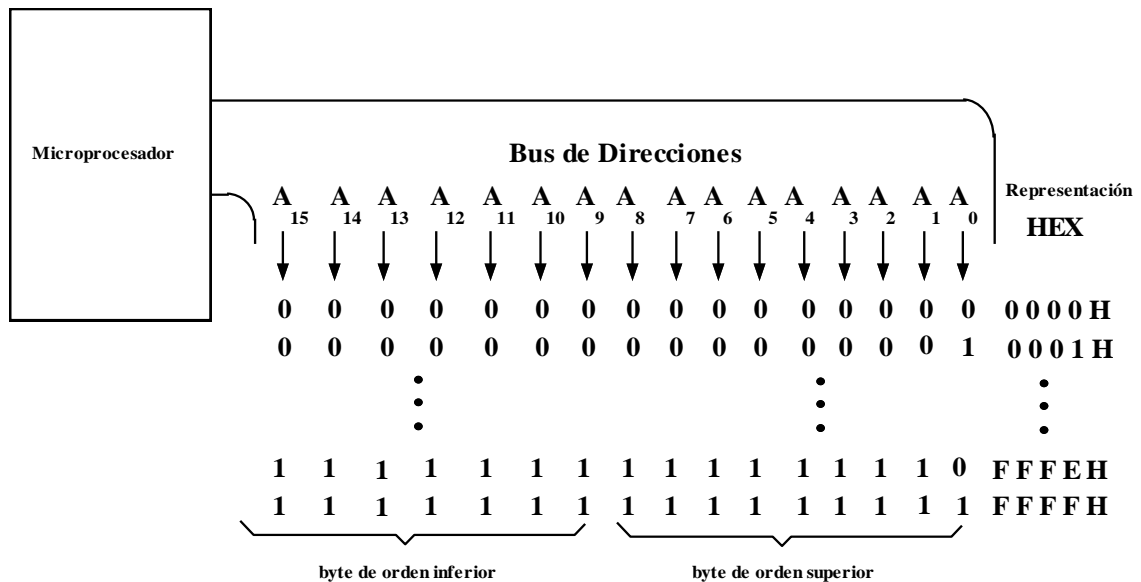


Figura 3. Representación de las direcciones del microprocesador.

La figura 4 muestra la arquitectura interna básica de una memoria del tipo SRAM (Static Random Access Memory), en ella puede observarse que consta de un arreglo matricial de flip-flops en los que se retiene la información (bits) y un decodificador el cual convierte la dirección binaria a una posición de memoria la cual esta constituida por un renglón del arreglo matriz de flip-flops.

La figura 5 muestra una memoria RAM de $1K \times 8$. Esta RAM contiene 1024 localidades de 8 bits cada una. Las líneas de datos son bidireccionales dado que el dato puede salir o entrar a la RAM.

