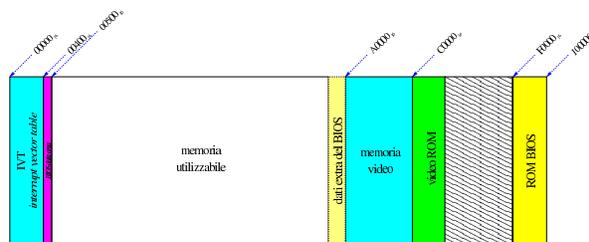


IVT: «interrupt vector table» 1307
 BIOS data area 1308
 Altre aree di memoria 1309
 Interruzioni principali 1309
 INT 10₁₆/AH=00₁₆ «set video mode» 1309
 INT 10₁₆/AH=05₁₆ «select active display page» 1309
 INT 10₁₆/AH=0E₁₆ «teletype output» 1309
 INT 12₁₆ «get memory size» 1310
 INT 13₁₆/AH=00₁₆ «reset disk system» 1310
 INT 13₁₆/AH=02₁₆ «read disk sectors into memory» 1310
 INT 13₁₆/AH=03₁₆ «write disk sectors» 1310
 INT 16₁₆/AH=00₁₆ «get keystroke from keyboard» 1311
 INT 16₁₆/AH=01₁₆ «check for keystroke in the keyboard
 buffer» 1311
 Riferimenti 1311

L'architettura del vecchio IBM PC prevede 1 Mibyte di memoria, in cui alcune fasce hanno degli scopi particolari e non possono essere utilizzate diversamente. Quando si programma a 32 bit, di norma si dispone, in proporzione, di una quantità enorme di memoria, per cui di solito lo spazio inferiore a 1 Mibyte viene semplicemente ignorato e si considera solo lo spazio successivo; ma se la programmazione avviene a 16 bit, si deve operare in quello spazio ristretto.

Buona parte della memoria di un elaboratore conforme all'architettura del IBM PC è impegnata per il codice del BIOS, in cui sono contenute diverse routine attivate da interruzioni, hardware o software. Nella limitazione dell'architettura originale, il sistema offerto di gestione delle interruzioni consentirebbe un utilizzo uniforme dell'hardware.

Figura u140.1. Mappa generale della memoria.

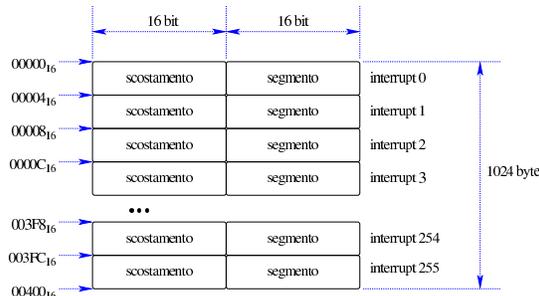


IVT: «interrupt vector table»

I microprocessori x86-16 utilizzano una tabella delle interruzioni collocata nella prima parte della memoria, a partire dall'indirizzo 0. La tabella è nota con la sigla IVT, ovvero *Interrupt vector table*.

Le voci della tabella IVT sono costituite semplicemente da due informazioni: l'indirizzo di segmento e lo scostamento in cui l'interruzione rispettiva viene gestita, attraverso del codice appropriato. Va osservato però che appare prima lo scostamento e poi il segmento.

Figura u140.2. Tabella IVT in memoria.



©2013, I.I.I. - Copyright © Daniele Giacomini - appunti2@gmail.com http://informaticadibien.net

Supponendo sia n il numero di un'interruzione, si ottiene l'indirizzo della routine di interruzione con un calcolo molto semplice: lo scostamento è disponibile all'indirizzo $n \times 4$; il segmento è disponibile all'indirizzo $n \times 4 + 2$.

Solo una porzione delle voci della tabella è utilizzata in modo predefinito, mentre le altre sono disponibili per interruzioni aggiuntive a uso del sistema operativo. In ogni caso, tutta la tabella può essere modificata, in modo da dirigere le interruzioni a codice alternativo.

