

9

La struttura del CD

Il **Compact Disc** è tuttora lo strumento fondamentale per la memorizzazione dell'audio digitale sia nella forma canonica, il **CD** originale che si compra nei negozi, che nelle altre varianti masterizzate (**CD-R Audio**, **CD-R con file WAV**, **CD-R con file MP3**, ecc.) Non è possibile comprendere i problemi che sorgono quando si vuole operare su questi formati senza dare almeno un'occhiata alla struttura interna del supporto CD.



Bisogna tenere presente che il progetto del **CD Audio** fu sviluppato nel anni '70, quando ancora i computer non erano universalmente diffusi come adesso e le possibilità dell'elettronica consumer erano molto diverse da quelle attuali. Molte scelte furono

pesantemente condizionate dalla tecnologia di allora e questo fatto può spiegare molte apparenti stranezze o incompletezze dello standard, che hanno richiesto ai tecnici delle generazioni successive molto lavoro per essere risolte o aggirate.

I libri colorati

Lo standard del **CD Audio (IEC 908)** è contenuto nel **Red-Book** (più volte aggiornato) e descrive sia il formato fisico che quello logico. Un CD Audio può portare il marchio **Compact Disc Digital Audio** solo se rispetta integralmente questo standard; per esempio i CD che usano come protezione anti-copia la violazione di alcune norme del **Red-Book** non possono essere venduti legalmente sotto il nome di Compact Disc. Un'altra connotazione, questa volta linguistica, è che si dice **Compact Disc** per il CD e **Hard-Disk** per il disco rigido: non bisogna confondere il **disc** con il **disk**.

Qualche anno dopo l'avvento del CD Audio sorse il problema di definire un supporto pratico ed economico per la memorizzazione di dati in forma digitale e fu definita un'estensione del **Red-Book** che permetteva di usare le stesse apparecchiature industriali per stampare CD Audio e CD dati. Il cosiddetto **Yellow-Book** descrive il formato **CD-ROM** ed anch'esso è stato più volte modificato (per esempio per comprendere il formato **CD ROM XA**). Dal punto di vista fisico un CD-ROM è un CD che segue lo standard **Red-Book** in cui però i dati non hanno una interpretazione audio.

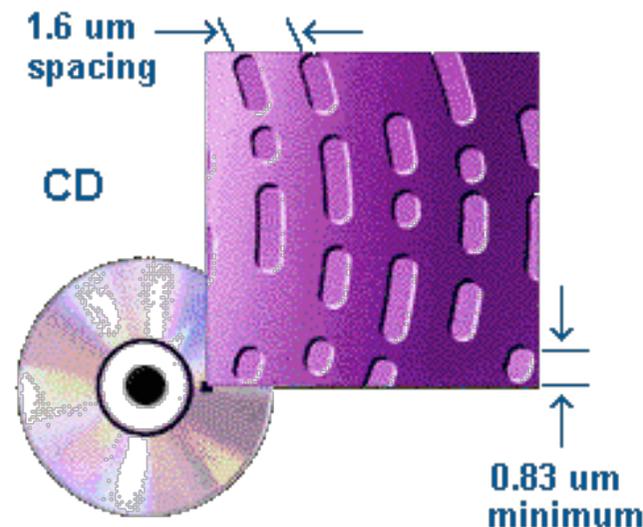
L'**Orange-Book** (**Red + Yellow = Orange**) definisce invece lo standard del CD scrivibile **CD-R**; la cosa interessante (ed economicamente catastrofica per i produttori di software originale) è che un CD-R è suonabile e leggibile sugli stessi lettori che accettano i normali CD, purché abbastanza moderni.

Esistono molte altre variazioni tutte basate sullo stesso standard fisico (**Video CD**, **CD-I**, **Photo CD**) definite da altri libri colorati (**Green-Book**, **White-Book**, **Blue-Book**) che però non ci interessano in questo contesto.

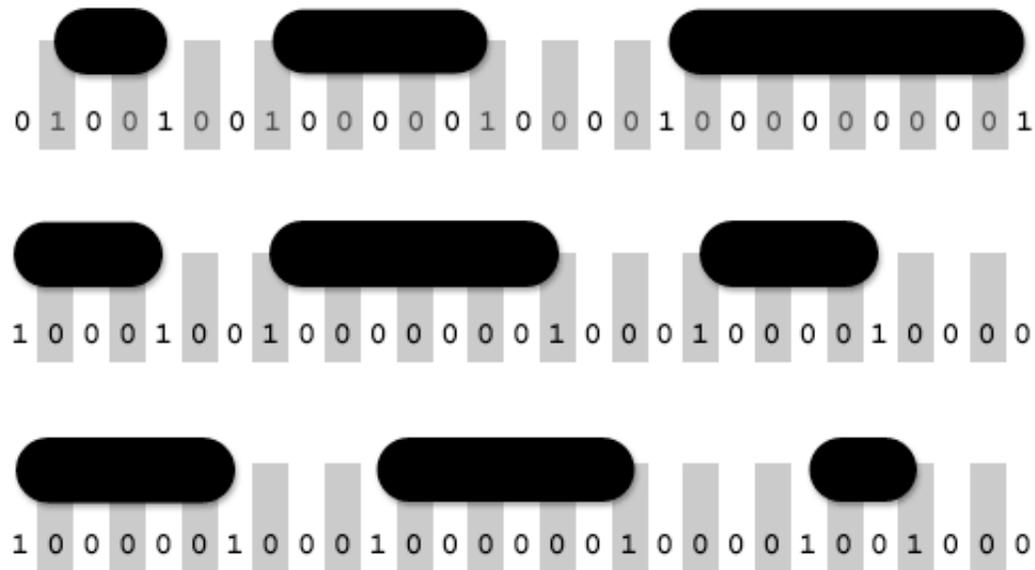
Il CD Audio

Il livello fisico

Il livello fisico del **Red-Book** stabilisce le dimensioni fisiche di un CD Audio, il tipo dei materiali e il modo in cui l'informazione è memorizzata. Si tratta di un disco in policarbonato del diametro di **120 mm** con un foro centrale di **15 mm**. Da un lato il policarbonato è lucido e trasparente sull'altro lato i bit sono impressi sotto forma di **pit** e **land** e protetti da uno strato di vernice e dall'etichetta.



