

Il sistema Mini Disc

Caratteristiche del Sistema Mini Disc

Il Mini Disc (MD) ha un diametro di 64 mm e memorizza un massimo di 72 minuti effettivi di segnali musicali, proprio come un compact disc (CD). I segnali musicali sono registrati sul disco in forma di segnali digitali, con modulazione EFM. La lunghezza d'onda del raggio laser per la lettura di tali segnali digitali è normalmente di 780 nm, la velocità di rotazione del disco è compresa tra 1,2 e 1,4 m/s e il passo tra le tracce è 1,6 micron, come nei compact disc.

Per registrare 72 minuti effettivi di segnali musicali su un Mini Disc con diametro di 64 mm, i segnali musicali stereofonici vengono campionati a 44,1 kHz e quantizzati in segnali digitali (1,41 Mb/s) mediante un convertitore analogico/digitale da 16 bit (full scale). Questi segnali digitali vengono poi elaborati mediante una tecnologia di compressione avanzata, in modo da ridurre il numero di bit da trasmettere a circa 1/4,789 (circa 294 kb/s). La tecnologia di compressione dei segnali digitali scelta per il Mini Disc è denominata ATRAC (Adaptive TRansform Acoustic Coding, cioè "codifica acustica a trasformazione adattativa"): estrae in modo "intelligente" solo le componenti sonore udibili e le converte in codici digitali di lunghezza più ridotta dell'originale, basandosi sulle caratteristiche di risposta dell'apparato uditivo umano.

Come si vede in Figura 1, con questa trasformazione i segnali registrati sul Mini Disc, una volta letti, vengono espansi di circa 4,789 volte per riottenere i suoni originali. Supponendo ad esempio di leggere da un Mini Disc segnali della durata effettiva di 1 secondo, in seguito all'espansione vengono ricostruiti 4,789 secondi di effettiva durata musicale.

* Lettura dal Mini Disc

* Tempo effettivo di riproduzione della musica

* Tempo trascorso

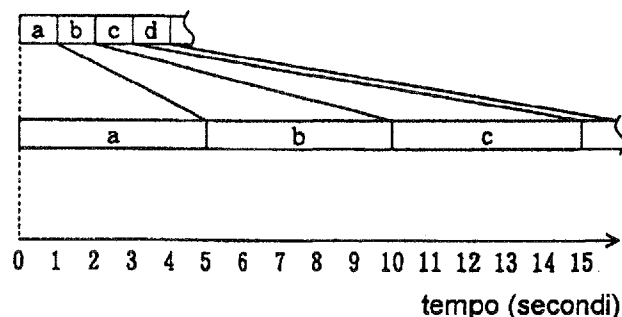


Figura 1. Confronto tra la durata dei dati letti dal disco ed il segnale musicale.

Dal momento che i segnali digitali letti dal disco devono essere espansi, è necessaria una memoria per conservarli mentre viene effettuato il processo di espansione dei dati precedenti. Poiché la capacità della memoria è limitata, si dovrà interrompere la lettura dei dati dal disco quando la memoria è completamente occupata. Non appena c'è di nuovo spazio disponibile nella memoria, la lettura dei dati dal disco ricomincia.

Quando la memoria è completamente riempita, la lettura viene interrotta. Questo tipo di funzionamento intermittente è indispensabile nel Mini Disc.

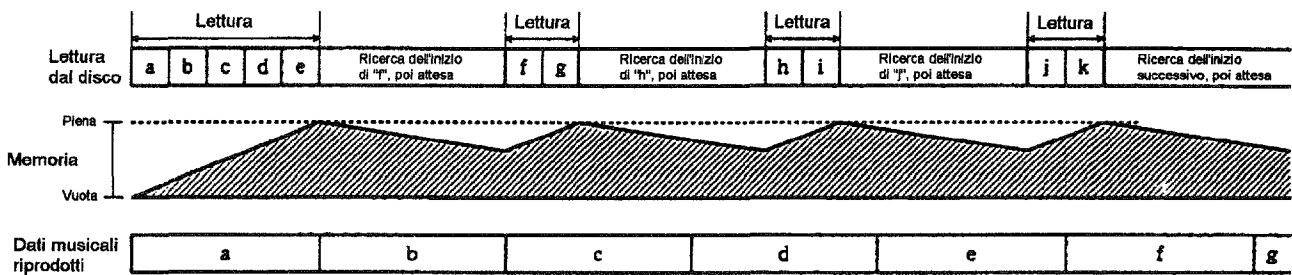


Figura 2. Principio della lettura da un Mini Disc.

