

## ► Internet

# Gli indirizzi IP alla ricerca di nuovi spazi

*Le tecniche di indirizzamento dei dispositivi collegati a Internet sono in costante evoluzione, per evitare che l'espansione della rete causi il prematuro esaurimento degli indirizzi disponibili*

di Giorgio Gobbi

**C**hiunque abbia configurato manualmente una connessione a Internet sa che viene utilizzata una famiglia di protocolli indicata collettivamente come TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). L'IP è il protocollo che permette di instradare i pacchetti di dati su Internet dal computer di partenza, attraverso un complesso di reti molto diverse tra loro, fino al computer di destinazione. Nel modello di riferimento OSI, l'IP si trova al livello di Rete (livello 3), subito sopra il livello Data link che controlla le comunicazioni al livello fisico. Esempi di protocolli Data link sono quelli Ethernet di una rete fissa (a casa o in ufficio) e il PPP (*Point to Point Protocol*) che usate per connettervi a Internet via modem tramite la normale linea telefonica. Al livello 4 (Trasporto) ci sono protocolli come TCP e UDP, altri due protagonisti della comunicazione su Internet. L'IP è però il protocollo chiave usato da tutti i nodi (computer, router e altri dispositivi) per connettere in una grande internetwork (da cui il nome Internet) centinaia di migliaia di sottoreti e centinaia di milioni di utenti.

## Indirizzi IP

Così come Ethernet utilizza l'indirizzo MAC (*Media Access Code*) di ogni scheda di rete per identificare i nodi fisici di una rete, IP utilizza un numero univoco - l'indirizzo IP - per identificare ogni dispositivo connesso a Internet. Per la cronaca, IP è nato nel 1978 dallo sdoppiamento del TCP (del 1974) in TCP e IP. TCP stabilisce una connessione full du-

plex tra due sistemi, assicura il recapito dei pacchetti (datagram), provvede al controllo di flusso per evitare la perdita di pacchetti, numera i pacchetti in modo da ricostruirne la sequenza e assicura l'integrità dei pacchetti. La funzione di IP è fornire un modo universale per impacchettare i dati e trasmetterli su Internet attraverso sottoreti eterogenee. I datagram IP a loro volta sono incapsulati nei pacchetti del livello Data Link (spesso chiamati frame) e ogni router incontrato durante il percorso estrae il datagram dal frame, stabilisce a quale altro router o computer inviare il datagram, lo reincapsula in un frame e lo inoltra da router a router fino a destinazione. Tuttavia non sempre il canale logico di comunicazione da punto a punto ha bi-

sogno delle funzioni di affidabilità e recupero del TCP, costose in termini di prestazioni. Perciò nel 1980 venne introdotto il più snello e rapido UDP (*User Datagram Protocol*), l'altro protocollo di trasporto usato oggi insieme al TCP.

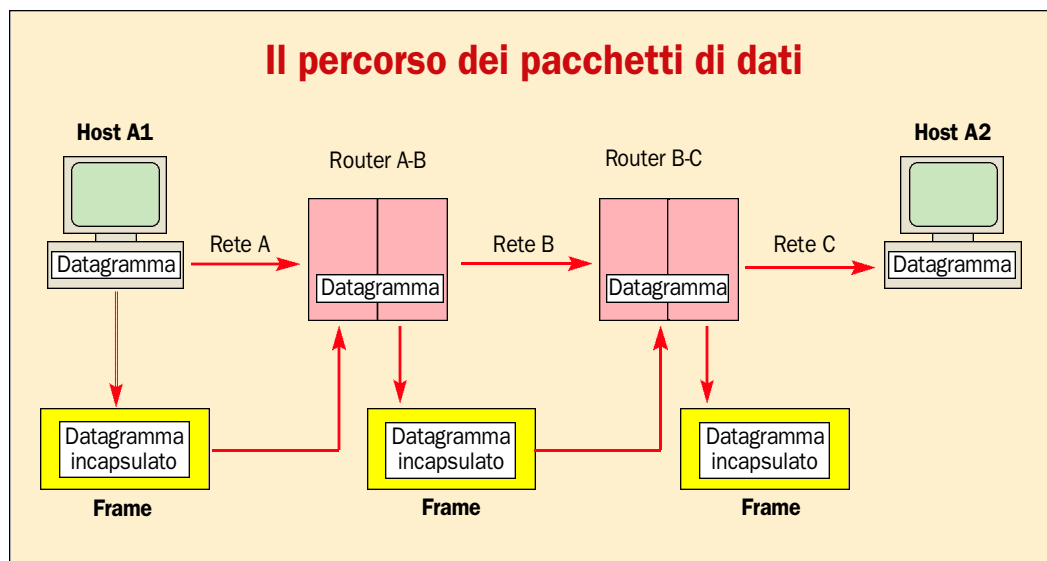
## Indirizzi IP basati su classi

Quando il protocollo IP fu standardizzato, prevedeva che a ogni dispositivo collegato a una rete basata su IP (come Internet) venisse assegnato un indirizzo unico di 32 bit. Se ad esempio un computer (detto host, nel gergo di Internet) ha sia una connessione a Internet sia un'interfaccia LAN verso una rete interna basata su TCP/IP (per esempio una rete Ethernet aziendale o domestica), allora l'host utilizza due indirizzi IP: uno pubblico per far-

si riconoscere su Internet e uno ad uso interno per farsi riconoscere sulla rete locale.

Nella attuale versione 4 dell'indirizzamento IP (IPv4), un indirizzo IP di 32 bit è composto da due parti: la prima (network number o network prefix) identifica la rete in cui si trova l'host e la seconda (host number) identifica il particolare host di quella rete. Come si vede, la struttura degli indirizzi IP era concepita a due livelli gerarchici e tutti gli host della stessa rete avevano lo stesso numero di rete nel loro indirizzo IP.

Dato che esistono reti di dimensioni assai diverse, lo spazio degli indirizzi (in teoria oltre quattro miliardi di valori) venne suddiviso in tre classi principali (A, B e C) con diversa suddivisione dei 32 bit per il



**Il protocollo IP (al livello 3 di Rete nel modello OSI)** confeziona i pacchetti (datagrammi) in modo che siano indipendenti dal tipo di rete fisica che li trasporta. L'incapsulamento finale, specifico del tipo di rete (Ethernet, ATM, PPP e così via) avviene al livello sottostante

numero di rete e il numero di host. La Classe A prevede otto bit per il numero di rete e 24 bit per il numero di host. Con il primo bit a zero e due valori riservati, la Classe A permette di avere 126 reti e oltre 16 milioni di host per rete. Visto che la Classe A utilizza 31 dei 32 bit disponibili, occupa il 50% dello spazio di indirizzamento IPv4, come dire che metà di Internet è stata riservata agli enti governativi americani e alle grandi aziende.

La Classe B suddivide i 32 bit a metà: 16 per il numero di rete e 16 per il numero di host; anche in questo caso si tratta di una classe di indirizzi dedicata a grandi reti, sebbene non enormi come nella Classe A. I primi due bit del numero di rete sono fissi a 10 (in binario), quindi restano 16.382 reti, ciascuna con un numero massimo di 65.534 host. Gli indirizzi di Classe B occupano il 25% dello spazio IPv4.

La Classe C dedica 24 bit al numero di rete (di cui i primi tre fissi a 110) e 8 bit al numero di host. Si possono quindi avere 2.097.150 reti, ciascuna con un massimo di 254 host. La Classe C rappresenta il 12,5% degli indirizzi IPv4, come dire che solo un ottavo della rete è disponibile per i piccoli utenti (comprendendo tra questi le aziende con meno di 255 connessioni a Internet).

Per completezza, citiamo altre due classi: la Classe D utilizza indirizzi che iniziano per 1110 e supporta il multicasting (trasmissione contemporanea a più host, a differenza dell'unicast delle classi A, B e C) e la Classe E (primi 4 bit 1111)

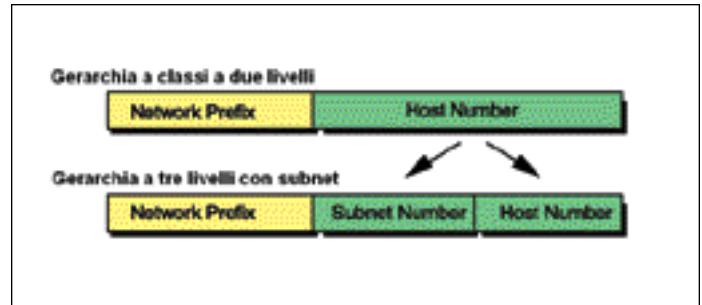
è riservata per uso sperimentale.

### Notazione decimale

Anziché esprimere gli indirizzi IP in forma binaria, è comune usare la notazione decimale con punti di separazione, suddividendo i 32 bit in quattro campi di 8 bit, ciascuno espresso in decimale (valori da 0 a 255). Perciò gli indirizzi di Classe A occupano l'intervallo da 1.xxx.xxx.xxx a 126.xxx.xxx.xxx; quelli di Classe B vanno da 128.0.xxx.xxx a 191.255.xxx.xxx e quelli di Classe C vanno da 192.0.0.xxx a 223.255.255.xxx.

### Limitazioni delle classi

Alla luce dell'espansione esplosiva di Internet e del suo utilizzo da parte di singoli utenti e piccole organizzazioni, salta all'occhio come la suddivisione iniziale degli indirizzi IP fosse illogica. Per di più, ad aggravare le cose, durante le prime fasi dello sviluppo della rete gli indirizzi venivano concessi liberamente a chi li chiedeva, senza verificare le reali necessità e senza preoccuparsi di dilapidare lo spazio degli indirizzi IP. Si può anche notare che i 32 bit dell'IPv4 siano apparsi tecnicamente comodi ed estetici, ma con qualche bit in più si sarebbe avuta un'estensione esponenziale degli indirizzi che avrebbe ritardato l'attuale situazione di scarsità. Un punto chiave è che gli indirizzi di Classe B prevedono reti troppo grandi, adatte giusto a grandi enti ed aziende, mentre gli indirizzi di Classe C, oltre a essere la minoranza, causano anch'essi sprechi. Per



Con l'introduzione del subnetting, l'indirizzamento IP si basa su tre elementi: il numero di rete (network number o network prefix), il numero di sottorete (subnet number) e il numero di host; la lunghezza dell'indirizzo effettivo della rete (network prefix più subnet number) è data dal numero di bit a 1 nella subnet mask che accompagna gli indirizzi IP.

esempio, un'azienda con 300 host sarebbe portata a chiedere un indirizzo di rete di Classe B, sprecando oltre 65.000 indirizzi IP. A sua volta, una piccola azienda che occupasse un indirizzo di rete di Classe C lascerebbe inutilizzata gran parte dei 254 indirizzi host.

### Subnetting

Mentre nelle intenzioni originarie dei progettisti il numero di rete (la prima parte dell'indirizzo IP) avrebbe dovuto identificare univocamente una rete fisica, gli inconvenienti citati hanno reso la cosa impossibile o poco pratica. Assegnare un diverso numero di rete di classe A, B o C a ogni rete significa infatti sprecare gran parte degli indirizzi disponibili e avanzare a grandi passi verso il loro esaurimento.

Nel 1985 venne perciò definita una procedura per supportare il subnetting, ovvero la suddivisione di un singolo numero di rete di classe A, B o C in frammenti più piccoli. Oltre agli inconvenienti citati, stava infatti accadendo che le tabelle usate dai router per l'instradamento stavano diventando sempre più grandi, visto che ogni utente chiedeva un nuovo numero di rete fisica; inoltre gli amministratori di rete erano costretti a chiedere alle autorità Internet nuovi indirizzi di rete prima di poter installare una nuova rete all'interno dell'azienda.

Con il subnetting è stato introdotto un terzo livello gerarchico nella struttura degli indirizzi IP (parliamo sempre di IPv4; il nuovo IPv6 è ancora agli inizi).

Oltre al numero di rete e al numero di host viene usato il numero di subnet, ricavato usando un certo numero di bit

contigui all'inizio dell'originario host number. Il risultato è che con lo stesso numero di rete si possono creare diverse reti fisiche, il cui indirizzo è dato dai bit del numero di rete più i bit del numero di sottorete. Per esempio, per una rete di Classe B, suddividendo l'originario host number in subnet number di 8 bit e host number di 8 bit, si possono indirizzare oltre quattro milioni di reti da 254 host.

I router Internet vedono sempre il network number come indirizzo di rete e limitano le dimensioni delle tabelle di routing. Invece i router interni all'azienda ricavano il reale indirizzo di rete prendendo, dei 32 bit dell'indirizzo IP, tanti bit quanti sono gli 1 della subnet mask, una maschera di 32 bit che serve a distinguere l'indirizzo fisico di rete effettivo (extended network prefix) dall'indirizzo dell'host.

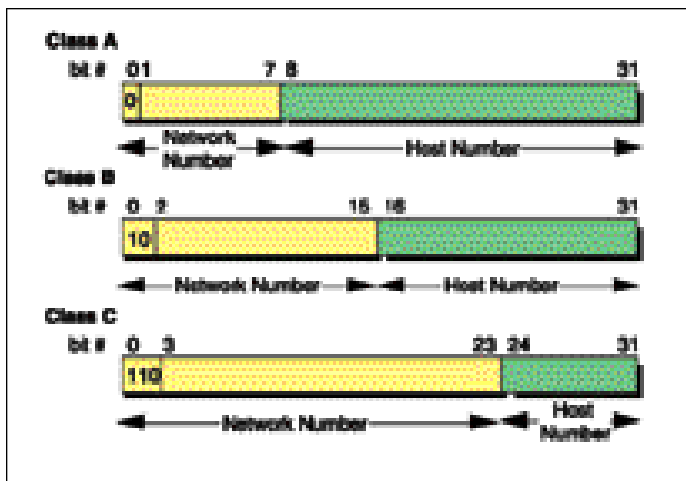
Nell'esempio precedente, per sfruttare 8 bit dell'host number di Classe B come subnet number, si usa una subnet mask con 24 bit a 1 e 8 bit a 0, vale a dire 255.255.255.0 nella notazione decimale puntata.

### Continua

Nella seconda parte vedremo altri esempi di subnetting, il routing senza classi, gli IP per uso interno e un'occhiata all'IPv6.

### Bibliografia

Understanding IP Addressing ([www.3com.com/other/pdfs/infra/corpinfo/en\\_US/501302.pdf](http://www.3com.com/other/pdfs/infra/corpinfo/en_US/501302.pdf))  
Computer Networks, Peterson e Davis, Morgan Kaufmann Publishers  
Encyclopedia of Networking, T. Sheldon, Osborne McGraw-Hill  
Internetworking with TCP/IP Vol. 1, D. Comer, Prentice Hall



Il protocollo IP definisce tre classi principali di indirizzi IP, che differiscono nella ripartizione dei 32 bit tra numero di rete e numero di host

# Le parole dell'IP

## ATM

Asynchronous Transfer Mode, una tecnologia di networking che utilizza pacchetti piccoli di dimensioni fisse chiamati celle.

## CLASSI A, B, C

Il progetto originario dell'indirizzamento IP prevedeva tre classi A, B e C per l'indirizzamento dei dispositivi collegati a una rete TCP/IP, rispettivamente con 8/24, 16/16 e 24/8 bit destinati al numero di rete e al numero di host.

## CONNECTIONLESS

Una tecnica di trasferimento dei dati in rete che non richiede l'instaurazione di una sessione di comunicazione prima di inviare i dati; non ha l'affidabilità della trasmissione connection-oriented ma permette il rapido invio di dati, come nel caso del protocollo UDP.

## CONNECTION-ORIENTED

Una tecnica di trasferimento dei dati in rete che richiede che venga stabilita una sessione di comunicazione tra i due host prima di iniziare a inviare dati; garantisce l'affidabilità della connessione e il rispetto della sequenza di arrivo dei pacchetti; TCP è un protocollo connection-oriented.

## EXTENDED NETWORK PREFIX

Numero o prefisso di rete esteso, costituito dal numero di rete seguito dal numero di sottorete (vedi subnetting); il numero di bit a 1 della subnet mask (maschera di sottorete) che accompagna gli indirizzi IP indica la lunghezza del numero di rete esteso.

## INCAPSULAMENTO

L'operazione, eseguita da un protocollo di strato inferiore, di attaccare una testata (e/o coda) a un messaggio (pacchetto) ricevuto da un protocollo di strato superiore, creando così un nuovo pacchetto da trasmettere o passare a un protocollo inferiore; l'involucro esterno corrisponde al protocollo di strato più basso e man mano che il messaggio risale la pila dei protocolli, gli involucri vengono via via rimossi.

## INDIRIZZO IP

Ogni dispositivo collegato a una rete TCP/IP (inclusa Internet) è identificato da un indirizzo IP, che nella attuale versione IPv4 occupa 32 bit.

## IP

Internet Protocol, il protocollo di rete di strato 3 (Rete) di tipo connectionless che assicura l'impacchettamento dei dati e la loro consegna a destinazione in Internet attraverso sottoreti eterogenee, per esempio Ethernet, PPP, ATM e via dicendo.

## IPv4

IP versione 4, l'attuale versione di indirizzamento IP a 32 bit; in teoria prevede oltre 4 miliardi di indirizzi, ma oltre metà di essi sono stati occupati da provider, enti governativi e grandi aziende che ne usano una piccolissima parte (69 milioni stimati nel 2001); altri fattori hanno contribuito a un rapido consumo degli indirizzi.

## IPv6

IP versione 6 o IPng (IP di nuova generazione), la proposta di indirizzamento IP a 128 bit (dal 1996 in uso sperimentale sulla rete di testing 6Bone e in corso di graduale diffusione) che offre un enorme spazio di indirizzamento con struttura gerarchica e nuove funzionalità.

## IP ADDRESSING

Indirizzamento dei dispositivi collegati a una rete TCP/IP ad uso del protocollo IP (*Internet Protocol*); l'IPv4 permetterebbe di indirizzare oltre 4 miliardi di nodi, ma lo spreco nelle assegnazioni sta portando all'esaurimento degli indirizzi e al passaggio a IPv6.

## DATAGRAM

Un pacchetto IP; il datagram è l'unità di trasmissione su una rete TCP/IP e contiene le informazioni necessarie per essere consegnato al nodo di destinazione.

## FRAME

Un altro termine per indicare un pacchetto, usato tipicamente per indicare un pacchetto inviato su un singolo link piuttosto che su un'intera rete; per esempio, allo strato Data link di Ethernet si parla di frame.

## HOST

Un computer collegato a Internet.

## HOST NUMBER

Numero di host, l'ultima sezione di un indirizzo IPv4 che identifica il dispositivo tra tutti quelli connessi alla stessa sottorete; nella

definizione originaria delle classi A, B e C, l'host number occupa rispettivamente 24, 16 e 8 bit, ma con l'avvento del subnetting parte di questi bit sono stati dedicati al subnet number.

## MULTICAST

Trasmissione simultanea di pacchetti a più host di una rete.

## NETWORK NUMBER

Numero di rete, la prima sezione di un indirizzo IP basato su classi e costituito da 8, 16 o 24 bit; con il subnetting l'effettivo numero di rete fisica è formato dal network number (detto anche network prefix) più i bit del subnet number.

## NETWORK PREFIX

Sinonimo di network number.

## NOTAZIONE DECIMALE

Per esprimere più comodamente i 32 bit di un indirizzo IPv4, si usa la notazione nnn.nnn.nnn.nnn, dove nnn sono le rappresentazioni decimali da 0 a 255 dei quattro gruppi di 8 bit.

## PPP

Point to Point Protocol, un protocollo allo strato Data link usato tipicamente per connettere un computer a una rete TCP/IP attraverso una linea dial-up; solitamente è utilizzato da chi si connette via modem a 56 Kbps a un provider Internet tramite la normale linea telefonica.

## ROUTER

Un dispositivo di rete connesso a due o più reti che inoltra i pacchetti da una rete all'altra e opera allo strato 3 (Rete); utilizza tabelle di instradamento per trovare le possibili rotte lungo cui inviare i pacchetti a qualsiasi possibile destinazione.

## STRATO DATA LINK

Lo strato Data link (collegamento dati o scambio dati), strato 2 del modello OSI definisce le regole per lo scambio di dati lungo una connessione fisica da punto a punto, cioè tra due sistemi della stessa rete fisica.

## STRATO DI RETE

Lo strato 3 (Rete) del modello OSI fornisce servizi di internetworking (connessione tra reti) per assicurare che i pacchetti arrivino a destinazione attraverso una serie

di collegamenti da punto a punto; su una rete IP, i pacchetti destinati a un'altra rete sono confezionati e spediti dal protocollo IP.

## STRATO DI TRASPORTO

Lo strato 4 del modello OSI, che fornisce servizi generali di affidabilità assenti nello strato di Rete, come la ritrasmissione dei pacchetti mal ricevuti e l'ordinamento nella giusta sequenza dei pacchetti.

## SUBNETTING

Consiste nell'utilizzare un certo numero di bit iniziali dell'host number come subnet number (numero di sottorete), così da indirizzare un numero di reti fisiche maggiore di quello previsto dalle classi A, B e C di indirizzamento IP; un'azienda può così avere un solo numero di rete e diversi numeri di sottorete per i propri dipartimenti.

## SUBNET MASK

Una maschera di 32 bit che indica quanti bit dell'indirizzo IP costituiscono l'effettivo indirizzo della rete fisica (extended network prefix) e di conseguenza quanti bit restano per l'indirizzo dell'host nella rete; una subnet mask 255.255.255.0 indica che i primi 24 bit dell'indirizzo sono in effetti l'indirizzo di rete, anche se il network number è ad esempio di 16 bit (Classe B).

## SUBNET NUMBER

Un certo numero di bit iniziali dell'host number, usati per indirizzare una sottorete fisica; il numero di rete esteso (host number più subnet number) identifica la sottorete per i router all'interno dell'azienda, mentre il nuovo host number accorciato identifica gli host della rete.

## TCP

Il principale protocollo di trasporto usato su Internet per le trasmissioni che pongono requisiti di affidabilità; TCP è connection-oriented e garantisce che i pacchetti arrivino integri e in sequenza.

## UDP

Un protocollo connectionless di strato 4 (Trasporto) della famiglia TCP/IP usato per le comunicazioni brevi e senza requisiti di affidabilità.

## ► Internet

# Come funziona un indirizzo IP su Internet *(seconda parte)*

*Dopo aver presentato nella prima parte le classi di indirizzamento IP e il subnetting, introduciamo il routing senza classi e la nuova versione Ipv6 di IP addressing*

di Giorgio Gobbi

Nella prima parte pubblicata sullo scorso numero abbiamo visto che lo standard di indirizzamento IP tuttora prevalente (IP versione 4), si basa su indirizzi di 32 bit variamente interpretati. In origine furono definite le classi di indirizzamento A, B e C per **trasmissioni unicast** (a un solo destinatario) con prefisso (o numero di rete) rispettivamente di 8, 16 e 24 bit. I bit rimanenti rappresentano il numero di host e identificano il computer (o altro dispositivo) all'interno della rete. Nell'ambito degli indirizzi con classe (classful IP addressing), la classe di appartenenza di un indirizzo IP si riconosce dal prefisso: Classe A per i prefissi da 1 a 126, B per i prefissi da 128.0 a 191.255 e C per i prefissi da 192.0.0 a 223.255.255.

Con l'introduzione del **subnetting** nel 1985 si iniziò a sfruttare meglio lo spazio degli indirizzi, che si stava consumando troppo rapidamente. A parità di prefisso di rete, una parte del numero di host (generalmente un certo numero di bit iniziali contigui) veniva interpretata come numero di sottorete. Per esempio, un indirizzo di Classe B 130.5.5.25 con subnet mask 255.255.255.0 indica che il prefisso esteso di rete, che identifica la rete da un punto di vista logico, è 10000010.00000101.00000101 (in decimale 130.5.5). Per esprimere il fatto che l'indirizzo 130.5.5.25 comprende un prefisso esteso di 24 bit ci sono due modi: specificare l'indirizzo e la relativa subnet mask (255.255.255.0 indica che i primi 24 bit dell'indirizzo costituiscono il prefisso esteso) o la

notazione indirizzo IP/<lunghezza del prefisso>, in questo caso 130.5.5.25/24.

## Un esempio di subnetting

Supponiamo che un'organizzazione titolare della rete 193.1.1.0/24 (Classe C) desideri definire sei sottoreti, ciascuna con al più 25 host. Il numero di sottoreti è una potenza di 2, quindi definiamo 8 sottoreti utilizzando tre bit dell'host number di Classe C. La subnet mask sarà 255.255.255.224 (11111111.11111111.11111111.11100000) e il prefisso di rete esteso sarà quindi di 27 bit (i 24 di Classe C più i tre di sottorete). La prima delle otto sottoreti sarà identificata da 193.1.1.0/27, la seconda da 193.1.1.32/27 e così via fino all'ottava: 193.1.1.224/27.

## Routing senza classi (CIDR)

La crescita esponenziale di Internet oltre ogni previsione e l'assegnazione inefficiente degli spazi di indirizzamento, nei

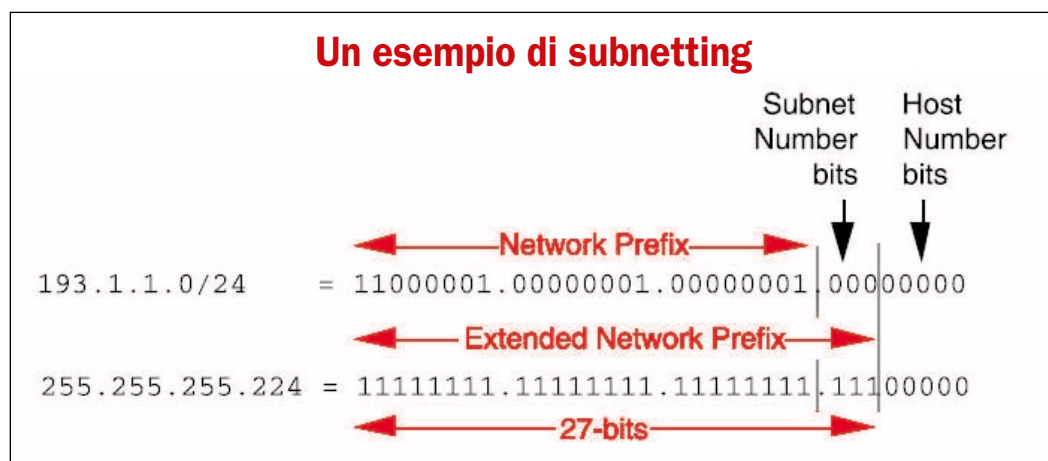
primi anni '90 fece suonare un campanello d'allarme. O si cambiava rotta o si sarebbero presto verificati due fenomeni: gli indirizzi di Classe B (il vero nocciolo della questione) si sarebbero esauriti e la rapida dilatazione delle tabelle di routing avrebbe portato a dimensioni ingestibili. Inoltre, a breve termine, si sarebbe verificato l'esaurimento dello spazio di indirizzi a 32 bit di Ipv4.

La risposta alla criticità della situazione fu lo sviluppo del **Classless Inter-Domain Routing** (CIDR), documentato nel 1993. In questo modo si è guadagnato tempo per sperimentare l'indirizzamento Ipv6 (in prova dal 1996).

Il routing CIDR ha prodotto due effetti: l'eliminazione delle classi A, B e C e l'aggregazione dei percorsi di rete (route) tramite singoli voci, nelle tabelle dei router, che rappresentano uno spazio di indirizzamento equivalente a migliaia di percorsi tradizionali basati sulle

classi. Senza la rapida introduzione del CIDR (che convive con classi e subnetting) nel '94/95, le tabelle di routing avrebbero superato le 70.000 voci (indirizzi di rete), mettendo Internet in ginocchio.

CIDR sostituisce la suddivisione rigida tra prefisso di rete e numero di host delle classi tradizionali generalizzando il concetto di prefisso di rete. Anziché 8, 16 o 24 bit per il prefisso, CIDR utilizza un prefisso di rete di lunghezza arbitraria da 13 a 27 bit. Anche in questo caso la lunghezza del prefisso è comunicata attraverso una maschera di bit. In questo modo CIDR permette di assegnare spazi di indirizzamento su misura per reti di dimensioni arbitrarie, senza spreco di indirizzi e con minima occupazione nelle tabelle di routing. La dimensione delle reti può variare infatti da 32 indirizzi (prefisso di 27 bit) a mezzo milione (prefisso di 13 bit). Il precedente subnetting aveva miglio-



*Il titolare della rete 193.1.1.0/24 desidera definire 6 sottoreti. Vengono quindi usati 3 bit dell'host number di classe C. La subnet mask sarà 255.255.255.224 con un prefisso esteso di 27 bit (24 bit di classe C più i 3 di sottorete)*



rato lo sfruttamento dello spazio indirizzi, ma con minore efficienza, perché conservava l'uso delle classi, utilizzando solo 8, 16 o 24 bit per gli indirizzi di rete visti dai router globali. Al contrario, CIDR permette di creare aggregazioni gerarchiche di indirizzi che rispecchiano la struttura reale della rete, che è suddivisa in **sistemi autonomi** (AS, *Autonomous Systems*), ovvero reti di grandi enti o grandi provider che amministrano in modo autonomo un vasto spazio indirizzi. I grandi ISP a loro volta riallocano porzioni dei loro indirizzi ad aziende e provider più piccoli.

### Indirizzi IP privati

Un ulteriore contributo allo sfruttamento efficiente dello spazio di indirizzi IP venne dall'utilizzo degli indirizzi IP per uso privato, non accessibili direttamente da Internet. La IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*), visto lo scarso utilizzo di indirizzi liberi, riservò tre intervalli di indirizzi all'uso interno di aziende e organizzazioni: 10.0.0.0-10.255.255.255 (prefisso di rete 10/8), 172.16.0.0-172.31.255.255 (prefisso 172.16/12) e 192.168.0.0-192.168.255.255 (prefisso 192.168/16). Questi intervalli permettono di creare reti anche di grosse dimensioni senza consumare indirizzi IP globali. Dato che questi indirizzi non sono visibili da Internet, possono essere riutilizzati senza limiti; una rete aziendale potrà quindi utilizzare pochi indirizzi globali per i router e host connessi a Internet, mentre la rete interna potrà utilizzare gli indirizzi privati. In questo modo non soltanto rallenta il consumo di indirizzi IPv4, ma aumenta il livello di sicurezza delle stazioni di lavoro.

Nelle reti basate su Windows XP, la configurazione automatica e l'attivazione della condivisione della connessione Internet utilizzano indirizzi nel range 192.168/16, con l'indirizzo

di rete del gateway (il PC connesso al modem) posto a 192.168.0.1 e gli indirizzi dei client di rete assegnati dinamicamente. L'indirizzo della connessione Internet è assegnato dal provider e di solito è dinamico. La tecnologia NAT (*Network Address Translation*) provvede, per via hardware (per esempio in un router) o software (esempio in Windows XP), alla traduzione tra gli indirizzi privati (come 192.168/16) e l'indirizzo pubblico con cui la rete è visibile su Internet. Se avete una piccola rete locale basata su Windows, con la condivisione della connessione Internet, il PC collegato al modem avrà due indirizzi IP: quello della connessione Internet, assegnato dal provider e visibile su Internet, e quello privato dell'interfaccia LAN (tipicamente 192.168.0.1), che funge da gateway per gli altri PC della rete. NAT presenta anche inconvenienti, perché contraddice il principio di base dell'indirizzabilità globale degli indirizzi IP, su cui si basano molte applicazioni e protocolli, tuttavia è talmente comodo ed economico da essere utilizzato dalla maggioranza delle aziende e da essere considerato un ostacolo alla diffusione di IPv6.

### IPv6

Finora lo sviluppo delle tecniche di indirizzamento e routing IP è stata una continua corsa ad ostacoli per rimediare al fatto che solo una piccola parte dei 4 miliardi di indirizzi IPv4 disponibili è utilizzabile e che la crescita esplosiva del numero di reti su Internet ha rischiato di saturare le capacità di routing. Nonostante i rimedi, la saturazione dell'IPv4 è inevitabile e da anni governi e organizzazioni (inclusa la Comunità Europea) stanno lavorando alla sperimentazione e diffusione di IPv6 in vista della futura migrazione. Già sono apparsi all'orizzonte vari dispositivi (inclusi elettrodomestici e dispositivi wireless) con connettività Internet, ma è probabile che la richiesta di indirizzi IP cresca esponenzialmente man mano che la tecnologia e la miniaturizzazione permetteranno di connettere in rete persone, animali, veicoli, impianti, macchine, videocamere, sensori (inclusi i contatori domestici) e altro ancora.

IPv6 è il risultato, dopo varie

tappe intermedie, dello sforzo iniziato dall'IETF (*Internet Engineering Task Force*) nel 1991 per rispondere alla necessità di espandere lo spazio di indirizzamento IP.

IPv6 estende a 128 bit la lunghezza degli indirizzi IP e supporta più livelli gerarchici di indirizzamento. La notazione degli indirizzi differisce da quella di IPv4 e può avere tre forme, di cui quella preferita è in esadecimale nel formato X:X:X:X:X:X:X:X, dove ogni X è un intero esadecimale di quattro cifre (es. 47CD). La forma compressa prevede la sostituzione di una successione di valori a zero con il doppio due punti (::); per esempio 47CD:0000:0000:0000:0000:A456:0123 può essere scritto 47CD::A456:0123. La terza forma di IPv6 serve in ambienti misti IPv4/IPv6 ed è rappresentata come X:X:X:X:X:X:X:D:D:D:D, dove le X sono gli interi esadecimali già visti e le D costituiscono l'attuale rappresentazione IPv4 tramite valori decimali da 0 a 255; un esempio sarebbe ::FFFF:129.144.52.39. Con 128 bit si possono indirizzare  $3,4 \times 10^{38}$  interfacce di rete, sufficienti come minimo per l'intero sistema solare.

A differenza di IPv4, IPv6 non usa la subnet mask per delimitare il numero di rete e il numero di host; analogamente a quanto avviene con il CIDR in IPv4, i router riconoscono l'indirizzo di rete perché insieme all'indirizzo IP viene specificata la lunghezza del prefisso di rete. Un tipico indirizzo IPv6 consiste di un prefisso di routing globale di 48 bit e di un subnet id (identificatore di sottorete) di 16 bit, utilizzabile dalle organizzazioni per creare la propria gerarchia locale di indirizzi e sottoreti. La notazione utilizzata, come per il CIDR è quella indirizzo/lunghezza del prefisso; per esempio FE80::02AA:00FF:FE9A:4CA2/64 indica che i primi 64 bit dell'indirizzo costituiscono il prefisso di rete.

In IPv6 la porzione dello spazio totale di indirizzamento destinata al routing globale (l'equivalente degli indirizzi Internet pubblici di IPv4) prende il nome di **indirizzi unicast globali aggregabili**. Unicast significa trasmissione dei pacchetti a un solo host, a differenza di multicast (trasmissione di un pacchetto a più host). L'agget-

tivo globale si riferisce al routing pubblico di Internet, di generale accessibilità. Aggregabile si riferisce alla struttura gerarchica degli indirizzi, che riduce le dimensioni e la manutenzione delle tabelle di routing. IPv6, oltre a indirizzi unicast e multicast (dove un pacchetto è inviato a tutte le interfacce identificate dal particolare indirizzo multicast), prende anche indirizzi anycast (il pacchetto è instradato all'interfaccia, tra tutte quelle aventi lo stesso indirizzo anycast, che risulta essere a distanza minore per il protocollo di routing).

Quando apparve all'orizzonte il futuro modo di indirizzamento IP, da più parti furono espresse nuove esigenze funzionali, come il supporto a servizi real-time, il supporto alla sicurezza, l'autoconfigurazione degli host e un routing più evoluto comprendente i dispositivi mobili. Perciò, oltre a usare indirizzi più lunghi, IPv6 introduce modifiche nella maggior parte dei protocolli, in modo da supportare un nuovo formato di datagramma più flessibile (con testata flessibile e informazioni di controllo opzionali), meccanismi di allocazione delle risorse di rete (ad esempio per il video real-time) e l'estensibilità dei protocolli per futuri aggiornamenti.

I grandi produttori americani, europei ed asiatici hanno investito miliardi di dollari per testare e integrare IPv6 nei loro prodotti. L'Italia è in ritardo (sta appena iniziando a creare una task force nazionale su IPv6) ma verrà trainata dai progressi della IPv6 Task Force della Commissione Europea, che è all'opera dal 2001 e si è alleata con l'IPv6 Promotion Council giapponese per la diffusione mondiale di IPv6.

### Riferimenti

**Understanding IP Addressing**, [www.3com.com/other/pdfs/infra/corpinfo/en\\_US/501302.pdf](http://www.3com.com/other/pdfs/infra/corpinfo/en_US/501302.pdf)  
Computer Networks, Peterson e Davis, Morgan Kaufmann Publishers  
**IP Version 6**, <http://playground.sun.com/pub/ipv6/html/ipv6-main.html>  
**IP Version 6 Working Group**, [www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/ipv6-charter.html](http://www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/ipv6-charter.html)  
Commissione Europea, IPv6 Task Force Steering Committee, [www.ipv6tf-sc.org/html/public/ipv6tf-sc\\_pu\\_d3\\_3v0\\_4.pdf](http://www.ipv6tf-sc.org/html/public/ipv6tf-sc_pu_d3_3v0_4.pdf)

Su [www.pconline.it](http://www.pconline.it)  
(sezione  
Approfondimenti/  
Report)  
l'articolo in versione  
completa



**PC OPEN**.it

# Le parole dell'IP

## ALLOCAZIONE IPV6

Lo spazio indirizzi di IPv6 (3,4 x 1038 indirizzi) è suddiviso in sezioni identificate da un prefisso di formato (la parte iniziale di un indirizzo IPv6). Oltre a numerose sezioni riservate o non ancora assegnate, un ottavo dello spazio indirizzi (ancora un numero vertiginosamente alto) è dedicato alle aggregazioni di indirizzi unicast globali, identificate dal prefisso 001 binario. Gli indirizzi multicast sono identificati dal prefisso 11111111.

## AS

Autonomous System, sistema autonomo, a volte chiamato anche dominio di routing: un gruppo di reti e router che è soggetto a un'autorità di amministrazione comune e utilizza lo stesso protocollo di routing intradominio. Un AS può essere ad esempio una grande e complessa rete aziendale o universitaria o la rete di un Internet Service Provider. L'idea di base dietro i sistemi autonomi è fornire un modo aggiuntivo per aggregare gerarchicamente le informazioni di routing all'interno di Internet. Un elenco di AS è contenuto nel CIDR Report, [bgp.potaroo.net/cidr/](http://bgp.potaroo.net/cidr/).

## CIDR

Classless Interdomain Routing, routing interdominio senza classi: un metodo di aggregazione delle route (percorsi di rete globali) che tratta un blocco di indirizzi IP contigui di Classe C come una singola rete. L'utilizzo del CIDR ha ampliato soppiantato l'utilizzo delle classi tradizionali A, B e C, ottenendo efficienza nell'uso dello spazio indirizzi IP e riducendo drasticamente le dimensioni delle tabelle di routing. Con il CIDR i prefissi di rete hanno lunghezze arbitrarie tra 13 e 27 bit, secondo le dimensioni della rete o dell'AS.

## ETHERNET

Una diffusissima tecnologia di rete locale, di cui specifica l'interfaccia fisica e i protocolli allo strato Data link; originariamente basata sullo schema di segnalazione CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect*) si è evoluta in 30 anni fino a reti switched senza collisioni e a velocità di trasmissione fino a 10 GBPS.

## EXTENDED NETWORK PREFIX

Numero o prefisso di rete esteso, costituito dal numero di rete seguito dal numero di sottorete (vedi subnetting); il numero di bit a 1 della subnet mask (maschera di sottorete) che accompagna gli indirizzi IP indica la lunghezza del numero di rete esteso.

## FRAME

Un altro termine per indicare un pacchetto, usato tipicamente per indicare un pacchetto inviato su un singolo link piuttosto che su un'intera rete; per esempio, allo strato Data link di Ethernet si parla di frame.

## HOST

Qualunque computer collegato a Internet.

## HOST NUMBER

Numero di host, l'ultima sezione di un indirizzo IPv4 che identifica il dispositivo tra tutti quelli connessi alla stessa sottorete; nella definizione originaria delle classi A, B e C, l'host number occupa rispettivamente 24, 16 e 8 bit, ma con l'avvento del subnetting parte di questi bit sono stati dedicati al subnet number.

## IAB

Internet Activities Board, il corpo principale che supervisiona lo sviluppo e la standardizzazione dei protocolli dell'architettura di Internet.

## IETF

Internet Engineering Task Force, una task force dell'IAB (*Internet Activities Board*) responsabile di fornire soluzioni tecniche a breve termine per Internet.

## INDIRIZZI IPV6

Sono costituiti da 128 bit ed espressi in tre modi possibili; quello preferito è in esadecimale nella forma X:X:X:X:X:X:X:X, dove ogni X è un intero esadecimale di quattro cifre (es. 47CD). La forma compressa prevede la sostituzione di una successione di valori a zero con il doppio due punti (::); per esempio 47CD:0000:0000:0000:0000:0000:A456:0123 può essere scritto 47CD::A456:0123. La terza forma serve in ambienti misti IPv4/IPv6 ed è rappresentata come X:X:X:X:X:X:X:X:D:D:D:D, dove le D costituiscono l'attuale rappresentazione IPv4 tramite

valori decimali da 0 a 255; un esempio sarebbe ::FFFF:129.144.52.39. Un tipico indirizzo IPv6 unicast globale consiste di un prefisso di routing globale di 48 bit e di un subnet id (*identificatore di sottorete*) di 16 bit, utilizzabile dalle organizzazioni per creare la propria gerarchia locale di indirizzi e sottoreti.

## INDIRIZZI CIDR

Nel moderno routing senza classi un indirizzo IP è formato da un prefisso di rete di lunghezza arbitraria tra 13 e 27 bit e dal numero di host per i rimanenti bit. Ogni indirizzo CIDR è accompagnato dall'informazione sulla lunghezza del prefisso. Per esempio, l'indirizzo 206.13.01.47/25 indica che i primi 25 bit costituiscono il numero di rete, mentre i sette bit rimanenti possono identificare 128 host.

## INDIRIZZI IP PRIVATI

In IPv4 ci sono tre intervalli di indirizzi destinati all'uso interno di aziende e organizzazioni: 10.0.0.0-10.255.255.255 (prefisso di rete 10/8), 172.16.0.0-172.31.255.255 (prefisso 172.16/12) e 192.168.0.0-192.168.255.255 (prefisso 192.168/16). Questi indirizzi possono essere liberamente utilizzati, visto che non direttamente accessibili da Internet. La funzione Network Address Translation provvede alla traduzione tra gli indirizzi privati e l'indirizzo della connessione che funge da gateway tra la rete locale e Internet.

## IPV6

IP versione 6 o IPng (IP di nuova generazione), la proposta di indirizzamento IP a 128 bit (dal 1996 in uso sperimentale sulla rete di testing 6Bone e in corso di graduale diffusione) che offre un enorme spazio di indirizzamento con struttura gerarchica e nuove funzionalità.

## IPV6 OVER IPV4 TUNNELING

Incapsulamento dei pacchetti IPv6 in pacchetti IPv4 in modo da permettere ai pacchetti IPv6 di essere trasmessi lungo infrastrutture di routing IPv4.

## MULTICAST

Trasmissione simultanea di pacchetti a più host di una rete.

## NETWORK NUMBER

Numero di rete, la prima sezione di un indirizzo IP basato su classi e costituito da 8, 16 o 24 bit; con il subnetting l'effettivo numero di rete fisica è formato dal network number (detto anche network prefix) a cui vanno aggiunti i bit del subnet number.

## NOTAZIONE DECIMALE

Per esprimere più comodamente i 32 bit che compongono un indirizzo IPv4, viene usata la notazione nnn.nnn.nnn.nnn, dove nnn sono le rappresentazioni decimali da 0 a 255 dei quattro gruppi di 8 bit.

## PPP

Point to Point Protocol, un protocollo al livello Data link usato tipicamente per connettere un computer a una rete TCP/IP attraverso una linea del tipo dial-up; solitamente è utilizzato dall'utente che si connette via modem a 56 Kbps a un provider Internet tramite la normale linea telefonica.

## PREFISSO IPV6

Anche in IPv6 il prefisso indica la parte di indirizzo che identifica un aggregato di reti o una sottorete. In IPv6 i prefissi sono espressi come nel CIDR di IPv4, tramite indirizzo/lunghezza del prefisso, per esempio 21DA:D3::/48.

## ROUTE

In generale una route (itinerario, strada o percorso) è il percorso seguito dal traffico di rete dall'origine alla destinazione. In una rete TCP/IP come Internet, ogni datagram è instradato in modo indipendente.

## SUBNET MASK

Una maschera di 32 bit che indica quanti bit dell'indirizzo IP costituiscono l'effettivo indirizzo della rete fisica (extended network prefix) e di conseguenza quanti bit restano per l'indirizzo dell'host nella rete; una subnet mask 255.255.255.0 indica che i primi 24 bit dell'indirizzo sono in effetti l'indirizzo di rete, anche se il network number è ad esempio di 16 bit (Classe B).

## UDP

Un protocollo connectionless di strato 4 della famiglia TCP/IP usato per le comunicazioni brevi e senza requisiti di affidabilità.

## ► Multimedia

# Come funziona il formato di compressione video MPEG-4

*Questo standard promette una grande efficienza, l'utilizzo con ogni tipo di media e una forte interazione tra l'utente e la scena, composta non solo da oggetti audio e video ma anche da testo, grafica 2D/3D e animazione*

di Giorgio Gobbi

**M**PEG significa Moving Picture Experts Group, il comitato dell'ISO (International Organization for Standardization, [www.iso.org](http://www.iso.org)) che ha sviluppato gli omonimi standard, tra cui MPEG-1, MPEG-2 e MPEG-4, MPEG-7 e MPEG-21.

I primi tre di questi standard definiscono il formato della compressione audio/video e implicitamente il decompressore, mentre ogni produttore è libero di sviluppare i propri compressori, utilizzando implementazioni sia hardware sia software.

**MPEG-1**, approvato nel 1991, con i suoi 352x240 pixel tipici, offre una qualità di poco inferiore rispetto al VHS (*Video Home System*, il comune formato di registrazione su videocassetta); fanno parte dell'MPEG-1 il diffusissimo MP3 (MPEG-1 Audio Layer III) e il VideoCD, che nei primi anni '90 ha permesso di condensare 74 minuti di audio-video su un CD.

**MPEG-2**, approvato nel 1994, è il formato che tra l'altro ha reso possibile registrare i film su DVD. Per far fronte a diversi campi di applicazione, lo standard è suddiviso in *Profili e Livelli*. Un profilo descrive il grado di complessità, mentre ogni livello di un profilo definisce la risoluzione (le dimensioni dell'immagine).

Il livello Main (principale) del profilo Main prevede un quadro di 720x576 pixel con uno streaming (flusso di bit) di 15 Mb/s. Il profilo Main, livello Low prevede 352x288 a 4 Mb/s, mentre il profilo High/High per TV ad alta risoluzione prevede 1920x1152 a 100 Mb/s. Un tipico DVD a doppio strato contiene circa due ore di film MPEG-2 più audio e sottotitoli in varie

lingue, commenti, servizi speciali, trailer e altro.

## Perché MPEG-4?

Nonostante il successo determinante di MPEG-1 e MPEG-2 nel diffondere audio e video digitali, questi formati non offrono l'efficienza di compressione, la qualità e la flessibilità necessarie per coprire tutte le esigenze multimediali, in particolare l'invio di stream audio-video di qualità attraverso Internet a dispositivi mobili, come cellulari e palmari, e con banda passante medio-bassa.

**MPEG-4**, standardizzato nel 1988 e periodicamente soggetto a evoluzione ed estensioni, ingloba le funzionalità di MPEG-1 e MPEG-2 (non esiste un MPEG-3) ed è strutturato come "toolbox aperto", ovvero un ricco assortimento di strumenti che coprono l'intera gamma di media e applicazioni, dallo streaming a bassissima banda passante fino alle applicazioni interattive di alta qualità con mix di audio-video, grafica 2D/3D, oggetti sintetici, animazione di volti e corpi, testi, applicazioni interattive e altro.

Gli autori e i produttori di contenuti MPEG-4 scelgono quali strumenti del toolbox utilizzare secondo il tipo di applicazione e di utenza, sfruttando l'adattabilità dell'MPEG-4 alla banda passante e ai tipi di reti disponibili.

## I vantaggi

MPEG-4 fornisce le tecnologie necessarie a soddisfare le esigenze degli utenti, dei provider e degli autori. Agli utenti fornisce contenuti interattivi secondo quanto programmato dagli autori. Per esempio, un clic sul titolo di un film potrebbe far apparire una finestra di informazioni e magari un'altra finestra con il trailer e un'interfaccia di e-commerce per l'acquisto, il tutto portando le applicazioni multimediali a nuovi tipi di rete, incluse quelle wireless e a bassa velocità.

Gli autori beneficiano della grande riutilizzabilità dei contenuti e della flessibilità dell'MPEG-4, che somma le potenzialità di TV, grafica animata, pagine Web e protezione della proprietà intellettuale.

A beneficio dei provider,

MPEG-4 fornisce informazioni che in modo trasparente vengono interpretate e tradotte nello standard di segnalazione dei vari tipi di rete. Così lo stesso contenuto può essere instradato indifferentemente su Internet o su un cellulare.

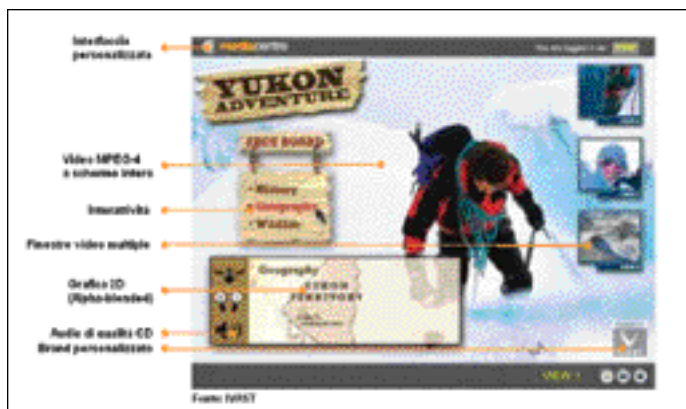
## Come funziona

Per raggiungere questi obiettivi lo standard MPEG-4 specifica come si realizzano le funzioni necessarie: 1) la rappresentazione di ogni elemento di contenuto (audio, foto, video, audio-video) tramite "media object", cioè oggetti che possono avere origine naturale (per esempio ripresi con microfono e telecamera) o sintetica (es. testi, audio sintetico, teste e corpi animati e grafica 2D/3D computerizzata); 2) la descrizione di come comporre questi oggetti per creare oggetti composti che formano le scene audio-video; 3) la moltiplicazione (la condivisione del canale di trasmissione da parte di più stream e dati simultanei) e la sincronizzazione tra i dati associati con gli oggetti, in modo da consentire il trasporto su vari tipi di reti con la necessaria qualità di servizio e 4) l'interazione tra l'utente e la scena audio-video generata sul terminale di destinazione.

## MPEG-4 è dinamico

MPEG-2 è statico, nel senso che dopo la composizione dell'immagine (video, grafica e testo) in una finestra di pixel, restano solo i pixel, senza la possibilità di recuperare gli elementi originari dell'immagine (per esempio una scritta o un logo), che non potranno essere né riutilizzati né rimossi.

In MPEG-4, invece, i diversi



Una scena MPEG-4 che utilizza oggetti e stream audio-video multipli



oggetti della scena possono essere codificati e trasmessi separatamente al decodificatore sotto forma di stream elementari. La composizione della scena avviene dopo la decodifica degli stream, che possono rappresentare oggetti audio, video o di altro genere. Per eseguire la composizione, MPEG-4 utilizza un apposito linguaggio di descrizione della scena chiamato BiFS (*Binary Format for Scenes*). In questo modo il logo di un programma televisivo può essere un oggetto separato e sostituibile.

### Un esempio

Per esempio, per comporre in MPEG-4 la sequenza di una persona che illustra una presentazione audio-video accanto a un tavolo sormontato da un mappamondo, avremmo una serie di oggetti base: la sequenza audio-video visualizzata sullo schermo, l'immagine (sprite, un'immagine indipendente nell'immagine più grande) del presentatore più l'audio della sua voce, gli oggetti sintetici 3D del tavolo e del mappamondo, più i criteri di composizione audio e video della scena e dell'interazione consentita all'utente.

MPEG-4 permette di collocare gli oggetti all'interno di un sistema di coordinate, applicare trasformazioni per modificare l'aspetto geometrico e acustico di un media object, raggruppare oggetti primitivi per formare oggetti composti, applicare stream di dati a oggetti per modificarne gli attributi (per esempio un suono, una texture in movimento, i parametri di animazione di un volto sintetico) e modificare in modo interattivo il punto di vista e di ascolto dell'utente all'interno della stanza. Il linguaggio BiFS permette anche di descrivere il comportamento condizionale degli oggetti, in base ad eventi e agli input interattivi dell'utente.

### Profili e livelli

MPEG-4 è costituito da un gran numero di tool non tutti contemporaneamente necessari per ogni applicazione. Per consentire diversi utilizzi ai diversi segmenti di mercato, MPEG-4 è strutturato in profili, che non sono altro che gruppi di tool.

I profili esistono a vari livelli, per limitare la complessità di



**Il cellulare Sony Ericsson Z1010** (UMTS e GPRS) include un player MPEG-4

elaborazione (per esempio il bit rate, il numero massimo di oggetti, il tipo di audio) secondo le particolari necessità.

### L'architettura

La complessità dell'MPEG-4 è descritta negli standard, nei libri e in numerosi documenti reperibili on line.

Per un breve assaggio, citiamo le parti principali in cui è suddiviso lo standard: Systems (parte 1); Visual (parte 2); Audio (parte 3); Conformance (parte 4, descrive come verificare un'implementazione MPEG-4); Reference Software (parte 5, una base per iniziare l'implementazione dello standard); DMIF - *Delivery Multimedia Integration Framework* - (parte 6, descrive l'interfaccia tra l'applicazione e la rete o storage); la descrizione di un codificatore video ottimizzato (parte 7); Transport (parte 8); la descrizione dell'hardware di riferimento (parte 9); il recente AVC File Format (parte 10) che descrive l'Advanced Video Coding, un codec video che raggiunge un'efficienza di compressione anche doppia rispetto all'MPEG-2; la descrizione della scena (parte 11); ISO Media File Format (parte 12); IPMP Extensions (parte 13, permetteranno ai produttori di in-

stallare le proprie soluzioni di DRM per la protezione dei contenuti); MP4 File Format (parte 14); AVC File Format (parte 15) e Animation Framework Extensions e Multi-user Worlds (parte 16).

### I concorrenti

MPEG-4 arriva sul mercato quando hanno già messo radici diversi agguerriti concorrenti come Windows Media, Real e Flash. Tuttavia MPEG-4 offre diversi vantaggi: i codec audio-video sono basati su standard, non su tecnologie proprietarie come gli altri tre; è altamente interattivo, a differenza di WM; include il controllo in tempo reale dello stream (assente in Flash); include un completo sincronismo di precisione tra tutti gli oggetti trasmessi, non solo quelli audio/video (WM e Real offrono solo sincronismo audio/video, Flash neppure quello); è l'unico attrezzato per il broadcast; è l'unico basato su oggetti (non solo A/V ma anche testo, grafica, animazione e via dicendo) con streaming complessivo che include il DRM (*Digital Rights Management*), la gestione dei diritti d'autore e protezione dei con-

tenuti); supporta oggetti grafici (supportati da Flash ma non da WM e Real); offre la scelta più vasta di protocolli di trasporto in rete (Flash quella più ristretta, solo Http); si applica a PC, set top box (i box sopra il televisore) e dispositivi mobili e wireless (Flash non offre questo supporto).

Nella seconda parte approfondiremo l'argomento e vedremo esempi di prodotti commerciali che supportano MPEG-4; nel frattempo citiamo alcune utili fonti di informazioni: MPEG Industry Forum ([www.mpegif.org](http://www.mpegif.org)), MPEG home page (Telecom Italia Lab, [www.chiariglione.org/mpeg](http://www.chiariglione.org/mpeg)), Internet Streaming Media Alliance (ISMA, [www.isma.tv](http://www.isma.tv)), Broadcast Papers.com ([www.broadcastpapers.com](http://www.broadcastpapers.com)). Da Envivio ([www.envivio.com](http://www.envivio.com)) potete scaricare un player per MPEG-4 e da [www.digital-networks.philips.com/InformationCenter/Global/FArticle-Summary.asp?NodeId=863&channel=863&channelId=N863A2283](http://www.digital-networks.philips.com/InformationCenter/Global/FArticle-Summary.asp?NodeId=863&channel=863&channelId=N863A2283) potete scaricare alcuni file MPEG-4 per verificarne la resa con banda passante da 42 a 1300 Kbps.

(prima parte)

### MPEG-4 IN PILLOLE

- È uno standard aperto che permette di fornire e inviare contenuti multimediali adatti a qualsiasi piattaforma
- I progressi nelle tecnologie di compressione permettono la distribuzione di contenuti e servizi dalla più bassa banda passante fino al broadcast ad alta definizione, includendo le reti wireless e i media confezionati
- MPEG-4 è un toolbox aperto per creare stream compressi e decodificatori per tutti i contenuti multimediali, inclusi testo, immagini, animazione, oggetti 2D/3D, audio e video, che possono essere presentati in modo personalizzato e interattivo
- Per supportare la diversità di mercati ed esigenze, MPEG-4 fornisce una gamma di "profili" o insiemi di strumenti scelti dal toolbox e utili per specifiche applicazioni
- Gli oggetti multimediali (audio, video, testo, immagini, ecc.), singolarmente o a gruppi, formano stream che vengono sottoposti a multiplexing e sincronizzazione; il terminale ricevente scompone e decodifica gli stream e compone la scena secondo le istruzioni ricevute
- L'utente può interagire con la scena nella misura programmata dagli autori; può cambiare punto di vista/ascolto nella scena, spostare gli oggetti, avviare una serie di eventi cliccando su oggetti specifici (per es. controllare uno stream video all'interno della scena, chiedere informazioni, eseguire un acquisto, selezionare una lingua e così via)
- MPEG-4 include informazioni trasparenti che vengono interpretate e tradotte nei messaggi di segnalazione di ciascun tipo di rete; lo stesso contenuto può essere distribuito su reti diverse, come web e cellulari
- MPEG-4 supporta la gestione della proprietà intellettuale tramite appositi codici internazionali e un'interfaccia standard che permette di utilizzare gli strumenti di controllo e protezione dei diritti digitali.



# I termini per capire l'MPEG-4

## AAC, ADVANCED AUDIO CODING

Secondo l'MPEG-4 Industry Forum, è il codec audio più potente oggi disponibile. Per esempio, a 64 Kbps per canale, offre la stessa qualità fornita dal diffuso MPEG-1 Layer 2, che offre qualità quasi-CD a 128 kbps per canale. Usando l'AAC su Internet, MPEG-4 mette a disposizione la tecnologia SBR (*Spectral Bandwidth Replication*), che riduce notevolmente l'impegno di banda passante: l'AAC con SBR permette infatti di fornire audio stereo di alta qualità a soli 48 kbps.

## AV OBJECT, OGGETTO AUDIO-VISIVO

Un oggetto AV è una rappresentazione di un oggetto reale o virtuale che si può manifestare acusticamente o visivamente. Gli oggetti AV possono essere "primitivi" (oggetti singoli elementari) o "composti", costituiti cioè in modo gerarchico da altri oggetti AV (sotto-oggetti).

