

# Il bus seriale Firewire

Massimo Giussani

Firewire è il marchio di fabbrica che Apple Computer ha attribuito al bus seriale orientato alle comunicazioni multimediali introdotto dall'azienda di Cupertino nell'ormai lontano 1986. Le caratteristiche salienti erano, oltre ovviamente all'alta velocità e alla sincronizzazione necessarie per la trasmissione di informazioni audio-video, la relativa economicità, il riconoscimento automatico dei nodi connessi e la possibilità di inserire e disinserire a caldo dispositivi nella rete. Il successo della

**Nato come bus ad alta velocità per il trasferimento di informazioni multimediali, lo standard Firewire si presta a svariate applicazioni industriali**

nuova interfaccia fu tale che venne adottata, su licenza, anche da altri produttori di apparecchiature elettroniche; Sony mise a punto una versione nota come i-Link, nome che nel mercato giapponese è tuttora sinonimo di Firewire. Nel 1995 l'IEEE adottò lo standard con il nome di IEEE 1394-1995.

Attualmente la sigla 1394 viene associata a tre diverse varianti dello standard: 1394a, una revisione dello standard originale che prevede velocità di 100, 200 e 400 Mbps; 1394b, che amplia la velocità di trasmissione portandola ai valori di 800, 1.600 e 3.200 Mbps e definisce i meccanismi per consentire la trasmissione sugli stes-

si cavi adottati dalle normali reti Ethernet (Cat5 o fibra ottica); 1394c, che estende il supporto di cavi schermati Cat5 per tratte di 100 metri anche alle comunicazioni a 800 Mbps e semplifica ulteriormente la coesistenza con le reti Ethernet.

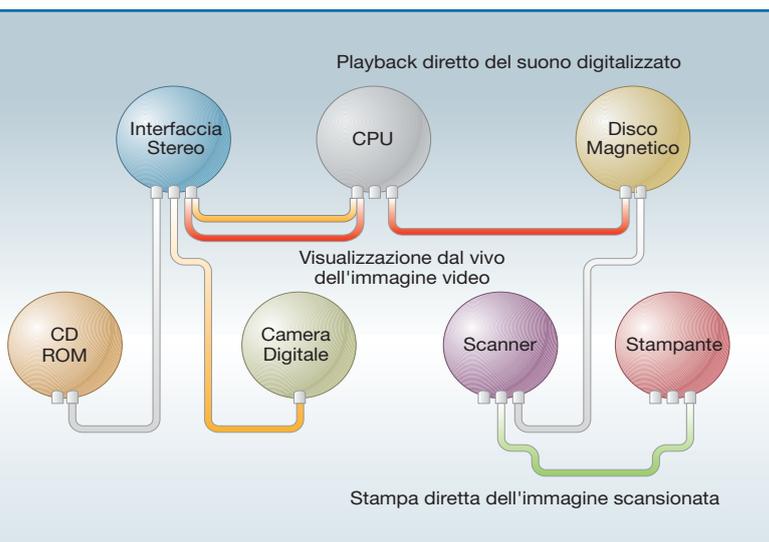
## Caratteristiche dello standard IEEE 1394

L'elevata velocità effettiva con cui è possibile trasferire dati grazie al bus Firewire rende possibile il supporto simultaneo di più applicazioni, su uno stesso collegamento. Il bus è stato infatti concepito per fornire una soluzione pressoché universale, in grado di adattarsi alle esigenze di comunicazione più disparate. I progettisti hanno così elaborato una tecnologia che consente il riconoscimento automatico dei nodi man mano che questi vengono connessi alla rete (plug&play) e hanno fatto in modo che questa operazione non richieda la disconnessione o lo spegnimento degli altri dispositivi collegati (hot swap).

Le reti Firewire sono caratterizzate da una topologia ad albero, con nodi sufficientemente intelligenti da scambiarsi autonomamente le informazioni necessarie a identificare la corretta gerarchia e le modalità di trasmissione da adottare. Le comunicazioni possono essere di tipo master-slave e peer-to-peer. Un'importante differenza rispetto ad altri tipi di bus è che nella modalità peer-to-peer è possibile trasferire dati tra due dispositivi senza dover ricorrere a un computer per gestire l'arbitraggio: il vantaggio di questo approccio è che essendo i nodi 'intelligenti' l'utilizzatore è sollevato dall'incombenza della configurazione della rete.