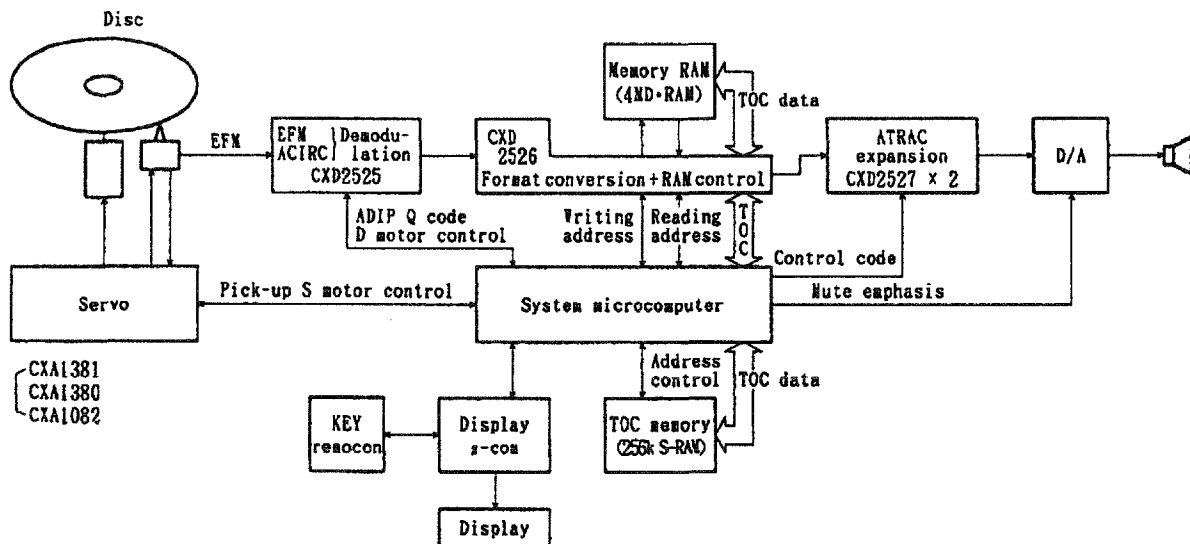


Figura 3. Schema a blocchi di un riproduttore Mini Disc.

In Figura 2 è illustrato il principio di funzionamento. Appena i dati digitali letti dal disco vengono scritti nella memoria, sono convertiti in suoni; questi vengono letti dal decodificatore ATRAC CXD2527, convertiti in dati musicali da 16 bit campionati a 44,1 kHz, e trasformati in suoni mediante la conversione digitale/analogica.

Poiché i dati scritti nella memoria sono 4,789 volte maggiori dei dati letti dalla memoria, questa si riempie molto presto. La lettura dei dati dal disco avviene in modo discontinuo, in modo che ci sia una pausa per la conversione dei dati in memoria in segnali musicali, che garantisca la disponibilità di spazio per la scrittura di nuovi dati. Durante tale pausa, i dati vengono trasmessi dalla memoria al decodificatore ATRAC e i segnali musicali sono così ricostruiti senza interruzioni.

Il microcomputer controlla il numero del brano musicale, nonché i suoi punti iniziale e finale (in termine di indirizzi sul disco); i relativi dati sono trasmessi al decodificatore ATRAC. Durante la pausa, il microcomputer controlla anche l'indirizzo di lettura estratto dal pick-up, l'indirizzo di scrittura nella memoria e l'indirizzo di ricerca.

In Figura 3 è illustrato lo schema a blocchi di un'unità di lettura Mini Disc, basata sul kit di IC LSI Sony di prima generazione.

Tipi di Mini Disc e sistema di registrazione

I Mini Disc si suddividono in due categorie: "Premasterizzati" e "Registrabili".

Un Mini Disc premasterizzato ha i "pits", come un compact disc. Il raggio laser viene proiettato sul disco ed il livello (0 oppure 1) si ricava in base all'intensità della luce riflessa dai pits. Il Mini Disc registrabile, di tipo magneto-ottico, ha uno strato magnetico. Le sostanze magnetiche dello strato sono magnetizzate con poli N e S, corrispondenti ai segnali digitali 0 e 1. Quando il raggio laser è proiettato sulle sostanze magnetizzate, il piano di polarizzazione della luce laser ruota leggermente sui poli N e S in direzioni opposte, secondo il cosiddetto "effetto Kerr".

La riflettività del disco magneto-ottico è compresa tra 0,15 e 0,25; essendo minore di 0,7, che è la riflettività di un normale CD, il disco magneto-ottico viene denominato "disco a bassa riflettività" (i normali CD ad alluminio evaporato sono invece definiti "ad alta riflettività").

Il formato MD comprende anche un disco ibrido, su cui sono disponibili le funzioni di entrambi i tipi. Il disco ibrido ha i pits nella circonferenza interna, che funziona da ROM; la circonferenza esterna serve invece da RAM. Anche il disco ibrido è a bassa riflettività. Le Figure 3-1 e 3-2 mostrano rispettivamente le strutture del disco premasterizzato e del disco registrabile.