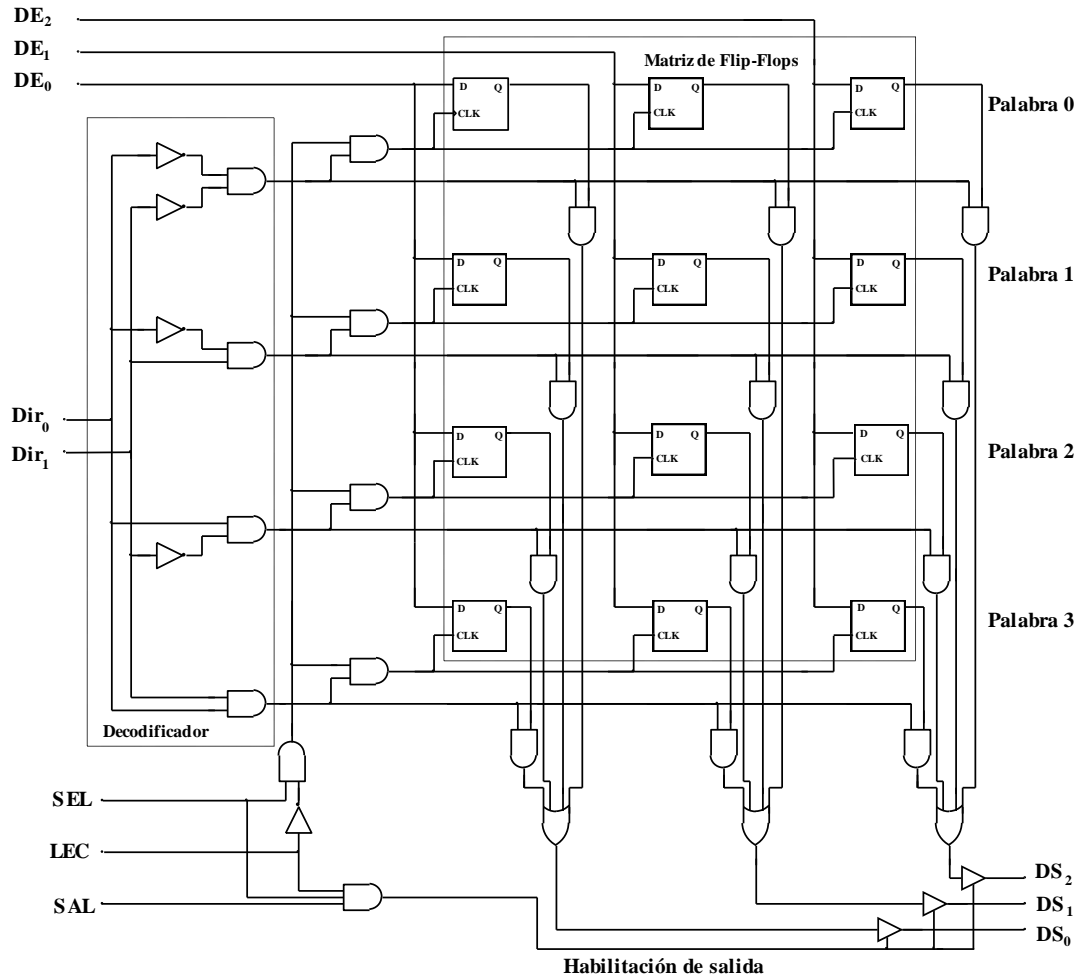


Figura 4. Arquitectura interna básica de una SRAM

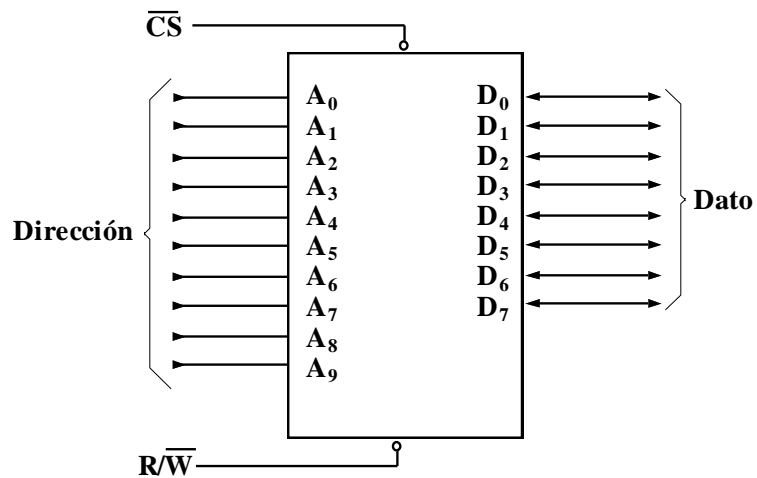


Figura 5. RAM de $1K \times 8$ bits o 1K bytes

Puertos de Salida

La figura 7 muestra un puerto de salida con la asignación de dirección 3000H. El latch es activado cuando la dirección 3000H esta presente en el bus de direcciones y ademas una activación de las señal de control ($\overline{I/O}$ W) ocurre. Una vez activado el latch , el dato del bus de datos es almacenado en el. Por medio de este sistema el microprocesador puede causar que un dato especificado por el programa aparezca en las salidas del latch.