I **pit** sono le zone stampate nel substrato di plastica del disco (larghi circa **0.6 micron**) mentre i **land** sono le zone non stampate. Il substrato è posto vicino alla superficie superiore del disco ed è metallizzato al fine di riflettere il raggio laser. Durante la lettura ogni transizione **pit-land** e **land-pit** viene interpretata come un bit **1**, mentre le aree piane, che si trovano prima e dopo ogni transizione, sono qualificate come uno o più bit **0** consecutivi.



I **pit** ed i **land** sono allineati in una traccia a spirale, che inizia vicino al diametro interno del disco (**15.5 mm** dal foro centrale, sul cerchio di diametro **46 mm**) e termina in prossimità del diametro esterno (sul cerchio di diametro **116 mm**, a **2 mm** dal bordo). I CD Audio la cui durata è inferiore a quella massima, hanno un'area non utilizzata nella zona esterna del disco.

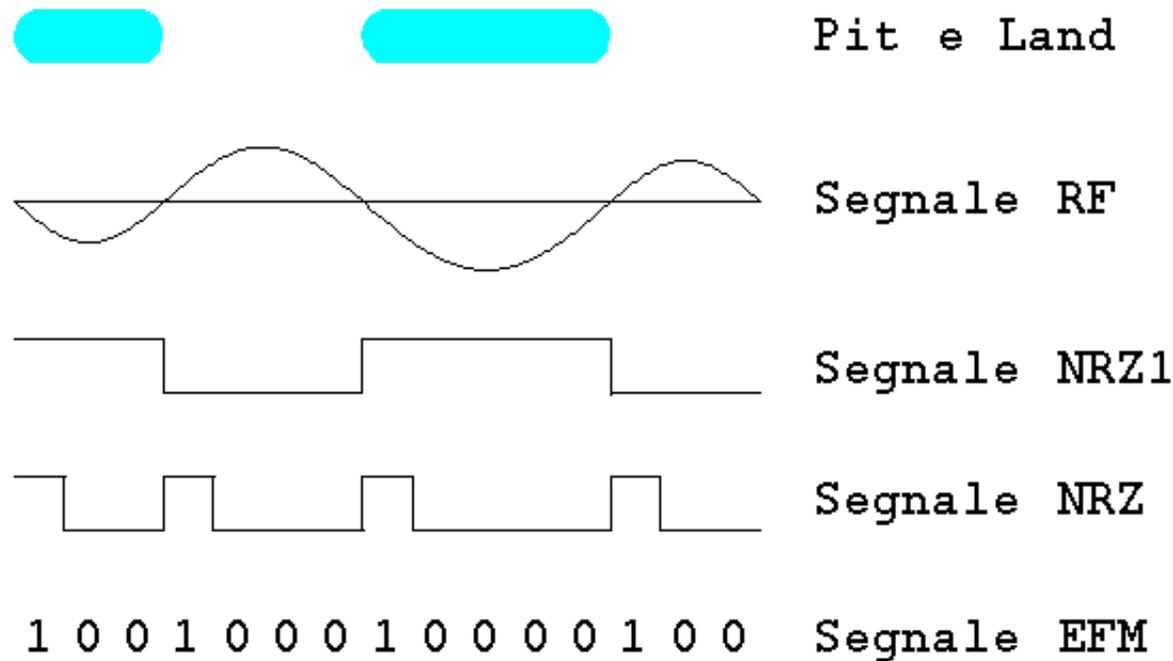
La lettura è di tipo **CLV (Constant Linear Velocity)** e permette di avere un flusso dei dati “grezzo” di **4.3218 Mbit/sec**. La velocità è regolata dai servomeccanismi ed è controllata da

pattern di sincronizzazione scritti sul disco stesso. Questa è una profonda differenza logica rispetto alla lettura di un disco in vinile dove la **velocità angolare** deve essere tenuta costante dal giradischi stesso senza poter utilizzare, per regolarla, il contenuto del disco che sta suonando.

La traccia a spirale viene seguita grazie ad altri servomeccanismi di controllo e il segnale **RF** (**RF** vuole dire radiofrequenza e **4 Mhz** sono ben dentro la banda delle onde corte), che esce dalla testina laser di lettura, ha oscillazioni più o meno sinusoidali. Una importante convenzione che semplifica la lettura è che la lunghezza dei **pit** non può essere inferiore a **3** unità o superiore ad **11** unità (ovvero nel segnale digitale che viene scritto non vi possono essere due uni consecutivi e il numero di zeri consecutivi è compreso tra **2** e **10**). Questo fatto garantisce alcune caratteristiche del segnale RF che permettono la lettura in presenza di danni alla superficie del disco.

Infatti, una volta letto, il segnale RF viene filtrato dai circuiti elettronici, eliminando le frequenze che non possono essere state scritte sul disco (e che possono avere origine da impronte digitali, granelli di polvere graffi ecc.) e trasformato in un'onda quadra in cui i fronti di salita e discesa rappresentano i bit a 1 (il segnale **NRZ1**). Da qui si passa al segnale (**NRZ**) che è un onda quadra con i valori corretti 0 e 1 e da questo segnale vengono poi prelevati i sincronismi che controllano la velocità e i bit (il segnale **EFM**) che vengono fatti proseguire.

Nella figura seguente notiamo i vari passaggi dai **pit** ed i **land** al segnale **EFM**.



La struttura del frame (dai dati audio ai pit e land)

L'informazione sul CD è divisa in blocchi elementari di **588** bit detti **frame**. Per capire il significato di questi bit conviene seguire la strada inversa al processo di lettura e partire dai dati "buoni".

Su un CD Audio il segnale digitale è inciso su due canali, con una frequenza di campionamento di **44100 Hz** e un profondità di quantizzazione di **16 bit**, non esistono eccezioni a questa regola.

Ad ogni gruppo di **24** byte (che rappresentano **6** campioni audio stereo a **16 bit**) si aggiungono **8 byte** di **parità** che serviranno alla correzione degli errori di lettura e **un byte** di **subcodici** che avranno un'importanza notevole ai livelli logici superiori ottenendo **33** byte da **8 bit**.