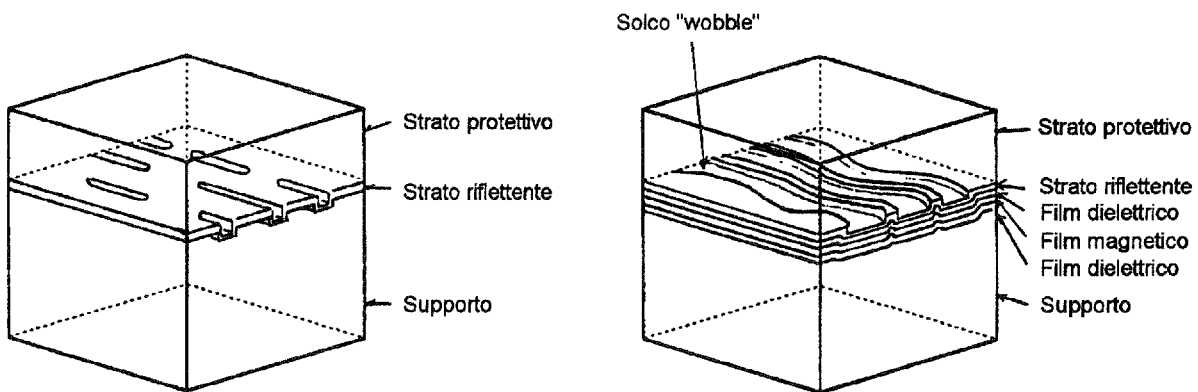


Figura 3-1. Mini Disc premasterizzato.

Figura 3-2. Mini Disc registrabile.

Se le sostanze magnetiche vengono riscaldate, oltre una certa temperatura il loro flusso magnetico residuo scompare. Quando tali sostanze vengono poi raffreddate rimanendo immerse in un campo magnetico, rimangono magnetizzate nella direzione del relativo flusso.

Sfruttando questi fenomeni, i dati vengono registrati nel cosiddetto "modo magneto-ottico" e possono essere cancellati e riscritti. Durante la registrazione, il raggio laser

viene concentrato su una parte dello strato magnetico del disco, che viene riscaldata a circa 220-240 °C, per cancellare i dati: per raggiungere questa temperatura, attraverso l'obiettivo viene emesso un raggio laser di maggiore potenza. Lo standard MD specifica che la potenza del laser di registrazione deve essere compresa tra 2,5 e 5,0 mW (il valore esatto dipende dalle caratteristiche particolari di ogni disco).

Sono due i possibili modi di registrazione dei dischi magneto-ottici: uno consiste nel magnetizzare preventivamente e con la stessa polarità l'intera superficie attiva del disco; il disco viene poi assoggettato ad un campo magnetico di polarità inversa e il raggio laser viene diretto soltanto sulle parti che devono invertire la loro magnetizzazione. Questo sistema è denominato "a modulazione del laser". Nel secondo sistema, invece, le direzioni dei poli N e S del campo magnetico, applicato esternamente al disco, vengono modificate mentre il raggio laser viene inviato sul disco per registrare i dati. Questo sistema è denominato "a modulazione del campo magnetico".

Il sistema di modulazione del laser necessita della cancellazione preventiva di tutti i dati, prima della riscrittura. Di conseguenza, per il sistema Mini Disc è stata scelta la modulazione del campo magnetico, perché permette la sovrascrittura diretta. La forza magnetomotrice del campo applicato esternamente al disco magneto-ottico deve essere alquanto elevata: da 8 a 24 kA/m. D'altronde, l'induttanza non può essere aumentata a sufficienza perché i segnali EFM devono essere registrati con una velocità di inversione del segnale minore di 200 ns, per una variazione di +/-90%. Per compensare il sottodimensionamento delle bobine, si deve aumentare la corrente: il circuito di pilotaggio della testina magnetica risulta quindi di tipo avanzato e complesso (inoltre, è molto difficile predisporre adeguate protezioni per ridurre le irradiazioni indesiderate di un campo magnetico così intenso). In questo sistema, la testina magnetica incapsulata in resina è distante soli 120 micron dallo strato magnetico del disco.

La Figura 4 mostra la differenza tra i due sistemi di modulazione. La Figura 5 illustra come avviene la modulazione del campo magnetico.

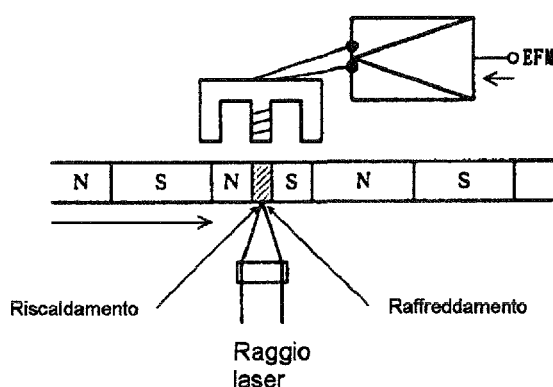
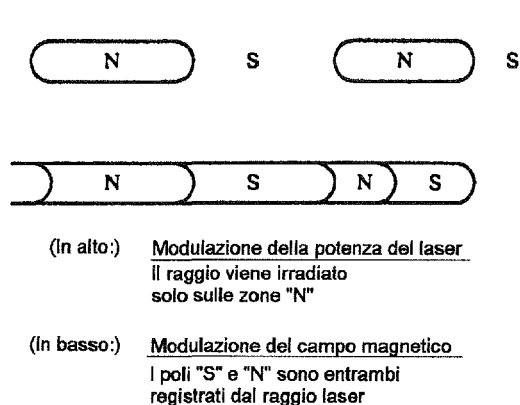


Figura 4. Differenza tra i due metodi.

