

# L'audio digitale

Massimiliano Salfi

[salfi@dmf.unict.it](mailto:salfi@dmf.unict.it)

# Il campionamento

Fin dai tempi primordiali, l'uomo ha cercato in vari modi di trovare soluzioni per facilitare la naturale propagazione del suono attraverso l'ausilio di dispositivi artificiali che aumentassero l'efficienza di questa trasmissione, in particolare cercando di far attraversare al suono spazi maggiori senza essere troppo contaminato da disturbi ed eventualmente essere memorizzato su supporti che ne permettessero, oltre che il trasporto nello spazio, anche quello nel tempo, cioè che ne permettessero una memorizzazione permanente.

# Il campionamento

Per far ciò sono stati usati molti artifici tecnologici arrivando, ad esempio, all'invenzione del telefono, grazie alla quale trasformare i segnali sonori in segnali elettrici contenenti tutte le informazioni (o quasi) del segnale sonoro originale, ma che potevano essere più facilmente (e più velocemente) trasportate nello spazio (tramite fili elettrici in un primo tempo e successivamente anche tramite onde elettromagnetiche con l'invenzione della radio di Guglielmo Marconi).

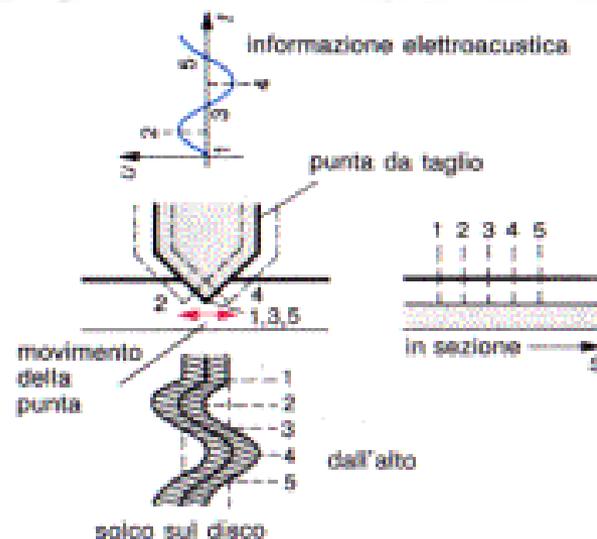
# Il campionamento

Per ottenere ciò, al suono veniva associata un'altra grandezza fisica, con caratteristiche di rigorosa relazione con il suono che rappresentava. Questa relazione rigorosa con il suono di partenza, permetteva all'arrivo della grandezza fisica di essere di nuovo riconvertita in suono.

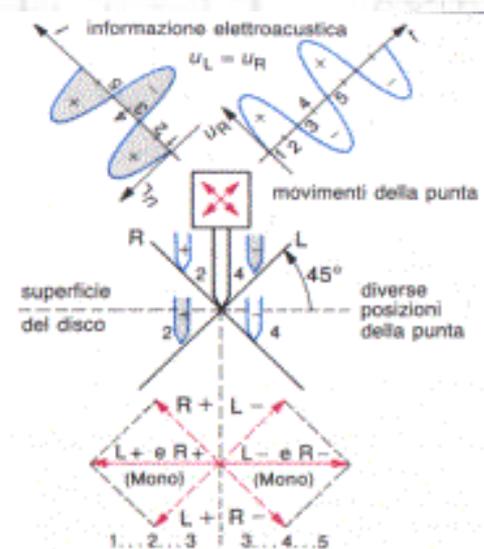
Tale relazione di corrispondenza viene detta "codifica" del suono in corrente elettrica.

# Il campionamento

Analoghi criteri di codifica si hanno ad esempio nella memorizzazione dei suoni codificati in parametri magnetici nel nastro dei registratori magnetici a nastro, o nei parametri geometrici di forma e profondità dei solchi nelle vecchie registrazioni su dischi di vinile.