## AVC, ADVANCED VIDEO CODING

Noto anche come H.264, è il codec video più recente e avanzato, che promette di superare tutti gli altri codec in esistenza. Non è ancora diffuso ma ha buone prospettive di essere utilizzato in applicazioni a tutti i livelli di banda passante. A questo scopo ne esistono diversi profili: Baseline Profile (2,5 volte più complesso dell'MPEG-2 e 1,5 volte più efficiente) per impieghi mobili, a bassa latenza, videofonia ecc.; Extended Profile (3,5 volte più complesso dell'MPEG-2 e 1,75 volte più efficiente) per uso mobili e streaming di fascia alta e Main Profile (4 volte più complesso dell'MPEG-2 e 2 volte più efficiente) per applicazioni di alta qualità come video interfacciato, broadcast, media confezionati e altro. Tra i tanti documenti e tutorial sull'AVC segnaliamo [www.lsiillogic.com/products/islands/h264/H.264\\_MPEG4\\_Tutorial.pdf](http://www.lsiillogic.com/products/islands/h264/H.264_MPEG4_Tutorial.pdf) di LSI Logic.

## BIFS (BINARY FORMAT FOR SCENES)

In MPEG-4 i diversi oggetti della scena possono essere codificati e trasmessi separatamente al decodificatore sotto forma di stream elementari. La composizione della scena avviene dopo la decodifica degli stream, che possono rappresentare oggetti

audio, video o di altro genere. Per eseguire la composizione, MPEG-4 utilizza un apposito linguaggio di descrizione della scena chiamato BIFS, che permette anche di descrivere il comportamento condizionale degli oggetti, in base ad eventi e agli input interattivi dell'utente.

## CODEC

Acronimo di codificatore/decodificatore: si riferisce a qualsiasi tecnologia per comprimere ed espandere i dati; un codec può essere hardware, software o misto.

## DMIF

Delivery Multimedia Integration Framework, la parte 6 dello standard MPEG-4; descrive l'interfaccia tra l'applicazione e la rete o lo storage.

## DIVX

Una famiglia di codec basati su MPEG-4 e utilizzati soprattutto per produrre versioni in formato AVI (*Audio Video Interleaved*) di film MPEG-2 con alta compressione (bastano uno o due CD per contenere un film intero) e buona qualità. DivX utilizza l'Advanced Simple Visual Profile di MPEG-4.

## FRAME

Come per i fotogrammi di un film su pellicola, nelle applicazioni video e di animazione un frame è una singola immagine in una sequenza di immagini.

## ISMA

La Internet Streaming Media Alliance ([www.isma.tv](http://www.isma.tv)) è un'azienda non a scopo di lucro che ha lo scopo di definire standard aperti (con l'obiettivo di implementazioni interoperabili tra prodotti e produttori) per lo streaming di audio, video e dati su reti IP (Internet Protocol).

## LIVELLO

In MPEG-4 un livello è una specifica dei limiti e criteri di prestazioni di un profilo Audio, Visual, Graphics Scene Description od Object Descriptor Profile e quindi dei tool corrispondenti. I profili possono esistere solo a un certo livello, non esistono profili per cui non sia definito almeno un livello. Possono esserci però profili con un solo livello, che in tal caso può non essere menzionato.

## MPEG

E' l'acronimo di Moving Picture Experts Group, un gruppo di lavoro dell'ISO. Il termine si riferisce anche alla famiglia di standard di compressione audio-video digitale e relativi formati di file e streaming. MPEG ottiene alti rapporti di compressione memorizzando solo le differenze tra i frame (fotogrammi), anziché ogni intero frame. L'informazione video è codificata utilizzando una tecnica chiamata DCT (*Discrete Cosine Transform*). MPEG utilizza un tipo di compressione "lossy" (con perdita di informazione), visto che una parte dei dati è rimossa. Ma la riduzione delle informazioni è normalmente impercettibile all'occhio umano. I tre principali standard MPEG sono MPEG-1, MPEG-2 e MPEG-4. In futuro MPEG-7 servirà per definire e descrivere i contenuti multimediali, facilitandone la ricerca locale, in rete e via broadcast, mentre MPEG-21 si occuperà della gestione e dell'accesso ai contenuti. Le più comuni implementazioni dello standard MPEG-1 forniscono una risoluzione video di 352x240 a 30 frame per secondo (fps), che fornisce una qualità video leggermente inferiore rispetto ai normali VCR. MPEG-2 offre una risoluzione tipica di 720x576 con audio di qualità CD e supporta sia la normale TV sia quella ad alta risoluzione (HDTV). Inoltre MPEG-2 è usato nei DVD-ROM per comprimere due ore di audio-video in pochi gigabyte. Mentre la decompressione dello stream MPEG-2 richiede una modesta potenza di calcolo (basta un Pentium II), la codifica richiede una potenza decisamente superiore. MPEG-4 è uno standard di compressione per audio, video, grafica e altro, che include anche le tecnologie MPEG-1 e MPEG-2. La maggiore efficienza di compressione e la flessibilità degli stream MPEG-4 permettono la trasmissione di video e immagini su reti a larghezza di banda inferiore e consentono la miscelazione di audio, video, testo, grafica 2D/3D e animazioni e l'interattività con l'utente.

## MPEG INDUSTRY FORUM

Un'organizzazione non a scopo di lucro per promuovere l'adozione degli standard MPEG tra gli autori

di contenuti, gli sviluppatori, i produttori, i service provider e gli utenti finali. Il sito [www.m4if.org](http://www.m4if.org) presenta le novità su MPEG-4 e le aziende partecipanti e una quantità di link a standard e pubblicazioni tecniche.

## MULTIPLEXER (MUX)

Un dispositivo hardware o software che permette a due o più segnali di condividere simultaneamente lo stesso percorso di trasmissione.

## PROFILO

Un profilo definisce l'insieme di certi tipi di strumenti utilizzabili in un dato terminale MPEG-4. Ci sono profili Audio, Visual, Graphics Media, Scene Description e Object Description. La versione 2 dell'MPEG-4 comprende un toolkit di parecchie decine di profili, a differenza dei sette profili video dell'MPEG-2.

## STREAMING

Lo streaming è una tecnologia che permette di accedere a contenuti multimediali (audio/video e altro) attraverso reti di velocità medio-bassa, come Internet, wireless ecc. Una volta che sia installato il programma di riproduzione appropriato, l'utente richiede (per esempio tramite browser) un contenuto multimediale, dopo di che inizia il trasferimento del flusso di bit (lo stream in cui sono miscelati e sincronizzati audio, video ecc.) e l'audio/video è fruibile dopo pochi secondi, senza scaricare prima un intero file. In una prima fase inizia il "buffering" che serve al computer client per stabilire la velocità di trasferimento dei dati e ad accumulare abbastanza dati per compensare variazioni momentanee di velocità di trasmissione. Esistono due modalità di streaming audio/video: live (o webcasting, teletrasmissione Web), eseguito contemporaneamente allo svolgimento dell'evento, e on-demand, che consente di visualizzare contenuti multimediali residenti su un server.

## TOOL (STRUMENTO)

Un tool è una tecnica che permette di realizzare una o più funzionalità MPEG-4. I tool a loro volta possono consistere di altri tool. Esempi di tool sono Motion compensation, Sub-band filter e Audiovisual synchronization.

## ► Multimedia

# L'ascesa di MPEG-4 fra royalty, veti e tecnologia

*Lo standard offre grandi prospettive potenziali, anche se la sua diffusione è ostacolata da questioni commerciali. Nel frattempo prospera la variante DivX e spuntano gadget e software per uso personale*

di Giorgio Gobbi

**A** MPEG-4 non difetta certo l'ampiezza di visione o degli strumenti realizzativi, fornisce infatti gli standard tecnologici per integrare la produzione, distribuzione e accesso ai contenuti multimediali in tre campi chiave: televisione digitale, applicazioni grafiche interattive e multimedia interattivo, che comprende anche i contenuti Web.

MPEG-4 è uno standard aperto che definisce i metodi per codificare, immagazzinare, trasportare e decodificare oggetti multimediali sui più svariati dispositivi di riproduzione. Utilizza un modello basato su oggetti e definisce come gli stream multimediali (audio, video, testo, dati e così via) siano trasmessi individualmente con interattività e scalabilità indipendente.

Lo standard fornisce completa interoperabilità su un'ampia varietà di piattaforme e bande passanti. L'efficienza e le qualità superiori dei codec audio e video sembrano posizionare MPEG-4 come il formato rivoluzionario destinato a rimpiazzare architetture di streaming consolidate e proprietarie come **Real**, **Quicktime** e **Windows Media**.

MPEG-4 è anche progettato per supportare dispositivi di comunicazione a bassa banda passante (modem, cellulari e altri dispositivi mobili), generalmente wireless e con velocità di accesso variabile. MPEG-4 soddisfa queste esigenze supportando la scalabilità dei contenuti, codificati una volta sola e trasmessi e riprodotti a diverse velocità secondo le proprietà e condizioni della rete.

## Meraviglioso (o no?)

Nonostante le fantastiche premesse, anche MPEG-4 è soggetto alle regole degli interessi commerciali. In primo luogo Microsoft (con Windows Media Player, incluso in Windows) e Real (con RealOne Player) combattono con pari determinazione per conquistare il mercato multimediale, imperniato sul software di gestione e protezione dei diritti multimediali (in pratica la protezione contro la pirateria).

Entrambi utilizzano formati proprietari e la lotta tra WM e Real è paragonabile oggi a quella tra i browser Explorer e Navigator di qualche anno fa. Oggi che Internet Explorer è il browser dominante, è diventata strategica la conquista del player audio video utilizzato dagli utenti, sempre più portati ad acquistare e riprodurre musica e film da Internet. La di-

fesa di Windows Media Player, riuscita in America, è incerta in Europa, dove è attesa la sentenza della Commissione Europea che ha annunciato sanzioni contro Microsoft per i danni alla concorrenza. Anche Apple (con Quicktime) è un concorrente, specie dopo il successo nella vendita di musica on line con iTunes Music Store.

Hollywood dal canto suo difende i propri interessi con ogni mezzo, rinforzando le difese su CD e DVD e guardandosi bene dal favorire la pirateria agevolando un formato, come MPEG-4, che rispetto a MPEG-2 riduce l'ingombro anche di un ordine di grandezza.

In questa scena, che vede decine di aziende avanzare lentamente ma progressivamente nell'applicazione delle tecnologie MPEG-4, l'industria delle telecomunicazioni è quella più promettente per la diffusione

del nuovo standard, vista la sua efficienza e scalabilità, necessarie per trasmettere stream video di qualità ai cellulari di terza e futura generazione. Anche questo è comunque un terreno accidentato, perché i detentori dei brevetti video di MPEG-4 (rappresentati dalla società MPEG LA) chiedono royalty salate non solo a chi codifica i contenuti ma anche ai provider e alle emittenti (broadcaster).

## Il caso DivX

Molti conoscono e hanno utilizzato i **codec DivX**, che dal '99 permettono di comprimere un DVD su un CD. Non tutti sanno che la tecnica di compressione utilizzata rientra negli strumenti di MPEG-4. La differenza è che la tecnologia DivX (di DivXNetworks) non è soggetta al capestro delle royalty MPEG-4.

DivX è nato quando il francese Jerom Rota, nel '99, prelevò il codice di un codec MPEG-4 (incorporato in una prerelease di Windows Media Player 6) e lo mise in circolazione. A differenza della beta, la versione finale di WMP 6 non supportò più il formato AVI, ma solo quelli proprietari di Microsoft. D'altra parte il codec funzionava egregiamente, comprimendo i film MPEG-2 su DVD di un ordine di grandezza, senza gran perdita di qualità. Perciò nel 2000, con altri due soci e un adeguato finanziamento, fu creata DivXNetworks e il software venne riscritto in modo da essere legale. Diverse release sono state distribuite, non prive di bug e di qualche problema, ma nel complesso con un enorme successo di



Il lettore e registratore audio e video AV340 di Archos, ricco di accessori



**Il jukebox audio/video**  
tascabile  
RCA RD2780 Lyra



**Il lettore di DVD Kiss DP-500**, che legge i film DivX e scarica musica e film da Internet

pubblico, tanto da usurpare la fama del vero MPEG-4.

Le condizioni favorevoli di utilizzo spingono tuttora diversi produttori ad adottare la versione DivX di MPEG-4, anche se a volte viene omessa l'informazione che il codec MPEG-4 fornito è quello DivX. DivX oggi supporta i profili video Simple Profile e Advanced Simple Profile (ma non l'AVC di MPEG-4) e sfrutta l'MP3 per la codifica audio (anziché il superiore AAC di MPEG-4). Su [www.divx.com](http://www.divx.com) potete trovare le informazioni e scaricare i codec (uno gratuito, altri a pagamento) per codificare e decodificare film nel formato AVI di DivX.

### MPEG-4 in pratica

La diffusione di MPEG-4 non è impetuosa (a parte il fenome-

no DivX) ma è progressiva e coinvolge un gran numero di aziende.

Potete trovare su Internet numerosi siti di produttori di dispositivi hardware e software per la generazione dei contenuti e per il loro streaming in rete. Ma trovate anche diversi siti che offrono codec MPEG-4 per uso personale; il player di solito è gratuito, mentre si trovano encoder anche a basso costo e in versione di prova gratuita. Vi segnaliamo [www.envivio.com](http://www.envivio.com) da cui potete scaricare gratuitamente il player Envivio TV con i plugin per Windows Media Player, RealPlayer e QuickTime Player.

Da [www.mpegable.com](http://www.mpegable.com) potete scaricare il player MPEG-4 gratuito e l'encoder Mpegable X4 Live di Dicas (gratuito per

30 giorni, acquistabile per 29 euro). Le nostre prove con questo encoder hanno dato eccellenti risultati, comprimendo un file AVI di 320 MB (un film di 3' convertito dal nastro DV originale) in un file MP4 di 26 MB compresso a 800 Kbps massimi (inclusi 96 Kbps di audio) a bit rate variabile con ottima qualità. L'encoder supporta anche il constant bit rate (CBR, adatto per lo streaming in rete) e permette di controllare numerosi parametri di codifica.

Dopo aver installato un player MPEG-4, potete divertirvi a scaricare clip MP4 da vari siti; in particolare vi segnaliamo il notevole [www.archive.org/movies/movies.php](http://www.archive.org/movies/movies.php), un archivio pubblico americano di documentari, trasmissioni TV, spot commerciali e altro.

### Prodotti con MPEG-4

Potete trovare diversi dispositivi soprattutto "mobile" come cellulari, palmari, riproduttori audio-video e telecamere. Ve ne segnaliamo alcuni.

**Cellulari:** LG U8100 (UMTS), Nokia 3650 e Sony Ericsson Z1010 (UMTS e GPRS).

**Palmari:** Sony Clie PEG-NZ90, un palmare PalmOS che cattura immagini da 2 MP e video MPEG-4 ([www.sony.com](http://www.sony.com)).

**Player/registratori:** Archos Technologies AV320/AV340 combina un lettore e registratore video in MP4, un lettore e registratore audio in MP3, una fotocamera da 3,3 Mpixel e videocamera digitale (con modulo opzionale Camera 300), un album fotografico digitale e un hard disk fino a 40 GB ([www.archos.com](http://www.archos.com)); uno dei ri-

venditori italiani è Graphiland: [www.graphiland.it](http://www.graphiland.it)). Panasonic SV-AV20/SV-AV30: piccolissimo con funzioni di videocamera, fotocamera, player e registratore audio ([www.panasonic.it](http://www.panasonic.it)). Panasonic PalmTheater DVD-LX9: lettore portatile di DVD, CD, DVD-RAM, DVD-R/RW, DVD+R/RW e, tramite scheda SD, lettore di JPEG, MPEG4, MP3, MPEG2-AAC e G.726 Voice ([www.panasonic.com](http://www.panasonic.com)). RCA RD2780 Lyra Audio/Video Jukebox: registratore e riproduttore tascabile multimedia con schermo da 3,5"; supporta MP3, MP3Pro, MPEG-4, WMA. e così via e registra 80 ore di video su hard disk (di prossima uscita, visto su [www.mobilemag.com](http://www.mobilemag.com) e [www.amazon.com](http://www.amazon.com)).

**Telecamere:** Samsung IT-CAM-5/7/9, piccolissime telecamere MPEG-4 con player MP3 e registrazione su hard disk/memory stick ([www.samsung.it](http://www.samsung.it)).

**Lettori DVD:** il Kiss DP-500 è il primo con certificazione DivX e ha funzionalità molto interessanti; scarica musica e film di qualità DVD da Internet e legge CD e DVD in formato DivX (3.11, 4.x, 5.x), MP3, Ogg Vorbis, SVCD, VCD, CD-RW e DVD-RW ([www.mtsbs.com](http://www.mtsbs.com)).

(seconda parte)

**Il piccolissimo lettore e registratore**  
audio/foto/video  
Panasonic SV-AV30



Su [www.pconline.it](http://www.pconline.it)  
(sezione  
Approfondimenti/  
Report)  
l'articolo integrale



**PC OPEN**.it



# I termini per capire l'MPEG-4

## 3GP (FILE)

Il formato 3GP è un formato di file basato su MPEG-4 e sviluppato per i dispositivi mobili di terza generazione (vedere [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org))

## AAC, ADVANCED AUDIO CODING

Secondo l'MPEG-4 Industry Forum, è il codec audio più potente oggi disponibile. Per esempio, a 64 kbps per canale, offre la stessa qualità fornita dal diffuso MPEG-1 Layer 2, che offre qualità quasi-CD a 128 Kbps per canale. Usando l'AAC su Internet, MPEG-4 mette a disposizione la tecnologia SBR (*Spectral Bandwidth Replication*), che riduce notevolmente l'impegno di banda passante: l'AAC con SBR permette di fornire audio stereo di alta qualità a soli 48 kbps.

## AMR CODEC

Il codec audio destinato allo standard 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) per i sistemi mobili di terza generazione (vedere [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)).

## AV OBJECT, oggetto audio-visivo

Un oggetto AV è una rappresentazione di un oggetto reale o virtuale che si può manifestare acusticamente o visivamente. Gli oggetti AV possono essere "primitivi" (oggetti singoli elementari) o "composti", costituiti cioè in modo gerarchico da altri oggetti AV (sotto-oggetti).

## AVC, ADVANCED VIDEO CODING

Noto anche come **H.264**, è il codec video più recente e avanzato, che promette di superare tutti gli altri codec in esistenza. Non è ancora diffuso ma ha buone prospettive di essere utilizzato in applicazioni a tutti i livelli di banda passante. A questo scopo ne esistono diversi profili: Baseline Profile (2,5 volte più complesso dell'MPEG-2 e 1,5 volte più efficiente) per impieghi mobili, a bassa latenza, videofonia ecc.; Extended Profile (3,5 volte più complesso dell'MPEG-2 e 1,75 volte più efficiente) per usi mobili e streaming di fascia alta e Main Profile (4 volte più complesso dell'MPEG-2 e 2 volte più efficiente) per applicazioni di alta qualità come video interfacciato, broadcast, media confezionati e altro. Tra i tanti documenti e tutorial sull'AVC segnaliamo [www.lsiologic.com/products/islands/h264/H.264\\_MPEG4\\_Tutorial.pdf](http://www.lsiologic.com/products/islands/h264/H.264_MPEG4_Tutorial.pdf) di LSI Logic.

## B-FRAME

Frame (fotogrammi) a predizione bidirezionale, che per essere decodificati richiedono il frame precedente e quello successivo (la sequenza di trasmissione dei frame non è uguale a quella di visualizzazione).

## CBR (CONSTANT BIT RATE)

Nella codifica di uno stream video il bit rate (frequenza di trasmissione dei bit) del video compresso è fissata a un certo valore. Questo solitamente determina variazioni nella qualità video percepita.

## CODEC

Acronimo di codificatore/decodificatore: si riferisce a qualsiasi tecnologia per comprimere ed espandere i dati; un codec può essere hardware, software o misto.

## DIVX

Una famiglia di codec basati su MPEG-4 e ampiamente utilizzati per produrre versioni in formato AVI (*Audio Video Interleaved*) di film MPEG-2 su un CD e con buona qualità. DivX utilizza l'Advanced Simple Visual Profile di MPEG-4 e l'MP3 per l'audio.

## I-FRAME

Un I-frame (o intraframe) è un singolo fotogramma compresso di uno stream video, contenente i dati dell'intera scena. Detto anche keyframe, è il primo frame di un gruppo di immagini (GOP, *group of pictures*), gli altri frame del gruppo contengono informazioni per differenza.

## LIVELLO

In MPEG-4 un livello è una specifica dei limiti e criteri di prestazioni di un profilo Audio, Visual, Graphics Scene Description o Object Descriptor Profile e quindi dei tool corrispondenti. I profili possono esistere solo a un certo livello, non esistono profili per cui non sia definito almeno un livello. Possono esserci però profili con un solo livello, che in tal caso può non essere menzionato.

## MPEG

Un insieme di standard in continua evoluzione per la compressione di audio e video e per l'invio di contenuti multimediali, sviluppati dal Motion Picture Experts Group. **MPEG-1** è stato progettato per la

codifica video progressiva (non interlacciata) con velocità di trasmissione di circa 1,5 Mbps, destinata a Video-CD e CD-i. L'MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3) fa parte di MPEG-1.

**MPEG-2** è stato progettato per la codifica di immagini interlacciate a velocità di trasmissione superiori a 4 Mbps. Le applicazioni sono telediffusione digitale e DVD; un player MPEG-2 riproduce anche sequenze MPEG-1.

Le tecnologie MPEG-1 e MPEG-2 prevedono una compressione video tra 25:1 e 50:1, ottenuta tramite cinque diverse tecniche di compressione: 1) Discrete Cosine Transform (DCT, trasformata coseno discreta, una tecnica di compressione che rappresenta una forma d'onda come somma pesata di coseni, prendendo le informazioni nel dominio temporale proprio del segnale audio-video ed esprimendole sotto forma di frequenze che compongono il segnale), 2) quantizzazione, che prevede la perdita di informazioni visive che possono essere scartate senza detrimento per la percezione dell'immagine, 3) codifica Huffman, una tecnica di compressione senza perdita di informazioni che usa tabelle di codici basate sulla frequenza di utilizzo, 4) codifica predittiva con compensazione del movimento, in cui si calcolano e si codificano solo le differenze tra un'immagine e quelle precedenti e 5) predizione bidirezionale, in cui alcune immagini sono calcolate in base a quelle immediatamente precedenti e seguenti. Le tecniche da 1) a 3) sono usate anche nella compressione JPEG.

Una proposta di **MPEG-3** per la TV ad alta definizione (HDTV) fu incorporata in MPEG-2, che dimostrò di soddisfare i requisiti della HDTV.

**MPEG-4** è uno standard di portata molto più vasta rispetto ai precedenti: include la sintesi di video e linguaggio, la geometria frattale, la grafica 2D/3D computerizzata e un approccio AI (intelligenza artificiale) alla ricostruzione delle immagini. MPEG-4 offre agli autori un metodo standard per creare i media object (gli oggetti audio, video, testo, grafica, animazione) che compongono una sequenza multimediale e per definire come questi oggetti sono interrelati e

sincronizzati e come gli utenti saranno in grado di interagire con gli oggetti.

## MULTIPLEXER (MUX)

Un dispositivo hardware o software che permette a due o più segnali di condividere simultaneamente lo stesso percorso di trasmissione.

## OBJECT TYPE (TIPO DI OGGETTO)

In MPEG-4 un Object Type definisce la sintassi del bitstream per un singolo oggetto che può rappresentare un'entità della scena (audio o video).

## P-FRAME

Predicted frame, un fotogramma che richiede il frame precedente per essere decodificato.

## PROFILO

Un profilo definisce l'insieme di certi tipi di strumenti utilizzabili in un dato terminale MPEG-4. Ci sono profili Audio, Visual, Graphics Media, Scene Description e Object Description. La versione 2 dell'MPEG-4 comprende un toolkit di parecchie decine di profili, a differenza dei sette profili video dell'MPEG-2.

## SPRITE

Un'immagine grafica che si muove all'interno di un'immagine più grande. Gli sprite permettono di sviluppare immagini animate indipendenti da combinare in animazioni più ampie.

## STREAMING

Lo streaming è una tecnologia che permette di accedere a contenuti multimediali (audio/video e altro) attraverso reti di velocità medio-bassa, come Internet, wireless e così via. Una volta installato il programma di riproduzione appropriato, l'utente richiede (per esempio tramite browser) un contenuto multimediale, dopo di che inizia il trasferimento del flusso di bit (lo stream in cui sono miscelati e sincronizzati audio, video ecc.) e l'audio/video è fruibile dopo pochi secondi, senza scaricare prima un intero file. Esistono due modalità di streaming audio/video: live (o webcasting, teletrasmissione Web), eseguito contemporaneamente allo svolgimento dell'evento, e on-demand, che consente di visualizzare contenuti multimediali residenti su un server.

## ► Hardware

# Come funziona una rete Ethernet

*Storia e principi di funzionamento dello standard che definisce dal punto di vista fisico (cablaggio, segnali elettrici, hardware di interconnessione) il tipo di rete locale più diffuso. A 30 anni dalla sua invenzione, oggi Ethernet supporta connessioni con capacità fino a 10 Gbit/s, dal doppino alla fibra ottica* di [Giorgio Gobbi](#)

La rete progettata tra il 1972 e il 1973 da Robert Metcalfe al centro di ricerca Xerox di Palo Alto, con lo scopo di interconnettere computer e stampanti, inizialmente si chiamava **Alto Aloha Network**, perché si ispirava al progetto della rete radio Aloha dell'università delle Hawaii.

Il nome venne cambiato in Ethernet, contrazione di etere (per testimoniare la sua origine radio) e net (abbreviazione di network, rete). Nel 1980 Digital, Intel e Xerox pubblicarono le specifiche della prima rete Ethernet, basata su cavi coassiali rigidi e spessi un centimetro (da cui il nome di thick coax, coassiale rigido).

Nel 1983 l'IEEE (*Institute for Electronic and Electrical Engineers*) pubblicò lo standard "IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer

Specifications", il primo di una serie di standard che concorrono a descrivere il funzionamento delle reti derivate dal progetto di Metcalfe e collettivamente denominate Ethernet. Il numero **802.3** identifica il comitato IEEE che si occupa di reti CSMA/CD all'interno del gruppo 802 relativo alle reti fisiche.

## CSMA/CD, in ascolto della rete

Il titolo del documento dell'IEEE è una descrizione sintetica del funzionamento di Ethernet. Si riferisce infatti a una rete dove tutti i computer (e altri dispositivi) sono collegati a un BUS (un mezzo di comunicazione lineare, come un cavo).

Il metodo di accesso alla rete si basa su una **portante** (carrier), ovvero un segnale sempre presente. Quando un computer vuole trasmettere dati a

un altro computer, ascolta se la rete è libera (**carrier sense**); se è occupata, aspetta, altrimenti inizia a trasmettere un "pacchetto" di dati.

Qualunque computer della rete può trasmettere fintantoché gli altri ascoltano senza trasmettere (accesso multiplo). Se due (o più) computer trasmettono simultaneamente, si verifica una "collisione" tra i segnali. I computer interessati si accorgono che stavano entrambi trasmettendo (**collision detection**), quindi interrompono la trasmissione e attendono un tempo casuale prima di riprendere la trasmissione.

L'utilizzo di un bus corrisponde alla prima topologia fisica (il modo in cui i nodi della rete sono collegati tra loro) adottata da Ethernet, che in origine si basava su un cavo coassiale rigido e spesso un centimetro, da cui il nome thick (spesso).

## Il cavo coassiale si assottiglia

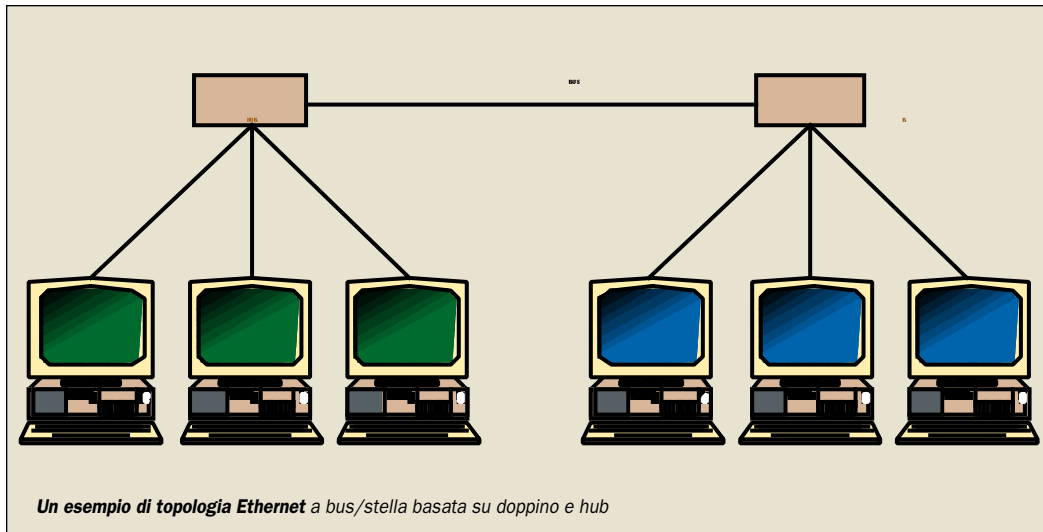
L'introduzione nel 1985 dello standard **IEEE 802.3a**, che prevedeva un cavo coassiale thin (sottile) da mezzo centimetro, molto più flessibile, favorì la diffusione di Ethernet, che a quel tempo aveva una capacità di 10 Mbps (megabit al secondo). Oggi è raro trovare cablaggi in cavo coassiale, che richiedevano giunti a T per i collegamenti tra il bus e i computer, connettori BNC a baionetta sulle schede di rete e sui cavi e terminatori (resistenze da 50 ohm) alle estremità del bus.

Nel 1990 fu introdotto lo standard **IEEE 802.3i**, che prevedeva, anziché una topologia fisica lineare basata su cavo coassiale, una topologia fisica a stella realizzata tramite cavi in doppino ritorto (tipicamente due doppini per cavo) e un concentratore (hub) al centro della stella.

Da un punto di vista logico la topologia resta a bus condiviso, perché tutti i computer sono collegati tra loro; quando il computer A trasmette i pacchetti destinati al computer B, anche C, D e tutti gli altri ricevono (e scartano) questi pacchetti.

Ai nomi degli standard citati corrispondono nomi comuni che indicano la capacità della connessione e il tipo di segnale: 10Base5 per l'802.3, 10Base2 per l'802.3a e 10BaseT per l'802.3i, 100BaseTX per l'802.3u, 1000BaseT per l'802.3ab e così via per gli altri standard Ethernet.

Il numero iniziale indica la velocità massima di trasmissione (in Mbps) e Base (in in-



glese, ma uguale in italiano) si riferisce al modo di trasmettere i segnali.

La massima lunghezza di una connessione è di 500 m con 10Base5 (coassiale spesso), 185 m con 10Base2 (coassiale sottile) e 100 m con il doppino (10BaseT e 100BaseTX). Altri limiti riguardano il "diametro" della rete (la distanza tra i nodi più lontani), il numero massimo di nodi e la loro distanza minima.

### Banda base o banda larga?

Su una rete i segnali possono essere trasmessi direttamente, sfruttando la banda passante supportata dal mezzo fisico, oppure modulando una frequenza portante e ricorrendo a tecniche di multiplexing per mescolare più canali: si può dividere il segnale in finestre temporali per trasmettere a turno più segnali o si possono sovrapporre più segnali sullo stesso canale utilizzando tante portanti di frequenze diverse, come avviene nella trasmissione DSL a banda larga. Il primo tipo di trasmissione, che supporta un solo canale, prende il nome di Banda base (**baseband**), al contrario della trasmissione a banda larga (**broadband**) a più canali.

Le reti Ethernet sono a banda base, da cui deriva il nome Base nella sigla delle connessioni, che nel corso degli anni sono diventate sempre più veloci. La connessione più diffusa ed economica oggi è la 100BaseTX (802.3u) basata su cavo UTP (*Unshielded Twisted Pair*, doppino ritorto non schermato) di categoria 5 (un cavo che utilizza due dei suoi quattro doppi per trasmettere fino a 100 Mbps).

Esistono molti altri standard basati su doppi e su fibra ottica, come ad esempio il 1000BaseT (802.3ab, 1 Gbps sui quattro doppi di un cavo UTP Cat.5e). Mentre è già disponibile la connessione a fibra ottica da 10 Gbps, sono allo studio dell'IEEE le versioni Twinax (doppio cavo coassiale) per tratte di 15 m e a doppino per connessioni fino a 100 metri.

### Indirizzi MAC

Ogni scheda o interfaccia di rete possiede un identificatore di 48 bit, unico al mondo, che si chiama **Indirizzo MAC** (*Media Access Control*); non esistono

| Preambolo | Delimitatore di inizio frame | Indirizzo MAC di destinaz. | Indirizzo MAC di origine | Lunghezza | Campo dati controllo frame | Pad       | Sequenza |
|-----------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------|
| 56 bit    | 8 bit                        | 48 bit                     | 48 bit                   | 16 bit    | 0-1500 byte                | 0-46 byte | 32 bit   |

**Frame Ethernet originario** (nel corso degli anni sono stati aggiunti altri campi)

due schede di rete con lo stesso indirizzo. L'indirizzo MAC permette a un computer di inviare i dati a un altro specifico computer della rete; solo il computer con il MAC del destinatario preleva i pacchetti in arrivo, ignorati dagli altri computer.

### Dati spediti sotto forma di frame

A livello fisico (dove si colloca principalmente Ethernet) i dati vengono trasmessi sotto forma di frame (in italiano trame), piccoli contenitori (o pacchetti) che permettono di separare il flusso di dati in unità facilmente controllabili. Il frame delle reti Ethernet normalmente è lungo almeno 64 byte e non oltre 1518 byte salvo eccezioni, come lo standard Gigabit Ethernet 802.3z che porta a 512 byte la lunghezza minima del frame.

Nello standard originario 802.3 il **frame** è così composto: preambolo di 56 bit (0 e 1 alternati); delimitatore di inizio frame (8 bit: 10101011); indirizzo MAC di destinazione (48 bit); indirizzo MAC di origine; lunghezza/tipo, due byte che in origine erano 0x05dc esadecimale (1500 decimale) e indicavano la lunghezza del campo dati, mentre oggi spesso contengono 0x0800 (2048) per indicare l'uso del protocollo IP; da 46 a 1500 byte di dati; pad (riempitivo) di zeri, qualora i dati siano meno di 46 byte, così da arrivare a 46 byte tra dati e pad; Frame Check Sequence (sequenza di controllo del frame), ovvero 4 byte per controllare l'integrità del frame tramite CRC-32 (controllo di ridondanza ciclica a 32 bit).

Nel corso degli anni sono stati aggiunti a più riprese nuovi campi, resi necessari per l'utilizzo di Ethernet da parte dei protocolli di strato superiore (più avanti citiamo quali sono i sette strati standard di riferimento).

Tornando al meccanismo di CSMA/CD, il **nodo** (computer, periferica o dispositivo di rete) mittente deve riuscire a tra-

smettere un frame e accertarsi che non sia avvenuta una collisione; se c'è stata una collisione, il mittente trasmette un apposito segnale di collisione di 32 bit, smette di trasmettere e attende un tempo casuale (detto **back-off**) prima di ritrasmettere, in modo da evitare un'altra collisione. Se nel tentativo di ritrasmettere lo stesso frame si verifica un'altra collisione, viene aumentato il tempo di back-off.

Ogni volta che c'è una collisione sullo stesso frame, il range temporale entro cui viene sorteggiato il back-off viene aumentato esponenzialmente. Si inizia con 0-1 slot-time (lo slot-time è il tempo necessario per trasmettere il più corto dei frame Ethernet); alla seconda collisione l'attesa è di 0-3 slot-time; alla terza è di 0-7 e così via fino alla decima (0-1023 slot-time di attesa), che rappresenta il massimo ritardo previsto. Se dopo 16 tentativi il frame non viene trasmesso, viene scartato; spetta agli strati superiori dei protocolli di networking decidere cosa fare.

Nel modello **OSI** (*Open Systems Interconnection*) dell'International Organization for Standardization (ISO) gli strati, dal basso in alto, sono: Fisico, Scambio dati (Data Link), Rete, Trasporto, Sessione, Presentazione e Applicazione.

Se un nodo riceve un frame più breve dei 64 byte minimi, lo scarta considerandolo il residuo di una collisione. Il segnale di 32 bit che informa della collisione deve giungere al nodo trasmettente prima che questo abbia trasmesso un intero pacchetto, altrimenti nascono seri problemi (legati alla lunghezza delle connessioni e ai tempi di trasmissione) che richiedono una riorganizzazione della rete.

### Segmentazione

La lunghezza dei cavi di una rete Ethernet è limitata da fattori come attenuazione, sensibilità a interferenze e tempo di propagazione di un frame. Nella versione originaria, inoltre, poteva trasmettere un solo no-

do alla volta, limitando ulteriormente il numero di nodi collegati.

Per ampliare la rete superandone i limiti fisici e riducendo la congestione, la rete fu suddivisa in segmenti connessi da bridge, dispositivi che, come dice il nome, fanno da ponte tra più segmenti di rete estendendo le dimensioni della rete risultante senza un incremento di collisioni; infatti un bridge trasferisce i pacchetti tra un segmento e l'altro solo se l'indirizzo di destinazione non è locale. In questo modo le collisioni restano contenute nei segmenti permettendo di espandere la rete complessiva.

### Dai bridge agli switch

Oggi i bridge (e anche gli stessi hub) sono stati sostituiti dagli **switch** (commutatori), che hanno progressivamente cambiato faccia a Ethernet trasformando l'utilizzo del mezzo condiviso da bus, dove un solo nodo alla volta poteva trasmettere, a rete commutata, dove i pacchetti inviati dal mittente al destinatario godono di una connessione dedicata anziché essere distribuiti a tutti i nodi del segmento.

Gli switch servono in primo luogo per collegare i diversi segmenti di rete, ottimizzando lo sfruttamento e la distribuzione della banda passante, collegando anche centinaia di segmenti. In questo modo le collisioni vengono progressivamente eliminate, migliorando le prestazioni. Se si utilizzano gli switch fino al livello dei singoli nodi, ogni connessione diventa dedicata, non ci sono più collisioni e la comunicazione può avvenire in full-duplex (trasmissione e ricezione simultanea) raddoppiando la banda passante totale.

A parte i potenti switch da migliaia di euro per distribuire i gigabit/secondo tra decine di segmenti, un piccolo switch (o switching hub) da otto porte per una rete domestica a 100 Mbps (Fast Ethernet) costa oggi poco più di 50 euro. ■

(prima parte)



# I termini delle reti Ethernet

## 100BASE-T

Chiamato anche Fast Ethernet, è uno standard Ethernet che prevede la trasmissione di dati fino a 100 Mbps (megabit al secondo) su cavi non schermati a doppiino ritorto.

## BANDA PASSANTE

Una misura della capacità di una connessione, espressa di solito in bit al secondo.

## BRIDGE

Un dispositivo hardware (o un componente software) che connette due o più segmenti di rete, ampliando la rete e confinando le collisioni ai rispettivi segmenti. Un bridge opera a livello di rete fisico, trasferendo i pacchetti con destinazione non locale. Un bridge memorizza e inoltra i pacchetti, mentre un ripetitore (repeater) inoltra tutti i segnali elettrici.

## CAT. 5

Categoria 5, il tipo di cavo UTP (doppiino ritorto non schermato) che supporta fino a Fast Ethernet (100 Mbps).

## CAT. 5E/6/7

In commercio si trovano oggi cavi UTP di categoria 5e (Cat. 5 enhanced, 100 MHz) collaudati per funzionamento a 350 MHz, cavi Cat. 6 (200 MHz) collaudati per 500 o 550 MHz e cavi Cat. 7 che supportano 600 MHz; tutti questi cavi sono usati per connessioni Ethernet, Fast Ethernet e Gigabit Ethernet. Queste categorie superiori offrono minore attenuazione, minore perdita di inserzione, minore crosstalk e maggiore rapporto segnale/rumore rispetto alla Cat. 5.

## CAVO CROSSOVER

Un cavo che connette direttamente due computer in rete senza l'intervento di altri dispositivi di networking (come hub e switch). Un cavo crossover ha l'aspetto di un normale cavo di Categoria 5, ma i fili sono invertiti per consentire la comunicazione diretta tra i due computer.

## CAVO UTP

Il comune cavo di rete a doppiini ritorti senza schermatura. UTP significa *Unshielded Twisted Pair* (doppiino ritorto non schermato). Un cavo di categoria 5 supporta i 100 Mbps di una rete Fast

Ethernet e utilizza due dei quattro doppiini. La versione schermata si chiama STP (*Shielded Twisted Pair*). I migliori cavi UTP hanno da una a tre torsioni per pollice, il che serve a minimizzare il crosstalk (interferenza tra circuiti adiacenti) e i disturbi.

## CAVO PATCH

Un cavo di rete UTP provvisto di connettori RJ-45 alle estremità.

## CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect, accesso multiplo con rilevamento di una portante e riconoscimento delle collisioni, una funzione dell'hardware di rete. CSMA significa che più stazioni possono essere in ascolto su un mezzo fisico condiviso e riconoscere se è libero o in uso; CD indica che se due o più stazioni trasmettono contemporaneamente si accorgono della collisione tra i loro segnali. Ethernet è la tecnologia CSMA/CD più nota.

## DIAMETRO

La distanza tra i nodi più lontani di una rete. Nel comune cablaggio 100BaseTX (Fast Ethernet su cavo UTP Cat. 5) il diametro massimo è di 200-250 m secondo l'hardware e la configurazione.

## ETHERNET

Una tecnologia di rete che specifica l'interfaccia fisica e i segnali elettrici per la comunicazione in una rete locale. Utilizza uno schema di segnalazione noto come CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect*) per cui i computer iniziano a trasmettere quando non sentono la presenza di traffico e, in caso di collisione, sospendono temporaneamente la trasmissione.

## FRAME

Sinonimo di pacchetto, usato in particolare per i pacchetti inviati su una singola connessione anziché su un'intera rete. Vedere nell'articolo i campi originari del frame Ethernet.

## HUB

È chiamato anche concentratore. Si tratta di un dispositivo che connette un certo numero di computer a un segmento condiviso della rete. Nel caso più

elementare, un hub si limita a connettere elettricamente tra di loro i vari computer tramite i cavi di rete; in questo modo ogni computer invia i dati a tutti gli altri computer collegati all'hub e anche la banda passante viene condivisa. Normalmente un hub è in grado di interconnettere collegamenti a diversa velocità, per esempio Ethernet a 10 e 100 Mbps. Vedere anche Switching Hub.

## INDIRIZZO MAC

Media Access Control, un indirizzo che identifica in modo univoco ciascun adattatore di rete.

## LAN

Local Area Network, o rete locale. Una rete situata in una specifica ubicazione geografica, spesso in un edificio.

## PACCHETTO

Unità di dati inviata su una rete a commutazione di pacchetto (vedere anche frame).

## PACKET SWITCHING

Una strategia generale per la commutazione (switching) dei dati attraverso una rete; utilizza la commutazione di tipo store-and-forward (memorizza e inoltra) di unità discrete di dati chiamate pacchetti e il multiplexing di più trasmissioni su un mezzo condiviso

## PORTA

La presa fisica all'interno della quale si innesta il cavo di connessione alla rete. Si trovano porte per esempio sulla scheda di rete e sul concentratore (hub o switch).

## PROTOCOLLO

Una descrizione formale del formato dei messaggi e delle regole che due o più macchine devono seguire per scambiare quei messaggi. I protocolli possono descrivere i dettagli di basso livello delle interfacce da macchina a macchina (per esempio l'ordine in cui i bit di un byte sono inviati lungo un filo) o scambi ad alto livello tra programmi applicativi (per esempio il modo in cui due programmi si scambiano file su una rete).

## ROUTER

Un dispositivo che dirige il traffico tra diverse reti. Un router esamina l'indirizzo di destinazione dei dati e

stabilisce quale delle porte remote è la più adatta per instradare i dati. Fisicamente un router è una scatola con un ingresso e una o più uscite. I protocolli e algoritmi di routing, insieme alle tabelle di instradamento (routing table) permettono ai router di tracciare il percorso dei dati dall'origine alla destinazione, adottando strade alternative in caso di necessità (come interruzioni per guasto). Nella pila del modello OSI, un router opera nello strato 3, mentre un bridge opera nello strato 2.

## SWITCH

Commutatore, un dispositivo che connette tra loro diversi segmenti di rete, fornendo connessioni dedicate (a piena banda) ai dispositivi o ai segmenti di rete collegati allo switch. A seconda delle funzionalità supportate, ci sono switch che operano nello strato 2, 3 e 4. Allo strato 2 i pacchetti vengono commutati in base all'indirizzo MAC, mentre allo strato 3 la commutazione beneficia dei protocolli di strato 3, come l'IP (*Internet Protocol*).

## SWITCHING HUB

Abbreviazione di Port-switching Hub, un tipo particolare di hub che inoltra i pacchetti alla porta appropriata in base all'indirizzo contenuto nel pacchetto. Dato che i pacchetti sono inviati solo alla porta di destinazione, le prestazioni sono molto migliori rispetto a un normale hub. Dato il basso costo, gli switching hub Ethernet da 10/100 Mbps hanno praticamente sostituito i vecchi hub.

## TOPOLOGIA

La disposizione fisica di una rete, per esempio a bus (i nodi sono collegati a un singolo cavo lineare, come nella originaria Ethernet a cavo coassiale), a stella (nodi collegati a un hub), ad anello configurato a stella (come nelle reti Token Ring, dotate di hub con i segnali che passano da una stazione all'altra in circolo), a stella/bus (con gruppi di nodi a stella connessi da lunghe tratte lineari a bus, come in Ethernet 10Base-T e Fast Ethernet).

## WAN

Wide Area Network, ovvero rete geografica. Una WAN è distribuita su diverse ubicazioni geografiche, senza limiti.

## ► Hardware

# Come funziona una rete Ethernet

*Nella seconda parte dell'articolo inquadrriamo Ethernet nel contesto del modello di riferimento OSI per le architetture di rete, con particolare riferimento al ruolo dello strato fisico e di Data link (collegamento dati o scambio dati)* di Giorgio Gobbi

Il complesso di standard e tecnologie che si è evoluto dall'originaria Ethernet si è talmente ampliato e sviluppato, in 30 anni di vita, che ci si potrebbe scrivere una serie di volumi. Per esempio, si sono costantemente evoluti i supporti fisici e anche lo stesso principio di funzionamento CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect*) sta cedendo il passo a reti switched senza accesso multiplo e senza collisioni. Questi progressi sono documentati su siti, libri e riviste; qui continuiamo con i principi di base esplorando la relazione tra il modello OSI e una rete Ethernet.

## Il modello OSI

Il modello Open Systems Interconnection (interconnessione di sistemi aperti) per le architetture di rete fu sviluppato dall'ISO (*International Organization for Standardization*) all'inizio degli anni '80 per promuovere la transizione dai sistemi proprietari a sistemi basati su componenti di produttori diversi e protocolli accettati a livello internazionale. Il modello OSI definisce un'architettura a sette strati, dallo strato fisico in basso a quello applicativo in cima; in questa visione ogni **host** (computer) è equipaggiato con una o più interfacce di rete e con un insieme di protocolli per ciascuno strato. Questi **protocolli** hanno due funzioni: 1) comunicare con i protocolli di pari strato sul computer all'altro estremo della connessione e 2) fornire servizi allo strato immediatamente superiore sullo stesso host (tranne per lo strato applicativo, in cima alla pila).

## Uno schema del modello OSI

Spesso ci si limita a disegnare i sette strati per un singolo computer spiegandone le funzioni, ma una rappresentazione più realistica del modello OSI include i due host A e B che comunicano su una rete o attraverso più reti interconnesse (internetwork). Possiamo immaginare un'implementazione ideale del modello OSI dove siano presenti tutti gli strati: a livello logico ogni strato del computer A dialoga con lo stesso strato del computer B, mentre a livello fisico la comunicazione scorre verso il basso lungo la pila degli strati e relativi protocolli, raggiunge il supporto fisico, viene inviata al destinatario (attraverso router, switch, hub e via dicendo) e qui risale la pila OSI fino allo strato di destinazione.

Se un'applicazione sull'host A (strato 7, Applicazione) trasferisce un file o invia un messaggio a un'analoga applicazione dell'host B, l'apparenza è che i due strati applicativi comunicano tra loro; in effetti ogni strato ha dovuto chiedere dei servizi allo strato immediatamente inferiore, mentre i dati sono scesi e risaliti lungo le pile di specifiche e protocolli.

Le architetture di rete reali non sempre ricalcano fedelmente la struttura del modello OSI: per esempio due strati OSI possono essere unificati in un unico protocollo, oppure uno strato OSI può essere suddiviso in sottostrati con funzioni distinte. Inoltre non sempre servono sette strati per comunicare in rete; per una trasmissione all'interno di uno stesso segmento di rete (per esempio

una LAN domestica) possono bastare i primi due strati (Fisico e Data link).

Segue una breve descrizione delle funzioni dei sette strati, i primi due dei quali riguardano direttamente il funzionamento di una rete Ethernet. Da notare che i pacchetti di informazioni, man mano che scendono da uno strato superiore verso lo strato fisico, aumentano in dimensione.

Al livello 7 abbiamo i dati utente più un **header** (intestazione) con le informazioni di controllo pertinenti questo strato; quando il pacchetto arriva allo strato 6, viene arricchito di un'altra intestazione con le informazioni che servono allo strato 6; lo stesso accade per ogni strato inferiore. Avviene l'inverso sull'host di destinazione, dove i protocolli di ogni strato disfano il pacchetto rimuovendo l'intestazione (l'involucro) dello strato e consegnando le informazioni (il contenuto) allo strato superiore.

## Strato fisico

Lo strato fisico definisce le caratteristiche fisiche dell'interfaccia, tra cui i componenti meccanici e i connettori, gli aspetti elettrici (per esempio i valori di tensione del segnale) e gli aspetti funzionali (per esempio la conversione dei frame dello strato 2 in un flusso di bit, la codifica dei segnali, e così via).

Lo strato 1 specifica i meccanismi necessari per trasferire il segnale sul supporto di trasmissione e viceversa, ma non include il supporto fisico; lo strato 1 si ferma al connettore e, sebbene includa specifiche di prestazioni del supporto, non comprende né i cavi né gli

hub, switch e router che trasportano fisicamente il segnale.

## Strato Data link (collegamento dati o scambio dati)

Fra le possibili traduzioni di Data link c'è Collegamento dei dati, letterale ma poco espressiva, e Scambio dati, che riteniamo più comprensibile. Data link è lo strato 2 del modello OSI ed è responsabile di definire le regole per inviare e ricevere informazioni lungo una connessione fisica tra due sistemi. Il suo scopo principale è suddividere i dati ricevuti dagli strati superiori in **frame** (trame, anche se letteralmente un frame è una cornice). Di fatto i dati vengono "incorniciati", ovvero raggruppati in blocchi che contengono, oltre alle informazioni dell'utente, una serie di informazioni di servizio (come gli indirizzi MAC di origine e destinazione e vari dati di controllo).

I frame sono trasmessi uno alla volta e lo strato Data link del sistema ricevente invia al mittente una conferma della regolare ricezione del frame prima che il mittente invii un altro frame. Dal suo canto, il nodo ricevente verifica l'integrità del frame ricevuto prima di confermarne la ricezione. In questo modo, se un frame va perduto o arriva corrotto, basta ritrasmettere soltanto quel frame.

Il collegamento Data link è un collegamento da **punto a punto**; spetta allo strato 3 (Rete) occuparsi dei collegamenti che richiedono tratte multiple per portare i frame a destinazione. Nel caso di reti di tipo broadcast (da uno a molti) come Ethernet, dove i frame vengono inviati a tutti i nodi della

LAN, è stato inserito un sottostrato MAC (*Medium Access Control*, controllo dell'accesso al mezzo fisico) per consentire a più dispositivi di condividere e contendersi l'uso dello stesso supporto fisico.

Nei protocolli che fanno capo al progetto IEEE 802 (che include Ethernet e altri tipi di LAN condivise) lo strato Data link è suddiviso in due sottostrati: quello superiore è il *Logical Link Control* (LLC, controllo del collegamento logico), mentre quello inferiore è il citato *Medium Access Control* (MAC).

L'LLC fornisce i meccanismi per indirizzare un nodo sulla LAN e scambiare informazioni con quel nodo. L'LLC presenta un'interfaccia comune e funzionalità di controllo del flusso e dell'affidabilità della trasmissione. Quando l'LLC riceve le informazioni dallo strato superiore (Rete), le confeziona in

frame per destinarle a una porta specifica del sistema di destinazione.

Il MAC fornisce l'interfaccia tra l'LLC e il particolare supporto di rete che si utilizza. In questo modo, a parità di LLC, si possono avere diversi sottostrati MAC secondo il tipo di rete, per esempio CSMA/CD (Ethernet), Token Ring o altro. Il MAC completa il confezionamento del frame aggiungendovi l'effettivo indirizzo fisico dell'interfaccia di rete del computer di destinazione, quindi passa il frame all'interfaccia con lo strato fisico, dove esso viene inviato come flusso di bit. L'altro compito del sottostrato MAC è l'arbitraggio del supporto, che è condiviso dai vari computer della LAN. Nel caso di Ethernet, le regole sono quelle del meccanismo CSMA/CD descritto nella prima parte.

### Strato di rete

Mentre lo strato Data link controlla la comunicazione tra dispositivi connessi direttamente tra di loro, lo strato di rete fornisce **servizi di inter-networking**, cioè di connessione tra reti. Questi servizi assicurano che un messaggio raggiunga la destinazione attraverso una serie di collegamenti da punto a punto, per esempio attraverso un insieme di reti interconnesse da router. Su una LAN condivisa, i pacchetti indirizzati a dispositivi della stessa LAN sono inviati tramite protocolli dello strato Data link; i pacchetti destinati all'esterno vengono indirizzati tramite protocolli di rete, come l'IP (*Internet Protocol*) della suite TCP/IP o l'IPX della suite IPX/SPX.

### Strato di trasporto

Questo strato realizza un controllo ad alto livello del tra-

sferimento di informazioni tra due PC nell'ambito di una sessione di comunicazione. Viene stabilita una connessione (o circuito virtuale) tra i computer di origine e di destinazione e i dati sono inviati come stream di pacchetti numerati in sequenza, in modo da preservarne l'ordine anche se il percorso fisico e la sequenza di arrivo dei pacchetti dovesse subire variazioni durante l'instradamento. **TCP** e **SPX** sono due esempi di protocolli di trasporto.

### Strato di sessione

Lo strato di sessione coordina lo scambio di informazioni tra due sistemi durante una connessione; vengono usate tecniche di dialogo, per esempio per indicare dove ricominciare la trasmissione dei dati in caso di perdita temporanea della connessione, o dove terminare un insieme di dati e iniziare uno nuovo. Esempi di protocolli di sessione sono **RPC** (*Remote Procedure Call*) e **NFS** (*Network File System*).

### Strato di presentazione

I protocolli di questo strato si occupano di formattare i dati per la visualizzazione o la stampa, utilizzando la trascodifica tra standard diversi di codifica (come l'**ASCII** - *American Standard Code for Information Exchange* - e l'**EBCDIC** - *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*), l'aggiunta di codici nei dati (come tabelle e sequenze grafiche), la compressione e la cifratura (encryption).

### Strato di applicazione

Lo strato di applicazione fornisce le interfacce tra le applicazioni utente e i servizi della rete, definendo ad esempio i meccanismi per trasferire file o scambiare messaggi con un server di e-mail. Alcuni esempi di protocolli di strato 7 sono **HTTP** (*Hypertext Transfer Protocol*), **FTP** (*File Transfer Protocol*), **POP** (*Post Office Protocol*) e **Telnet**.

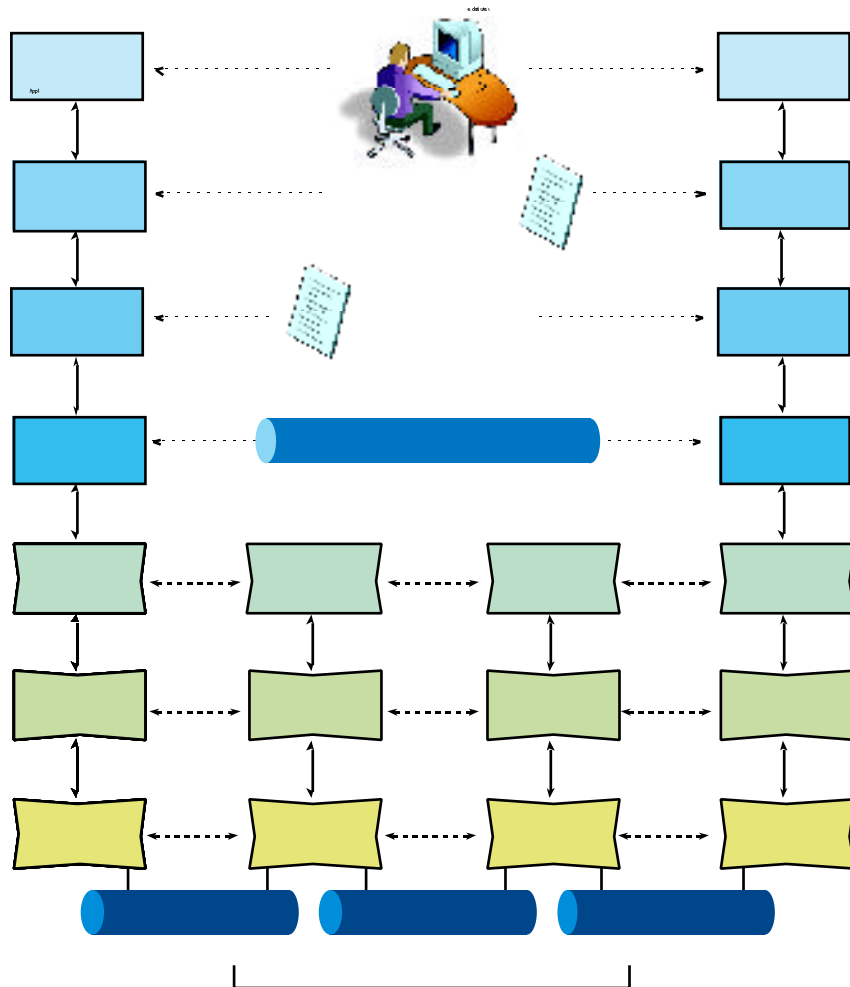
(seconda parte)

Su [www.pcopen.it/01NET/HP/0,1254,4\\_ART\\_44670,00.html](http://www.pcopen.it/01NET/HP/0,1254,4_ART_44670,00.html)  
l'articolo integrale



**PC OPEN .it**

### Il modello di riferimento OSI





# I termini delle reti Ethernet

## FRAME

Sinonimo di pacchetto, usato in particolare per i pacchetti inviati su una singola connessione anziché su un'intera rete. Vedere nella prima parte dell'articolo i campi originari del frame Ethernet.

## HUB

È chiamato anche concentratore. Si tratta di un dispositivo che connette un certo numero di computer a un segmento condiviso della rete. Nel caso più elementare, un hub si limita a connettere elettricamente tra di loro i vari computer tramite i cavi di rete; in questo modo ogni computer invia i dati a tutti gli altri computer collegati all'hub e anche la banda passante viene condivisa. Normalmente un hub è in grado di interconnettere collegamenti a diversa velocità, per esempio Ethernet a 10 e 100 Mbps. Vedere anche Switching Hub.

## INDIRIZZO MAC

Medium Access Control, un indirizzo che identifica in modo univoco ciascun adattatore di rete.

## INTERNETWORK

Un insieme di LAN connesse tra di loro tramite dei router. Ogni LAN di una internetwork è una sottorete.

## ISO

International Organization for Standardization, l'ente internazionale che ha tracciato il modello OSI (*Open Systems Interconnection*) di architettura di rete a sette strati (fisico, scambio dati, rete, trasporto, sessione, presentazione, applicazione).

## LAN

Local Area Network, o rete locale. Una rete situata in una specifica ubicazione geografica, spesso in un edificio. Una LAN può limitarsi a servire un gruppo di lavoro di pochi computer o può comprendere migliaia di stazioni.