Figura 5. Modulazione del campo magnetico.

I servocomandi per il Mini Disc

Come già detto, i Mini Disc si suddividono in "premasterizzati" (con i pits) e "registrabili". Il principio dei Mini Disc premasterizzati è lo stesso dei compact disc; di conseguenza, di seguito viene descritto il principio operativo dei Mini Disc registrabili.

Nell'area più interna di un Mini Disc registrabile c'è una zona con pits (simile alla T.O.C. di un CD) che contiene alcune informazioni non cancellabili: la potenza di registrazione che deve essere applicata al disco, l'inizio dell'area registrabile (lead-in), l'area di registrazione dei dati U-TOC (User-TOC), il termine dell'area registrabile (lead-out) ed altri dati.

All'esterno della zona con pits c'è un'area registrabile dove non ci sono pits ma un solco, che serve da guida alle tracce che verranno incise. I segnali digitali sono registrati lungo questo solco, che non è rettilineo ma modulato in frequenza a 22,05 kHz, così da fornire un riferimento per stabilizzare la velocità di rotazione del disco.

Questa modulazione è denominata "wobble" (vibrazione) e contiene anche i dati di indirizzamento che indicano la posizione sul disco. Un indirizzo è espresso da 42 bit, in un frame di sub-codice (1/75 secondi). Questi dati di indirizzamento, di tipo bifase, sono denominati ADIP (ADdress In Pregroove, cioè "indirizzo nel solco guida"). E' stata scelta una frequenza portante a 22,05 kHz (con deviazione di 1 kHz) per poterla facilmente ricavare dal clock dei dati audio a 44,1 kHz e sincronizzarla con esso. I dati di indirizzamento registrati nel solco "wobble" vengono usati per le varie operazioni di ricerca, etc.

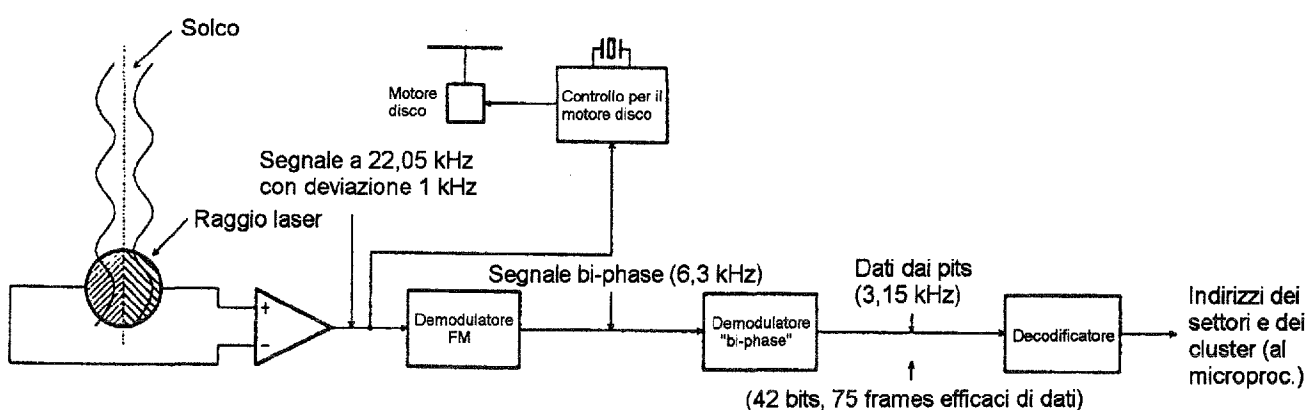


Figura 6-1. Estrazione dei dati ADIP contenuti nel solco "wobble".

Le Figure 6-2 e 6-3 mostrano le differenze tra le dimensioni fisiche dei pits e del solco di un Mini Disc. Come si può notare, il raggio laser non può “confondersi” tra pits e solco; infatti, la polarità dell’errore di tracciamento (tracking error) ricavato in lettura differisce tra i pits e il solco, in quanto il solco (1,0 - 1,2 micron) è più largo della metà del passo tra le tracce (track pitch): 0,8 micron.

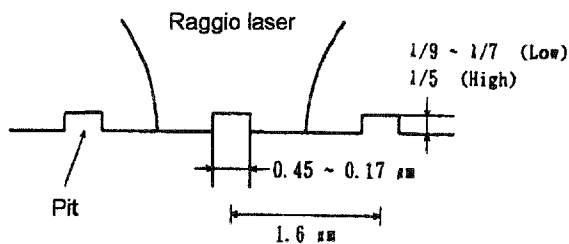


Figura 6-2. Pits.

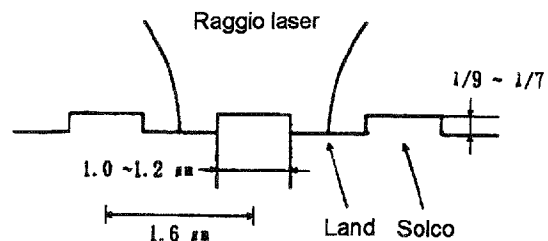


Figura 6-3. Solco.

Riassumendo, ecco i principali punti da tenere presente quando si considerano la lettura dei pits e del solco.