***Letture di un disco mono***



***Letture di un disco stereo***

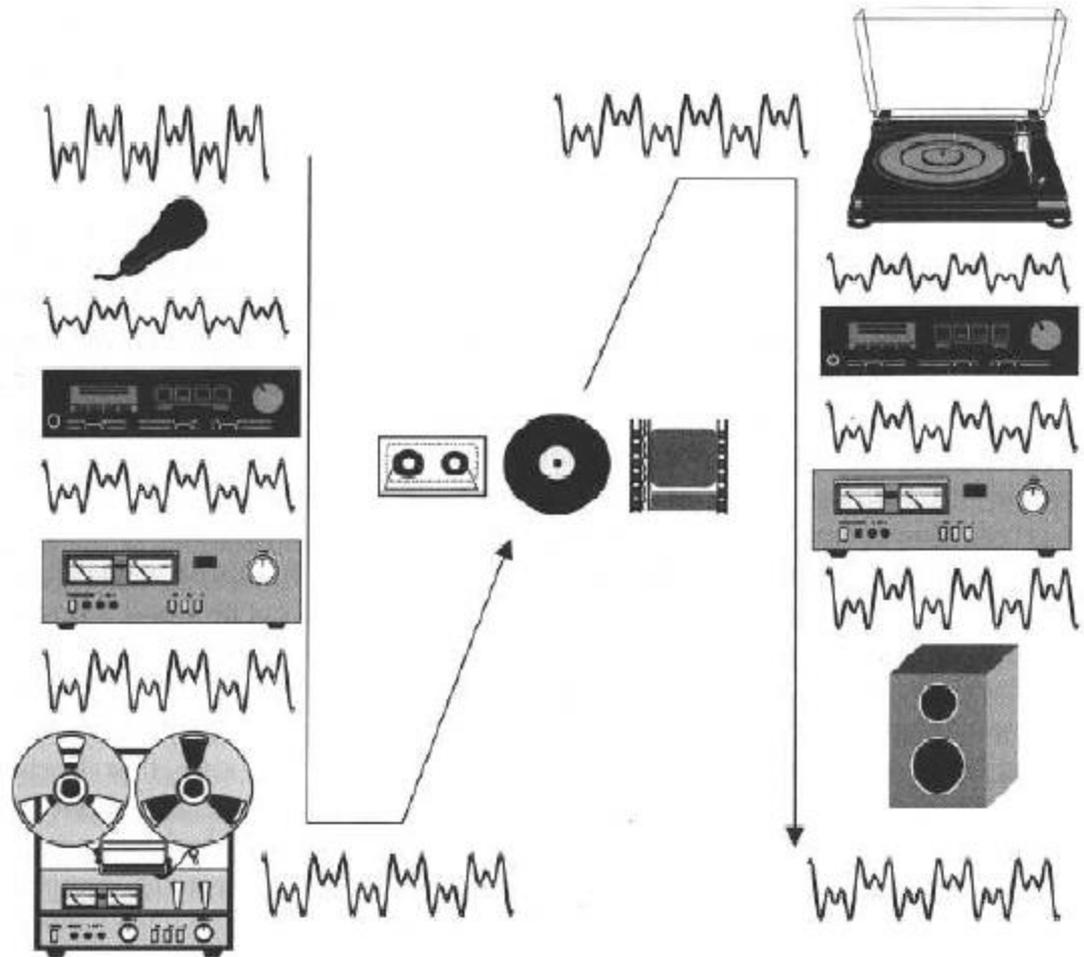
# Il campionamento

Nella foto a lato è illustrata una catena analogica così come era possibile trovare in uno studio di registrazione intorno agli anni '70.



# Il campionamento

Dalla registrazione in studio, alla riproduzione domestica (attraverso dischi di vinile, o nastri magnetici) il ciclo musicale dell'epoca può essere riprodotto come schematizzato in figura:



# Il campionamento

Le moderne tecnologie informatiche forniscono un'ulteriore e diversa possibilità di codifica dei suoni, associando ai parametri acustici delle onde sonore, delle lunghe serie di numeri in forma binaria che li rappresentano piuttosto fedelmente e che possono, con elevata precisione, essere riconvertite nei suoni originali.