## LOGICAL LINK CONTROL (LLC)

Nei protocolli che fanno capo al progetto IEEE 802 (che include Ethernet) lo strato Data link è suddiviso in due sottostrati: Logical Link Control e Medium Access Control. L'LLC fornisce i meccanismi per indirizzare un nodo sulla LAN e scambiare informazioni con quel nodo. L'LLC presenta un'interfaccia comune e

funzionalità di controllo del flusso e dell'affidabilità della trasmissione. Quando l'LLC riceve le informazioni dallo strato superiore (Rete), le confeziona in frame per destinarle a una porta specifica del sistema di destinazione.

## MEDIUM ACCESS CONTROL (MAC)

Il MAC è il secondo sottostrato dello strato Data link (vedi LLC). Completa il confezionamento del frame aggiungendovi l'effettivo indirizzo fisico dell'interfaccia di rete del computer di destinazione, quindi passa il frame all'interfaccia con lo strato fisico. L'altro compito del MAC è l'arbitraggio del supporto condiviso secondo il meccanismo CSMA/CD.

## MULTIPLEXING

Combinazione di più canali distinti in un singolo canale di livello inferiore. Le due tecniche di multiplexing più usate sono quelle a divisione di frequenza (FDM, *frequency division multiplexing*) e a divisione di tempo (TDM, *time division multiplexing*). Nella FDM, usata nelle connessioni a banda larga, lo spettro di frequenza è suddiviso in bande e ogni canale è trasmesso su una banda; nella TDM, usata in telefonia, un circuito è diviso in time slot (fessure temporali) e ogni canale è assegnato a uno slot.

## NIC

Network Interface Card, scheda di interfaccia di rete, solitamente con connettore PCI. Un adattatore di rete, oltre che su scheda, può essere integrato sulla scheda madre di un computer o può essere realizzato come PC Card (per computer portatili) o come dispositivo USB.

## OSI

Open Systems Interconnection, il modello di architettura di rete a sette strati tracciato dall'ISO (*International Organization for Standardization*). Lo strato fisico descrive l'interfaccia meccanica ed elettrica: il cablaggio, i connettori, il loro utilizzo, la forma d'onda dei segnali, tensione del segnale o potenza ottica, segnali di controllo e regole per lo scambio di informazioni. Lo strato di scambio dati (data link) descrive l'organizzazione dei dati in pacchetti o frame (trame)

contenenti, oltre ai dati, informazioni su mittente e destinatario, rilevamento e correzione degli errori e altro. Questo strato di solito è suddiviso in due parti: MAC (*Medium Access Control*, controllo di accesso al mezzo) e LLC (*Logical Link Control*, controllo del collegamento logico). Lo strato di rete organizza i dati in pacchetti e ne gestisce l'instradamento (routing) attraverso la rete. Lo strato di trasporto serve a stabilire una connessione tra origine e destinazione dei dati e a garantire la consegna dei pacchetti nella giusta sequenza. Lo strato di sessione coordina lo scambio di informazioni attraverso dialoghi di apertura, chiusura, ritrasmissione e altro. Lo strato di presentazione si occupa di convertire il formato dei dati secondo il loro utilizzo e le diverse piattaforme. Lo strato di applicazione definisce una serie di servizi utilizzati dai programmi applicativi, come il trasferimento di file e lo scambio di messaggi.

## PACCHETTO

Unità di dati inviata su una rete a commutazione di pacchetto (vedere anche frame).

## PACKET SWITCHING

Una strategia generale per la commutazione (switching) dei dati attraverso una rete; utilizza la commutazione di tipo store-and-forward (memorizza e inoltra) di unità discrete di dati chiamate pacchetti e il multiplexing di più trasmissioni su un mezzo condiviso.

## PORTA

La presa fisica all'interno della quale si innesta il cavo di connessione alla rete. Si trovano porte per esempio sulla scheda di rete e sul concentratore (hub o switch).

## PROTOCOLLO

Una descrizione formale del formato dei messaggi e delle regole che due o più macchine devono seguire per scambiare quei messaggi. I protocolli possono descrivere i dettagli di basso livello delle interfacce da macchina a macchina (per esempio l'ordine in cui i bit di un byte sono inviati lungo un filo) o scambi ad alto livello tra programmi applicativi (per esempio il modo in cui due programmi si

scambiano file su una rete).

## ROUTER

Un dispositivo che dirige il traffico tra diverse reti. Un router esamina l'indirizzo di destinazione dei dati e stabilisce quale delle porte remote è la più adatta per instradare i dati. Fisicamente un router è una scatola con un ingresso e una o più uscite. I protocolli e algoritmi di routing, insieme alle tabelle di instradamento (routing table) permettono ai router di tracciare il percorso dei dati dall'origine alla destinazione, adottando strade alternative in caso di necessità (come interruzioni per guasto). Nella pila del modello OSI, un router opera nello strato 3, mentre un bridge opera nello strato 2.

## SWITCH

Commutatore, un dispositivo che connette tra loro diversi segmenti di rete, fornendo connessioni dedicate (a piena banda) ai dispositivi o ai segmenti di rete collegati allo switch. A seconda delle funzionalità supportate, ci sono switch che operano nello strato 2, 3 e 4. Allo strato 2 i pacchetti vengono commutati in base all'indirizzo MAC, mentre allo strato 3 la commutazione beneficia dei protocolli di strato 3, come l'IP (*Internet Protocol*).

## SWITCHING HUB

Abbreviazione di Port-switching Hub, un tipo particolare di hub che inoltra i pacchetti alla porta appropriata in base all'indirizzo contenuto nel pacchetto. Dato che i pacchetti sono inviati solo alla porta di destinazione, le prestazioni sono molto migliori rispetto a un normale hub. Dato il basso costo, gli switching hub Ethernet da 10/100 Mbps hanno praticamente sostituito i vecchi hub.

## TOPOLOGIA

La disposizione fisica di una rete, per esempio a bus (i nodi sono collegati a un singolo cavo lineare, come nella originaria Ethernet a cavo coassiale), a stella (nodi collegati a un hub), ad anello configurato a stella (come nelle reti Token Ring, dotate di hub con i segnali che passano da una stazione all'altra in circolo), a stella/bus (con gruppi di nodi a stella connessi da lunghe tratte lineari a bus, come in Ethernet 10Base-T e Fast Ethernet).

## ► Hardware

# Come funziona la registrazione su DVD

*I masterizzatori stanno passando da 2x a 4x e si parla già di 8x e 16x. I prezzi scendono e si può scegliere fra tre tecnologie, anche se la coalizione DVD+RW e DVD+R sta prendendo il sopravvento. Diamo un'occhiata ai diversi formati di registrazione, iniziando dalle caratteristiche e dai supporti* di **Giorgio Gobbi**

**I**l 24 febbraio 2003 la DVD+RW Alliance ha annunciato l'ingresso di Microsoft nel suo comitato direttivo a fianco di pesi massimi come Dell, Hewlett-Packard, Mitsubishi Chemical/Verbatim, Philips, Ricoh, Sony, Thomson e Yamaha. La tecnologia "Plus" dei DVD+R e DVD+RW, rivale e alternativa a quella DVD-R e DVD-RW dell'originario DVD Forum, sta infatti conquistando il favore degli utenti, con un rapido sorpasso in termini di quote di vendita a partire dagli ultimi mesi del 2002. Nel frattempo, a fine 2002, Mitsubishi ha presentato un nuovo laser da 200 mW, il doppio rispetto ai laser usati nei DVD writer 4X, che apre la strada ai masterizzatori 16X forse già nel 2004. In pratica, da quasi un'ora richiesta dai primi masterizzatori per registrare un DVD, si passa con il 4X a meno di un quarto d'ora, un tempo più che ragionevole per registrare 4,7 GB di video o dati. Teniamo comunque presente che la capacità reale è di 4,38 GB, ovvero 4,7 miliardi di byte; infatti anche per i DVD si applica l'usanza commerciale, diffusa con gli hard disk, di definire il gigabyte come potenza di 10 (10 alla nona) anziché come potenza di 2 (2 alla 30a), come si usa per le capacità di memoria.

## 4X senza fretta

Anche se i campioni dei laser 16X saranno presto disponibili, i drive 4X stanno arrivando alla spicciolata, dall'autunno 2002-2003, non senza preoccupazioni. Se ripensiamo all'evoluzione dei CD-R, ricor-

diamo come l'incremento di velocità sia stato graduale; invece con la transizione del DVD da 2X a 4X è come se i CD-R fossero passati da 19X a 38X (con in vista il 76X). La cautela del passaggio da 2X a 4X è dovuta ad esempio alla necessità di aggiornare il firmware e di fare i conti con la correzione degli errori, del jitter e della stabilità del supporto. Per jitter si intendono variazioni indesiderate di una o più caratteristiche di un segnale, come l'intervallo di tempo tra impulsi successivi o l'ampiezza, la fase e la frequenza; nel caso di CD e DVD il jitter si traduce in errori nella ricostruzione del segnale analogico. Secondo i puristi, il jitter digitale dei comuni drive DVD è eccessivo, molto superiore a quello dei drive CD a causa della maggiore complessità derivante dalla necessità di sincronizzare segnali sia video sia audio. I lettori DVD professionali risolvono il problema del jitter a suon di migliaia di dollari; al comune acquirente di un masterizzatore DVD 4X non resta che usare cautela nella scelta del drive e dei media e cercare informazioni su siti, riviste e newsgroup. Quando i primi campioni di DVD writer 4X furono sottoposti al vaglio dell'industria, il responso fu tiepido e critico nei confronti di un firmware non ancora adeguato. Man mano che i drive 2X escono dal mercato, si tratta di evitare problemi nella scelta di un 4X. Inoltre anche chi possiede o acquista un DVD writer 2X può avere problemi; in certi casi (citiamo ad esempio Pioneer ed Apple) si

dovrà aggiornare il firmware se si intendono utilizzare i media 4X, che possono danneggiare i drive 2X.

In ogni caso prima di passare da 4X a 8X si dovrà garantire un flusso stabile in input superiore agli 88 Mbit/s dell'8X, più di quanto molti hard disk possono supportare.

## Diversi standard

Considerando gli standard del **DVD Forum** e quelli della **DVD+RW Alliance**, oggi ci sono sei formati di registrazione su DVD. Inizialmente i produttori crearono il DVD Forum per unificare in un unico standard DVD (DVD-Video e DVD-ROM) le tecnologie proposte da due coalizioni, che furono costrette a mettere da parte le rivalità dalla presa di posizione delle maggiori industrie di computer, che esigevano una normativa unica. Il DVD Forum partorì lo standard per il DVD e per i formati registrabili DVD-R (poi suddiviso nelle due versioni General e Authoring), DVD-RW e DVD-RAM. Ma il DVD Forum non riuscì a sopire le differenze di interessi e di punti di vista tra le forze in campo; ben presto HP, Philips e Sony proposero il formato DVD+RW (di cui il DVD+R è un'estensione), opponendo alcuni vantaggi tecnici e tutto il loro peso industriale al DVD-R/RW di Pioneer e compagni. Oggi oltre 50 aziende sostengono la DVD+RW Alliance, che si avvia a diventare lo standard più diffuso per la registrazione e ri-registrazione. Lo standard di riscrittura in teoria resta appannaggio del DVD-RAM, ma in

pratica il DVD+RW si presenta come la soluzione più flessibile per il mercato di massa.

## DVD-RAM

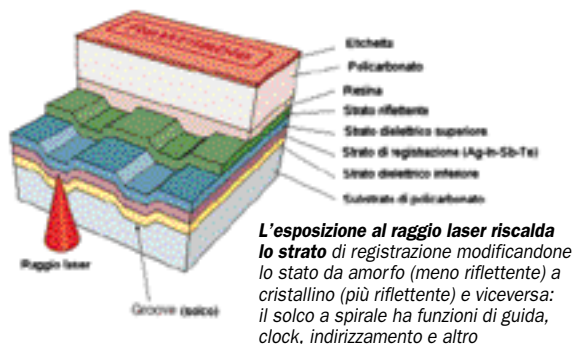
Anche se DVD-RW e DVD+RW sono comunemente chiamati riscrivibili, che suona meglio di ri-registrabili (re-recordable, il loro nome ufficiale), il vero riscrivibile (re-writable) è il DVD-RAM. È stato sviluppato dal DVD Forum utilizzando la tecnologia a cambio di fase (PD, phase-change dual) e sfrutta alcune caratteristiche dei drive magneto-ottici. È un formato che si presta bene sia a registrare dati sia a equipaggiare videoregistratori e telecamere. Accetta 100.000 riscritture anziché le 1000 degli altri due formati e ha una longevità stimata di almeno 30 anni.

I drive DVD-RAM, sebbene sul mercato dal 1998, non hanno avuto grande diffusione perché producono dischi leggibili su pochi lettori DVD e non registrano CD-R/RW. Questo è dovuto al fatto che i segnali sono registrati non solo sul solco a spirale (come fanno DVD-R/RW e DVD+R/RW) ma anche in zone del supporto che interrompono il solco tra un settore e l'altro.

Inizialmente la capacità dei dischi DVD-RAM era di 2,58 GB, passata a 4,7 GB nella versione 2.0 del 1999 grazie a una riduzione di dimensioni delle zone registrate e della distanza tra le tracce (i giri della spirale).

Come dice il nome, il DVD-RAM supporta l'accesso casuale e i dati possono essere letti e scritti come in un hard disk, con operazioni di tipo drag-and-drop. Il formato DVD-RAM

### Disco DVD+RW a singola faccia (non in scala)



offre il *Defect Sector Management*, una gestione dei settori difettosi che assicura che i dati vengano registrati solo in aree utilizzabili del supporto e che siano letti e scritti senza errori. Inoltre per scrivere su DVD-RAM non occorre aprire e chiudere una sessione di scrittura. Queste funzionalità, che rendono un drive DVD-RAM simile a un hard disk, sono particolarmente utili ma rendono i dischi DVD-RAM incompatibili con la maggior parte dei lettori DVD da salotto e DVD-ROM.

Esistono dischi DVD-RAM a singola faccia (da 4,7 GB) e a doppia faccia (9,4 GB). I dischi sono reperibili con o senza cartuccia, ma sono registrabili solo dentro la cartuccia. Le cartucce di tipo 1 sono sigillate; quelle di tipo 2 permettono l'estrazione del disco per essere inserito in un drive compatibile. La velocità di scrittura dei drive DVD-RAM non va oltre 2X; ci sono modelli DVD-RAM che scrivono anche su DVD-R, ma lo fanno a 1X e comunque non scrivono su CD. L'avvento di DVD-RW e soprattutto di DVD+RW sempre più veloci ha ridotto l'interesse per i DVD-RAM ai campi di applicazione che ne sfruttano l'affidabilità e l'accesso diretto, come l'archiviazione dei file. I prezzi sono comunque bassi, a partire da circa 160 dollari negli USA.

### DVD-R

Il DVD-R è stato sviluppato dal DVD Forum come versione registrabile del DVD-ROM. Ne esistono le due versioni *General Use* e *Authoring*, leggibili dalla maggior parte dei lettori DVD ma compatibili solo con il proprio tipo di registratore, perché la versione *Authoring* utilizza un laser a lunghezza d'onda inferiore, 635 nm rispetto ai 650 nm degli altri wri-

ter attuali (non considerando i registratori con laser a luce blu, che sono solo agli inizi).

I DVD-R per *Authoring* sono usati da sviluppatori di software e di contenuti multimediali per creare i dischi master per la produzione di massa; i DVD-R per uso generale hanno ampia compatibilità, lunga durata (100 anni) e basso costo dei supporti. I DVD-R possono essere registrati in due modi: *Disc-at-once* (tutto in una volta) o *incrementale*, che permette di aggiungere file in tempi successivi e quindi di "finalizzare" il volume, quando il lavoro è completo, per renderlo leggibile dai normali lettori DVD.

Nel caso di *Disc-at-once* la scrittura avviene in sequenza: prima l'area iniziale *lead-in*, poi i dati e quindi l'area finale *lead-out*. La scrittura *incrementale*, analoga al *packet writing* utilizzabile sui CD-R, permette di aggiungere in successione file di almeno 32 KB; un disco non finalizzato può essere letto solo da un DVD-R. I DVD-R, inizialmente da 3,95 GB, sono passati a 4,7 GB nel 2000 con le specifiche della versione 2. Sebbene disponibili dal 1997, l'alto costo iniziale dei drive, rispetto ai DVD-RAM, ne ha rallentato la diffusione. Oggi si trovano drive DVD-RW con scrittura 4X a partire da circa 250 dollari negli USA.

### Compatibilità

Pioneer, che difende le proprie posizioni contro i concorrenti del DVD+R/RW, cita i test della rivista *DV Digital Video*, secondo i quali i dischi DVD-R sarebbero compatibili con l'89% dei lettori DVD provati, pur ammettendo che i DVD-RW hanno una compatibilità del 65%. Altre fonti ripetono il ritornello della compatibilità vicina al 90% sia per DVD-R sia

per DVD+R, tuttavia un'importante rivista americana di PC, a fine ottobre 2002, smentiva tanto ottimismo, pubblicando le percentuali di compatibilità rilevate da Intellilkey Laboratories su 100 lettori prodotti tra il 1999 e il 2002: DVD-R 77%, DVD+R 90%, DVD-RW 66% e DVD+RW 72%. Questi numeri sembrano dare ragione alla DVD+RW Alliance, che promette maggiore affidabilità, flessibilità e compatibilità. In ogni caso, prima dell'acquisto di un DVD writer, è consigliabile esaminare attentamente le specifiche e verificare le tabelle di compatibilità.

### DVD-RW

Rappresenta l'evoluzione, datata 1999, della tecnologia DVD-R. Sviluppato da Pioneer, il DVD-RW ha caratteristiche simili al DVD-R ma compatibilità inferiore, a causa della minore riflettività del supporto (può essere necessario aggiornare il firmware dei lettori precedenti). La capacità è di 4,7 GB e i supporti possono essere riscritti circa 1000 volte. Né DVD-R né DVD-RW prevedono la gestione dei difetti del disco. I drive DVD-RW più recenti scrivono su dischi DVD-R a 4X (2X per le generazioni precedenti) e su dischi DVD-RW a 2X. Sul mercato italiano i recorder 4X sono agli inizi e occorre anche trovare media registrabili 4X di qualità (i produttori dei drive consigliano i media da usare). I dischi DVD-RW possono essere scritti in modalità *multisessione* finché il disco non viene finalizzato e reso leggibile dai lettori DVD.

Il DVD-RW è stato utilizzato a partire dal 1999, in Giappone, per produrre videoregistratori; questi usavano però il formato DVD-VR (video recording), fisicamente compatibile ma incompatibile a livello di applicazione con i lettori DVD.

### DVD+R

Questo formato, di recente introduzione, è l'estensione *write-once* (scrivi una volta sola) della specifica DVD+RW con cui condivide gran parte delle caratteristiche fisiche e logiche. Tutti i drive DVD+R/RW prodotti dopo l'aprile 2002 sono in grado di registrare su dischi DVD+RW e DVD+R, mentre una parte dei drive di prima generazione, venduti tra il settembre 2001 e l'estate 2002, supporta solo la scrittura

DVD+RW. Il DVD+R offre ottima compatibilità con i lettori DVD e di recente la velocità massima è passata da 2,4X a 4X. Il DVD+R non prevede meccanismi di gestione dei difetti del disco, supportati invece dal formato DVD-RAM e dai drive DVD+RW. La grande precisione nell'indirizzamento e collegamento dei dati permette di aggiungere file video in modalità *multisessione* e di creare archivi di grandi dimensioni. I dischi DVD+R, a differenza dei DVD+RW, devono essere finalizzati prima di essere leggibili dai lettori DVD.

### DVD+RW

Introdotta in ottobre 2001, il formato della DVD+RW Alliance offre 1000 riscritture del disco e 4,7 GB di capacità (9,4 per i dischi a doppia faccia). La specifica DVD+RW incorpora tecnologie aggiuntive rispetto ai formati del DVD Forum, come il *lossless linking*, la registrazione tramite sia CLV (velocità lineare costante, l'unica usata nei formati del DVD Forum) sia CAV (velocità angolare costante, che accelera l'accesso), la gestione dei difetti del disco e la formattazione veloce.

La tecnologia *lossless linking* (collegamento senza perdita) permette di sospendere e riprendere la registrazione (per esempio per adattare il bit rate variabile della codifica video con il bit rate costante della scrittura) senza perdita del collegamento nella sequenza registrata. Questo rende più efficiente il formato di registrazione e permette la precisa scrittura e sostituzione ad accesso casuale di blocchi anche singoli di 32 KB, senza perdita di compatibilità. Vedremo nella seconda parte come è stato possibile raggiungere la precisione di un micron nel posizionamento del laser, necessaria per la scrittura random. La scrittura su DVD+RW non richiede finalizzazione. La riflettività di un disco DVD+RW è del 18-30%, la stessa di un DVD a doppia faccia.

Nella seconda parte dell'articolo che pubblicheremo sul prossimo numero andremo ad esaminare il file system dei dischi DVD e le differenze nelle tecnologie di scrittura adottate per i vari formati di registrazione, con qualche dettaglio sull'uso di CAV e CLV e una lista di fonti di riferimento. ■

(prima parte)



# I termini della registrazione su DVD

## AUTHORING

Il processo di progetto, creazione, cattura, editing e integrazione delle informazioni per un CD o DVD.

## CAV

Constant Angular Velocity (velocità angolare costante), ovvero velocità costante di rotazione e bit rate variabile in base al raggio (distanza della traccia dal centro del disco).

## CLV

Constant Linear Velocity (velocità lineare costante), ottenuta variando la velocità di rotazione da valori più alti all'interno del disco a valori più bassi verso l'esterno, in modo da mantenere costante il bit rate.

## DEFECT MANAGEMENT

Gestione dei difetti, ovvero la sostituzione di aree inutilizzabili del supporto con un blocco successivo o con un blocco in un'area libera separata. Utilizzata da DVD-RAM e DVD+RW.

## DVD

Per un certo tempo acronimo di Digital Versatile Disc, ma oggi pura sigla, il DVD è un disco ottico, introdotto nel 1996, che ha le stesse dimensioni di un CD ma capacità molto più elevate.

## DVD FORUM

Il gruppo di aziende che ha sviluppato i formati DVD-Video, DVD-ROM, DVD-R/-RW/-RAM e DVD-Audio. Diverse aziende hanno deciso di non supportare questi formati e di optare per soluzioni con vantaggi tecnici (per gli utenti) e commerciali (per i produttori) come DVD+R/+RW e Super Audio CD. Il DVD Forum non è un organismo col potere di imporre gli standard ma, come la DVD+RW Alliance, è un'organizzazione puramente commerciale.

## DVD-R (DVD RECORDABLE)

I drive per authoring (produzione di contenuti) usano laser da 635nm e furono introdotti nel 1998 da Pioneer, mentre i drive per uso generale (con laser da 650nm) furono previsti dal DVD Forum nel 2000. Il DVD-R offre singola scrittura analogamente a un CD-R e viene usato per masterizzare dischi DVD-Video e DVD-ROM.

## DVD-RAM (DVD Random Access Memory)

Un disco DVD riscrivibile sostenuto

da Panasonic, Hitachi e Toshiba. Utilizza una cartuccia per la registrazione, anche se i modelli recenti permettono l'estrazione del disco per l'utilizzo sui (pochi) lettori compatibili. I primi drive DVD-RAM sono stati introdotti nella primavera 1998 con capacità di 2,6 GB (singola faccia) o 5,2 GB (doppia faccia). I dischi DVD-RAM Versione 2 da 4,7 GB sono arrivati nel 1999 e quelli a doppia faccia da 9,4 GB nel 2000. I drive DVD-RAM leggono solitamente dischi DVD-Video, DVD-ROM e CD. Pochi lettori DVD leggono i media DVD-RAM. I dischi DVD-RAM possono essere riscritti circa 100.000 volte.

## DVD-ROM (READ ONLY MEMORY)

Introdotta nel 1997, è un disco DVD a sola lettura utilizzato per archiviare dati, sequenze interattive, audio e video. I DVD-ROM vengono letti da drive DVD-ROM o DVD-RAM, ma non dai riproduttori DVD-Video collegati a TV e home theater. Comunque la maggior parte dei drive DVD-ROM riproduce i film DVD-Video.

## DVD-RW (DVD REWRITABLE)

Un formato DVD riscrivibile, introdotto da Pioneer nell'ambito del DVD Forum, che oggi deve fare i conti con il crescente successo del DVD+RW che ha migliori caratteristiche di accessibilità random. Il DVD-RW supporta capacità di 4,7 GB e richiede la finalizzazione del disco per essere leggibile da un lettore DVD.

## DVD+RW (DVD REWRITABLE)

Sviluppato in collaborazione da Hewlett-Packard, Mitsubishi Chemical, Philips, Ricoh, Sony e Yamaha, è l'unico formato riscrivibile che, senza l'utilizzo di una cartuccia, supporta la scrittura e riscrittura, con buon livello di compatibilità con i riproduttori DVD-Video e i drive DVD-ROM, sia per registrazione video in tempo reale sia per registrazione di dati random (ad accesso casuale) per applicazioni sia per PC sia da salotto.

## DVD+RW ALLIANCE

Un gruppo di aziende che promuovono lo standard DVD+RW. Inizialmente consisteva delle aziende che hanno sviluppato lo standard: Philips, Hewlett-Packard, Sony, Yamaha, Ricoh, Mitsubishi/Verbatim,

Thomson/RCA e Dell. Oggi la DVD+RW Alliance comprende oltre 50 aziende di vari settori, come produttori di PC e relativo hardware, produttori di drive, produttori di dischi (come Maxell, TDK, Fuji e Ritek), produttori di software (inclusa la stessa Microsoft) e così via. Nel complesso, lo standard DVD+RW ha il più vasto supporto industriale tra i vari formati di registrazione.

## DVD-VIDEO

Il comune formato dei film su DVD, codificati in MPEG2 con suono digitale surround. Supporta più lingue, vari tipi di sottotitoli e altre funzionalità avanzate.

## DVD-RV

DVD Video Recording, una forma modificata del formato DVD utilizzata per fornire migliori capacità di registrazione su alcuni videoregistratori DVD-RW. Non è compatibile con tutti i riproduttori DVD-Video.

## FINALIZZAZIONE

Perché un disco DVD-R, DVD-RW o DVD+R sia leggibile da un lettore DVD deve essere "finalizzato", un'operazione in cui la Table Of Contents (TOC, indice dei contenuti) finale viene scritta nella posizione del disco dove sarà letta da un normale DVD player; dopo di che non si potrà più aggiungere contenuti al disco. La finalizzazione non esiste per i dischi DVD+RW, subito leggibili dai lettori DVD.

## SOLCO (GROOVE)

Traccia guida continua a spirale, simile a una trincea, di un disco registrabile o riscrivibile, sporgente verso la superficie di ingresso del raggio laser; definisce la linea centrale della traccia di registrazione e contiene il clock per la CLV, gli indirizzi e altre informazioni. La forma è a spirale modulata da un movimento sinusoidale (wobble) usato a scopo di sincronismo.

## MULTISESSIONE

Eventi multipli - o sessioni - di registrazione incrementale tramite l'uso di scritture non incrementali di tipo session-at-once o di scritture incrementali di tipo track-at-once writing, con ciascun evento che produce una nuova sequenza di lead-in (con indice dei contenuti), area dati e lead-out. Eventi multipli

di registrazione in tempi diversi danno come risultato sessioni multiple con una TOC distinta per ciascuna sessione.

## PHASE-CHANGE

Cambio di fase, la tecnologia usata per i dischi CD-RW, DVD-RAM e DVD-RW/+RW, dove il materiale può essere in una di due fasi, amorfa o cristallina. Una fase rappresenta uno 0 in quel punto, l'altra un 1.

## SESSIONE

Singolo evento di registrazione che crea una singola area di informazione (lead-in - area dati - lead-out.)

## TRACCIA

Un'area contigua a forma di spirale che, dall'interno verso l'esterno, contiene le informazioni registrate (i dischi DVD a doppio strato hanno due tracce fisiche), oppure le informazioni contenute entro una singola rotazione di 360° del disco.

È chiamata traccia anche un elemento logico contiguo di informazioni, come una singola "canzone" dei CD audio (una sessione su CD contiene da 1 a 99 tracce logiche).

## UDF

Universal Disc Format, uno standard della Optical Storage Technology Association ideato per creare un sottoinsieme pratico del formato ISO/IEC 13346 che definisce file system ad accesso casuale e struttura dei volumi. UDF è il file system usato per i DVD (tecnicamente il micro-UDF condensato). È progettato in modo da essere uniforme tra tutti i DVD e abbastanza flessibile da supportare un'ampia varietà di utilizzi del DVD.

## UDF BRIDGE

Un file system per DVD che combina il vecchio file system ISO-9660 usato per i CD e il micro-UDF usato per i DVD, in modo da fornire compatibilità all'indietro per riproduttori DVD e computer.

## WOBBLE

Deviazione continua, sinusoidale e radiale del solco a spirale preregistrato rispetto alla linea centrale della traccia. Serve per fornire il clock CLV, l'indirizzamento e altre informazioni.

## ► Hardware

# Come funziona la registrazione su DVD

*Dopo aver passato in rassegna il mese scorso le caratteristiche dei diversi standard di registrazione su DVD, diamo un'occhiata ai supporti e ai formati di registrazione*

di Giorgio Gobbi

Come i DVD a sola lettura, i formati DVD registrabili utilizzano dischi da 120 mm con un numero variabile di strati. Al confronto, la realizzazione dei DVD-ROM è più semplice, con pochi strati (di base un substrato, uno strato riflettente e uno strato protettivo per un disco a singola faccia, singolo strato) e i dati scavati sotto forma di pit (depressioni) lungo un percorso a spirale. Lo strato protettivo è in pratica un altro substrato spesso 0,6 mm, così i dati sono al sicuro in mezzo al "sandwich" dei due substrati, molto meglio che in un CD, dove il substrato è spesso 1,2 mm e lascia vulnerabile la superficie superiore.

I DVD registrabili, rispetto a quelli per sola lettura, hanno parecchi problemi in più, dovuti alla necessità di mantenere entro stretti limiti di tolleranza fattori come il posiziona-

mento ottico, il sincronismo del flusso dei dati e l'indirizzamento dei dati lungo la traccia. Per questo i DVD registrabili e riscrivibili utilizzano una traccia a spirale scavata a mo' di trincea che si chiama *groove* (solco), mentre la zona tra i solchi prende il nome di *land* (terra).

Quindi un disco scrivibile, al microscopio, appare come un solco a spirale scavato nel supporto di polycarbonato. La distanza tra due rivoluzioni contigue della traccia a spirale si chiama *track pitch*. La differenza fondamentale rispetto ai DVD-ROM è che la traccia a spirale dei DVD scrivibili non è uniforme ma ondeggia in senso orizzontale: la profondità e l'ampiezza del solco non variano, ma rispetto alla linea guida ideale, la spirale ha un aspetto serpeggiante, con una variazione sinusoidale della direzione

del solco che prende il nome di wobble.

Durante la rotazione del disco, questa oscillazione viene rilevata dalla testina laser, che fornisce un segnale di controllo al circuito che regola la velocità del motore di rotazione del disco. Il segnale sinusoidale prodotto dal wobble del solco può essere inoltre modulato per fornire altre informazioni di controllo.

Le zone colpite dal laser, che formano la registrazione, sono chiamate *mark* (segni di registrazione). Secondo il formato di registrazione, una parte delle informazioni può essere pre-registrata sotto forma di pit scolpiti nel substrato. L'uso del solco e del land per registrare i mark varia secondo il formato di registrazione. Il DVD-RAM sfrutta sia il groove sia il land per la registrazione dei mark, mentre gli altri formati prevedono la scrittura solo nel solco.

## DVD-RAM

Uno dei fattori che rendono il DVD-RAM poco compatibile con i normali lettori DVD è che le informazioni di indirizzamento dei blocchi di dati sono intervallate lungo la traccia sotto forma di pit scavati nel land, in zone che interrompono il solco a spirale. Il DVD-RAM utilizza il formato **ZCLV** (*Zone Constant Linear Velocity*), per cui all'interno di 35 zone (corone circolari in cui è suddiviso il disco), la velocità di scorrimento dei dati sotto la testina è costante (varia la velocità di rotazione del motore secondo la distanza dei dati dal centro del disco). Chiamando *traccia* un giro della spirale (una rotazione del disco), il numero di settori per traccia varia da 25

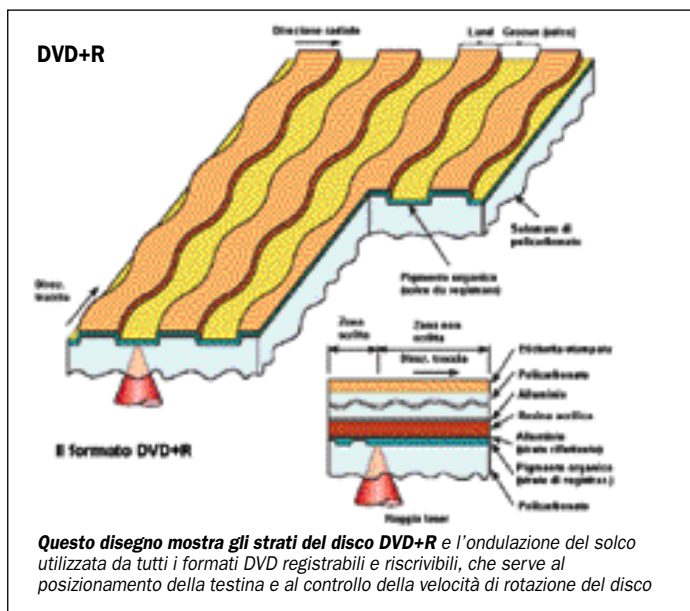
all'interno a 59 verso l'esterno.

Il DVD-RAM è l'unico che utilizza le cartucce per proteggere i dischi da impronte e graffi. Le cartucce tipo 1 sono sigillate; le tipo 2 e 4, a singola e doppia faccia, permettono la rimozione del disco; la tipo 6 alloggia dischi a doppia faccia da 80 mm, rimovibili.

Lo strato di registrazione consiste di materiale a cambiamento di fase basato su GeSbTe. Le zone non registrate sono cristalline (ad alta riflettività), mentre le zone registrate sono amorfiche (a bassa riflettività). La registrazione avviene scaldando il materiale oltre il punto di fusione e raffreddandolo rapidamente. La cancellazione avviene tramite riscaldamento alla temperatura di cristallizzazione (minore di quella di fusione).

Prima e dopo i dati registrati dall'utente ci sono le zone di *lead-in* e *lead-out* con le informazioni di controllo, che servono anche alla gestione dei difetti. L'hardware del drive provvede al *defect management* e alla rilocalizzazione dei settori difettosi in aree sostitutive prestabilite. Ci sono due elenchi dei settori difettosi; i difetti scoperti durante la certificazione del disco sono registrati nella *Primary Defect List*, mentre quelli scoperti durante la registrazione dei dati sono scritti nella *Secondary Defect List*. Circa il 5% dello spazio è riservato alla sostituzione dei settori difettosi. Per la correzione degli errori, il DVD-RAM utilizza il metodo *Reed Solomon Product Code*, che permette di correggere anche errori su più bit.

Le 100.000 riscritture, l'accesso diretto e l'affidabilità fanno del DVD-RAM un'ottima so-



luzione per l'archiviazione dei dati. Non sono molti i lettori DVD in grado di leggere i DVD-RAM; comunque la specifica DVD Multi del DVD Forum contraddistingue i drive capaci di leggere i formati DVD-R, DVD-RW e DVD-RAM.

### DVD-R/RW

I formati DVD-R e DVD-RW sono il prodotto del **DVD Forum** e hanno raggiunto il mercato prima dei prodotti della rivale **DVD+RW Alliance**, che oggi comprende la maggioranza delle industrie produttrici.

Anche il DVD-R/RW utilizza il wobbled groove (solco ondulato) per la registrazione, con alcuni aspetti specifici. La scrittura dei dati avviene solo nel groove; le informazioni di posizionamento e indirizzo sono contenute nei cosiddetti land pre-pit, dei pit scavati nel land tra i solchi a intervalli regolari. Perciò la pre-formattazione del disco sfrutta due meccanismi; l'ondulazione del solco genera il segnale di controllo per il motore di rotazione del disco e un segnale usato per il rilevamento dei land pre-pit; i land pre-pit vengono usati per il posizionamento in fase di scrittura e per fornire gli indirizzi di registrazione e altri dati.

In pratica il wobble viene rilevato come segnale sinusoidale e il segnale del land pre-pit coincide con i primi tre picchi del wobble per ogni frame (la zona tra i land pre-pit). Questo sistema di posizionamento è molto più preciso di quello dei CD-R, anche se non raggiunge il livello micrometrico del DVD+RW. Nella registrazione su DVD-R (una sola scrittura), la registrazione avviene utilizzando uno strato di pigmento organico che reagisce alla luce laser cambiando chimicamente. Il processo è irreversibile, quindi non si possono riscrivere zone già scritte.

Abbiamo visto che esistono due versioni di DVD-R: per **Authoring** riservata ai produttori e **General** per il pubblico, provvista dei normali sistemi di protezione da copia. La differenza principale sta nella lunghezza d'onda del laser, che nella versione Authoring è di 635 nm, anziché 650 nm utilizzati da tutti gli altri formati di registrazione (salvo i nuovi drive ad alta capacità con laser a luce blu-viola).

Il DVD-RW utilizza il cambia-

mento di fase per la scrittura e riscrittura, come DVD-RAM e DVD+RW.

I dati vengono scritti come mark amorfi che possono essere riportati allo stato cristallino. La riflettività è del 45-85% per i DVD-R e del 18-30% per i DVD-RW. Come per DVD+RW, il numero di riscritture è di circa 1000, adeguato per le registrazioni video e per i backup.

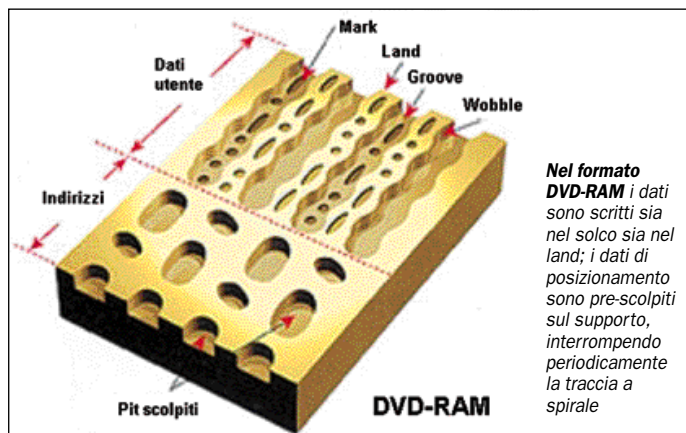
La registrazione su DVD-R e DVD-RW avviene tramite modulazione a impulsi del laser, in modo da dosare la quantità esatta di energia necessaria. In entrambi i casi viene utilizzato un impulso iniziale seguito da una serie di impulsi che controllano la distribuzione del calore generato. Il DVD-R usa due livelli di potenza, mentre il DVD-RW usa tre livelli per consentire la sovrascrittura. L'uso degli impulsi riduce inoltre l'interferenza termica fra tracce adiacenti e l'accumulo di calore sul bordo del mark di registrazione, migliorando la forma del segnale riprodotto. Le specifiche permettono inoltre di ottimizzare l'ampiezza degli impulsi in funzione di un particolare tipo di supporto.

DVD-R e DVD-RW utilizzano la tecnologia **CLV** (velocità lineare costante) tipica del DVD-Video, che implica la variazione di velocità di rotazione in base alla posizione della traccia. La CLV permette maggiori velocità di trasferimento e quindi si presta bene per il trasferimento di stream video; viceversa rallenta l'accesso durante la ricerca dei dati. I formati DVD+R/RW usano il CLV sequenziale per fornire alte velocità di trasferimento e offrono il CAV (*velocità angolare costante*) come opzione quando è richiesto l'accesso random.

A differenza dei formati DVD-RAM e DVD+RW, la riscrittura tramite DVD-RW è sequenziale, come se si trattasse di un nastro.

### DVD+R/RW

Questi formati, apparsi per ultimi sul mercato, offrono ulteriori funzionalità rispetto ai DVD-R/RW, pur mantenendo un alto livello di compatibilità fisica, logica e applicativa con i riproduttori DVD e i DVD-ROM. Nella prima puntata abbiamo riportato le statistiche di compatibilità, molto alta per DVD+R e abbastanza buona per DVD+RW (leggermente mi-



**Nel formato DVD-RAM** i dati sono scritti sia nel solco sia nel land; i dati di posizionamento sono pre-scritti sul supporto, interrompendo periodicamente la traccia a spirale

gliore rispetto al DVD-RW); abbiamo anche citato una delle caratteristiche che distinguono il DVD+RW dal DVD-RW: chiamata *lossless linking* (collegamento senza perdita) permette di sospendere e riprendere il processo di scrittura senza perdita del collegamento nella sequenza di registrazione e permette la precisa scrittura e sostituzione ad accesso casuale di blocchi anche singoli di almeno 32 KB.

Il meccanismo che permette un accesso random così preciso sta nel particolare sistema di sincronismo e indirizzamento del DVD+RW, che utilizza un solco ondulato ad alta frequenza modulato in modo da contenere tutte le informazioni necessarie, senza l'uso dei land pre-pit utilizzati da DVD-R/RW. Un'alta frequenza di wobble permette un migliore tracking dell'errore di posizionamento della testina rispetto alla linea centrale della traccia, quindi è stata scelta la frequenza più alta che non interferisse con i dati registrati (questa frequenza è superiore rispetto a quelle di DVD-R/RW e DVD-RAM).

Le informazioni di indirizzamento dei dati sono incorporate nell'ondulazione del solco tramite la modulazione del wobble. Ogni traccia (un giro della spirale) è suddivisa in 8 segmenti, in corrispondenza dei quali il wobble viene modulato le informazioni di posizionamento, chiamate ADIP (Address-in-Pre-groove, 48 bit tra cui i numeri di strato, traccia e segmento e il codice CRC per il rilevamento di errori).

Il wobble di un disco DVD+RW include un fine clock (clock fine) presente 12 volte per segmento, il che porta a 30 MHz il clock complessivo fornito dal wobble più la sua mo-

dulazione; questa frequenza consente un posizionamento angolare entro 0,0004 gradi, circa 0,4 micron, più che sufficiente per riscrivere al volo un segmento di dati.

Molte caratteristiche del disco DVD+RW sono simili a quelle del disco DVD-RW, come ad esempio i parametri fisici, il materiale a cambiamento di fase e i vari sistemi di protezione anti-copia. A differenza del DVD+RW, il formato DVD+R richiede la finalizzazione del disco prima dell'utilizzo di un disco in un lettore DVD (come per DVD-R/RW). La registrazione può essere sequenziale o incrementale e un disco può contenere fino a 191 sessioni, con circa 4 MB di "spreco" per sessione. Una delle caratteristiche del DVD+RW è la formattazione automatica in background anche parziale (se il disco viene estratto prima che termini), con proseguimento al successivo reinserimento.

### UDF

L'Universal Disk Format (UDF) è un file system sviluppato dalla Optical Storage Technology Association (OSTA) per lo scambio dei dati fra i vari supporti ottici. È richiesto per i DVD-ROM ed è utilizzato dai DVD con contenuti audio/video. Nato per sostituire l'ISO 9660 dei CD-ROM, è disponibile anche su CD-R/RW con l'uso del packet writing. ■

(seconda parte)

Su [www.pcopen.it](http://www.pcopen.it/)  
([http://www.01net.it/01NET/HP/0,1254,4\\_ART\\_42832,00.html](http://www.01net.it/01NET/HP/0,1254,4_ART_42832,00.html))  
l'articolo integrale



**PC OPEN.it**



# I termini della registrazione su DVD

## CAV

Constant Angular Velocity (velocità angolare costante), ovvero velocità costante di rotazione e bit rate variabile in base al raggio (distanza della traccia dal centro del disco).

## CLV

Constant Linear Velocity (velocità lineare costante), ottenuta variando la velocità di rotazione da valori più alti all'interno del disco a valori più bassi verso l'esterno, in modo da mantenere costante il bit rate. Il DVD-RAM utilizza il formato ZCLV (Zone Constant Linear Velocity), per cui all'interno di 35 zone (le corone circolari in cui è suddiviso il disco), la velocità di scorrimento dei dati sotto la testina è costante.

## CSS

Content Scrambling System, il meccanismo di protezione anticopia dei DVD Video che cifra i dati digitali del DVD per impedire che vengano letti senza l'opportuna chiave di decifratura.

## DEFECT MANAGEMENT

Gestione dei difetti, ovvero la sostituzione di aree inutilizzabili del supporto con un blocco successivo o con un blocco in un'area libera separata. Utilizzata da DVD-RAM e DVD+RW.

## DVD FORUM

Il gruppo di aziende che originariamente ha sviluppato i formati DVD-Video e DVD-ROM. In seguito il Forum ha sviluppato altri formati (come DVD-R/-RW/-RAM e DVD-Audio), ma diverse aziende hanno deciso di non supportare questi formati e di optare per soluzioni con vantaggi tecnici (per gli utenti) e commerciali (per i produttori) come DVD+R/+RW e Super Audio CD. Il DVD Forum non è un organismo col potere di imporre gli standard ma, come la DVD+RW Alliance, è un'organizzazione commerciale che promuove i propri standard.

## DVD-R (DVD RECORDABLE)

I drive per authoring (produzione di contenuti) usano laser da 635 nm e furono introdotti nel 1998 da Pioneer, mentre i drive per uso generale (con laser da 650 nm) furono previsti dal DVD Forum nel 2000. Il DVD-R offre singola scrittura analogamente a un CD-R e viene usato per masterizzare dischi

DVD-Video e DVD-ROM.

## DVD-RAM (DVD Random Access Memory)

Un disco DVD riscrivibile sostenuto da Panasonic, Hitachi e Toshiba. Utilizza una cartuccia per la registrazione, anche se i modelli recenti permettono l'estrazione del disco per l'utilizzo sui (pochi) lettori compatibili. I primi drive DVD-RAM sono stati introdotti nella primavera 1998 con capacità di 2,6 GB (singola faccia) o 5,2 GB (doppia faccia). I dischi DVD-RAM Versione 2 da 4,7 GB sono arrivati nel 1999 e quelli a doppia faccia da 9,4 GB nel 2000. I drive DVD-RAM leggono solitamente dischi DVD-Video, DVD-ROM e CD. Pochi lettori DVD leggono i media DVD-RAM. I dischi DVD-RAM possono essere riscritti circa 100.000 volte.

## DVD-ROM (READ ONLY MEMORY)

Introdotta nel 1997, è un disco DVD a sola lettura utilizzato per archiviare dati, sequenze interattive, audio e video. I DVD-ROM vengono letti da drive DVD-ROM o DVD-RAM, ma non dai riproduttori DVD-Video collegati a TV e home theater. Comunque la maggior parte dei drive DVD-ROM riproduce i film DVD-Video.

## DVD-RW (DVD REWRITABLE)

Un formato DVD riscrivibile, introdotto da Pioneer nell'ambito del DVD Forum, che oggi deve fare i conti con il crescente successo del DVD+RW che ha migliori caratteristiche di accessibilità random. Il DVD-RW supporta capacità di 4,7 GB e richiede la finalizzazione del disco per essere leggibile da un lettore DVD.

## DVD+RW (DVD REWRITABLE)

Sviluppato in collaborazione da Hewlett-Packard, Mitsubishi Chemical, Philips, Ricoh, Sony e Yamaha, è l'unico formato riscrivibile che, senza l'utilizzo di una cartuccia, supporta la scrittura e riscrittura, con buon livello di compatibilità con i riproduttori DVD-Video e i drive DVD-ROM, sia per registrazione video in tempo reale sia per registrazione di dati random (ad accesso casuale) per applicazioni sia per PC sia da salotto.

## DVD VIDEO

Il comune formato dei film su DVD, codificati in MPEG2 con suono

digitale surround. Supporta più lingue, vari tipi di sottotitoli e altre funzionalità avanzate.

## FINALIZZAZIONE

Perché un disco DVD-R, DVD-RW o DVD+R sia leggibile da un lettore DVD deve essere "finalizzato", un'operazione in cui la Table Of Contents (TOC, indice dei contenuti) finale viene scritta nella posizione del disco dove sarà letta da un normale DVD player; dopodiché non si potrà più aggiungere contenuti al disco. La finalizzazione non esiste per i dischi DVD+RW, che sono subito leggibili dai lettori DVD.

## GB

Gigabyte, dove 1 GB vale  $2^{30}$  byte o 1024 MB (megabyte). Nel caso dei dischi (come hard disk e DVD) 1 GB di solito vale  $10^9$  byte.

## SOLCO (GROOVE)

Traccia guida continua a spirale, simile a una trincea, di un disco registrabile o riscrivibile, sporgente verso la superficie di ingresso del raggio laser; definisce la linea centrale della traccia di registrazione e contiene il clock per la CLV, gli indirizzi e altre informazioni. La forma è a spirale modulata da un movimento sinusoidale (wobble) usato a scopo di sincronismo.

## LAND (TERRA)

Superficie ottica non registrata tra le depressioni (pit), i solchi o i mark (le zone registrate).

## MARK (SEGNO)

Area a bassa riflettività di uno strato di registrazione che rappresenta dati riconoscibili da un sistema ottico.

## OSTA

Optical Storage Technology Association, l'associazione che raggruppa i principali produttori di drive ottici con lo scopo di promuovere gli standard e l'utilizzo dei supporti ottici.

## PHASE-CHANGE

Cambio di fase, la tecnologia usata per i dischi CD-RW, DVD-RAM e DVD-RW/+RW, dove il materiale a cambio di fase può essere in una di due fasi; amorfa e cristallina. Una fase rappresenta uno 0 in quel punto, l'altra un 1. Si usa un laser per cambiare la

fase del materiale attivo.

## PIT (DEPRESSIONI)

Aree di informazione viste come depressioni rispetto alla superficie del supporto e che sono riconoscibili da un sistema ottico. Le depressioni sono larghe meno di 0,5 micron e sono create per iniezione usando uno stampo di nichel.

## TRACK PITCH

Distanza tra le linee centrali di due sequenze di informazioni radialmente adiacenti (distanza fra tracce adiacenti, se si usa la seconda definizione di traccia).

## UDF

Universal Disc Format, uno standard della Optical Storage Technology Association ideato per creare un sottoinsieme pratico del formato ISO/IEC 13346 che definisce file system ad accesso casuale e struttura dei volumi. UDF è il file system usato per i DVD (tecnicamente il micro-UDF condensato). È progettato in modo da essere uniforme tra tutti i DVD e abbastanza flessibile da supportare un'ampia varietà di utilizzi del DVD.

## WOBBLE

Ondulazione o deviazione continua, sinusoidale e radiale del solco a spirale (dove vengono registrati i dati) rispetto alla linea centrale della traccia. Serve per fornire il clock CLV, l'indirizzamento e altre informazioni. È utilizzato in scrittura da DVD-RAM, DVD-R/RW e DVD+R/RW.

## PER SAPERNE DI PIÙ

DVD+RW Alliance:  
[www.dvdrw.com](http://www.dvdrw.com)  
 DVD Forum:  
[www.dvdforum.org](http://www.dvdforum.org)  
 Optical Storage Technology Association:  
[www.dvdforum.org/forum.shtml](http://www.dvdforum.org/forum.shtml)  
 Sito non ufficiale DVD+R/RW:  
[www.dvdplusrw.org](http://www.dvdplusrw.org)  
 DVD Demystified:  
[www.dvddemystified.com/dvdfaq.html](http://www.dvddemystified.com/dvdfaq.html)  
 Pioneer Technical Guide:  
[www.pioneer.co.jp/crdl/tech/index-e.html](http://www.pioneer.co.jp/crdl/tech/index-e.html)  
 Supporto alla scrittura su DVD in Windows:  
[www.microsoft.com/hwdev/tech/stream/DVD/DVDRW\\_support.asp](http://www.microsoft.com/hwdev/tech/stream/DVD/DVDRW_support.asp)

## ► Hardware

# La batteria ricaricabile

*Excursus tecnico sul componente che assicura continuità di energia nei dispositivi informatici. Le differenze fra le tecnologie più diffuse e il funzionamento dei modelli NiMH*

di Giorgio Gobbi

Sappiamo che le batterie al nichel-cadmio (NiCd) hanno una densità di energia minore di quelle a idruro metallico di nichel (NiMH) e mostrano un effetto memoria che richiede frequenti scariche complete per una piena ricarica. Abbiamo anche imparato che le batterie a ioni di litio (Li-ion) hanno una densità di energia superiore e che sono utilizzate sui portatili e cellulari di ultima generazione, con la variante litio-polimeri (Li-ion polymer) in crescita. Sappiamo che le batterie sigillate al piombo e acido (SLA, *Sealed Lead Acid*) sono pesanti e voluminose, buone più per gruppi di continuità e antifurti che per apparecchi portatili.

Al di là del comune sentito dire, restano però molti aspetti da esplorare, tra cui le differenze tra i vari tipi di batterie, i rispettivi pro e contro, le modalità di utilizzo e di caricamento (per non rovinarle e per prolungarne la vita) e le possibilità di recuperare batterie inefficienti.

## La batteria

Una batteria (insieme di celle elettrochimiche per lo più collegate in serie) è un dispositivo che accumula energia chimica e la converte in energia elettrica durante la scarica. Quando viene collegato un carico ai poli della batteria, c'è un passaggio di corrente: all'esterno attraverso il carico (per esempio un notebook o un cellulare) e all'interno della batteria per realizzare lo spontaneo riequilibrio energetico del sistema elettrochimico (con conseguente scarica della batteria).

Una cella è costituita da due elettrodi di composti o leghe metalliche e da un elettrolita (per esempio liquido, gel o solido) costituito da materiali che permettono il flusso di ioni

(atomi o gruppi di atomi che hanno perso o acquisito elettroni) all'interno della batteria.

Gli elettrodi sono isolati da un separatore poroso allo scambio di ioni. Uno dei due elettrodi ha propensione per la perdita di elettroni (ossidazione), mentre l'altro ha la tendenza ad acquisire elettroni (riduzione). Durante la scarica avvengono due reazioni di ossidoriduzione, che comportano un flusso di elettroni intorno agli elettrodi e un flusso di ioni nell'elettrolita. Durante la carica il processo si inverte.

La tensione fornita dalla cella varia a seconda delle tecnologie, così come la densità di energia (l'energia immagazzinata in Wh per unità di peso o di volume), il ciclo di vita (numero di ricariche) e varie altre caratteristiche.

Si dicono *primarie* le batterie non ricaricabili (come le zinco-carbone e le normali alcaline), mentre le batterie ricaricabili vengono chiamate *secondarie*; in questo caso il processo di scarica è reversibile per un certo numero di volte.

La geometria più comune per le celle delle batterie ricaricabili è quella cilindrica, ma ce n'è altre, per esempio a *parallelepipedo* (*prismatic* in inglese). Nella cella cilindrica gli elettrodi e il separatore sono costituiti da strisce sottili che formano un sandwich arrotolato a spirale e impregnato di elettrolita. Lingue metalliche (*collettori*) collegano i due elettrodi ai terminali positivo (in cima) e negativo (il corpo cilindrico). Una valvola di sfogo a molla permette la fuoriuscita di gas sotto pressione (in caso di sovraccarico, da evitare) sigillando nuovamente la zona interna.

Prima di descrivere il funzionamento della batteria NiMH, che abbiamo preso come esempio tipico di batteria

ricaricabile, consideriamo le differenze tra i tipi di batterie più diffusi.

## Una panoramica

**Nichel-cadmio (NiCd):** è una tecnologia matura con densità di energia (energia immagazzinata in rapporto a peso o volume) relativamente bassa (45-80 Wh/kg) ma bassa resistenza interna (utile per impieghi digitali con alti picchi di assorbimento), lunga vita (fino a 1500 ricariche con periodica scarica e manutenzione mensile), modesta tolleranza della sovraccarica e basso costo operativo. La tensione nominale (a metà scarica) è di 1,2 V; la corrente di picco è di 20 C (dove C è la capacità in Ah della cella o batteria), la più alta tra le attuali tecnologie commerciali. L'intervallo di temperatura operativa è il più ampio (da -40 a 60°C) e il costo per scarica è il più basso. L'autoscarica è del 20% dopo un mese a 20° e aumenta rapidamente con la temperatura. La ricarica rapida richiede 1 ora. Il cadmio è tossico e non può essere disperso nell'ambiente.

**Idruro metallico di nichel (NiMH):** ha pari tensione (1,2 V per cella) e maggiore densità energetica rispetto al NiCd (60-120 Wh/kg) ma vita più breve (300-500 ricariche con manutenzione ogni due mesi), autoscarica del 30% dopo un mese a 20° (molto più forte d'estate) e bassa tolleranza della sovraccarica. Il costo è del 20% superiore rispetto al NiCd, ma il costo operativo è triplo (a causa della vita molto più breve). La resistenza interna è circa doppia rispetto al NiCd e la capacità di corrente di picco è di 5 C, più alta rispetto a Li-ion ma bassa rispetto a NiCd; inoltre la corrente ideale di scarica è di 0,5 C (contro 1 C per NiCd). Sia NiCd sia NiMH richiedono particolare attenzione nell'uti-

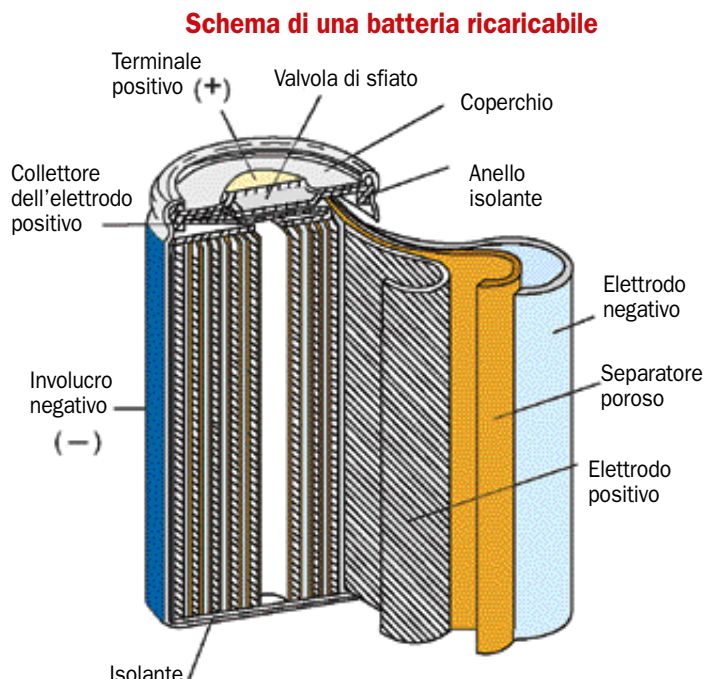
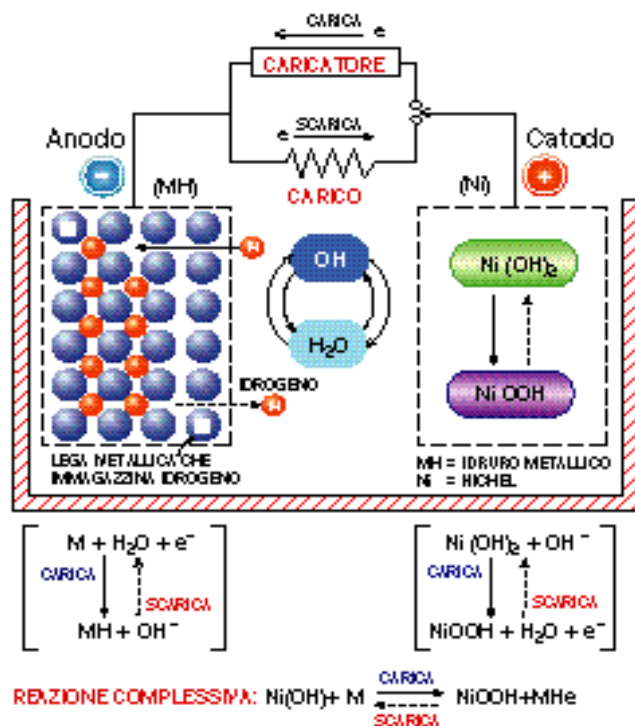
lizzo e nella ricarica per mantenere buona longevità ed evitare danni. La ricarica rapida richiede 2-4 ore.