Ogni byte di **8 bit** viene trasformato in un byte da **14 bit** (sic!) attraverso un processo detto **EFM (Eight to Fourteen Modulation)** che serve ad avere **SEMPRE** un numero di zeri consecutivi non inferiore a **2** e non superiore ad **10**. Questi byte da **14 bit** vengono incollati tra loro con un “adesivo” formato da **3 bit** per mantenere la proprietà del giusto numero di zeri consecutivi e tenere basso il valore medio del segnale (la componente continua del segnale **RF**); ogni byte viene così ad occupare **17 bit**. Davanti al tutto si inserisce il pattern di sincronizzazione di **24 bit** (**100000000001000000000010**, che è univocamente individuabile dai servomeccanismi) e altri **3 bit** di colla.

Quindi abbiamo

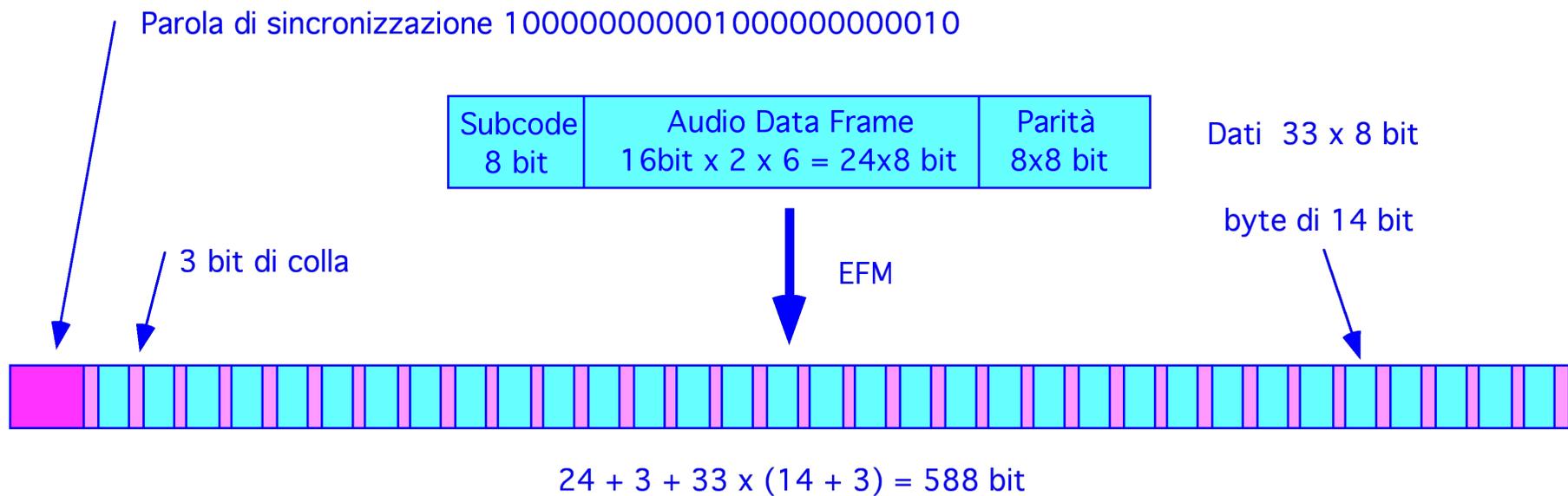
$$33*17 + 24 + 3 = 588$$

e questo spiega come il bit rate audio di

$$16*2*44100 = 1411200$$

bit/sec diventi un bit rate grezzo di **4321800** bit/sec.

Nella figura seguente è illustrata la struttura di un frame.



Il settore e i subcodici

Per costruire qualcosa di significativo, **98** frame vengono logicamente impaccati in un **settore**. Un **settore** contiene quindi $98 \times 24 = 2352$ byte di dati audio, $98 \times 8 = 784$ byte di codice di controllo (per la correzione degli errori) e **98** byte di subcodici. Questi subcodici sono organizzati in otto gruppi detti sottocanali e denominati con lettere **P, Q, R, S, T, U, V, W**.

I sottocanali **P** e **Q** contengono informazioni sul numero di tracce del disco, indici di inizio e fine traccia e altre informazioni aggiuntive. Gli altri sei sottocanali sono disponibili per altri tipi di applicazioni e sono per esempio utilizzabili per la codifica del testo o della grafica. Poiché le informazioni di indirizzamento sono spalmate sui **98** frame che costituiscono un settore **il settore è l'unità minima indirizzabile**.

È importante ricordare ancora che il CD Audio non fu progettato per garantire accessi di tipo casuale con la precisione tipica di un hard-disk. Chi ha fatto esperimenti di “navigazione” su

un CD player avrà notato che ci può posizionare all'interno di una traccia con una certa approssimazione (per un indirizzamento più fine sono stati introdotti gli indici che però solo pochi CD hanno codificati).

Indirizzamento e tracce

Facciamo ora un po' di conti: alla frequenza di campionamento di **44100 Hz**) vi sono **44100 * 4 byte/sec** di informazione buona. Dato che ogni frame contiene **24** byte la durata temporale di un frame è **1/7350** di secondo. Inoltre per completare un **settore** servono **98** frame e quindi un settore ha la durata di **1/75** di secondo, è questa l'unità temporale minima indirizzabile.

Più settori consecutivi formano una traccia. Per distinguere l'inizio e la fine delle tracce si usano i subcodici del canale **P** (i primi bit dei **98** byte di subcodici). Una traccia audio è caratterizzata dal canale **P** tutto fatto di **zeri**; la pausa prima della traccia è composta da un paio di secondi di silenzio con il canale **P** che vale tutti **1**.