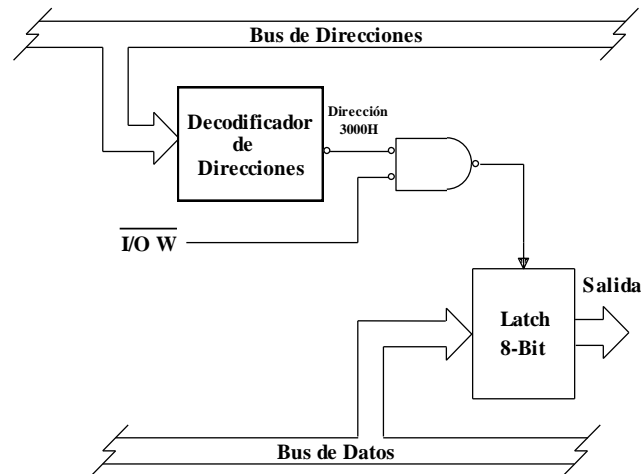


Figura 7. Puerto de salida decodificado en la dirección 3000H.

Puertos de entrada

Los puertos de entrada son conectados de manera similar a al figura 8. A la salida del decodificador de direcciones se le aplica la operación AND con una señal de control ($\overline{I/O}$ R) para generar la habilitación del puerto. El puerto de entrada es un latch con salida de tres estados las cuales solo se activan cuando es habilitado el latch. De esta manera el microprocesador puede leer un dato de las linea de salida del latch por medio de una operación de lectura a la dirección apropiada. Entonces el microprocesador puede almacenar el dato en algún registro interno.

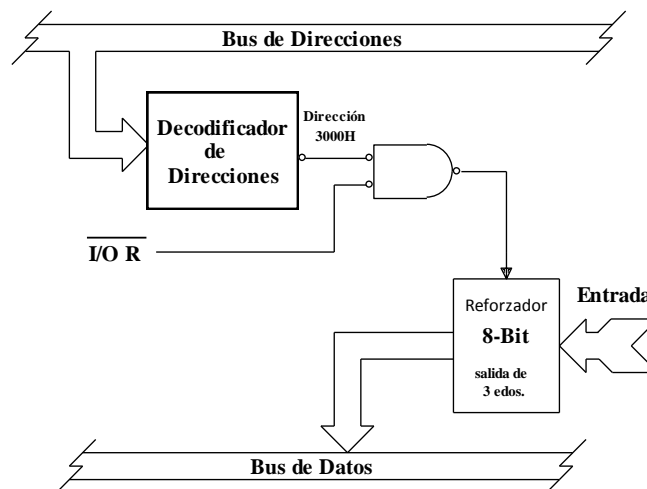


Figura 8. Puerto de entrada decodificado en la dirección 3000H.

Decodificadores de Dirección Para Varios Dispositivos

Supóngase que se requiere de un decodificador de direcciones para controlar ocho puertos de E/S en vez de solo uno. Ocho decodificadores similares al de la figura 6 podrían utilizarse, pero existe un método mas sencillo. La figura 9 muestra un decodificador de direcciones el cual genera señales de selección para las direcciones 3000, 3001, ... ,3007. Para esas ocho direcciones, solamente cambian tres bits de orden mas bajo (A_0 , A_1 y A_2) de los 16 bits que forman la dirección. Los trece bits de orden mas alto pueden decodificarse mediante un circuito similar al de la figura 6. La salida de este circuito se utiliza como habilitador de un decodificador como el 74LS138. Este decodificador entonces puede generar ocho salidas separadas, una para cada posible combinación de A_0 , A_1 y A_2 . El decodificador es deshabilitado (todas las salidas falsas) si los trece bits de mayor orden no son del valor adecuado.

