



Gestión de Entrada/Salida Interrupciones

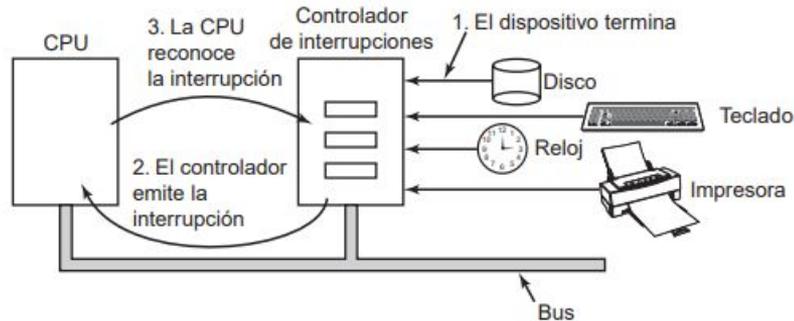
UTN Mar del Plata - Arquitectura de Sistemas Operativos

Interrupciones

Prácticamente todos los computadores proporcionan un mecanismo por el cual otros módulos (memoria y E/S) pueden interrumpir el secuenciamiento normal del procesador.

Las interrupciones constituyen una manera de mejorar la utilización del procesador.

Por ejemplo, la mayoría de los dispositivos de E/S son mucho más lentos que el procesador. Supóngase que el procesador está transfiriendo datos a una impresora. Después de cada instrucción de escritura, el procesador debe parar y permanecer inactivo hasta que la impresora la lleve a cabo. La longitud de esta pausa puede ser del orden de muchos miles o incluso millones de ciclos de instrucción. Claramente, es un enorme desperdicio de la capacidad del procesador.



Clases de Interrupciones



De Programa: Generada por alguna condición que se produce como resultado de la ejecución de una instrucción, tales como un desbordamiento aritmético, una división por cero, un intento de ejecutar una instrucción de máquina ilegal y las referencias fuera del espacio de la memoria permitido para un usuario.

Por Temporizador: Generada por un temporizador del procesador. Permite al sistema operativo realizar ciertas funciones de forma regular.

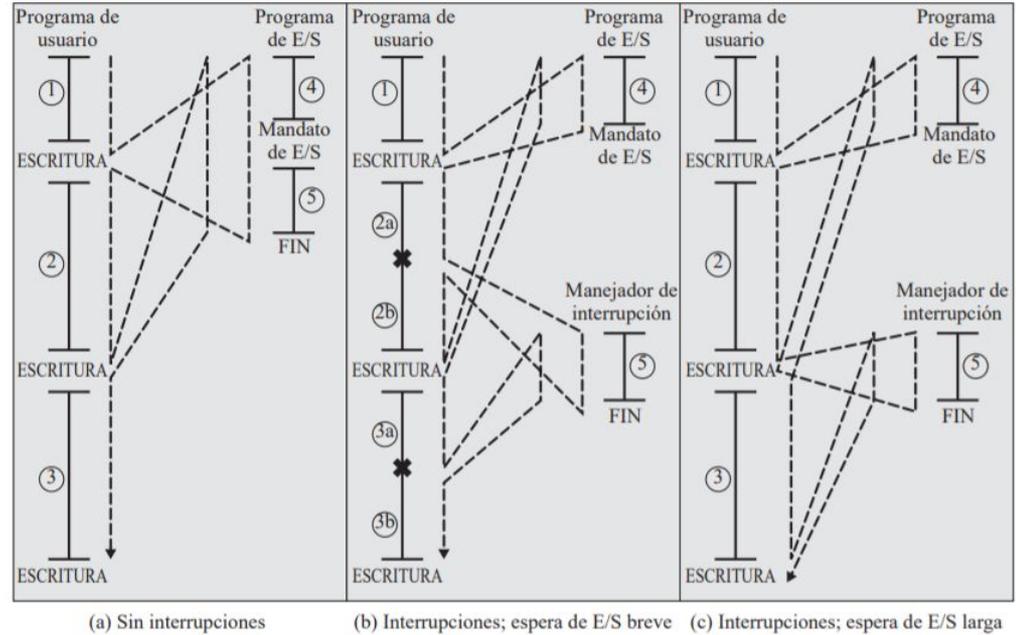
De E/S: Generada por un controlador de E/S para señalar la conclusión normal de una operación o para indicar diversas condiciones de error.

Por fallo del Hardware: Generada por un fallo, como un fallo en el suministro de energía o un error de paridad en la memoria.

