

Tecnologie di riproduzione e registrazione del segnale audio: una breve storia

Fonografo

Dopo aver inventato il telegrafo, Edison era riuscito nel 1877 a realizzare un ripetitore telegrafico in grado di incidere i punti e le linee tipiche del codice morse, su un disco, disegnando una traccia a spirale con una piccola punta, in modo che uno stesso messaggio potesse essere ripetuto più volte senza l'intervento dell'operatore. Il 17 luglio dello stesso anno Edison si accorse che se il disco ruotava ad una velocità sufficientemente alta, la puntina emetteva vibrazioni che ricordavano il timbro della voce umana. Fu la "scintilla" che fece accendere nell'inventore il desiderio di applicare un principio simile per poter registrare la voce umana.

Il primo prototipo

Il primo schizzo del Fonografo apparso sui diari di Edison risale al 12 agosto 1877 e il 6 dicembre dello stesso anno ne diede una dimostrazione pratica ai propri collaboratori.

Essi si trovavano di fronte ad un oggetto costituito da un rullo di ottone di circa 10 cm di diametro e di lunghezza, sostenuto da un asse filettato. Sul cilindro era tracciato un solco a spirale di 2,5 mm di larghezza e la superficie del cilindro era ricoperta da un foglio di stagnola. Durante la registrazione, il cilindro ruotava e la stagnola veniva sfiorata dalla puntina collegata alla membrana vibrante. La puntina, seguendo le oscillazioni della membrana, incideva una traccia più o meno profonda nella stagnola che, tesa sopra al solco, poteva cedere sotto la pressione. Per la riproduzione, il processo sarebbe stato inverso, con l'unica differenza che in questo caso veniva utilizzata una seconda membrana, molto più elastica, posta all'altra estremità dell'apparecchio. Il solco nella stagnola con le sue variazioni di profondità, faceva vibrare la membrana restituendo il suono registrato. Il funzionamento era quindi alternativamente di registratore o riproduttore.

Per nulla scoraggiato dallo scetticismo dei collaboratori, Edison iniziò a girare la manovella che metteva in moto il sistema e parlando in direzione del diaframma pronunciò la seguente frase: "*Mary had a little lamb*" ("Mary aveva un agnellino", un verso di una canzoncina popolare dell'epoca). Una volta riportato il cilindro al punto di partenza, sistemò l'ago sulla seconda membrana nel solco impresso nella stagnola dalla prima, riprese a girare la manovella e il fonografo ripeté un suono vagamente simile alla frase pronunciata poco prima. La qualità era pessima, ma le basi erano state poste.

Grammofono e giradischi

Mentre i primi fonografi erano in grado di registrare e riprodurre il suono, attualmente sono nettamente distinte le macchine per l'incisione dei dischi e gli apparecchi per la riproduzione.

I giradischi diffusi tra il pubblico sono esclusivamente in grado di leggere i dischi pre-incisi.

Incisione

La macchina per l'incisione dei dischi è una specie di tornio. Su un piatto fatto ruotare a velocità rigorosamente costante viene fissato un disco in materiale facilmente lavorabile, in origine era usata la cera. La puntina di incisione viene traslata lentamente dalla periferia verso il centro in modo da incidere una spirale. Contemporaneamente la puntina è fatta vibrare da un elettromagnete (in realtà due nel sistema stereofonico) ed in tal modo il suono viene inciso sotto forma di modulazione della larghezza del solco.

Il disco così ottenuto, detto *master*, viene utilizzato come stampo per creare i "negativi" che andranno a pressare "pizze" di vinile dando vita al disco vero e proprio.