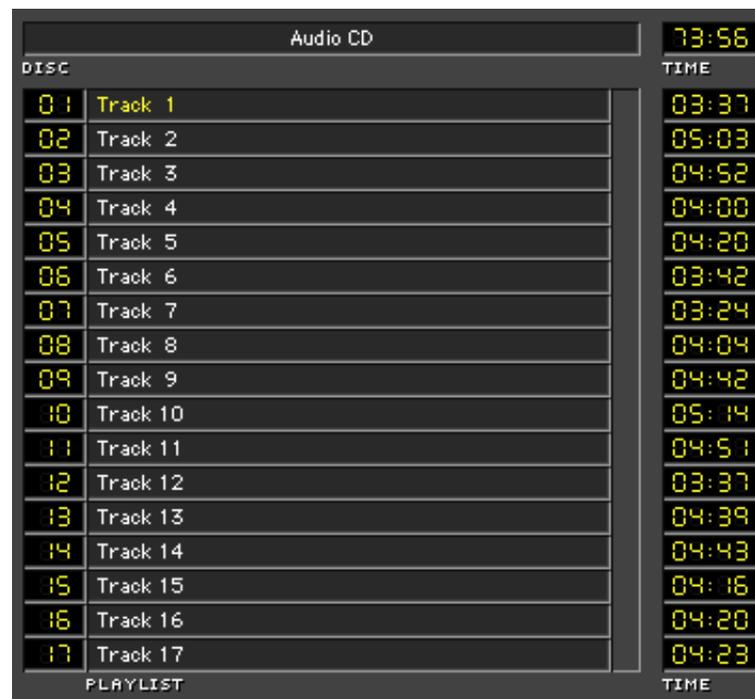
Le tracce audio sono incise consecutivamente nella parte centrale del **CD** detta **Program Area**. Per gestire in maniera corretta il contenuto, alla **Program Area** è anteposta un'area di **Lead-in** e giustapposta un'area di **Lead-out** contenente solo silenzio digitale e che come la coda del gatto alzata serve a far capire che si è finito e si può tornare indietro.

L'area di **Lead-in** è la più interna e contiene le prime informazioni che il lettore acquisisce; essa è caratterizzata da un canale **P** che contiene **zeri e uni alternati** per formare un segnale RF di **2 Hz**. I dati audio hanno tutti il valore zero e il canale **Q** contiene le informazioni relative al numero delle tracce e alla loro posizione. È leggendo questa area che il player o il computer riesce a mostrare il contenuto del CD audio. Altre informazioni che sono contenute nel canale

Q sono i **flag** di protezione (che *molto* in teoria dovrebbero inibire la copia), i codici **ISRC** che identificano univocamente il disco e talvolta anche le singole tracce (come il codice **ISBN** identifica i libri e il codice **ISSN** le riviste). La lunghezza dell'area di **Lead-in** deve essere sufficiente a contenere il catalogo per un massimo di **99** tracce.

NB visto che l'area **Lead-in** dice quante sono le tracce potrebbe sembrare inutile l'area di **Lead-Out**, probabilmente questa è dovuta al fatto che negli anni Ottanta la sua presenza poteva permettere, nei lettori senza controllo a microprocessore, di risparmiare la circuiteria necessaria a ricordarsi il numero delle tracce.

All'interno del catalogo le tracce sono identificate col solo numero d'ordine.



Audio CD		73:56
DISC		TIME
01	Track 1	03:37
02	Track 2	05:03
03	Track 3	04:52
04	Track 4	04:00
05	Track 5	04:20
06	Track 6	03:42
07	Track 7	03:24
08	Track 8	04:04
09	Track 9	04:42
10	Track 10	05:14
11	Track 11	04:51
12	Track 12	03:37
13	Track 13	04:39
14	Track 14	04:43
15	Track 15	04:16
16	Track 16	04:20
17	Track 17	04:23

Se si vuole dare un nome al disco e alle tracce è necessario collegarsi ad un data-base mondiale dei CD Audio (www.gracenote.com, www.freedb.org), e sperare che quel

disco sia conosciuto. NB alcuni CD recenti hanno memorizzati anche i nomi delle tracce e alcuni lettori recenti sono in grado di mostrarli durante la riproduzione.

Capacità di correzione di errori

Abbiamo già detto che ad ogni 24 byte di dati audio vengono aggiunti 8 byte di parità. Per capire a cosa servono questi bit aggiuntivi bisogna introdurre il concetto di codice autocorrettore.

Vediamo ad esempio il seguente testo

*Nel mozzo del ammun di nostra vta
Mi ritvui in un salva oscra
Che la drota via era smrrta*

Anche se alcune lettere sono mancanti e altre cambiate si riesce facilmente a riconoscere una versione storpiata dell'inizio della **Commedia** di **Dante**. Ciò è possibile perché i linguaggi naturali hanno una ridondanza intrinseca che permette ad un ascoltatore o lettore madrelingua di comprendere anche testi corrotti o parlato in ambienti disturbati.

Si può fare lo stesso anche con i dati digitali aggiungendo ai bit originali altri bit, funzione dei precedenti che permettono attraverso complicate operazioni algebriche di ricostruire i dati giusti anche in presenza di errori di lettura o di trasmissione utilizzando questa ridondanza artificiale.

Nel caso dei CD Audio gli 8 byte aggiuntivi sono scelti per formare una particolare famiglia di codici autocorrettori i **codici di Reed Solomon** che a loro volta sono un caso particolare di **Codici Ciclici**.

Un altro trucco usato è quello di mischiare i dati all'interno del frame (**Interleaving**) in modo che raffiche di errori concentrate (per esempio una macchia di marmellata alla ciliegia) possano venire comunque corrette. Si riescono a recuperare fino a 4000 bit consecutivi corrispondenti ad una macchia di marmellata di 2.5 mm di diametro. Eventuali errori non correggibili vengono trattati interpolando i valori buoni oppure, al limite, mettendo i player in mute.

La sincronizzazione e il jitter

Quando un **CD Audio** viene letto, dopo che il segnale **RF** è stato convertito nel segnale **NRZ**, è possibile estrarre un clock di riferimento (intorno ai **4.32 MHz**). Questo clock viene confrontato con un oscillatore quarzato di riferimento e le differenze sono usate per correggere la velocità di rotazione.

In una unità moderna, vengono usati molti accorgimenti per ridurre l'errore temporale del flusso di bit (detto **jitter**): la stabilizzazione della meccanica, l'uso di buffer di memoria e di circuitazioni di reclocking ecc.