Interrupciones y el ciclo

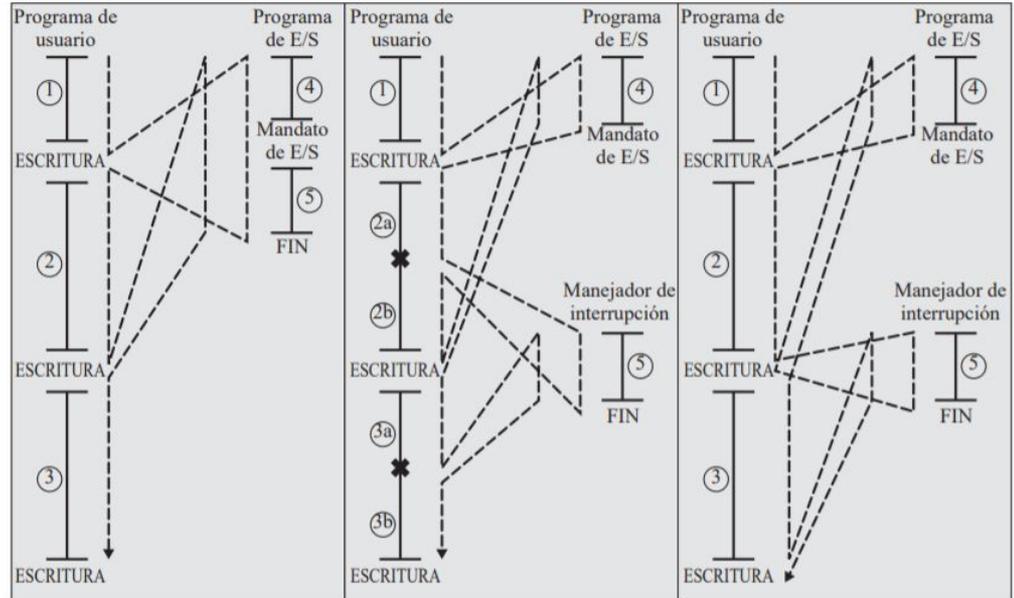
Gracias a las interrupciones, el procesador puede dedicarse a ejecutar otras instrucciones mientras que la operación de E/S se está llevando a cabo.

El programa de usuario alcanza un punto en el que hace una llamada al sistema que consiste en una llamada de ESCRITURA. El programa de E/S que se invoca en este caso consta sólo del código de preparación y el mandato real de E/S. Después de que se ejecuten estas pocas instrucciones, se devuelve el control al programa de usuario. Mientras tanto, el dispositivo externo está ocupado aceptando datos de la memoria del computador e imprimiéndolos. La operación de E/S se lleva a cabo de forma concurrente con la ejecución de instrucciones en el programa de usuario.



Interrupciones y el ciclo

Cuando el dispositivo externo está listo para ser atendido, es decir, cuando está preparado para aceptar más datos del procesador, el módulo de E/S de este dispositivo externo manda una señal de petición de interrupción al procesador. El procesador responde suspendiendo la ejecución del programa actual, saltando a la rutina de servicio específica de este dispositivo de E/S, conocida como manejador de interrupción y reanudando la ejecución original después de haber atendido al dispositivo. Téngase en cuenta que se puede producir una interrupción en cualquier punto de la ejecución del programa principal, no sólo en una determinada instrucción.



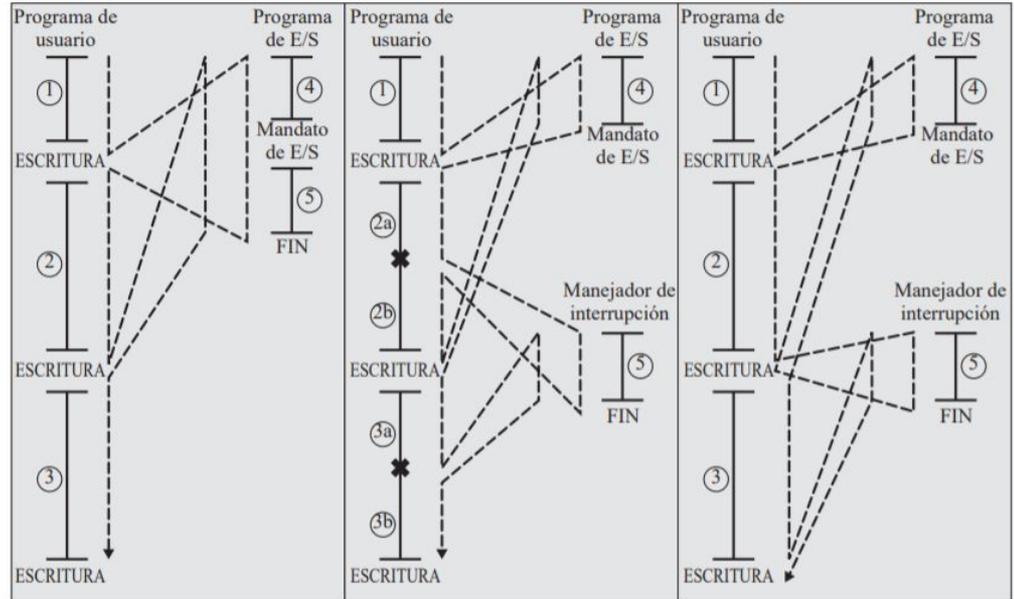
(a) Sin interrupciones

(b) Interrupciones; espera de E/S breve

(c) Interrupciones; espera de E/S larga

Interrupciones y el ciclo

De cara al programa de usuario, una interrupción suspende la secuencia normal de ejecución. Cuando se completa el procesamiento de la interrupción, se reanuda la ejecución. Por lo tanto, el programa de usuario no tiene que contener ningún código especial para tratar las interrupciones; el procesador y el sistema operativo son responsables de suspender el programa de usuario y posteriormente, reanudarlo en el mismo punto.