**Ioni di litio (Li-ion):** è la tecnologia più usata dove l'alta densità energetica (110-160 Wh/kg) è di primaria importanza. La tensione è di 3,6 V per cella, il numero di ricariche è di 500-1000, la resistenza interna è un po' più bassa rispetto a NiMH, la corrente di picco è intorno a 2 C e la corrente di scarica ideale è di 1 C o inferiore. Il costo della batteria è doppio e il costo operativo è di tre volte e mezzo rispetto al NiCd. Come per NiMH, la temperatura operativa va da -20 a 60°C. Non è richiesta manutenzione periodica ma la bassissima tolleranza della sovraccarica richiede caricatori su misura per il modello di batteria. L'autoscarica è del 10% in un mese. La ricarica rapida richiede 2-4 ore.

**Litio-polimeri (Li-ion polymer):** rispetto al Li-ion, la densità di energia è simile, la resistenza interna più alta, la vita inferiore (300-500 cicli), il range di temperatura inferiore (0-60°C) e il costo operativo doppio. In compenso l'elettrolita solido permette maggiore flessibilità nella geometria costruttiva.

**Piombo e acido sigillate (SLA):** sono economiche e forniscono alta capacità per impieghi dove il peso non è un problema (la densità di energia è di solo 30-50 Wh/kg; ci sono modelli da 12 V/200 Ah, ma di 65 kg di peso). La tensione per cella è di 2 V, il numero di ricariche è di 200-300, la resistenza interna è la più bassa, la corrente di picco è di 5 C e la corrente ideale di scarica è di 0,2 C. Il costo di acquisto è il più basso, ma il costo operativo è di 2,5 volte superiore rispetto al NiCd. La manutenzione è trimestrale e la tolleranza della sovraccarica è alta. L'autosca-

# Principio di carica-scarica di una batteria NiMH



rica è del 5% in un mese. La ricarica rapida richiede 8-16 ore.

## La batteria NiMH

I componenti principali di una batteria NiMH sono un elettrodo positivo costituito da un composto del nichel (Ni), un elettrodo negativo di una lega metallica che immagazzina idrogeno (MH) e una soluzione alcalina come elettrolita. Alcalino (o basico, il contrario di acido) significa che contiene più ioni  $\text{OH}^-$  (idrossile con surplus di elettroni) che  $\text{H}^+$  (idrogeno con difetto di elettroni - nel caso dell'idrogeno se si toglie l'unico elettrone resta il protone).

I termini anodo e catodo indicano gli elettrodi che rispettivamente attirano ioni negativi (anioni) e ioni positivi (cationi). Per un componente sottoposto a corrente elettrica dall'esterno il catodo è l'elettrodo negativo e l'anodo è quello positivo; per una batteria vale la stessa definizione, ma in fase di scarica il movimento di cariche non è causato dalla corrente forzata dall'esterno (come avverrebbe durante la carica) bensì dai processi spontanei di ossidazione (cessione di elettroni) e riduzione (acquisto di elettroni) che si verificano intorno agli elettrodi durante il funzionamento (la scarica) del-

la batteria. Dato che in una batteria è l'elettrodo negativo che riceve elettroni durante la scarica, mentre quello positivo li perde, il risultato è che l'elettrodo positivo si chiama catodo e quello negativo anodo.

Tornando alla costruzione della batteria NiMH, l'elettrodo positivo utilizza come materiale attivo l'ossidrossido di nichel ( $\text{NiOOH}$ ), mentre quello negativo (l'idruro metallico) è composto da una lega metallica che ingloba idrogeno negli interstizi della sua struttura atomica cristallina.

L'elettrodo negativo è molto più voluminoso di quello positivo ed è utilizzato per immagazzinare e rilasciare una quantità di idrogeno fino a mille volte il suo volume, data la piccola dimensione degli atomi di idrogeno rispetto ai cristalli della lega bimetallica.

Come leghe vengono usate ad esempio nichel e terre rare (come il lantanio) oppure titanio-manganese o zirconio-manganese, che permettono lo scambio di idrogeno a temperatura ambiente e a bassa pressione. La batteria a nichel-cadmio è simile, ma utilizza il cadmio come materiale attivo dell'elettrodo negativo.

Il componente principale dell'elettrolita è una soluzione acquosa di idrossido di potas-

sio in piccola quantità, assorbita per lo più dal separatore tra gli elettrodi e dagli elettrodi stessi.

La massa dell'elettrodo negativo è maggiore rispetto a quella dell'elettrodo positivo per un preciso motivo: in questo modo l'elettrodo positivo raggiunge la fine della carica prima di quello negativo, il che determina la produzione di ossigeno che si diffonde attraverso il separatore e raggiunge l'elettrodo negativo, grazie anche alla voluta scarsità di elettrolita. All'elettrodo negativo l'ossigeno reagisce con l'idruro metallico con risultante produzione di acqua.

In questo modo si evita un incremento di pressione interna a fine carica, anche se in questa fase (parte finale della carica e sovraccarica) occorre un controllo della corrente di carica in modo che la velocità di generazione di ossigeno all'elettrodo positivo resti al di sotto del tasso di ricombinazione presso l'elettrodo negativo. In caso contrario la valvola di sfiato si apre (e poi si richiude) per evitare esplosioni ma la batteria viene danneggiata.

A carica terminata, la corrente di mantenimento deve restare su valori molto bassi, come vedremo nella seconda parte.

## Reazioni chimiche

Durante la scarica, l'ossidrossido di nichel dell'elettrodo positivo viene ridotto a idrossido di nichel:  $\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^-$ . Presso l'elettrodo negativo l'idruro metallico (MH) viene ossidato nella lega metallica (M), ovvero cede idrogeno (H) che si combina con lo ione idrossile ( $\text{OH}^-$ ) formando acqua e fornendo un elettrone al circuito:  $\text{MH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{M} + \text{H}_2\text{O} + e^-$ .

Durante la carica, presso l'elettrodo negativo l'acqua dell'elettrolita si decompone in atomi di idrogeno, assorbiti dalla lega metallica, e in ione idrossile:  $\text{M} + \text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{MH} + \text{OH}^-$ . Presso l'elettrodo positivo la reazione si basa sull'ossidazione dell'idrossido di nichel:  $\text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + e^-$  come avviene anche in una cella a nichel-cadmio.

La reazione complessiva di scarica è  $\text{MH} + \text{NiOOH} \rightarrow \text{M} + \text{Ni(OH)}_2$ ; durante la carica il processo si inverte.

Nella seconda puntata che pubblicheremo sul prossimo numero vedremo qualche approfondimento e argomenti pratici come l'utilizzo, la ricarica e la manutenzione delle batterie per prolungarne la vita: le cose che si dovrebbero fare e quelle da non fare mai.

(prima parte)



# I termini per capire le batterie

## ACCUMULATORE

Sinonimo di batteria ricaricabile, dispositivo elettrochimico che può convertire energia elettrica in energia chimica immagazzinata e, con il processo inverso, rilasciare di nuovo energia elettrica. Vedere batteria secondaria.

## ALCALINA

Aggettivo usato per le batterie alcaline al manganese, un tipo di batteria primaria particolarmente efficiente e privo di mercurio e cadmio, basato su una cella con anodo di zinco, catodo di biossido di manganese e come elettrolita una soluzione acquosa alcalina di idrossido di potassio.

## ALCALINO

Alcalino (o basico, il contrario di acido) significa che contiene più ioni  $\text{OH}^-$  (con surplus di elettroni) che  $\text{H}^+$  (con difetto di elettroni); nel caso dell'idrogeno se si toglie l'unico elettrone resta il protone).

## AMPERE ORA (Ah)

La capacità di una cella o batteria, ovvero la quantità di elettricità immagazzinata, viene espressa usualmente in ampere ora (Ah) o milliampere ora (mAh), il prodotto dell'intensità di corrente e della durata. Questo non significa però che una batteria da 1800 mAh sia in grado di fornire 1800 mA per un'ora; per ogni tecnologia c'è una corrente di scarica ideale in rapporto alla capacità.

## ANODO

L'elettrodo dove in una soluzione liquida ha luogo l'ossidazione, cioè dove gli anioni (ioni con carica negativa) si scaricano perdendo elettroni. Secondo la direzione della corrente, in una batteria ricaricabile entrambi gli elettrodi possono diventare l'anodo: durante la scarica l'anodo è l'elettrodo negativo.

## BATTERIA A IONI DI LITIO (LI-ION)

Un tipo di accumulatore con alta densità di energia sia gravimetrica (Wh/kg) sia volumetrica (Wh/l). La tensione a circuito aperto della cella dipende dall'accoppiamento degli elettrodi; per una combinazione  $\text{Li}_2\text{MnO}_2 / \text{C}$  è compresa tra 3 e 4 V, secondo il tipo di biossido di manganese usato. Queste batterie sono adatte per telefoni cellulari, videocamere, notebook e anche veicoli elettrici. L'anodo è di grafite.

Durante la carica il litio viene rimosso in forma ionica dal  $\text{Li}_2\text{MnO}_2$  ed è incorporato in una griglia di carbonio presso l'elettrodo negativo, da cui viene rilasciato durante la scarica. Gli ioni di litio oscillano avanti e indietro tra i due elettrodi.

## BATTERIA PRIMARIA

Una batteria per singolo utilizzo, non ricaricabile.

## BATTERIA SECONDARIA

Una cella o batteria in cui il passaggio di corrente elettrica in senso inverso a quello di scarica inverte il processo elettrochimico ricaricando la batteria. Sinonimo di batteria ricaricabile.

## C

La capacità nominale di una cella o batteria. La corrente di carica e scarica di una cella è espressa di frequente in termini di un multiplo o sottomultiplo di C. Per esempio, la corrente 0,1 C per una cella da 1800 mAh sarebbe di 180 mA.

## CAPACITA'

La capacità di una cella o batteria, ovvero la quantità di elettricità immagazzinata, viene espressa usualmente in ampere ora (Ah) o milliampere ora (mAh), il prodotto dell'intensità di corrente e della durata. La capacità dipende dalla temperatura e dalla corrente di scarica. Per valutare la capacità effettiva è necessario specificare la temperatura e la corrente di scarica.

## CARICO

Descrive la corrente di scarica in A o mA (ampere o milliampere) a cui una batteria completamente carica può essere sottoposta per un dato periodo a una data temperatura senza che la tensione scenda sotto una soglia prefissata.

## CATODO

L'elettrodo dove in una soluzione liquida ha luogo la riduzione, cioè dove i cationi (ioni con carica positiva) precipitano guadagnando elettroni. Secondo la direzione della corrente, in una batteria ricaricabile entrambi gli elettrodi possono diventare il catodo: durante la scarica il catodo è l'elettrodo positivo.

## DENSITA' DI ENERGIA

Energia immagazzinata in una cella

o batteria per unità di peso o di volume. La densità di energia gravimetrica si esprime in Wh/kg (watt ora per chilogrammo); la densità di energia volumetrica si esprime in Wh/l (watt ora per litro).

## DENSITA' DI POTENZA

Potenza per chilogrammo di peso (W/kg).

## EFFETTO MEMORIA

Se una batteria NiCd viene ricaricata prima di essere stata scaricata "completamente" (non a zero ma a circa 0,8 V per cella), si formano cristalli di cadmio all'elettrodo negativo, che impediscono di raggiungere la piena capacità durante la carica. Durante la scarica successiva, sarà disponibile una capacità pari alla capacità massima meno la capacità residua della scarica precedente (la batteria "ricorda" lo stato precedente). Ogni ulteriore scarica incompleta aggrava la situazione riducendo progressivamente la capacità utile della batteria. Le batterie NiCd devono essere scaricate a fondo (0,8 V) a intervalli regolari (almeno una volta al mese) per impedire che si instauri l'effetto memoria e prolungare quindi la vita utile della batteria. Questo effetto è pressoché nullo nelle batterie NiMH.

## ELETTROLITA

Di solito è un fluido (ma non sempre) all'interno della cella che permette il movimento di ioni tra gli elettrodi.

## IONE

Atomo o gruppo di atomi che ha perso o acquisito elettroni, per esempio  $\text{OH}^-$  e  $\text{H}^+$ .

## MASSA ATTIVA

Il materiale degli elettrodi che prende parte alle reazioni di carica e scarica. Nella cella a nichel-cadmio si usano idrossido di nichel e idrossido di cadmio come massa attiva degli elettrodi positivo e negativo. Nella cella al piombo, biossido di piombo e piombo in forma spugnosa (per deposizione elettrochimica) fungono da massa attiva per gli elettrodi positivo e negativo; anche l'acido solforico dell'elettrolita prende parte alla reazione e contribuisce alla massa attiva.

## OSSIDAZIONE

Rilascio di elettroni attraverso la massa attiva della cella al circuito elettrico esterno. Durante il processo di scarica, in una cella NiCd il cadmio viene ossidato presso l'elettrodo negativo; in una cella NiMH viene ossidato l'idruro metallico (massa attiva dell'elettrodo negativo).

## REAZIONI DI OSSIDORIDUZIONE

Reazioni chimiche che avvengono con trasferimento di elettroni da una specie chimica che ne cede ad un'altra che li acquista.

## REAZIONE REVERSIBILE

Reazione chimica che può avere luogo in entrambe le direzioni (ossidazione o riduzione). La reazione chimica deve essere reversibile per essere utilizzata in una batteria secondaria (cioè per la carica e scarica in un accumulatore).

## RESISTENZA INTERNA

La componente ohmica della resistenza al flusso di corrente elettrica in una cella o batteria.

## RICOMBINAZIONE DELL'OSSIGENO

Processo elettrochimico in cui l'ossigeno viene ridotto presso l'elettrodo negativo con formazione di acqua.

## RIDUZIONE

Incremento del numero di elettroni. Nel caso di una cella si riferisce al trasferimento di elettroni alla massa attiva. Durante la scarica, la massa attiva positiva  $\text{NiOOH}$  di una cella al nichel viene ridotta a uno stato inferiore di ossidazione,  $\text{Ni(OH)}_2$ .

## SEPARATORE

Un dispositivo (per esempio foglio flessibile isolante e poroso) che isola elettricamente gli elettrodi fra loro ma permette il passaggio di ioni (elettrodi e separatore sono immersi nell'elettrolita).

## VENTILAZIONE DI SICUREZZA

Ventilazione richiudibile che riduce una eccessiva pressione di gas nella batteria in seguito a cattivo uso (sovraccarica). Una valvola di sfogo presso l'elettrodo positivo (nelle celle cilindriche) si apre sotto pressione per dare sfogo al gas (e impedire esplosioni) e si richiude a molla.

## ► Hardware

# La batteria ricaricabile

*Tecniche e consigli per ricaricare al meglio le batterie a seconda dei modelli. Tutorial sulle tipologie dei caricatori e sugli effetti in termini di efficienza e longevità*

di Giorgio Gobbi

**R**iprendiamo il confronto tra le quattro tecnologie più diffuse (Pb-acido, NiCd, NiMH, Li-ion) per aggiungere qualche particolare.

Le batterie sigillate al piombo e acido hanno il vantaggio del basso costo per watt-ora e dell'alta potenza immagazzinabile, ma presentano una serie di limiti: bassa densità di energia gravimetrica (W-ora/kg) e volumetrica (W-ora/l), bassa percentuale di energia utilizzabile senza abbreviare il ciclo di vita, necessità di ricarica prima di essere messe in magazzino (per mantenere la longevità) e l'inquinamento ambientale dovuto al piombo.

Le batterie al nichel-cadmio hanno il ciclo di vita più lungo, non pongono problemi di conservazione, sono ricaricabili rapidamente, offrono alti spunti di corrente e basso costo; di negativo c'è la limitata densità di energia, l'effetto memoria da neutralizzare con manutenzione periodica e l'inquinamento.

Le batterie all'idruro metallico di nichel presentano buona densità di energia, ciclo di vita abbastanza lungo, facile conservazione, ricarica rapida e assenza di inquinamento; il principale limite è la sensibilità al sovraccarico in fase sia di carica sia di scarica, che richiede protezioni per evitare danni.

Le batterie a ioni di litio presentano la più alta densità di energia in rapporto al peso e un basso tasso di autoscarica che permette lunga conservazione (anche due anni) senza manutenzione. Oltre al maggior costo, gli inconvenienti sono il ciclo di vita ridotto, la necessità di circuiti di protezione per carica e scarica (per evitare danni e anche esplosioni), la minore corrente di scarica disponibile, il calo di prestazioni a basse temperature e il rischio ambientale (inclusa autocombustione se l'involucro viene

perforato e il litio viene esposto all'acqua). Il numero di ricariche è inversamente proporzionale alla quota di carica utilizzata e può scendere facilmente a 250-300.

## NiCd e NiMH

Agli estremi della gamma, il Pb-acido è relegato a impieghi statici (gruppi di continuità, antifurti ecc.), mentre il Li-ion (con la variante a polimeri) è diventato standard dove la priorità va alla riduzione del peso (notebook, cellulari e PDA). Ni-Cd e NiMH hanno una maggiore sovrapposizione di campi di utilizzabilità. Anche se il NiMH ha progressivamente sostituito il NiCd in molte applicazioni, quest'ultimo resta diffuso per l'economia, la longevità e gli alti picchi di corrente necessari per applicazioni digitali e utensili portatili; tra gli impieghi ci sono ricetrasmittitori, strumenti biomedici e videocamere.

Una batteria NiMH ha una capacità del 30-40% superiore rispetto a un'analogica NiCd, ma fornisce corrente inferiore; inoltre se viene ripetutamente utilizzata in profondità (alta quota di scarica e alta corrente) le sue prestazioni iniziano a deteriorarsi dopo 200-300 cicli. I migliori risultati si ottengono scaricando una batteria NiMH a correnti tra il 20 e il 50% della sua capacità nominale.

Il nichel-cadmio è più adatto a impieghi pesanti e sopporta meglio i maltrattamenti in fase di carica e scarica, però ha bisogno di cicli periodici di scarica e carica per rimediare all'effetto memoria.

## Caricamento

Le prestazioni e la longevità (numero di ricariche e scariche) delle batterie ricaricabili dipendono in parte dalle modalità di scarica (intensità di corrente e quota scaricata) e in

larga misura dalla qualità dei caricatori. Questi componenti sono spesso trascurati negli apparecchi consumer e molte volte vengono acquistati separatamente senza preoccuparsi di conoscerne il tipo di funzionamento. Il denaro speso in un buon caricatore è un ottimo investimento, perché prolunga la durata delle batterie e impedisce che vengano danneggiate.

La prima considerazione è che ogni tecnologia presenta un comportamento specifico e richiede un diverso metodo di carica. Anche le batterie NiCd e NiMH, che potrebbero sembrare simili, richiedono caricatori diversi; un caricatore per NiCd ha buone probabilità di rovinare una batteria NiMH.

Mentre in certi casi una corrente insufficiente non carica la batteria, una corrente eccessiva o troppo prolungata può distruggerla. La sovraccarica ha luogo quando, dopo aver caricato completamente la batteria, il caricatore non riduce drasticamente la corrente; lo si nota dal fatto che la batteria resta tiepida anziché tornare a temperatura ambiente. Un leggero riscaldamento durante la carica è inevitabile, ma deve cessare quando si accende la spia di batteria carica. Se non succede, si devono togliere immediatamente le batterie dal caricatore appena si accende la spia. Questo vale in particolare per le batterie NiMH, che sopportano male la sovraccarica.

Le batterie Li-ion si comportano in modo diverso e non si dovrebbero mai riscaldare durante la carica; se ciò accade, la batteria è difettosa o il caricatore non funziona correttamente.

Anziché lasciare le batterie al nichel dentro il caricatore per giorni, è meglio tenerle in un cassetto e completare brevemente la carica prima dell'uso.

so. Mentre solitamente le batterie Li-ion possono restare a lungo nel caricatore senza danno, quelle al nichel se restano in carica sviluppano formazioni cristalline (la cosiddetta memoria) persino alla bassa intensità di corrente prescritta per il mantenimento della carica. D'altra parte, la corrente di autoscarica relativamente alta di una batteria al nichel richiede una piccola carica finale (topping charge) per riportare la carica al 100% dopo che sono trascorsi giorni dal caricamento (nei climi caldi basta una settimana per perdere il 20-30% della carica).

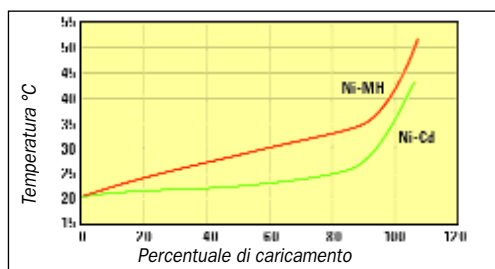
## Caricare le batterie al nichel

Mentre solitamente le batterie Li-ion sono accompagnate da un caricatore specifico e ben protetto, è più facile commettere errori con i caricatori per batterie al nichel.

Ci sono tre tipi principali di caricatori, secondo la velocità di carica, per batterie NiCd e NiMH. Nella terminologia inglese si chiamano *slow*, *quick* (o *rapid*) e *fast*, che per chiarezza tradurremo *lento*, *veloce* e *super-veloce*.

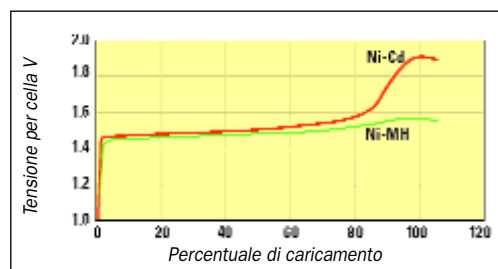
## Caricatore lento

Il caricatore lento applica una bassa corrente, tipicamente 0,1 C (un decimo della capacità nominale), per esempio 180 mA per un elemento da 1800 mAh. Questa corrente è mantenuta per tutto il tempo in cui la batteria è connessa al caricatore. A bassa corrente occorrono da 14 a 16 ore per la carica completa. Solitamente non c'è nessun monitoraggio di fine carica e la corrente non viene mai ridotta. Il caricatore lento è economico ed è utilizzabile solo per batterie NiCd. Anche dopo la fine della carica la batteria rimane tiepida, quindi dovrebbe essere rimossa dal caricatore entro poche ore dal-



Curve tipiche della temperatura di carica per batterie Ni-Cd e Ni-MH

Curve tipiche della tensione di carica per batterie Ni-Cd e Ni-MH



la fine carica. Oltre a non poter essere usato per NiMH, il caricatore lento è progettato per una certa capacità di batteria; mettendo in carica una batteria di capacità inferiore, questa inizierà a surriscaldarsi nella parte finale della carica fino a danneggiarsi.

Se non avete altra scelta, toccate periodicamente la batteria e interrompete la carica appena la batteria inizia a essere calda al tatto. Viceversa, se usate un caricatore lento per una batteria di capacità superiore al previsto, non raggiungerete mai la carica prevista. Questo è grave nelle batterie NiCd a causa dell'effetto memoria; dopo un po' la batteria non è più in grado di accettare la piena carica e riduce la sua capacità effettiva.

### Caricatore veloce

Questo è uno dei tipi più diffusi di caricatore e si colloca a metà strada tra quello lento e il super-veloce sia per tempo di carica sia per costo. La carica richiede da 3 a 6 ore e la corrente è di circa 0,3 C. Il controllo di carica è indispensabile in modo da terminare la carica (o ridurla a una quota bassissima) quando la batteria è pronta. Le batterie durano più a lungo se caricate con correnti medio-alte, purché non si scaldino e non siano sovraccaricate. Un caricatore veloce spesso supporta sia NiCd sia NiMH, con un commutatore per scegliere tra i due tipi di carica; NiCd e NiMH non devono mai essere mischiati.

### Caricatore super-veloce

Per funzionare correttamente questo tipo di caricatore utilizza un circuito di controllo più sofisticato e costoso, ma offre il vantaggio di cariche molto rapide e migliori prestazioni e durata delle batterie. Il tempo di carica dipende dal tipo e stato della batteria e dall'intensità di corrente. Con una corrente di carica di 1 C (per esempio 2 A per una batteria da 2

Ah), una batteria NiCd scarica (cioè a circa 1 V per cella) si carica in poco più di un'ora. I migliori caricatori adottano tre fasi: la prima ad alta intensità di corrente per il grosso della carica, la seconda a bassa corrente (controllata da un timer) per portare la carica al 100% (topping charge o carica finale) e la terza, di mantenimento, in cui un rivolo di corrente (trickle charge) compensa l'autoscarica e tiene la batteria al 100%.

La carica super-veloce è applicabile sia a NiCd sia a NiMH, avendo cura di utilizzare solo le batterie specificate dal produttore del caricatore. Le batterie NiCd sono più efficienti e longeve se caricate in questo modo; la carica lenta crea le formazioni cristalline che riducono la capacità e il ciclo di vita della batteria.

Le batterie NiMH non dovrebbero essere tenute nel caricatore per più di pochi giorni, anche se la corrente di mantenimento è quella prescritta per il modello; inoltre per mantenere le batterie NiMH pronte per l'uso, una volta al mese dovrebbero essere sottoposte a un ciclo di esercizio (scarica a 1 V per cella e ricarica).

### Metodi di terminazione

Se consideriamo le curve di tensione e temperatura di una cella al nichel, in funzione della percentuale di carica raggiunta, possiamo osservare questi fenomeni: 1) le curve sono ben diverse per NiCd e NiMH, 2) quando la carica si avvicina al 75-80%, la tensione sale più rapidamente e raggiunto il 100% si verifica un leggero calo di tensione (-delta V), 3) sia l'incremento che il calo di tensione sono netti per NiCd e molto limitati per NiMH, 4) fino all'80% della carica la temperatura sale molto più rapidamente nel NiMH rispetto al NiCd, 5) dopo l'80-85% c'è una brusca impennata della temperatura sia per NiCd sia per NiMH.

La conseguenza è che sia il metodo del calo di tensione (-

delta V) dopo il picco, sia l'accelerazione dell'incremento di temperatura sono utilizzabili per terminare la carica con NiCd, ma per batterie NiMH il delta V è inaffidabile perché troppo piccolo e soggetto a errori e interferenze, quindi è meglio usare il dT/dt (rilevamento dell'incremento di temperatura) più altre misure eventuali.

Una buona soluzione per un caricatore di batterie NiMH è questa: 1) carica a corrente 1 C terminata quando  $dT/dt = 1^\circ/\text{minuto}$  (cioè l'incremento temporale di temperatura raggiunge  $1^\circ$  centigrado al minuto), 2) carica finale a C/10 terminata tramite timer dopo mezz'ora e 3) carica di mantenimento alla corrente raccomandata dal produttore (per esempio, per le proprie NiMH Duracell raccomanda 1/300 C); 4) in tutti i casi ci dovrebbe essere una protezione termica che interrompe la carica se la batteria raggiunge i  $60^\circ$  (decisamente calda al tatto).

### Raccomandazioni

Una batteria al nichel non deve essere sovraccaricata, ma neppure deve essere scaricata completamente (sotto 0,8-0,9 V), perché le differenze di condizioni tra le celle causano facilmente un'inversione di tensione nelle celle più deboli, che in tal caso vanno fuori uso e riducono rapidamente l'utilizzabilità dell'intera batteria. Quando si parla di scarica completa si deve intendere a 1 V o poco meno (non al di sotto di 0,8 V).

Le batterie NiMH, sebbene immuni dall'effetto memoria del NiCd, ne esibiscono uno diverso e facilmente rimediabile: è il leggero progressivo calo di tensione che si verifica in caso di cicli ripetuti di parziale scarica e ricarica. Il fenomeno viene annullato con pochi cicli di scarica completa (a 1 V per cella) e ricarica al 100%.

La temperatura di conservazione ed esercizio influenza le prestazioni e la longevità delle batterie ricaricabili; per le

NiMH il range di utilizzo raccomandato è  $10-30^\circ$  in carica (il massimo da non superare è  $45^\circ$ ) e  $0-40^\circ$  in scarica (range massimo da  $-20^\circ$  a  $50^\circ$ ). Anche per la conservazione l'intervallo preferito è  $10-30^\circ$ ; quello massimo è da  $-20^\circ$  a  $35^\circ$ , tenendo presente che ad alte temperature le reazioni chimiche scaricano rapidamente la batteria e ne riducono la vita, mentre a basse temperature l'elettrolita gela danneggiando la cella in modo permanente.

Le batterie al nichel nuove non sempre sono state condizionate; a volte sono necessari numerosi cicli di carica e scarica completa per raggiungere la piena capacità ed efficienza.

Persino nel caso delle robuste NiCd, capaci di alti picchi di corrente, la capacità nominale si basa di solito su una corrente di scarica di 0,2 C (es. 360 mAh per una batteria da 1800 mAh); più si aumenta il carico, più si riduce la capacità. Tuttavia non tutti i produttori usano questo criterio nelle loro specifiche di capacità.

Quando si usano più elementi (per esempio gruppi di celle da 1,2 V) è importante non mischiare i modelli, le capacità, lo stato di carica e l'anzianità; tutte le celle dovrebbero appartenere allo stesso lotto ed essere sempre caricate e scaricate insieme.

Specialmente con batterie NiCd, evitate capacità sovradimensionate e ricariche inutilmente frequenti: la scarica parziale genera effetto memoria e riduce l'efficienza e durata degli elementi. Nello stesso tempo evitate eccessivi assorbimenti di corrente; l'ideale è 1 C per NiCd e 0,5 C per NiMH.

Cose da non fare: cortocircuitare celle e batterie, perforarle, sovraccaricarle, scaricarle troppo, tenerle al caldo, dimenticarsene senza tenerle in esercizio una volta al mese, lasciarle in carica per giorni, usare caricatori sbagliati o improvvisati.

(seconda parte)



# I termini per capire le batterie

## AMPERE ORA (Ah)

La capacità di una cella o batteria, ovvero la quantità di elettricità immagazzinata, viene espressa usualmente in ampere ora (Ah) o milliampere ora (mAh), il prodotto dell'intensità di corrente e della durata. Questo non significa però che una batteria da 1800 mAh sia in grado di fornire 1800 mA per un'ora; per ogni tecnologia c'è una corrente di scarica ideale in rapporto alla capacità.

## ANODO

L'elettrodo dove in una soluzione liquida ha luogo l'ossidazione, cioè dove gli anioni (ioni con carica negativa) si scaricano perdendo elettroni. Secondo la direzione della corrente, in una batteria ricaricabile entrambi gli elettrodi possono diventare l'anodo: durante la scarica l'anodo è l'elettrodo negativo.

## AUTOSCARICA

La progressiva perdita di capacità ed energia chimica nel tempo a causa di un processo chimico dipendente dalla temperatura.

## BATTERIA

Due o più celle elettrochimiche connesse elettricamente in una opportuna configurazione serie/parallelo che fornisca tensione e corrente desiderate. Nell'uso comune si usa spesso il termine batteria anche per una sola cella (per es. un elemento cilindrico da 1.2 V).

## C

La capacità nominale di una cella o batteria. La corrente di carica e scarica di una cella è espressa di frequente in termini di un multiplo o sottomultiplo di C. Per esempio, la corrente 0,1 C per una cella da 1800 mAh sarebbe di 180 mA.

## CAPACITÀ

La capacità di una cella o batteria, ovvero la quantità di elettricità immagazzinata, viene espressa usualmente in ampere ora (Ah) o milliampere ora (mAh), il prodotto dell'intensità di corrente e della durata. La capacità dipende dalla temperatura e dalla corrente di scarica. Per valutare la capacità effettiva è necessario specificare la temperatura e la corrente di scarica. Molti produttori (ma non tutti) dichiarano una capacità basata su una corrente di scarica

di 0,2 C (es. 0,4 A per un elemento da 2 Ah).

## CARICA VELOCE

Carica con intensità di corrente di 0,3 C e durata intorno alle 4 ore; richiede un circuito di controllo che interrompa la carica secondo i criteri -delta V, timer e temperatura massima da non superare, ma non il  $dT/dt$  (a C/3 il riscaldamento degli elementi è insufficiente).

## CARICA SUPER-VELOCE

Carica con la massima corrente di carica (per es. 1 C) fino a raggiungere un criterio di spegnimento (per es. incremento di temperatura). Si applica in modo specifico e diverso a ogni tipo di tecnologia; per esempio la carica NiCd può terminare con il criterio del calo di tensione (-delta V), che invece è inaffidabile per NiMH.

## CARICO

Descrive la corrente di scarica in A o mA (ampere o milliampere) a cui una batteria completamente carica può essere sottoposta per un dato periodo a una data temperatura senza che la tensione scenda sotto una soglia prefissata.

## CATODO

L'elettrodo dove in una soluzione liquida ha luogo la riduzione, cioè dove i cationi (ioni con carica positiva) precipitano guadagnando elettroni. Secondo la direzione della corrente, in una batteria ricaricabile entrambi gli elettrodi possono diventare il catodo: durante la scarica il catodo è l'elettrodo positivo.

## CELLA

L'unità elettrochimica di base che immagazzina energia chimica e restituisce energia elettrica.

## CONDIZIONAMENTO

La carica e scarica ciclica di una batteria per assicurarne la carica completa all'inizio del ciclo di vita.

## DELTA NEGATIVO (-Delta V)

Negative Delta, un criterio di terminazione della carica basato sul rilevamento di un leggero calo di tensione che indica che una cella o batteria è carica. Nella batteria NiMH è più limitato rispetto al caso NiCd e non è un criterio affidabile; va perciò abbinato al monitoraggio della temperatura e a un timer per

impedire la sovraccarica

## DENSITA' DI ENERGIA

Energia immagazzinata in una cella o batteria per unità di peso o di volume. La densità di energia gravimetrica si esprime in Wh/kg (watt ora per chilogrammo); la densità di energia volumetrica si esprime in Wh/l (watt ora per litro).

## DENSITA' DI POTENZA

Potenza per chilogrammo di peso (W/kg).

## dT/dt

Variazione di temperatura nel tempo: il rapido incremento di temperatura ( $1^{\circ}$ /minuto) che si verifica all'80-90% della carica di un elemento al nichel (specialmente NiMH) è un valido criterio per terminare la carica veloce e completare la carica a corrente ridotta.

## EFFETTO MEMORIA

Se una batteria NiCd viene ricaricata prima di essere stata scaricata "completamente" (non a zero ma a circa 0,8-1 V per cella), si formano cristalli di cadmio all'elettrodo negativo, che impediscono di raggiungere la piena capacità durante la carica. Durante la scarica successiva, sarà disponibile una capacità pari alla capacità massima meno la capacità residua della scarica precedente (la batteria "ricorda" lo stato precedente). Ogni ulteriore scarica incompleta aggrava la situazione riducendo progressivamente la capacità utile della batteria. Le batterie NiCd devono essere scaricate a fondo (0,8-1 V) a intervalli regolari (almeno una volta al mese) per impedire che si instauri l'effetto memoria e prolungare quindi la vita utile della batteria. Questo effetto è pressoché nullo nelle batterie NiMH, che però manifestano un leggero calo di tensione se, ripetutamente, vengono parzialmente scaricate e ricaricate; qualche ciclo di scarica e ricarica annulla il fenomeno.

## ELETTROLITA

Di solito è un fluido (ma non sempre) all'interno della cella che permette il movimento di ioni tra gli elettrodi.

## INVERSIONE (CELL REVERSAL)

Inversione della polarità di una o

più celle come conseguenza della scarica e dell'esaurimento della capacità. Generalmente l'inversione di polarità causa il danno permanente della cella. Se si scarica eccessivamente una batteria, facilmente qualche cella viene distrutta per inversione della sua polarità.

## MASSA ATTIVA

Il materiale degli elettrodi che prende parte alle reazioni di carica e scarica. Nella cella a nichel-cadmio si usano idrossido di nichel e idrossido di cadmio come massa attiva degli elettrodi positivo e negativo. Nella cella al piombo, biossido di piombo e piombo in forma spugnosa (per deposizione elettrochimica) fungono da massa attiva per gli elettrodi positivo e negativo; anche l'acido solforico dell'elettrolita prende parte alla reazione e contribuisce alla massa attiva.

## REAZIONE REVERSIBILE

Reazione chimica che può avere luogo in entrambe le direzioni (ossidazione o riduzione). La reazione chimica deve essere reversibile per essere utilizzata in una batteria secondaria (cioè per la carica e scarica in un accumulatore).

## RICONDIZIONAMENTO

Scarica a bassa corrente (per es. C/100) e ricarica con circa il 30% di sovraccarica. La procedura può essere ripetuta se necessario.

## STATO DI CARICA

Lo stato di carica (SOC, state of charge) è la quantità di capacità disponibile per la scarica, come percentuale della capacità della batteria.

## SOVRACCARICARE (OVERCHARGING)

Caricare al di là del livello di piena carica. Spesso causa un danno alla batteria (perdita di elettrolita).

## TOP-OFF CHARGE

Carica di completamento, destinata a caricare completamente una cella o batteria al termine di una fase di carica rapida; il criterio più comune per la carica di completamento è la terminazione  $dT/dt$ , ovvero per tasso di incremento della temperatura (che può essere abbinata a -delta V e a un timer).

► Dentro il PC

# Suono, altoparlanti e diffusori

*Un'introduzione alla riproduzione sonora e alle caratteristiche dei principali dispositivi*

di Giorgio Gobbi

**G**li altoparlanti sono dei trasduttori che trasformano un segnale elettrico (di solito proveniente da un amplificatore) in vibrazioni acustiche, vale a dire variazioni di pressione dell'aria nel campo delle frequenze percepibili dall'uomo (in prima approssimazione 20-20.000 Hz). Questo almeno in teoria, visto che anche dopo mezzo secolo di grandi progressi scientifici e tecnologici nella riproduzione del suono c'è ancora molto spazio per futuri sviluppi.

I *diffusori* (box o casse acustiche) sono particolari contenitori progettati affinché gli altoparlanti possano svolgere al meglio il proprio lavoro; in generale fungono da accoppiamento acustico tra gli altoparlanti e l'ambiente, in modo da ottenere una buona resa in termini di qualità del suono e di efficienza. Un altoparlante per i toni bassi, ad esempio, è pressoché inutile se non viene inserito in una cassa appositamente progettata.

## Pressione sonora e decibel

Oggi si parla di centinaia di watt anche per dei piccoli diffusori multimediali e in effetti occorrono circa 500 W per riprodurre in casa il livello di suono di una discoteca; si potrebbe pensare allora che in questi casi la pressione dell'aria subisca forti oscillazioni. Non è così: suoni di normale intensità producono variazioni dell'ordine di un milionesimo della pressione atmosferica e spostamenti delle particelle d'aria dell'ordine di un micron (millesimo di mm), mentre alla soglia del dolore (con danni al timpano) le variazioni di pressione si limitano allo 0,03%.

Nel campo audio il volume del suono si misura principalmente in termini di potenza del suono, quindi il Sound Pressure Level (SPL) è la misura che trovate citata solitamente nelle specifiche, espressa in decibel

(dB). I decibel sono una misura relativa a un livello di riferimento; nel caso dell'SPL la formula è  $SPL = 20 \log(p/p_0)$ , ovvero 20 volte il logaritmo del rapporto tra la misura di pressione e la pressione di riferimento di 0,000025 Newton per metro quadro, che rappresenta la soglia di udibilità a 1000 Hz e segna il valore 0 dB sulla scala. Quando un suono è un milione di volte più forte della soglia di udibilità si raggiunge la soglia del dolore e la formula ci fornisce un SPL di 120 dB. Per darvi un'idea, una zanzara vicino all'orecchio produce 20 dB, un ufficio affollato 60-65 dB e un fulmine 110 dB.

## Gli altoparlanti

Visto che non è stato ancora realizzato il trasduttore perfetto, capace di riprodurre l'intero spettro audio con potenza e fedeltà, si ricorre solitamente a più altoparlanti (o *driver*, come sono anche chiamati nel contesto della riproduzione audio) di caratteristiche diverse a seconda dell'intervallo di frequenze che si prendono in carico.

Perciò sentite parlare di *woofer* per le basse frequenze, *midrange* per le frequenze medie o medio-basse e *tweeter* per le frequenze alte, più *subwoofer* per i toni molto bassi e *super-tweeter* per quelli molto alti. Se restiamo però ancorati al mondo del PC e relativi diffusori multimediali, troviamo di solito un subwoofer per le frequenze fino a circa 200 Hz e dei satelliti (due, quattro, cinque o sei piccoli diffusori a seconda della disposizione stereo o surround) che contengono uno o, nel migliore dei casi, due driver (un midrange e un tweeter).

Sebbene non manchino vari esempi di tecnologie alternative, alcune di vecchia data, altre recentissime, la quasi totalità degli altoparlanti è di tipo dinamico, basato sulla tradizionale struttura a cono o diaframma che vibra per effetto delle oscil-

lazioni di una bobina, solidale con il diaframma, che si muove avanti e indietro nel campo di un forte magnete permanente. Questo schema, che risale a un secolo fa, vale tuttora sia per la radio a transistor sia per la maggior parte dei diffusori Hi-Fi, anche se è solo dagli anni '50 che esiste un modello fisico che associa una serie di caratteristiche proprie di ogni altoparlante (parametri di Thiele-Small, forniti dai produttori) alla tipologia e alle misure dei diffusori (in particolare per le basse frequenze).

Un *altoparlante dinamico*, a parte le varianti che vedremo, è costruito solitamente con un cono (più o meno profondo) che sul bordo esterno è fissato a un telaio metallico (detto *cestello*), in lamiera stampata o pressofuso, tramite una sospensione elastica e resistente. Alla parte interna del cono è incollata una bobina (avvolta su un supporto per esempio polimerico o metallico), a sua volta collegata al telaio tramite un anello centratore (e ammortizzatore). Sul retro del cestello è fissato il magnete permanente dentro il quale scorre la bobina. Il cono può essere di carta o di materiale plastico (per esempio polimeri con inclusione di particelle rigide). Nella sua forma tradizionale al centro del cono è applicata una sorta di tappo per impedire l'ingresso della polvere, ma esistono anche "coni" privi del foro centrale. Nel caso dei tweeter, la struttura può presentare parecchie differenze; il telaio è molto più piccolo, il diaframma anziché conico può essere per esempio a tromba o a cupola e viene spesso realizzato in leghe metalliche leggere.

## Frequenze audio

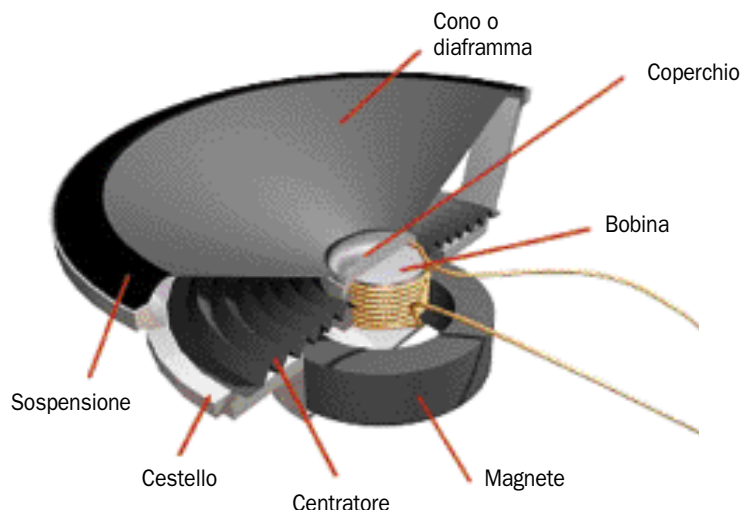
La percezione umana del suono è soggettiva e variabile secondo sesso ed età (si riduce la banda di frequenze udibili nella vecchiaia soprattutto per

i maschi). Ci sono individui che percepiscono suoni da 15 Hz o da 25.000 Hz, ma un adulto sano percepisce solitamente fino a 17-18 KHz. La sensibilità dell'orecchio e la soglia di udibilità variano con la frequenza secondo i classici diagrammi di Fletcher-Munson, che ci mostrano come la soglia sia di 40 dB a 50 Hz, di oltre 70 dB a 20 Hz e di oltre 10 dB a 15 KHz. Le ricerche sulla percezione mostrano che gli ascoltatori apprezzano la presenza di ultrasuoni (ben sopra i 20 KHz) anche se non ne sono consapevoli. Quindi i canonici 20-20.000 Hz possono sembrare abbondanti, ma se il vostro sistema di amplificazione e diffusione non è ben dotato agli estremi della banda, per esempio ha forte attenuazione già a 50 Hz (-3 dB = mezza potenza), perderete una parte consistente di fedeltà e del piacere di ascolto.

## Potenza

Come abbiamo visto, la scala della pressione acustica (SPL) è logaritmica; l'SPL aumenta di 10 volte ogni volta che si sale di 10 dB. L'orecchio distingue a malapena differenze di 2-3 dB, quindi se volete "alzare un po' il volume" dovete raddoppiare la potenza (+3 dB). A questo punto vi rendete conto della necessità di avere un'ampia riserva di potenza, soprattutto sulle frequenze basse, dove l'udito è meno sensibile. Quando vedete scritto *potenza dinamica*, *burst power*, *potenza di picco*, *rated power* o espressioni altrettanto vaghe e arbitrarie, sapete che non si parla della reale potenza utile continua, detta *potenza efficace* o *RMS power*. RMS (root mean square) è la parola chiave. RMS indica la radice quadrata della media quadratica di una grandezza, nel nostro caso la potenza del segnale sinusoidale di riferimento. Immaginate di campionare una serie di valori del segnale, elevateli al quadrato, fatene la media ed

# L'altoparlante



**Gli elementi di un comune altoparlante dinamico**, basato cioè su un diaframma mosso da una bobina immersa in un campo magnetico attraverso cui passa la corrente fornita da un amplificatore



◀ Tweeter per i suoni acuti

Midrange per i toni medi ▶



▼ Woofer per i toni bassi



estraete la radice quadrata: avrete un'approssimazione del valore efficace o RMS. Logitech è uno dei pochi produttori che dichiarano potenze RMS per i propri diffusori multimediali.

Qualcuno potrà stupirsi sentendo parlare di 400 W e oltre per un sistema di diffusori per PC (per esempio composto dal subwoofer e da cinque satelliti), ma la potenza elettrica si traduce in potenza meccanica (i cosiddetti watt acustici) solo in percentuale dello 0,5 - 2%; ne sanno qualcosa i tecnici audio dei complessi rock, abituati a maneggiare kilowatt come noccioline. In un auditorio occorre un'amplificazione di parecchi KW per riprodurre un'orchestra al completo; in casa basta di meno, ma 4-500 W sono da considerare standard per avere buona dinamica nell'intera stanza e non solo nelle vicinanze del computer.

## Più altoparlanti

Si può intuire che riprodurre i suoni da 20 a 20.000 Hz sia più facile utilizzando diversi altoparlanti specializzati piuttosto che uno solo supertecnologico. Sebbene non manchino esempi di drive multipli coassiali (e non solo per auto), sono da considerare l'eccezione più che la regola. Se analizzate la distribuzione della potenza musi-

cale in funzione della frequenza, scoprite che per la maggior parte è concentrata sulle basse frequenze. Di fatto in un sistema multimediale trovate ad esempio che il subwoofer (che copre le frequenze fino a meno di 200 Hz) ha una potenza intorno ai 150-200 W, mentre per i satelliti bastano 50-70 W ciascuno per tutto il resto dello spettro audio. Questo solo fatto fa capire che un woofer o subwoofer ha caratteristiche peculiari sia elettromeccaniche (le dimensioni del cono, l'escursione della bobina, i fattori di inerzia e smorzamento e via dicendo) ed acustiche (è necessaria la presenza di una cassa intorno al woofer, altrimenti il suono emesso posteriormente tende a cancellare quello anteriore). Inoltre c'è il fattore della *direzionalità* del suono, che varia con la frequenza. I toni bassi di un subwoofer non hanno alcuna direzionalità per l'uomo; tra l'altro, per diffrazione, aggirano la testa dell'ascoltatore e raggiungono anche l'orecchio più lontano. Quindi si usa un solo subwoofer, mentre per le frequenze medio-alte sono necessari più satelliti (due nello stereo, cinque o sei nel surround sound cinematografico del Dolby Digital o del DTS). A basse frequenze il cono del woofer impiega un certo tempo

per mettersi in moto e per smorzare il movimento alla fine di un transiente, come un colpo di bacchetta. Un tweeter deve poter vibrare mille volte più in fretta, quindi deve avere un diaframma piccolo, rigido e leggero, con minima inerzia. In ogni caso woofer, midrange e tweeter devono essere accoppiati e posizionati con cura, per garantire uno spettro uniforme in frequenza e in fase (altrimenti ogni driver suona in tempi diversi) e per armonizzare le caratteristiche di direzionalità. Ci sono diversi fattori che suggeriscono di utilizzare più altoparlanti: la risposta in frequenza di un driver è lineare solo in una banda limitata, le dimensioni sono diverse secondo la gamma di frequenze, il *diagramma polare* della distribuzione spaziale del suono cambia con la frequenza e così via.

Sebbene ogni tipo di altoparlante non emetta gran suono fuori della sua banda di frequenza, è meglio evitare di alimentarlo con segnali fuori banda, per non causare distorsione, inefficienza e irregolarità nella curva globale di risposta. Per suddividere la banda tra woofer, midrange e tweeter si usano appositi filtri, detti *crossover*, che controllano l'attenuazione (più o meno ripida) delle frequenze fuori dalla ban-

da di ciascun driver, con parziale sovrapposizione dove si incrociano le bande tra woofer e midrange e tra midrange e tweeter. La progettazione dei crossover può essere più o meno sofisticata, secondo il livello dell'impianto. Nel caso più semplice, deriso dagli audiofili, si è usato un semplice condensatore per togliere le basse frequenze dal segnale inviato al tweeter.

Un crossover passivo riceve l'uscita dall'amplificatore e impiega condensatori, impedenze (avvolgimenti) e resistenze per filtrare i segnali inviati ai driver; esistono crossover attivi che separano le frequenze a monte, ma ogni altoparlante deve avere il suo amplificatore e il costo sale.

Nella seconda parte dell'articolo (che pubblicheremo sul prossimo numero) ci occuperemo dei diffusori. Vedremo i pro e contro dei box chiusi e dei bass reflex (i più usati nei sistemi multimediali), i sistemi surround, varie tecnologie e alcuni dei prodotti migliori sotto i 500 euro. Chi volesse anticipare il tema e sperimentare un programma gratuito di progettazione dei diffusori può visitare il sito <http://www.linearteam.dk/winisd.html> e scaricare l'ottimo software WinISD. ■

(prima parte)



# Glossario sulla riproduzione sonora

## ALTOPARLANTE (driver)

Un trasduttore che converte energia elettrica in energia acustica. In inglese si usa driver per un singolo altoparlante, mentre loudspeaker indica più comunemente un box o diffusore completo di altoparlanti e circuiti.

## ALTOPARLANTE ELETTROSTATICO

Utilizza, al posto del cono, una grande membrana sottile caricata ad alta tensione e situata tra due pannelli conduttivi a cui viene applicata la tensione dell'amplificatore opportunamente innalzata da un trasformatore. La membrana centrale oscilla avanti e indietro generando l'onda acustica. Si presta per generare frequenze medio-alte.

## AMPLIFICATORE

Un dispositivo elettronico che trasforma segnali di bassa potenza provenienti da un preamplificatore o da una sorgente audio in segnali di alta potenza (decine, centinaia o migliaia di watt) per pilotare gli altoparlanti.

## BANDA DI FREQUENZA

Uno specifico intervallo di frequenza; per un woofer potrebbe essere ad esempio di 20-180 Hz.

## BOBINA (voice coil)

L'avvolgimento fissato al diaframma (cono, cupola o altro) dell'altoparlante, attraverso cui passa la corrente proveniente dall'amplificatore, che crea un campo magnetico che interagisce con quello del magnete permanente in cui è immersa la bobina. Ne risulta l'escursione avanti e indietro del diaframma, con conseguente compressione ed espansione dell'aria.

## CONO O DIAFRAMMA

La membrana dell'altoparlante che sposta l'aria muovendosi avanti e indietro. Il materiale del cono può essere carta, composti di polimeri (es. polipropilene) e particelle rigide (grafite, mica, alluminio, ecc.), Kevlar e altri materiali.

## CROSSOVER

Un filtro elettronico per separare le frequenze (basse, medie e alte) da inviare ai rispettivi altoparlanti. In un sistema a due driver si userebbe un filtro passa-alto che lascia passare le frequenze alte verso il driver dei medio-alti e un

filtro passa-basso verso il woofer. In un sistema a tre vie ci sarebbe anche un filtro passa-banda per il midrange. La *curva di attenuazione* (la risposta all'esterno delle frequenze di crossover) può essere più o meno ripida. Un filtro del 1° ordine riduce la risposta di 6 dB per ottava; l'attenuazione è di 12, 18, 24 dB/ottava per filtri del 2°, 3° e 4° ordine. La frequenza di crossover è la linea nominale che separa le frequenze inviate a due diversi altoparlanti.

## CUPOLA (dome)

Ha la stessa funzione del cono, salvo per la diversa forma. Viene utilizzata per molti tweeter e alcuni midrange. Il materiale può essere tessuto, alluminio, titanio o altri materiali hi-tech.

## CURVE DI FLETCHER-MUNSON

Ricavate da due ricercatori dei Bell Labs, mostrano i livelli di suono soggettivi in funzione dei livelli di pressione acustica.

## DECIBEL (dB)

È una scala basata sul logaritmo del rapporto tra una quantità e una quantità di riferimento. In termini di potenza o di pressione acustica (SPL), la scala indica un raddoppio ogni 3 dB, il quadruplo ogni 6 dB e un incremento di 10 volte ogni 10 dB. Quindi 60 dB significa una potenza un milione di volte superiore rispetto al livello di 0 dB.

## DIFFAZIONE

Il fenomeno che avviene quando un'onda acustica incontra un ostacolo o un improvviso cambiamento di una superficie, come ad esempio il bordo del diffusore. In quest'ultimo caso si crea una nuova sorgente di suono che sembra provenire dal bordo.

## DIFFUSORE

Un contenitore (solitamente di legno) progettato appositamente per gli altoparlanti che vi sono installati, così da realizzare il migliore accoppiamento acustico tra i driver e l'ambiente. Può essere sigillato o con aperture, per es. un condotto nei bass reflex.

## DRIVER

In inglese indica un singolo altoparlante (per esempio woofer, midrange o tweeter) che viene montato (da solo o insieme ad altri) in un diffusore.

## FASE

Una misura dell'allineamento tra due onde. "In fase" significa che le creste dell'onda sono perfettamente allineate; "fuori fase di 180°" significa che le creste sono allineate alle valli e i due segnali tendono a cancellarsi. Per una buona risposta ai transienti (es. un colpo di bacchetta su un tamburo) un sistema dovrebbe avere una risposta in fase per tutte le frequenze.

## FREQUENZA

Il tasso di variazione della pressione acustica o del corrispondente segnale elettrico. Si misura in hertz (Hz): un suono di 1000 Hz sposta avanti e indietro il timpano 1000 volte al secondo. La nota più bassa di un organo ha una frequenza di 16,4 Hz; quella più alta è un sibilo di 18.794 Hz.

## LUNGHEZZA D'ONDA

La distanza tra due creste (o valli) nella pressione di un'onda acustica. Varia da 17 m per una nota di 20 Hz a 1,78 cm per un tono di 20 KHz.

## MIDRANGE

Un altoparlante di piccole dimensioni per la riproduzione delle frequenze medie dello spettro acustico; nei sistemi economici un singolo driver funge da midrange e tweeter.

## PARAMETRI DI THIELE-SMALL

Un insieme di parametri che definisce il comportamento di un driver dentro un diffusore. I parametri sono forniti dai produttori di altoparlanti e servono per progettare i diffusori e analizzare la risposta in frequenza.

## PHON

L'unità del livello sonoro soggettivo, definita in modo da coincidere con la misura di pressione acustica (SPL) per una nota sinusoidale di 1000 Hz.

## RISPOSTA IN FREQUENZA

La risposta di un sistema a una tensione fissa di ingresso al variare della frequenza.

## RMS

Indica il valore efficace, detto in inglese root-mean-square; è la radice quadrata della media quadratica di una quantità, come

ad esempio la potenza di un amplificatore. La potenza reale continua è quella efficace o RMS, non una vaga potenza dinamica o di picco.

## SENSIBILITÀ (di un altoparlante)

Il livello SPL prodotto alla distanza di un metro dall'altoparlante, alimentato con una potenza di 1 watt. Spesso, anziché 1 W, viene utilizzato un input di 2,83 volt, equivalente a 1 W su un'impedenza di 8 ohm.

## SOUND PRESSURE LEVEL (SPL)

Il livello di pressione acustica, una scala logaritmica in decibel (dB) che indica in modo oggettivo il volume di suono prodotto dai diffusori. Un concerto rock può raggiungere i 120 dB, vicini alla soglia del dolore. 160 dB causano la rottura del timpano.

## SPETTRO

Un intervallo di frequenze; lo spettro audio va da 20 a 20.000 Hz.

## SUBWOOFER

È simile a un woofer, ma anche più grande in diametro e riproduce frequenze ancora più basse.

## TWEETER

Un altoparlante di piccole dimensioni destinato a riprodurre le frequenze più alte dello spettro.

## VOLT

Unità di tensione elettrica, che crea una corrente di 1 ampere in una resistenza di 1 ohm. Nel paragone del flusso d'acqua, la tensione è analoga alla pressione (o all'altezza di una cascata) e la corrente alla quantità di acqua che scorre. Secondo la legge di Ohm, la corrente è proporzionale alla tensione ed è inversamente proporzionale alla resistenza.

## WATT

Unità di misura della potenza. Qualche centinaio di watt è più che adeguato per una stanza.

## WOOFER

Un altoparlante di 20-30 cm di diametro per la riproduzione delle frequenze più basse dello spettro. Per essere efficace deve essere inserito in un diffusore progettato in base ai parametri del driver. Le dimensioni aumentano nel caso di auditori e grossi impianti.

## ► Dentro il PC

# Diffusori e surround

*Principi di funzionamento e caratteristiche essenziali delle casse acustiche destinate a ospitare gli altoparlanti*

di Giorgio Gobbi

**N**ella prima parte (pubblicata sullo scorso numero) ci siamo occupati del suono, di come sono costruiti i tradizionali altoparlanti dinamici (basati su magnete, bobina mobile e diaframma), della loro potenza e della necessità di utilizzare altoparlanti diversi per riprodurre l'intero spettro delle frequenze audio. In questa parte introduciamo l'argomento dei diffusori considerando che gli altoparlanti devono essere montati in un contenitore appositamente progettato e illustriamo quali sono le soluzioni più comuni. In coda vedremo le differenze tra i tipi principali di suono surround e alcuni dei migliori diffusori multimediali in commercio.

## Schermo o cassa chiusa

Naturalmente quando diciamo che occorre un diffusore (box o cassa acustica) l'alternativa non è lasciare l'altoparlante esposto all'aria. La differenza è tra un contenitore conforme a determinati requisiti acustici e uno improvvisato nella forma, nei materiali, nelle dimensioni e nel volume.

Consideriamo un driver (sinonimo di altoparlante) senza alcun involucro.

Quando il diaframma (cono, cupola o altra membrana) si sposta in avanti, comprime l'aria anteriore e causa una rarefazione nell'aria posteriore; quando si sposta all'indietro accade il contrario. L'onda posteriore è insomma sfasata di 180 gradi rispetto a quella anteriore.

Alle basse frequenze (che hanno lunghezza d'onda molto superiore alle dimensioni dell'altoparlante) il suono proveniente dal retro del driver tende a cancellare il suono frontale, perché l'onda posteriore raggiunge lo spazio frontale con un ritardo minimo rispetto al periodo dell'onda (che per

esempio è di 20 ms a 50 Hz), quindi vanifica le prestazioni dell'altoparlante. Alle frequenze alte, dove la lunghezza d'onda è inferiore al diametro del driver, la situazione è più complicata, perché il suono posteriore può aggiungersi o cancellarsi a quello frontale; inoltre il ritardo dell'onda posteriore (una frazione di millisecondo) è significativo e interferisce con l'*immagine stereo*, cioè la percezione della posizione della fonte sonora.