Tabella u140.3. Configurazione iniziale della tabella IVT, secondo l'architettura IBM PC.

| Interruzione | Descrizione |
|------------------|--|
| 00 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>divide error</i> . |
| 01 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>debug</i> . |
| 02 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>non maskable interrupt</i> . |
| 03 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>breakpoint</i> . |
| 04 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>arithmetic overflow</i> . BIOS: il tasto [Stampa] o [Print_Screen] è stato premuto. |
| 05 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>invalid opcode</i> . |
| 06 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>no coprocessor</i> . |
| 07 ₁₆ | Eccezione del microprocessore: <i>no coprocessor</i> . |
| 08 ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 0, temporizzatore. |
| 09 ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 1, tastiera. |
| 0A ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 2. |
| 0B ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 3. |
| 0C ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 4. |
| 0D ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 5. |
| 0E ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 6. |
| 0F ₁₆ | Interruzione hardware: IRQ 7. |
| 10 ₁₆ | BIOS: video. |
| 11 ₁₆ | BIOS: controllo dell'apparecchiatura. |
| 12 ₁₆ | BIOS: memoria disponibile. |
| 13 ₁₆ | BIOS: unità a disco. |
| 14 ₁₆ | BIOS: porte seriali. |
| 15 ₁₆ | BIOS: funzioni varie. |
| 16 ₁₆ | BIOS: tastiera. |
| 17 ₁₆ | BIOS: porte parallele. |
| 18 ₁₆ | BIOS: interprete BASIC in ROM. |
| 19 ₁₆ | BIOS: riavvio. |
| 1A ₁₆ | BIOS: orologio. |
| 1B ₁₆ | BIOS: tasto [Interr] o [Break]. |
| 1C ₁₆ | BIOS: temporizzatore. |
| 1D ₁₆ | BIOS: inizializzazione video. |
| 1E ₁₆ | BIOS: inizializzazione gestione dischi. |
| 1F ₁₆ | BIOS: caratteri del video. |

Quando si costruisce una procedura da associare a una voce della tabella delle interruzioni, occorre considerare che prima che la procedura stessa sia raggiunta, il microprocessore inserisce nella pila delle informazioni. Nello specchio successivo si mettono a confronto le istruzioni relative alle chiamate di interruzioni e di procedure comuni:

| | | |
|-----------------------------|--------------------|---------|
| int | call far | call |
| pushf push cs push ip | push cs push ip | push ip |
| iret | retf | ret |
| pop ip pop cs popf | pop ip pop cs | pop ip |

BIOS data area

Dopo la tabella IVT, a partire dall'indirizzo 00400₁₆ e fino a 004FF₁₆ incluso, si trova un'area di memoria utilizzata dal BIOS, per annotarvi delle informazioni. Alla fine del capitolo sono riportati i riferimenti alla documentazione che consente di interpretare il contenuto di questa area, ma quello che conta sapere è che non ci si

deve scrivere, a meno di impedire alle funzioni del BIOS di operare correttamente.

Altre aree di memoria

A partire dall'indirizzo A0000₁₆, fino a BFFFF₁₆ incluso, si trova la memoria usata per rappresentare i dati sullo schermo. Successivamente ci sono altre aree di memoria in sola lettura (un'area precedente all'indirizzo F0000₁₆ potrebbe essere priva di qualunque cosa) in particolare il blocco da F0000₁₆ a FFFFF₁₆ che contiene le procedure del BIOS.

In pratica, a parte la possibilità di scrivere direttamente nella memoria video, per ottenere la rappresentazione del testo sullo schermo, la memoria da A0000₁₆ fino alla fine, non può essere utilizzata, ma rimane incerta una porzione di memoria antecedente l'indirizzo A0000₁₆ che potrebbe essere utilizzata anch'essa dalle procedure che compongono il BIOS.

Per conoscere l'ammontare di memoria libera si può leggere il valore contenuto all'indirizzo 00413₁₆, nell'ambito della *BIOS data area*, tenendo conto che si tratta di un numero a 16 bit. Quel valore indica la quantità di memoria utile, espressa in multipli di 1024 byte, ma occorre considerare che si può utilizzare solo a partire dall'indirizzo 00500₁₆, ovvero dalla fine della BDA. In alternativa, si può chiamare l'interruzione 12₁₆, ottenendo dal registro *AX* tale valore.