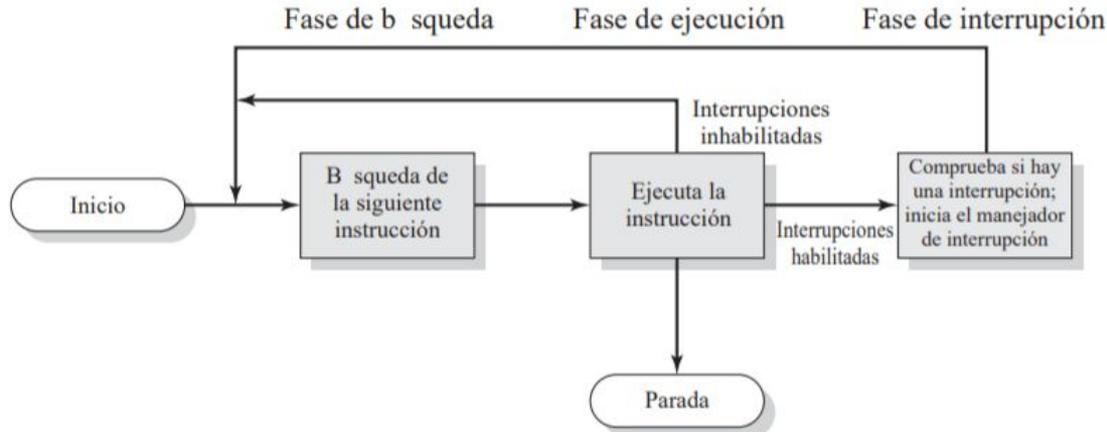
(a) Sin interrupciones

(b) Interrupciones; espera de E/S breve

(c) Interrupciones; espera de E/S larga

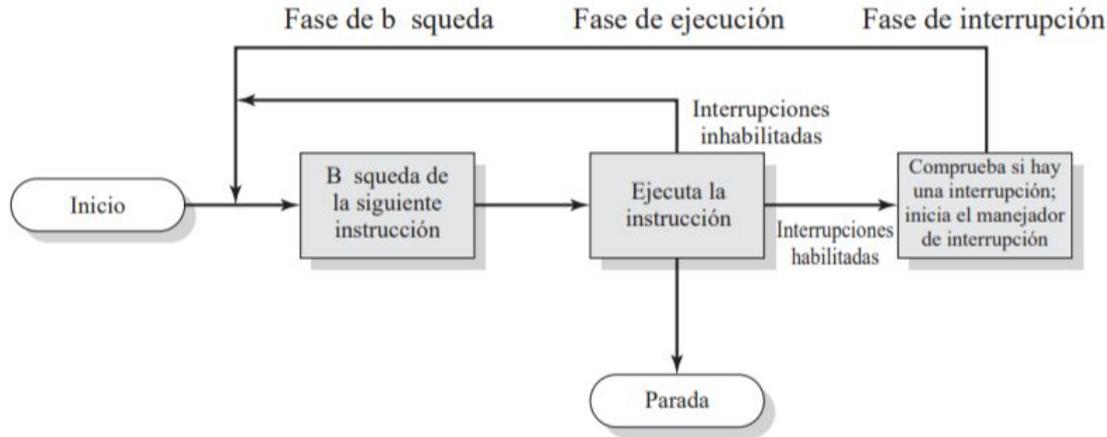
Interrupciones y el ciclo

Para tratar las interrupciones, se añade una fase de interrupción al ciclo de instrucción. En la fase de interrupción, el procesador comprueba si se ha producido cualquier interrupción, hecho indicado por la presencia de una señal de interrupción. Si no hay interrupciones pendientes, el procesador continúa con la fase de búsqueda y lee la siguiente instrucción del programa actual. Si está pendiente una interrupción, el procesador suspende la ejecución del programa actual y ejecuta la rutina del manejador de interrupción.