Perciò l'approccio più semplice (non necessariamente quello più utilizzato) consiste nel bloccare l'onda posteriore, per esempio con una parete o uno schermo di grandi dimensioni dotato di aperture per i diaframmi dei driver; questo in inglese si chiama *infinite baffle* (pannello o schermo infinito). Dato che per bloccare le basse frequenze servirebbe uno schermo di parecchi metri, possiamo immaginare di ripiegare lo schermo all'indietro a forma di scatola, così da ridurre le dimensioni. Specialmente nel caso in cui la scatola sia sigillata, cioè non lasci uscire alcun suono se non dal fronte degli altoparlanti, non occorre che sia di grandi dimensioni, come AR (Acoustic Research) dimostrò a partire da mezzo secolo fa con la serie di casse AR-x a sospensione acustica (cioè sigillate, con l'aria che funge da sospensione – una sorta di molla – nei confronti del diaframma del driver). In ogni caso le dimensioni della cassa non sono arbitrarie, ma legate ai parametri fisici del woofer e alle prestazioni desiderate.

## Cassa aperta

Quello che in inglese si chiama *vented enclosure* (contenitore con apertura) o *bass-reflex* (perché rinforza i bassi), è il tipo più comune di cassa non sigillata. Il principio è che, se si

riesce a ritardare di 180° (mezzo ciclo) il momento in cui l'onda acustica proveniente dal retro raggiunge l'onda frontale, le due onde saranno in fase e, anziché cancellarsi, si rinforzeranno migliorando l'efficienza e la resa alle basse frequenze.

Il principio è semplice ma la realizzazione è complessa, perché in aggiunta al problema di calcolare forma e dimensioni della cassa, c'è la difficoltà di calcolare le dimensioni e la posizione del condotto (*vent*, detto anche *porta*) che ha la funzione di portare all'esterno il suono posteriore con la giusta fase nell'intervallo di frequenze appropriato per il woofer e la cassa.

Nel complesso la cassa sigillata ha i vantaggi della maggiore facilità di progetto e costruzione, regge bene alle frequenze molto basse senza rischio di danni al subwoofer ed è la più precisa nel riprodurre le frequenze medio basse (per esempio nella risposta ai transienti); il bass reflex offre una migliore risposta ai bassi e una migliore efficienza, ma oltre a essere più difficile da realizzare correttamente, può danneggiare il subwoofer alle frequenze inferiori alla *frequenza di taglio*, cioè l'estremo inferiore della banda del driver in cui la risposta scende di -3 dB (pari a mezza potenza).

Da quando negli anni '50 Thiele e Small hanno introdotto gli omonimi parametri, che caratterizzano gli altoparlanti e che servono al calcolo delle casse, la progettazione dei diffusori è diventata meno empirica e più scientifica, anche se resta ancora spazio per il talento dei progettisti e per l'introduzione di nuove soluzioni.

## Un compromesso

I diffusori ora vengono progettati in base ai parametri dei driver, in modo che l'accop-

piamento acustico tra gli altoparlanti e l'aria sia efficiente, permetta di fornire una risposta in frequenza relativamente uniforme e riduca al minimo le distorsioni del suono e le alterazioni di percezione spaziale. Restano comunque delle limitazioni da considerare.

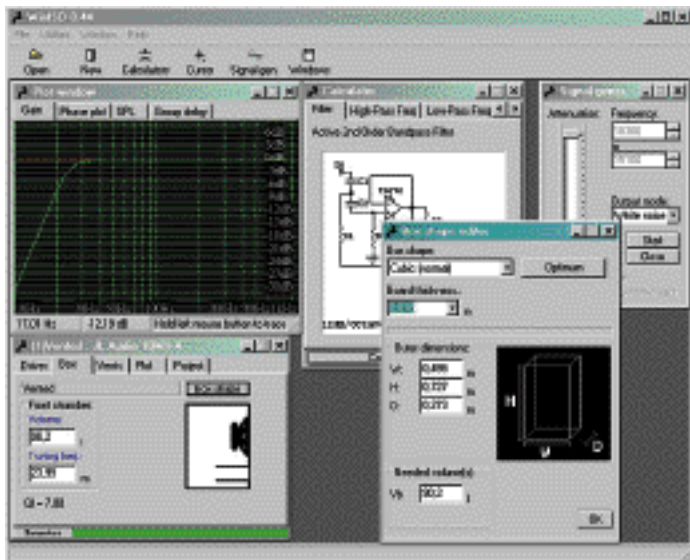
Per esempio non si può pretendere che una cassa piccola sia nello stesso tempo molto efficiente (alta pressione sonora in rapporto ai watt spesi) e riproduca frequenze molto basse.

Una pubblicazione di Small esprime l'efficienza massima (teorica) di un diffusore (chiuso o bass-reflex) in questi termini:  $\text{Efficienza} = k \times f(3)^3 \times V(B)$  dove  $k = 2 \times 10^{-6}$  per casse chiuse e  $k = 4 \times 10^{-6}$  per casse bass-reflex,  $f(3)$  è la frequenza di taglio a -3 dB,  $^{\wedge}$  indica l'elevamento a potenza e  $V(B)$  è il volume in metri cubi. Come si vede l'efficienza è in relazione cubica con la frequenza di taglio (inferiore) della cassa, come dire che se volete estendere di un'ottava verso il basso la risposta in frequenza (cioè dimezzare la frequenza minima riproducibile dalla cassa, woofer permettendo), dovete elevare al cubo la potenza fornita dall'amplificatore. La formula indica l'efficienza massima, nel caso di perfetto accoppiamento tra driver e cassa. In ogni caso l'efficienza complessiva dipende molto dall'efficienza del driver; una volta scelto il driver, ampliare la cassa ne abbassa la banda passante ma non l'efficienza.

## Materiali

Affinché il diffusore esegua il suo compito, il suono deve uscire dal fronte dei driver e, nel caso di vented enclosure o bass-reflex, dal condotto (possono essercene più di uno) destinato a rinforzare i bassi. In altre parole, il suono non deve

## Dall'idea al prodotto finale



**WinISD** è un software gratuito per la progettazione di diffusori in base ai parametri degli altoparlanti



**Klipsch ProMedia 5.1** è il campione del kit multimediali nel segmento da 400 dollari; utilizza un woofer bass-reflex e satelliti a due vie (midrange più tweeter)

provenire dalle pareti della cassa, dagli spigoli e dagli ornamenti (per diffrazione), dalle discontinuità nella forma della cassa o dei driver (per esempio trombe non coniche o con curvatura non calcolata in modo da neutralizzare suoni spuri) e da riflessioni e rifrazioni interne che attraversano l'altoparlante.

Oltre a progettare opportunamente la forma della cassa, sono fondamentali le caratteristiche dei materiali impiegati. Lo schermo da cui siamo partiti, ripiegato a formare le pareti del diffusore, deve essere realizzato in materiale isolante (non deve lasciare passare il suono), rigido (non deve emettere vibrazioni) e amorfo (per evitare risonanze determinate dai nodi della struttura). Il legno è certamente preferibile alla plastica e il truciolare è preferibile al massello perché privo di nodi e venature.

All'interno della cassa si usano rivestimenti insonorizzanti (lana di vetro o materiali più economici) fissati alle pareti per ridurre la possibilità di vibrazioni e di rifrazioni interne.

### Altre soluzioni

Non esistono solo diffusori chiusi (a sospensione acustica) o bass-reflex. Soprattutto a partire dal secondo dopoguerra

c'è stato un grande lavoro di sviluppo che a turno ha visto come protagonisti gli Stati Uniti, il Regno Unito e altre nazioni. Oltre ad AR, pioniere della sospensione acustica, non si può non citare il Klipschorn di Paul Klipsch, una cassa di medie dimensioni contenente, a mo' di labirinto a spirale, una tromba acustica che ha l'effetto di incrementare l'efficienza e di estendere verso il basso le frequenze riprodotte, senza dover costruire enormi diffusori. I Klipschorn sono tuttora prodotti (con materiali moderni), anche se il gran numero di parti (centinaia) e la costruzione laboriosa ne fanno un articolo di elite assai costoso.

Altri grossi nomi dell'industria dei diffusori hanno introdotto aspetti originali nella scelta dei materiali e nella struttura di driver e diffusori; questi appartengono al campo dell'hi-fi, dove le cifre in gioco possono salire a parecchie migliaia di euro.

Nel campo multimediale, ovvero dei diffusori per PC, i migliori kit 5.1 (subwoofer più cinque satelliti) sono tutti di tipo bass-reflex e costano intorno ai 400 dollari (escluso decoder Dolby, spesso integrato nella scheda audio).

### Soluzioni bass-reflex

Tra i migliori kit multime-

diali citiamo al primo posto il Klipsch ProMedia 5.1, il termine di paragone sia per il woofer sia per i satelliti, che, caso raro in questa fascia, sono a due vie (midrange e tweeter). A breve distanza e facilmente reperibili in Italia ci sono il Logitech Z-680 e il Cambridge SoundWorks MegaWorks 550 (distribuito da Creative). Tutti e tre sono certificati THX nella categoria Multimedia; THX è la certificazione introdotta da Lucasfilm per garantire che gli ambienti e le attrezzature di riproduzione audio delle sale cinematografiche rispondessero a una serie di requisiti per la corretta riproduzione delle colonne sonore dei film.

Potenza (soprattutto sui bassi), banda passante, uniformità di spettro e bassa distorsione sono le qualità dei diffusori multimediali THX (di varie centinaia di watt), ottimi per i film su DVD e per i giochi e più che discreti nella musica, senza pretendere di competere con la piena dinamica dei più costosi hi-fi.

### Quale Dolby

La colonna sonora a sei canali dei film su DVD ha reso noto il Dolby Digital 5.1 (detto anche AC-3), un mix digitale che dopo la decodifica viene inviato ai diffusori sinistro, centrale e destro anteriori, sinistro e

destro posteriori e al woofer per gli effetti a bassa frequenza (LFE). Recentemente sono apparsi i primi kit con decoder 6.1, capaci di supportare il Dolby Digital Surround EX, che prevede un diffusore centrale posteriore aggiuntivo. Questo settimo canale viene sintetizzato per calcolo matriciale sulla base dei due segnali sinistro e destro posteriori. Il Dolby 6.1 offre maggiore realismo nelle scene di movimento e di volo tipiche dei film d'azione e offre un effetto surround più coerente e uniforme nella sala di ascolto.

Negli anni scorsi cinema e programmi televisivi avevano utilizzato il Dolby Pro Logic, una tecnologia che prevede la codifica di quattro canali audio (sinistro, centrale, destro e surround) in due canali stereo e quindi la relativa decodifica su quattro canali. Oggi si sta diffondendo, il ProLogic II, che ricava i sei canali tipici del 5.1 da una fonte a due canali stereo, con o senza codifica surround. In questo modo anche i comuni CD audio acquistano uno spazio acustico più pieno e coinvolgente; inoltre i canali surround del Pro Logic II sono a piena banda passante, mentre nel Pro Logic il canale surround forniva solo la banda centrale di frequenze. ■

(seconda parte)



# Glossario sugli altoparlanti

## ACUSTICA

L'effetto della stanza (o ambiente) sulla musica in base alla conformazione, agli assorbimenti e alle riflessioni.

## ALTOPARLANTE ELETTROSTATICO

Utilizza, al posto del cono, una grande membrana sottile caricata ad alta tensione e situata tra due pannelli conduttivi a cui viene applicata la tensione dell'amplificatore opportunamente innalzata da un trasformatore. La membrana centrale oscilla avanti e indietro generando l'onda acustica.

## ARMONICA

Una tonalità la cui frequenza è un numero intero di volte la frequenza del tono di riferimento (detto anche fondamentale). Ogni nota prodotta da uno strumento musicale consiste di un tono fondamentale più diverse armoniche.

## BASS-REFLEX

Detto anche *vented enclosure* in inglese, è un tipo comune di diffusore dotato di condotto (*port* di forma tubolare ma non solo) che connette l'interno all'esterno del diffusore. Il suono è prodotto parte dal driver e parte dal condotto, con un'estensione della risposta verso i bassi e una maggiore efficienza rispetto al box chiuso (*sealed enclosure*).

## CONO O DIAFRAMMA

La membrana dell'altoparlante che sposta l'aria muovendosi avanti e indietro spinta dalla bobina mobile. Il materiale del cono può essere carta, composti di polimeri (es. polipropilene) e particelle rigide (grafite, mica, alluminio, ecc.), Kevlar e altri materiali.

## CUPOLA (dome)

Ha la stessa funzione del cono, salvo per la diversa forma. Viene utilizzata per molti tweeter e alcuni midrange. Il materiale può essere tessuto, alluminio, titanio o altri materiali high-tech.

## DECIBEL (dB)

È una scala basata sul logaritmo del rapporto tra una quantità e una quantità di riferimento. In termini di potenza o di pressione acustica (SPL), la scala indica un raddoppio ogni 3 dB, il quadruplo ogni 6 dB e un incremento di 10 volte ogni 10 dB. Quindi 60 dB significa una

potenza un milione di volte superiore rispetto al livello base di 0 dB.

## DIFFRAZIONE

Il fenomeno che avviene quando un'onda acustica incontra un ostacolo o un improvviso cambiamento di una superficie, come ad esempio il bordo del diffusore. In quest'ultimo caso si crea una nuova sorgente di suono che sembra provenire dal bordo.

## DIFFUSORE CHIUSO O A SOSPENSIONE ACUSTICA

(*Infinite baffle o Sealed enclosure*) Un diffusore costruito con un contenitore completamente sigillato salvo per le aperture dei coni degli altoparlanti. Il comportamento è simile a quello di un altoparlante montato su un pannello di superficie infinita: l'onda posteriore non interagisce con quella anteriore.

## DOLBY PRO LOGIC

Una tecnologia che prevede la codifica di quattro canali audio (sinistro, centrale, destro e surround) in due canali stereo e quindi la relativa decodifica su quattro canali.

## DOLBY PRO LOGIC II

Il ProLogic II ricava i sei canali tipici del 5.1 da una fonte a due canali stereo, con o senza codifica surround. In questo modo anche i comuni CD audio acquistano uno spazio acustico più pieno e coinvolgente; inoltre i canali surround del Pro Logic II sono a piena banda passante, mentre nel Pro Logic il canale surround forniva solo la banda centrale di frequenze.

## DOLBY DIGITAL 5.1

La colonna sonora a sei canali dei film su DVD ha reso noto il Dolby Digital 5.1 (detto anche AC-3), un mix digitale che dopo la decodifica viene inviato ai diffusori sinistro, centrale e destro anteriori, sinistro e destro posteriori e al woofer per gli effetti a bassa frequenza (LFE).

## DOLBY DIGITAL SURROUND EX

Un'evoluzione del Dolby 5.1 che prevede un diffusore centrale posteriore aggiuntivo. Questo settimo canale viene sintetizzato per calcolo matriciale sulla base dei due segnali sinistro e destro posteriori. Il Dolby 6.1 offre

maggiore realismo nelle scene di movimento e di volo tipiche dei film d'azione e offre un effetto surround più coerente e uniforme nella sala di ascolto.

## DISTORSIONE ARMONICA

Armoniche spurie prodotte dal sistema audio (per esempio da un amplificatore o da un altoparlante).

## DISTORSIONE DI INTERMODULAZIONE

Frequenze spurie create dal sistema audio, pari a un tono musicale aggiunto o sottratto dalla frequenza di un secondo tono musicale, con effetto assai sgradevole.

## FASE

Una misura dell'allineamento tra due onde. *In fase* significa che le creste dell'onda sono perfettamente allineate; *fuori fase di 180°* significa che le creste sono allineate alle valli e i due segnali tendono a cancellarsi. Per una buona risposta ai *transienti* (es. un colpo di bacchetta su un tamburo) un sistema dovrebbe avere una risposta in fase per tutte le frequenze.

## FREQUENZA

Il tasso di variazione della pressione acustica o del corrispondente segnale elettrico. Si misura in hertz (Hz): un suono di 1.000 Hz sposta avanti e indietro il timpano 1000 volte al secondo. La nota più bassa di un organo ha una frequenza di 16,4 Hz; quella più alta è un sibilo di 18.794 Hz, non udibile dalla maggior parte degli uomini oltre i quarant'anni.

## LUNGHEZZA D'ONDA

La distanza tra due creste (o valli) nella pressione di un'onda acustica. Varia da 17 m per una nota di 20 Hz a 1,78 cm per un tono di 20 KHz.

## MIDRANGE

Un altoparlante di piccole dimensioni per la riproduzione delle frequenze medie dello spettro acustico; nei sistemi economici un singolo driver funge da midrange e tweeter.

## PARAMETRI DI THIELE-SMALL

Un insieme di parametri che definisce il comportamento di un driver dentro un diffusore. I parametri sono forniti dai

produttori di altoparlanti e servono per progettare i diffusori e analizzare la risposta in frequenza.

## RISONANZA

Il rinforzo del suono causato da echi che si sommano in fase alla fonte originaria. In generale è un fenomeno meccanico, elettrico o di altra natura che si verifica a una frequenza in cui il sistema risponde con intensità molto maggiore rispetto alle altre frequenze.

## RISPOSTA IN FREQUENZA

La risposta di un sistema a una tensione fissa di ingresso al variare della frequenza.

## RMS

Indica il *valore efficace*, detto in inglese *root-mean-square*, la radice quadrata della media quadratica di una quantità, come la potenza di un amplificatore. RMS è la potenza che mediamente viene erogata dall'amplificatore ed è il valore da prendere in considerazione per valutare la potenza di un amplificatore.

## SENSIBILITÀ (di un altoparlante)

Il livello SPL prodotto alla distanza di un metro dall'altoparlante, alimentato con una potenza di 1 watt. Spesso, anziché 1 W, viene utilizzato un input di 2,83 volt, equivalente a 1 W su un'impedenza di 8 ohm.

## SOUND PRESSURE LEVEL (SPL)

Il livello di pressione acustica, una scala logaritmica in dB che indica in modo oggettivo il volume di suono prodotto dai diffusori. Un concerto rock può raggiungere i 120 dB, vicini alla soglia del dolore. 160 dB causano la rottura del timpano. L'SPL si riferisce a pressione RMS, cioè continua, non di picco.

## SUBWOOFER

È simile a un woofer, ma anche più grande in diametro e riproduce frequenze ancora più basse.

## TWEETER

Un altoparlante di piccole dimensioni destinato a riprodurre le frequenze più alte dello spettro.

## WOOFER

Un altoparlante di 20-30 cm di diametro per la riproduzione delle frequenze più basse dello spettro.

► Dentro il PC

# La scheda audio

*Un'introduzione alle funzioni svolte dalla sezione audio del PC, del tutto assente nel progetto originario del personal è diventata oggi un sottosistema potente e sofisticato*

Si parla di numero di bit, frequenze di campionamento, connessioni digitali ed effetti 3D, ma nel 1981 il PC IBM si limitava al beep del suo altoparlante. Oggi è quasi impossibile concepire un PC senza funzioni audio. Se un computer non è dedicato esclusivamente alle più tradizionali funzioni da ufficio, ci aspettiamo che sia in grado di riprodurre l'audio di CD, DVD, streaming video, video clip, animazioni Flash e giochi; vogliamo poter ascoltare i file musicali (in MP3 e altri formati) scaricati da Internet o da noi creati partendo da dischi, cassette e CD; ci aspettiamo di poter utilizzare le funzioni vocali per conversare on line e ascoltare file di testo; i musicofili vogliono poter comporre musica ascoltando il risultato o collegare il computer a strumenti musicali.

## Storia

Le esigenze e la tecnologia audio hanno subito una brusca accelerazione negli ultimi anni. L'evoluzione dell'audio su PC ha visto le prime schede a 8 bit a metà degli anni '80; quella di AdLib fu la prima ad avere ampia diffusione e a creare uno standard provvisorio. Le Sound Blaster di Creative si imposero a partire dall'89, seguita poi dalla SB Pro (stereo) nel '91, la SB 16 nel '92, la AWE 32 nel '94, la AWE 64 Gold nel '96, la Live! del '98 e numerosi altri modelli, tra cui l'attuale Audigy. Il PC multimediale si diffuse a metà degli anni '90 con Windows 3.11 e 95, abituandoci alla qualità CD (stereo con campionamento a 16 bit e 44,1 KHz). Nel '96 apparvero i primi chip audio PCI, montati nelle schede del '97, anno delle specifiche Intel AC'97 e dello sviluppo degli effetti 3D. Oggi con poco più di 200 euro si può acquistare una scheda di livello

professionale con interfacce analogiche e digitali (Dolby incluso) e qualità audio mai raggiunta per il prezzo.

## Anatomia

Vediamo quali sono i componenti di base di una scheda audio, tenendo presente che possono essere accorpati in un solo chip (nelle soluzioni più economiche) o essere fisicamente separati. Il processore audio (spesso un DSP, *Digital Signal Processor*, elaboratore di segnali audio digitali) svolge la maggior parte del lavoro, in particolare tutte le trasformazioni del segnale digitale (per esempio gli effetti di riverbero e di posizionamento ambientale) e in qualche caso la sintesi dei suoni degli strumenti musicali. I convertitori analogico-digitale (ADC) e digitale-analogico (DAC), chip separati sulle schede di qualità, provvedono a trasformare gli input analogici (per esempio da microfono o dall'uscita del vostro stereo) in digitale e a trasformare l'uscita digitale del DSP in analogico (da inviare per esempio a un amplificatore stereo o a cassette amplificate).

Il software gioca un ruolo importante nel flusso di elaborazione dei segnali. In particolare, oltre ai consueti driver di periferica, ci sono i *codec* (*codificatori/decodificatori* e magari anche *compressori/decompressori*), generalmente installati sotto il sistema operativo, che svolgono il compito di decodificare i vari formati in cui viene registrato o trasmesso l'audio digitale. Per esempio, per riprodurre un file MP3 (il più popolare dei formati di audio digitale compresso) il programma di riproduzione (per esempio Winamp) legge i dati da hard disk o altri media, li decodifica tramite il codec MP3 (*Fraunhofer IIS MPEG Layer-3 Codec* nell'elenco dei codec au-

dio di Windows) e passa il flusso decodificato al driver della scheda audio. La scheda, controllata dal driver, elabora il segnale audio secondo gli input software (equalizzazione, volume, bilanciamento e così via) e produce i suoi output, inviati ai diffusori acustici.

Le prime schede audio erano spesso dotate di amplificazione di potenza, in modo da pilotare direttamente piccoli altoparlanti non amplificati con potenze di qualche watt e modesta qualità complessiva, adatta più alla voce che alla musica. Oggi i diffusori sono normalmente amplificati, di solito con ingresso analogico ma con progressiva tendenza verso l'input digitale (per esempio Dolby Digital 5.1 o USB).

In pratica le funzioni di una scheda audio, a seconda della sua categoria e prezzo, possono essere integrate in un solo chip, suddivise tra DSP e codec hardware (comprendente ADC e DAC) oppure, salendo di livello, distribuite su più chip. Nella Philips Acoustic Edge troviamo ad esempio diversi chip: il DSP, l'ADC, il DAC, l'interfaccia S/PDIF e un doppio amplificatore operativo che tra l'altro fornisce un ottimo segnale per le cuffie. Da notare la differenza di significato tra codec hardware e software; mentre un codec software si occupa essenzialmente di decodificare formati digitali, vengono chiamati codec i chip che contengono i convertitori ADC e DAC.

## Connessioni

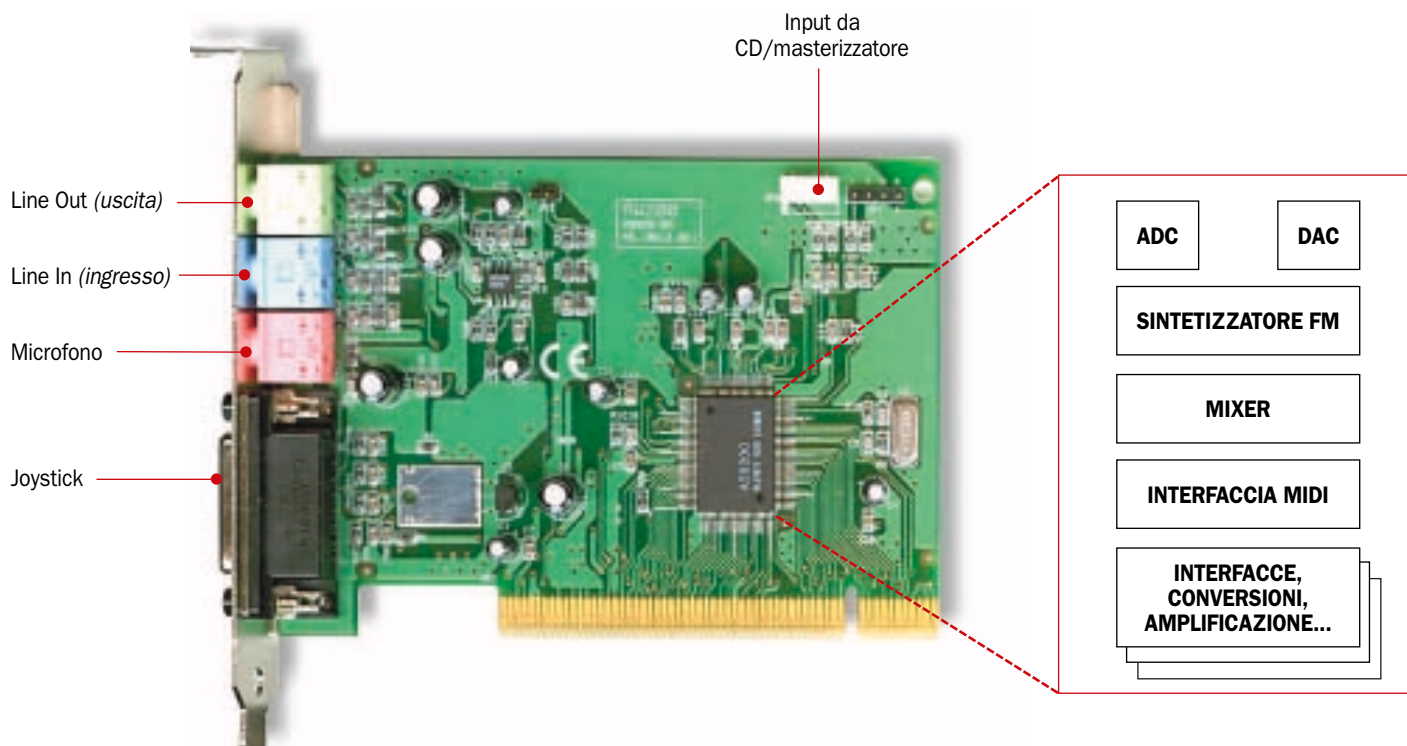
I connettori di una scheda audio la dicono lunga sulle funzioni della scheda. Quelli che non possono mancare, neppure in un computer portatile, sono un jack di ingresso (tipicamente per il microfono) e uno di uscita per cuffia o altoparlanti amplificati. Se considera-

mo una moderna scheda audio PCI da 10 dollari, come la AOpen AW200, notiamo sul retro i jack per microfono, line in e line out (input e output analogici) più il connettore per joystick o interfaccia MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*). Sulla superficie della scheda si trova inoltre il connettore per il cavetto di connessione (analogica) al drive CD-ROM o DVD.

Una scheda di medio livello non si limita al semplice stereo ma supporta almeno quattro vie (stereo anteriore e stereo posteriore), uno schema a cui la SB Live! ha dato ampia diffusione nel '98. Inoltre alle connessioni analogiche si affiancano quelle digitali, come l'input dal drive CD/DVD (connettore sulla scheda) e gli ingressi e uscite S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface), che possono essere di tipo elettrico (cavo coassiale da 75 ohm) oppure ottico (fibra). Questi ultimi possono risiedere sulla staffa della scheda, su una staffa supplementare o in un box esterno, magari da inserire in un vano per drive.

Il passo successivo rispetto alle quattro vie, è la decodifica dell'audio Dolby Digital 5.1 dei film su DVD, che produce sei segnali analogici (stereo fronte e retro, centrale anteriore e subwoofer per i bassi). A volte, per risparmiare spazio e costi, più uscite si diramano da un singolo cavetto collegato a un connettore DIN sul retro della scheda. Per esempio, l'ottima Philips Acoustic Edge risolve brillantemente il problema delle connessioni senza accessori esterni; sul retro trovano posto line in, input da microfono, line out (DIN che si dirama in tre cavetti che accolgono i jack per le sei uscite Dolby Digital) e S/PDIF (cavetto DIN che si sdoppia in input e output digitali di tipo RCA). Un esempio di corredo completo di con-

## La scheda audio



Un esempio di scheda audio semplificata, dove un solo chip svolge tutte le funzioni, dalle conversioni tra analogico e digitale alle diverse interfacce, mixaggio, amplificazione e sintesi FM. All'altro estremo della gamma ci sono le schede professionali, poco più grandi ma popolate da un gran numero di componenti, tra cui DSP, ADC e DAC separati di alta qualità, interfacce S/PDIF e amplificatori

nessioni è fornito dalla Terratec DMX 6fire 24/96 (provata sul numero di giugno/2002), che oltre a quattro jack sul retro della scheda (uno di *line in*, e tre per le uscite *analogiche Dolby Digital*) dispone di un box da inserire nel frontale del PC che offre input e output analogici, digitali (elettrici e ottici) e MIDI inclusi i jack per microfoni e cuffia e relativi controlli di livello.

### Sintetizzatori

Una delle funzioni tipiche delle schede audio è stata in origine quella di generare suoni. Questo veniva fatto tramite un sintetizzatore FM (modulazione di frequenza), basato nel caso più semplice sulla generazione e interazione di due segnali: uno sinusoidale e uno di modulazione. Il risultato è una forma d'onda complessa che cerca di approssimare il suono di uno strumento musicale. L'altro sistema di sintesi, che si è imposto dalla metà degli anni '90, è quello basato su

*wavetable*, ovvero una tabella di suoni campionati partendo da reali strumenti musicali. Il campionamento consiste nel rilevare il valore del segnale con una certa periodicità (per esempio 44.100 volte al secondo è lo standard per i CD) e attribuendogli il valore digitale più vicino in base ai bit disponibili (16 nel caso più comune). I valori campionati possono essere compressi per occupare meno spazio in memoria. In origine la wavetable risiedeva sulla scheda stessa; per esempio in 4 MB potevano trovare posto circa 700 campioni.

Considerando che il solo pianoforte richiede fino a 10 MB di campioni, si capisce perché oggi si tenda ad avere la wavetable in RAM, che può raggiungere centinaia di MB con poca spesa.

Un'altra forma di sintesi, basata sulla modellazione fisica del suono prodotto dagli strumenti musicali, ha trovato un esempio di applicazione nella Sound Blaster AWE 64 Gold,

che conteneva 14 suoni descritti tramite i loro parametri fisici (un sistema piuttosto macchinoso).

### MIDI

L'interfaccia digitale per strumenti musicali, utilizzata da una ventina d'anni, nacque per interconnettere strumenti, controller, sintetizzatori, registratori, generatori di percussioni e via dicendo. Utilizza un collegamento seriale molto elementare, ma la connessione ottica tra apparecchi MIDI è diventata la soluzione standard per evitare interferenze.

MIDI è anche il linguaggio dei comandi che descrivono la musica in tempo reale, trasmessi su 16 canali, che permettono di suonare 16 strumenti contemporaneamente con una singola interfaccia. Con interfacce multiple si può aumentare il numero di strumenti.

Dato che i file MIDI contengono comandi (messaggi MIDI) interpretati da un sintetizzatore,

sono molto compatti. Il numero minimo di strumenti previsti dallo standard (General MIDI del '91) è di 128 più 47 percussioni. Ripareremo in seguito di voci, polifonia e altri aspetti dell'elaborazione MIDI. Da notare comunque che fin dalle origini le schede audio sono compatibili con l'interfaccia MIDI Roland MPU-401 che, essendo la prima per PC, divenne lo standard di fatto.

Oltre a valutare le funzionalità, la destinazione d'uso e il prezzo di una scheda audio, nei test ci si affida anche agli strumenti di misura per verificare la risposta in frequenza (lo spettro di frequenze amplificate e l'attenuazione agli estremi della banda), il rapporto segnale/rumore, la distorsione armonica, la distorsione di intermodulazione, il crosstalk (interferenza tra canali).

Su questi aspetti, e sulle funzionalità, torneremo nella seconda parte.

Giorgio Gobbi  
(prima parte)



# I termini dell'audio digitale

## ADC

Analog to Digital Converter, convertitore analogico-digitale. Converte segnali analogici (ad esempio quello di un microfono) in sequenze di bit.

## ADPCM

Adaptive Differential Pulse Code Modulation: un metodo di codifica digitale del segnale audio che occupa meno spazio rispetto all'usuale PCM. Infatti ogni campione non rappresenta l'intero valore digitale del segnale ma la differenza rispetto al campione precedente. Il concetto è standard, ma le implementazioni sono molteplici; per esempio l'ADPCM Microsoft non è compatibile con l'ADPCM IMA/DVI della International Multimedia Association.

## CAMPIONAMENTO (SAMPLING)

La conversione di un segnale analogico in digitale tramite la misura del livello a intervalli periodici e la sua traduzione nel numero binario che, con i bit disponibili, più si avvicina al valore misurato.

La qualità e precisione della conversione dipendono dal numero di bit per campione e dalla frequenza di campionamento.

## CODEC

Codificatore/decodificatore o compressore/decompressore. Il termine viene usato sia per i codec software (usati ad esempio per decodificare formati come .wav e MP3) sia per i codec hardware, che provvedono in primo luogo alle conversioni ADC e DAC.

## DAC

Digital to Analog Converter, convertitore digitale-analogico.

## DECIBEL (DB)

Una misura che rappresenta la relazione tra due valori di potenza o tensione audio. Per la potenza si calcola come  $10 \times \log(\text{potenza1}/\text{potenza2})$ , mentre per la tensione vale  $20 \times \log(\text{tensione1}/\text{tensione2})$ . Per esempio, un'attenuazione di 3 dB in potenza significa potenza dimezzata. Parimenti, un'attenuazione di 6 dB rappresenta invece una tensione dimezzata.

## DSP

Digital Signal Processor, un programma o un circuito che utilizza la matematica per operare qualche forma di alterazione su segnali digitali (tipicamente audio). I DSP sono usati abitualmente nella creazione di effetti speciali. Vengono spesso utilizzati sulle schede audio per aumentare la potenza di elaborazione senza pesare sulla CPU, come avviene per gli acceleratori grafici.

## MIDI

Musical Instrument Digital Interface. Definisce lo standard che permette a strumenti musicali, computer e software di comunicare informazioni musicali tra di loro. Le informazioni MIDI vengono scambiate via protocollo MIDI o tramite file MIDI. Il protocollo MIDI definisce i dati trasmessi da un dispositivo all'altro allo scopo di comunicare eventi musicali (per esempio la pressione di un tasto di pianoforte). Un file MIDI viene usato per registrare su disco le informazioni che descrivono un pezzo musicale (il titolo, i nomi delle tracce, gli strumenti da usare, tutte le note ecc.) e che permettono di riprodurlo.

## MP3

MPEG layer 3, uno degli schemi di compressione audio previsti dal formato MPEG di compressione audio/video. Lo strato 3 usa una codifica e compressione che si basa sulla percezione umana dei suoni per eliminare tutte le informazioni irrilevanti nel contenuto del segnale. L'MP3 permette di ridurre di oltre un ordine di grandezza l'ingombro del contenuto di un CD senza perdita apprezzabile di qualità.

## MPU-401

Un'interfaccia MIDI sviluppata da Roland nei primi anni '80 per PC, inizialmente come box esterno, poi anche su scheda. La MPU-401 divenne lo standard di fatto per le interfacce MIDI di tutti i PC.

## PCM

Pulse Code Modulation, modulazione a codice di impulsi. È il formato più comune per convertire i segnali audio dalla

forma analogica a quella digitale, senza compressione. Si basa sul campionamento periodico del segnale audio sotto forma di valori a 8, 16 o più bit (16 bit e 44,1 KHz sono i valori utilizzati per i CD).

Il PCM è il formato standard dei file .wav (che però hanno innumerevoli varianti anche compresse).

## RAPPORTO SEGNALE/RUMORE (SNR)

Misura il rapporto tra un segnale registrato e il livello di rumore di fondo. L'obiettivo è un SNR (signal-to-noise ratio) più alto possibile. Il massimo SNR nell'audio digitale è determinato dal numero di bit per campione. Nell'audio a 16-bit il massimo SNR ottenibile è di 96 dB, che in pratica non è mai raggiunto, specialmente se si usano componenti di basso costo.

## RICAMPIONAMENTO (RESAMPLING)

Il ricalcolo dei campioni di un file audio digitale a una frequenza di campionamento diversa da quella applicata durante la registrazione del file.

## RISOLUZIONE

Indica la precisione con cui i suoni vengono campionati ed è quindi proporzionale al numero di bit per campione (bit depth). Le prime schede audio utilizzavano 8 bit; dopo una decina d'anni di utilizzo prevalente dei 16 bit, oggi le schede professionali (sui 200 euro e più) sono in grado di utilizzare 24 bit per campione a 96 KHz di frequenza di campionamento (gli stessi valori usati per l'audio a sei canali del formato DVD-Audio).

## RISPOSTA IN FREQUENZA

Per una scheda audio misura lo spettro di frequenze che la scheda è in grado di supportare e l'attenuazione agli estremi della banda. Viene espresso dalle frequenze minima e massima e relative attenuazioni, per esempio 20-20KHz +0, -0.1 dB (decibel).

## S/PDIF

S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface) è un formato standard per il trasferimento di audio digitale senza passare attraverso conversioni a e da formato

analogico. I connettori più comuni usati con l'interfaccia S/PDIF sono quelli coassiali RCA, mentre i connettori ottici sono normali a un livello di costo leggermente superiore.

## WAVE

È il formato audio digitale supportato da Windows con i file di estensione .wav.

I file .wav possono essere non compressi (codifica PCM) o compressi in vari formati.

Tra i formati .wav compressi ci sono quello IMA/DVI e quello Microsoft, entrambi codificati in ADPCM ma incompatibili tra loro.

## LA PAROLA DEL MESE

### AC'97

Audio Codec '97 è una specifica di Intel che definisce un'architettura audio e un'interfaccia digitale tra la componente analogica (AC'97) e quella digitale (Digital Controller) di questa architettura. La specifica AC'97 è stata estesa a più riprese dal '97 a oggi, con l'ultima versione pubblicata in aprile 2002. Un chip conforme AC'97 dovrebbe offrire una serie di funzioni comprendenti tra l'altro i convertitori stereo ADC e DAC (almeno a 16 bit, opzionalmente 18 o 20), un assortimento di input e output analogici e una serie di funzioni opzionali, comprendenti alte frequenze di campionamento, interfacce digitali e uscite analogiche 5.1. AC-link è il nome dell'interfaccia digitale che collega il codec audio AC'97 al Digital Controller AC'97. Quest'ultimo può essere implementato in hardware o può essere realizzato in software, coordinato con l'ICH (I/O Controller Hub), un componente dei chipset Intel che include tra l'altro il controllo dell'AC-link. Un esempio di applicazione è la motherboard Intel D815EPFV, che utilizza come Audio Codec '97 il chip AD1885 di Analog Devices.

► Dentro il PC

# La scheda audio

*Seconda puntata per conoscere meglio la sezione sonora e i relativi componenti. Uno di questi è l'interfaccia MIDI (Musical Instrument Digital Interface), sviluppata nel 1983 come standard per fare musica utilizzando un equipaggiamento digitale*

Come promesso nella prima puntata pubblicata sul numero scorso, andiamo ad approfondire l'argomento della sezione audio, occupandoci in particolare dell'interfaccia MIDI per il collegamento a strumenti musicali elettronici. Ogni componente MIDI ha un connettore di ingresso (MIDI In) e uno di uscita (MIDI Out), attraverso i quali si possono collegare i vari dispositivi in cascata. Il connettore MIDI standard è di tipo DIN a cinque poli, di cui solo tre vengono utilizzati: uscita, ritorno del current loop e schermatura. I dispositivi collegati via MIDI possono essere isolati elettricamente utilizzando isolatori ottici, in modo da assicurare un funzionamento sicuro e a basso rumore. Dato che le schede audio di solito non sono dotate di opto-isolatori, occorre un cavo speciale per connettere la scheda a un generatore di suoni esterno o a un controller MIDI. Alla catena MIDI possono essere collegati, per esempio, uno strumento musicale elettronico (come un sintetizzatore) e un controller, che può essere una tastiera elettronica, un sequencer (che registra sequenze di comandi da tastiera) o un PC con software opportuno (gioco o programma musicale).

Un *controller* MIDI è un dispositivo, (per esempio uno strumento musicale) che produce un flusso di dati MIDI in tempo reale. Un *sequencer* MIDI è un dispositivo che permette di catturare, registrare, modificare, combinare e riprodurre (suonare) sequenze di dati MIDI.

Il destinatario delle sequenze MIDI di solito è un *sound module*, cioè un generatore di suoni che riproduce la musica descritta dai comandi MIDI; mol-

te tastiere includono le funzioni sia di controller sia di sound module

Dal punto di vista logico, MIDI è un linguaggio per descrivere eventi musicali in tempo reale, espressi sotto forma di *messaggi*. I messaggi di solito sono lunghi da uno a tre byte: il primo byte (status byte) indica il tipo di messaggio (per esempio Note On per attivare la generazione di un suono); il secondo byte è il note number, ovvero la nota musicale tra 128 valori possibili; il terzo è il velocity value, cioè la velocità con cui è stato premuto il tasto. Dato che un file MIDI è una sequenza di comandi destinati a un sintetizzatore, non musica campionata, ha un ingombro ridottissimo, dell'ordine dei 10 KB per minuto di riproduzione.

Un singolo canale fisico MIDI è suddiviso in 16 canali logici, identificati da un numero di canale di 4 bit contenuto in molti dei messaggi MIDI. Questo permette di riprodurre il suono di più strumenti contemporaneamente, associando ogni strumento a un canale (fino a 16 simultanei per interfaccia MIDI) e specificando la nota da suonare e altri parametri. Se il generatore MIDI è multitimbrico (oggi la norma), il suo sintetizzatore è in grado di generare contemporaneamente i suoni dei vari strumenti. Un'altra caratteristica richiesta al generatore è la polifonia, cioè la capacità di riprodurre più note contemporaneamente, sia di strumenti diversi sia dello stesso strumento. Un generatore MIDI è caratterizzato quindi da un numero di voci di polifonia, corrispondenti al numero totale di circuiti disponibili in ogni istante per generare i suoni sui 16 canali. Il General Midi, lo standard adottato da oltre un

decennio per uniformare tra l'altro la corrispondenza tra strumenti e canali, stabilisce alcune caratteristiche di base: un set standard di 128 suoni numerati in modo fisso, la capacità di riprodurre simultaneamente 16 parti strumentali distinte, la capacità di riprodurre almeno 24 voci (polifonia a 24 voci) e almeno un Drum Set standard, cioè un insieme di percussioni che di base è costituito da 47 strumenti che utilizzano il canale 10. La polifonia si misura in voci, non in note, perché qualche nota impegna più di uno dei circuiti generatori disponibili (le voci), riducendo in tal caso a meno di 24 il numero di note riproducibili in ogni istante. In ogni caso, 24 è il numero minimo di voci, che possono essere molto più numerose.

Per completare questa rapida panoramica sul MIDI, vediamo altri due concetti. Abbiamo visto che i 16 canali (interpretabili come corsie o indirizzi) corrispondono ai diversi timbri differenziabili: ogni canale è quindi associato a un timbro, che può corrispondere a uno strumento musicale o a una parte di strumento (per esempio piano e violino possono essere suonati in vari modi e hanno diversi timbri). Chi scrive musica e usa un sequencer compone tracce, ovvero flussi separati di messaggi MIDI destinati ciascuno a un canale; più tracce possono utilizzare lo stesso canale, ad esempio due tracce per due pianoforti o due parti per un singolo pianoforte da tenere distinte. Un altro termine fondamentale del MIDI è la *patch*, che non ha niente a che fare con il software ma identifica uno strumento musicale. Anziché parlare di strumenti, il termine MIDI per indicare il timbro prodotto da

un generatore è patch. Quindi abbiamo le tracce che sono associate ai canali (anche più canali per traccia) e i canali che vengono associati alle patch (a più canali può essere associata la stessa patch, ma non viceversa). Questa flessibilità di associazioni permette di fare modifiche selettive all'orchestrazione con grande facilità.

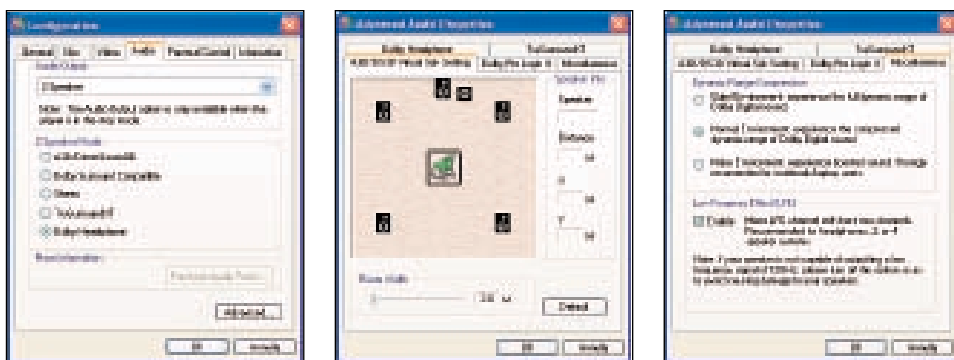
A parità di flusso di messaggi MIDI, la qualità della riproduzione dipende dalle capacità del sintetizzatore. Un sintetizzatore FM si avvicina vagamente al suono degli strumenti musicali, è più adatto per inventare suoni nuovi. La sintesi tramite *wavetable* sfrutta invece campioni digitali del suono di reali strumenti, tanto più fedeli quanto più numerosi e conformi alla varietà di suoni che ogni strumento è in grado di produrre nelle diverse circostanze.

Al di là del General MIDI (GM), con le sue limitazioni, produttori come Roland e Yamaha hanno introdotto rispettivamente GS (General Standard) e XG (eXtended General), compatibili con GM ma arricchiti di funzionalità aggiuntive come effetti riverbero/coro e un maggior numero di strumenti.

## Suono 3D

Quando utilizzate una scheda audio per ascoltare i suoni dei giochi o per aggiungere effetti ambientali alla riproduzione musicale, sfruttate una combinazione di funzioni 3D, parte contenute in Windows, parte nei processori audio. Con Windows 95 Microsoft introdusse DirectX: una libreria e un insieme di API (interfacce di programmazione) che avrebbero permesso ai programmatori di accedere alle

## I canali Dolby



**La tecnologia Dolby Headphone (cuffia Dolby)**, supportata dai più recenti DVD player, permette di ricreare la spazialità del Dolby Digital 5.1 in una normale cuffia Hi-Fi. Qui si vedono alcune finestre della configurazione audio di PowerDVD XP, dove si può selezionare Dolby Headphone come dispositivo di riproduzione e impostarne i parametri di funzionamento, incluso il posizionamento dei diffusori virtuali e tre livelli di dinamica Dolby, secondo la rumorosità dell'ambiente di ascolto



**La Sound Blaster Audigy 2 di Creative** rappresenta il culmine dello sviluppo audio per PC destinato a uso domestico; la Audigy 2 è ottima sia per sonorizzare i giochi 3D sia per ascoltare musica con 6/7 canali Dolby; a differenza della Audigy, la Audigy 2 permette di registrare a 24 bit e 96 KHz di campionamento

funzionalità hardware (specialmente quelle delle periferiche multimediali) senza sapere quale hardware sarebbe stato installato (bastava che hardware e driver supportassero DirectX). Ad esempio, in campo grafico ci sono API DirectX con i comandi per disegnare figure 2D e 3D; in campo audio altre API permettono di collocare i suoni nella posizione spaziale desiderata. La parte audio di DirectX si chiama DirectSound e nelle prime release offriva gli effetti di base di posizionamento acustico; inoltre permetteva di miscelare rapidamente flussi audio multipli, ciascuno con effetto 3D.

DirectSound3D (DS3D), apparso in DirectX 3, offrì la *positional audio*, cioè la collocazione del suono in un punto qualunque dello spazio; richiedeva sistemi piuttosto potenti e all'inizio non supportava acceleratori hardware. Solo DirectX 5 aprì le porte all'accelerazione hardware che è diventata standard nelle moderne schede audio. DirectMusic, introdotto in DirectX 6, fu un ulteriore passo avanti nell'aiutare gli sviluppatori a scrivere musica ad esempio per i giochi.

L'audio posizionale era un progresso, ma non supportava funzioni sofisticate di riverbero, specialmente le riflessioni che caratterizzano ogni diver-

so ambiente; ma DS3D era estendibile, quindi ci pensarono terze parti come Aureal e Creative a sviluppare effetti 3D come A3D ed EAX. A3D era un'eccellente tecnologia, ma si concluse nel giro di tre anni, dallo sviluppo in collaborazione con la NASA alla causa legale con Creative, che assorbì Aureal nel 2000 dopo la bancarotta. Gli effetti ambientali EAX, introdotti nel '98 con la SB Live!, furono estesi e migliorati con le release 2 e 3, a distanza ravvicinata. Oggi EAX 2 è supportato anche da varie schede non Creative. Le schede professionali, utilizzate da musicisti e musicofili, non sono particolarmente coinvolte dagli sviluppi degli effetti 3D, ma lo sono tutte le schede destinate ai giocatori, quelle di Creative in testa.

### Da 1 a 7 canali

Se negli anni '60 erano ancora in vendita amplificatori Hi-Fi mono, oggi l'ultima versione di Dolby Digital, che si chiama Dolby Digital Surround EX nei cinema e Dolby Digital EX nelle case, offre sette canali, aggiungendo un canale centrale surround ai due surround laterali del Dolby Digital 5.1 (Star Wars - Episodio I è stato il primo film con supporto Dolby EX).

Le schede audio rimasero monofoniche per tutti gli anni '80; lo stereo diventò standard

a partire dalla SB Pro del '91 e soprattutto con la SB 16 del '92. La SB Live! ha reso popolare i quattro canali, uno stereo anteriore più uno posteriore, che non richiedevano l'investimento in un decoder Dolby e in diffusori più costosi. Da qualche anno, però, il decoder 5.1 è incluso nelle schede audio di qualità, persino di costo moderato (un esempio è la Philips Acoustic Edge, che costa sui cinquanta dollari in USA e 85 euro IVA inclusa in Italia). Anche con budget limitati si può quindi riprodurre l'audio 5.1 dei film su DVD; la spesa per un kit di diffusori 5.1 per PC è intorno ai 150 - 500 euro. Da non trascurare l'utilizzo di Dolby Headphone, la tecnologia che riproduce l'effetto spaziale dei sei canali 5.1 in una comune cuffia (vedi il box "la parola del mese" a pag. 194). Tra i software che supportano Dolby Headphone ci sono le ultime release dei player DVD SoftDVD MAX, WinDVD, DVMatrics e PowerDVD, più il plugin Lake PLS per il jukebox Musicmatch.

### Le specifiche

Cosa occorre cercare per scegliere una scheda audio? Ogni lettore che abbia studiato la terminologia delle schede audio può selezionare una fascia di prodotti (per es. da 75 a 150 euro) e confrontare le spe-

cifiche dei modelli, ma questo non basta. Il secondo passo è leggere le recensioni, soprattutto quelle approfondite a cura di pubblicazioni specializzate, presenti anche sul Web; inoltre i grafici del rapporto segnale/rumore e della banda passante, misurati in diverse configurazioni di I/O e di bit/KHz di campionamento, forniscono indicazioni che non trovate nelle specifiche.

Creative domina il mercato delle schede audio per il gioco e ha sempre offerto grande versatilità d'uso; solo con la nuova Audigy 2 aspira però a entrare nella cerchia della qualità 24/96 (24 bit e 96 KHz di campionamento anche in registrazione), in compagnia di produttori di schede professionali come Terratec, Hoontech, Midiman e AudioTrak, per citarne alcuni. Ora che anche Creative ci è arrivata, il prezzo del 24/96 è più abbordabile; vedremo dalle misure di laboratorio come se la cava la Audigy 2 a confronto con i modelli professionali.

Tra le novità, la Audigy 2 supporta il Dolby Digital EX 6.1, ha i DAC a 24 bit e 192 KHz (ma solo in riproduzione), ha la certificazione THX (uno standard di qualità audio nato da Lucasfilm) e supporta il formato DVD-Audio.

Giorgio Gobbi  
(seconda parte)



# I termini dell'audio digitale

## BANCO (MIDI)

Un banco (bank) è l'insieme di patch che un sintetizzatore riesce a tenere in memoria. Di solito sono 128. Si possono usare più banchi, di cui uno General MIDI.

## CANALI (MIDI)

I canali sono suddivisioni logiche di un'interfaccia fisica MIDI, come avviene ad esempio nella telefonia digitale dove un filo trasporta più conversazioni simultanee. I canali sono 16 per interfaccia MIDI e vengono mappati sulle patch, il termine MIDI per identificare i generatori che sintetizzano il suono degli strumenti musicali e che ricevono i messaggi MIDI.

## CONTROLLER (MIDI)

L'originatore del flusso dei dati MIDI, per esempio una tastiera digitale o un sequencer MIDI. Un controller viene suonato come uno strumento musicale e trasforma l'esecuzione musicale in dati MIDI in tempo reale.

## DOLBY DIGITAL

Un sistema audio digitale multicanale che codifica in un singolo stream (flusso) digitale il contenuto di più canali. Nel Dolby Digital 5.1 i canali sono: sinistro, centrale e destro anteriori, sinistro e destro posteriori ed effetti a bassa frequenza (subwoofer). Il Dolby Digital EX supporta il formato 6.1, con l'aggiunta di un canale centrale posteriore.

## GENERAL MIDI (GM)

Uno standard non ufficiale, adottato dalla maggioranza dei produttori di hardware e software e degli editori musicali per l'interoperabilità e uniformità di interazione delle patch (i suoni degli strumenti). Le funzionalità minime condivise dagli strumenti GM sono: set standard di 128 suoni con numerazione fissa; riproduzione simultanea di 16 parti strumentali (sintetizzatore multitimbrico); polifonia ad almeno 24 voci; almeno un Drum Set standard di 47 percussioni con numerazione fissa.

## MESSAGGIO MIDI

Il protocollo MIDI è costituito da messaggi, per lo più lunghi da 1 a 3 byte. Il primo byte di qualunque messaggio è il byte di stato. I messaggi si classificano in Channel Message, che si

applicano a un canale specifico, e System Message. I Channel Message si distinguono tra Channel Voice Message, preponderanti perché contengono i dati sui suoni da riprodurre, e Channel Mode Message, che influenzano il modo in cui uno strumento risponde ai Channel Voice Message.

## MIDI

Musical Instrument Digital Interface (interfaccia digitale per strumenti musicali). Definisce lo standard che permette a strumenti musicali, computer e software di scambiare informazioni musicali. Le informazioni MIDI vengono comunicate via protocollo MIDI o tramite file MIDI. Il protocollo MIDI definisce i dati trasmessi da un dispositivo all'altro allo scopo di comunicare eventi musicali (per esempio la pressione di un tasto di pianoforte). Un file MIDI viene usato per registrare su disco le informazioni che descrivono un pezzo musicale (titolo, nomi delle tracce, strumenti da usare, tutte le note e via dicendo) e che permettono di suonarlo.

## PATCH

Il termine per indicare ognuno dei suoni prodotti da ogni generatore di un sintetizzatore. Il set standard di 128 patch del General MIDI è suddiviso in 16 famiglie di otto strumenti: Piano, Organ, Bass, Ensemble, Chromatic percussion, Guitar, Solo strings, Brass, Reed, Synth lead, Synth effects, Percussive, Pipe, Synth pad, Ethnic e Sound effects. A queste si aggiungono le 47 patch del kit standard di percussioni.

## POLIFONIA

Un sintetizzatore deve produrre un numero sufficiente di voci simultanee per riprodurre tutte le note di tutti gli strumenti che suonano in un dato istante. Nel General MIDI il numero minimo di voci di polifonia è 24.

## SAMPLER

Sebbene nell'uso comune si utilizzi il termine sintetizzatore anche per i generatori di suoni basati su campioni digitali di suoni reali, i termini specifici sono sintetizzatore per i generatori basati su oscillatori (che creano suoni artificiali) e sampler per i

generatori basati su DAC (convertitori digitale-analogico), che ricevono in input suoni campionati. Un sintetizzatore si presta a creare suoni nuovi, mentre un sampler è in grado di riprodurre suoni di strumenti reali.

## SEQUENCER

Un sequencer MIDI è un dispositivo che permette di catturare, memorizzare, modificare, riorganizzare e suonare il flusso di dati MIDI. L'uscita da un controller o sequencer viene prelevata dal connettore MIDI Out e inviata al connettore MIDI In del generatore di suoni, chiamato anche sound module. Spesso gli strumenti MIDI contengono le funzioni sia di controller sia di sequencer.

## SINTETIZZATORE

Un generatore elettronico di suoni nello spettro di udibilità (20-20.000 Hz) basato sulla miscelazione ed elaborazione di segnali prodotti da oscillatori o campionati da strumenti reali. Sebbene si parli di sintetizzatori anche per la generazione di suoni a partire da tabelle di campioni digitalizzati (wavetable), in quest'ultimo caso il termine specifico sarebbe sampler.

## SOUND MODULE

Il termine con cui si indicano i generatori di suoni MIDI. Un sound module riceve in ingresso un flusso di messaggi MIDI e risponde producendo i corrispondenti suoni.

## THX

Uno standard introdotto inizialmente da Lucasfilm per garantire che le sale cinematografiche avessero i requisiti tecnici (amplificatori, diffusori) e ambientali (acustica, ubicazione) per riprodurre fedelmente la colonna sonora dei film a partire dal primo Star Wars. Per gli home theater e i diffusori multimediali (per computer) THX è la certificazione che i componenti (amplificatore, altoparlanti e box) rispondono a requisiti di dinamica, fedeltà, uniformità di spettro e così via tali da garantire un'esperienza acustica paragonabile a quella che si gode in una sala THX.

## TRACCE

Chi compone musica MIDI tende a

organizzarla in tracce, cioè flussi separati di messaggi MIDI destinati ciascuno a un canale; più tracce possono utilizzare lo stesso canale, ad esempio due tracce per due pianoforti o due tracce da tenere distinte per un singolo pianoforte.

## VOCI

I suoni simultanei che un generatore o strumento MIDI riesce a riprodurre. Il numero di voci caratterizza il livello di polifonia di un sintetizzatore.

## LA PAROLA DEL MESE

### DOLBY HEADPHONE

Che ne direste di ascoltare un film in cuffia con la stessa resa spaziale di un home theater? Questa è la promessa della tecnologia Dolby Headphone, che prende fino a cinque canali audio e li elabora per ricreare su due auricolari la stessa impressione acustica spaziale prodotta dalle distinte fonti sonore. Il canale di bassa frequenza (il .1 del Dolby Digital) non sparisce ma viene miscelato nei canali di destra e di sinistra. La resa finale è notevole: si passa dallo stereo piatto e un po' artificiale a un suono ambientale pieno e ricco, che aggiunge dimensione, chiarezza e nitidezza (inclusa la percezione di direzione). L'elaborazione del segnale cerca di riprodurre il gioco di livelli, fasi e riflessioni che ci permette, con due orecchie, di distinguere la posizione e distanza dei suoni provenienti da tutte le direzioni. Si può usare qualsiasi cuffia Hi-Fi, basta avere l'ultima release di SoftDVD MAX, WinDVD, DVMatics o PowerDVD o il plugin Lake PLS per il jukebox Musicmatch. In questo modo potete vedere il vostro DVD di mezzanotte alzando il volume al massimo, senza neppure la spesa per i sei diffusori Dolby Digital.