Riproduzione

Per riprodurre un disco, questo viene fatto ruotare a velocità costante da un piatto rotante. In passato il piatto era spinto da una molla precaricata con una manovella, successivamente da un motore elettrico. Sul bordo esterno del disco si appoggia la puntina di lettura (pick-up), sostenuta da un braccio articolato. La puntina segue la traccia del solco a spirale dall'esterno all'interno del disco. Il profilo irregolare del solco provoca la vibrazione della puntina; tale vibrazione veniva originariamente trasmessa direttamente ad una membrana che riproduceva il suono in maniera esclusivamente meccanica; in seguito le vibrazioni sono state impiegate per generare deboli segnali elettrici da una bobina oppure da un cristallo piezoelettrico inclusi nel corpo della testina, poi inviati ad un amplificatore che portava il segnale agli altoparlanti, dove era finalmente trasformato in suono.

Audiocassetta

La **musicassetta** è un supporto fonografico a nastro magnetico molto diffuso e popolare per la economicità e la sua semplicità d'uso: un piccolo contenitore con due bobine che raccolgono il nastro su cui può essere registrato materiale sonoro. La musicassetta è stata introdotta sul mercato nel 1963 dalla Philips. In origine era costituita da una certa quantità di nastro magnetico della BASF racchiusa in un guscio protettivo in materiale plastico. Il nastro disponeva di quattro tracce, dando la possibilità di registrare due tracce stereo – una riproducibile con il lato 'A' posto in alto e l'altra utilizzabile capovolgendola – in modo analogo a quanto avviene con i dischi. Esistevano altri sistemi a cartuccia di nastro ma la musicassetta si affermò col supporto della Philips, denominato **Compact Cassette** e lanciato sul mercato nel 1963. La produzione di massa cominciò nel 1965 ad Hannover in Germania e contestualmente iniziò la vendita di nastri preregistrati.

Audio Compact Disc (CD)

Il CD audio è forse stato il primo dispositivo digitale con una molto estesa diffusione.

La tecnologia del CD audio è stata sviluppata dalla Philips e dalla Sony nei primi anni '80 ed è stata sviluppata indipendentemente da altre tecnologie nel settore dei computer.

La memorizzazione dei dati audio è fatta su un media di tipo ottico.

Su un compact disc il suono è memorizzato in formato digitale: l'andamento della pressione sonora è misurato (campionato) ad intervalli regolari e il valore è descritto da una sequenza di 16 bit. In conseguenza del teorema di Nyquist-Shannon, è necessario che la frequenza di campionamento sia almeno doppia rispetto alla frequenza massima del segnale da acquisire, ovvero almeno 40.000 volte al secondo per la banda audio di 20 Kilohertz, per ciascun canale stereo.

I bit sono incisi sul disco in un'unica traccia lunga oltre 5 Chilometri sotto forma di zone più o meno riflettenti (**pits**) la luce.

La catena di elaborazione che trasforma la traccia su disco in suono può essere divisa in quattro sezioni principali, oltre ad un microprocessore centrale che sovrintende a tutto e interagisce con l'utente.

Testina di lettura

Questa è certamente la parte più complessa ed innovativa del lettore compact disc, in quanto diversamente da tutti gli altri sistemi di riproduzione audio, la testina non tocca la superficie del supporto, ma deve essere mantenuta allineata e alla giusta distanza attraverso diversi sistemi di servocontrollo.

In particolare i problemi da affrontare sono tre:

- Mantenere costante la velocità lineare del disco al di sotto della testina per avere un flusso costante di dati.
- Spostare in senso radiale la testina per inseguire la traccia.
- Mantenere alla giusta distanza dal disco la lente del laser, per ottenere una costante messa a fuoco.

Correzione degli errori

Poiché il compact disc non offre alcuna protezione contro la manipolazione e l'usura, è frequente la formazione sulla superficie di graffi o depositi di sporco che possono comprometterne la lettura. Per ovviare al problema sono adottate complesse tecniche di correzione di errore.

Conversione digitale/analogico

In questo fondamentale passaggio, i bit sono convertiti in segnale elettrico analogico ad opera di un convertitore digitale-analogico (DAC) per ogni canale stereo. Il segnale è campionato a 16 bit che corrispondono a 65536 livelli di tensione.