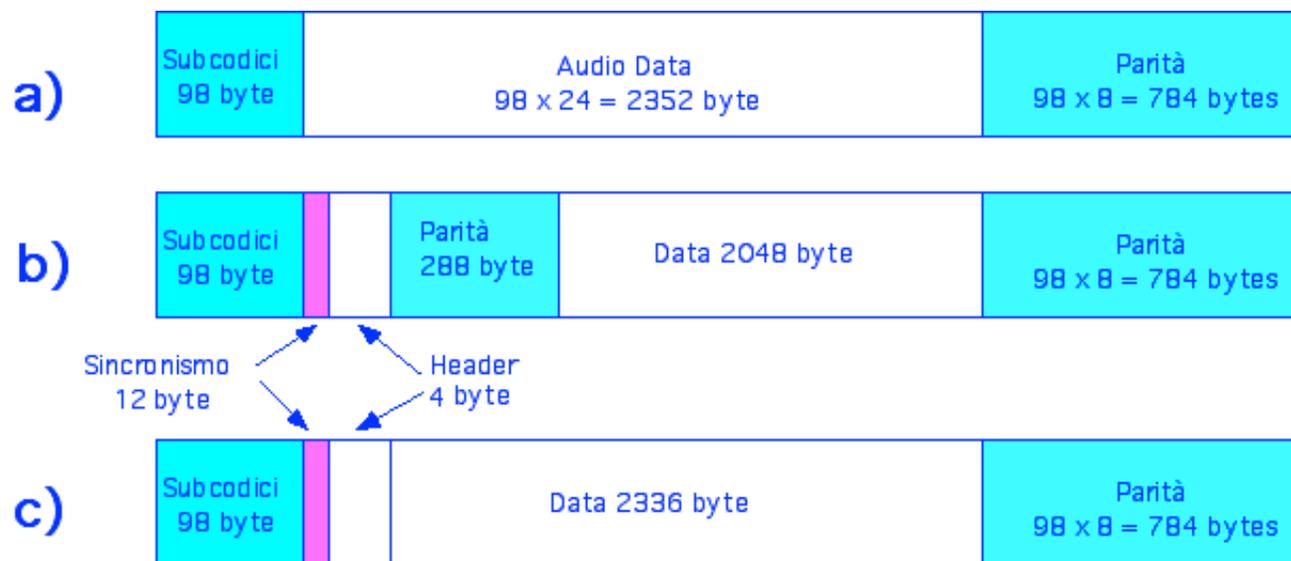
II CD-ROM

Quando si decise di utilizzare per la memorizzazione **read-only** dei dati lo stesso supporto dei **CD Red-Book** si sancì il definitivo successo del formato creando un matrimonio inscindibile tra supporti audio e supporti informatici. Infatti la conformità di un **CD-ROM** alle specifiche **Red-Book** assicura che tutte le unità di lettura CD dei computer siano in grado di accettare i **CD Audio** (salvo difetti estemporanei di una particolare unità o di un particolare **CD**).

Le specifiche dello Yellow-Book

Le specifiche dello **Yellow-Book** sono strettamente legate a quelle del **Red-Book**. Vengono conservati la dimensione di **2352** byte utili per settore, il **Lead-in**, la **Program area**, il **Lead-out** e il primo livello di correzione dell'errore. Già dal livello successivo, lo **Yellow-Book** può aggiungere un ulteriore livello per il rilevamento e la correzione degli errori. I settori **Yellow-Book** hanno **12** byte di sincronismo e **4** byte di **Header**. Per usare lo spazio rimanente, sono inoltre definiti due modi, detti **mode 1** e il **mode 2**; la scelta tra i due è codificata nel campo Header. Il **mode 1** caratterizza il **CD-ROM** con codice a correzione di errore, le informazioni aggiuntive per la correzione degli errori, **288** byte per settore, riducono la capacità per i dati utenti a **2.048** byte (che essendo potenza di due è un buon numero per gli informatici), il **mode 2** contiene più dati ed era usato per le informazioni musicali e grafiche (più tolleranti agli errori) nei **CD** multimediali. In entrambi i casi l'indirizzo di un settore è scritto nel settore stesso, questo accorgimento risolve completamente il problema di un accesso casuale ai dati in quanto, una volta letti anche in ordine sparso, questi possono essere riordinati.

La figura seguente confronta la struttura del settore nel **CD Audio** (a), **CD ROM mode 1** (b) e **CD ROM mode 2** (c).



Lo **Yellow-Book** si ferma qui, lasciando agli sviluppatori la libertà di scegliere come sfruttare le strutture messe a disposizione. Ulteriori specifiche (**ISO 9660**, **High-Sierra**) determinano come i dati sono organizzati al livello superiore in base anche alla interazione con il sistema operativo. Ad esempio nel formato **ISO 9660** puro i file hanno un nome di **8** caratteri maiuscoli + un'estensione di tre caratteri (**NOMBREV.TXT**), che era ottimo per lavorare sotto **DOS**, ma scomodissimo su sistemi operativi moderni.

L'estensione **Joliet** permette di trattare i nomi con cui si è abituati a lavorare oggi `nome_parecchio_lungo.che.mi.piace.tanto.html`.

Il CD-R

Il **Compact Disc Recordable (CD-R)** ha segnato una rivoluzione nel costume informatico degli ultimi anni. Uno dei pregi decantati del **CD Audio** era il fatto che fosse “praticamente impossibile copiarli”, infatti:

- le copie analogiche erano ovviamente scadenti,
- gli hard disk dell'epoca erano troppo piccoli,
- la compressione non era ancora stata applicata all'audio (almeno a livello consumer),
- le copie su **DAT** erano inibite (a meno di usare apparecchi professionali)
- il processo di stampa costava milioni.

Quando fu introdotta la possibilità di scrivere CD compatibili **Red-Book** senza passare dal processo di stampa era ancora difficile fare copie in quanto le unità di scrittura costavano decine di milioni di allora e i supporti molto più dei CD originali. L'unico uso conveniente di tale formato sembrava essere la possibilità di collaudo del master prima della stampa vera e propria. Per questo il processo ha preso il nome di “masterizzazione” e masterizzatori sono le unità di scrittura. Nel giro di un decennio i supporti vergini sono divenuti più economici di un gelato alla crema e i masterizzatori sono presenti nella quasi totalità dei computer domestici, la masterizzazione è usata diffusamente come arma di backup (legale) e di copia (illegale).

Il **CD-R** è un supporto fotosensibile, delle stesse dimensioni del CD Audio, con preincisa una traccia a spirale. Un raggio laser più potente di quello usato per la lettura crea aree bruciate (non riflettenti) che insieme alle aree non bruciate (riflettenti) svolgono la funzione dei **pit** e dei **land**.