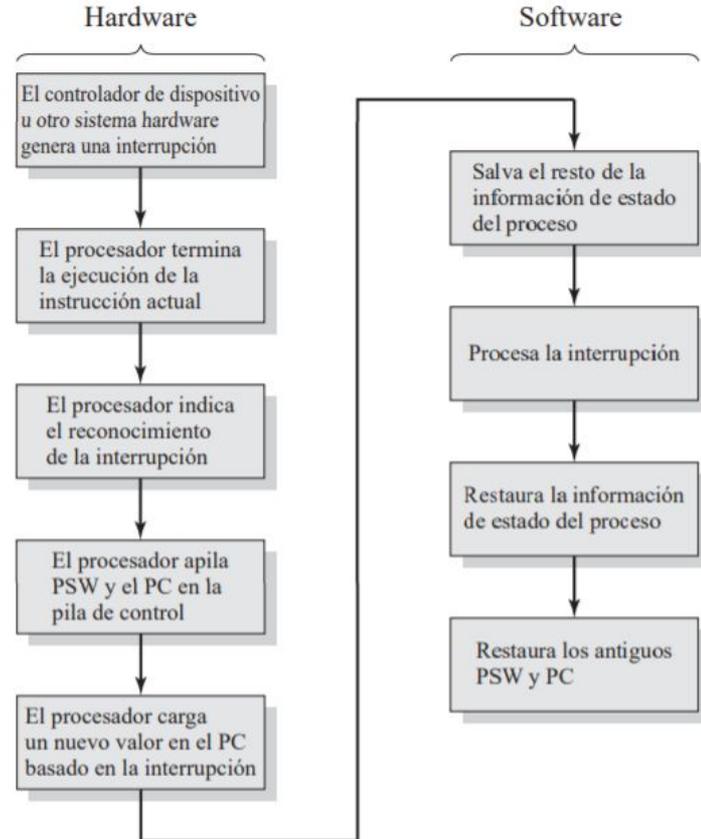
Interrupciones y el ciclo

La rutina del manejador de interrupción es generalmente parte del sistema operativo. Normalmente, esta rutina determina la naturaleza de la interrupción y realiza las acciones que se requieran. El manejador determina qué módulo de E/S generó la interrupción y puede dar paso a un programa que escriba más datos en ese módulo de E/S. Cuando se completa la rutina del manejador de interrupción, el procesador puede reanudar la ejecución del programa de usuario en el punto de la interrupción.



Procesamiento de Interrupciones

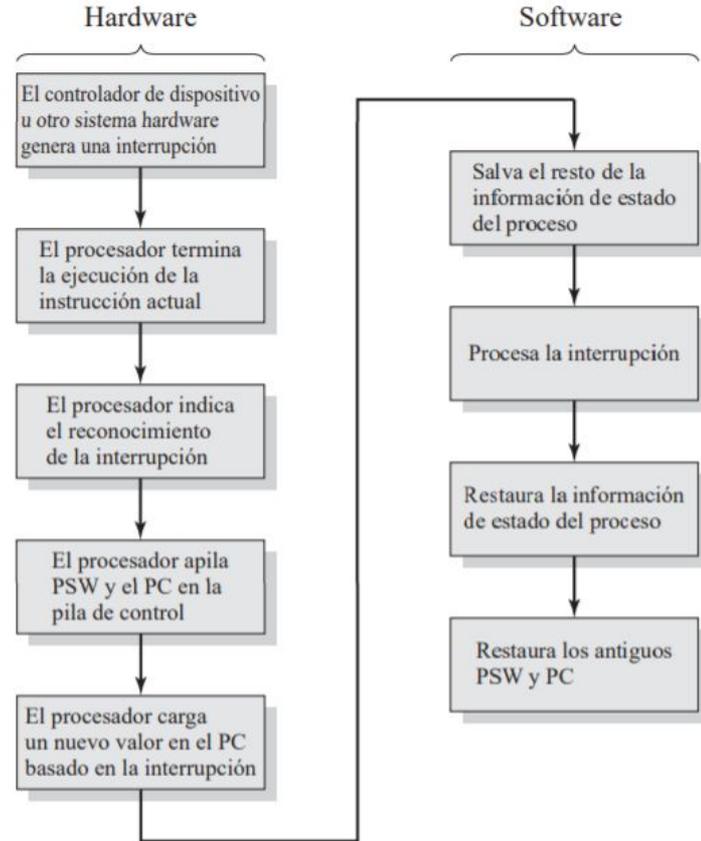
1. El dispositivo genera una señal de interrupción hacia el procesador.
2. El procesador termina la ejecución de la instrucción actual antes de responder a la interrupción.
3. El procesador comprueba si hay una petición de interrupción pendiente, determina que hay una y manda una señal de reconocimiento al dispositivo que produjo la interrupción. Este reconocimiento permite que el dispositivo elimine su señal de interrupción.
4. En ese momento, el procesador necesita prepararse para transferir el control a la rutina de interrupción. Para comenzar, necesita salvar la información requerida para reanudar el programa actual en el momento de la interrupción.



Procesamiento de Interrupciones

5. A continuación, el procesador carga el contador del programa con la posición del punto de entrada de la rutina de manejo de interrupción que responderá a esta interrupción.

6. En este momento, el contador del programa y la palabra de estado del programa (PSW) vinculados con el programa interrumpido se han almacenado en la pila del sistema. Sin embargo, hay otra información que se considera parte del estado del programa en ejecución. En concreto, se necesita salvar el contenido de los registros del procesador, puesto que estos registros los podría utilizar el manejador de interrupciones. Por lo tanto, se deben salvar todos estos valores, así como cualquier otra información de estado.