Pickup

Pit: i dati vengono letti in funzione dell’energia luminosa della luce riflessa.

Solco: i dati vengono letti in funzione della differenza tra l’energia luminosa ricevuta dai due rivelatori, a sua volta derivante dalla differenza tra le direzioni di polarizzazione del laser.

TE

Le polarità dei pits e del solco sono opposte.

CLV

Pit: la rotazione è controllata dai dati contenuti nei segnali EFM.

Solco: la rotazione è controllata dal “wobble”.

Formato dei dati digitali e registrazione dei Mini Disc

La Figura 7 mostra il formato dei dati digitali registrati sul Mini Disc.

I dati audio sono suddivisi su 16 bit mediante campionamento a 44,1 kHz. 512 campioni vengono elaborati per generare i segnali audio digitali compressi. I dati dei 512 campioni (11,61 ms) vengono compressi in un frame audio. Anche il tempo di trasmissione per 512 campioni viene compresso e ridotto al tempo necessario a trasmettere un gruppo audio (2,424 ms, cioè 11,61 diviso 4,789).

Cinque gruppi audio e mezzo formano 1 frame. Analogamente al frame dei sub-codici del compact disc, la durata di 1 frame è 1/75 secondi (13,3 ms).

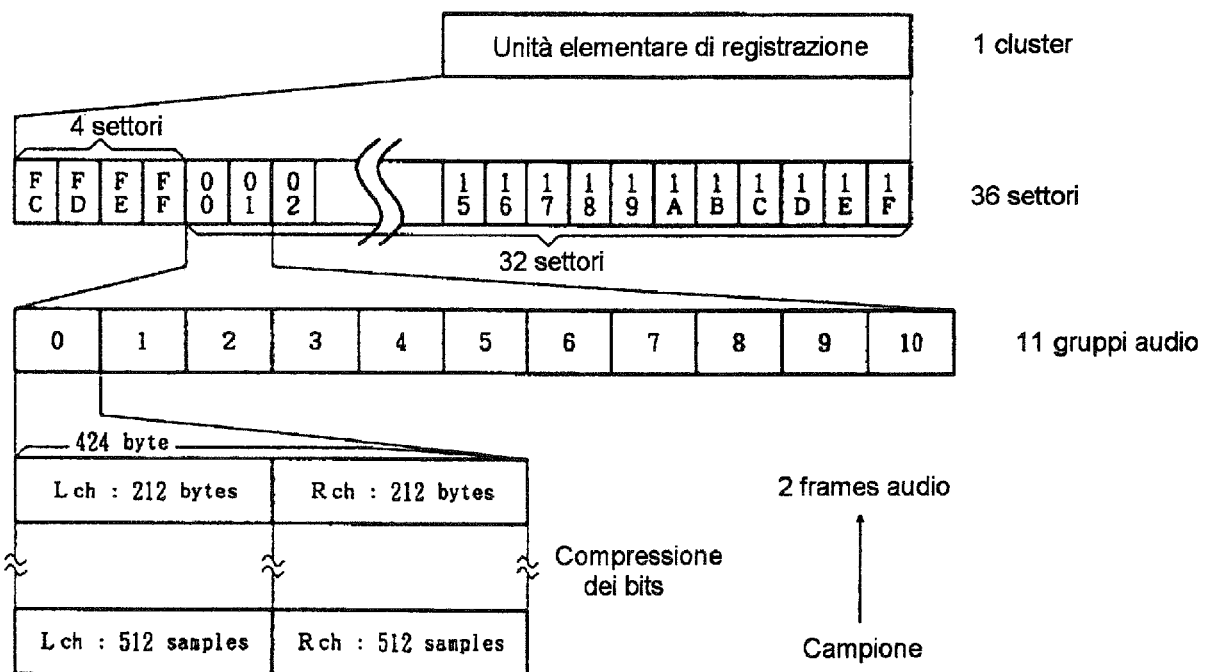


Figura 7. Formato dei dati digitali di un MD.

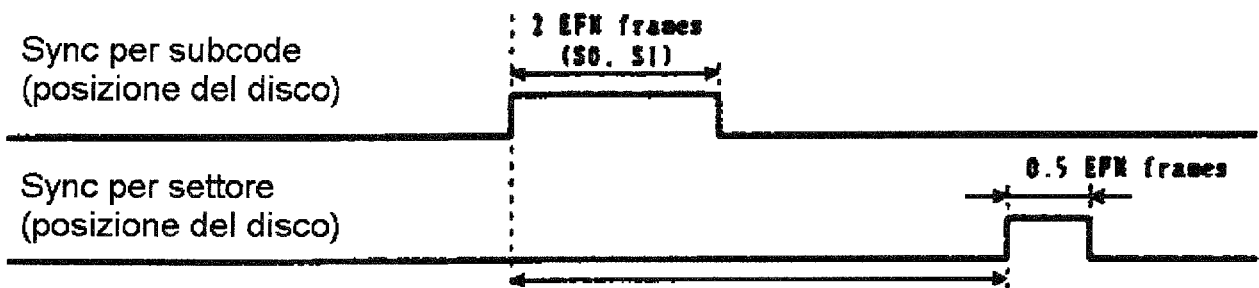
36 frame formano un cluster ed ogni cluster contiene i numeri binari dei frame, che iniziano da FC e finiscono con 1F. I dati musicali, chiamati "dati principali", sono registrati in 32 frame (con i numeri da 00 a 1F). Il valore efficace dei 32 frame dei dati principali è convertito in dati musicali stereofonici per 2,043 secondi ($512 \times 5,5 \dots = 2,043$). Se la conversione avviene in dati musicali monofonici, il tempo si raddoppia.