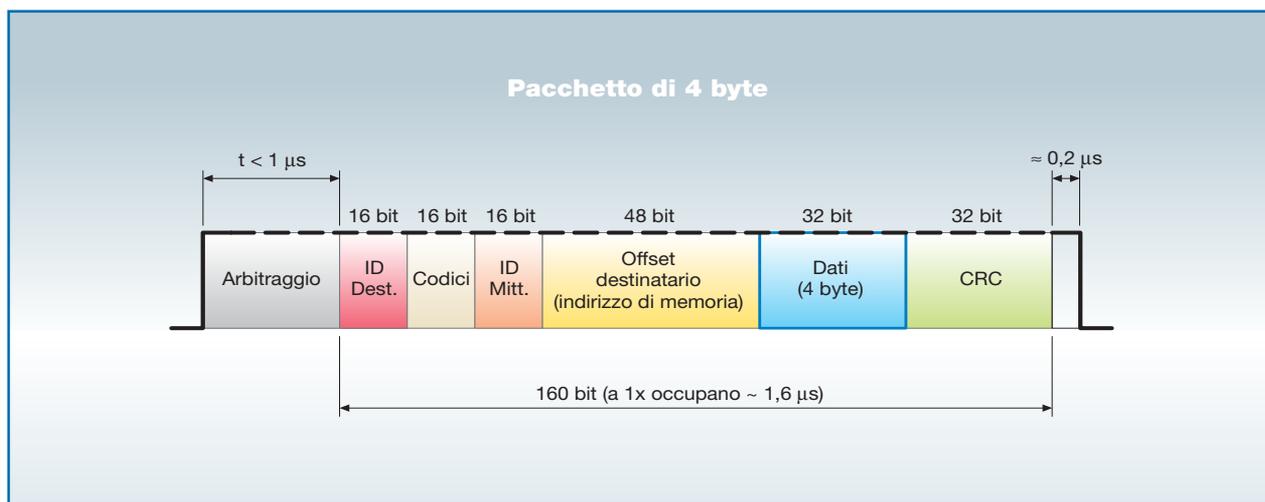
La figura 1 mostra come sia possibile realizzare una rete non banale semplicemente connettendo in ordine sparso i vari nodi che la costituiscono. Un dispositivo Firewire può avere fino a 27 porte, anche se generalmente tre è il numero che garantisce la flessibilità di creare topologie complesse. Ogni dispositivo è identificato da un indirizzo di 16 bit, di cui 10 bit indicano la rete e 6 bit il nodo: ne consegue che è possibile avere fino a 1.023 sottoreti di 63 nodi ciascuna.

L'indirizzamento della memoria di un dispositivo Firewire (l'offset) si basa sullo standard IEEE 1212 i cui 48 bit per-



**Fig. 1 - Una rete Firewire può essere realizzata connettendo in maniera pressoché arbitraria i nodi costituenti. La rete provvederà ad autoconfigurarsi e consentirà trasmissioni di tipo master-slave e peer-to-peer, a seconda dell'applicazione**

Fonte: Micheal Johas Teener, Zayante Inc.



**Fig. 2 - Esempio di pacchetto per la trasmissione di un quadlet (una parola di 4 byte). Si osservino i campi indirizzi da 16 bit (10 per la sottorete e 6 per il nodo) e l'indirizzamento di memoria a 48 bit**

mettono di gestire fino a 256 TB per nodo. I dati vengono trasmessi sotto forma di pacchetti, con un'intestazione che contiene le informazioni sui nodi di partenza e di arrivo, un codice funzione e l'indirizzo di memoria interessato alle operazioni di trasferimento; completa il pacchetto il corpo dei dati e il bit di controllo ciclico di ridondanza.

La figura 2 mostra la struttura di un tipico pacchetto di 4 byte utili. Con un carico utile di 256 byte, alla velocità originaria di 100 Mbps, si riescono a veicolare ben 80 Mbps di informazione effettiva conseguendo pertanto un'eccellente rendimento di trasmissione dell'80% circa.

### Lo strato fisico del primo Firewire

Sebbene le ultime varianti consentano anche l'impiego di canali in fibra ottica, Firewire nasce, si sviluppa e matura come standard su rame. Il mezzo di trasmissione utilizzato per i dati e i segnali di controllo è il doppino intrecciato schermato (STP, Shielded Twisted Pair): due doppini schermati sono racchiusi in una guaina insieme a due cavi (opzionali) per il trasporto dell'alimentazione dei dispositivi connessi. L'alimentazione è in corrente continua e prevede una tensione compresa tra 8 e 40 V, con un assorbimento di corrente massimo di 1,5 A per collegamento.