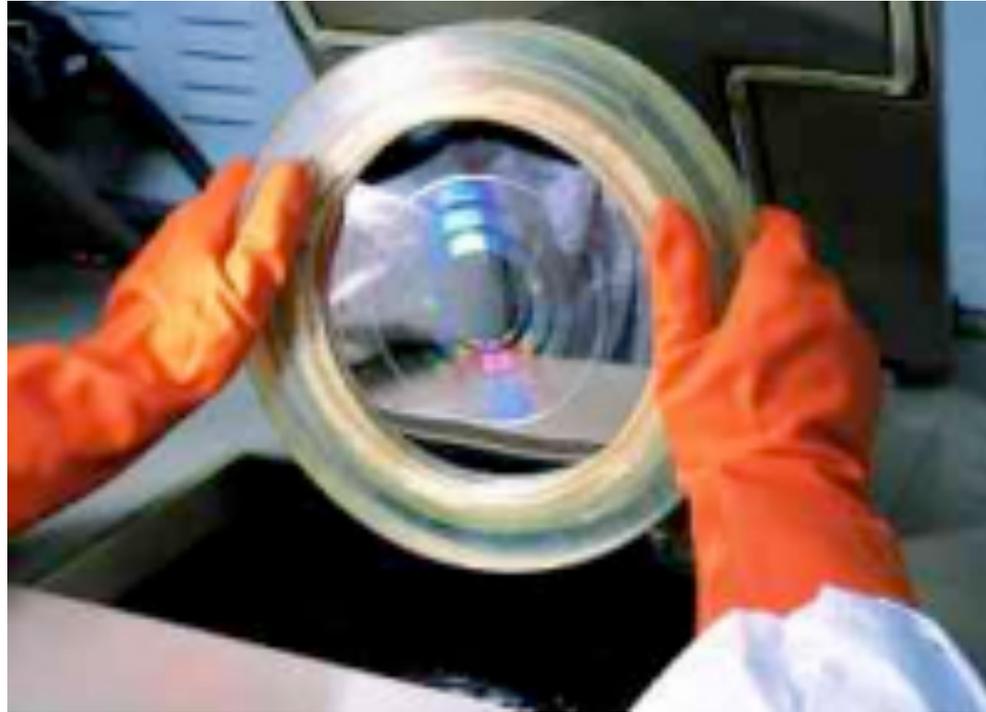
Se il prodotto è di buona qualità un **CD-R**, una volta masterizzato come **CD Audio** dovrebbe essere letto senza problemi da una qualunque meccanica per hi-fi o per computer (purché anch'essa di qualità adeguata).

I programmi di masterizzazione permettono all'audiofilo le seguenti alternative (e talvolta altre ancora):

- estrazione delle singole tracce di un CD Audio (**Ripping**);
- creazione di una immagine su disco di un CD Audio;
- copia di un CD Audio (con varie opzioni che specificano quanto il formato originale viene disassemblato e ricomposto);
- scrittura in modalità audio di un'immagine preesistente;
- scrittura in modalità **audio** di tracce **WAV** preesistenti (ad esempio incise in proprio o ricavate da un ripping);
- scrittura in modalità **dati** di tracce **WAV** preesistenti.

Come viene realizzato un CD¹

Il Glass-Master



Il **glass-master** è il punto di partenza per la realizzazione di un CD o un DVD, per poter imprimere tutti i **pit** durante il processo di duplicazione. Il motivo per cui è chiamato così, è dovuto al fatto che l'informazione digitale è copiata in uno speciale composto chimico su un piatto di vetro circolare (spesso 6 mm e 240 mm di diametro), più largo di un CD per

¹ Queste note sono tratte da un testo di un sound-engineer (Ing. Bernardo Gattabria) con il permesso dell'autore.

facilitarne il trattamento presa ed evitare che i dati sensibili siano toccati o danneggiati. La superficie di un **glass-master** ha un grado di pulizia e levigatezza superficiale enorme, in quanto qualsiasi imperfezione presente può inficiare la qualità dei CD o dei DVD che verranno prodotti. Il glass-master è trattato in camere con un grado di pulizia di **classe 100** (un ambiente viene definito di classe 100 quando non vi siano più di 100 particelle di dimensioni superiori o uguali a **0,5 micron** in **35 litri** di aria. Generalmente in una abitazione o in un ufficio siamo su dei valori tra 1.000 e 10.000 volte tanto) Questo si rende necessario perché la polvere, il fumo lo sporco possono influenzare in maniera negativa la qualità del glass-master del CD o del DVD mentre questo viene preparato.

I passi per arrivare quindi alla creazione del CD sono diversi.

Preparazione dello strato sensibile e masterizzazione

Si inizia con la pulizia del **glass-master** attraverso detergenti e radiazioni ultrasoniche per eliminare ogni piccola traccia di impurità e solo successivamente viene applicato un composto chimico sensibile alla luce, dello spessore di circa **140/150 micron**. Tale composto viene quindi inciso attraverso una macchina laser a luce blu o ultravioletta (**LBR**), a una velocità da uno a sei volte la velocità di lettura. In ogni punto dove il laser ha inciso, si forma una cavità chiamata appunto **pit**. La successiva lettura del **glass-master** attraverso un laser a luce rossa, permette un controllo della qualità della registrazione e l'interruzione del processo in caso di errore. In realtà la lettura avviene contemporaneamente alla scrittura in modo tale che un istantaneo confronto tra i dati permette di correggere la qualità della geometria dei **pit** in modo da ottimizzare il processo di registrazione. Tale tipo di masterizzazione prende il nome di

DRAW (Direct Read After Write) e permette un controllo qualitativo diretto in modo da fermare, come già detto, il processo se vengono trovati errori di qualsiasi tipo.

Metallizzazione e post mastering

Dopo la scrittura il **glass-master** subisce un processo di indurimento superficiale prima del processo di metallizzazione. La metallizzazione è un processo che precede il successivo processo galvanico. Il **glass-master** viene infatti trattato con un processo di vapori di nickel che conferisce una metallizzazione al supporto. Viene poi esaminato attentamente al microscopio per controllare la qualità e uniformità dello strato di nickel depositato.