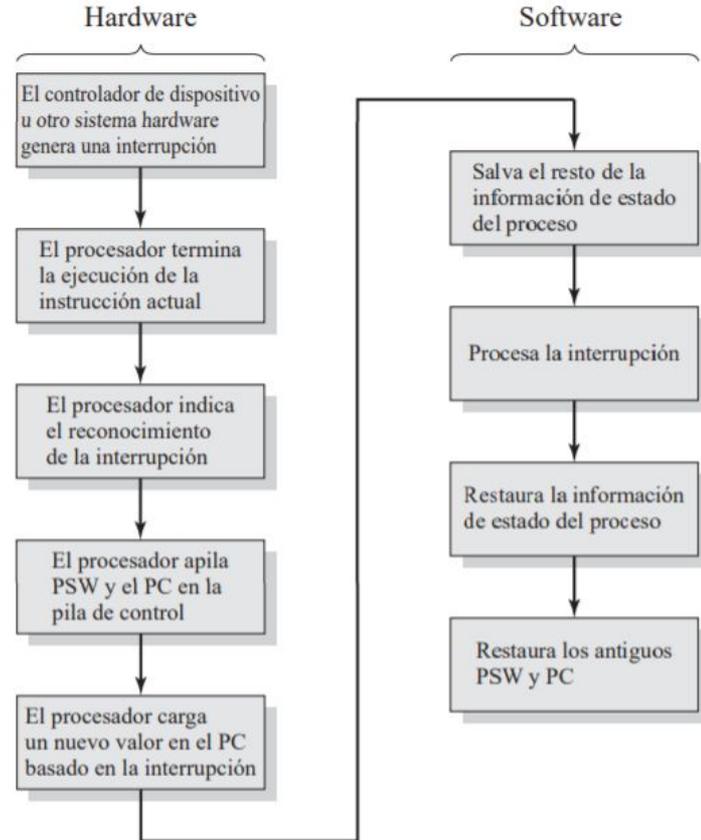


Procesamiento de Interrupciones

7. El manejador de interrupción puede en este momento comenzar a procesar la interrupción. Esto incluirá un examen de la información de estado relacionada con la operación de E/S o con otro evento distinto que haya causado la interrupción. Asimismo, puede implicar el envío de mandatos adicionales o reconocimientos al dispositivo de E/S.

8. Cuando se completa el procesamiento de la interrupción, se recuperan los valores de los registros salvados en la pila y se restituyen en los registros.

9. La última acción consiste en restituir de la pila los valores de la PSW y del contador del programa. Como resultado, la siguiente instrucción que se va ejecutar corresponderá al programa previamente interrumpido.



Introducción a la E/S



La E/S es el aspecto más complicado en el diseño de un sistema operativo. Dado que existe una gran variedad de dispositivos y de aplicaciones de los mismos, es difícil desarrollar una solución general uniforme.

Los dispositivos externos dedicados a la E/S en un computador se pueden agrupar, en tres categorías:

- Legibles para el usuario. Adecuados para la comunicación con el usuario del computador. Algunos ejemplos son las impresoras y terminales de visualización gráfica, que constan de pantalla, teclado y, posiblemente, otros dispositivos como un ratón.
- Legibles para la máquina. Adecuados para la comunicación con equipamiento electrónico. Algunos ejemplos son las unidades de discos y de cintas y los controladores.
- Comunicación. Adecuados para la comunicación con dispositivo remotos. Algunos ejemplos son los controladores de una línea digital y los módems.

Diferencias entre las distintas categorías



- Velocidad de transferencia de datos. Puede haber diferencias de varios órdenes de magnitud entre las velocidades de transferencia de datos.
- Aplicación. El uso al que está destinado un dispositivo tiene influencia en el software y en las políticas del sistema operativo y de las herramientas que le dan soporte.
- Complejidad de control. Una impresora requiere una interfaz de control sencilla. Un disco es mucho más complejo.
- Unidad de transferencia. Los datos pueden transferirse como un flujo de bytes o caracteres (por ejemplo, la E/S de un terminal) o en bloques de mayor tamaño (por ejemplo, la E/S de un disco).
- Representación de datos. Los dispositivos utilizan diferentes esquemas de codificación de datos, incluyendo diferencias en el código del carácter y en las convenciones sobre la paridad.
- Condiciones de error. La naturaleza de los errores, el modo en que se notifican, sus consecuencias y el rango disponible de respuestas difieren considerablemente de un dispositivo a otro.

Características del Sistema de E/S

- E/S programada. El procesador envía un mandato de E/S, a petición de un proceso, a un módulo de E/S; a continuación, este proceso realiza una espera activa hasta que se complete la operación antes de continuar.
- E/S dirigida por interrupciones. El procesador emite un mandato de E/S a petición de un proceso y continúa ejecutando las instrucciones siguientes, siendo interrumpido por el módulo de E/S cuando éste ha completado su trabajo. Las siguientes instrucciones pueden ser del mismo proceso o de otro dependiendo del planificador.
- Acceso directo de memoria (Direct Memory Access, DMA). Un módulo de DMA controla el intercambio de datos entre la memoria principal y un módulo de E/S. El procesador manda una petición de transferencia de un bloque de datos al módulo de DMA y resulta interrumpido sólo cuando se haya transferido el bloque completo.