Preamplificazione audio

Questa sezione è simile a quella di qualunque altro apparecchio audio analogico e comprende le funzioni di regolazione di tono, volume e bilanciamento, nonché l'eventuale equalizzazione. Se il lettore fornisce direttamente l'uscita in cuffia o amplificatore è presente anche un amplificatore audio.

Digital Versatile Disc (DVD)

Il DVD è il prodotto della cooperazione di alcune fra le maggiori aziende nel campo della ricerca e dell'elettronica di consumo: il cosiddetto DVD forum, ovvero l'istituzione che si è incaricata di redigere le specifiche del nuovo supporto, era infatti formato da Philips, Sony, Matsushita, Hitachi, Warner, Toshiba, JVC, Thomson e Pioneer. L'intento era quello di creare un formato di immagazzinamento di grandi quantità di video digitali che fosse accettato senza riserve da tutti i maggiori produttori, evitando quindi tutti i problemi di incertezza del mercato dovuti alla concorrenza fra formati che si erano presentati al tempo dell'introduzione delle videocassette per uso domestico.

Il DVD forum individua 3 principali campi d'applicazione per il DVD:

DVD-Video, destinato a contenere film, in sostituzione della videocassetta.

DVD-Audio, destinato a sostituire il CD Audio grazie a una maggiore fedeltà.

DVD-Rom, destinato a sostituire il CD-ROM.

Sia nel DVD-Video che nel DVD-Audio sono previsti sistemi di protezione in grado di disincentivare la duplicazione dei contenuti. Proprio a causa di problemi nello sviluppo dei codici di sistemi di protezione adeguati, lo standard DVD-Audio sembra essere l'applicazione meno fortunata del formato DVD. Al contrario lo standard DVD-Video e DVD-ROM sono apparsi sul mercato sin dal 1997, ottenendo un enorme successo commerciale.

In un secondo momento, lo stesso DVD Forum introdusse gli standard per i formati registrabili del DVD. Formalizzato nel corso del 1999, il formato DVD-R è lo standard ufficiale per i DVD Registrabili. Esso si suddivide nei formati "DVD-R for authoring" e "DVD-R for general use". I primi sono destinati alla creazione di copie di video protette da diritto d'autore, necessitano di uno speciale masterizzatore e sono in grado di implementare i sistemi di protezione dalla duplicazione. I secondi sono in grado di contenere qualunque tipo di materiale, ma non sono compatibili con i sistemi di protezione utilizzati nei DVD-Video.

Nel 2000 è stato formalizzato lo standard DVD-RW, che ricalca le caratteristiche dei DVD-R "for general use", ma con la possibilità di essere riutilizzato fino a mille volte (teoricamente). Negli anni necessari alla formalizzazione dello standard DVD-R, sono stati commercializzati altri 2 formati per la registrazione in formato DVD: il DVD+R (e DVD+RW) dal consorzio Sony-Philips, ed il formato DVD-RAM, supportato da Matsushita e JVC. Questi formati differiscono notevolmente dal formato DVD-R in termini tecnici, anche se i più moderni lettori e masterizzatori sono in grado di supportare DVD registrabili in qualunque formato (con qualche riserva per il DVD-RAM).

Più recente è l'introduzione di standard per la masterizzazione di DVD a doppio strato, simili al DVD-9 industriale, e con una capienza di circa 9 GB di informazioni. Anche in questo caso la cordata Sony-Philips ha giocato d'anticipo, commercializzando il formato DVD+R Dual Layer (c.d. DVD+R DL) fin dal 2002, mentre solo nel 2004 si è formalizzato lo standard ufficiale DVD-R DL.

Altri supporti di riproduzione

Altri dispositivi per la registrazione del segnale audio di uso professionale/domestico sono i DAT (*digital audio tape*) e gli hard disc dei PC (sistemi di *hard disc recording*). Attualmente tra i dispositivi digitali per la riproduzione domestica con una qualità accettabile si stanno diffondendo i lettori MPEG audio.