

El software de la ROM

Es misión del *software* hacer que un ordenador funcione. Y conseguir que un ordenador funcione y se mantenga funcionando es mucho más fácil si parte del *software* está permanentemente creado dentro del ordenador. Esto es lo que son los programas de la ROM.

ROM viene de *memoria de sólo lectura* - memoria permanentemente grabada en los *chips* de ROM de la circuitería del ordenador, que no puede ser alterada, borrada o perdida.

Los PC y PS/2 vienen con una sustancial cantidad de ROM que contienen los programas y datos que se necesitan para arrancar y operar el ordenador y sus dispositivos periféricos. La ventaja de tener los programas fundamentales del ordenador almacenados en la ROM consiste en que están exactamente allí - constituidos dentro del ordenador y no es necesario cargarlos en la memoria desde el disco como el DOS. Debido a que son permanentes, los programas de la ROM son muy a menudo los cimientos sobre los que otros programas (incluido el DOS) se construyen.

Hay cuatro elementos en la ROM de la familia IBM PC: las *rutinas de arranque*, las cuales hacen el trabajo de arranque del ordenador; la *ROM BIOS* siglas de sistema básico de entrada/salida-, que es una colección de rutinas en lenguaje máquina que proporcionan servicios de apoyo para el trabajo continuo del ordenador; el *BASIC de la ROM*, que proporciona el núcleo del lenguaje de programación BASIC, y las *extensiones de la ROM*, que son programas añadidos a la ROM principal cuando se añade cierto equipo adicional al ordenador. Vamos a examinar cada uno de estos elementos a lo largo de este capítulo.

Los programas de la ROM ocupan las direcciones F000:0000H a F000:FFFFH en la familia PC/XT/AT y en los modelos 25 y 30 del PS/2, y E000:0000H a F000:FFFFH en los otros PS/2. Sin embargo, las rutinas no están ubicadas en ninguna dirección específica de la ROM, como en otros ordenadores. La dirección de una rutina particular varía entre los diferentes miembros de las familias de los PC/XT/AT y PS/2.

Aunque las direcciones exactas de las rutinas de la ROM pueden variar, IBM suministra un interfaz al *software* de la ROM a través de las interrupciones.

La ROM de arranque

El primer trabajo de los programas de la ROM consiste en supervisar el arranque del ordenador. Al contrario que con otros aspectos de la ROM, la programación de la familia PC poco tiene que hacer con las rutinas de arranque, aunque vale la pena comprender qué hacen.

Las rutinas de arranque desarrollan las siguientes tareas:

- Ejecutan un rápido test de fiabilidad al ordenador (y a los programas de la ROM) para asegurarse de que todo está en orden.
- Inicializan los *chips* y el equipo estándar conectado al ordenador.
- Establecen la tabla de vectores de interrupción.
- Exploran para descubrir el equipo opcional conectado al ordenador.
- Cargan el sistema operativo del disco.

Los párrafos siguientes analizan estas tareas con gran detalle.

El *test de fiabilidad*, parte de un proceso conocido como auto test de encendido (POST), es un primer paso muy importante para asegurarse de que el ordenador está preparado. Todas las rutinas POST son muy cortas, excepto los test de memoria, que pueden llegar a ser enojosamente largos en ordenadores con una gran cantidad de memoria.

El *proceso de inicialización* es ligeramente más complejo. Una rutina establece los valores por defecto de los vectores de interrupción. Estos valores por defecto, o apuntan a las rutinas de tratamiento de la interrupción ubicados en la ROM BIOS, o apuntan a rutinas "no hacer nada" de la ROM BIOS que más tarde serán sustituidas por el sistema operativo o por sus propias rutinas de tratamiento de la interrupción. Otra rutina de inicialización determina qué equipo está conectado al ordenador y sitúa un registro de ellos en una ubicación estándar de la memoria baja. (Trataremos esta lista de equipamiento con mayor detalle más adelante, en este mismo capítulo.) El cómo se consigue esta información varía de un modelo a otro por ejemplo, en el PC se obtiene principalmente de las posiciones de dos bancos de interruptores situados en la placa principal del sistema; en el PC/AT y los PS/2, la ROM BIOS lee la información de un área de memoria especial no volátil cuyo contenido se inicializa con un programa de configuración suministrado por IBM. Las rutinas POST leen el *hardware* del ordenador a través de un test e inspección lógica. En efecto, el programa de inicialización le pregunta a cada posible opción:

"¿Estás ahí?", y escucha la respuesta.