Questo processo di codifica delle grandezze fisiche continue (analogiche) in serie numeriche di cifre digitali è detto *digitalizzazione* e le grandezze si dicono essere rappresentate in maniera digitale. Queste lunghe serie numeriche possono poi essere memorizzate in pen drives, hard disk, CD, DVD, etc., per essere trasportate nello spazio e nel tempo.

# Il campionamento

La trasformazione del segnale da analogico (continuo) a digitale (discreto) prende il nome di *campionamento*.

Tale termine deriva dal fatto che preleviamo dei campioni del segnale originario (la sua ampiezza), compiendo questa operazione a intervalli di tempo regolari.

Il ritmo costante viene identificato con una frequenza detta *frequenza di campionamento*. La frequenza di campionamento, quindi, descrive il numero di volte che un segnale audio in ingresso è misurato o "campionato" in un dato periodo di tempo. E' misurata in kHz.

# Il campionamento

La figura seguente mostra un segnale continuo e la sua versione campionata:



Ogni campione memorizzato rappresenta un'ampiezza ad un dato istante. Possiamo memorizzare ogni campione su un apposito supporto e successivamente, al momento della riproduzione, utilizzare un circuito che ritrasformi ogni campione nella corrispondente tensione elettrica; collegando il tutto ad un amplificatore ed un altoparlante, saremo in grado di ascoltare il suono originale.

# Il campionamento

Tuttavia nella conversione abbiamo perso qualcosa.

Che fine hanno fatto tutte le tensioni intermedie tra un campione e l'altro? Non ce n'è più traccia, ma sono davvero necessarie?

# Il campionamento

## Teorema del campionamento di Nyquist-Shannon

Un segnale  $f(t)$  a banda limitata da  $f_M$  può essere univocamente ricostruito dai suoi campioni  $f(n\Delta t)$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) presi a frequenza di campionamento:

$$F_s = \frac{1}{\Delta t}$$

se si ha:

$$F_s \geq 2f_M$$

Dunque, se il campionamento di un segnale viene effettuato ad una frequenza inferiore al doppio della sua banda, il numero di campioni estratto risulta essere insufficiente a rappresentare univocamente il segnale stesso.

# Il campionamento

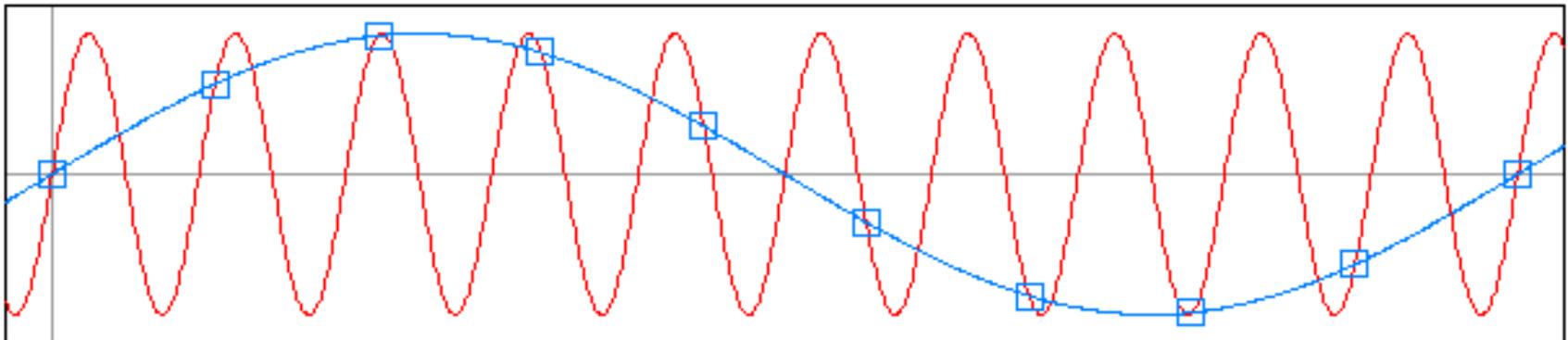
Il teorema afferma quindi che, sotto le opportune ipotesi, la minima frequenza di campionamento necessaria per evitare ambiguità nella ricostruzione del segnale è pari al doppio della banda (ovvero pari ad almeno il doppio della frequenza della componente armonica a frequenza più alta).

