

Contador de programa

Otro registro común en el CPU es el **contador de programa** (registro PC en la figura 5.2). El contador de programa hace un seguimiento de la instrucción que se ejecuta actualmente. Después de la ejecución de la instrucción, el contador se incrementa para apuntar a la dirección de la siguiente instrucción en la memoria.

UNIDAD DE CONTROL

El tercer componente de cualquier CPU es la unidad de control. La **unidad de control** es como la parte del cerebro humano que controla la operación de cada parte del cuerpo. El control se logra a través de líneas de control que pueden estar activas o inactivas. Por ejemplo, una ALU simple necesita realizar tal vez diez operaciones diferentes. Para especificar estas operaciones se necesitan cuatro líneas de control desde la unidad de control al ALU. Cuatro líneas de control pueden definir 16 situaciones diferentes (2^4), diez de las cuales pueden usarse para operaciones aritméticas y lógicas. El resto puede utilizarse para otros propósitos. Puede designar una línea de control inactiva como 0 y una línea de control activa como 1; los estados de las líneas de control pueden designarse como 0000, 0001, 0010... 1111. Se puede definir 0000 (todas las líneas de control inactivas) para denotar ninguna operación, 0001 para denotar incremento, 0010 para denotar decremento y así por el estilo.

5.2 MEMORIA PRINCIPAL

La **memoria principal** es otro subsistema en una computadora (figura 5.3). Es una colección de localidades de almacenamiento, cada una con un identificador único conocido como dirección. Los datos se transfieren hacia y desde la memoria en grupos de bits llamados palabras. Una palabra puede ser un grupo de 8 bits, 16 bits, 32 bits o en ocasiones 64 bits. Si la palabra es de ocho bits, se hace referencia a ella como un byte. El término *byte* es tan común en las ciencias de la computación, que a veces se hace referencia a una palabra de 16 bits como una palabra de 2 bytes, o a una palabra de 32 bits como una palabra de 4 bytes.

ESPACIO DE DIRECCIONAMIENTO

Para tener acceso a una palabra en la memoria se requiere un identificador. Aunque los programadores utilizan un nombre para identificar una palabra (o una colección de palabras), en el nivel del hardware cada palabra se identifica por una dirección. El número total de localidades únicas identificables en la memoria se llama **espacio de direccionamiento**. Por ejemplo, una memoria con 64 kilobytes y un tamaño de palabra de un byte tienen un espacio de direccionamiento que varía de 0 a 65 535.

La tabla 5.1 muestra las unidades usadas para referirse a la memoria. Observe que la terminología es engañosa; aproxima el número de bytes en potencias de 10, pero el número de bytes real está en potencias de 2. Las unidades en potencias de 2 facilitan el direccionamiento.

Unidad	Número exacto de bytes	Aproximación
kilobyte	2^{10} (1 024) bytes	10^3 bytes
megabyte	2^{20} (1 048 576) bytes	10^6 bytes
gigabyte	2^{30} (1 073 741 824) bytes	10^9 bytes
terabyte	2^{40} (1 024) bytes	10^{12} bytes
petabyte	2^{50} (1 024) bytes	10^{15} bytes
exabyte	2^{60} (1 024) bytes	10^{18} bytes