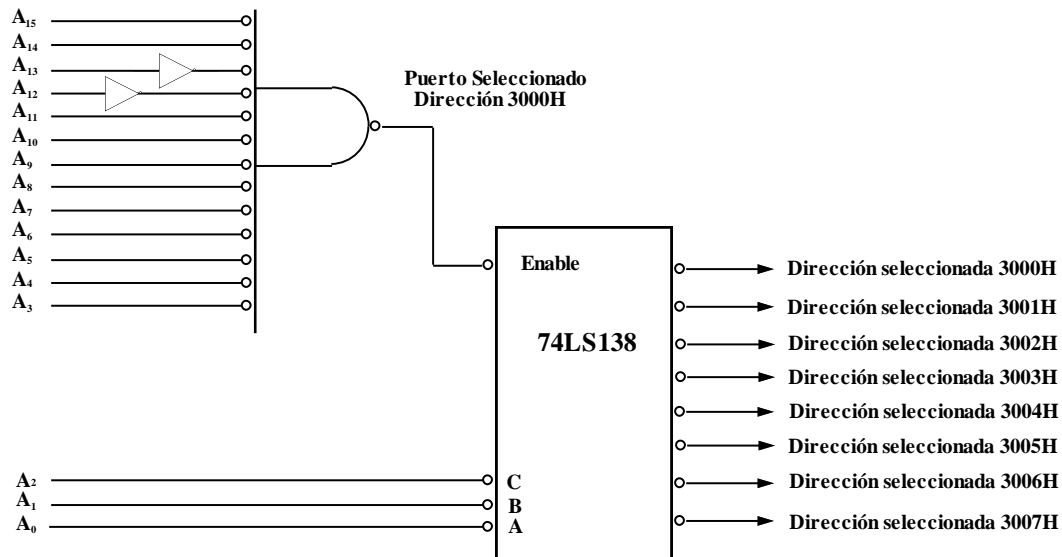


Figura 9. Decodificador múltiple utilizando un IC 74LS138

Organización simplificada del CPU

La principal unidad de funcionamiento de cualquier sistema de computadora es la unidad central de proceso (CPU). Las principales funciones del CPU de una microcomputadora son:

- Seleccionar, codificar y ejecutar instrucciones de programa en el orden adecuado.
- Transferir datos hacia y desde la memoria, y hacia y desde las secciones de E/S.
- Responder a interrupciones externas.
- Proporcionar las señales de control y de tiempo necesarias para la totalidad del sistema.

La mayoría de los CPU de los microprocesadores contiene como mínimo los elementos mostrados en la figura 10. Las secciones principales incluyen diverso registros, la unidad aritmética y lógica, el decodificador de instrucciones y la sección de temporización y control. La mayoría de los CPU realmente contienen mas registros especiales, así como muchas entradas y salidas no detalladas en la figura 10.