Dato un segnale con larghezza di banda finita e nota, la frequenza minima di campionamento di tale segnale deve essere, quindi, almeno il doppio della sua massima frequenza.

# Il campionamento

Tutto questo significa che frequenze molto rapide non avrebbero abbastanza campioni a descriverle; quei campioni descriverebbero una frequenza più bassa.

Questa frequenza viene detta *frequenza di aliasing* ed essendo bassa, rientrerebbe nella banda dell'udibile (dunque avremmo aggiunto al segnale iniziale, una frequenza che prima dell'operazione di campionamento non esisteva):



# Il campionamento

Per meglio rappresentare lo spettro delle frequenze udibili (20Hz – 20 KHz) il valore di frequenza di campionamento utilizzato per i CD musicali è pari a 44,1 kHz. Cosa succede, allora, se il nostro segnale audio che vogliamo campionare possiede qualche frequenza maggiore di 20kHz?

Non ci accorgeremmo della sua presenza in quanto si troverebbe al di fuori dalla banda udibile. Tuttavia dopo l'operazione di campionamento fatta ad esempio a 44,1 kHz, la frequenza sarebbe sottocampionata, quindi si ripresenterebbe nella banda udibile sotto forma di frequenza di aliasing.

Per evitare questo problema, di solito, il segnale audio viene filtrato da tutte le frequenze maggiori di 20 kHz prima che arrivi allo stadio campionatore. Nel caso si utilizzi una frequenza di campionamento inferiore a 44.1 kHz, il segnale analogico viene filtrato per eliminare le componenti maggiori di:

$$\frac{F_s}{2}$$

# Il campionamento

La tabella seguente mostra dei valori tipici per la frequenza di campionamento e il suo contesto di utilizzo:

Frequenza	Contesto di utilizzo
44.1KHz	CD, Minidisc
48 KHz	DAT
96 KHz	Sistemi di Hard Disc Recording
33 KHz	Long Play DAT
22.05 KHz	Campionatori a banda ristretta
192 KHz	Registrazioni digitali sperimentali

# La quantizzazione

Quando si misura una grandezza, l'insieme di valori che essa può assumere in natura è un insieme continuo e composto da infiniti punti.

Se ci limitassimo alla trattazione fatta nel punto precedente, quindi, il campionamento sarebbe solo una astrazione teorica.

Per concretizzare il tutto, alla fase del campionamento occorre far seguire la fase di quantizzazione, ovvero la rappresentazione del campione con una cifra finita che la approssimi.