	Sin interrupciones	Con interrupciones
Transferencia de E/S a memoria a través del procesador	E/S programada	E/S dirigida por interrupciones
Transferencia directa de E/S a memoria		Acceso directo a memoria (DMA)

Técnicas de comunicación de E/S

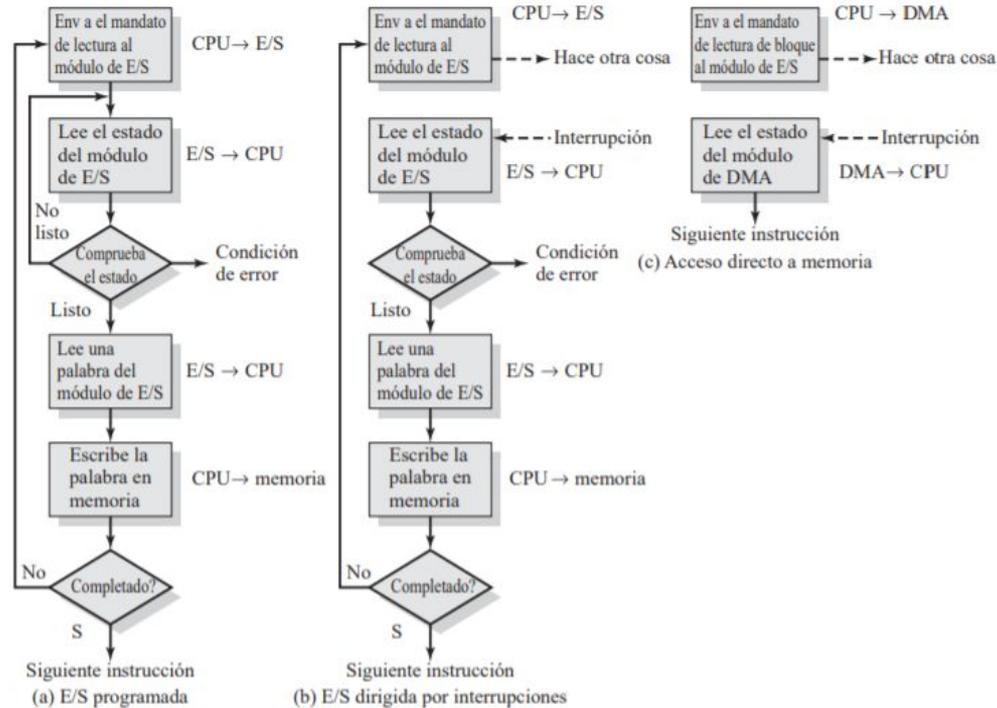


Figura 1.19. Tres técnicas para leer un bloque de datos.

Controladores de dispositivos



Constituye la interfaz del dispositivo con el bus de la computadora.

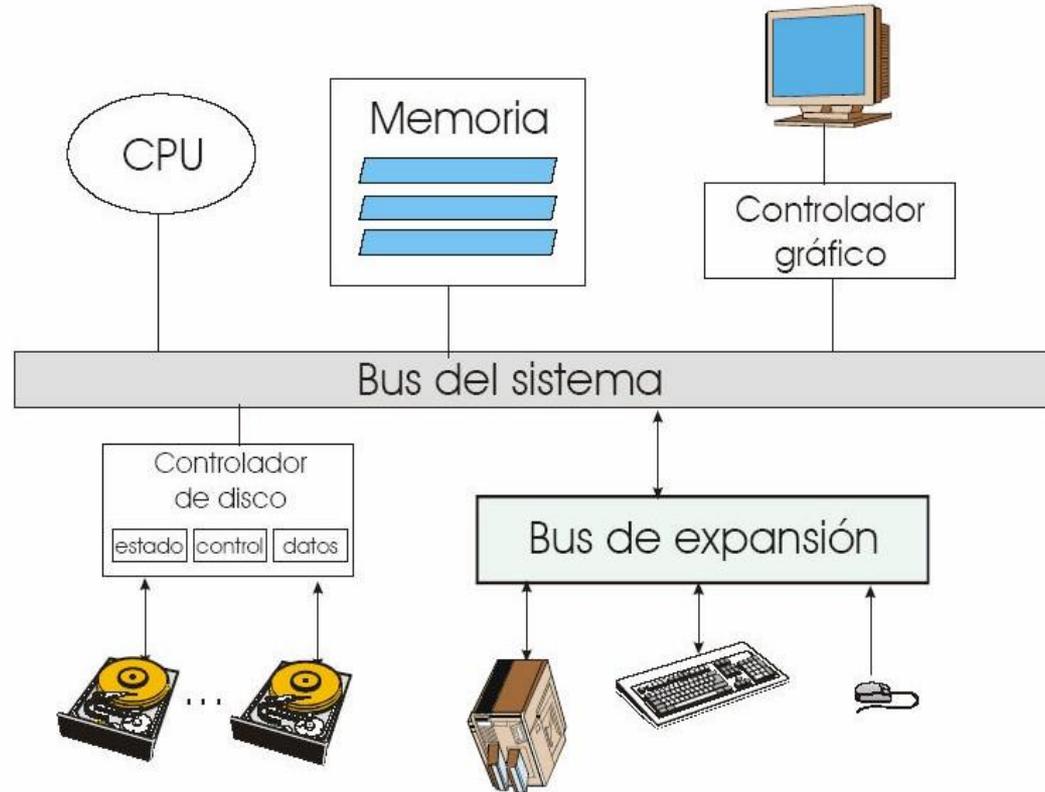
La comunicación entre la CPU y el controlador se realiza a través de los registros del controlador.