Con independencia de cómo se consigue, la información se registra y almacena de la misma manera en todos los modelos, de forma que sus programas puedan examinarla. Las rutinas de inicialización también chequean el sistema en busca de equipamiento adicional y extensiones de la ROM. Si los encuentran, pasan momentáneamente el control a las extensiones de la ROM para que éstas puedan autoinicializarse. Después, las rutinas de inicialización continúan ejecutando las restantes rutinas de arranque (más acerca de esto, posteriormente en este mismo capítulo).

La parte final del procedimiento de arranque, después de los test POST, del proceso de inicialización y de la incorporación de las extensiones de la ROM, se llama el *cargador de la secuencia de arranque*. Es una pequeña rutina que carga un programa desde el disco. En esencia, el cargador de la secuencia de arranque intenta leer un programa de arranque del disco. Si este programa de arranque se carga con éxito en la memoria, el cargador de la ROM le pasa el control del ordenador. El programa de arranque del disco es el responsable de cargar otro programa del disco, más grande, el cual es, generalmente, un sistema operativo de disco como el DOS, pero puede ser un programa autosuficiente con autocarga como el simulador de vuelo de Microsoft. Si el cargador de la secuencia de arranque de la ROM no puede leer un programa de arranque del disco, o bien activa el BASIC de la ROM o bien muestra un mensaje de error si el programa de arranque del disco contiene un error. Tan pronto como sucede uno de estos dos casos, el procedimiento de arranque del sistema finaliza y los otros programas toman el control.

La ROM BIOS

La ROM BIOS es la parte de la ROM que está activa en todo momento que el ordenador esté trabajando. La regla de la ROM BIOS es la de proporcionar los servicios fundamentales que sean necesarios para la operatividad del ordenador. En su mayor parte, la ROM BIOS controla los dispositivos periféricos del ordenador, como la pantalla, el teclado y las unidades de disco. Cuando utilizamos el término BIOS en su sentido más estricto, nos estamos refiriendo a los programas de control de dispositivos los programas que traducen un comando simple, como lee-algo-del-disco, a la serie de pasos necesarios para la ejecución real del comando, incluida la detección y corrección de errores. En sentido amplio, el BIOS incluye no sólo las rutinas necesarias para el control de los dispositivos del PC, sino también las

rutinas que contienen información o ejecutan tareas que son fundamentales para otros aspectos de la operatividad del ordenador, como seguir la pista a la hora del día.

Conceptualmente, los programas de la ROM BIOS se clasifican entre los programas que se ejecutan en la RAM (incluido el DOS) y el *hardware*. En efecto, esto significa que el BIOS trabaja en dos direcciones, en un proceso de dos caras. Una parte recibe las peticiones de los programas para ejecutar los servicios estándar de entrada/salida de la ROM BIOS. Un programa llama a estos servicios mediante la combinación de un número de interrupción (que indica el sujeto del servicio pedido, como un servicio de impresora) y un número de servicio (que indica el servicio específico que debe ejecutarse). La otra parte de la ROM BIOS se comunica con los dispositivos del *hardware* del ordenador (pantalla, unidades de disco, etc.), utilizando cualquier detallado código de comando que cada dispositivo requiera. Esta parte de la ROM BIOS también gestiona todas las interrupciones que genere un dispositivo del *hardware* para conseguir atención. Por ejemplo, cada vez que pulsa una tecla, el teclado genera una interrupción que permite a la ROM BIOS enterarse de este hecho.

De todo el *software* de la ROM, los servicios de la ROM BIOS son probablemente, los más interesantes y útiles para los programadores -en realidad hemos dedicado seis capítulos, del 8 al 13, a los servicios de la ROM BIOS-. Como nos dedicaremos a ellos extensamente más adelante, dejaremos los temas específicos sobre qué hacen los servicios de la ROM BIOS y nos centraremos en cómo el BIOS, como un todo, sigue la pista del proceso de entrada y salida del ordenador.

Vectores de interrupción.

La familia IBM PC, como todos los ordenadores basados en la familia de microprocesadores Intel 8086, se controla en gran medida a través de la utilización de las interrupciones, las cuales pueden ser generadas por el *hardware* y por el *software*. Las rutinas de servicios del BIOS no son una excepción; cada una tiene asignada un número de interrupción al que usted debe invocar cada vez que quiera utilizar el servicio.