Su un disco premasterizzato, i sub-dati sono registrati nei restanti 4 frame (da FC a FF). Su un disco registrabile, i sub-dati sono registrati solo nel settore FF. Gli altri tre settori sono chiamati "link sectors" (settori di collegamento): servono cioè a collegare i cluster tra loro. Il collegamento in altri settori è proibito. Nel sistema Mini Disc i dati vengono quindi conservati in memoria e registrati sul disco quando viene superato il valore di 1 cluster, poiché si può registrare solo un intero cluster alla volta.

Quando non sta registrando, il microcomputer attende nella condizione di pausa.

Le Figure 8-1 e 8-2 indicano le regole per collegare i settori.

A) Disco pre-masterizzato



B) Disco registrabile

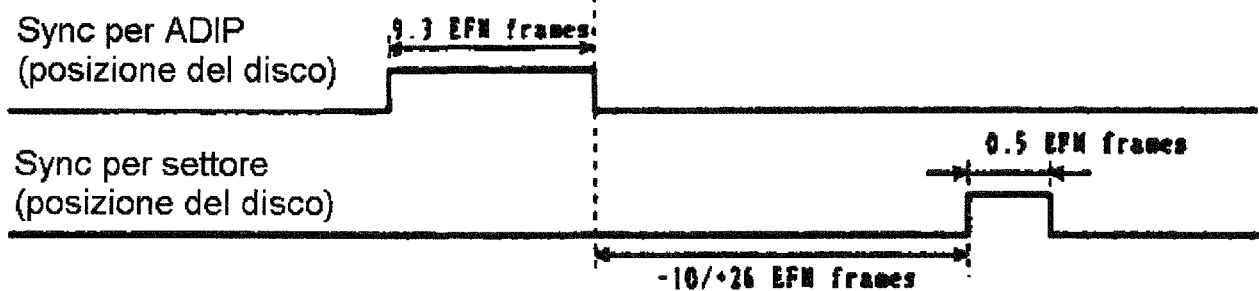


Figura 8-1

Regole per il collegamento (linking)

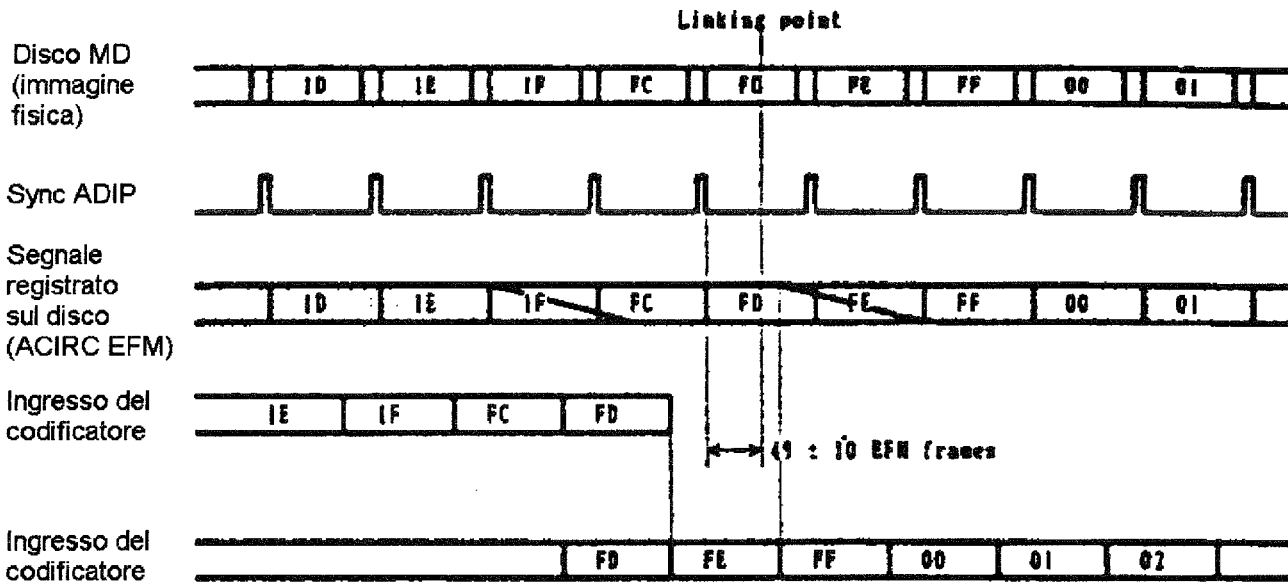


Figura 8-2

Nota: Il tempo effettivamente necessario per registrare 1 cluster (36 frame) di dati su un disco si ricava dalla seguente formula:

$$1/75 \times 36 = 0,48 \text{ secondi.}$$

Dati di controllo musicale dell'MD e brani musicali

Una delle caratteristiche più notevoli del Mini Disc è che i brani musicali ed i loro dati di controllo (TOC) sono registrati separatamente sul disco. Nei compact disc o nei nastri audio digitali, le aree per registrare i dati TOC e U-TOC sono ben definite sul supporto di registrazione, mentre i numeri dei brani, i dati di tempo, il tipo di registrazione (stereo o mono), la presenza o assenza di enfasi, i dati SCMS, e così via, sono registrati insieme ai segnali musicali. Nei Mini Disc, invece, i segnali musicali sono registrati solo nelle aree riservate alla musica; i numeri delle tracce e altri dati sono registrati nelle aree TOC o U-TOC. Di conseguenza, per eseguire una rinumerazione dei brani, sul Mini Disc basta riscrivere solo i dati U-TOC, mentre sul nastro DAT si devono modificare i sub-codici registrati nelle aree dei dati musicali. Questo però significa che, se i dati U-TOC non sono registrati o sono stati cancellati, anche se risultano registrati i dati musicali il sistema MD considera questi ultimi come inesistenti.

La TOC (Table Of Contents, cioè "indice del contenuto") è scritta nell'area iniziale (lead-in). Il tipo di disco (premasterizzato, registrabile o ibrido), il numero massimo di brani, l'indirizzo del termine dell'area registrata (lead-out) e gli indirizzi iniziali e finali dei brani registrati (numero massimo dei brani: 225) sono registrati nel settore 0. L'indirizzo iniziale della U-TOC, la potenza di registrazione, etc. si trovano anch'essi nel settore 0 se il disco è un MD registrabile.

Il settore 0 delle aree U-TOC e TOC contiene principalmente i numeri dei brani, i loro indirizzi iniziale e finale, i dati SCMS per la protezione anti-copia pirata, la presenza o l'assenza di enfasi, il tipo di registrazione (stereofonica o monofonica), etc. Questi dati devono sempre essere scritti nel settore 0.

Il settore 1 delle aree TOC e U-TOC contiene il nome del disco e i nomi dei brani, in codice ASCII. La capacità è 2048 caratteri per il TOC oppure 1792 caratteri per l'U-TOC.

Il settore 2 delle aree TOC e U-TOC contiene la data e l'ora della registrazione in dodici caratteri BCD (Binary Code Data), suddivisi nelle coppie relative ad anno, mese, giorno, ora, minuto e secondo.

Il settore 3 delle aree TOC e U-TOC contiene il numero di catalogo del disco ed il codice ISRC (International Standard Recording Code), nei dischi pre-masterizzati.

Il settore 4 dell'area TOC contiene il nome del disco e quelli dei brani, come nel settore 1, con la differenza che questi nomi non sono qui scritti in codice ASCII, ma nel font (carattere) specificato nel relativo font code (tabella dei caratteri). Come font codes sono stati scelti quelli della normativa ISO-8850-1 e quello denominato "Shift JIS".

I settori delle aree TOC e U-TOC con numero diverso da 0 sono comunque opzionali.

Relazione tra le posizioni delle registrazioni ed i numeri dei brani sul Mini Disc

Lo standard MD specifica che il numero di brano di un Mini Disc deve sempre iniziare da 1 e finire a 255 (massimo), senza interruzioni. Si può però cancellare qualsiasi brano musicale registrato che non si vuole conservare. Ciò vuol dire che qualsiasi brano con numerazione continua può essere cancellato. In questo caso, la regola prima accennata impone che il lettore MD rinumeri automaticamente i brani rimasti.

(a), (b) e (c) in Figura 9 mostrano come avviene la rinumerazione automatica. (d) e (e) mostrano le sequenze successive. In (d) è registrato il quinto brano, che arriva fino al termine del disco e continua dopo l'area, cancellata in precedenza, dove si trovava il brano N. 2. Per questa operazione si ricorre al puntatore denominato "Link-P", definito nel settore 1 della U-TOC.

(f), (g) e (h) mostrano le sequenze di cancellazione del brano N. 3 e la registrazione di un altro brano. Analogamente, i brani possono essere registrati in posizioni casuali sul disco, anche se l'utilizzatore non se ne accorge. E' quindi necessaria una capacità di memoria superiore alla velocità di ricerca del meccanismo (una DRAM da 1 Mbit garantisce una copertura di circa 1,5 cluster).

Il microcomputer deve controllare i dati TOC anche durante la registrazione o la riproduzione. Poiché solo i cluster e i settori dispongono di indirizzi con le varie informazioni, il uP deve trovare e visualizzare il tempo del brano in base a questi indirizzi.