- Registro de datos: Almacena los datos de entrada o salida.
- Registro de estado: Indica si la orden se ha ejecutado, si ha habido errores.
- Registro de control: Indica al controlador las órdenes a realizar.

Estos registros:

- Forman parte del espacio normal de direcciones de memoria o,
- Tienen un espacio de direcciones especial

Controladores de dispositivos



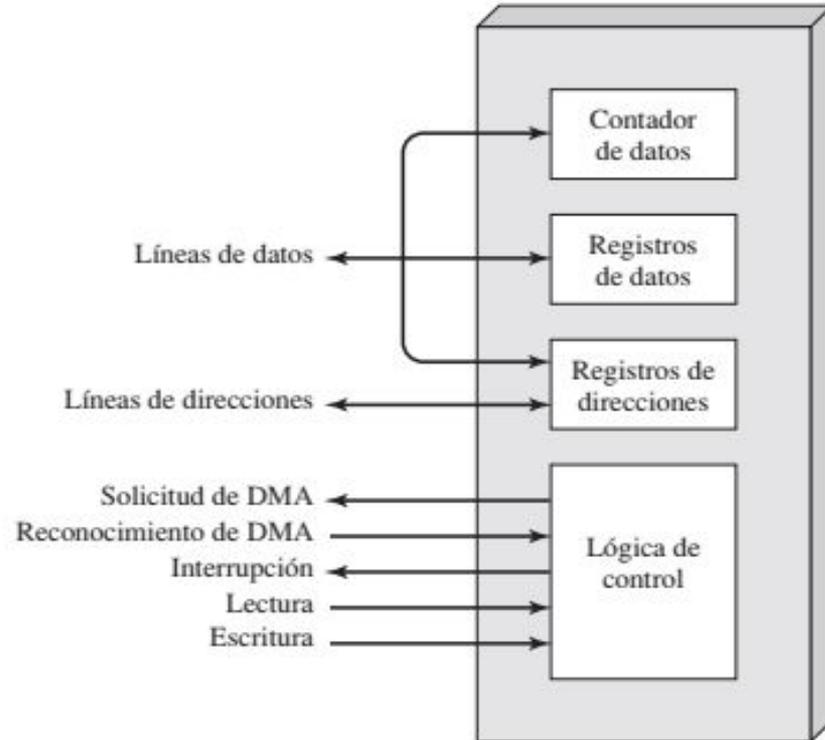
Evolución de los sistemas de E/S



1. El procesador controla directamente un dispositivo periférico. Esta situación se presenta en dispositivos simples controlados por un microprocesador.
2. Se añade un controlador o módulo de E/S. El procesador usa E/S programada sin interrupciones. Con este paso, el procesador se independiza de los detalles específicos de las interfaces de los dispositivos externos.
3. Se utiliza la misma configuración que en la etapa anterior, pero empleando interrupciones. El procesador no necesita gastar tiempo esperando a que se realice una operación de E/S, incrementando de esta manera la eficiencia.
4. Al módulo de E/S se le da control directo de la memoria mediante DMA. Con ello, puede mover un bloque de datos a la memoria sin involucrar al procesador, excepto al principio y al final de la transferencia.
5. Se mejora el módulo de E/S para convertirse en un procesador independiente, con un juego de instrucciones especializadas adaptadas a la E/S. La unidad central de procesamiento (CPU) hace que el procesador ejecute un programa de E/S residente en la memoria principal.
6. El módulo de E/S tiene su propia memoria local y es, de hecho, un computador por derecho propio. Con esta arquitectura, se pueden controlar un gran conjunto de dispositivos de E/S, con una intervención mínima por parte del procesador.

Acceso Directo a Memoria (DMA)

La unidad de DMA es capaz de imitar al procesador, tomando el control del bus del sistema tal como lo hace un procesador.



Funcionamiento del DMA



- Si se trata de una operación de lectura o de escritura, utiliza para ello la línea de control de lectura o escritura que existe entre el procesador y el módulo de DMA.
- La dirección del dispositivo de E/S involucrado, lo comunica mediante las líneas de datos.
- La dirección inicial de memoria que se pretende leer o escribir, lo comunica mediante las líneas de datos y lo almacena en el registro de dirección del módulo de DMA.
- El número de palabras que se van a leer o escribir, lo comunica de nuevo mediante las líneas de datos y lo almacena en el registro contador de datos.

Aspectos de diseño del Sistema Operativo



Hay dos objetivos de suma importancia en el diseño del sistema de E/S:

Eficiencia es importante debido a que las operaciones de E/S usualmente significan un cuello de botella en un computador. La mayoría de los

dispositivos de E/S son extremadamente lentos comparados con la memoria principal y el procesador.