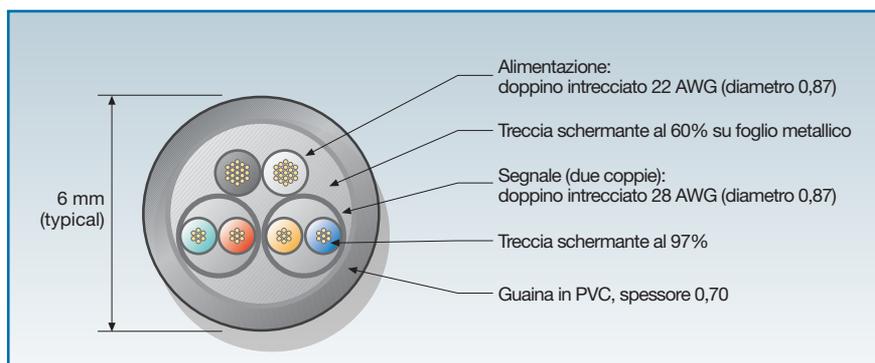
La figura 3 mostra la sezione di un tipico cavo Firewire a sei fili: a incidere sul costo sono la complessità costruttiva e la qualità dei materiali richiesti.

Le informazioni sono immesse sui doppini intrecciati con una codifica binaria NRZ (Non Return to Zero): il segnale elettrico presenta una tensione differenziale di 220 mV e una corrente di 4 mA. Con uno strato fisico di questo tipo si possono ottenere velocità di 400 Mbps su tratte della lunghezza mas-

sima di 4,5 metri. Le velocità di trasmissione consentite dallo standard IEEE 1394a sono di 98,304 Mbps, 196,608 Mbps e 393,216 Mbps, rispettivamente in quelle che sono indicate con le sigle S100, S200 e S400. Ulteriori miglioramenti richiedono una modifica della codifica dei segnali.

I connettori Firewire tradizionali sono di due tipi: uno compatto a quattro terminali che veicola solo i dati, e uno a sei terminali che porta anche il collegamento dell'alimentazione in corrente continua (si veda la figura 4). L'ingombro dei connettori e delle prese è particolarmente limitato e si presta alle esigenze di risparmio dello spazio su scheda. Lo standard permette l'inserzione a caldo dei dispositivi (hot-swap) e i connettori sono stati progettati in modo da evitare dannosi cortocircuiti durante l'inserzione o l'estrazione dal relativo ricettacolo; sono inoltre dotati di una struttura asimmetrica per evitare l'accidentale inversione di polarità.

La versione a quattro fili permette di utilizzare cavi più sottili e quindi maggiormente flessibili, oltre che meno costosi. Solitamente i cavi Firewire che si trovano nelle apparecchiature elettroniche destinate al mercato consumer utilizzano questo tipo di soluzione.



**Fig. 3 - Sezione del cavo a sei conduttori utilizzato dallo standard Firewire**

Fonte: Micheal Johas Teener, Zayante Inc.

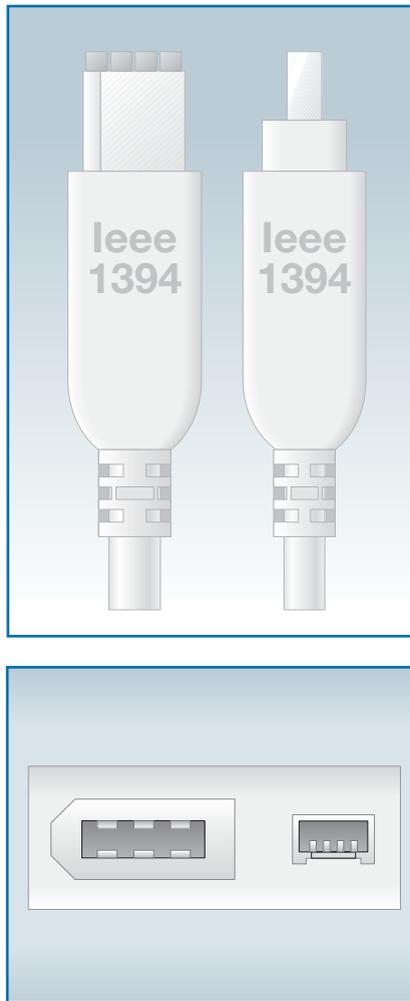
## Due modalità: isocrona e asincrona

Le due modalità di trasmissione dati, isocrona e asincrona, supportate nativamente da Firewire, permettono di rispondere alle esigenze delle applicazioni di controllo e di trasferimento dati ad alta velocità che si possono presentare anche in ambito industriale.