Cuando se da una interrupción, el control del ordenador se transfiere a una subrutina de tratamiento de la interrupción que a menudo está almacenada en la ROM del sistema (una rutina de servicio del BIOS no es más que una rutina de tratamiento de la interrupción). A esta rutina de tratamiento de la interrupción se la llama cargando su dirección de segmento y desplazamiento en un registro que controla el flujo del programa: el registro CS (segmento de código) y el registro IP (puntero de instrucción) - conocidos juntos como el par de registros CS: IP -. Las direcciones de segmentos que ubican las rutinas de tratamiento de la interrupción se llaman *vectores de interrupción*.

Durante el proceso de arranque, la ROM BIOS establece los vectores de interrupción para que apunten a las rutinas de tratamiento de la interrupción en la ROM. La tabla de vectores de interrupción comienza al principio de la RAM, en la dirección 0000:0000H. (Véase capítulo 2 para más información acerca de interrupciones y vectores de interrupción.) Cada entrada de la tabla se almacena como una pareja de palabras, con la parte del desplazamiento en la primera y la parte del segmento en la segunda. Los vectores de interrupción pueden cambiarse para que apunten a una nueva rutina de tratamiento de la interrupción simplemente ubicando el vector y cambiando su valor.

Como regla general, las interrupciones de la familia PC pueden dividirse en seis categorías: microprocesador, *hardware*, *software*, DOS, BASIC y uso general.

Interrupciones del microprocesador conocidas a menudo como interrupciones lógicas están diseñadas dentro del microprocesador. Cuatro de ellas (las interrupciones 00H, 01H, 03H y 04H) son generadas por el propio microprocesador, y otra (la interrupción 02H, la

interrupción no enmascarable) se activa mediante una señal generada por ciertos dispositivos del hardware, como el coprocesador matemático 8087.

El papel que desempeña el DOS

La única función del cargador de la secuencia de arranque de la ROM es la de leer un programa de arranque del disco y transferirle el control. En un disco del DOS arrancable, el programa de arranque del disco verifica que el DOS está almacenado en el disco mediante la búsqueda de dos archivos ocultos denominados IO.SYS y MSDOS.SYS. Si los encuentra, los carga en la memoria junto con el intérprete de comandos del DOS, el COMMAND.COM. Durante este proceso de carga pueden cargarse también partes opcionales del DOS, como controladores de dispositivos instalables.

El **archivo IO.SYS** contiene extensiones de la ROM BIOS. Estas extensiones pueden consistir en cambios o adiciones a las funciones básicas de E/S y, a menudo, incluyen correcciones a la ROM BIOS existente, nuevas rutinas para nuevo equipo, o cambios hechos a medida de las rutinas de la ROM BIOS. Como forman parte del *software* de disco, las rutinas del IBMBIO proporcionan una manera conveniente de modificar la ROM BIOS. Todo lo que se necesita, además de las nuevas rutinas, es que los vectores de interrupción de las antiguas rutinas de la ROM BIOS sean cambiados para que apunten a la posición de la memoria donde están situadas las nuevas rutinas BIOS de disco. En cualquier momento que se añadan dispositivos al ordenador, sus programas de soporte pueden incluirse en el archivo IO.SYS o como controladores de dispositivos instalables, eliminando la necesidad de cambiar los *chips* de ROM. Véase apéndice A para más información sobre controladores de dispositivos.

Se puede pensar que las rutinas de la ROM BIOS conforman el *software* de más bajo nivel disponible, ejecutando las más fundamentales y primitivas tareas de E/S. Las rutinas del IO.SYS, como extensiones de la ROM BIOS que son, están esencialmente al mismo nivel, proporcionando funciones básicas. Por contra, las rutinas del MSDOS.SYS son más sofisticadas; piense en ellas como las ocupantes del siguiente nivel, con los programas de aplicaciones encima.

Interrupciones del hardware, las cuales están constituidas dentro del *hardware* del PC. En los PC XT y modelos 25 y 30 del PS/2, las interrupciones números 08H a 0FH se utilizan para las interrupciones del *Hardware*; en los AT y PS/2 modelos 50, 60 y 80. las interrupciones números 08H a 0FH y 70H a 77H están reservadas para las interrupciones del *hardware*. (Véase capítulo 2 para más información acerca de las interrupciones del *hardware*.)