Processo galvanico

Il master metallizzato viene quindi fissato ad una piastra piana conduttiva con le informazioni rivolte verso l'esterno appoggiata all'interno di una tank piana. Attraverso un processo galvanico di copia viene creato un disco metallico chiamato **padre** che riproduce la copia speculare del **glass-master** dove al posto dei **pits** ci sono delle microscopiche bollicine. Il padre viene pulito opportunamente per eliminare qualsiasi traccia di contaminazione residua. Esso attraverso un processo di stampa elettro galvanico genera a sua volta le **madri** e da ognuna di queste, circa **10-20 figlie** che servono allo stampa del CD in policarbonato. Sono infatti le figlie (simili al padre) che costituiscono gli stampi per le pellicole di policarbonato.

La stampa

Il policarbonato viene quindi stampato a caldo e poi raffreddato.



Successivamente subisce la metallizzazione (**sputtering**) attraverso l'evaporazione a caldo di un composto a base di alluminio che si deposita sullo strato di policarbonato stampato per pressione. Per evitare che tale strato metallico si possa ossidare o rovinare, viene ricoperto con una lacca, che crea anche una barriera alle impronte digitali che potrebbero alterare il contenuto del CD, oltre a creare una zona di focalizzazione ben precisa al di sotto del suo spessore.

Etichettatura e confezionamento

Sulla superficie superiore del disco viene stampata l'etichetta con l'immagine e il titolo dell'opera in serigrafia.

Il disco così prodotto è pronto per essere confezionato nel suo contenitore contenitori insieme al materiale cartaceo e inviato alla distribuzione.

Il ripping

L'operazione di **ripping** consiste nell'estrarre i campioni audio da un CD e di memorizzarli in file musicali (eventualmente compressi). Vediamo alcuni fatti fondamentali sul **ripping**.

- Il CD Audio è stato pensato per essere suonato non per contenere in modo affidabile dati digitali. Anche se è possibile estrarre i dati audio con un computer questa operazione avviene usando il CD Audio in modo non conforme alle linee di progetto.
- I dati sul CD non sono sotto forma di file wav come credono alcuni e il **ripping** è un'operazione tutt'altro che banale. Nel CD Audio gli indirizzi e le informazioni musicali sono distribuite lungo un settore, per avere un indirizzo completo sono necessari 98 frame e non è possibile indirizzare con precisione ogni singolo campione, è questa imprecisione, che rende spesso problematica l'acquisizione da parte di PC.
- Se operazione va a buon fine e i dati sono copiati correttamente (ovvero i bit sono gli stessi che erano stati usati per la scrittura del **glass-master**, abbiamo una copia perfetta dei dati musicali che ha **perso ogni memoria** di come era stato scritto tratto e letto il CD originale. Per questa ragione è possibile che i file letti o le loro copie su disco suonino meglio del CD originale
- Vi sono programmi appositi per il **ripping** che usano tecniche molto sofisticate, è anche importante che il lettore sia di buona qualità. Al giorno d'oggi è molto probabile che se i dischi da copiare non sono rovinati e il computer è funzionante e ben configurato, l'operazione di **ripping** vada a buon fine senza particolari difficoltà.

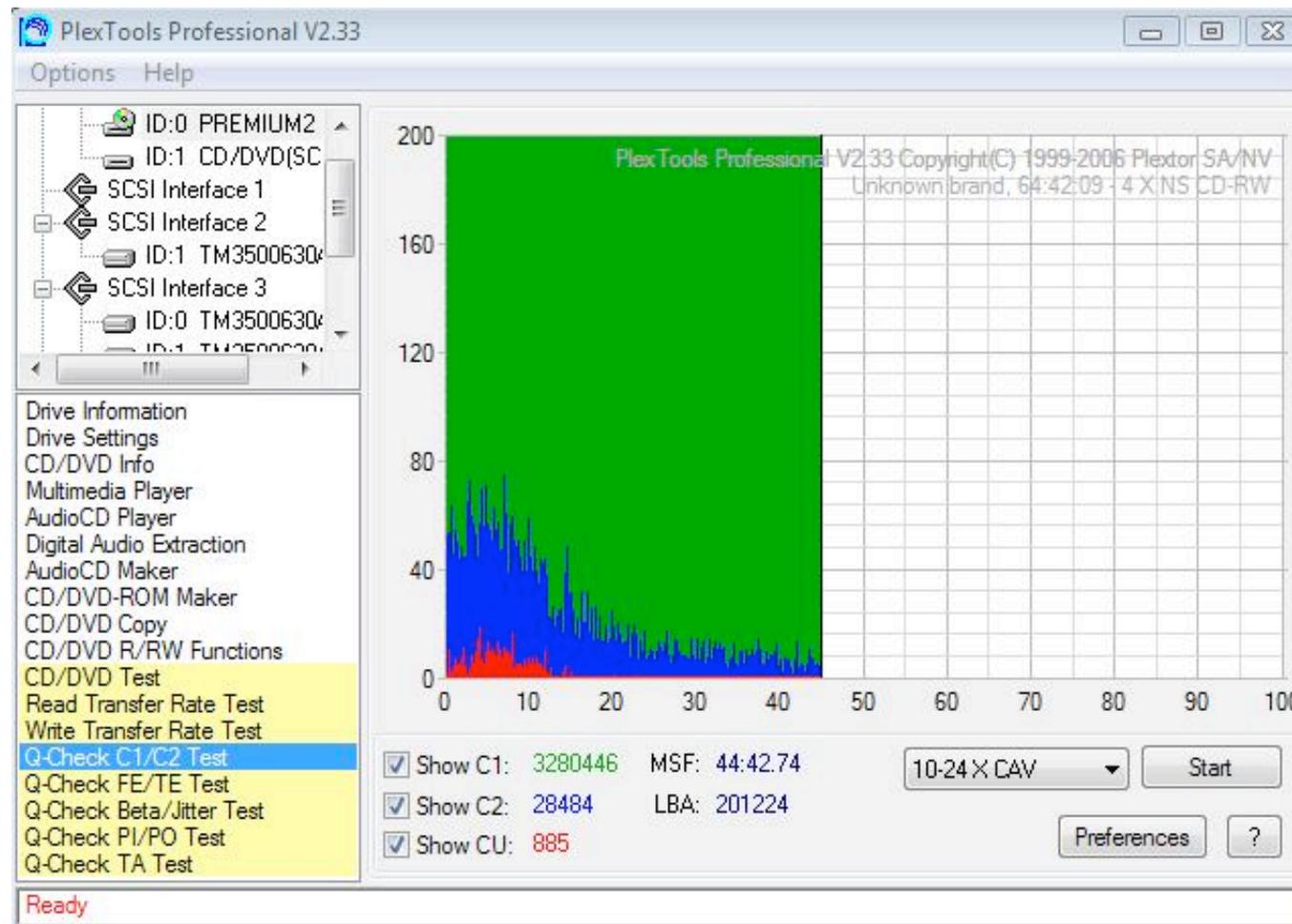
- Infine dovrebbe essere inutile sottolineare che i bit valgono **0** o **1** e rispetto all'originale possono essere solo giusti o sbagliati, *tertium non datur*, non è in alcun modo possibile avere dei bit **un pochino** rovinati dal processo di copiatura.
- Talvolta nel parlare dei problemi di lettura salta fuori la parola **jitter**, questo è totalmente fuorviante, il **jitter** è legato alle imprecisioni del clock e nell'operazione di **ripping** il **clock non esiste** e quindi non può essere impreciso.