I trasferimenti isocroni assicurano che i dati vengano trasmessi entro un intervallo di tempo predeterminato; per far questo il protocollo di comunicazione, che prevede una moltiplicazione a divisione di tempo, alloca un certo numero di intervalli temporali per ogni ciclo base della trasmissione; l'insieme di tutti questi intervalli va a costituire un canale messo a disposizione dalla periferica che ne ha fatto richiesta. L'allocazione è dinamica e permette l'instaurazione di più trasferimenti isocroni simultanei, se la banda lo consente. La visione artificiale, il controllo assi e l'acquisizione dati sono esempi tipici di applicazioni industriali che richiedono una banda garantita.

Nella trasmissione isocrona la sequenza di bit dati deve essere correttamente abbinata al segnale di clock; tuttavia le imperfezioni del mezzo di trasmissione può generare distorsioni tali da alterare la corrispondenza tra i due segnali. Per garantire la corretta ricostruzione del segnale di clock, i dati che vengono inviati in gruppi di 32 bit, detti quadlet (essendo composti da quattro byte ciascuno), vengono legati al segnale di temporizzazione utilizzando una semplice quanto efficace tecnica nota come codifica DS (Data-Strobe). Questa tecnica prevede che un segnale di strobe venga generato effettuando un OR esclusivo (XOR) tra dati e clock. Ad essere inviati sui doppini intrecciati (identificati dalle sigle TPA e TPB) sono poi i segnali che codificano i bit dati e di strobe. Il nodo ricevente deve semplicemente effettuare un XOR per ricostruire il segnale di clock originale, adeguatamente agganciato ai dati trasmessi. Questo approccio presenta il vantaggio aggiuntivo di ridurre il costo dell'elettronica di testa, in quanto un circuito XOR è molto più economico di un circuito ad aggancio di fase (PLL), che sarebbe altrimenti necessario per conservare la sincronia.

La trasmissione avviene immettendo i dati sul doppino TPA e lo strobe su TPB; la ricezione avviene al contrario leggendo i dati su TPB e lo strobe su TPA. I cavi IEEE 1394 sono incrociati in modo che i terminali corrispondenti a TPA a un'estremità corrispondano a quelli di TPB all'altra e viceversa.



**Fig. 4 - Lo standard Firewire prevede due tipo di connettori: uno a 4 e uno a 6 terminali (corrispondenti ai due doppini intrecciati del precedente e ai due cavi dell'alimentazione)**

Entrambi i doppini sono utilizzati per veicolare i segnali di arbitraggio.

Firewire prevede anche una modalità asincrona che si presta al trasferimento di grandi quantitativi di dati, ad esempio da un disco fisso all'altro, ma si adatta anche alle esigenze dei sistemi di controllo e di misura di reagire in funzione di determinati eventi.

Il trasferimento asincrono predilige l'accuratezza dell'informazione alla tempestività di trasferimento (è prevista anche la ritrasmissione dei pacchetti pervenuti con errori) e consente la definizione di livelli di priorità dei messaggi. Le informazioni di controllo e i parametri di configurazione dei dispositivi viaggiano sul bus secondo questa logica.

## Ulteriori evoluzioni dello standard

Nel 2002 l'IEEE ha messo mano allo standard 1394a per ampliarne il campo di applicazione a diversi tipi di mezzi

di trasmissione. Il risultato è stato lo standard IEEE 1394b che ha esteso le velocità di trasmissione a 800 Mbps, 1,6 Gbps e 3,2 Gbps e ha introdotto nuovi limiti per la lunghezza di tratta in base al mezzo di trasmissione e alle velocità prescelte. In particolare sono possibili tratte di 100 metri alla velocità di 3,2 Gbps su fibra ottica multimodale da 50 micron, velocità di 400 e 200 Mbps su fibra ottica plastica (POF), e trasferimenti a 100 Mbps su cavo UTP Cat5, lo stesso utilizzato dalle reti Fast Ethernet. L'incremento di prestazioni è stato reso possibile da un meccanismo di arbitraggio avanzato e da una codifica dei dati binari di tipo 8b/10b (già adottato da Gigabit Ethernet e Fibre Channel). Ulteriori miglioramenti hanno riguardato la gestione dell'alimentazione integrata, con la possibilità di erogare fino a 25 W di potenza in maniera intelligente, ossia limitando i picchi di assorbimento allo stretto indispensabile, ad esempio durante le fasi di avvio della rotazione e di ricerca nei dischi fissi e nei supporti rimovibili.

Un'ulteriore evoluzione dello standard è rappresentata dalle specifiche IEEE 1394c, che estendono a 100 m la massima lunghezza di tratta su UTP Cat5 per il funzionamento a 800 Mbps, rendendo di fatto accessibile lo strato fisico proprio di Ethernet 1000baseT alla tecnologia Firewire. ■