## ► Dentro la Rete

# Come funziona l'e-mail

*La posta elettronica è la principale applicazione di Internet e per molti è diventata il più importante modo di comunicare; qui vi presentiamo i fondamenti tecnici*

Come il telegrafo, il telefono e la radio, anche la posta elettronica ha trasformato radicalmente il modo in cui la gente comunica. Molti ricordano inventori come Morse, Bell e Marconi, ma pochi conoscono Ray Tomlinson, lo sviluppatore che nel 1971 ha introdotto l'e-mail e inventato la notazione *nome@dominio* per gli indirizzi di posta elettronica. Tomlinson, senza clamore, trovò il modo di estendere agli utenti di computer remoti la funzione di posta che esisteva per gli utenti di una stessa macchina. A quel tempo la rete era *Arpanet*, progenitrice di Internet; bastarono due anni perché tre quarti del suo traffico fosse costituito da messaggi di e-mail.

Oggi il normale utente può usare l'e-mail in due modi fondamentali: attraverso uno dei siti Web che offrono un servizio di posta gratuito (detto Webmail), senza altro software oltre al browser, o installando un programma di posta (come Outlook o Eudora) sul proprio o sui propri computer.

Nel caso della Webmail è il provider che pensa a tutto: l'utente non ha bisogno di sapere che esistono protocolli di e-mail come POP3 e SMTP e può connettersi da qualunque computer per ricevere e spedire messaggi.

D'altra parte un programma di e-mail offre molte funzioni aggiuntive ed è più rapido e comodo da usare; permette di organizzare i messaggi in cartelle, gestire più account (possedere cioè diversi indirizzi e-mail anche su server diversi), creare liste di distribuzione, gestire la rubrica dei contatti, fare spedizioni multiple e altro ancora. Perciò iniziamo considerando il caso più frequente, quello di un utente che utilizza un programma di posta e un servizio di e-mail a basso costo, basato sul fatto che l'utente preleva

periodicamente i messaggi dal server, liberando lo spazio della casella postale (che altrimenti si riempie bloccando ulteriori arrivi).

la prima cosa da fare è impostare l'indirizzo del server per la posta in arrivo (il più delle volte di tipo POP3) e quello del server per la posta in partenza (SMTP). POP significa *Post Office Protocol*, un protocollo (linguaggio e regole che governano la comunicazione di dati fra due sistemi) nato non molti anni fa per prelevare i messaggi dalla propria casella postale.

SMTP è l'acronimo di *Simple Mail Transfer Protocol*, un protocollo nato nel 1980 per trasportare i messaggi da un sistema di posta all'altro. Sia POP3 sia SMTP si basano su messaggi di testo, facilmente comprensibili anche dai non tecnici una volta che si disponga della sintassi dei comandi (diversi comandi sono comunque intuitivi).

## SMTP

Vediamo il percorso di un messaggio. L'ipotetico utente Mario, con account *Mario@provider1.it*, intende inviare un messaggio a *Carlo@azienda2.it*. Mario utilizza come programma client di posta Outlook, in cui ha impostato i server *pop3.provider1.it* e *smtp.provider1.it* rispettivamente per ricevere e inviare posta (i nomi sono arbitrari: potrebbero anche chiamarsi entrambi *mail.provider1.it*).

Mario scrive il messaggio in Outlook e fa clic su *Invia*; Outlook si collega su Internet al computer *provider1.it* utilizzando il protocollo SMTP, quindi specifica la porta 25, che per default è riservata al software che elabora l'SMTP. L'indirizzo IP del computer e il numero di porta sono i due elementi che permettono la comunicazione

tra programmi in esecuzione su computer collegati a Internet. L'indirizzo IP è fornito da un server DNS (*Domain Name System*) che, come un elenco telefonico, associa il nome mnemonico del dominio al suo indirizzo Internet. I numeri di porta per gli impieghi comuni sono standardizzati, anche se possono essere personalizzati.

Il messaggio che Mario vuole inviare a Carlo contiene gli indirizzi del mittente e del destinatario e transita sul server SMTP di *provider1*; da qui il server di posta lo inoltra, sempre tramite SMTP, al server di posta presso cui è registrato Carlo.

Si noti che l'indirizzo e-mail di Carlo contiene il dominio del destinatario (*azienda2.it*) ma non il server SMTP di destinazione (per es. *mailsmtp.azienda2.it*). Difatti il server SMTP locale sa ugualmente come trovarlo, perché il database dei DNS contiene le informazioni che associano un server di posta al suo dominio. Perciò il server SMTP di *provider1*, tramite un server DNS, si informa sul dominio *azienda2.it*, si procura l'indirizzo del corrispondente server SMTP e gli invia il messaggio destinato a Carlo. Quando il server di posta di destinazione riceve questo messaggio lo deposita nella casella postale di Carlo, in attesa che Carlo lo prelevi.

## POP3

SMTP è nato quando i computer erano mainframe o mini, collegati in permanenza alla rete e usati da una moltitudine di utenti.

Quindi il trasporto dei messaggi via SMTP si basava sul presupposto che tutte le macchine fossero accese e collegate; in caso contrario i messaggi trasmessi sarebbero andati perduti. Con l'avvento del PC, era vero il contrario; solo con

la diffusione della banda larga si potrebbe supporre che i PC siano sempre accesi e collegati, ma neppure in questo caso sarebbe una certezza. Invece la maggior parte degli utenti tuttora si collega temporaneamente via modem e poi si disconnette.

Già nel 1984 una RFC (*Request For Comments*, si chiamano così i documenti che definiscono gli standard di Internet) riconosceva la necessità di un supporto SMTP per i PC. Il risultato è stata l'introduzione, anni dopo, del protocollo POP (*Post Office Protocol*), che di solito viene usato in coppia con l'SMTP.

Il server di posta del vostro provider riceve i messaggi via SMTP e quando voi lo desiderate il programma di posta li preleva collegandosi al server POP3 (l'attuale versione di POP) del provider.

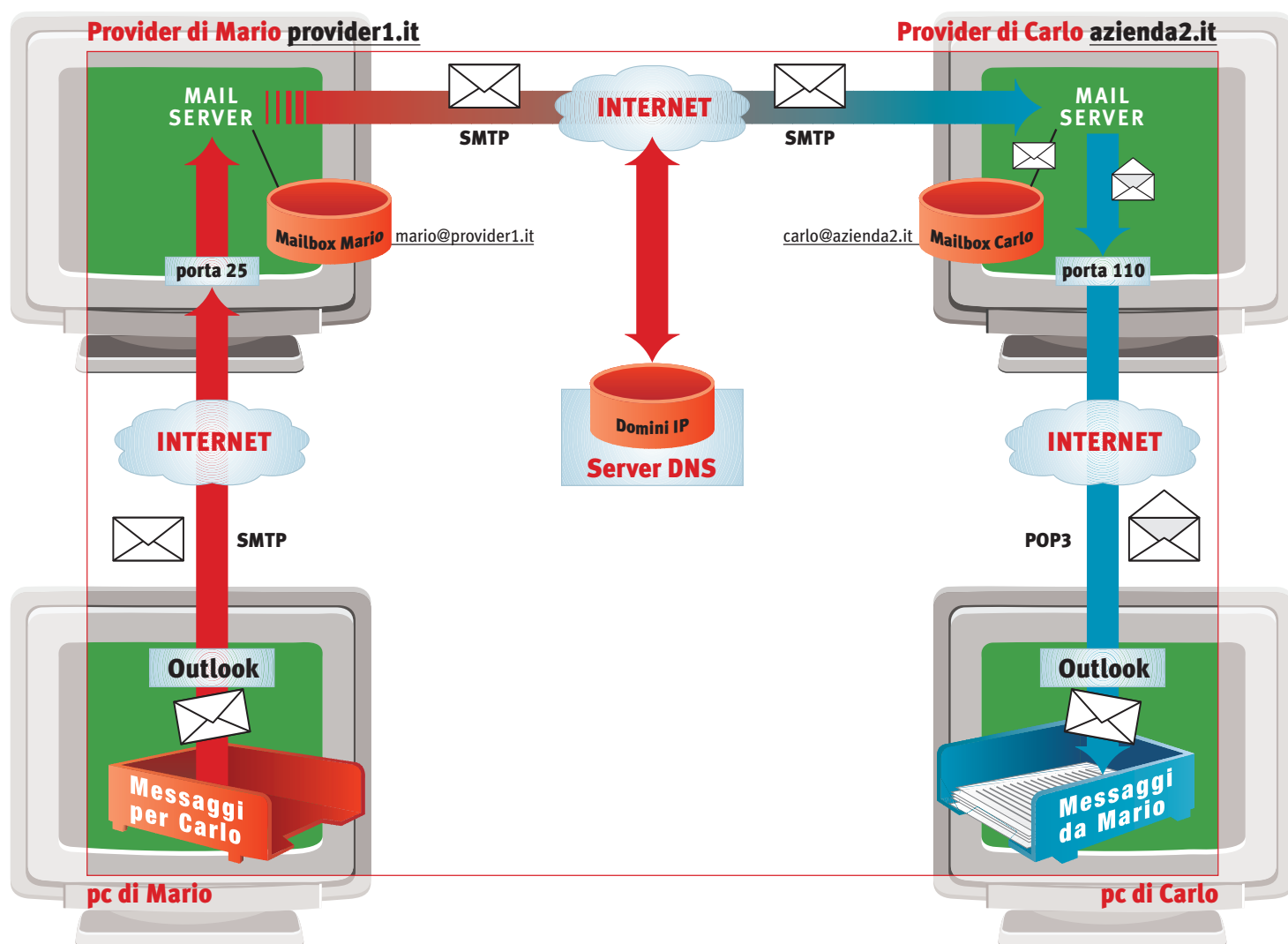
Quando Carlo apre Outlook (o un altro client di posta) per consultare la posta in arrivo, Outlook si collega al server locale (per es. *mailpop3.azienda2.it*) usando la porta 110, quella standard per POP3.

Se Carlo non ha modificato il default, dopo il prelievo dei messaggi questi vengono cancellati dal server e sono copiati sull'hard disk di Carlo (nel caso di Outlook tutti i messaggi risiedono in un file con estensione .pst).

Se volete accedere alla vostra casella postale da più computer con POP3, dovete modificare le impostazioni di default, lasciando i messaggi sul server anche dopo la lettura. Ad esempio, tramite Outlook, potete impostare la cancellazione manuale dei messaggi (un metodo poco pratico) o impostare la cancellazione automatica dopo un certo numero di giorni dalla ricezione.

Un altro inconveniente dei client di posta, non dipendente

## Il percorso della posta elettronica



dal protocollo POP3, è che nel momento in cui elencate i messaggi ricevuti, il programma li scarica dal server al computer dell'utente, il che non è l'ideale se ricevete dosi massicce di pubblicità non richiesta (Spam).

### IMAP4

IMAP (*Internet Mail Access Protocol*), giunto alla versione 4 e supportato dai principali client di posta (come Outlook) espande le funzionalità di POP3 ed è più flessibile.

Anche IMAP funziona in coppia con SMTP: SMTP conserva il ruolo di invio dei messaggi, mentre IMAP vi permette di accedere alla vostra casella postale da qualunque computer con una schiera di funzioni ag-

giuntive. Con IMAP potete fare download selettivi (anche parziali) dei messaggi che selezionate, consultare la testata dei messaggi senza dover scaricare il contenuto, costruire una struttura gerarchica di cartelle sul server e creare rubriche e link a documenti e forum.

Inoltre IMAP usufruisce di caratteristiche di sicurezza superiori rispetto a POP3 (per esempio supporta protocolli di sicurezza come Kerberos, un sistema sviluppato dal MIT per identificare utenti e dispositivi in ambienti client-server).

Con IMAP potete anche fare ricerche sui messaggi in base alla testata, all'argomento o al contenuto.

Evidentemente IMAP richiede server molto più capaci e

potenti per memorizzare le informazioni ed eseguire funzioni sofisticate. Per questo è supportato da provider che offrono servizi professionali e a pagamento, mentre il POP3 è tuttora prevalente dove l'economia sia il criterio principale.

Se il vostro provider supporta IMAP, vi conviene senz'altro configurare il client di posta impostando per la posta in arrivo l'indirizzo del server IMAP. In tal caso, quando Outlook si collega al server per vedere se c'è nuova posta, si connette alla porta 143 del computer, quella standard per il software IMAP.

### MIME

Mentre inizialmente i messaggi di posta erano ristretti a

brevi testi con un limitato set di caratteri, l'uso del PC e la multimedialità hanno portato nel 1992 alla nascita di MIME (*Multipurpose Internet Mail Extension*), un protocollo che definisce come codificare i file più svariati per trasportarli attraverso l'infrastruttura di e-mail.

L'estensione MIME supporta file binari, file con set di caratteri diversi dall'originario US-ASCII, immagini, suoni, video e documenti memorizzati in formati speciali (per esempio i file compressi).

MIME preserva anche le fonti utilizzate nel messaggio. Oltre a MIME sono stati usati altri standard di codifica dei file, come UUencode e BinHex. ■

Giorgio Gobbi



# I termini per capire l'e-mail

## ASCII

American Standard Code for Information Exchange: la codifica numerica standard usata dai computer per rappresentare lettere latine minuscole e maiuscole, cifre e punteggiatura.

## DOMAIN NAME

Nome di dominio: il nome che identifica univocamente un certo server Internet (per esempio [www.01net.it](http://www.01net.it)), a cui corrisponde un indirizzo IP numerico. È compito dei server DNS (Domain Name System) tradurre i nomi di dominio in indirizzi IP (Internet Protocol).

## ENCODING

Un metodo per inviare dati binari (file non di testo) insieme ai messaggi di e-mail. Le normali opzioni di codifica includono MIME, BinHex, UUencode e così via. Il mittente e il ricevente devono usare lo stesso standard.

## ESMTP

Extended Simple Mail Transfer Protocol, estensioni che aggiungono nuovi comandi all'SMTP. Con ESMTP il software client può chiedere al server quali funzioni supporta e agire di conseguenza.

## HEADER

L'Header (testata) è la prima parte di un messaggio di posta elettronica e contiene informazioni sul percorso che il messaggio ha seguito attraverso Internet. La maggior parte della testata non viene solitamente visualizzata dal client di posta, ma può essere recuperata opzionalmente.

## IMAP4

IMAP (Internet Mail Access Protocol versione 4) è il protocollo più potente e flessibile per organizzare e leggere la posta in arrivo. I messaggi restano sul server, organizzati in cartelle e scaricabili anche parzialmente. IMAP è particolarmente adatto per chi utilizza l'e-mail da più computer.

## INDIRIZZO E-MAIL

L'identificatore che permette di inviare messaggi di posta elettronica a un utente su Internet.

## INDIRIZZO IP

La rappresentazione numerica del nome di un host, ovvero l'indirizzo dell'host utilizzato dai protocolli Internet, a differenza del nome di

dominio che ne è una versione mnemonica in formato testo.

## MAILBOX

Casella postale, il contenitore dove vengono depositati i messaggi trasportati via SMTP e destinati a un utente registrato. Un software MTA deposita i messaggi nella mailbox; un software MUA li preleva.

## MIME

Multipurpose Internet Mail Extension: è un protocollo che definisce come codificare i file più svariati per trasportarli attraverso l'infrastruttura di e-mail. MIME supporta file binari, file con set di caratteri diversi dall'originario US-ASCII, immagini, suoni, video e documenti memorizzati in formati speciali (per esempio compressi).

## MTA

Message Transfer Agent: nell'architettura e-mail di Internet un MTA è un programma responsabile della consegna dei messaggi. Dopo aver ricevuto un messaggio da un MUA o da un altro MTA, un MTA lo memorizza temporaneamente, analizza i destinatari e lo inoltra a un altro MTA, oppure lo consegna a un indirizzo locale. Il più diffuso MTA per Unix è Sendmail; Exchange Server è un esempio di MTA nel mondo Microsoft.

## MUA (O UA)

Mail User Agent: il programma che permette all'utente di comporre, leggere e spedire i messaggi di posta elettronica. Il MUA fornisce l'interfaccia tra l'utente e il MTA: la posta in uscita è consegnata a un MTA per la consegna; la posta in arrivo è prelevata dove è stata lasciata da un MTA. Esempi di MUA sono Outlook ed Eudora.

## NETIQUETTE

Incrocio tra rete (Net) ed etichetta, ovvero il galateo dei messaggi inviati su Internet, in particolare via posta elettronica. Un esempio dei precetti è: "QUANDO SI USA DEL TESTO TUTTO MAIUSCOLO È COME SE L'AUTORE DEL MESSAGGIO STESSE GRIDANDO".

## POP3

Post Office Protocol versione 3 è il più diffuso protocollo per leggere la posta dalla casella, dove è stato depositato da un software MTA via

protocollo SMTP. POP è un protocollo offline: si basa sul prelievo dei messaggi dal server, che vengono poi trasferiti sul computer dell'utente, liberando la casella postale.

## PORTA

In Internet la "porta" è un numero che talvolta segue un URL, separato da ":". Ogni servizio su un server Internet è in ascolto su un certo numero di porta, una sorta di indirizzo che serve per connettere tra loro programmi in esecuzione su computer diversi e connessi a Internet. Nella maggior parte dei casi si usano i numeri di porta standard (per esempio 21 per i server FTP, 80 per i Web server, 110 per POP, 25 per SMTP), ma si possono utilizzare numeri non standard, a patto di includerli nell'URL.

## RFC

Request For Comments: sono i documenti che descrivono gli standard di Internet. Il processo di formazione degli standard, sotto la supervisione dall'IETF (Internet Engineering Task Force), prevede la pubblicazione on line di una RFC per facilitare la discussione e creare il consenso intorno alla proposta. Ad esempio, lo standard per il formato dei messaggi di e-mail è l'RFC 822, uno degli standard principali riguardanti l'e-mail. Le RFC sono disponibili attraverso molti siti, a partire da [www.rfc-editor.org/](http://www.rfc-editor.org/), da cui si possono scaricare tutti i documenti aggiornati settimanalmente.

## SMTP

Simple Mail Transfer Protocol, il protocollo utilizzato per il trasporto e la consegna dei messaggi su Internet. Viene usato in coppia con un protocollo per la lettura dei messaggi, come POP3 e IMAP4.

## Telnet

Un programma di emulazione terminale usato per connettere un computer a un host o server remoto. Telnet è una delle più vecchie applicazioni per Internet e ha un'interfaccia a caratteri. Può essere utilizzato tra l'altro per aprire sessioni con server POP3 e SMTP, che utilizzano comandi in formato testo.

## WEB MAIL

Chiamata anche Web-based Mail: a differenza della normale e-mail

utilizzata attraverso un programma client di posta (come Outlook ed Eudora), la Webmail prevede la lettura e scrittura della posta via browser, indipendentemente dal computer utilizzato.

Per usare un servizio di Webmail basta registrarsi presso uno dei siti che offrono servizio di posta gratuito (per esempio [www.libero.it](http://www.libero.it)), dopo di che potete collegarvi da qualsiasi parte del mondo senza dover installare alcun software (basta il browser). Per contro, il servizio è meno efficiente e molto più limitato rispetto alle funzioni di un programma di posta.

## UN ESEMPIO DI TELNET

Telnet è un programma di emulazione terminale ben noto agli utenti Unix (è disponibile anche in Windows). Potete eseguirlo da una finestra DOS, visto che ha un'interfaccia a caratteri. Con Telnet potete collegarvi a un server POP3 o SMTP per ricevere o spedire messaggi. Ecco un esempio di sessione Telnet tra John (macchina client) e il suo server di posta in arrivo ([pop.prodigy.net](mailto:pop.prodigy.net)).

**C:\> : Telnet pop.prodigy.net 110**

**Server:** +OK POP3 server ready

**Client:** USER john

**Server:** +OK

**Client:** PASS drowssap

**Server:** +OK john's maildrop has 3 messages (1720 octets)...

**Client:** LIST

**Server:** +OK 3 messages

1 420

2 460

3 840

**Client:** RETR 1

**Server:** +OK 120 octets

**Server:** <il server trasmette il messaggio n° 1>

**Server:** .

**Client:** DELE 1

**Server:** +OK message 1 deleted

**Client:** QUIT

**Server:** +OK POP3 server signing off

**C:\>**

In questo esempio, John si collega al server POP3, vede che ha tre nuovi messaggi, legge il primo, lo cancella dal server e si disconnette. Questo dialogo utilizza i comandi del protocollo POP3.

## ► Dentro il PC

# Come funziona la CPU

*Un'introduzione elementare per conoscere il componente centrale del computer*

La CPU (Central Processing Unit, unità centrale di elaborazione) è il componente che esegue le istruzioni contenute nei programmi (il software), quindi è l'elemento chiave di un computer. Si chiama CPU perché 1) elabora (muove e calcola) i dati, 2) è il centro dell'elaborazione dei dati in un computer e 3) è un'unità ben definita, costituita da un chip a base di silicio. Oggi solitamente una CPU ha la forma di un circuito integrato che può contenere decine di milioni di transistor; la riconoscete sulla scheda madre di un PC perché è sormontata da un radiatore e da una ventola di raffreddamento.

## 25 anni di CPU per PC

L'8086 del 1978, capostipite delle CPU per PC, aveva 29.000 transistor e manipolava i dati otto bit alla volta; la frequenza di clock (l'orologio che segna il tempo nel computer) era tipicamente tra 4,77 e 8 MHz. Nel 2002 le CPU hanno 1.000 volte più transistor (il P4 arriva addirittura a 55 milioni) perché sono più veloci, eseguono un set più vasto di istruzioni, elaborano più istruzioni alla volta, manipolano maggiori quantità di dati per istruzione e utilizzano le risorse del sistema con maggiore efficienza (per esempio organizzano il lavoro che faranno nei successivi cicli di clock per non rischiare pause di inattività in attesa di dati e risorse). Ma gli anni trascorsi non hanno rivoluzionato i concetti di base di una CPU.

## I blocchi di base

Concettualmente, una CPU è costituita da due mattoni fondamentali: un'unità di controllo CU (*Control Unit*) e un'unità aritmetico-logica ALU (*Arithmetic Logical Unit*) che esegue le operazioni. Nei moderni processori le funzioni di controllo non si riducono alla CU, ci sono diverse ALU che operano in paralle-

lo e ci sono aree di *memoria cache* che servono a mantenere un flusso rapido e ininterrotto di elaborazione; tuttavia le operazioni di base non sono cambiate: si tratta sempre di leggere in memoria la prossima istruzione, interpretarla, procurarsi i dati necessari, eseguire l'istruzione, salvare il risultato e decidere qual è la prossima istruzione da eseguire.

Consideriamo quindi uno schema elementare, dove la CPU lavora a stretto contatto con la memoria mentre apposite unità di *input* e *output* provvedono a inserire in memoria i dati da elaborare e a prelevare dalla memoria le informazioni elaborate (in realtà anche le periferiche sono attivate dalla CPU, ma vogliamo mantenere semplice la scena).

## CU e ALU

L'unità di controllo fa quello che dice: controlla la sequenza di esecuzione delle istruzioni del programma (contenute in memoria); comunica con l'ALU e con la memoria; interpreta l'istruzione corrente e decide quali circuiti attivare; coordina le attività dell'ALU, della memoria e delle unità periferiche e indica all'ALU quali operazioni aritmetiche o logiche deve eseguire.

L'ALU esegue operazioni aritmetiche (somma, sottrazione, moltiplicazione, divisione), operazioni logiche su testo e numeri (confronto tra due dati per determinare se il primo è uguale, minore o maggiore del secondo) e operazioni logiche booleane (AND, OR e NOT che operano su valori binari).

## Il ciclo di esecuzione

Sorvolando sui meccanismi che permettono di avviare un computer e di caricare in memoria il programma da eseguire e i dati da elaborare, vediamo il ciclo di esecuzione delle istruzioni. 1) L'unità di controllo (CU) legge la prima istruzione

dalla memoria e la mette nel *Registro Istruzioni*, 2) la CU determina di che istruzione si tratta (assegnamento di un valore a un dato, confronto tra dati, operazione aritmetica, salto a un'altra istruzione, salto condizionato dall'esito di un confronto, ecc.) e provvede a trasferire dalla memoria all'ALU i dati necessari a eseguire l'istruzione, 3) secondo le direttive della CU, l'ALU esegue l'operazione sui dati, 4) il risultato è scritto in memoria o in un registro (piccole aree di memoria interne all'ALU).

La CU ha il compito di "tenere il segno" in modo da sapere sempre qual è la prossima istruzione da eseguire (quella successiva all'ultima eseguita o quella specificata da un'istruzione che prevede il salto a un altro punto del programma). Quindi, prima di ricominciare il ciclo di esecuzione, la CU aggiorna il *Program Counter* (Registro contatore istruzioni) con l'indirizzo della prossima istruzione da eseguire.

Questo ciclo, comprendente il prelievo dell'istruzione dalla memoria e la sua esecuzione, viene chiamato anche *Fetch-Execute Cycle* (ciclo di prelievo-esecuzione).

## Intorno alla CPU

Perché la CPU possa svolgere i suoi compiti, ha bisogno di interagire con una serie di funzioni e dispositivi: il BIOS (*Basic Input-Output System*) contenente le istruzioni di avvio del PC e le istruzioni di I/O per la gestione delle periferiche (disco, tastiera, video, ecc.); i circuiti hardware che controllano il funzionamento della memoria e degli altri componenti che si scambiano dati e istruzioni; un software di sistema, per quanto minimo, che permetta all'utente di caricare il programma applicativo in memoria e che faciliti l'uso del computer nelle incombenze quotidiane, a partire dalla gestione

dei file. Il BIOS è contenuto in una piccola memoria di sola lettura (riprogrammabile), a differenza della memoria principale, che funziona in lettura e scrittura.

## Così semplice?

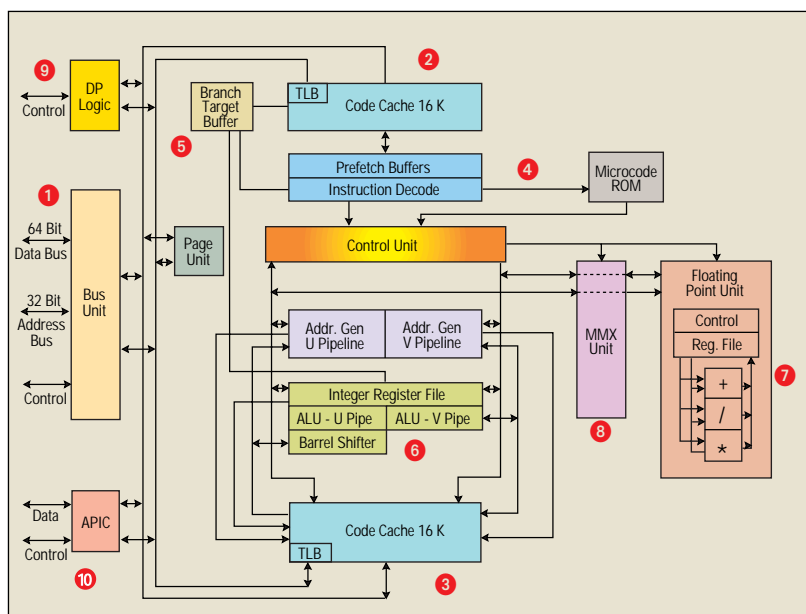
No, tutto si complica passando dai concetti di base alla realtà. Le istruzioni scritte dal programmatore vengono tradotte ("compilate") dal linguaggio di programmazione al linguaggio macchina, quello comprensibile alla CU (per l'esattezza all'*Instruction Decoder*, uno dei componenti delle moderne CPU). In generale una singola istruzione di programma viene tradotta in più istruzioni in *linguaggio macchina* e nella CPU ogni istruzione macchina viene scomposta ulteriormente in una o più microistruzioni elementari.

Le CPU oggi utilizzano *cache* (aree di memoria tampone) per le istruzioni e per i dati, così da tenere già pronte le prossime istruzioni e i dati che presumibilmente serviranno alle prossime istruzioni. Per ottimizzare l'uso delle cache, si usa una gerarchia a più livelli: una *cache di primo livello* (L1) piccola e molto veloce e una *cache di secondo livello* (L2) più grande e meno veloce. Anziché una sola ALU ce ne sono diverse; inoltre sono state introdotte varie tecnologie volte a tenere sempre occupate le ALU, riducendo al minimo i tempi di attesa.

## Pentium

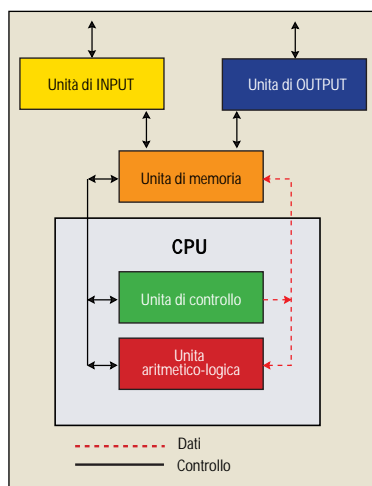
Nel 1993, con il Pentium, Intel introdusse diverse funzioni avanzate, come l'esecuzione di due istruzioni alla volta in certi casi favorevoli, due *pipeline* (divisione delle ALU in cinque stadi successivi, tipo di catena di montaggio, che permette una sovrapposizione delle operazioni) per le operazioni su numeri interi e una *pipeline a floating point* (con virgola mo-

# Schema grafico del funzionamento di una CPU



## SCHEMA ELEMENTARE

Questo è uno schema elementare che mostra i due componenti principali di una CPU. L'unità di controllo (CU) legge un'istruzione dalla memoria, la decodifica e fa sì che i



dati necessari siano passati dalla memoria all'unità aritmetico-logica (ALU); quest'ultima esegue le operazioni sui dati e salva i risultati in memoria o in un suo registro. Il ciclo di prelievo-esecuzione continua con la prossima istruzione, che è quella successiva nel programma o quella specificata da un'istruzione di salto.

## SCHEMA DEL PENTIUM

Il Pentium, relativamente semplice rispetto alle CPU attuali, è pur tuttavia un processore abbastanza avanzato e istruttivo per capire come funziona una CPU.

- 1)** L'interfaccia con il bus (Bus Unit) è il tramite delle comunicazioni con l'esterno, come la lettura delle istruzioni e lo scambio dei dati con la memoria. All'interno il percorso dei dati è largo 32 bit, mentre esternamente è largo 64 bit per velocizzare il traffico con la memoria. Il data bus è collegato alla cache di secondo livello tramite il controllore della memoria contenuto nel chipset del sistema. Se un dato o istruzione non viene trovato nella cache interna (L1), viene cercato nella cache L2 e solo se non viene trovato viene letto dalla memoria (e messo nella cache).
- 2)** La cache delle istruzioni (code cache) serve

a tenere pronte le istruzioni che serviranno nei prossimi cicli di clock. Era di 8 KB nel Pentium del 1993 e di 16 KB nel Pentium MMX del 1997.

- 3)** La cache dei dati serve a tenere pronti i dati che probabilmente serviranno per eseguire le prossime istruzioni. Anch'essa è di 8 o 16 KB come la code cache.
- 4)** Le istruzioni vengono precaricate nei Prefetch Buffers e decodificate; l'unità di Instruction Decode converte le istruzioni precaricate in corrispondenti sequenze di operazioni più semplici (microistruzioni) specificate nella Microcode ROM e passate all'unità di esecuzione (comprendente le due ALU).
- 5)** Il Branch Target Buffer memorizza gli indirizzi degli ultimi salti eseguiti nel programma, in modo da prevedere la prossima destinazione delle istruzioni di salto.

- 6)** Il Pentium possiede due ALU realizzate tramite pipeline a cinque stadi; la pipeline U esegue l'intero set di istruzioni con l'ausilio dell'unità Floating Point, un'altra pipeline a otto stadi. La pipeline V esegue istruzioni semplici sui numeri interi e la singola istruzione FXCH floating point.

- 7)** La pipeline dell'unità FP possiede appositi registri e stadi separati per le operazioni sui numeri in virgola mobile.

- 8)** L'unità MMX venne introdotta nel 1997 per aggiungere istruzioni di manipolazione di matrici che ebbero modesta utilità pratica.

- 9)** Logica Dual Processing per i sistemi a doppio Pentium.

- 10)** Advanced Priority Interrupt Controller, un'unità di controllo degli interrupt più avanzata di quelle precedenti, che supporta il doppio processore e gli interrupt interprocessore.

bile). La funzione di *Branch Prediction* memorizza in un *buffer* la destinazione delle istruzioni di salto condizionato (salto a un'istruzione o a un'altra secondo l'esito di un'istruzione di confronto) in modo da prevedere la destinazione dei salti; così nel 90% dei casi il salto è eseguito in un ciclo di clock e solo quando la predizione fallisce occorre annullare il lavoro preparatorio sulle istruzioni successive al salto.

## Pentium Pro e successivi

Nel 1995 il Pentium Pro introdusse una combinazione di tecnologie nota come *esecuzione dinamica*. In pratica la CPU, per ridurre i tempi morti (in at-

tesa di dati non ancora pronti o di risorse occupate), è in grado di esaminare le prossime istruzioni da eseguire, coglierne le dipendenze reciproche ed esterne, pre-eseguire (fuori sequenza) quelle che non dipendono da dati non disponibili e, man mano che si rendono disponibili i dati richiesti per eseguire il programma in sequenza, riordinare le istruzioni pre-lavorate e confermarne l'esito. In questo modo l'unità di controllo tiene le ALU sempre impegnate. Le diverse versioni di Pentium II (1997) e Pentium III (1999) derivano direttamente dal Pentium Pro, con i benefici dei progressi tecnologici intercorsi (maggiore integrazione,

maggiore frequenza di clock, nuove istruzioni). Alla fine del 2000 il P4 ha introdotto modifiche di architettura che permettono di aumentare la frequenza di clock e il parallelismo di esecuzione delle istruzioni.

## Bus

Il Pentium Pro e il primo Pentium II avevano due *bus* (canali per i dati) e Intel coniò lo slogan *Dual Independent Bus* per indicare un *Frontside bus* che collega (tuttora) la CPU alla memoria principale (RAM) e un *Backside bus* che collegava il processore alla cache L2. Quando la cache L2 venne incorporata nello stesso chip della CPU grazie alla maggiore

integrazione, il Backside bus sparì dalla vista. I circuiti di controllo della memoria finirono stati esterni alla CPU e inclusi nei chip aggiuntivi (il *chipset* di sistema) che permettono alla CPU di interfacciare i vari sottosistemi. Così il *Frontside bus* connette la CPU al *Northbridge*, il componente del chipset che include il controllore della memoria e altre interfacce veloci; il *Southbridge* è l'altro componente del chipset adibito a interfacciare le altre periferiche di I/O. Anche questa suddivisione è in evoluzione: i nuovi chip *Hammer* di AMD includono il controller di memoria all'interno della CPU. ■

Giorgio Gobbi



# I termini per capire la CPU

## ALU

Arithmetic Logic unit, Unità Aritmetico-Logica. È la parte della CPU dove vengono eseguite le operazioni aritmetiche e logiche.

## BRANCH TARGET BUFFER

Buffer degli indirizzi di destinazione dei salti: serve a prevedere la destinazione delle istruzioni di salto condizionato in base agli ultimi salti (256 nel Pentium) eseguiti in precedenza. Nel Pentium, secondo Intel, l'indirizzo di salto viene previsto correttamente nel 90% dei casi.

## BUS

Serie di fili (e relativi circuiti di controllo) che trasmettono dati o indirizzi fra i diversi componenti del computer. Il numero di fili determina l'ampiezza o parallelismo del bus. Il Pentium ha un bus dati di 64 bit e un bus indirizzi di 32 bit. Il bus PCI (Peripheral Component Interconnect) standard ha 32 bit, ma esiste la versione a 64 bit utilizzata sui server. Un bus offre diversi punti di accesso lungo il suo percorso, a differenza di una connessione da punto a punto come l'AGP (Accelerated Graphics Port).

## CACHE

In una CPU sono aree di memoria ad alta velocità, realizzate tramite SRAM, che servono a rifornire

rapidamente di istruzioni e dati la CU e l'ALU, evitando i tempi di attesa che si avrebbero a causa del divario di velocità tra la CPU e la memoria principale. Sono due i livelli di cache (L1 e L2) per le istruzioni e per i dati, ma certi processori prevedono tre livelli. La cache Write-Back (per es. nel Pentium) permette di modificare solo la cache quando un dato cambia; la memoria fisica (molto più lenta) viene aggiornata solo quando il dato in cache viene rimpiazzato da un altro dato.

## CHIP

Nome alternativo per un circuito integrato. Il chip è la piastrina di materiale semiconduttore (solitamente silicio) su cui viene realizzato il circuito integrato.

## CLOCK

Il circuito che scandisce il tempo standard per i vari componenti, come la CPU e i bus.

## CU

Control Unit, Unità di Controllo. È la parte della CPU che preleva le istruzioni da eseguire, le interpreta e ne dirige l'esecuzione da parte dell'ALU.

## ESECUZIONE DINAMICA

Una combinazione di tecnologie introdotta per la prima volta da Intel nel Pentium Pro. La CPU, per ridurre

i tempi morti (in attesa di dati non ancora pronti o di risorse occupate), esamina le prossime istruzioni da eseguire, riconosce le dipendenze reciproche ed esterne, pre-esegue (fuori sequenza) le istruzioni che non dipendono da dati non disponibili e, man mano che si rendono disponibili i dati richiesti per eseguire il programma in sequenza, riordina le istruzioni prelavorate e ne conferma l'esito. In questo modo l'unità di controllo tiene le ALU sempre impegnate, incrementando le prestazioni della CPU.

## FETCH-EXECUTE CYCLE

Ciclo di prelievo-esecuzione. È il processo ciclico con cui la CU preleva un'istruzione dalla memoria (o dalla cache), la decodifica, procura all'ALU i dati necessari per eseguirla e quindi l'ALU esegue l'istruzione e salva il risultato in memoria o nei registri.

## FRONTSIDE E BACKSIDE BUS

Il Pentium Pro e il primo Pentium II avevano due bus: un Frontside bus che collega (tuttora) la CPU alla memoria principale (RAM) e un Backside bus che collegava il processore alla cache L2. Quando la cache L2 venne incorporata nello stesso chip della CPU grazie alla maggiore integrazione, il Backside bus sparì dalla vista.

## INSTRUCTION DECODER

Decodificatore delle istruzioni. È la parte della CU che decodifica (interpreta) le istruzioni in linguaggio macchina che fanno parte del repertorio di istruzioni riconosciute dalla CPU.

## INSTRUCTION REGISTER (IR)

Registro istruzione: un registro speciale dove viene posta la successiva istruzione da eseguire. La CU utilizza questo registro per decidere quali circuiti attivare.

## MEMORIA

Aree del computer dove vengono immagazzinati programmi e dati. Di solito per memoria si intende quella principale (o memoria di sistema, o RAM) utilizzata dalla CPU per eseguire i programmi ed elaborare i dati. Questa è la memoria fisica, a differenza della memoria virtuale che, grazie a meccanismi hardware e software, appare al software più grande della memoria fisica. Il Pentium supporta 4 GB di memoria fisica e 64 TB

(terabyte) di memoria virtuale.

## PIPELINE

Letteralmente, condotta. L'architettura a pipeline prevede che l'esecuzione delle istruzioni sia suddivisa in stadi successivi, che permettono la parziale sovrapposizione delle istruzioni: un'istruzione inizia a essere eseguita prima del completamento di quella precedente. Ogni segmento della pipeline esegue la sua operazione simultaneamente agli altri. Quando un segmento completa un'operazione passa il risultato al segmento successivo e riceve nuovo lavoro dal segmento precedente.

## PROGRAM COUNTER

Registro contatore istruzioni: il registro che contiene l'indirizzo della successiva istruzione da eseguire. È utilizzato dalla CU per prelevare l'istruzione dalla memoria (in pratica dalla cache delle istruzioni).

## RAM

Random Access Memory, memoria ad accesso casuale, ovvero con possibilità di lettura e scrittura in qualsiasi posizione.

## REGISTRO

I registri sono aree di memoria ad alta velocità, per uso speciale o generico, all'interno della CPU, dove transitano gli indirizzi e i dati da elaborare.

## ROM

Read Only Memory, memoria di sola lettura, utilizzata quando i contenuti non devono essere modificati.

## SUPERSCALARE

Si dice di un'architettura di microprocessore che permette l'esecuzione di più di un'istruzione per ciclo di clock. Il Pentium, ad esempio, in determinate circostanze può eseguire operazioni simultanee nelle due ALU, quindi è superscalare, mentre il predecessore 486 non lo è.

## TRANSLATION LOOKASIDE BUFFER (TLB)

Buffer per la rapida conversione degli indirizzi di programma in indirizzi fisici (nei moderni processori la memoria è gestita a pagine, non come lo spazio contiguo sequenziale visto dal programma).

## 25 ANNI DI CPU

| Generazione       | CPU                        | Anno    | N° di transistor |
|-------------------|----------------------------|---------|------------------|
| Prima             | 8086/8088                  | 1978-81 | 29.000           |
| Seconda           | 80286                      | 1984    | 134.000          |
| Terza             | 80386DX/SX                 | 1987-88 | 275.000          |
| Quarta            | 80486SX/DX<br>80486DX2/DX4 | 1990-92 | 1.200.000        |
| Quinta            | Pentium                    | 1993-95 | 3.100.000        |
|                   | Cyrix 686                  | 1996    |                  |
|                   | AMD K5                     | 1996    |                  |
|                   | IDT WinChip C6             | 1997    | 3.500.000        |
| Quinta migliorata | Pentium MMX                | 1997    | 4.500.000        |
|                   | IBM/Cyrix 6x86MX           | 1997    | 6.000.000        |
|                   | IDT WinChip 2 3D           | 1998    | 6.000.000        |
| Sesta             | Pentium Pro                | 1995    | 5.500.000        |
|                   | AMD K6                     | 1997    | 8.800.000        |
|                   | Pentium II                 | 1997    | 7.500.000        |
|                   | AMD K6-2                   | 1998    | 9.300.000        |
| Sesta migliorata  | Mobile Pentium II          | 1999    | 27.400.000       |
|                   | Mobile Celeron             |         | 18.900.000       |
|                   | Pentium III                |         | 9.300.000        |
|                   | AMD K6-3                   |         |                  |
|                   | Pentium III CuMine         |         | 28.000.000       |
| Settima           | AMD Athlon                 | 1999    | 22.000.000       |
|                   | Athlon Thunderbird         | 2000    | 37.000.000       |
|                   | Pentium 4                  | 2001    | 42.000.000       |

► Dentro il PC

# Come funziona la scheda grafica

*L'ABC del componente che fa da tramite tra la CPU e i dispositivi di visualizzazione (monitor, TV e altro)*

La scheda grafica (chiamata anche adattatore grafico, scheda video e così via) è il sottosistema che fa da tramite tra la CPU e il monitor. La riconoscete quindi, tra le schede di espansione installate nel Pc, perché è quella a cui è collegato il vostro monitor CRT (*Cathode-Ray Tube*) o LCD (*Liquid Crystal Display*). In alternativa, il processore grafico e i componenti accessori possono essere saldati sulla scheda madre, come avviene normalmente nei computer portatili e in molti desktop di basso costo per ufficio. Da parecchi anni le schede grafiche utilizzano la connessione AGP (*Accelerated Graphics Port*) della motherboard per comunicare con il resto del sistema; riconoscete lo zoccolo perché è l'unico marrone. Per usi particolari esistono ancora rari casi di schede grafiche PCI, di solito utilizzate in aggiunta alla scheda principale AGP. Su un PC vecchio più di cinque anni trovate probabilmente una scheda grafica PCI (zoccolo bianco).

Dalla nascita del PC a oggi si sono avvicendate diverse tecnologie per la connessione del monitor al PC (la scheda grafica), con un'alternanza di interfacce analogiche (tensione che varia con continuità) e interfacce digitali. Sebbene dal 1987 fossimo abituati all'interfaccia analogica, nata con la VGA (*Video Graphics Array*) di IBM, l'avvento dei display LCD ha di nuovo cambiato le carte in tavola. Oggi quindi la scelta della scheda grafica non dipende solo dall'uso che fate del PC (ufficio, giochi, grafica ecc.) ma anche dal tipo di monitor (i CRT sono analogici, gli LCD possono convertire il segnale analogico, ma sono per natura digitali).

Oggi gli LCD sono limitati a 16 milioni di colori, mentre i CRT possono mostrare il miliardo di colori supportato da

gli ultimi processori grafici di Matrox e 3Dlabs.

Prima della diffusione di Windows la scheda grafica era poco più di un *buffer* (chiamato *frame buffer*, *buffer del quadro video*), dotato della poca memoria necessaria a comporre l'immagine dello schermo e dei semplici circuiti necessari per trasferire al monitor i dati da visualizzare e i segnali di sincronismo orizzontale e verticale. L'adozione dell'interfaccia grafica da parte del software costrinse a sviluppare un hardware grafico che venisse in soccorso della CPU, oberata di lavoro per disegnare finestre, spostare bit, riempire poligoni ecc. Nacquero quindi bus più veloci e componenti attivi come i *coprocessori* e gli *acceleratori grafici*. Il sottosistema grafico fu il primo a sbarazzarsi della lenta interfaccia ISA (*Industry Standard Architecture*) e a dotarsi di bus più veloci, prima il *VESA Local-Bus* e poi il PCI, *Peripheral Component Interconnect* (con le parentesi della *Micro Channel Architecture* di IBM e della rivale EISA, *Extended ISA*). Quando i 133 MB/s (solo teorici) del bus PCI si dimostrarono inadeguati a supportare la grafica 3D, fu introdotto l'AGP (che non è un bus ma una connessione punto a punto) con velocità di 1, 2, 4 e 8 volte la velocità del PCI e un collegamento diretto tra la RAM di sistema e la RAM video. Mentre i coprocessori (CPU programmabili specifiche per la grafica) erano usate su costose schede per uso professionale, gli acceleratori divennero il componente standard delle schede grafiche per Windows e altri ambienti grafici (OS/2, X-Window ecc.). A differenza di un coprocessore, controllato dal driver grafico (software), un acceleratore riceve i comandi dalla CPU e genera la grafica relativa, secondo un set di funzioni precodificate in hardware. Per esempio,

la CPU invia il comando di creare un rettangolo e l'acceleratore lo disegna con le dimensioni, posizione e colore specificato.

## Uno schema semplificato

Considerando uno schema minimale di scheda grafica, vediamo quali sono i componenti fondamentali. Il più importante è ovviamente il *processore grafico*, solitamente racchiuso in un singolo chip. Nella fascia inferiore di prezzo (macchine per ufficio) la grafica può essere inclusa nel chipset di sistema sulla scheda madre; all'opposto, le schede grafiche per uso 3D professionale possono avere più chip che si spartiscono la grande quantità di lavoro e di funzioni. In ogni caso oggi la CPU non invia al frame buffer il contenuto dello schermo, ma passa al chip grafico (GPU, *Graphics Processing Unit*) una serie di istruzioni, ad esempio per eseguire uno spostamento o riempimento di bitmap, il riposizionamento e ridimensionamento di finestre, il disegno di linee e poligoni, la scalatura di fonti e il vasto universo delle operazioni 3D. Queste ultime sono diventate tanto complesse che le moderne GPU hanno superato le dimensioni delle CPU (il chip Matrox Parhelia-512 vanta il primato con 80 milioni di transistor).

La *memoria video* (con i relativi circuiti di controllo) è l'altro componente chiave di una scheda grafica, quindi negli anni ha subito una progressiva evoluzione. Da semplice frame buffer, ha ampliato la sua funzione diventando buffer doppio e triplo (per velocizzare la costruzione e trasmissione delle immagini) e comprendendo aree di lavoro dove transitano comandi, descrittori di oggetti e le *texture*, gli elementi di "tappetzeria" che vengono sovrapposti ai poligoni che compongono le immagini 3D per conferire loro un aspetto realistico. La memoria grafica ha raggiun-

to dimensioni che toccano i 256 MB sui modelli di fascia superiore. Dimensioni così alte servono per pilotare più monitor indipendenti e per memorizzare le grandi quantità di dati e texture che servono per gestire velocemente modelli 3D complessi, con un alto numero di poligoni e funzioni di *rendering sofisticate*. Un altro contenuto della RAM è lo *Z-buffer*, che tiene traccia della quota di ciascun pixel dell'immagine sull'asse Z (profondità), così da stabilire se un pixel è da visualizzare o è nascosto. La velocità della RAM video è cresciuta insieme alla frequenza di clock dei processori grafici; si sono viste succedersi parecchie tecnologie fino alle attuali DDR con frequenza di 300 MHz e oltre.

Il RAMDAC (*Random Access Memory Digital-Analog Converter*), un tempo esterno e oggi solitamente integrato nella GPU, è un altro blocco dell'architettura fondamentale di un adattatore grafico. Considerando che i pixel sono descritti da valori digitali (per esempio su tre o quattro byte per rappresentare 16M di colori) e che la maggior parte dei monitor è tuttora analogica, si comprende la necessità di un convertitore digitale-analogico. Il RAMDAC legge i contenuti della memoria video e li converte nei segnali RGB analogici che vengono inviati al monitor. A questo scopo utilizza delle tabelle (*color look-up table*) che stabiliscono la corrispondenza tra ogni valore digitale (il colore dentro una certa tavolozza) e i corrispondenti valori di tensione sui canali rosso, verde e blu in ingresso al monitor. La velocità dei componenti del RAMDAC influenza direttamente la *frequenza di refresh* massima delle immagini, ovvero quante volte al secondo viene rigenerato il quadro video. Lo standard attuale è di 85 Hz, generalmente adeguati per evitare

# Le parti essenziali della scheda video

## RAMDAC

Random Access Memory Digital-Analog Converter: converte la rappresentazione digitale dei pixel nei segnali analogici dei canali rosso verde e blu inviati a un monitor analogico. Utilizza tabelle per trasformare il valore del colore (per es. 8 bit per 256 colori, 24-32 bit per 16M di colori) nei valori di tensione. Oggi di solito uno o più RAMDAC sono inclusi nella GPU

## Connettore per monitor

Può essere singolo o doppio, per monitor analogici, digitali o entrambi. Certi modelli hanno anche connettori di ingresso e/o uscita video (segnale TV)

## BIOS

Basic Input-Output System: contiene funzioni usate dal software per accedere all'hardware grafico ed è personalizzato per le caratteristiche particolari di una scheda grafica

## GPU

La Graphics Processing Unit, a volte più complessa di una CPU, accelera le funzioni di calcolo e visualizzazione degli elementi che compongono le immagini 2D e 3D. Generalmente si tratta di acceleratori grafici che, su comando della CPU, eseguono funzioni grafiche preprogrammate. Le GPU più sofisticate hanno anche delle sezioni programmabili per realizzare effetti speciali. Un'altra categoria di chip grafici è quella dei coprocessori, processori grafici programmabili che operano in parallelo alla CPU su comando del driver grafico

## Memoria video

Sempre più veloce e capace, nel corso degli anni, la memoria video alloggia i vari buffer utilizzati per la costruzione delle immagini, i comandi grafici, la descrizione degli oggetti e le texture che rivestono le superfici 3D per dare realismo agli oggetti

## Connessione AGP

Ha sostituito l'utilizzo del bus PCI per lo scambio di dati e comandi tra la memoria di sistema e la memoria della scheda grafica, senza coinvolgere la CPU e riducendo tempi e numero di operazioni

la fastidiosa percezione di sfarfallio. Scendere sotto i 70 Hz può facilmente provocare affaticamento, mal di testa, bruciore agli occhi e minore produttività.

Il *BIOS video* è l'ultimo dei blocchi che includiamo nella scheda grafica di base. Contiene funzioni usate dal software per accedere all'hardware grafico ed è personalizzato per il modello di scheda, differenziandosi tra schede diverse che utilizzano la stessa GPU. Include la definizione di tutte le modalità video supportate, la diagnostica e le fonti video.

## Un cenno al 3D

In attesa dell'olografia computerizzata e di altre tecnologie di visualizzazione 3D, gli attuali monitor sono bidimensionali. Perciò le schede grafiche eseguono grandi masse di calcoli per rappresentare scene e oggetti tridimensionali nelle due dimensioni del display. La principale differenza tra una scheda da 100 euro e una da

500 è la velocità di visualizzazione delle scene 3D, con movimento in tempo reale del punto di vista, dello sfondo, degli oggetti e delle luci. La differenza di prezzo è legata anche a funzionalità accessorie, come input e/o output video (TV), numero e tipi di uscite per monitor, funzioni multimediali, sintonizzatore TV ecc., ma il giocatore incallito che spende oltre 500 euro per una scheda grafica lo fa perché riesce a giocare ad alta risoluzione con alta qualità dell'immagine e con elevato numero di frame/secondo. Le schede più costose hanno un repertorio di funzioni 3D più ricco, un *anti-aliasing efficiente* (per togliere gli scalini a curve e linee oblique) e una memoria abbondante per accelerare il flusso di comandi, oggetti e texture. Semplificando al massimo, la *pipeline 3D* (sorta di catena di montaggio) di una GPU comprende una fase di *geometria* (trasformazioni, gestione delle luci e altro), una fase di prepa-

razione dei poligoni che formano gli oggetti della scena 3D, una fase di *rasterizzazione* per generare ogni pixel dell'immagine e una fase di *gestione dei buffer e trasferimento al display*. Le specifiche delle moderne schede grafiche 3D occupano parecchie pagine di termini abbastanza indigesti. Potete farvi un'idea della velocità considerando il tasso di generazione dei poligoni e il *fill rate*, la velocità con cui i poligoni vengono riempiti di pixel, ma sono dati teorici da prendere con le molle. Inoltre nelle specifiche non troverete un singolo dato tecnico che esprima la qualità dell'immagine, la fedeltà del colore e la nitidezza del testo. Qualcosa si può scoprire leggendo i white paper dei produttori. Anche la scelta del monitor condiziona i risultati forniti dalla scheda grafica.

## Cosa cercare

Il professionista grafico ha bisogno di nitidezza, colori corretti e adattabili al monitor; il

progettista di animazioni 3D ha bisogno di velocità di rendering e di supporto certificato per le applicazioni 3D che intende usare (di solito basate su OpenGL, l'interfaccia grafica di programmazione usata per le applicazioni professionali e per alcuni giochi); il giocatore vuole soprattutto velocità e supporto degli effetti speciali. Oltre alle funzioni grafiche e alle prestazioni, un criterio di scelta può essere il numero di monitor e TV supportati; Matrox fu la prima a introdurre l'output per due monitor indipendenti nel '99 ed è rimasta all'avanguardia in questo campo, aggiungendo di recente il supporto per tre monitor. Per chi vuole acquisire segnale TV o inviare l'output al televisore o vuole vedere la TV mentre lavora ci sono modelli differenziati.

I protagonisti della grafica sono comunque rimasti in pochi; i principali produttori di GPU oggi sono ATI, Matrox, Nvidia e, per la grafica professionale, 3Dlabs. ■



# I termini per capire la scheda grafica

## LE PAROLE DEL MESE

### PIPELINE GRAFICA 3D

Una serie di operazioni, suddivise in vari stadi, che hanno luogo nel corso della generazione delle immagini grafiche 3D. Solitamente un database di dati che descrivono i vertici dei poligoni è la fonte che alimenta la pipeline, costituita da uno stadio di geometria, uno stadio di rendering e uno stadio di rasterizzazione prima che la scena 3D sia visualizzata su uno schermo 2D.

### GEOMETRIA

Il primo stadio della pipeline 3D. Include i calcoli di geometria analitica usati per proiettare gli oggetti 3D su un display 2D. Usa operazioni a virgola mobile per calcolare la posizione X Y di ogni vertice e la profondità Z per la rimozione delle superfici nascoste. Sono calcolati gli effetti di illuminazione considerando le fonti di luce e il profilo di diffusione.

### RENDERING

Il secondo stadio della pipeline 3D riceve i dati sui vertici dei poligoni (proiettati in 2D) e usa tecniche come l'ombreggiatura e il texture mapping per il loro riempimento. In questa fase vengono miscelati i dati su fonti di luce, immagini di sfondo, texture e attributi della superficie del modello 3D e possono essere applicati antialiasing e correzione prospettica prima di passare alla rasterizzazione.

### RASTERIZZAZIONE

È lo stadio finale della pipeline dove i poligoni usciti dal rendering vengono preparati per la visualizzazione. Si usa una delle tecniche disponibili per escludere le superfici nascoste (come *pixel sorting* e *Z-buffering*). Vengono applicati gli effetti nebbia e trasparenza. Il frame buffer passa le informazioni raccolte al RAMDAC che le invia al monitor.

### AGP

*Accelerated Graphics Port*, la connessione punto a punto tra la scheda grafica e il sistema. Con questo termine si intende anche lo zoccolo sulla scheda madre in cui viene inserita una scheda grafica per AGP. L'AGP, oltre a essere fino a 16 volte più veloce del PCI, instaura un canale privilegiato tra la memoria di sistema e la memoria grafica. Il processore grafico può utilizzare la memoria di sistema come estensione della memoria locale e tenervi ad esempio le texture di grandi dimensioni; solo i pixel effettivamente necessari sono poi trasferiti alla memoria video, senza dover caricare l'intera immagine come avveniva in precedenza.

### ALPHA BLENDING

L'utilizzo di un apposito buffer alpha per modificare il colore di un'immagine; si usa per mostrare il grado di trasparenza di un oggetto, ma permette in generale di miscelare due immagini.

### ANISOTROPIC FILTERING

Quando una superficie ha una caratteristica non uniforme in tutte le direzioni (per esempio le venature del legno, le tracce di pneumatici, un testo su piano inclinato), si può usare il filtraggio anisotropo per miscelare quelle caratteristiche in una sola direzione (la lunghezza del testo e delle tracce, o la direzione della grana) in modo da non perdere i dettagli (ad es. il testo rimane leggibile).

### ANTIALIASING

Una tecnica per rendere fluide linee scalettate o con punti mancanti. Si applica di solito a linee curve e oblique che presentano un aspetto a gradini. Per rimuovere la scalettatura e conferire un aspetto continuo alle linee, ai lati della linea vengono aggiunti punti in diversi colori calcolati tramite un supercampionamento delle aree interessate. Alla normale distanza di osservazione l'effetto è quello di una linea obliqua o curva continua, senza angolature.

### BIT PER PIXEL

Il numero di bit utilizzati per rappresentare il valore di ciascun pixel in un'immagine digitale. Con 8 bit per pixel si possono rappresentare 256 colori; almeno 24 bpp sono necessari per

visualizzare 16 milioni di colori.

### DIRECT3D

L'interfaccia di programmazione 3D di Microsoft, nata per supportare le funzioni 3D dei giochi. Fa parte di DirectX, una famiglia di API (Application Programming Interface) utilizzate per accedere a diversi dispositivi hardware.

### FILTRAGGIO

Il filtraggio (filtering) è un metodo per determinare il colore di un pixel attraverso l'uso delle texture map. Quando si osserva il dettaglio di un poligono, la texture map non contiene sufficienti informazioni per determinare il reale colore di ciascun pixel sullo schermo, quindi lo si calcola per interpolazione utilizzando i pixel reali che circondano il pixel dal colore sconosciuto. Il filtraggio rende fluide le transizioni ma tende ad annubire i dettagli, quindi è adatto soprattutto per il terreno, i pavimenti e le pareti, ma non per i personaggi. Alcuni metodi di filtraggio sono il bilinear filtering (interpolazione dei quattro texel adiacenti) e il trilinear filtering (combinazione di bilinear filtering da due texture map con diverso livello di dettaglio, per un totale di otto texel utilizzati).

### FOGGING

Effetto nebbia: è un effetto atmosferico ottenuto mescolando un'immagine con un'altra immagine traslucida che oscura la prima. È simile all'alpha blending.

### FRAME

Fotogramma: una singola immagine cinematografica o televisiva, concetto esteso all'immagine visualizzata sul display di un computer.

### FRAME RATE

La velocità di avanzamento dei frame in una sequenza video (film, simulazione o animazione) espressa in frame per secondo.

### GPU

La Graphics Processing Unit, a volte più complessa di una CPU, è il processore di una scheda grafica. Ha il compito di accelerare i calcoli e la visualizzazione degli elementi che compongono le immagini 2D e 3D. Generalmente si tratta di acceleratori grafici che, su

comando della CPU, eseguono funzioni preprogrammate. Le GPU sofisticate hanno anche sezioni programmabili per realizzare effetti speciali. Un'altra categoria di chip grafici è quella dei coprocessori, processori grafici programmabili che operano in parallelo alla CPU su comando del driver grafico.