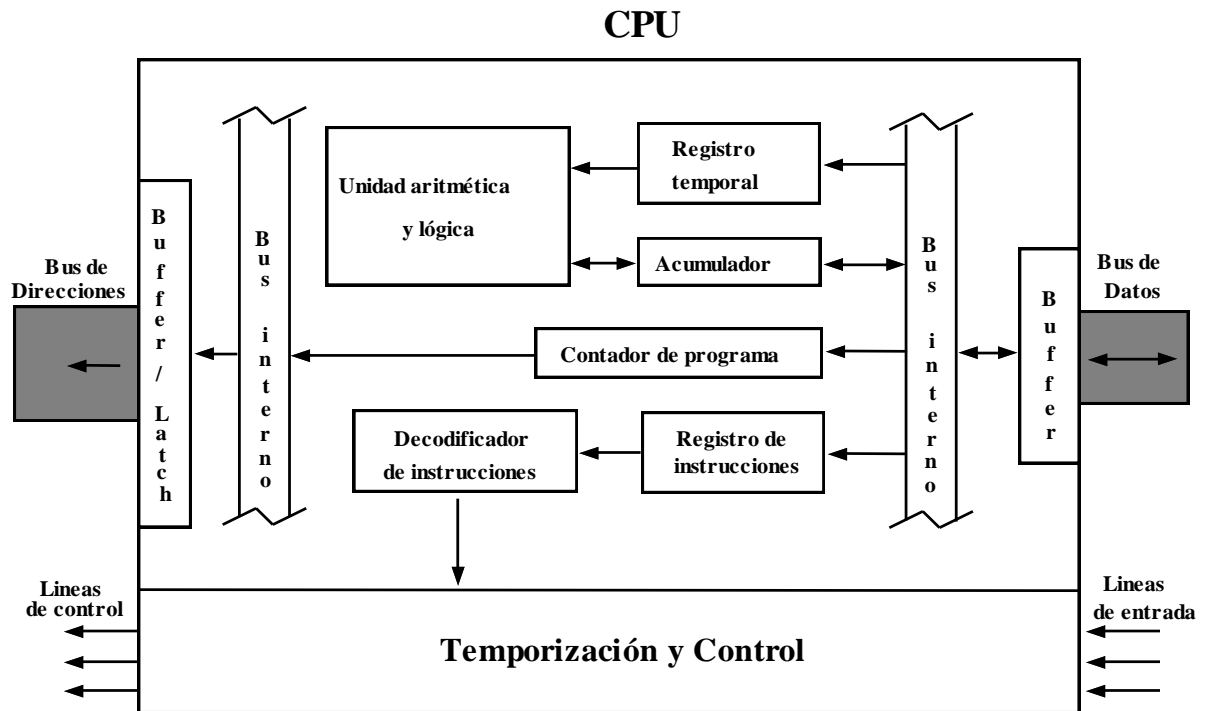
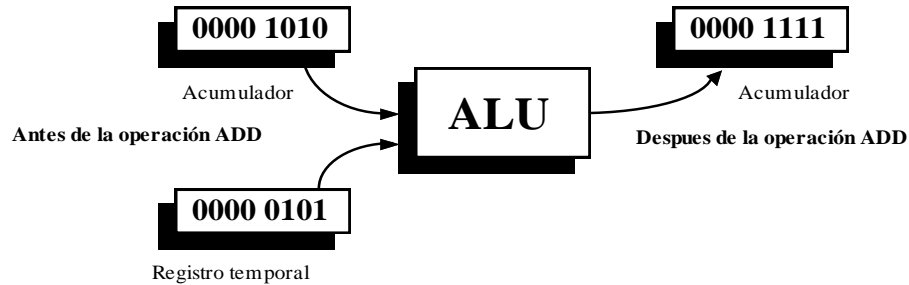
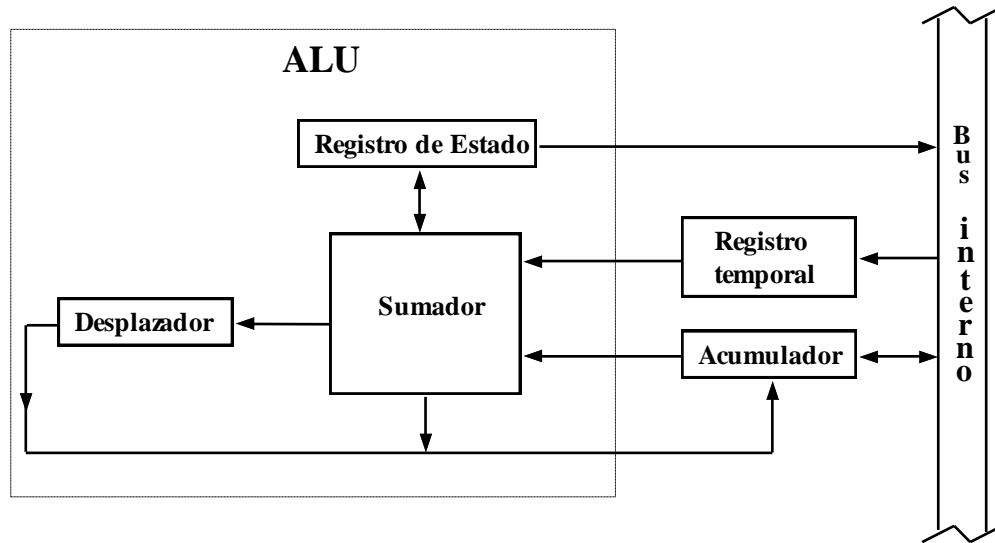