Generalidad. En busca de la simplicidad y la eliminación de errores, es deseable manejar todos los dispositivos de una manera uniforme. Esta afirmación se aplica tanto al modo en que los procesos ven los dispositivos de E/S como a la manera en que el sistema operativo gestiona los dispositivos y las operaciones de E/S.

Estructura lógica de los sistemas de E/S



- E/S lógica. El módulo de E/S lógica trata a los dispositivos como un recurso lógico y no se ocupa de los detalles del control real del dispositivo. Realiza mandatos sencillos como abrir, cerrar, leer y escribir.
- E/S de dispositivo. Las operaciones requeridas y los datos (caracteres en los buffers, registros, etc.) se convierten en las secuencias apropiadas de instrucciones de E/S, mandatos del canal y órdenes del controlador.
- Planificación y control. En este nivel se manejan las interrupciones y se recoge el estado de la E/S y se informa del mismo. Este es el nivel de software que realmente interactúa con el módulo de E/S y, por tanto, con el hardware del dispositivo.

Utilización de buffers de E/S



Dispositivo **orientado a bloques** almacena información en bloques que son usualmente de tamaño fijo realizándose las transferencias de bloque en bloque. Generalmente, es posible hacer referencia a los datos mediante su número de bloque. Los discos y las cintas son ejemplos de

dispositivos orientados a bloques.

Dispositivo **orientado a flujo de caracteres** transfiere los datos, tanto de entrada como de salida, como un flujo de bytes, sin estructura de bloques. Los terminales, las impresoras, los puertos de comunicación, el ratón y otros dispositivos apuntadores, y la mayoría de los dispositivos que no son de almacenamiento secundario están orientados a flujos

de caracteres.

Utilización de buffers de E/S

El uso de buffers es una técnica que amortigua los picos en la demanda de E/S. En un entorno de multiprogramación, donde hay diversas actividades de E/S y distintos procesos que hay que atender, el uso de buffers es una técnica que puede incrementar la eficiencia del sistema operativo y el rendimiento de los procesos individuales.

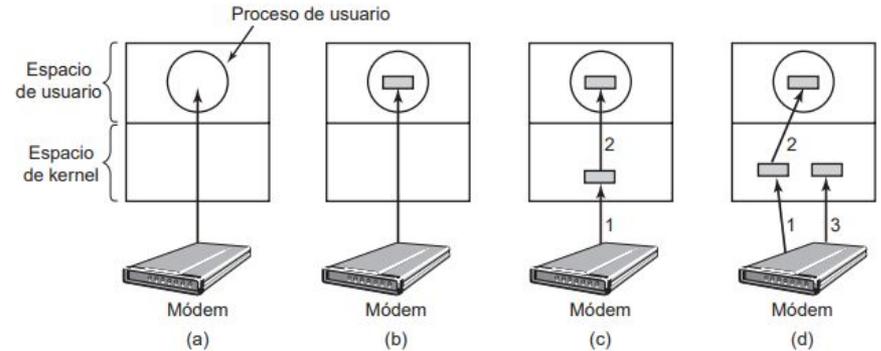
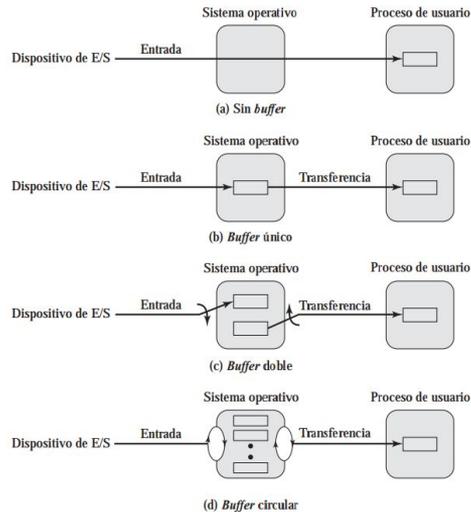


Figura 5-15. (a) Entrada sin búfer. (b) Uso de búfer en espacio de usuario. (c) Uso de búfer en el kernel, seguido de la acción de copiar al espacio de usuario. (d) Uso de doble búfer en el kernel.

Utilización de buffers de E/S



BUFFER ÚNICO. El tipo más sencillo de esquema que puede proporcionar el sistema operativo es el buffer único. Cuando un proceso de usuario emite una petición de E/S, el sistema operativo asigna un buffer para la operación en la parte de sistema de la memoria principal.

BUFFER DOBLE. Se puede hacer una mejora sobre la técnica del buffer único asignando a la operación dos buffers del sistema. Con este nuevo esquema, un proceso transfiere datos a (desde) un buffer mientras el sistema operativo vacía (o llena) el otro.

BUFFER CIRCULAR. El buffer doble puede ser inadecuado si el

proceso realiza ráfagas rápidas de E/S. En este caso, el problema puede aliviarse frecuentemente utilizando más de dos buffers. Cuando se utilizan más de dos buffers, al conjunto de buffers se le denomina buffer circular.