El **archivo MSDOS.SYS** contiene las rutinas de servicios del DOS. Los servicios del DOS, como los de la ROM BIOS, pueden ser llamados por programas a través de un conjunto de interrupciones cuyos vectores están situados en la tabla de vectores de interrupción de la memoria baja. Una de las interrupciones del DOS, la 21H (33 decimal), es particularmente importante porque, cuando se la llama, da el acceso a un gran grupo de funciones del DOS. Las funciones del DOS proporcionan un control más sofisticado y eficiente que las del BIOS sobre las operaciones de E/S, especialmente en las relacionadas con el disco. Todos los procesos estándar de disco - formateo, la lectura/escritura de datos, la apertura, cerrado y borrado de archivos, ejecución de búsquedas en directorios - están incluidos en las funciones del DOS y proporcionan las bases de muchos programas de alto nivel del DOS, como FORMAT, COPY y DIR. Sus programas también pueden utilizar los servicios del DOS cuando necesiten más control sobre las operaciones de E/S del que permiten los lenguajes de programación, y cuando usted sea reacio a bajar todo el camino necesario para llegar al nivel

del BIOS. Los servicios del DOS son una parte muy importante de este libro, y les hemos dedicado cinco capítulos. (Véanse capítulos 14 al 18.)

El **archivo COMMAND.COM** es la tercera y más importante parte del DOS, al menos desde el punto de vista del usuario. Este archivo contiene las rutinas que interpretan los comandos que usted teclea a través del teclado en el modo de comandos del DOS. Comparando su entrada con una tabla de nombres de comandos, el programa COMMAND.COM puede diferenciar entre los comandos internos que forman parte del archivo COMMAND.COM, como RENAME o ERASE, y los comandos externos, como una de las utilidades del DOS (como DEBUG) o sus propios programas. El intérprete de comandos actúa ejecutando la rutina requerida de los comandos internos o buscando el programa solicitado en el disco y cargándolo en la memoria. Para información adicional le recomendamos que lea el *DOS Technical Reference Manual* o el *IBM PC a fondo* (anteriormente mencionado) publicado por Anaya Multimedia.

Interrupciones del software incorporadas al diseño del PC son parte de los programas de la ROM BIOS. Las rutinas de la ROM BIOS invocadas por estas interrupciones no pueden cambiarse, pero los vectores que las apuntan pueden ser cambiados para que apunten a otras rutinas. Son números de interrupciones reservados 10H a 1FH (16 a 31 decimal) y 40H a 5FH (64 a 95 decimal).

Interrupciones del DOS, que siempre están disponibles cuando el DOS se está utilizando. Muchos programas y lenguajes de programación emplean los servicios proporcionados por el DOS a través de sus interrupciones para gestionar las operaciones básicas, especialmente la E/S del disco. Los números de interrupciones del DOS son 20H a 3FH (32 a 63 decimal).

Interrupciones del BASIC, son asignadas por el mismo BASIC y están siempre disponibles cuando el BASIC se está utilizando. Los números de interrupciones reservados son 80H a F0H (128 a 240 decimal).

Interrupciones de uso general, están disponibles para uso temporal en sus programas. Los números reservados de interrupciones son 60H a 66H (96 a 102 decimal).

La mayoría de los vectores de interrupción utilizados por la ROM BIOS, el DOS y el BASIC contienen la dirección de las rutinas de tratamiento de la interrupción. Sin embargo, hay algunos vectores que apuntan a tablas de información útil. Por ejemplo, la interrupción 1EH contiene la dirección de la tabla de los parámetros de inicialización de la unidad de disco flexible. Estos vectores de interrupción se utilizan por conveniencia, no por interrupciones. Si intentase ejecutar la interrupción 1EH, por ejemplo, probablemente bloquearía el sistema porque el vector de interrupción 1EH apunta a datos, no a código ejecutable.

Los vectores de interrupción están almacenados en las posiciones de memoria más bajas; la primera ubicación de la memoria contiene el vector de la interrupción 00H, y así sucesivamente. Como cada vector ocupa dos palabras de largo, puede encontrar la ubicación en memoria de una interrupción particular multiplicando su número de interrupción por 4. Por ejemplo, el vector de la interrupción 05H, interrupción del servicio de imprimir pantalla, tendría un desplazamiento de 20 bytes ($5 \times 4 = 20$); esto es, en la dirección 0000:0014H. Puede examinar los vectores de interrupción utilizando DEBUG. Por ejemplo, podría examinar el vector de la interrupción 05H de la siguiente manera:

DEBUG

D 0000:0014 L 4

Así, DEBUG mostraría 4 bytes en hexadecimal, como esto:

54 FF 00 F0

Convertido en una dirección con segmento y desplazamiento y teniendo en cuenta el almacenamiento de "palabras inversas", el vector de interrupción para el punto de entrada en la rutina del servicio de imprimir pantalla (interrupción 05H) es F000:FF54H. (Desde luego, esta dirección puede ser diferente en miembros diferentes de las familias PC y PS/2.) La misma instrucción DEBUG encuentra cualquier otro vector de interrupción con la misma

La figura 3.1 lista las interrupciones principales y las ubicaciones

| Interrupción | | Desplazamiento en el segmento 0000 | Uso |
|---------------------|---------|--|--|
| Hex | Decimal | | |
| 00 | 0 | 0000 | Generada por la CPU cuando se intenta una división por cero |
| 01 | 1 | 0004 | Utilizada para ir paso a paso por los programas (como con DEBUG) |
| 02 | 2 | 0008 | Interrupción no enmascarable (NMI) |
| 03 | 3 | 000C | Utilizada para establecer puntos de ruptura en programas (igual que con DEBUG) |
| 04 | 4 | 0010 | Generada cuando operaciones aritméticas dan como resultado desbordamientos |
| 05 | 5 | 0014 | Invoca la rutina de servicio de imprimir pantalla de la ROM BIOS |
| 08 | 8 | 0020 | Generada por el tic-tac del reloj del hardware |
| 09 | 9 | 0024 | Generada por acción del teclado |
| 0E | 14 | 0038 | Señala atención al diskette (por ejemplo, para señalar operación completada) |
| 0F | 15 | 003C | Utilizada para controlar la impresora |
| 10 | 16 | 0040 | Invoca los servicios de video de la ROM BIOS |
| 11 | 17 | 0044 | Invoca el servicio de lista de equipamiento de la ROM BIOS |
| 12 | 18 | 0048 | Invoca el servicio de tamaño de memoria de la ROM BIOS |
| 13 | 19 | 004C | Invoca los servicios de disco de la ROM BIOS |
| 14 | 20 | 0050 | Invoca los servicios de comunicaciones de la ROM BIOS |
| 15 | 21 | 0054 | Invoca los servicios del sistema de la ROM BIOS |
| 16 | 22 | 0058 | Invoca los servicios estándar de teclado de la ROM BIOS |
| 17 | 23 | 005C | Invoca los servicios de impresora de la ROM BIOS |
| 18 | 24 | 0060 | Activa el lenguaje BASIC de la ROM |
| 19 | 25 | 0064 | Invoca la rutina cargadora de la secuencia de arranque de la ROM BIOS |
| 1A | 26 | 0068 | Invoca los servicios de hora y fecha de la ROM BIOS |
| 1B | 27 | 006C | Interrupción de la ROM BIOS para Ctrl-Break |
| 1C | 28 | 0070 | Interrupción generada con cada pulso de reloj |
| 1D | 29 | 0074 | Apunta a la tabla de parámetros de control del |

| | | | |
|----|-----|------|--|
| | | | video |
| 1E | 30 | 0078 | Apunta a la tabla de parámetros de la unidad de diskette |
| 1F | 31 | 007C | Apunta a los caracteres gráficos de video del CGA |
| 20 | 32 | 0080 | Invoca el servicio de terminación de programa del DOS |
| 21 | 33 | 0084 | Invoca a todos los servicios de llamada a función del DOS |
| 22 | 34 | 0088 | Dirección de la rutina de terminación de programa del DOS |
| 23 | 35 | 008C | Dirección de la rutina de break de teclado del DOS |
| 24 | 36 | 0090 | Dirección de la rutina de errores críticos del DOS |
| 25 | 37 | 0094 | Invoca el servicio de lectura absoluta del DOS |
| 26 | 38 | 0098 | Invoca el servicio de escritura absoluta del DOS |
| 27 | 39 | 009C | Termina un programa, quedando residente |
| 2F | 47 | 00BC | Interrupción múltiple del DOS |
| 41 | 65 | 0104 | Apunta a la tabla de parámetros de la unidad de disco duro |
| 43 | 67 | 010C | Apunta a los caracteres gráficos de video (EGA, PS/2) |
| 67 | 103 | 019C | Invoca al gestor de memoria expandida LIM |

facilidad de sus vectores. Estas son las interrupciones que probablemente encontrarán más útiles los programadores. Se dan detalles de la mayoría de estas interrupciones en los capítulos 8 a 18. Las interrupciones que no se mencionan en la lista están, por lo general, reservadas para un futuro desarrollo por IBM.