Tabla 5.1 Unidades de memoria

Direcc
patro

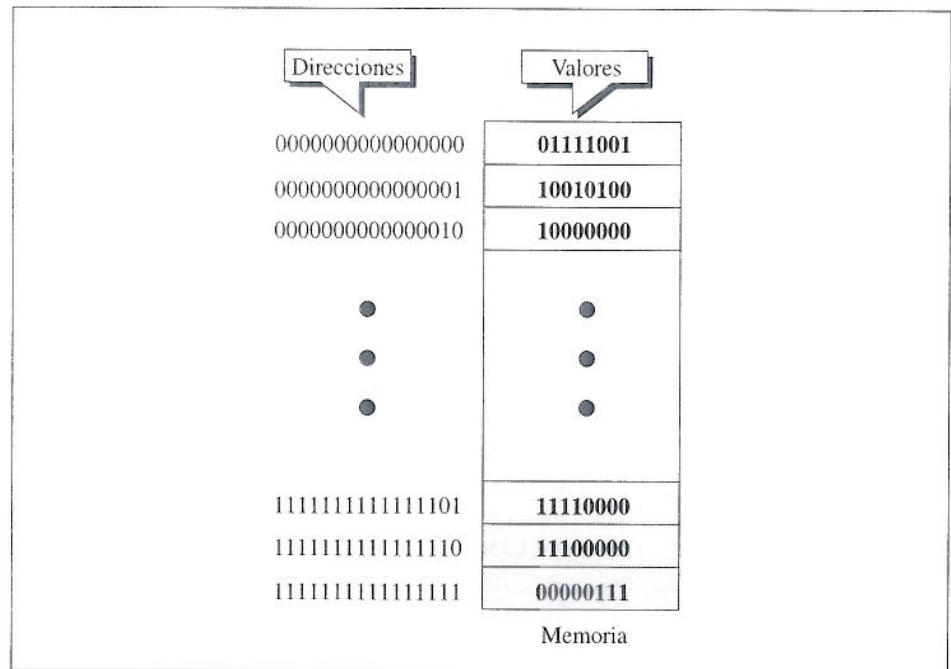


Figura 5.3 Memoria principal

Direcciones como patrones de bits

Puesto que las computadoras operan mediante el almacenamiento de números como **patrones de bits**, la dirección en sí misma también se representa como un patrón de bits. Así que si una computadora tiene 64 kilobytes (2^{16}) de memoria con un tamaño de palabra de 1 byte, entonces para definir una dirección, se necesita un patrón de 16 bits. Recuerde del capítulo 3 que las direcciones pueden representarse como enteros sin signo (usted no tiene direcciones negativas). En otras palabras, la primera localidad se refiere como una dirección 0000000000000000 (dirección 0) y la última locación se refiere como una dirección 1111111111111111 (dirección 65535). En general, si una computadora tiene N palabras de memoria, se necesita un entero sin signo con un tamaño de $\log_2 N$ bits para referirse a cada localidad de memoria.

Las direcciones de memoria se definen usando enteros binarios sin signo.

EJEMPLO 1

Una computadora tiene 32 MB (megabytes) de memoria. ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier byte individual en la memoria?

SOLUCIÓN

El espacio de direccionamiento de memoria es 32 MB o 2^{25} ($2^5 \times 2^{20}$). Esto significa que se necesitan $\log_2 2^{25}$ o 25 bits para asignar una dirección a cada byte. ■

EJEMPLO 2

Una computadora tiene 128 MB de memoria. Cada palabra en esta computadora tiene ocho bytes. ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier palabra individual en la memoria?

SOLUCIÓN

El espacio de direccionamiento de memoria es 128 MB, lo cual significa 2^{27} . Sin embargo, cada palabra es de ocho (2^3) bytes, lo cual significa que usted tiene 2^{24} palabras. Esto significa que se necesitan $\log_2 2^{24}$, o 24 bits, para asignar una dirección a cada palabra. ■

TIPOS DE MEMORIA Hay dos tipos de memoria disponibles: RAM y ROM.

RAM

La **memoria de acceso aleatorio (RAM: random access memory)** constituye la mayor parte de la memoria principal en una computadora. El término es confuso debido a que también se puede tener acceso a la ROM en forma aleatoria. Lo que distingue a la RAM de la ROM es que el usuario puede leer de y escribir en la RAM. El usuario puede escribir algo en la RAM y posteriormente borrarlo simplemente al sobrescribirlo. Otra característica de la RAM es que es volátil: la información (programa o datos) se borra si el sistema se apaga. En otras palabras, toda la información en la RAM se borra si usted apaga la computadora o si hay un apagón. La tecnología de la RAM se divide en dos categorías generales: SRAM y DRAM.

SRAM La tecnología de **RAM estática (SRAM: static RAM)** utiliza compuertas flip-flop (compuertas con dos estados, 0 y 1) para almacenar datos. Las compuertas alojan su estado (0 o 1), lo cual significa que los datos se almacenan mientras haya suministro de corriente; no hay necesidad de refrescar. La SRAM es rápida pero costosa.