# La quantizzazione

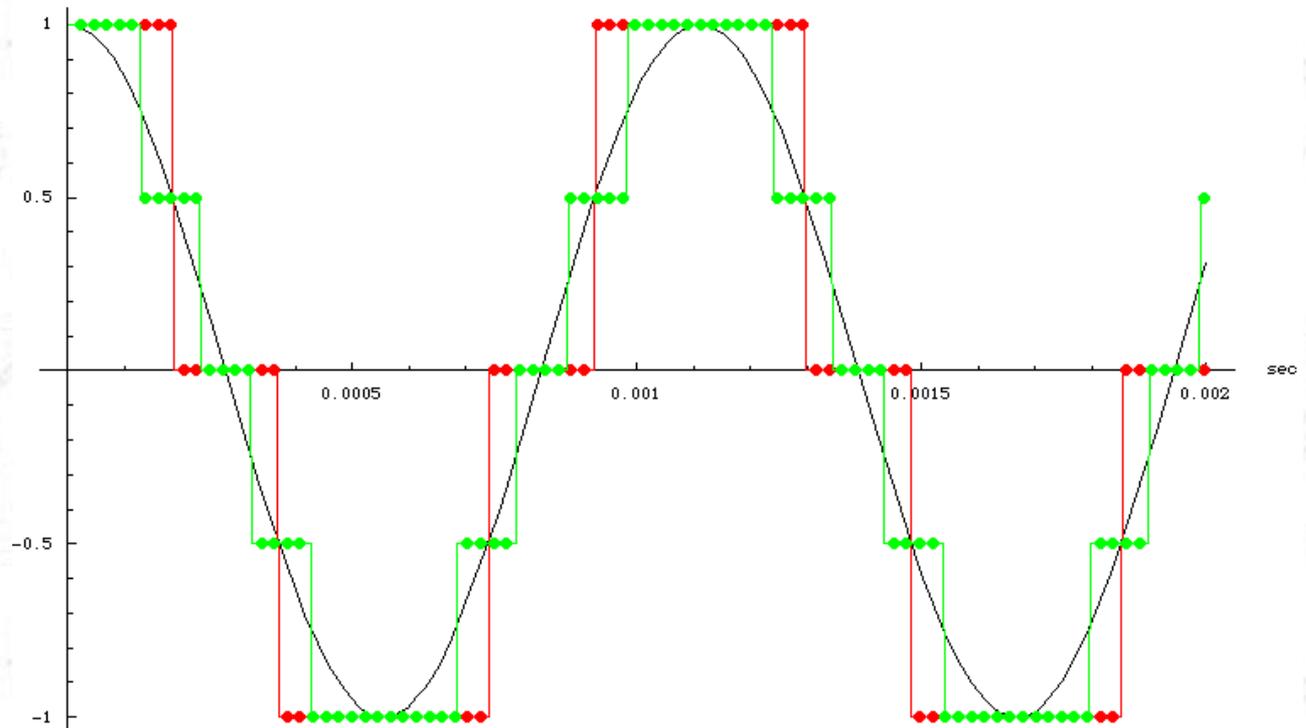
Il numero di bit usati nella quantizzazione (detto profondità di bit) dipende essenzialmente da due fattori:

- il costo e la disponibilità di convertitori A/D capaci di trattare parole di quella lunghezza;
- l'occupazione di memoria risultante dopo il campionamento.

Anche se si fosse disposti a memorizzare file audio con 64 bit di lunghezza di parola, dovremmo certamente arrenderci di fronte alla impossibilità fisica di realizzare convertitori D/A con quella precisione (tutta l'apparecchiatura, ascoltatori compresi, dovrebbe lavorare a  $-270^{\circ}\text{C}$  per ridurre il rumore termico).

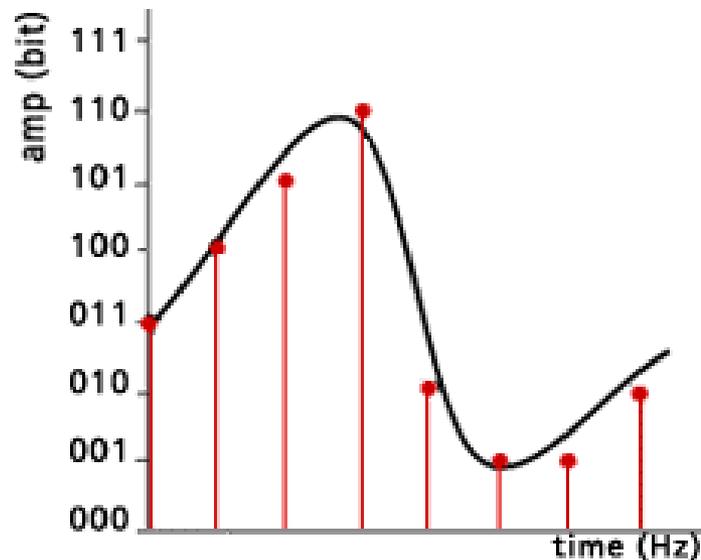
# La quantizzazione

Consideriamo ad esempio una sinusoide con frequenza pari a 900Hz. La figura mostra le sue approssimazioni, dopo un campionamento a 44.1 kHz, ad 1 bit (linea rossa) e a 2 bit (linea verde).



# La quantizzazione

Naturalmente, un grado di precisione maggiore si raggiunge aumentando la lunghezza delle parole utilizzate (numero di bit) per quantizzare ogni campione. Ad esempio, con parole lunghe 3 bit, un segnale generico può essere rappresentato come segue:



resulting sample:

011, 100, 101, 110, 010, 001, 001, 010 etc

# La quantizzazione

Con la quantizzazione vengono, però, introdotti degli errori chiamati *errori di quantizzazione*, dovuti alla differenza tra il valore quantizzato e il suo valore "reale" nel campo continuo.