Gli errori C1 C2 e CU

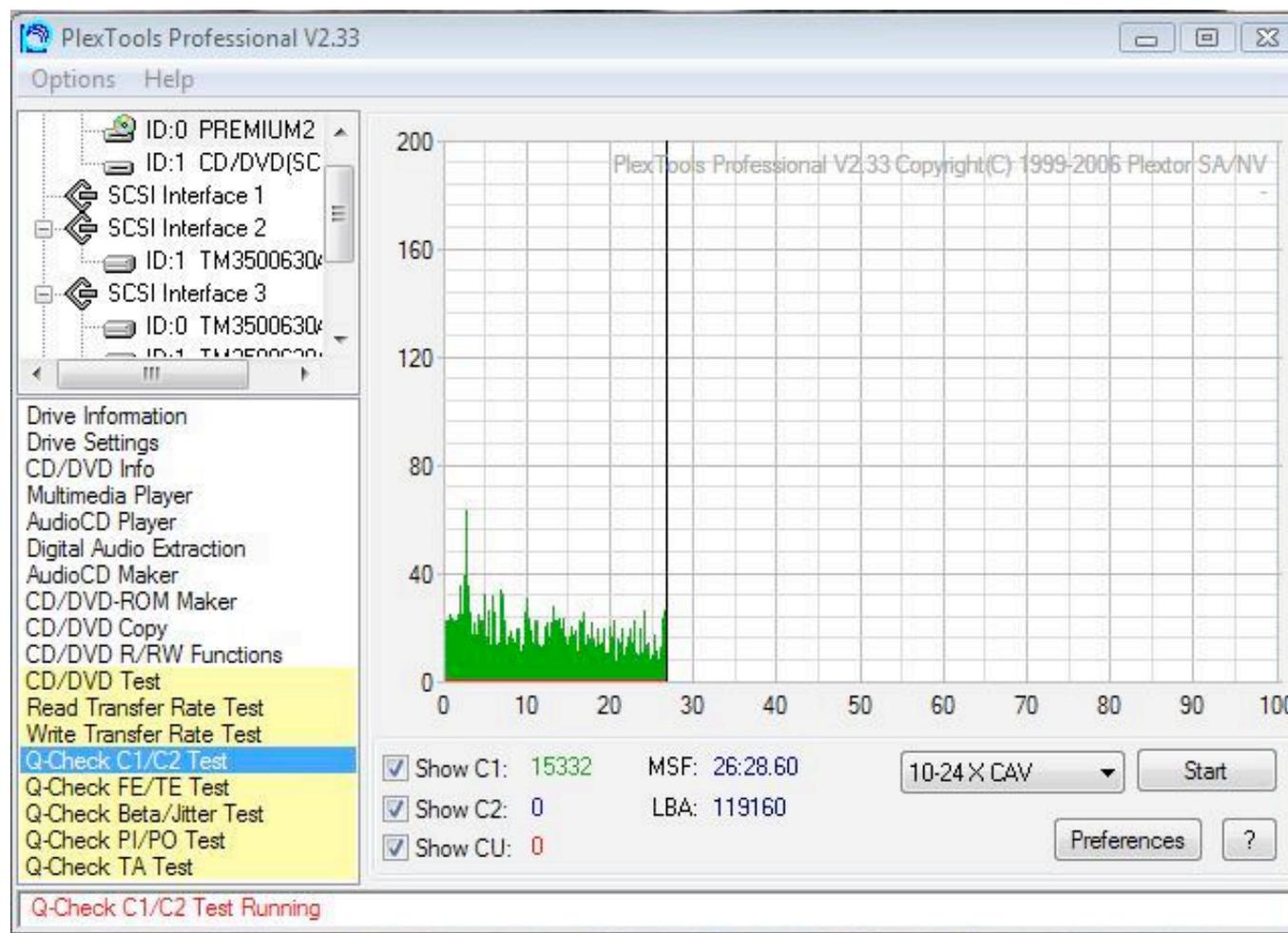
Gli **8** byte di parità che vengono aggiunti ai **24** byte buoni sono strutturati in due livelli di correzione **C1** e **C2** al momento della lettura eventuali imperfezioni possono venire corrette al primo livello o al secondo o qualora ciò non sia possibile il segnale può venire interpolato o silenziato. Nel caso del ripping i lettori più sofisticati non solo usano i dati di parità per correggere ma possono fare anche delle interessanti statistiche che danno un'idea della bontà del disco evidenziando gli errori corretti al livello **C1**, quelli al livello **C2** e infine quelli non corretti, indicati con **CU**.

Gli esempi che seguono mostrano tre casi significativi e sono stati realizzati dall'Ing. Gattabria.

Vediamo dapprima il grafico di un CD masterizzato su un supporto ignoto di infima qualità:
Viene evidenziata la presenza di tutti e 3 i tipi di errori (**C1** in verde, **C2** in blu e **CU** in rosso)



Questo è invece il grafico di un CD originale (Sheffield CD23)



E questa è la distribuzione degli errori di una copia masterizzata dopo l'estrazione. Come si vede nell'originale vi erano solo errori **C1**, ma questi sono stati ridotti nella copia, che quindi è risultata migliore dell'**originale**.