### MIP MAPPING

Dal latino *multum in parvo*, molto in poco. Una tecnica che utilizza più versioni a diversa risoluzione di una texture map, in modo da usare di volta in volta solo il livello di dettaglio necessario, senza caricare sempre l'intera texture. Così gli oggetti appaiono più dettagliati man mano che si avvicinano e più sfumati quando si allontanano. Ogni mip map contiene 1/4 dei dettagli della precedente. La scelta della mip map appropriata avviene in base alla distanza dal punto di vista.

### OPENGL

Un'interfaccia di programmazione 3D multiplatforma sviluppata inizialmente da Silicon Graphics e utilizzata principalmente per applicazioni CAD e di progettazione 3D professionale. Quake è stato il primo di una serie di giochi scritti per OpenGL.

### RAMDAC

*Random Access Memory Digital-Analog Converter*: converte la rappresentazione digitale dei pixel nei segnali analogici dei canali rosso verde e blu inviati a un monitor analogico. Utilizza tabelle per trasformare il valore del colore (per es. 8 bit per 256 colori, 24-32 bit per 16M di colori) nei valori di tensione. Oggi di solito uno o più RAMDAC sono inclusi nella GPU.

### TEXEL

*Texture element*: un pixel che fa parte di una texture map.

### TEXTURE MAPPING

Nella grafica 3D è l'aggiunta di una "tappetzeria" o "pelle" ai poligoni di una scena 3D. A differenza della semplice ombreggiatura (shading), che usa sfumature di colore per riempire i poligoni, il texture mapping applica delle texture, cioè bitmap grafici utilizzati per rendere più gradevole o più realistica la resa dell'oggetto 3D. Le texture possono ad esempio simulare pareti, cielo, materiali ecc.

► Dentro le periferiche

# Come funziona lo scanner

*I principi di funzionamento e i componenti fondamentali spiegati e illustrati usando un modello di Hewlett Packard*

La parola scanner si applica a diversi contesti. Ci sono ad esempio scanner che esplorano bande di radiofrequenza, scanner a caccia di virus e scanner dedicati a censire risorse e indirizzi in rete, ma parlando di scanner gli utenti di PC alludono solitamente agli scanner ottici, periferiche che trasformano in formato elettronico testi e immagini (che possono essere su carta o su pellicola).

Gli scanner ottici possono avere forma e funzionamento diversi. Per semplicità ci occupiamo degli scanner piani (*flat-bed*), che si prestano alla scansione di fogli, libri, piccoli oggetti e anche pellicola, sia pure senza competere in qualità e velocità con i film scanner. Abbiamo preso come esempio un HP ScanJet 6300C, che un paio d'anni fa era probabilmente il migliore tra i modelli con risoluzione ottica di 1200 PPI (pixel per pollice) e prezzo intorno ai 400 dollari.

Le foto dello ScanJet mostrano la struttura interna: l'elettronica e l'alimentatore sul retro (protetti da grate), il carrello con l'assemblaggio ottico mobile, il motore e la cinghia dentata che trascina avanti e indietro il carrello. Sul gruppo ottico si nota la lampada a catodo freddo, un cilindretto bianco del diametro di due millimetri e lungo 25 cm (nel 6300C in

effetti ci sono due lampade sovrapposte). La tecnologia CCFL (*cold cathode fluorescent lamp*) permette di costruire a basso costo lampade molto luminose, che scaldano poco, consumano pochi watt e hanno lunga durata; lampade simili vengono usate nei notebook per la retroilluminazione del display.

## Il percorso della luce

Vediamo ora il percorso che segue la luce, dalla lampada fino al sensore CCD. Il fascio di luce viene emesso dalla lampada dal basso verso l'alto, concentrato sul foglio di carta; viene riflesso verso il basso, attraversa il pannello di vetro e scende nella fessura adiacente alla lampada. Qualche centimetro sotto il piano di vetro c'è il primo specchio largo a circa 45°, che devia il fascio verso la zona posteriore del gruppo ottico.

La luce raggiunge un altro largo specchio, visibile nelle foto all'estremità posteriore del gruppo ottico; da qui viene riflessa frontalmente e colpisce lo specchio superiore sul lato anteriore del gruppo, lungo 9 cm e inclinato verticalmente di circa 45°. Sotto di esso, un altro specchio più corto a circa 45° rimanda la luce verso il lato posteriore; a metà del percorso una lente (nascosta da uno sportello metallico) focalizza il fascio sul sensore CCD, fissato

alla basetta di circuito stampato che si nota sul retro del gruppo ottico. Il sensore consiste di tre file di fotoelementi microscopici, una per colore primario (rosso, verde, blu); ciascuna fila comprende oltre 10.000 pixel, quanti ne occorrono per la scansione di un foglio largo 8,5" (21,6 cm) a 1.200 pixel per pollice.

Durante la scansione il gruppo ottico viene trascinato dal motore passo passo tramite la cinghia dentata; per ogni step viene scansionata una riga di pixel, che il CCD restituisce sotto forma di segnale elettrico analogico alla parte elettronica dello scanner.

L'elettronica controlla costantemente l'avanzamento del carrello; se è necessaria una pausa per elaborare la massa di segnali in arrivo e liberare i buffer, il motore viene fermato per qualche istante prima di riprendere la scansione. L'evoluzione della tecnologia è troppo rapida rispetto alla letteratura tecnica, specialmente quella divulgativa.

Perciò nei documenti tecnici trovate spesso descrizioni e foto di scanner d'altri tempi, dove la lampada è un vistoso tubo fluorescente e il carrello, anziché poggiare direttamente sul telaio dello scanner, scorre lungo uno o due robustissimi tubi che fanno da guida rigida per il voluminoso gruppo ottico.

co. Se oggi aprite uno scanner, non vedete né tubi né grosse lampade e la maggiore sorpresa è quanto sia intensa la luce emessa da quel tubicino di 2 mm che è la lampada CCFL.

## I DPI, una cattiva abitudine

Torniamo al CCD e ai suoi tre segnali di uscita analogici, uno per colore.

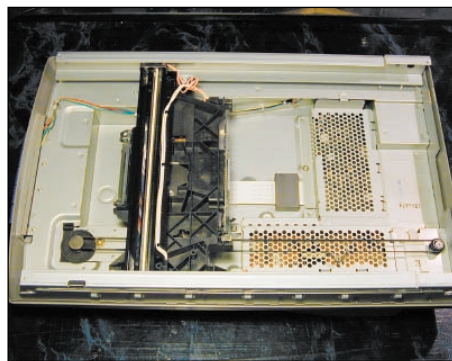
Chi fosse interessato può consultare le specifiche del sensore Sony ILX555K, che è un esempio di CCD a tre colori con 10.680 pixel per colore e densità 1200 PPI; non è quello dello ScanJet 6300C ma è molto simile. Spesso la risoluzione degli scanner viene specificata in termini di DPI (*dot per inch*, punti per pollice), ma è una cattiva abitudine, perché i dot si riferiscono alle stampanti, mentre in uno scanner la risoluzione si misura in termini di pixel campionati per pollice. La dimostrazione? In HP il marketing usa i DPI nelle brochure, mentre i progettisti usano i PPI nelle pubblicazioni tecniche. In ogni caso i 32.040 pixel che escono dal CCD per ogni riga scansionata vengono presi in carico dalla parte elettronica dello scanner, che si occupa sia del controllo del motore sia dell'elaborazione del segnale, che viene digitalizzato e trasferito al computer attraverso un'interfaccia, che negli scanner di basso costo è soli-



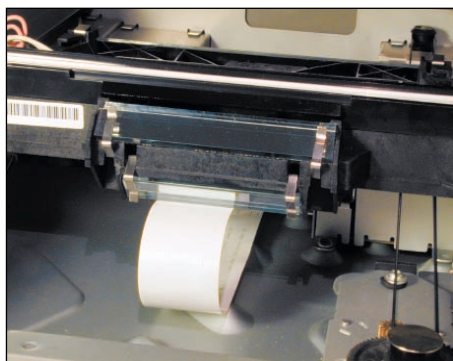
Lo ScanJet 6300C dispone di una serie di tasti per eseguire scansioni, copie, invio di fax



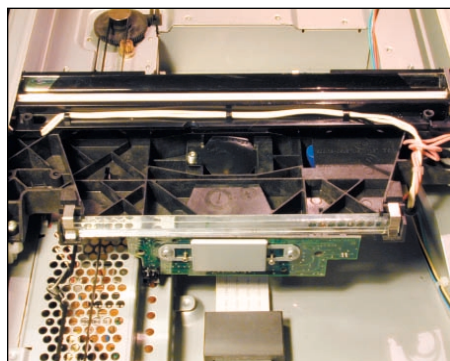
Sotto il coperchio si nota la cinghia dentata che trascina il carrello (nascosto)



Rimosso il piano di vetro, si vede il carrello e le zone dell'elettronica e dell'alimentatore



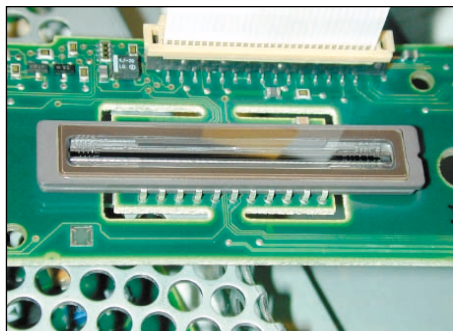
I due specchi disposti a 45 gradi sul lato frontale del carrello



Notare la lampada in cima al carrello e lo specchio e la basetta del CCD sul retro

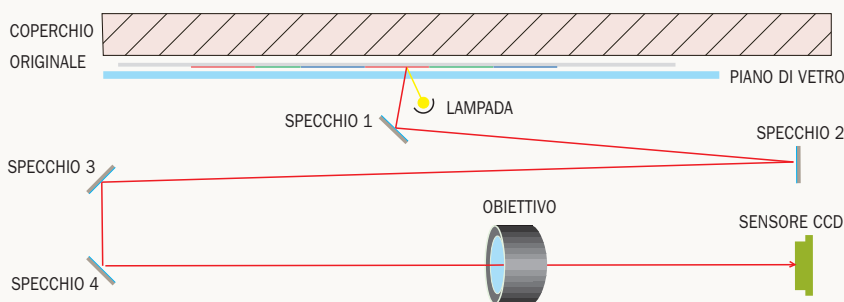


Rimosso lo sportello protettivo si accede direttamente all'obiettivo



Rimosso il coperchio di protezione e la basetta si può osservare il CCD

### IL PERCORSO DELLA LUCE ALL'INTERNO DI UNO SCANNER



tamente USB. Il 6300C apparteneva alla serie professionale di HP e disponeva sia dell'interfaccia USB sia della veloce interfaccia SCSI, tra l'altro ampiamente utilizzata sotto Windows NT, che non supporta il plug and play e l'USB.

Il contenuto digitale trasferito dallo scanner al computer viene preso in carico dal *device driver*, un pezzo di software di basso livello che permette al sistema operativo e alle applicazioni di interagire con la periferica. Da anni i driver per scanner vengono realizzati secondo la tecnologia TWAIN, un termine di origine incerta che di solito viene riportato come acronimo di *technology without an important name*, ma che secondo HP significa fare incontrare l'applicazione e lo scanner secondo l'idioma *meeting of the twain* (fare incontrare i due lati). Senza un driver TWAIN occorre eseguire un'applicazione separata che riceva l'immagine dallo scanner, chiudere questa applicazione, eseguire il programma che deve elaborare l'immagine e aprire il file dell'immagine.

Il driver TWAIN, collocato tra il software applicativo e lo scanner, permette invece alle applicazioni di acquisire direttamente l'immagine dallo scan-

ner, senza passaggi intermedi. Photoshop e i programmi di fotoritocco integrano un driver TWAIN, come pure le utility fornite con lo scanner, che permettono ad esempio di eseguire scansioni, stampare copie, inviare l'immagine (per fax, email o Web) o eseguire il riconoscimento ottico dei caratteri (OCR), che trasforma l'immagine di un testo in testo vero e proprio.

### Come valutare uno scanner

La qualità di uno scanner è determinata in primo luogo dalla qualità dei componenti ottici, tra cui l'obiettivo e il sensore CCD.

A parità di specifiche, la nitidezza dell'immagine, l'equilibrio cromatico (la gamma corretta, senza tinte dominanti) e la gamma di tonalità e livelli di luce, per citare alcune delle caratteristiche principali, sono molto variabili.

La *risoluzione*, ovvero il numero di pixel campionati per pollice (PPI), non è una misura della qualità dell'immagine, perché i produttori, per fare apparire i loro prodotti migliori di quanto siano, hanno progressivamente alzato i PPI senza reale beneficio per l'utente (anzi con il danno di creare file di ingombro gigantesco). Nella

pratica è raro che si utilizzi più di qualche centinaio di PPI per una scansione, ma oggi se uno scanner non offre almeno 1.200 PPI appare di serie B.

Ad esempio, per una pubblicazione stampata a 2.450 DPI con un retino da 133 LPI (linee per pollice), è sufficiente una scansione a 266 PPI. Quello che conta è la capacità dello scanner di separare senza confusione elementi grafici distinti. Questa capacità è misurata dalla *Modulation Transfer Function*, che rappresenta la risposta ottica dello scanner nella scansione di coppie di linee bianche e nere entro i limiti dello scanner.

Per ogni valore di LPPI (copie di linee per pollice) la misura di MTF indica se lo scanner riconosce i dettagli o fornisce un impasto più o meno confuso. L'MTF ha valori tra 0 e 1; più è alto, migliore è la definizione dell'immagine a quella risoluzione.

Quindi la risoluzione in pixel per pollice è solo indicativa; per sapere se uno scanner è di buona qualità l'unico modo è provarlo o leggere il resoconto di un test; le specifiche non dicono niente della nitidezza, della risoluzione tonale, capacità di distinguere i livelli di chiaro e scuro, della gamma di

densità (o gamma dinamica, capacità di catturare le ombre, alla risoluzione tonale e al tipo di supporto (carta o pellicola) e della risposta cromatica.

Sebbene uno scanner abbia una risoluzione massima, vagamente corrispondente ai limiti ottici, in pratica ogni scansione è eseguita secondo la destinazione dell'immagine (pagina Web, documento, quotidiano, libro, catalogo e così via).

Anche il numero di colori influenza la qualità dell'immagine e le dimensioni del file relativo; il numero di bit per pixel può essere uno (bianco e nero), 8 (256 colori), 16 (64K colori), 24 (16M di colori) o anche più. Un'immagine di 4"x6" (circa 10x15 cm) scansionata a 600 ppi con 16 milioni di colori avrebbe l'ingombro di 4x600x600x24=207.360.000 bit, ovvero 25.920.000 byte (quasi 25 MB). Una pagina intera a 1.200 PPI produrrebbe un file di circa 400 MB.

Il formato classico delle immagini prodotte da uno scanner è il TIFF (*Tagged Image File Format*), il più usato dai grafici; un software come il Precision-Scan Pro che accompagna gli scanner HP permette di salvare le scansioni in tutti i principali formati di file.

Giorgio Gobbi



# I termini per capire meglio gli scanner

## LA PAROLA DEL MESE

### SAMPLING RATE

Il tasso o frequenza, in numero di pixel per distanza lineare (PPI), con cui uno scanner campiona gli elementi dell'immagine. La frequenza orizzontale (*X-direction sampling rate*), corrispondente alla frequenza di campionamento ottico, è determinata dal sensore CCD e dal sistema ottico. Un CCD con 10.680 pixel per colore può essere usato per campionare a 1.200 PPI un foglio largo 8,5". La frequenza verticale (*Y-DIRECTION SAMPLING RATE*), corrispondente al movimento del carrello lungo l'altezza della pagina, è determinata dalla frequenza degli step del motore passo passo che guida la cinghia dentata che trascina il carrello. Mentre la risoluzione di uno scanner è fissata dalle sue caratteristiche costruttive, il *sampling rate* varia secondo l'oggetto della scansione e l'utilizzo dell'immagine scansionata. Ecco i consigli di HP. Nel caso di testo e linee è bene usare una profondità di colore di 1 BPP (*bit per pixel*) e un *sampling rate* pari ai DPI della stampante; è inutile superare i 600 PPI e comunque non si usano più di 1.200 PPI. Per le foto si può usare la massima profondità di colore (24 BPP per avere 16M di colori) ma il *sampling rate* è inferiore; di solito funzionano bene valori tra 1/4 e 1/3 dei DPI della stampante. Per essere più precisi si dovrebbero approfondire i concetti della stampa digitale, considerando la frequenza di retino (in linee per pollice), il tipo di retinatura e la risoluzione di output (DPI). Una regola empirica è quella di usare un *sampling rate* pari al doppio della frequenza di retino (a parte eventuali ingrandimenti dell'immagine). Letture consigliate: Adobe Print Publishing Guide, An introduction to digital scanning (Agfa Educational Publishing), "Desktop scanners" di Robert Gann (Prentice Hall - Hewlett-Packard Professional Books).

### ADF

*Automatic Document Feeder*, un accessorio dello scanner per l'alimentazione automatica dei fogli da scansionare.

### CARRELLO

L'assemblaggio mobile dello scanner, su cui sono montati la lampada, gli specchi, l'obiettivo e il sensore CCD.

### CCD

Un sensore CCD (*Charge Coupled Device*) è un dispositivo dotato di una fila o di una matrice di fotoelementi al silicio. Ciascun elemento (corrispondente a un pixel) raccoglie una carica elettrica proporzionale all'illuminazione ricevuta; la carica di ciascun pixel viene convertita in tensione, quindi bufferizzata e fatta uscire dal chip come segnale analogico.

### CCFL

*Cold Cathode Fluorescent Lamp*, la lampada fluorescente a catodo freddo impiegata nella retroilluminazione dei display LCD e negli scanner. I vantaggi sono piccole dimensioni, basso costo, basso consumo, modesta emissione di calore e lunga durata. Gli svantaggi sono il riscaldamento iniziale lento e lo spettro luminoso non particolarmente uniforme.

### CONTACT IMAGE SENSOR (CIS)

Un tipo recente di sensore utilizzato negli scanner più piccoli e di basso costo, di risoluzione limitata.

### DPI

Dots per inch, punti per pollice: la misura di risoluzione delle stampanti. Spesso le specifiche degli scanner utilizzano i DPI, ma è un uso improprio. Per gli scanner si applicano i *samples per inch* (campioni per pollice) o più semplicemente gli equivalenti *pixel per inch* (PPI).

### DYNAMIC RANGE

Gamma dinamica (o gamma di densità), ovvero la gamma dall'oggetto più chiaro a quello più scuro che lo scanner è in grado di distinguere. In pratica la gamma dinamica è la differenza tra i valori tonali massimo e minimo che uno scanner può registrare. Uno scanner con un buon range dinamico è in grado di riprodurre correttamente le sfumature dell'originale, producendo immagini

più brillanti e ricche di dettagli. Il numero di bit per pixel del campionamento determina la massima gamma dinamica di uno scanner.

### FILM SCANNER

Un film scanner (scanner per pellicola) ha una struttura completamente diversa rispetto a uno scanner piano. Può accettare singoli fotogrammi (positivi o negativi), spezzoni di film o pellicola continua. Date le piccole dimensioni dell'immagine, la risoluzione è di parecchie migliaia di PPI. Inoltre, funzionando in trasparenza anziché in riflessione, la scansione della pellicola gode di una gamma di densità molto più ampia rispetto alla scansione degli stampati.

### LPI

Lines per inch (linee per pollice): la frequenza dei retini usati nella stampa di fotografie. La relazione tra i DPI della stampante e le LPI del retino determina la qualità dell'immagine stampata. Ci sono regole sulla risoluzione minima da usare nella scansione in base alle linee per pollice del retino.

### MTF

La Modulation Transfer Function (funzione di trasferimento di modulazione) è la misura della risposta in frequenza di uno scanner o altro sistema ottico. La risposta ottica dello scanner viene misurata nella scansione di coppie di linee bianche e nere (entro i limiti fisici dello scanner). Per ogni valore di LPI (*coppie di linee per pollice*) la misura di MTF indica se lo scanner riconosce i dettagli o fornisce un impasto più o meno confuso. L'MTF ha valori tra 0 e 1; più è alto, migliore è la definizione dell'immagine a quella risoluzione.

### OCR

Il riconoscimento ottico dei caratteri (Optical Character Recognition) è una tecnologia che riconosce i caratteri alfanumerici all'interno di un'immagine e li converte in caratteri ASCII da salvare come file di testo. Solitamente con gli scanner viene fornito un software di OCR.

### RISOLUZIONE OTTICA

La risoluzione ottica (l'unica vera risoluzione) di uno scanner è calcolata dividendo la larghezza dell'area di scansione per la

larghezza (in numero di pixel) del sensore CCD. Viene chiamata anche risoluzione vera, perché non ha a che fare con interpolazioni e subsampling sbandierati per gonfiare artificialmente il numero di pixel per pollice.

### RISOLUZIONE

Il grado di dettaglio contenuto in un'immagine. La risoluzione di uno scanner è la capacità di risolvere (catturare e mantenere distinti) i dettagli fini presenti nell'originale. La risoluzione è influenzata dal *sampling rate* (la frequenza di campionamento in PPI) e da altri aspetti come la qualità dell'obiettivo e il movimento del carrello. A seconda del *sampling rate* scelto per la scansione, lo scanner produce un'immagine con diversa risoluzione e dimensioni. Si può usare un *sampling rate* pari alla risoluzione ottica, ma di solito si usano valori decisamente inferiori, secondo i requisiti della destinazione finale: bozza, Web, quotidiano, periodico, libro e così via.

### SCANNER

Un dispositivo che cattura immagini o testo, convertendoli in un'immagine bitmap.

### TIFF

Tagged Image File Format, un formato di file grafico sviluppato in origine appositamente per gli scanner. Può essere usato per immagini in toni di grigio e a colori ed è diventato il formato standard per i file di immagini, supportato dalla maggior parte delle applicazioni.

### TWAIN

Una tecnologia diventata standard industriale per acquisire immagini da scanner direttamente dall'interno delle applicazioni, senza passaggio intermedio. Con le applicazioni dotate di driver TWAIN e i moderni scanner, si può anche acquisire l'immagine, stamparla, inviarla via fax o e-mail premendo i pulsanti che si trovano sullo scanner. Secondo le fonti, TWAIN significa *technology without an important name*, o l'incontro fra applicazione e scanner secondo l'idioma *meeting of the twain* (fare incontrare i due lati). Photoshop e i programmi di fotoritocco integrano un driver TWAIN. Lo stesso vale per le utility fornite con lo scanner.

## ► Dentro la Rete

# Come funziona l'ADSL

*Grazie a particolari protocolli, l'ADSL riesce a trasportare fino a 8 Mbps (teorici) sulla normale linea telefonica per la voce*

**A**DSL è l'acronimo di Asymmetric Digital Subscriber Line, un termine poco intuitivo per indicare la tecnologia di connessione a banda larga che ha raggiunto maggiore popolarità. ADSL è una variante di DSL, una tecnologia nata per trasmettere sul normale doppino telefonico informazioni (voce, dati, audio/video) a velocità che possono raggiungere parecchi megabit al secondo. Questo risultato è ottenuto trasmettendo sul doppino sia la voce (nella banda da 0 a 4 KHz) sia i dati, sfruttando la banda da 26 KHz a 1,1 MHz con sistemi di modulazione assai sofisticati. D'altra parte per il vasto pubblico una linea DSL serve soprattutto per connettersi a Internet e scaricare più rapidamente pagine, file e streaming audio/video, superando i limiti dei modem tradizionali da 56 Kbps. Ecco quindi la ragione per avere un DSL asimmetrico: l'utente tipico passa la maggior parte del tempo in ricezione, limitando la trasmissione a pochi comandi e dati; perciò l'ADSL suddivide la banda passante disponibile privilegiando nettamente la velocità di ricezione rispetto a quella di trasmissione. Sebbene la tecnologia permetta una banda intorno al Mb/s (megabit/s) in trasmissione e oltre 10

Mb/s in ricezione, gli standard e le applicazioni pratiche sono più limitati. Gli standard ANSI T1.413 e ITU G.992.1 prevedono massimi di 768 Kbps in trasmissione (*upstream*) e di 8,192 Mbps in ricezione (*downstream*). Tra le tecniche di modulazione disponibili, si è imposta la DMT (*Discrete Multitone*), che suddivide la banda di frequenza in 256 sottocanali di 4,3 KHz (toni), ciascuno dei quali viene modulato in ampiezza e fase secondo la QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). I primi sottocanali non vengono usati per lasciare il posto alla banda audio della telefonia vocale; i toni da 7 a 31 (25-138 KHz) sono destinati all'*upstream* (trasmissione) e quelli da 33 a 255 (138-1100 KHz) sono usati in *downstream* (ricezione). Dato che l'intera banda non ha una curva costante di segnale/rumore e attenuazione, ogni sottocanale viene monitorato costantemente e modulato in modo indipendente. Secondo le potenzialità di ogni sottocanale in ogni istante, il sistema decide quanti bit per Hertz possono essere trasferiti su ciascuno dei sottocanali. Il massimo è di 15 bit/Hz, troncato per sicurezza a 14 (ma i sistemi reali possono lavorare molto al di sotto dello standard). Quando i bit

utilizzabili scendono sotto una soglia minima, il sottocanale viene escluso. Anche i più economici modem per ADSL supportano la piena banda passante; per esempio, il diffuso Zyxel Prestige 630 USB supporta 8 Mbps in *downstream* e 832 Kbps in *upstream*. Dai teorici 8 Mbps dello standard scendiamo alla pratica del mondo reale e troviamo i 128/640 Kbps o addirittura 128/256 Kbps proposti al pubblico dai gestori italiani, che limitano la banda per questioni di affidabilità e soprattutto di economia, in modo da ridurre il canone e suddividere l'investimento sul massimo numero di abbonati possibile.

## Le varie tipologie di DSL

Per le aziende con maggiore capacità di spesa il mondo DSL è più vasto; oltre all'SDSL (*DSL simmetrico*) da 2 Mbps (*upstream* e *downstream*), c'è il VDSL (*Very High DSL*) che raggiunge parecchie decine di Mbps su reti ATM e ultimo tratto in fibra ottica. L'HDSD (*High bit-rate DSL*) prevede l'uso di due o tre doppi per ampliare la banda. Sul fronte opposto, lo standard ITU G.992.2 (detto G.lite) prevede un massimo di 1,5 Mbps in *downstream* e 368 Kbps in *upstream*, con l'ulteriore vantaggio di eliminare lo

*splitter* (il filtro che separa la fonia dalla banda dati) presso l'utente. A proposito di *splitter*, è comune che il gestore offra all'utente due soluzioni: installare uno *splitter* centralizzato o tanti microfiltri (che lasciano passare solo le basse frequenze) quanti sono i telefoni e i fax installati.

In termini di architettura generale, l'ADSL è una delle tecnologie di *strato fisico* e *data link* che supportano l'ATM, la tecnologia di *switching* che permette di trasmettere dati, audio e video a velocità fino a 10 Gbps. Lo strumento che integra ATM e ADSL è il DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), un moltiplicatore che nelle centrali telefoniche attrezzate per l'ADSL fa confluire tante linee ADSL in un fascio ATM ad alta velocità. In pratica, la centrale Telecom separa dalla linea telefonica dell'abbonato il segnale a bassa frequenza del traffico vocale e il segnale multitone della banda ADSL, che viene inviato al DSLAM e da qui alle connessioni virtuali permanenti ATM. Un esempio di protocollo usato di frequente dai modem ADSL è il PPPoA (PPP over ATM), chiamato anche RFC2364.

Le informazioni tecniche però, a parte la banda passante in entrata e in uscita, non dico-

## GLOSSARIO

### ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line, una connessione permanente alla rete che vi permette di telefonare e di accedere contemporaneamente a Internet ad alta velocità.

### ATM

Asynchronous Transfer Mode, lo standard di trasmissione dove più tipi di servizio (come voce, video e dati) sono veicolati dentro celle di 53 byte. La lunghezza fissa delle celle permette una veloce elaborazione in hardware riducendo i tempi di transito.

L'ATM è stato progettato per sfruttare i mezzi di trasmissione ad alta velocità (fino a parecchi Gigabit/s).

### BANDA PASSANTE

La quantità di dati che si può trasmettere e ricevere per unità di tempo. Nell'ADSL la banda in ricezione (*downstream*) supera di molto quella in trasmissione (*upstream*).

### BANDA MINIMA GARANTITA

I migliori contratti di accesso ADSL specificano la velocità di trasferimento minima garantita anche

quando la rete è sovraccollata (ma dipende anche dal rapporto utenti/risorse stabilito dal gestore).

### DMT

Discrete Multitone, modulazione che consiste nel suddividere la banda ADSL in 256 sottocanali di circa 4 KHz, ciascuno modulato in ampiezza e fase in modo indipendente. In questo modo si riesce a ottimizzare la quantità di informazione compatibile con la qualità di trasmissione (rapporto segnale/rumore) che ogni canale presenta momento per momento.

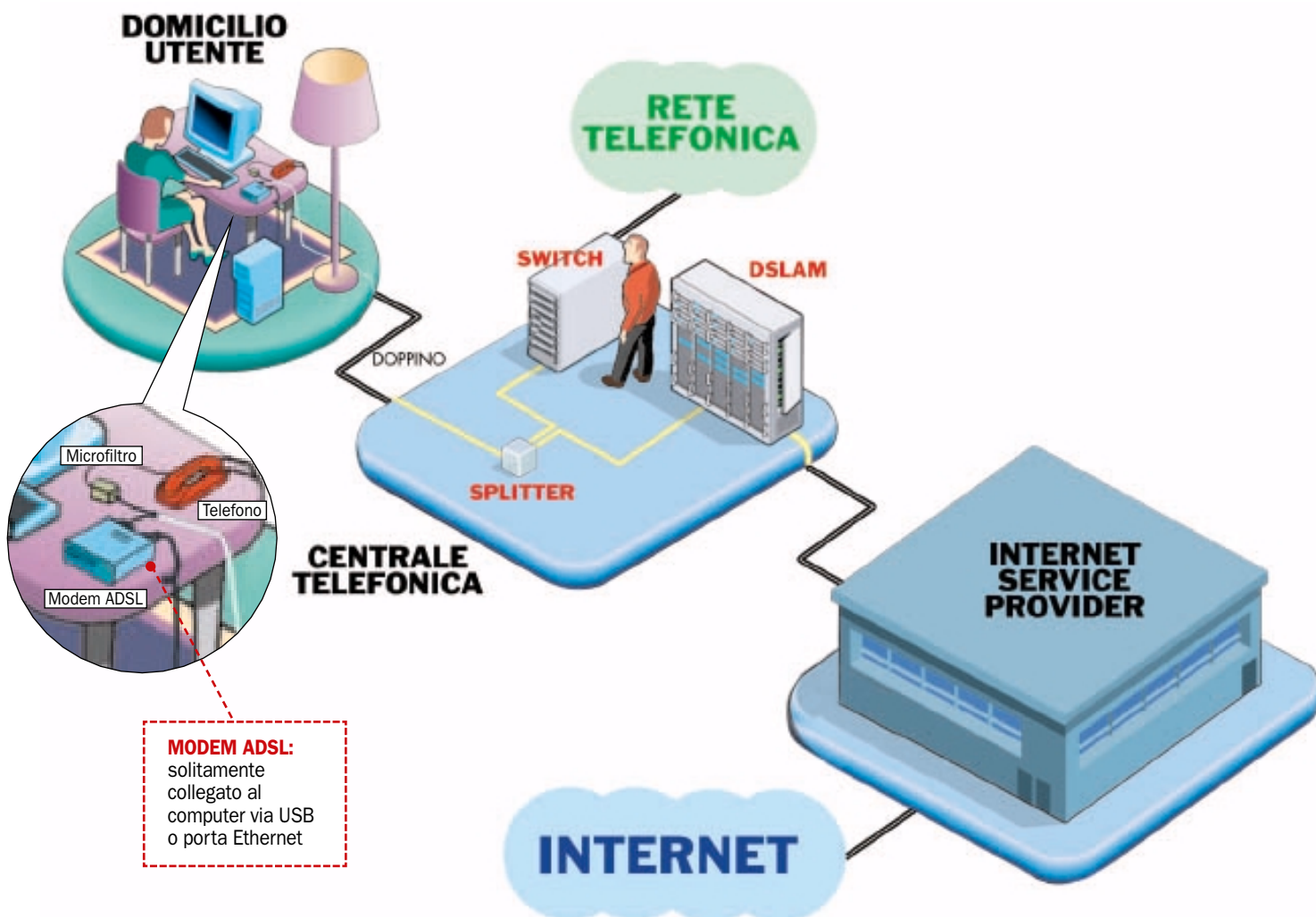
### DSLAM

Digital Subscriber Line Access Multiplexer, il moltiplicatore che collega tante linee ADSL a un fascio ATM. Il DSLAM è l'elemento chiave che permette il trasporto delle celle ATM fino all'abbonato sfruttando il supporto fisico e la struttura di collegamento dell'ADSL.

### QAM

Quadrature Amplitude Modulation, la modulazione in ampiezza e fase che permette di trasmettere fino a 15 bit per Hz sui sottocanali della banda ADSL.

## La rete ADSL



no molto sulla qualità del servizio offerto dai gestori, i quali a loro volta dipendono da Telecom per l'attivazione della connessione ADSL.

### La scelta del fornitore

Gli elementi da considerare nella scelta di un fornitore di ADSL sono numerosi. Vediamone alcuni: canone (si parte da poco più di 40 euro/mese), banda passante massima, banda passante minima garantita (spesso non dichiarata, cioè zero), disponibilità di assistenza tecnica e commerciale telefonica, costo di attivazione (che a volte è gratuita), eventuale quota per l'acquisto o noleggio del modem (da confrontare con il prezzo di mercato del modem), disponibilità e costo dell'installazione a domicilio (utile per chi non ha conoscenza tecnica), configurazioni hardware/software supportate (soprattutto interfaccia del modem e sistema operativo),

possibilità di condivisione del collegamento tra più PC (e disponibilità del supporto tecnico per chi ne ha bisogno) e tempo di installazione e attivazione. Per le aziende, che probabilmente vorranno condividere l'accesso ADSL su più PC, la scelta potrebbe essere anche tra l'uso di un router e la condivisione software; quest'ultima è più economica, ma il buon funzionamento del PC collegato alla rete condiziona l'accesso a Internet di tutti gli altri computer. Oltre al servizio ADSL il contratto può includere la registrazione di un dominio, l'hosting, l'assegnazione di uno o più IP statici, un numero di caselle e-mail e altri servizi. Queste informazioni permettono di restringere la rosa dei candidati, ma non di scegliere con fiducia. A questo punto è utile chiedere ai conoscenti ed esplorare i forum dove gli utenti di ADSL esprimono pareri (cioè si sfogano) e denunciano

disservizi. A volte il servizio viene sospeso per periodi di minuti od ore, altre volte è il DNS che va in tilt, permettendo l'accesso solo tramite l'IP numerico.

A volte user e password sono rifiutati, e via dicendo. Emblematico è stato il colossale disservizio subito lo scorso novembre dagli utenti di Aruba, che nel trasferire le linee a Virgilio-Tin sospese il servizio ADSL per settimane.

Se avete una discreta conoscenza tecnica e utilizzate uno dei modem consigliati dal gestore, potete anche decidere di acquistare il modem e risparmiare sia sul canone sia sul costo di installazione. Specialmente nel caso dei modem USB, l'installazione è facile: si riduce a selezionare un protocollo per il driver (potete usare quello WAN per simulare una connessione remota con login o quello LAN per simulare una connessione fissa Ethernet) e

impostare alcuni parametri come i numeri di *Virtual Path* e *Virtual Circuit* e il tipo di modulazione (forniti dal gestore).

Dopo aver visto di che si tratta, possiamo chiederci: a chi serve l'ADSL? In generale a tutti gli utenti che utilizzano Internet per più di un paio d'ore al giorno e che non vogliono bloccare il telefono durante la connessione, specialmente se desiderano scaricare file ingombranti, come musica, video e software. Inoltre la connessione ADSL è permanente: una volta attivata risponde istantaneamente ai vostri comandi, senza i tempi di attesa necessari per collegarsi a un provider via modem da 56K. Però l'ADSL non è l'unica soluzione e non è disponibile in tutto il territorio nazionale. Può valere la pena valutare anche le altre offerte, che vanno dalla fibra ottica alla trasmissione via satellite. ■

Giorgio Gobbi



# I termini informatici più comuni

## LA PAROLA DEL MESE

### COOKIES

Un cookie (biscotto) è una piccola quantità di dati memorizzata in un file di testo del vostro hard disk e creata per effetto delle pagine Web che avete visitato e dei vostri clic con il mouse. Una volta memorizzato, un cookie viene letto da un server quando aprite una pagina già visitata in precedenza. Se ad esempio vi siete registrati presso un sito che vi ha assegnato user e password, ogni volta che vi tornate non sarà necessario reinmettere i dati per fare il login. Senza i cookies, l'e-commerce sarebbe molto più macchinoso e da questo punto di vista i cookies svolgono una funzione senz'altro utile.

Più in generale, si può dire che i cookies contengono informazioni riguardanti il computer e l'uso di Internet da parte dell'utente; queste informazioni quindi possono essere analizzate e usate dalle aziende e dalle agenzie pubblicitarie per tenere traccia dei vostri interessi e gusti on line. Questa è un'arma a doppio taglio: può servire a indirizzare le informazioni di vostro interesse ma anche a scrutare dove andate e su cosa cliccate sul Web, senza troppi scrupoli per la privacy. Nel complesso i cookies, come i biscotti, sono una cosa positiva se non si esagera. Da un lato dobbiamo ringraziare un cookie se un sito di e-commerce ci permette di mettere e togliere gli articoli nel carrello in tempi diversi e magari eseguire il check-out (passare alla cassa) qualche giorno dopo, senza reinserire ogni volta i dati personali. D'altra parte è bene imparare in quali directory sono conservati i cookies (così da poterli cancellare) e quale menu del vostro browser offre la scelta tra accettare sempre i cookies, rifiutarli o chiedere conferma prima di installarli, la scelta migliore per cautelarsi dai siti troppo invadenti.

### BANDA LARGA

In generale si riferisce a telecomunicazioni in cui è disponibile un'ampia banda di frequenze per trasmettere le informazioni, che possono occupare simultaneamente diversi canali o frequenze all'interno della banda. Ad esempio, l'ADSL e la trasmissione digitale tramite la connessione della TV via cavo offrono banda larga in ricezione.

### CHAT

Una forma di comunicazione interattiva on line che permette di intrattenere conversazioni con altri utenti in tempo reale tramite il computer. Su Internet può avere luogo tramite apposite pagine web note come chat room oppure attraverso canali IRC (Internet Relay Chat). In entrambi i casi, quando partecipate a una discussione chat, i vostri messaggi sono inoltrati istantaneamente agli altri partecipanti e viceversa.

### DNS

Domain Name System, il sistema che localizza l'indirizzo IP numerico corrispondente a un nome di dominio (es. agepe.it). I nomi di dominio (domain name) sono usati negli URL per identificare specifiche pagine Web.

### DOMINIO

Un insieme di indirizzi di rete organizzato a livelli. Il livello superiore identifica l'area geografica o la tipologia (esempio: .it per l'Italia o .com per l'uso commerciale); il secondo livello identifica una specifica ubicazione all'interno del dominio di primo livello ed equivale a un indirizzo IP unico (es. agepe.it).

### DOWNLOAD

Trasferire (o "scaricare") uno o più file da un altro computer al vostro computer. I metodi più comuni per il download su Internet sono attraverso i protocolli HTTP e FTP e attraverso gli allegati della posta elettronica. L'inverso del download è l'upload, ovvero il trasferimento di file dal vostro computer a un server o altro computer su Internet.

### E-MAIL

L'e-mail, o posta elettronica, è la posta inviata tramite computer ad altri utenti; è di gran lunga il principale utilizzo di Internet. Per usare l'e-mail occorre procurarsi un

account presso il proprio fornitore di accesso a Internet, che assegnerà un indirizzo di posta, un nome e una password all'utente. La posta elettronica può essere usata nella forma Web mail o tramite un software di e-mail.

### EMOTICON

Letteralmente un'icona che rappresenta un'emozione, un emoticon è una serie di caratteri della tastiera usati nelle comunicazioni scritte per indicare l'espressione del volto o lo stato d'animo di chi parla.

### FIREWALL

Un dispositivo o un programma che protegge un computer o una rete dagli utenti di altre reti (tipicamente su Internet). Tramite il monitoraggio del traffico entrante e uscente, il firewall impedisce a utenti non autorizzati di accedere a dati e risorse locali.

### FTP

File Transfer Protocol, il protocollo standard per il download e l'upload dei file su Internet. Richiede il login a un server FTP; i siti con file pubblici permettono l'accesso usando *anonymous* come utente e l'indirizzo email come password.

### HTML

HyperText Markup Language, il linguaggio di base per creare documenti sul Web.

### HTTP

L'HyperText Transfer Protocol (HTTP) è l'insieme di regole per scambiare file (testo, grafica, immagini, suono, video ecc.) sul World Wide Web. Rispetto alla famiglia dei protocolli TCP/IP (che sono la base per lo scambio di informazioni su Internet), l'HTTP è un protocollo applicativo.

### HYPERLINK

Il testo di una pagina Web su cui potete fare clic con il mouse con l'effetto di andare a un'altra pagina Web o a un altro punto della stessa pagina. Gli hyperlink sono codificati in HTML e sono usati anche per scaricare file.

### INDIRIZZO IP

L'indirizzo numerico (per ora di 32 bit, in futuro di 128) che identifica ogni dispositivo (per es. un computer) connesso a Internet. Un indirizzo IP ha due parti:

l'identificatore della rete e l'identificatore del dispositivo.

### ISP

Internet Service Provider, un'azienda che fornisce accesso a Internet. Il servizio comporta una registrazione e l'attribuzione di nome utente e password.

### MIME

Multipurpose Internet Mail Extensions, un protocollo per trasferire allegati binari di posta elettronica (audio, video ecc.).

### POP3

Post Office Protocol, un protocollo di posta elettronica che permette di prelevare la posta da qualunque ubicazione della rete, indipendentemente dal titolare della connessione.

### PPP

Point-to-Point Protocol, un protocollo di comunicazione utilizzato per supportare la connettività Internet su linee seriali come il collegamento telefonico via modem.

### PROXY

Un server intermedio tra il client e il server Web, con funzione di cache per rendere più rapido l'accesso ai dati usati di frequente.

### SMTP

Simple Mail Transfer Protocol, il protocollo Internet standard per trasferire i messaggi di posta elettronica. Di solito si usa solo per la posta in uscita, affidando ai più potenti POP3 o IMAP la ricezione dei messaggi.

### TCP/IP

Transmission Control Protocol/Internet Protocol, i protocolli di base che permettono ai computer collegati a Internet di connettersi tra loro e di scambiare pacchetti di dati.

### URL

Uniform Resource Locator, l'indirizzo globale dei documenti e altre risorse sul World Wide Web (es. <http://www.agepe.it>). La prima parte dell'indirizzo indica quale protocollo usare (es. Http), mentre la seconda parte specifica l'indirizzo IP o il nome di dominio dove è situata la risorsa (nell'esempio la home page di [www.agepe.it](http://www.agepe.it)).

## ► Dentro il PC

# Come funziona l'hard disk

*Caratteristiche e tecnologie del dispositivo nel quale vengono memorizzati i dati e le applicazioni*

**T**ranne eccezioni, di solito i PC contengono un hard disk (o disco rigido) che serve da archivio permanente per i programmi e per i dati. I desktop, le workstation, i server e i portatili (insomma, quasi l'intero universo dei PC) hanno bisogno di un hard disk, specialmente oggi che i sistemi operativi e le applicazioni occupano centinaia di megabyte. Un PC tascabile può fare a meno dell'hard disk, sostituito da modeste quantità di memoria flash (che non necessitano di alimentazione per conservare i dati).

Mentre la memoria RAM è realizzata con componenti allo stato solido, l'hard disk è un assemblaggio di parti sia elettroniche sia meccaniche. Il disco è costituito da uno o più piatti montati su un albero tenuto in rotazione da un motore; in senso radiale, lungo le facce di ogni piatto, scorrono le testine di lettura/scrittura, in modo da posizionarsi di volta in volta in corrispondenza dei dati. Il meccanismo che controlla gli spostamenti delle testine, montate su bracci rigidi e leggeri, si chiama *attuatore*; viene mosso da una bobina che scorre intorno a dentro un magnete ed è chiamata *voice coil* per analogia con l'omonima bobina degli altoparlanti. Il complesso at-

tuatore-bracci delle testine è impernato su un asse e fa ruotare le testine lungo un arco che approssima il raggio dei piatti. In questo modo ogni testina può raggiungere in pochi millisecondi qualunque punto della faccia di sua pertinenza. Sebbene ci sia una testina per ogni faccia, tutte le testine sono solidali e comandate da un singolo attuatore. Un tentativo di costruire un hard disk con due attuatori e gruppi di testine ebbe vita breve e non fu mai ritentato; vincoli economici e tecnici e una competizione accesa hanno reso dura la lotta per la sopravvivenza e i pochi produttori di hard disk rimasti non hanno la vita facile, specialmente con la fascia bassa dei prodotti.

Il motore, l'albero, i piatti, le guarnizioni, i vari alloggiamenti e l'attuatore sono soggetti a tolleranze di fabbricazione, a usura e a shock meccanici e termici. Perciò la longevità di un hard disk e la sua resistenza ai maltrattamenti sono di gran lunga inferiori rispetto alla durata degli altri componenti del computer. In un computer se un componente si guasta viene sostituito, ma se si guasta un hard disk è l'utente che deve sostituire i dati quando si ritrova un nuovo hard disk perfettamente vuoto. Le copie di ri-

serva (backup) servono appunto in previsione di perdita dell'hard disk: visto che le ferree leggi della statistica riservano questa sorte a una certa percentuale di utenti, l'unico rimedio preventivo è tenere un backup aggiornato o duplicare i dati su due supporti speculari, come nei sistemi RAID 1, dove ogni dato viene registrato su due hard disk identici.

## I piatti del disco fisso

I piatti di un hard disk sono fatti di vetro o di lega di alluminio, su cui viene deposto un film sottile di materiale magnetico e quindi applicato uno strato protettivo e uno lubrificante, per minimizzare il rischio di danno in caso di contatto accidentale tra piatto e testina. In condizioni normali le testine galleggiano su uno sottile strato d'aria grazie alla veloce rotazione dei piatti. Il gap tra piatto e testina è di qualche milionesimo di pollice, mille volte inferiore al diametro di un capello. La velocità di rotazione varia secondo i modelli di hard disk: per esempio 4500 RPM (giri/minuto) per il minuscolo disco di un notebook, 5400 o 7200 RPM per un desktop, 7200 o 10.000 RPM per le workstation, 10.000 o 15.000 RPM per i server più veloci.

La registrazione dei dati sui

piatti di un hard disk avviene variando lo stato di magnetizzazione del media, come è chiamato il rivestimento magnetico deposto sui piatti. I bit vengono scritti lungo cerchi concentrici chiamati *tracce*, molto strette e ravvicinate. Per esempio, uno dei migliori dischi IBM per server (73LZX) presenta una densità di 27.312 tracce per pollice e registra 480.000 bit per pollice lungo le tracce. Le tracce vengono scritte a segmenti, detti settori, formati solitamente da 512 bit; ogni traccia contiene migliaia di settori.

Dato che la lunghezza di una traccia varia notevolmente dall'interno all'esterno del disco, è normale suddividere il disco in zone, ciascuna con un numero fisso di settori per traccia, crescente man mano che si passa dalle zone interne a quelle esterne. Se consideriamo l'insieme delle prime tracce di ogni faccia, otteniamo una pila di tracce sovrapposte e allineate, che prende il nome di *cilindro*. Per esempio, se l'hard disk ha quattro piatti, il primo cilindro è formato dalle otto tracce in posizione 1; lo stesso vale per tutte le tracce successive di ogni piatto, che formano altrettanti cilindri. Tramite il numero di cilindro, di testina e di record si individua esatta-

## GLOSSARIO

### ATTUATORE

Il meccanismo che controlla la posizione delle testine, facendo ruotare intorno a un perno il gruppo dei bracci che le sostengono.

### LATENZA

Tempo necessario perché il settore a cui si vuole accedere passi sotto la testina dopo che questa è stata portata in corrispondenza della traccia contenente il settore.

La latenza media è il tempo necessario per compiere mezza rotazione, per esempio 5,55 ms per un disco da 5400 RPM e 3 ms per

un disco da 10.000 RPM.

### SETTORE

Una delle sezioni, solitamente di 512 byte, in cui è suddivisa una traccia. Generalmente la superficie dei piatti è suddivisa in zone; dal centro alla periferia, ogni zona presenta un numero, fisso all'interno della zona ma crescente da zona a zona, di settori per traccia.

### TEMPO DI ACCESSO

Tempo necessario per iniziare l'operazione di lettura/scrittura dei dati su disco, corrispondente alla

somma del tempo di ricerca, della latenza e di fattori minori come il tempo di stabilizzazione del movimento delle testine, i tempi di commutazione di testina e cilindro e i tempi di gestione.

### TEMPO DI RICERCA (SEEK TIME)

Tempo necessario per portare la testina dalla posizione corrente alla posizione della traccia su cui risiede il primo settore a cui si vuole accedere. Si misura in millisecondi: per esempio 8,5 per un buon disco ATA/IDE o 4,5-5 per un veloce disco SCSI.

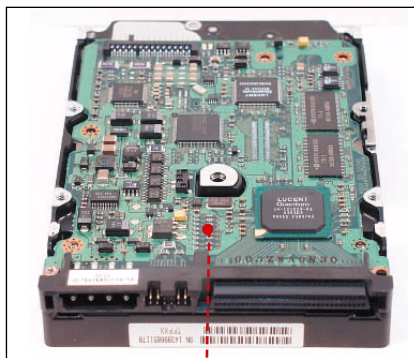
### VOICE COIL

In origine era la bobina che muove il cono di un altoparlante, con un magnete all'interno. Per analogia di funzionamento, in un hard disk è la bobina (contenuta nell'attuatore) che, muovendosi in un campo magnetico permanente, determina il rapido spostamento delle testine lungo il raggio dei piatti.

### BUFFER

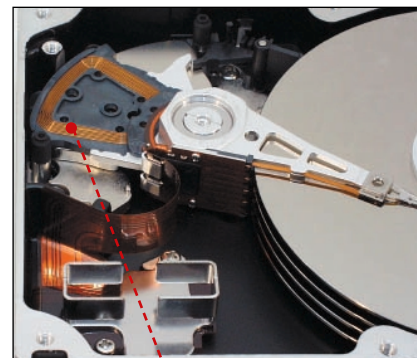
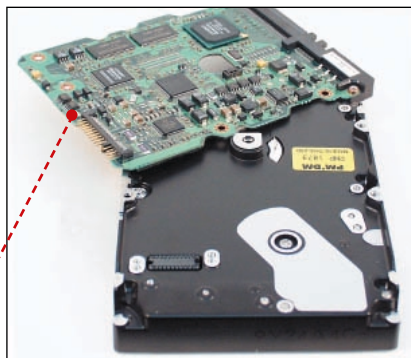
RAM contenuta nell'elettronica residente sull'hard disk, di alcuni megabyte, che svincola le operazioni del disco da quelle del computer.

## Le parti essenziali dell'hard disk



### ELETTRONICA:

È contenuta su un circuito stampato montato sul fondo dell'hard disk e include l'interfaccia e il buffer



### VOICE COIL:

La bobina interna all'attuatore che controlla il movimento dei bracci su cui sono montate le testine

### BRACCI:

Sono i supporti rigidi e leggeri che sostengono le testine e vengono fatti ruotare dalla bobina dell'attuatore

### ATTUATORE:

Controlla la posizione delle testine facendone ruotare i bracci intorno a un perno, un movimento che richiede pochi ms

### PIATTI:

Sono di vetro o di lega di alluminio, su cui vengono depositi un film sottile di materiale magnetico e strati di protezione e lubrificazione

### TESTINE:

Di minime dimensioni, sono montate alle estremità dei bracci e rimangono sollevate dai piatti, a distanza microscopica



mente l'ubicazione dei dati a cui si vuole accedere. Durante la scrittura dei dati, si tende a utilizzare prima tutte le tracce dello stesso cilindro, poi quelle del cilindro successivo e così via; in questo modo si riducono gli spostamenti delle testine a vantaggio della velocità di accesso e trasferimento dei dati. Per motivi di sicurezza e flessibilità di gestione, un hard disk può essere trattato come unico contenitore di file e directory (documenti e cartelle, se preferite) oppure può essere suddiviso in partizioni indipendenti, su cui possono anche risiedere sistemi operativi diversi. Inoltre, dato che l'enorme numero di settori per disco crea qualche problema di gestione, il sistema operativo alloca lo spazio non a singoli settori ma a *cluster*, ovvero gruppi sequenziali di settori il cui numero di-

pende dalle dimensioni della partizione e dal *file system*, come è chiamato il sistema di archiviazione e gestione di file e directory. NTFS e FAT32 sono i due file system supportati da Windows NT/2000/XP.

La prima caratteristica che viene in mente quando si parla di hard disk è la capacità, misurata oggi in decine di gigabyte (miliardi di byte).

Oltre alla capacità sono fondamentali le caratteristiche che determinano le prestazioni: velocità di rotazione, tempo di ricerca, dimensioni del buffer, tipo di interfaccia, densità di registrazione e velocità di trasferimento. Quest'ultima non è sempre facile da interpretare, se non viene specificato se è interna al disco (*internal data rate* o *media transfer rate*) o esterna, di picco o continua (*sustained*), massima (*traccia*

*esterna*) o media. Il *transfer rate* del disco non va poi confuso con quella dell'interfaccia, che rappresenta solo la portata massima teorica della connessione tra disco e computer (che in genere supporta più di un disco). Il *tempo di accesso* ai dati è la somma di vari fattori, tra cui prevalgono il tempo di ricerca (*seek time*), per posizionare la testina sulla traccia, e la *latenza* (il tempo necessario perché il record desiderato passi sotto la testina).

Una buona approssimazione del tempo medio di accesso è la somma del tempo medio di ricerca e del tempo medio di latenza, corrispondente a metà del tempo di rotazione dei piatti. Anche le dimensioni del buffer sono importanti; un buffer esteso riduce il numero di operazioni fisiche e permette di sfruttare meglio la banda pas-

sante dell'interfaccia (solitamente ATA/IDE nella fascia medio-bassa o SCSI nelle workstation e server medio-alti).

Vediamo alcuni esempi. Per un desktop, un disco ATA-100 (interfaccia da 100 MB/s massimi) da 7200 RPM, tempo di ricerca (*seek time*) di 8,5 ms, buffer di 2 MB e capacità per piatto di almeno 15 GB lascia prevedere buone prestazioni. Per non essere fastidioso, un hard disk per desktop non dovrebbe avere un livello di rumorosità superiore a 30 db a testine ferme. Per i dischi SCSI il concetto di alte prestazioni cambia: interfaccia Ultra160/ Ultra320 SCSI (o Fibre Channel), 10.000 o 15.000 RPM di rotazione, *seek time* di 4,5 ms, capacità sui 18 GB per piatto, buffer di 4 o meglio 8 MB e *transfer rate* esterno continuato di 40-50 MB/s. ■

Giorgio Gobbi



# I termini informatici più comuni

## LA PAROLA DEL MESE

### CCD E CMOS

Entrambe le tecnologie sono utilizzate per realizzare sensori per la cattura di immagini digitali. Tutte e due si basano sul silicio per convertire la luce in cariche elettriche e quindi in segnali elettronici. In un sensore CCD (Charge Coupled Device) la carica di ogni pixel viene raccolta a turno per essere convertita in tensione, bufferizzata e fatta uscire dal chip come segnale analogico. Nei sensori CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) ogni pixel è dotato di un convertitore da carica a tensione e del circuito di digitalizzazione che permette al chip di fornire l'output già in formato digitale. I vantaggi del CCD includono alta densità dei pixel, alta dinamica e uniformità e basso rumore; per contro sono costosi da produrre e richiedono vari livelli di tensione. Tra i vantaggi del CMOS ci sono il processo produttivo assai comune, l'alto livello di integrazione e la bassa tensione e potenza di alimentazione. Finora quasi tutte le fotocamere digitali hanno adottato un sensore CCD per i vantaggi offerti in termini di qualità dell'immagine. Solo negli ultimi anni il processo di fabbricazione CMOS ha permesso di risolvere vari problemi, come il rumore di fondo e l'uniformità tra gli amplificatori di ciascun pixel. La Canon EOS-D30 del 2000 è ad esempio un'ottima fotocamera reflex basata su sensore CMOS da 3 Mpixel. Un'altra eccezione, di cui recentemente hanno parlato tutti i principali siti Web dedicati alla fotografia, è la Sigma SD9 D-SLR, la prima fotocamera basata sul sensore CMOS Foveon X3, il primo a fornire tre colori per pixel. Tutti gli altri sensori in commercio hanno un colore per pixel e devono usare l'interpolazione tra gruppi di pixel, che produce artefatti e riduce la definizione.

### BUFFER UNDERRUN

Un buffer underrun (troppo pochi dati nel buffer) accade quando il PC non riesce a fornire abbastanza in fretta i dati al buffer del masterizzatore. Se il buffer del drive si svuota per mancanza di dati, il laser viene spento e il gap risultante rende inutilizzabile il CD-R. Nel caso di un CD-RW, si può cancellare il disco e ripetere la registrazione.

### BURN-PROOF

La *Buffer Underrun Proof Technology* è un brevetto di Sanyo Electric che ha lo scopo di impedire i buffer underrun. Questa tecnologia permette di continuare a lavorare sul computer in multitasking con la masterizzazione, cosa non sempre possibile in passato. La tecnologia BURN-Proof è realizzata tramite una combinazione di hardware e firmware del masterizzatore e di software di registrazione.

### CAV E CLV

Acronimi di *Constant Angular Velocity*, velocità angolare costante e *Constant Linear Velocity*, velocità lineare costante. I drive magnetici e ottici ruotano con velocità angolare o lineare costante. Si usa la CAV per gli hard disk, che ruotano con numero di giri al minuto costante; i dati di una traccia scorrono sotto le testine a una velocità lineare proporzionale alla distanza della traccia dal centro del disco. Per avere la CLV (scorrimento dei dati a velocità costante sotto la testina) si deve variare la velocità di rotazione del drive, incrementandola man mano che ci si avvicina al centro del disco. La CLV viene usata con i CD ROM e i DVD spesso in combinazione con la CAV; la Z-CLV (Zone CLV) è una variante di CLV con suddivisione del disco in zone per sfruttarne meglio le caratteristiche.

### DISC AT ONCE

Un metodo di scrittura su CD in cui una o più tracce sono scritte con una sola operazione e il disco viene chiuso senza spegnere mai il laser di scrittura (diversamente dal modo *Track at Once*, dove il laser viene spento tra una traccia e l'altra). Non tutti i masterizzatori supportano il *Disc at Once*.

### DISCO IBRIDO

Un CD ROM che può funzionare su entrambe le piattaforme PC e Macintosh. Il disco contiene partizioni separate ISO 9660 e HFS.

### ISO 9660

Emesso dalla International Standards Organization, si chiama formalmente ISO 9660: *Information Processing Volume and File Structure of CD ROM for Information Exchange* (1988). Questa struttura logica multi-piattaforma è stata lo standard che ha permesso la crescita e accettazione mondiale del CD ROM come mezzo di pubblicazione e di distribuzione delle informazioni.

### LEAD IN

Un'area all'inizio di ogni sessione di un CD-R che viene lasciata vuota per la TOC (Table Of Contents) della sessione. Il lead-in è scritto quando viene chiusa la sessione e occupa fino a 4500 settori di disco (1 minuto, o circa 9 megabyte). Il lead-in contiene anche il prossimo indirizzo registrabile del disco, così da poter aggiungere sessioni future (a meno che il disco sia stato chiuso).