Figura 10. Arquitectura simplificada del CPU.

La *unidad aritmética y lógica* (ALU) del CPU realiza operaciones tales como suma, corrimiento circular, comparación, incrementar, decrementar, negar, AND, OR, XOR, complemento, limpiar y preestablecer. Si la ALU fuera dirigida por medio de la instrucción ADD para sumar, el procedimiento sería algo como lo que se vería en la figura siguiente:



(a) Ejecución de la instrucción de sumar en la ALU.



(b) Organización de la ALU

Figura 11

Como se ve en la figura 11 (a), el contenido del acumulador ($0A_{16}$) se suma al contenido del registro temporal (05_{16}) luego la suma ($0F_{16}$) se coloca de regreso en el acumulador.

Los flip-flop individuales o banderas, incluyen indicadores de cero, resultado negativo, acarreo, etc. Las banderas sirven para la toma de decisiones cuando se utilizan instrucciones subsecuentes de bifurcación. Los registros temporales y de acumulador a menudo se consideran parte de la ALU.

Sección de Control de Tiempo

Es probablemente la mas completa del CPU y la microcomputadora en su totalidad, cada instrucción de un programa puede dividirse en las etapas de seleccionar, decodificar y ejecutar. A su vez cada una de estas etapas puede ser subdivididas en una serie de pequeños pasos conocidos como MICROPROGRAMAS. El microprograma de cada instrucción reside en la sección de la decodificación de instrucciones y es ejecutado por la sección de control y de tiempo de la CPU.

El contador de programa es un registro de 16 bits que contiene la dirección de la siguiente instrucción que será seleccionada de la memoria. La ejecución secuencial de las instrucciones del programa puede ser alterada por ordenes especiales de bifurcación llamado o retorno, o por interrupciones que hacen que el contador del programa brinque a un número que no es el siguiente.

La secuencia de instrucciones, captación-decodificación-ejecución es fundamental en la operación de la computadora.

La primer instrucción seleccionada de la memoria de un programa se supone que es el código de operación de la primera instrucción y es colocada en el registro de instrucción por la sección de control de la CPU.

El código de operaciones es entonces interpretado por el decodificador de instrucciones luego, este dirige la sección de control y de tiempo que el microprograma va a seguir para ejecutar la instrucción específica.

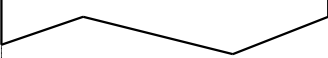
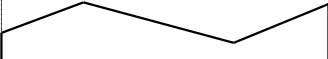
Memoria de Programa		
Direcciones (HEX)	Contenido (HEX)	
0000	86	} 1 - CARGAR (LOAD)
0001	0A	
0002	8B	} 2 - SUMAR (ADD)
0003	05	
0004	8B	} 3 - SUMAR (ADD)
0005	12	
0006	B7	} 4 - ALMACENAR (STORE)
0007	20	
0008	00	
		
Memoria de Datos		
		
2000	??	
2001	??	
2002	??	

Figura 12. Un segmento del programa para sumar $10+5+18$.