Interruzioni principali

Il BIOS di un elaboratore IBM PC offre una serie di funzionalità, attraverso delle interruzioni, le quali possono essere utilizzate in mancanza di funzioni più sofisticate del sistema operativo. Il testo di riferimento per le interruzioni, del BIOS e dei sistemi operativi che le estendono, è quello di Ralf Brown, annotato alla fine del capitolo. Nelle sezioni successive vengono descritte solo alcune interruzioni offerte esclusivamente da BIOS standard.

INT 10₁₆/AH=00₁₆ «set video mode»

Definisce la modalità di funzionamento del video. A seconda della modalità scelta, si possono usare una o più «pagine» distinte.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|---|
| AH | 00 ₁₆ |
| AL | Modalità video: 00 ₁₆ testo, 40x25 caratteri, 16 colori, 8 pagine; 03 ₁₆ testo, 80x25 caratteri, 16 colori, 4 pagine. |

INT 10₁₆/AH=05₁₆ «select active display page»

Seleziona la pagina video attiva. La numerazione parte da zero e la quantità di pagine disponibili dipende dalla modalità scelta.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|------------------------------|
| AH | 05 ₁₆ |
| BH | Pagina video da selezionare. |

INT 10₁₆/AH=0E₁₆ «teletype output»

Mostra un carattere sullo schermo, alla pagina specificata, facendo avanzare il cursore e facendo scorrere il testo precedente se necessario. In questa modalità di visualizzazione, i caratteri con funzioni speciali vengono interpretati secondo la tradizione, tenendo conto che <CR> riporta il cursore all'inizio della stessa riga e che <LF> fa avanzare alla riga successiva, ma senza riportare il cursore all'inizio.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|-----------------------------|
| AH | 0E ₁₆ |
| AL | Carattere da rappresentare. |
| BL | Numero della pagina video. |

INT 12₁₆ «get memory size»

« Restituisce la dimensione della memoria utilizzabile, partendo dall'indirizzo 0000₁₆, espressa in multipli di 1024 byte. La memoria utilizzabile effettivamente inizia solo a partire dall'indirizzo 00500₁₆. Eventualmente lo stesso valore sarebbe accessibile all'indirizzo 00413₁₆, leggendo un numero da 16 bit.

| Valore restituito | Descrizione |
|-------------------|---------------------------------------|
| AX | Dimensione della memoria disponibile. |

INT 13₁₆/AH=00₁₆ «reset disk system»

« Azzerare il sistema di gestione dei dischi, per l'unità indicata. L'unità è un numero da zero in su per i dischetti, mentre per i dischi fissi si parte da 80₁₆ in su.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|--------------------------------|
| AH | 00 ₁₆ |
| DL | Numero dell'unità da azzerare. |

| Valore restituito | Descrizione |
|-------------------|---|
| AH | Stato: zero indica un risultato soddisfacente, altrimenti si tratta di un errore. |
| <i>c</i> (carry) | Zero se AH è pari a zero; altrimenti, in presenza di un errore, l'indicatore viene attivato. |

INT 13₁₆/AH=02₁₆ «read disk sectors into memory»

« Legge uno o più settori dal disco alla memoria. Il numero del cilindro in cui si trova il settore iniziale viene indicato utilizzando il registro **CH** per gli otto bit meno significativi, mentre si aggiungono altri due bit, più significativi, dal registro **CL**.

L'unità è un numero da zero in su per i dischetti, mentre per i dischi fissi si parte da 80₁₆ in su.

| Parametro | Descrizione |
|---|---|
| AH | 02 ₁₆ |
| DL | Numero dell'unità da cui leggere. |
| AL | Quantità di settori da leggere (deve essere maggiore di zero). |
| CH , CL _{bit6} , CL _{bit7} | Numero del cilindro del primo settore da leggere, costituito dai bit 7 e 6 del registro DL e dal registro CL (da 0 a 1023). |
| CL _{bit0} .. CL _{bit5} | Numero del settore, relativo alla traccia, intesa come combinazione di cilindro e testina (da 1 a 63). |
| DH | Numero della testina (da 0 a 63, perché i due bit più significativi potrebbero essere attribuiti ad altre funzioni). |
| ES:BX (ES*16+BX) | Puntatore all'area di memoria che deve ricevere i settori letti. |

| Valore restituito | Descrizione |
|-------------------|---|
| AH | Stato: zero indica un risultato soddisfacente, altrimenti si tratta di un errore. |
| <i>c</i> (carry) | Zero se AH è pari a zero; altrimenti, in presenza di un errore, l'indicatore viene attivato. |
| AL | In presenza di un errore, riporta la quantità di settori letti correttamente. |