DRAM La tecnología de **RAM dinámica (DRAM: dynamic RAM)** utiliza capacitores. Si el capacitor está cargado, el estado es 1; si está descargado el estado es 0. Como un capacitor pierde un poco de su carga con el tiempo, las celdas de la memoria necesitan refrescarse periódicamente. Las DRAM son lentas pero económicas.

ROM

El contenido de la **memoria de sólo lectura (ROM: read-only memory)** es escrito por el fabricante; el usuario puede leer la ROM pero no escribir en ella. Su ventaja es que no es volátil; su contenido no se borra si usted apaga la computadora. Normalmente la utilizan programas o datos que no deben ser borrados o cambiados aun cuando usted apague la computadora. Por ejemplo, algunas computadoras vienen con una ROM que aloja el programa de arranque que se ejecuta cuando usted enciende la computadora.

PROM Una variación de la ROM es la **memoria de sólo lectura programable (PROM: programmable read-only memory)**. Este tipo de memoria está en blanco cuando la computadora se empaca. El usuario de la computadora, con algún equipo especial, puede almacenar programas en ella. Cuando esto sucede, esta memoria se comporta como la ROM y no puede sobrescribirse. Esto permite que el usuario de la computadora almacene programas específicos en la PROM.

EPROM Una variación de la PROM es la **memoria de sólo lectura programable y borrrable (EPROM: erasable programmable read-only memory)**. El usuario puede programar esta memoria, pero es posible borrarla con un dispositivo especial que utiliza luz ultravioleta. Para borrar la memoria EPROM se requiere quitarla físicamente y volver a instalarla.

EEPROM Una variación de la EPROM es la **memoria de sólo lectura programable y borrrable electrónicamente (EEPROM: electronically erasable programmable read-only memory)**. Esta memoria puede programarse y borrarse usando impulsos electrónicos sin quitarla físicamente de la computadora.

JERARQUÍA DE LA MEMORIA

Los usuarios necesitan computadoras con mucha memoria, especialmente con memoria que sea muy rápida y muy barata. No siempre es posible satisfacer esta demanda. La memoria muy rápida por lo general no es barata. Se requiere hacer un compromiso. La solución son niveles jerárquicos de memoria (figura 5.4). La jerarquía se basa en lo siguiente:

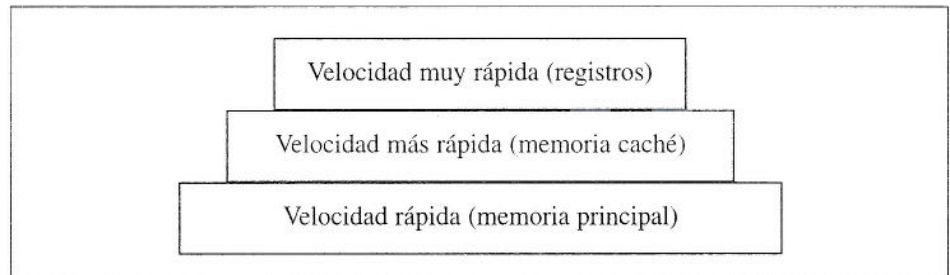


Figura 5.4 Jerarquía de la memoria

- Utilice una cantidad muy pequeña de memoria de alta velocidad cuando la velocidad sea crucial. Los registros dentro del CPU son de este tipo.
- Utilice una cantidad moderada de memoria de velocidad media para almacenar datos a los cuales se accede con frecuencia. La memoria caché, que se analiza enseguida, es de este tipo.
- Utilice una gran cantidad de memoria de baja velocidad para datos a los cuales no se accede con frecuencia. La memoria principal es de este tipo de memoria.

MEMORIA CACHÉ

La **memoria caché** es más rápida que la memoria principal pero más lenta que el CPU y los registros dentro del CPU. La memoria caché, la cual por lo general es pequeña en tamaño, se coloca entre el CPU y la memoria principal (figura 5.5).