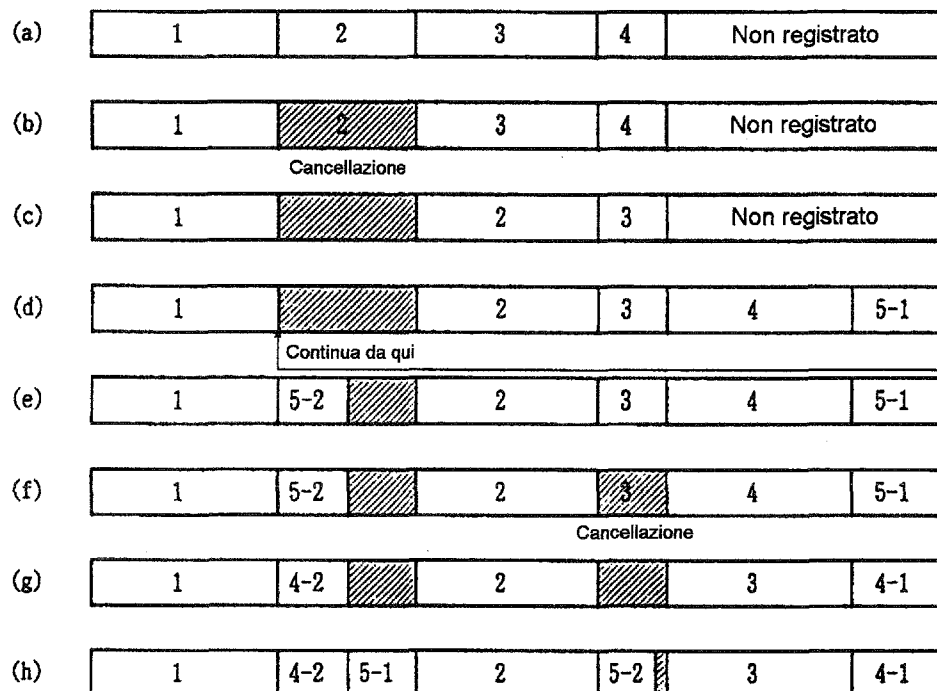


Figura 9. Esempio delle posizioni di registrazione dei brani sul Mini Disc.

FUNZIONI DEI TASTI IN TEST-MODE

Come attivare il Test-Mode:

Togliere il cavo di rete, cortocircuitare i pins di test e ricollegare il cavo di rete; poi, premere il tasto POWER. Oppure, premere il tasto POWER mentre si mantengono cortocircuitati i pins di test.

Note:

- 1) Il Test-Mode viene disabilitato se il tasto POWER viene commutato su OFF.
- 2) Durante la lettura della TOC dal disco, il display indica la parola "TEST" lampeggiante; durante questa fase, tutte le funzioni del Test-Mode sono inattive. Al termine della lettura, il display indica "TEST OK".
- 3) Durante il Test-Mode non si possono incidere i dati U-TOC.
- 4) I tasti non indicati nella tabella sono inattivi durante il Test-Mode.

Nome del tasto	Descrizione	Indicaz. sul display
POWER	Accende e spegne l'apparecchio.	STANDBY
OPEN / CLOSE	Apri e chiude il cassetto del disco.	OPEN / CLOSE
STOP	Ferma tutte le operazioni.	
FF	Il laser assume la potenza di lettura.	TEST1
FB	Il laser assume la potenza di registrazione (MIN); Il laser assume la potenza di registrazione (MAX).	TEST2 MIN TEST2 MAX
PLAY	Letture normale (con decodifica dei dati digitali).	TEST3 ON
PAUSE	Commuta il servo del tracking ON e OFF durante la lettura normale.	TEST3 OFF
REC	Inizia la registrazione da una posizione predeterminata.	TEST4
TRACK DELETE	Seleziona la lettura del solco o dei pits.	TEST5 G TEST5 P
TNO CANCEL	Salta al brano seguente (durante la lettura normale).	
UP	Accende tutti gli indicatori.	
DOWN	Spegne tutti gli indicatori.	
TITLE	Visualizza l'indirizzo del limite d'inizio per la registrazione (start limit).	N° del cluster N° del settore
REPEAT	Esce dal Test Mode (ed entra nel "Setting Mode").	

Nome del tasto	Descrizione del funzionamento
FF	- Funziona solo se non c'è un disco nel lettore.
FB	- Funziona solo se non c'è un disco nel lettore. La funzione cambia in modo ciclico.
PLAY	- Funziona solo se c'è un disco nel lettore. - Non funziona durante la registrazione. - Non funziona se il disco non è completamente fermo (dopo aver dato un comando di stop).
PAUSE	- Funziona solo durante la lettura. La funzione cambia in modo ciclico. - Dopo un comando di play, funziona solo quando la ricerca è completata.
REC	- Non funziona se non c'è un disco nel lettore, o se il disco inserito è di tipo pre-masterizzato (cioè di sola lettura), o se sul disco (magneto-ottico) è stata attivata la protezione da scrittura. - Non funziona durante la lettura. - Non funziona se il disco non è completamente fermo (dopo aver dato un comando di stop).
TRACK DELETE	- Funziona solo se non c'è un disco nel lettore. La funzione cambia in modo ciclico.
TNO CANCEL	- Funziona solo durante la lettura.
UP DOWN TITLE REPEAT	- Funzionano in ogni momento, se la lettura della TOC è stata completata. Fermano il funzionamento (stop) se uno dei tasti viene premuto durante la lettura o la registrazione.