INT 13₁₆/AH=03₁₆ «write disk sectors»

« Scrive uno o più settori dalla memoria nel disco. Il numero del cilindro in cui si trova il settore iniziale viene indicato utilizzando il registro **CH** per gli otto bit meno significativi, mentre si aggiungono altri due bit, più significativi, dal registro **CL**.

L'unità è un numero da zero in su per i dischetti, mentre per i dischi fissi si parte da 80₁₆ in su.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|---|
| AH | 03 ₁₆ |
| DL | Numero dell'unità in cui scrivere. |
| AL | Quantità di settori da scrivere (deve essere maggiore di zero). |

| Parametro | Descrizione |
|---|--|
| CH , CL _{bit6} , CL _{bit7} | Numero del cilindro del primo settore da scrivere, costituito dai bit 7 e 6 del registro DL e dal registro CL (da 0 a 1023). |
| CL _{bit0} .. CL _{bit5} | Numero del settore, relativo alla traccia, intesa come combinazione di cilindro e testina (da 1 a 63). |
| DH | Numero della testina (da 0 a 63, perché i due bit più significativi potrebbero essere attribuiti ad altre funzioni). |
| ES:BX (ES*16+BX) | Puntatore all'area di memoria da cui trarre i dati per la scrittura dei settori. |

| Valore restituito | Descrizione |
|-------------------|---|
| AH | Stato: zero indica un risultato soddisfacente, altrimenti si tratta di un errore. |
| <i>c</i> (carry) | Zero se AH è pari a zero; altrimenti, in presenza di un errore, l'indicatore viene attivato. |
| AL | In presenza di un errore, riporta la quantità di settori scritti correttamente. |

INT 16₁₆/AH=00₁₆ «get keystroke from keyboard»

« Legge un valore inserito dalla tastiera, eliminandolo dalla memoria tampone associata.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|------------------|
| AH | 00 ₁₆ |

| Valore restituito | Descrizione |
|-------------------|--|
| AH | Il valore letto, secondo il codice usato dal BIOS. |
| AL | Il valore letto, tradotto in un carattere ASCII. |

INT 16₁₆/AH=01₁₆ «check for keystroke in the keyboard buffer»

« Legge un valore inserito dalla tastiera, ma senza eliminarlo dalla memoria tampone associata.

| Parametro | Descrizione |
|-----------|------------------|
| AH | 01 ₁₆ |

| Valore restituito | Descrizione |
|-------------------|---|
| <i>z</i> (zero) | Zero se la lettura è avvenuta con successo; altrimenti, se la memoria tampone è vuota, l'indicatore risulta attivato. |
| AH | Il valore letto, secondo il codice usato dal BIOS. |
| AL | Il valore letto, tradotto in un carattere ASCII. |

Riferimenti

- Andrew S. Tanenbaum, *Operating Systems: Design and Implementation*, **prima edizione**, 1987, Prentice-Hall, ISBN 0-13-637406-9
Appendice B: *introduction to the IBM PC*
- MAD, *Assembly tutorial*
<http://www.xs4all.nl/~smit/asm01001.htm>
- Wikipedia, *x86 instruction listings*
http://en.wikipedia.org/wiki/X86_instruction_listings
- *The x86 Interrupt List, aka "Ralf Brown's Interrupt List", "RBIL"*
<http://www.cs.cmu.edu/~ralf/files.html>
- *Computer interrupt*
http://wayback.archive.org/web/20040101000000*/http://calab.kaist.ac.kr/~hyoon/courses/cs310_2001fa01ll/micro17.ppt
<http://www.ece.msstate.edu/~reese/EE3724/lectures/interrupt/interrupt.pdf>
- BiosCentral, *BIOS data area*
<http://www.bioscentral.com/misc/bda.htm>
- Robert de Bath, *Linux 8086 development environment*

<http://homepage.ntlworld.com/robert.debath/>
<http://homepage.ntlworld.com/robert.debath/dev86/>