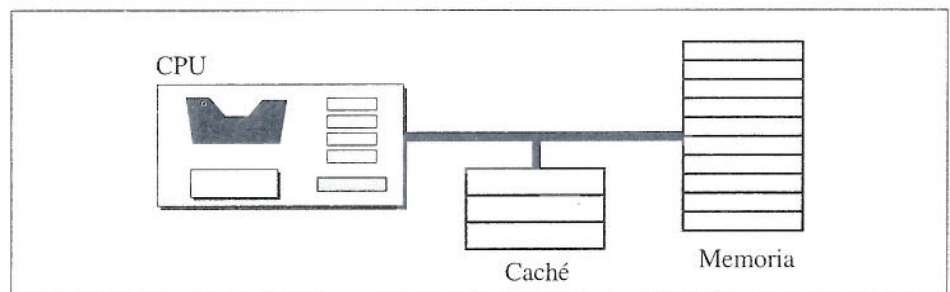


Figura 5.5 Caché

La memoria caché contiene en cualquier momento una copia de una porción de la memoria principal. Cuando el CPU necesita acceder a una palabra en la memoria principal, sigue este procedimiento:

1. El CPU revisa la caché.
2. Si la palabra está ahí, copia la palabra; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido previo de la memoria caché.
3. El CPU accede a la caché y copia la palabra.

Este procedimiento puede acelerar las operaciones; si la palabra está en la caché, se tiene acceso a ella de inmediato. Si la palabra no está en la caché, la palabra y un bloque entero se copian a la caché. Puesto que es muy probable que el CPU, en su ciclo siguiente, necesite obtener acceso a las palabras que siguen a la primera palabra, la existencia de la caché acelera el procesamiento.

Tal vez el lector se pregunte por qué la memoria caché es tan eficiente a pesar de su tamaño pequeño. La respuesta está en la regla 80-20. Se ha observado que la mayoría de las computadoras por lo general invierte el 80 por ciento del tiempo en obtener acceso sólo al 20 por ciento de los datos. En otras palabras, se tiene acceso a los mismos datos una y otra vez. La memoria caché, con su gran velocidad, puede alojar este 20 por ciento para hacer que el acceso sea más rápido al menos el 80 por ciento del tiempo.

5.3 ENTRADA/SALIDA

El tercer subsistema en una computadora es la colección de dispositivos conocidos como el **subsistema de entrada/salida (E/S)**. Este subsistema permite a una computadora comunicarse con el mundo exterior y almacenar programas y datos aun cuando no esté encendida. Los dispositivos de entrada/salida pueden dividirse en dos categorías generales: dispositivos de almacenamiento y dispositivos que no son de almacenamiento.

DISPOSITIVOS QUE NO SON DE ALMACENAMIENTO

Los **dispositivos que no son de almacenamiento** permiten al CPU o a la memoria comunicarse con el mundo exterior, pero no pueden almacenar información.

Teclado y monitor

El teclado y el monitor son dos de los dispositivos de entrada/salida que no son de almacenamiento. El **teclado** proporciona la entrada; el **monitor** despliega la salida y al mismo tiempo repite la entrada que se introduce en el teclado. Los programas, comandos y datos son entrada o salida que utiliza cadenas de caracteres. Los caracteres se codifican usando un código como ASCII (véase el apéndice A).

Impresora

Una **impresora** es un dispositivo de salida que crea un registro permanente; se trata de un dispositivo que no es de almacenamiento porque el material impreso no puede introducirse otra vez directamente en una computadora a menos que alguien lo teclee o lo digitalice en un escáner.

DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO

Los **dispositivos de almacenamiento**, aun cuando se clasifican como dispositivos de entrada/salida, pueden almacenar grandes cantidades de información que se recuperará¹ en un momento posterior. Son más económicos que la memoria principal y su contenido no es volátil (no se borra cuando se apaga la computadora). A veces se les llama dispositivos de almacenamiento auxiliares. Los clasificamos como magnéticos u ópticos.

Dispositivos de almacenamiento magnéticos

Este tipo de dispositivos utiliza la magnetización para almacenar bits de datos. Si un punto se magnetiza, representa un 1; si no se magnetiza, representa un 0.

Disco magnético Un **disco magnético** es uno o más discos apilados uno encima de otro. Los discos se cubren con una película magnética delgada. La información se almacena y se recupera de la superficie del disco usando una **cabeza de lectura/escritura** para cada superficie magnetizada del disco. La figura 5.6 muestra el diagrama de un disco magnético.

¹ N. del T. Bajo este contexto, recuperar significa tener acceso al dispositivo o a la localidad de almacenamiento para obtener la información.