### LEAD OUT

Un'area alla fine di una sessione che indica che è stata raggiunta la fine dei dati. Il primo *lead out* di un disco è lungo 6.750 settori (1,5 minuti, circa 13 megabyte); qualunque lead out successivo è di 2.250 settori. La scrittura del lead-out chiude la sessione. I drive CD ROM e i riproduttori di CD audio non possono vedere i dati/audio di una sessione finché la sessione non sia chiusa.

### MIXED MODE

Un CD ROM che contiene sia una traccia dati per computer (N.1) sia tracce audio (N.2-99).

### MODE

Nel formato ISO 9660, un settore di CD ROM può essere in Mode 1 o Mode 2. Il Mode 1 alloca 2.048 byte per i dati dell'utente, più un terzo strato di codici di rilevazione e correzione degli errori. Questo è il modo che fornisce la massima integrità per i dati di computer. Il Mode 2 alloca 2.336 byte per i dati utente ed è privo di rilevazione e correzione degli errori. Questo modo è considerato appropriato

per i file di musica, grafica e video.

### PACKET WRITING

In italiano *scrittura a pacchetti*, è un software che permette di registrare interi volumi CD-R in piccoli incrementi successivi in modo efficiente (riducendo i buffer underrun) e permettendo sessioni multiple, drag and drop, dischi ibridi e altre opzioni. Il software di packet writing implementa anche l'UDF (*Universal Disc Format*) ed è disponibile per la maggior parte delle piattaforme.

### SESSIONE

Un segmento registrato di compact disc, contenente una o più tracce di dati o audio.

### TOC

Acronimo di *Table Of Contents*, su un CD registrabile identifica la posizione di partenza e la lunghezza di ogni traccia.

### TRACCIA

La tecnologia ottica usa la rotazione CLV per scrivere una traccia a spirale che inizia vicino al centro del disco.

In un CD ROM la traccia ha un passo di circa 1,6 micron e in un disco di 63 minuti è lunga poco meno di cinque chilometri. In mixed mode o nelle applicazioni multimediali si usa dire che i dati formano tracce *separate*, ma in effetti sono posti in sequenza sulla stessa traccia fisica e l'accesso avviene tramite opportuno interleaving.

### UDF

Acronimo di *Universal Disc Format*. L'UDF è stato promosso dalla Optical Storage Technology Association (OSTA) come singolo file system per lo scambio di informazioni nel campo dei computer. Si parla di UDF per intendere il sottoinsieme dell'ISO/IEC 13.346/ OSTA rivolto allo sviluppo di un formato di file, basato sull'UDF, per media CD-ROM, write-once e riscrivibili, inclusi quelli a superfici multiple. L'UDF dovrebbe eliminare i limiti di indirizzamento dell'ISO 9660 e i limiti di dimensione dei file dei redirector MSCDEX e CDFS, fornire prodotti multipiattaforma e contribuire a eliminare l'ampia incompatibilità tra i CD e DVD di produzione industriale, write-once e riscrivibili.

► Dentro il PC

# Il joystick force feedback

*Questo dispositivo ha rappresentato una svolta sulla strada della simulazione di guida dei veicoli. Il funzionamento spiegato nel dettaglio*

I force feedback permette di sentire sotto le dita quello che accade nel mondo virtuale in cui stiamo giocando: un volante dotato di questa tecnologia ci farà percepire le asperità del terreno, la diversa aderenza del fondo stradale, la maggiore forza necessaria per sterzare in condizioni estreme, le reazioni violente della vettura durante una sbandata, rendendo una corsa automobilistica infinitamente più realistica ed appagante. Ma non si tratta di puro piacere tattile: è dimostrato che un volante force feedback permette di migliorare notevolmente i propri risultati in un videogioco di corse, in quanto è possibile rendersi conto in anticipo della perdita di aderenza della vettura, ed avere una maggiore consapevolezza del "limite" che un vero pilota deve sempre raggiungere per essere un campione. Basti un solo esempio: in un test con Need for Speed 3, uno dei primi giochi ad implementare pienamente il force feedback, le sensazioni aggiuntive permisero ad un gruppo di giocatori di "limare" i tempi di più di un secondo al giro.

Un altro campo di grande interesse è quello dei simulatori di volo: in quelli militari è possibile sentire come le forti accelerazioni rendano le virate strette durissime per il pilota,

sentire il rinculo lanciando i missili, e se si è sfortunati anche i colpi di mitraglia e i missili nemici che colpiscono il nostro caccia. Con i simulatori civili si miglioreranno notevolmente le proprie prestazioni grazie ad una maggiore percezione della rudezza o dolcezza degli atterraggi, potremo sentire le vibrazioni che precedono uno stallo evitando di precipitare, la cloche reagirà a vento e turbolenze.

Il force feedback si è diffuso anche su joystick speciali dedicati ai giochi come Quake, e persino su alcuni gamepad. In questi casi può rendere più realistiche le sfide in arene e labirinti, con la percezione dei colpi dati e ricevuti, ed alcuni sistemi riproducono persino sensazioni come lo scoccare di una freccia con un arco.

Ma dopo aver visto cos'è e a cosa serve il force feedback, è il momento di scoprire quali tecnologie rendono possibile le meraviglie tattili che abbiamo appena descritto.

## La tecnologia

Alla base di tutti i sistemi force feedback ci sono piccoli motori elettrici che vengono azionati in base ai comandi ricevuti dal computer ed elaborati da un microprocessore presente all'interno del joystick, volante o altro.

La nascita del force feedback vide lo scontro tra due diverse implementazioni tecnologiche: Microsoft propose *DirectX Force Feedback*, i cui driver software furono inseriti nelle omonime librerie, con un processore a 16 bit e 25 MHz interno a joystick e volanti, piccoli motori elettrici, e trasmissione delle sensazioni tramite un sistema di ingranaggi che agiscono sulle leve interne (vedi figura nella pagina accanto). Immersion propose invece *IForce*, utilizzato da Logitech, con un processore Risc a 16 bit e trasmissione delle forze tramite un sistema di cavetti in acciaio.

I risultati in termini di sensazioni erano abbastanza diversi, non solo per le differenze costruttive ma anche per i differenti driver software utilizzati.

IForce era più "soft," ma riproduceva meglio della DirectX gli effetti "elastici", come lo scoccare di una freccia, o le vibrazioni sonore (ad esempio il suono di un gong faceva vibrare il joystick).

DirectX era più presente, eccezionale negli effetti di perdita di aderenza, vibrazioni del motore, resistenza ai cambi di direzione in sbandata. In seguito, Microsoft ed Immersion si sono accordati: Immersion ha realizzato *TouchSense*, una piattaforma comune supportata da tutti gli attuali giochi (circa 250) e

periferiche force feedback, anche prodotte da Microsoft.

## Due passi indietro

I joystick sono i nostri fidi compagni di giochi da prima che il PC fosse in grado di utilizzarli: i lettori non giovanissimi ricorderanno certamente i primi joystick, collegati alle console Atari Vcs 2600 all'inizio degli anni '80, la cui poca agilità lasciava dolorosi calli alle mani dei giocatori più... incalliti. Poi fu la volta del Commodore 64 e dell'Amiga, cui si potevano collegare due joystick per sfide infinite ai videogame coloratissimi di allora. In quel tempo i PC (e i Macintosh) erano macchine esclusivamente da ufficio, e solo mediante costose schede aggiuntive era possibile collegarvi joystick analogici e privi di ritorno automatico al centro... utili solo con le prime versioni di Flight Simulator, non certo per i giochi arcade per personal computer di allora.

Ma dall'inizio degli anni '90 le cose iniziarono a cambiare, la crescita rapidissima della potenza dei personal, dovuta all'architettura poco elegante ma completamente aperta, permise ai nuovi processori Intel di sradicare la supremazia ludica degli altri computer cosiddetti domestici, Amiga e Atari crollarono ed il personal computer divenne la macchina da gioco

## GLOSSARIO

### ATTUATORI

Dispositivi in grado di trasformare li segnali elettrici in azioni fisiche, come forze, vibrazioni, pressioni. All'interno di joystick, volanti e altre periferiche force feedback si tratta di piccoli servomotori elettrici.

### COPPIA

Misura la forza che un motore oppone alla forza di rotazione che tentiamo di imporgli: in base alla coppia erogata dai motori contenuti in un volante force feedback aumenterà la

resistenza alla rotazione del volante, ad esempio quando prendiamo una curva su un terreno impervio. Pensate che un volante Microsoft Force Feedback è in grado di esercitare una resistenza alla rotazione di ben 1,3 Kg!

### DRIVER FORCE FEEDBACK

Software che traduce le informazioni ricevute dal videogioco (ad esempio il passaggio sopra una buca durante un rally) in segnali per il processore contenuto all'interno della periferica

(ad esempio un volante), che a sua volta le tradurrà in impulsi elettrici per comandare i motori interni che producono effettivamente le sensazioni.

### SENSORI

Dispositivi in grado di tradurre grandezze fisiche (temperatura, umidità, pressione...) in segnali elettrici interpretabili in seguito da un processore. Sono utilizzati nelle applicazioni più avanzate, ad esempio quelle chirurgiche, in cui le sensazioni

ricevute da un guanto sono basate sulla situazione fisica di un braccio robotico, ma anche più semplicemente per rilevare la posizione di un joystick o l'inclinazione nello spazio di un joypad come il Freestyle di Microsoft.

### TOUCHSENSE

È l'attuale tecnologia force feedback di riferimento, realizzata dalla Immersion ed utilizzata praticamente da tutti i produttori di giochi e periferiche con ritorno di forza.

# Le parti essenziali del joystick

## SISTEMA DI TRASMISSIONE

Trasmette le forze esercitate dai motori alla superficie del joystick o del volante. Può utilizzare ruote dentate, cavi in acciaio ed altri sistemi, in modo da rendere al meglio le diverse sensazioni. È infatti responsabile di far percepire alle nostre mani la semplice rotazione di un motore come pressione, vibrazione o resistenza.

## PROCESSORE

È responsabile della traduzione dei dati ricevuti dal videogio in comandi per i motori. Attualmente si usano processori a 16 bit e 25 MHz di frequenza, talvolta anche con RAM propria, in grado di controllare decine di effetti diversi su più motori. I dati sulla sensazione da trasmettere seguono dunque un lungo percorso per arrivare alla nostra mano: dal videogio ai driver force feedback, da questi al processore del joystick, che li elabora e li trasforma in impulsi elettrici per i motori, la cui rotazione viene infine trasmessa all'utente tramite il sistema di trasmissione.

## PULSANTI DI COMANDO

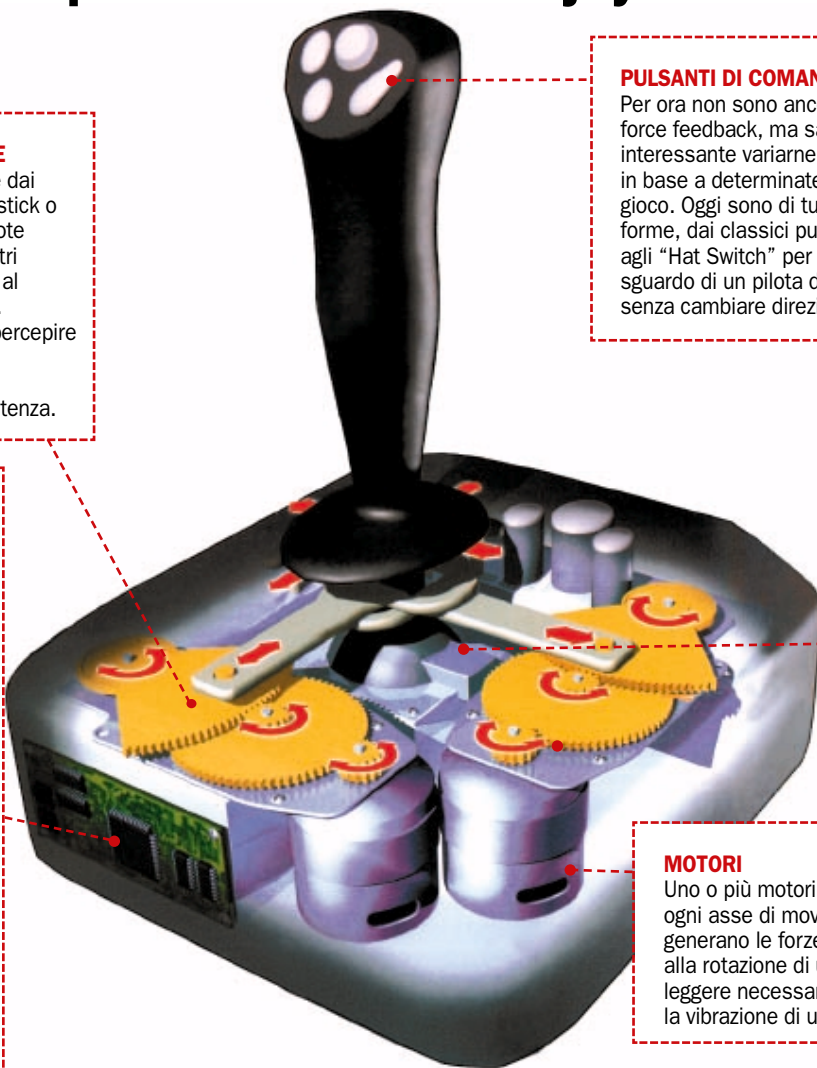
Per ora non sono ancora dotati di force feedback, ma sarebbe interessante variane la resistenza in base a determinate situazioni di gioco. Oggi sono di tutti i tipi e forme, dai classici pulsanti di fuoco agli "Hat Switch" per girare lo sguardo di un pilota di caccia senza cambiare direzione.

## SENSORI

In joystick rilevano la posizione dell'asta tramite diodi luminosi e cellule fotoelettriche. Questo sistema ottico ha ormai sostituito i dentini in plastica con contatti in metallo troppo deboli per resistere alle "evoluzioni" dei giocatori professionisti.

## MOTORI

Uno o più motori (solitamente uno per ogni asse di movimento della periferica) generano le forze necessarie ad opporsi alla rotazione di un volante, o le forze leggere necessarie a far percepire la vibrazione di un motore al minimo.



ideale. Questo portò allo sviluppo di joystick sia analogici che digitali per PC, che si collegavano alla porta *game/Midi* presente in ogni scheda audio. La rinascita delle console ad opera di Nintendo e Sony portò alla ribalta un nuovo tipo di controller, più adatto del joystick ai giochi di azione, il *gamepad*, che presto arrivò anch'esso al PC. Fu affrontata anche la pecca principale del personal, ovvero l'impossibilità di giocare in due o più giocatori sulla stessa macchina, tramite sdoppiatori che permettevano di collegare alla porta game più di un joystick, ma si trattava di soluzioni limitate che facevano invidiare le console. Infine, la nascita dell'USB e l'affermarsi delle librerie DirectX di Microsoft ha risolto anche questo problema: oggi è possibile collegare tranquillamente 4 joystick contemporaneamente ad un singolo computer tramite l'USB, e giocare 2 contro 2 una partita a *Fifa 2002* o affrontarsi in un "tutti contro tutti" nell'arena di *Quake III*.

Ma la supremazia del PC come macchina da gioco è sempre stata più evidente con i giochi di simulazione: la potenza e la versatilità li rende ideali per controllare aerei, automobili da corsa e via dicendo, con il massimo del realismo, tramite controller dedicati dotati di decine di pulsanti e svariati assi di movimento. Nel mondo delle console non ci sono periferiche tanto sofisticate come le cloche con pedaliera per simulatori di volo civili, i joystick più manetati specifici per i simulatori militari, i gruppi volante/pedaliera/cambio/freno a mano per i giochi automobilistici, e via dicendo.

Ed il realismo di questi controlli di gioco è reso ancora maggiore da una tecnologia non più recentissima ma sempre di grande impatto: il *force feedback*, tradotto malamente in italiano come "ritorno di forza", definizione che non rende l'idea del "feedback" che tali periferiche possono appunto creare tra gioco e giocatore.

Il futuro

Dopo i videogiochi, Immersion ha dedicato i suoi sforzi all'uso di normali applicazioni: la *TouchSense* implementata in un mouse permette di sentire sotto le dita quando si passa su un link in una pagina Web, o quando si aprono dei menu in un programma applicativo.

## Il futuro

In Word è possibile sentire le lettere che scorrono durante la selezione di un testo, in Excel si percepisce se una cella è piena

o vuota e si avvertono i confini delle celle.

Tutto questo è ovviamente di enorme utilità per gli ipovedenti, ma è un'evoluzione interessante anche per l'utente normale, che si sente fisicamente dentro il desktop di Windows.

Un esempio di periferica *TouchSense* è il mouse *iFeel* di Logitech. E mentre altre applicazioni al limite della fantascienza non sono ancora entrate nel mercato (guanti elettropneumatici, tute virtuali per sensazioni su tutto il corpo), anche in campo medico si fanno strada i sistemi con force feedback, utilizzati per compiere operazioni chirurgiche a distanza facendo percepire alle mani quantate del chirurgo ciò che in realtà stanno facendo dei bracci robotizzati.

Marco Milano



## ► Dentro il PC

# Come è fatto un computer

*Conosciamo veramente il nostro fido compagno informatico? Eccovi le cose principali da sapere e da riconoscere visitando l'interno dell'unità centrale*

**L**a prima cosa che notiamo è che tutti i componenti sono in qualche modo inseriti o collegati ad una grossa scheda che si trova in verticale su un lato del case: essa è la scheda madre. Ne abbiamo già parlato nella precedente puntata, qui ricordiamo che da essa dipendono il tipo di processore utilizzabile, quantità e tipo di memoria installabili, velocità massima raggiungibile dal disco rigido, tipo e numero di connettori esterni.

## La CPU è il componente più importante

Solitamente inserito in uno zoccolo (socket) con tanti forellini quanti sono i piedini del chip, per un certo periodo (l'epoca dei Pentium II) è stato montato su una schedina che si inseriva in uno slot apposito. Da anni la velocità della CPU, solitamente ottenuta aumentando la frequenza di lavoro, provoca un notevole surriscaldamento, per cui il processore è sormontato da un dissipatore e da una ventola che "portano via" il calore dalla superficie del chip. Un processore attuale fonde dopo pochi secondi se la ventola non funziona, mentre un 486 poteva funzionare benissimo senza, anche se ad una frequenza circa 20 volte inferiore ad un Pentium 4.

## Memoria centrale: RAM

Si trova vicino al processore: si inserisce in appositi slot (solitamente 3 o 4), che oggi possono essere di 3 tipi: SDR, DDR e RIMM. I primi ospitano i moduli Dimm a 100-133 MHz, riconoscibili per le due tacche; i secondi hanno una tacca sola, ed ospitano moduli DDR (Double Data Rate) a 133 MHz. Tali moduli sfruttano ambedue i fronti del segnale per trasportare i dati, dunque è come se andassero a 266 MHz. L'ultimo tipo di slot è quello per le memorie RIMM, poco diffuse a causa dell'alto costo, proposte da Intel come ideali compagne dei Pentium 4, ma criticate per i tempi di latenza più alti che rendono il rapporto prezzo/prestazioni sfavorevole. Sulle schede madri più vecchie potreste trovare della RAM SIMM, ormai obsoleta, tanto che chi vuole aumentarla è praticamente costretto a cambiare anche scheda madre e processore.

## Schede video e audio

Sempre inserite in slot, ma più grandi, troviamo la scheda video e quella audio. Sono assenti solo nei sistemi economici, in cui audio e video sono forniti mediante piccoli chip posti direttamente sulla scheda madre, il che significa prestazioni non entusiasmanti (ma è

sempre possibile disabilitarle ed inserire delle normali schede).

La scheda video un tempo si inseriva in uno slot PCI (bianco), ma da tempo è migrata allo slot AGP (marrone), che migliora notevolmente le prestazioni. La scheda presenta all'esterno del computer uno o più connettori: solitamente c'è il solo connettore VGA per il monitor, ma può essere presente il connettore DVI per collegare in modalità digitale i monitor LCD, ed il connettore S-Video o RCA per uscire su televisore o videoregistratore. Dalla scheda video dipendono in buona parte le prestazioni del sistema con i giochi 3D, ma anche il processore è fondamentale, in quanto deve elaborare i dati da fornire alla scheda per la visualizzazione.

La scheda audio è inserita in uno slot PCI, mentre un tempo si trovava nello slot ISA (nero), che potrete trovare sulla vostra scheda madre se è antecedente al '97/'98. Ricordiamo che usare una vecchia scheda ISA rallenta e rende instabile l'intero sistema. Una scheda audio economica presenta all'esterno un jack per gli altoparlanti stereo, uno per il microfono ed uno per l'ingresso audio. Le schede di medio livello hanno un secondo connettore per gli altoparlanti da

posizionare dietro l'ascoltatore, permettendo un audio 3D nei videogiochi. Una scheda di alta qualità avrà altre due uscite per gli altoparlanti frontale e subwoofer, permettendo di ascoltare l'audio 5.1 nei film su DVD, e presenterà anche porte MIDI ed ingressi aggiuntivi sia analogici che digitali, in modo da poter connettere senza perdita di segnale lettori di CD ROM, DAT ecc. Una scheda di questo livello è un vero studio di registrazione, tanto che molte usano un pannello frontale o esterno per ospitare le porte aggiuntive. Un tempo le schede audio fornivano anche la connessione per joystick, che oggi è molto più veloce e versatile via USB. Altre schede che si possono trovare inserite in slot PCI sono la scheda modem, la scheda di rete, la scheda SCSI, che forniscono le omonime funzionalità.

## Connettori di I/O

Passiamo ai connettori di interfaccia: oggi sono saldati alla scheda madre, un tempo erano montati su staffe e collegati alla motherboard tramite cavi piatti, formando un ammasso inestricabile! Parallela e seriale tendono a scomparire, aumentano le porte USB (le migliori schede madri ne offrono 4). Sempre utili le porte PS/2 per ta-

## GLOSSARIO

### CASE

È il contenitore metallico del computer, al cui interno si montano la scheda madre e le unità disco. Comprende l'alimentatore e tutte le viti per il montaggio dei componenti. Oggi tutti i case sia midtower che bigtower sono in formato ATx, compatibili con le schede madri attuali. Le vecchie schede madri "Baby At" utilizzavano un case diverso, non compatibile sia per il tipo di alimentatore che per la disposizione delle porte esterne con l'Atx.

### DDR

È la RAM "Double Data Rate", ovvero che comunica il doppio dei dati nella stessa unità di tempo rispetto alla RAM standard, o SDR. Ciò avviene utilizzando entrambi i fronti del

segnale, e siccome la frequenza è di 133 MHz le prestazioni sono pari a RAM da 266 MHz. Si tratta di una soluzione sempre più diffusa per velocizzare la RAM, vista la convenienza rispetto alle costose RIMM, che vanno ad 800 MHz ma hanno un'alta latenza che ne rallenta l'uso nelle applicazioni reali.

### DOLBY DIGITAL 5.1

Standard di riproduzione dell'audio utilizzato dai film su DVD. Prevede l'uso di ben 6 altoparlanti, 3 frontali, 2 sul retro ed un subwoofer per le frequenze basse. Permette di godere di un ambiente sonoro tridimensionale anche nei giochi più recenti. Per utilizzarlo nel computer deve essere presente una scheda audio che lo supporti, un lettore DVD e talvolta un

decoder software per riprodurre i DVD video.

### EIDE

Interfaccia standard, presente su tutte le schede madri, per collegare dischi rigidi, lettori CD ROM o DVD e masterizzatori. Un tempo penalizzante rispetto all'interfaccia SCSI, che richiede una scheda aggiuntiva, oggi con le modalità UltraDma/66 ed UltraDma/100 permette prestazioni superiori a quanto offerto dagli attuali dischi rigidi. Lo SCSI è preferibile solo se si usano più dischi rigidi contemporaneamente.

### SLOT

Fessura in cui inserire le schede di espansione. A seconda del colore si può sapere a quale bus appartiene lo

slot: bianco=PCI, marrone=AGP, nero=ISA. Le schede vanno sempre avvitate al case, per evitare correnti statiche o l'eventuale fuoriuscita dallo slot utilizzandone i connettori esterni.

### SOCKET

È un componente traforato in plastica in cui si inseriscono le centinaia di piedini presenti sotto un processore. Una levetta laterale blocca o sblocca i piedini e permette l'estrazione del processore. Ai lati del socket ci sono delle sporgenze per agganciare il dissipatore di calore del processore. I socket attuali sono il Socket 370, dedicato a Pentium III e Celeron, il Socket A (462 piedini) per Athlon e Duron, il Socket 423 per il Pentium 4, ed il nuovo Socket 478 per il Pentium 4 a 0,13 micron.

# Le parti essenziali del PC

## ALIMENTATORE

Un Pentium 4 dissipa una potenza molto più alta rispetto a qualche anno fa: 60 watt. Ma anche scheda madre, scheda video e hard disk non sono da meno. Tutto grava sull'alimentatore che oggi diventa quindi un elemento chiave del PC.

## LETTORE DVD O CD-ROM

Il lettore DVD ormai ha un prezzo abbordabile ed è certamente consigliato rispetto al normale lettore CD ROM, vista la possibilità di vedere film e sfruttare enciclopedie multimediali senza fare il dj. L'ideale è affiancarlo ad un masterizzatore, che non serve solo a copiare i CD, ma è utilissimo per il backup sicuro, veloce ed economico dei propri dati più preziosi.

## PROCESSORE

Il "cervello" del nostro computer, da esso dipendono le prestazioni di calcolo, la velocità con i programmi applicativi ed anche una buona fetta della velocità nei giochi. I processori Intel Pentium III sono più stabili con le applicazioni "serie", mentre per i giocatori il miglior rapporto prezzo/prestazioni è appannaggio degli AMD Athlon. La fascia bassa si divide tra Intel Celeron ed AMD Duron, mentre la fascia alta vede il Pentium 4 in continua evoluzione tra slot e tipi di RAM supportati.

## CONNETTORI DI I/O

Colorati come i connettori che vi si inseriscono, per facilitare i collegamenti, solitamente comprendono porta seriale, parallela, USB, PS/2. Sempre più frequente il FireWire, adatto a collegare videocamere digitali. Ad essi vanno aggiunti quelli presenti sulle schede di espansione, come quello VGA ed i jack audio.

## SCHEDA VIDEO

Oggi sono tutte AGP, e molte oltre alla normale uscita VGA montano un'uscita DVI per monitor LCD digitali ed un'uscita Tv. Per le prestazioni contano il chipset video, la quantità ed il tipo di ram video. Le più veloci sono le GeForce3 di Nvidia, seguite dalle Ati Radeon. Per chi cerca versatilità e qualità dell'uscita video piuttosto che velocità nei giochi 3D sono consigliate le Matrox.

## SCHEDA AUDIO

Oggi anche le schede audio più economiche permettono ascoltare CD audio, software multimediale e giochi senza problemi. Ma se si vuole godere dell'audio 3D nei videogiochi, dell'audio digitale 5.1 nella riproduzione di film su DVD, o si hanno esigenze musicali (registrazione audio su disco rigido, collegamento digitale con lettori CD o DAT) conviene orientarsi su schede più performanti e costose.

## HARD DISK

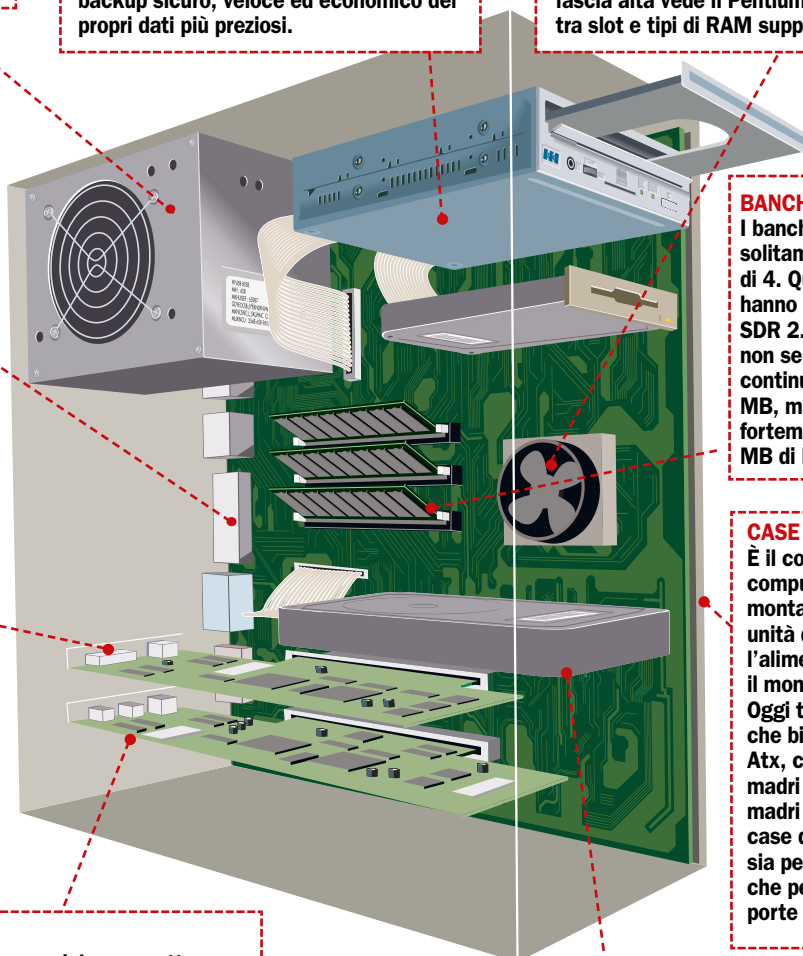
Il disco rigido è fondamentale non solo per la capacità di immagazzinare dati e programmi, ma anche per le prestazioni generali del sistema, in quanto tutti i moderni sistemi operativi lo utilizzano come memoria virtuale. A meno di esigenze particolari conviene acquistare dischi EIDE, che si connettono al PC senza schede di interfaccia aggiuntive.

## BANCHI DI MEMORIA

I banchi di memoria sono solitamente 3 ma si va da 2 a più di 4. Quelli per le nuove RAM DDR hanno una sola tacca, quelli per le SDR 2. La quantità minima per non sentire il disco rigido fare continuamente il "frullato" è 128 MB, ma con Windows XP è fortemente consigliato avere 256 MB di RAM.

## CASE

È il contenitore metallico del computer, al cui interno si montano la scheda madre e le unità disco. Comprende l'alimentatore e tutte le viti per il montaggio dei componenti. Oggi tutti i case sia midtower che bigtower sono in formato Atx, compatibili con le schede madri attuali. Le vecchie schede madri "Baby At" utilizzavano un case diverso, non compatibile sia per il tipo di alimentatore che per la disposizione delle porte esterne con l'Atx.



stiera e mouse che permettono di non sprecare 2 porte USB.

## Hard disk, lettori e masterizzatori

Tutti i componenti elencati sinora si trovano direttamente inseriti sulla scheda madre, ma nel computer c'è dell'altro: in bay con accesso dall'esterno e collegate tramite cavi di forma piatta alla motherboard, troviamo le unità ottiche, ovvero lettori di CD ROM,

DVD e masterizzatori.

Il masterizzatore è oggi quasi indispensabile, non per piratare i giochi, ma per realizzare in proprio compilation su CD audio da ascoltare nello stereo dell'automobile e per effettuare in modo rapido e sicuro il backup dei propri dati. Il diffondersi dei CD riscrivibili 10x rende poi sempre più versatile l'uso come perfetto sostituto del vecchio floppy, ormai "parcheggiato" in una bay all'interno del PC.

Sempre in una baia, ma priva di sbocco esterno, troviamo il disco rigido, che contiene programmi e dati con facilità grazie a capienze in crescita e prezzi in discesa: oggi il minimo per un desktop sono 20 GB, è possibile acquistare un disco da 40 GB con meno di 150 euro. Invece per i più esigenti sono già in commercio dischi da 100 GB!

A meno di esigenze particolari, conviene sempre acquistare dischi EIDE e non SCSI, che necessitano di

scheda aggiuntiva, e se cercate la velocità dovete optare per un EIDE a 7.200 giri. L'ultimo componente presente all'interno del PC è un grosso cubo metallico sospeso in alto con delle viti al case: si tratta dell'alimentatore, che fornisce corrente alla scheda madre, ai dischi, alle ventole.

Talvolta un computer che sembra guasto "risuscita" cambiando questo umile componente!

Marco Milano

# I termini informatici più comuni

## LA PAROLA DEL MESE

### NANOCOMPUTER

Con questa parola si entra nella tecnologia più avanzata che oggi si possa concepire. Un nanocomputer è infatti un computer così piccolo che si può osservare solo attraverso un microscopio elettronico. Il nanocomputer può essere innanzitutto elettronico e quindi funzionante sullo stesso principio dei computer di casa. Sarà quindi basato sulla logica binaria implementata attraverso il "flip/flop" elettrico (ovvero sul cambio di tensione corrispondente allo 0 e all'1) però su dimensioni e distanze paragonabili a quelle di una molecola. Per disegnare i microcircuiti che costituiscono la sua architettura bisognerà usare una tecnologia particolare: la *nanolitografia*.

Il nanocomputer può essere però anche biochimico o addirittura organico e quindi si chiamerà più precisamente *DNA computer*. In questo caso si usa l'acido desossiribonucleico per memorizzare ed elaborare l'informazione. Tanto per intenderci con un DNA computer di un centimetro cubo memorizziamo 10 terabyte di informazioni e facciamo 1.000 miliardi di operazioni al secondo. Un ulteriore tipo di nanocomputer è quello basato sulla fisica quantica ovvero il *quantum computer*. Lo scopo dei nanocomputer è evidente: aumentare la velocità di funzionamento e abbassare i consumi di energia al fine di realizzare il mondo del *pervasive computer*, ovvero del computer "omnipotente". In altri termini con il *pervasive computer* mediante la combinazione dell'attuale tecnologia di rete con quella wireless e del riconoscimento vocale con Internet e con l'intelligenza artificiale, avremo un ambiente di connettività totale, con riconoscimento automatico e sempre attivo.

### AGP

L'Accelerated Graphics Port è un bus a 32 bit di comunicazione veloce fra la CPU e la memoria interna alla scheda video (dai 32 ai 128 MB). In questo modo si evita di passare dalla memoria RAM che prima era l'unica memoria veloce del computer.

### BUS

Canale di comunicazione veloce con tante corsie quanti sono i bit della parola costituente il linguaggio macchina in uso al computer o al componente da collegare. Attualmente il bus centrale è arrivato a 64 corsie.

### CACHE

La memoria RAM centrale all'inizio era l'unica di tutto il sistema. Con l'evoluzione dell'architettura e dei sistemi operativi era divenuta un collo di bottiglia perché tutti i componenti del computer vi facevano riferimento. Si pensò così di dotare la CPU di una sua memoria molto veloce anche se di piccole dimensioni rispetto a quella RAM. Nacque la memoria cache che oggi può avere anche più livelli in funzione della "vicinanza" alla CPU.

### CCD

È una piastra sensibile dove trovano posto i sensori (uno per pixel, cioè per punto video) che raccolgono colore e intensità della luce traducendola in bit. Viene usato nelle fotocamere e videocamere digitali. Per le prime si va dai 2 ai 6 Megapixel a fotografia, mentre per le seconde si va dai 0,5 al Megapixel per singolo fotogramma.

### CD ROM

Compact Disc Read Only Memory. Philips e Sony nel definire lo standard del cd audio all'inizio degli anni '80 definirono anche le caratteristiche che doveva avere questo disco di 12,5 cm di diametro con 650 MB di memoria.

### CPU

Central Processing Unit. È il cuore del computer, equivale a quello che nel mondo delle automobili è costituito dal motore. Sinonimi sono processore e microprocessore oppure con forma più colta da manuale universitario: unità aritmetico-logica. Le marche principali sono due: Intel e Amd, con velocità (frequenze) da 1,2 a oltre 2 GHz.

### DISCHI

Si chiamano così da sempre, perché il supporto che memorizza i dati ha la forma di un disco (o di più dischi sovrapposti) sul quale una testina legge le variazioni di campo magnetico corrispondenti agli "0" e "1". Attualmente un disco ospita dai 40 ai 100 GB di dati. E ruota ad una velocità dai 5.400 ai 10.000 giri al minuto.

Si chiama anche hard disk (disco rigido) perché si contrapponeva ai floppy che invece erano flessibili.

### DRIVER

Sono piccoli programmi che servono al sistema operativo per interagire con le periferiche. È evidente che ogni periferica ha il suo. È anche evidente però che chi scrive il driver non può prevedere tutti i casi pratici in cui verrà usata quella periferica, quindi uscita la prima versione del driver se ne pubblica una ogni 15/30 gg. Da qui l'utilità di scaricarle da Internet per tenere il computer sempre aggiornato.

### KERNEL

Il sistema operativo è costruito a moduli che si occupano delle varie funzioni che svolge il sistema operativo per usare i singoli componenti secondo le necessità dell'applicazione che state usando. Il modulo che si occupa di assegnare il "via" ai singoli moduli funzionali è il Kernel che non a caso vuol dire nucleo. Perciò esso è sempre attivo nel sistema.

### MEMORIA RAM

RAM sta per Random Access Memory cioè memoria ad accesso casuale per distinguerla da quella di un nastro che è per forza ad accesso seriale. Questo vuol dire che grazie alla sua struttura può indirizzare ogni singola cella (che a sua volta è un byte ovvero 8 bit) delle 128 o 256 milioni di celle (MB) che la compongono. È la memoria centrale del computer.

### NOTEBOOK

Una volta esistevano i laptop che erano portatili sì ma che pesavano fino a 5 Kg. Ad inizio anni '90 arrivarono modelli più compatti e leggeri (intorno ai 3 Kg) che per distinguerli da questi ultimi furono chiamati notebook come se fossero un "libro per scrivere annotazioni". Oggi pesano sui 2,5 Kg hanno uno schermo che arriva ai 15". Se sono subnotebook (magari senza lettore di cd rom) pesano intorno ad 1 Kg.

### PDA

Personal Data Assistant. Siamo nel campo dei portatili ed in particolare nel campo dei tascabili. Oggi il PDA rappresenta l'ultima frontiera tecnologica che si identifica anche nel mobile computing. Si tratta di oggetti che fino a ieri erano chiamati organizer ma che grazie ai collegamenti radio (vedi GPRS) offrono molto di più di un organizer gestendo Internet, e-mail e messaging.

### PORTE

Il nome racchiude tutto il loro significato sono le porte di entrata/uscita verso il computer e

quindi sono usate per collegare le periferiche. Con l'aumento della frequenza dei processori e della velocità del flusso di dati dalla periferia al centro del computer, hanno dovuto adeguarsi. Prima seriali, poi paralleli. Oggi sono USB (Universal Serial Bus).

### SCANNER

È una periferica che serve per scandire immagini (una pagina stampata, una foto, una diapositiva) tradurle in una serie di bit e renderle quindi disponibili all'interno del computer.

### SCHEDA AUDIO

L'audio fino alla fine degli anni '80 sul Pc praticamente non esisteva. Oggi ha una definizione di 32 bit e consente di avere fino a 5 casse più il subwoofer con effetti surround modificabili in funzione di parametri che possono arrivare a tenere conto delle apparenti dimensioni della stanza in cui ci si vuole trovare. Poiché la scheda audio garantisce il collegamento all'impianto hifi più connettori ha, meglio è.

### SCHEDA MADRE

Se la CPU è il cuore, la scheda madre (mother board) è il sistema nervoso del computer. Ce ne sono di vari tipi in funzione del tipo di processore che sono destinate a ricevere.

### SCHEDA VIDEO

Serve a gestire il susseguirsi delle immagini che si creano sul video (monitor). Non solo come tavolozza di colori per ciascun pixel e gradazione di intensità (contrasto), ma anche e soprattutto come effetti speciali per ricostruire le ombre dei minimi particolari e l'evolversi degli oggetti nello spazio in funzione del cambiamento del punto di vista. Il tutto ad almeno 20 fotogrammi al secondo. È per questo motivo che negli ultimi anni la scheda video è diventata "un computer nel computer" con una sua CPU (che si chiama GPU) ed una sua memoria.

### SCSI

È un tipo di interfaccia (collegamento) molto affidabile e veloce, ma anche più costoso dell'EIDE (vedi Ultradma) che si usa soprattutto per i dischi.

### ULTRADMA

È il canale di collegamento più diffuso che mette in connessione il disco con la scheda madre dove è alloggiata la memoria RAM. DMA sta per Direct Memory Access. Attualmente la velocità è di 100 MB al sec e infatti parliamo di Ultradma 100. Si tratta però della velocità all'interno del canale, mentre si deve anche tenere conto però che il disco ha una sua velocità di ricerca e di trasferimento, che in genere rallenta la velocità massima disponibile.



## ► Scheda madre

# Come è fatta una scheda madre

*La scheda madre, come dice il nome stesso, è un componente essenziale del computer, quello che mette in comunicazione tutti gli altri componenti*

**L**e schede madri più vecchie, chiamate "Baby At", avevano un diverso connettore di alimentazione, incompatibile con gli alimentatori attuali. Questo e la diversa disposizione delle porte di I/O rendono impossibile riciclare un vecchio case Baby At per assemblare un nuovo computer.

Negli slot PCI si inseriscono schede audio, di rete, SCSI ecc. Le schede video invece sono migrate allo slot AGP (marrone). Gli slot ISA (neri) sono ormai obsoleti: le schede ISA possono provocare conflitti e rallentamenti, dunque se siete affezionato ad una vecchia scheda ISA mettetela nel cassetto dei ricordi ed acquistate una moderna scheda PCI. Inoltre le motherboard totalmente prive di slot ISA sono più stabili e performanti. I piccoli slot AMR, CNR e ACR, pensati per montare in modo economico una scheda modem o di rete, fortunatamente non hanno avuto successo, in quanto le schede montate in questi slot sottraggono potenza al processore. I connettori di interfaccia si evolvono: parallela e seriale tendono a scomparire, aumentano le porte USB (le migliori schede madri ne offrono 4). Sempre utili le porte PS/2 per tastiera e mouse che permettono di non occupare 2 preziose porte USB. Alcune schede madri sono dotate di sezione audio e/o video integrate. La sezione audio può essere valida se

non si hanno esigenze particolari, mentre quella video è solitamente un collo di bottiglia. Utili invece i rari connettori di rete integrati, che evitano di sprecare uno slot PCI per la scheda Ethernet.

## Ad ognuno il suo zoccolo

Ogni zoccolo per il processore è compatibile solo con una determinata famiglia di CPU. Alcuni processori, come i Pentium II, invece dello zoccolo usavano uno slot, "Slot 1" per CPU Intel e "Slot A" per CPU AMD, soluzione molto comoda per l'upgrade: bastava sfilare la schedina dallo slot. Oggi per cambiare CPU dobbiamo sganciare e riagganciare il dissipatore, operazione spesso pericolosa visto che molti costruttori sistemano poco intelligentemente componenti e piste proprio accanto ai punti di aggancio (abbiamo visto spesso un cacciavite sfuggire durante l'operazione di sgancio delle mollette dei dissipatori, rigare la motherboard e tagliare una pista costringendo a buttare via tutto!).

Gli slot per la RAM sono solitamente 3 o 4. Oggi possono essere di 3 tipi: SDR, DDR e RIMM. I primi sono dedicati ai moduli DIMM a 100-133 MHz, riconoscibili per le due tacche; i secondi hanno una tacca sola, e sono dedicati ai moduli DDR a 133 MHz. I moduli DDR (Double Data Rate) sfruttano ambidue i fronti del segnale per tra-

sportare i dati, dunque è come se andassero a 266 MHz. L'ultimo tipo di slot è quello per le memorie RIMM, poco diffuse a causa dei prezzi alti. Le RIMM furono ideate da Intel come ideali compagne dei Pentium IV, ma nonostante il clock di ben 800 MHz, i tempi di latenza più alti rendono il rapporto prezzo/prestazioni sfavorevole, così Intel ha dovuto presentare il nuovo chipset 845 che supporta le normali DIMM. Sulle schede madri più vecchie potreste trovare degli slot per RAM SIMM. Vista la quasi impossibilità di trovare moduli SIMM, chi vuole aumentare la RAM del suo vecchio sistema è praticamente costretto a cambiare anche scheda madre e processore.

Ai connettori EIDE si collegano disco rigido ed unità ottiche. Un tempo per avere buone prestazioni ci si doveva rivolgere allo SCSI, ma oggi con lo standard Ultra-DMA/100 le prestazioni sono eccellenti. La batteria tampone è simile a quella degli orologi da polso: se il sistema non mantiene l'ora esatta o non riconosce i dischi rigidi, probabilmente è da sostituire.

I "dip switch" sono mini-interruttori bianchi su base blu, che nel caso di BIOS non recenti permettono di modificare frequenza di sistema e del processore.

I "jumper" sono pin metallici cortocircuitati tRAMite cavallotti che modificano impostazioni avan-

zate della scheda madre. Simili ai jumper sono i pin per i cavetti provenienti dal case, apparentemente insignificanti ed invece fondamentali: regolano l'accensione del sistema, il reset, i led, l'altoparlante di sistema. Se non li colleghiamo correttamente potremo premere il pulsante per ore, ma il computer non si accenderà mai!

## Chipset e BIOS

Due o più chip, talvolta muniti di dissipatore, formano il cosiddetto "chipset", da cui dipende il supporto di processori, RAM ecc. Un chipset stabile e collaudato è la migliore assicurazione per evitare blocchi di sistema, mentre un chipset instabile potrà magari spremere le massime prestazioni dai componenti, ma è un rischio continuo sul nostro lavoro.

Il BIOS è solitamente una ROM aggiornabile via software. Il BIOS è il primo codice in assoluto ad essere eseguito dal processore, e se qualcosa di grave è accaduto (ad esempio la scheda video è inserita scorrettamente) ci avvisa con una serie di "bip". Dal BIOS dipendono anche le possibilità di personalizzazione del nostro sistema (interfacce, frequenza RAM e CPU, ecc.). Le modifiche, riservate agli utenti esperti, possono essere effettuate accedendo alle schermate del BIOS, premendo una determinata combinazione di tasti al momento del boot. n

## GLOSSARIO

### BIOS

È il cuore della scheda madre, si trova su una ROM ma può essere aggiornato via software. Permette di controllare tutte le funzioni della scheda tramite schermate invece che con scomode combinazioni di jumper.

### Bus

È un canale di comunicazione tra diversi componenti. A seconda del numero di segnali che vi transitano contemporaneamente può essere a 16, 32, 64, 128 bit ecc. I bus principali sono tra processore e RAM, il bus AGP dedicato alla scheda video, il bus PCI per le periferiche ed il controller EIDE integrato, il bus ISA

per le schede più datate. Tra i bus più veloci ce n'è uno non presente sulla motherboard: quello tra processore e memoria delle schede video

### Chipset

Centro di controllo della scheda madre, regola il flusso di informazioni tra i vari bus. Da esso dipende il supporto dei vari modelli di processori, la gestione della RAM e delle periferiche. Velocità e stabilità di una motherboard sono principalmente funzione della qualità del chipset.

### Jumper

Coppie di pin metallici che possono essere cortocircuitati inserendovi dei

piccoli cavallotti in metallo rivestito di plastica colorata. Sono il vecchio metodo per regolare le funzioni della scheda madre, ora quasi tutte modificabili dalle schermate del BIOS. Si usano ancora per le funzioni di rara regolazione.

### Slot

Fessura in cui inserire le schede di espansione. A seconda del colore si può sapere a quale bus appartiene lo slot: bianco=PCI, marrone=AGP, nero=ISA. Le schede vanno sempre avvitate al case, per evitare correnti statiche o

l'eventuale fuoriuscita dallo slot utilizzando i connettori esterni.

### Socket

È un componente traforato in plastica in cui si inseriscono le centinaia di piedini presenti sotto un processore. Una levetta laterale blocca o sblocca i piedini e permette l'estrazione del processore. Ai lati del socket ci sono delle sporgenze per agganciare il dissipatore di calore del processore. I socket attuali sono il Socket 370, dedicato a Pentium III e Celeron, il Socket A (462 piedini) per Athlon e Duron, il Socket 423 per il Pentium 4, ed il nuovo Socket 478 per il Pentium 4 a 0,13 micron.

## Le parti essenziali della scheda madre

### SLOT MEMORIA RAM

Qui si inseriscono le memorie, i banchi sono solitamente 3 ma si va da 2 a più di 4. Quelli per le nuove ram DDR hanno una sola tacca, quelli per le SDR 2.

### CONNETTORI ATA EIDE

È qui che si collegano dischi rigidi, lettori CD e DVD, masterizzatori. Sono solitamente due, quello azzurro è il canale primario cui collegare il disco di sistema.

### BATTERIA TAMPONE

Di forma discoidale inserita in un cilindretto e bloccata da un fermaglio, è solitamente una normale batteria per orologi da polso. Se si esaurisce il sistema non ricorderà l'ora, la data e dovrà riconoscere ogni volta i dischi rigidi.

### SLOT DI ESPANSIONE

Di diverso colore a seconda del bus (bianco=PCI, marrone=AGP, nero=ISA), qui si inseriscono le schede di espansione. Meglio non utilizzare i vecchi slot Isa, rallentano e rendono instabile il sistema.

### CONNETTORE DI ALIMENTAZIONE

Di colore bianco, qui si infila un connettore rettangolare con svariati cavi colorati proveniente dall'alimentatore. È diverso tra le attuali schede madri ATX e le vecchie Baby At.

### SOCKET

Qui si inserisce il processore, bloccato da una levetta laterale e sovrastato dal dissipatore con ventola, spesso di difficile aggancio. Alcune vecchie schede madri hanno al suo posto uno slot per i processori montati su schedina.

### CHIPSET

Regola il flusso di informazioni tra i vari bus, da esso dipendono le prestazioni della scheda madre e la compatibilità con processori, RAM e periferiche. È solitamente formato da due chip, detti "Northbridge e Southbridge".

### CONNETTORI DI I/O

Oggi sono colorati come i connettori che vi si inseriscono, per facilitare i collegamenti. I principali sono seriale, parallela, USB, PS/2. Talvolta ci sono connettori audio.

## Scheda madre: compatibilità tra chipset, processore e tipo di RAM

| Processore                        | Connettore processore | Chipset tipico    | Tipo di RAM            | Controller EIDE |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------|
| Pentium II                        | Slot 1                | Intel BX          | DIMM SDR 66 MHz        | Ultra-DMA/33    |
| Celeron                           | Slot 1                | Intel BX          | DIMM SDR 66 MHz        | Ultra-DMA/33    |
| Pentium III                       | Slot 1                | Intel BX          | DIMM SDR 100 MHz       | Ultra-DMA/33    |
| Celeron 2 (bus 100 MHz)           | Socket 370            | Intel 815EP       | DIMM SDR 100 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Pentium III FcPga (bus 100 MHz)   | Socket 370            | Intel 815EP       | DIMM SDR 100 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Pentium III B FcPga (bus 133 MHz) | Socket 370            | Intel 815EP       | DIMM SDR 133 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Pentium III B FcPga (bus 133 MHz) | Socket 370            | Via ApolloPro 266 | DIMM DDR 133 (266) MHz | Ultra-DMA/100   |
| Pentium IV (423 piedini)          | Socket 423            | Intel 850         | RIMM 600-800 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Pentium IV (478 piedini)          | Socket 478            | Intel 845         | DIMM SDR 133 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Athlon                            | Socket A              | Via Kt133 A       | DIMM SDR 133 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Athlon                            | Socket A              | AMD 761           | DIMM DDR 133 (266) MHz | Ultra-DMA/100   |
| Duron                             | Socket A              | Via Kt133 A       | DIMM SDR 133 MHz       | Ultra-DMA/100   |
| Duron                             | Socket A              | AMD 761           | DIMM DDR 133 (266) MHz | Ultra-DMA/100   |

# I termini informatici più comuni

## LA PAROLA DEL MESE

### M-SERVICES

Ne abbiamo già parlato nel numero precedente di *PC Open*, ma vale la pena di ritornarci sopra perché rischiano di modificare in modo sostanziale l'utilizzo che abbiamo fatto fin qui del nostro cellulare. Gli M-Services sono infatti i nuovi servizi multimediali offerti da Tim per reti GSM e GPRS, che permetteranno di inviare sul telefonino foto e immagini accompagnate da messaggi scritti o musicali, oppure di collegarsi a pagine WAP e indirizzi e-mail. Gli M-Services, che sono partiti in dicembre, sono accessibili, quindi, anche ai possessori di cellulare GSM, ma è chiaro che, grazie alla maggiore velocità di trasferimento, la qualità della fruizione è ben diversa se si usa un GPRS.

Tra i servizi resi disponibili dalla piattaforma tecnologica di M-Services abbiamo: gli EMS (Enhanced Message Services), SMS che inviano sul cellulare immagini e musica insieme ai messaggi di testo; il WAP Push, e cioè la possibilità di accedere a pagine WAP premendo un tasto del telefonino e il download di foto e suonerie, per scaricare direttamente sul cellulare tramite WAP una suoneria o un'immagine per conservarla come salvaschermo, anche corredata con messaggi di testo o musicali. Ovviamente gli utenti dovranno fare un po' di pratica, visto che finora c'è ancora una significativa parte di loro (20% circa) che non usa ancora gli SMS, ma la direzione è ormai tracciata, in attesa del prossimo passo tecnologico costituito dagli UMTS che non arriveranno prima di 12-18 mesi. In quel caso avremo infatti servizi multimediali ancora più avanzati però molto probabilmente anche a costi molto più elevati.

### AGP

L'Accelerated Graphics Port è un bus a 32 bit di comunicazione veloce fra la CPU e la memoria interna alla scheda video (dai 32 ai 128 MB). In questo modo si evita di passare dalla memoria RAM che prima era l'unica memoria veloce del computer.

### BUS

Canale di comunicazione veloce con tante corsie quanti sono i bit della parola costituente il linguaggio macchina in uso al computer o al componente da collegare. Attualmente il bus centrale è arrivato a 64 corsie.

### CACHE

La memoria RAM centrale all'inizio era l'unica di tutto il sistema. Con l'evoluzione dell'architettura e dei sistemi operativi era divenuta un collo di bottiglia perché tutti i componenti del computer vi facevano riferimento. Si pensò così di dotare la CPU di una sua memoria molto veloce anche se di piccole dimensioni rispetto a quella RAM. Nacque la memoria cache che oggi può avere anche più livelli in funzione della "vicinanza" alla CPU.

### CCD

È una piastra sensibile dove trovano posto i sensori (uno per pixel, cioè per punto video) che raccolgono colore e intensità della luce traducendola in bit. Viene usato nelle fotocamere e videocamere digitali. Per le prime si va dai 2 ai 6 Megapixel a fotografia, mentre per le seconde si va dai 0,5 al Megapixel per singolo fotogramma.

### CD ROM

Compact Disc Read Only Memory. Philips e Sony nel definire lo standard del cd audio all'inizio degli anni '80 definirono anche le caratteristiche che doveva avere questo disco di 12,5 cm di diametro con 650 MB di memoria

### CPU

Central Processing Unit. È il cuore del computer, equivale a quello che nel mondo delle automobili è costituito dal motore. Sinonimi sono processore e microprocessore oppure con forma più colta da manuale universitario: unità aritmetico-logica. Le marche principali sono due: Intel e Amd, con velocità (frequenze) da 1,2 a oltre 2 GHz.

### DISCHI

Si chiamano così da sempre, perché il supporto che memorizza i dati ha la forma di un disco (o di più dischi sovrapposti) sul quale una testina legge le variazioni di campo magnetico corrispondenti agli "0" e "1". Attualmente un disco ospita dai 40 ai 100 GB di dati. E ruota ad una velocità dai 5.400 ai 10.000 giri al minuto.

Si chiama anche hard disk (disco rigido) perché si contrapponeva ai floppy che invece erano flessibili.

### DRIVER

Sono piccoli programmi che servono al sistema operativo per interagire con le periferiche. È evidente che ogni periferica ha il suo. È anche evidente però che chi scrive il driver non può prevedere tutti i casi pratici in cui verrà usata quella periferica, quindi uscita la prima versione del driver se ne pubblica una ogni 15/30 gg. Da qui l'utilità di scaricarle da Internet per tenere il computer sempre aggiornato.

### KERNEL

Il sistema operativo è costruito a moduli che si occupano delle varie funzioni che svolge il sistema operativo per usare i singoli componenti secondo le necessità dell'applicazione che state usando. Il modulo che si occupa di assegnare il "via" ai singoli moduli funzionali è il Kernel che non a caso vuol dire nucleo. Perciò esso è sempre attivo nel sistema.

### MEMORIA RAM

RAM sta per Random Access Memory cioè memoria ad accesso casuale per distinguerla da quella di un nastro che è per forza ad accesso seriale. Questo vuol dire che grazie alla sua struttura può indirizzare ogni singola cella (che a sua volta è un byte ovvero 8 bit) delle 128 o 256 milioni di celle (MB) che la compongono. È la memoria centrale del computer.

### NOTEBOOK

Una volta esistevano i laptop che erano portatili sì ma che pesavano fino a 5 Kg. Ad inizio anni '90 arrivarono modelli più compatti e leggeri (intorno ai 3 Kg) che per distinguerli da quest'ultimi furono chiamati notebook come se fossero un "libro per scrivere annotazioni". Oggi pesano sui 2,5 Kg hanno uno schermo che arriva ai 15". Se sono subnotebook (magari senza lettore di cd rom) pesano intorno ad 1 Kg.

### PDA

Personal Data Assistant. Siamo nel campo dei portatili ed in particolare nel campo dei tascabili. Oggi il PDA rappresenta l'ultima frontiera tecnologica che si identifica anche nel mobile computing. Si tratta di oggetti che fino a ieri erano chiamati organizer ma che grazie ai collegamenti radio (vedi GPRS) offrono molto di più di un organizer gestendo Internet, e-mail e messaging.

### PORTE

Il nome racchiude tutto il loro significato sono le porte di entrata/uscita verso il computer e

quindi sono usate per collegare le periferiche. Con l'aumento della frequenza dei processori e della velocità del flusso di dati dalla periferia al centro del computer, hanno dovuto adeguarsi. Prima seriali, poi paralleli. Oggi sono USB (Universal Serial Bus).

### SCANNER

È una periferica che serve per scandire immagini (una pagina stampata, una foto, una diapositiva) tradurle in una serie di bit e renderle quindi disponibili all'interno del computer.

### SCHEDA AUDIO

L'audio fino alla fine degli anni '80 sul Pc praticamente non esisteva. Oggi ha una definizione di 32 bit e consente di avere fino a 5 casse più il subwoofer con effetti surround modificabili in funzione di parametri che possono arrivare a tenere conto delle apparenti dimensioni della stanza in cui ci si vuole trovare. Poiché la scheda audio garantisce il collegamento all'impianto hifi più connettori ha, meglio è.

### SCHEDA MADRE

Se la CPU è il cuore, la scheda madre (mother board) è il sistema nervoso del computer. Ce ne sono di vari tipi in funzione del tipo di processore che sono destinate a ricevere.

### SCHEDA VIDEO

Serve a gestire il susseguirsi delle immagini che si creano sul video (monitor). Non solo come tavolozza di colori per ciascun pixel e gradazione di intensità (contrasto), ma anche e soprattutto come effetti speciali per ricostruire le ombre dei minimi particolari e l'evolversi degli oggetti nello spazio in funzione del cambiamento del punto di vista. Il tutto ad almeno 20 fotogrammi al secondo. È per questo motivo che negli ultimi anni la scheda video è diventata "un computer nel computer" con una sua CPU (che si chiama GPU) ed una sua memoria.

### SCSI

È un tipo di interfaccia (collegamento) molto affidabile e veloce, ma anche più costoso dell'EIDE (vedi UltraDMA) che si usa soprattutto per i dischi.

### ULTRADMA

È il canale di collegamento più diffuso che mette in connessione il disco con la scheda madre dove è alloggiata la memoria RAM. DMA sta per Direct Memory Access. Attualmente la velocità è di 100 MB al sec e infatti parliamo di Ultradma 100. Si tratta però della velocità all'interno del canale, mentre si deve anche tenere conto però che il disco ha una sua velocità di ricerca e di trasferimento, che in genere rallenta la velocità massima disponibile.