L'insieme di questi errori porta al rumore di quantizzazione. L'ampiezza massima di tale rumore è data dall'ampiezza di un intervallo di quantizzazione ed è pari alla metà del più piccolo intervallo discreto rappresentabile, nel caso limite in cui il valore di ingresso si ponga esattamente a metà tra due valori discreti di uscita.

# La quantizzazione

Naturalmente, il rumore di quantizzazione si genera solo in presenza di un segnale campionato; in presenza di silenzio, l'errore di quantizzazione è nullo essendo 0 sia il segnale reale, che la sua quantizzazione.

Questa caratteristica, contrariamente a quanto si può ipotizzare, è un fattore negativo in quanto crea un'oscillazione del rumore che viene rilevata dall'orecchio umano molto più facilmente di un rumore di sottofondo costante (come può essere il fruscio che troviamo sui nastri magnetici).

# La quantizzazione

Per risolvere questo problema, possiamo incrementare il numero di intervalli (lunghezza delle parole) in modo da ridurre l'errore di quantizzazione. Una seconda soluzione consiste nell'aggiungere un rumore bianco di sottofondo e questo può essere effettuato in due modalità:

- Modalità analogica: Viene aggiunto del rumore bianco al segnale prima che venga campionato in modo che quando il segnale audio è assente, rimane il rumore di sottofondo che viene comunque campionato.
- Modalità digitale (dither): L'ultimo bit di ogni campione (qualche volta gli ultimi due, o quattro quando la risoluzione è sufficientemente alta: tipo 24 bit) viene modificato in maniera casuale. Questo permette di simulare la presenza di rumore bianco, il cui termine tecnico è dither.

# La quantizzazione

Per i CD Audio viene impiegata una quantizzazione a 16 bit, il che implica la suddivisione dell'asse delle tensioni in 65536 intervalli distinti. Negli studi di registrazione professionali si esegue la lavorazione utilizzando un formato a 24 bit (1.677.216 intervalli) per poi riconvertire il segnale in 16 bit prima di masterizzarlo su CD.

Le grandezze standard impiegate per la realizzazione di CD audio (CD-quality) sono, quindi:

frequenza di campionamento	44.1KHz
bit di quantizzazione	16 (65536 intervalli)

# La quantizzazione

Campionare un segnale ad una certa frequenza  $f$ , significa estrarre dal segnale  $f$  campioni al secondo. Nel caso di un segnale audio campionato con qualità di CD, vengono estratti 44100 campioni ogni secondo. Ogni campione viene rappresentato da un numero binario a 16 bit. Dunque un segnale stereo produce, ogni secondo, il seguente numero di campioni:

$$2 \text{ (stereo)} \times 16 \text{ (bit)} \times 44100 \text{ (campioni)} = 1411200 \text{ bit/s}$$

Esprimendo il risultato in byte otteniamo:

$$1411200/8 = 176400 \text{ byte} = 172.26 \text{ kB}$$

# La quantizzazione

Dunque, campionare per un secondo un segnale stereo richiede 172 kb, per cui 1 minuto di registrazione audio, in tale formato, “pesa” 10336 kbyte (circa 10 MB).

Tale tecnica di registrazione digitale è chiamata Pulse Code Modulation (PCM), ed è usata in tutti i moderni campionatori, registratori digitali ed interfacce audio per computer. Per ottenere una riproduzione fedele di un segnale audio, la codifica PCM mira ad effettuare un'accurata lettura della forma d'onda del segnale.

# Conversione D/A

Una volta ottenuto il segnale digitale, la sequenza di bit corrispondente viene memorizzata su di un supporto di tipo digitale (DAT, CD, Hard-Disk, etc.).

Naturalmente tale operazione non è fine a se stessa. Il passo seguente è quello che porta, prima o poi, a ripristinare l'informazione audio contenuta dentro la sequenza di bit.

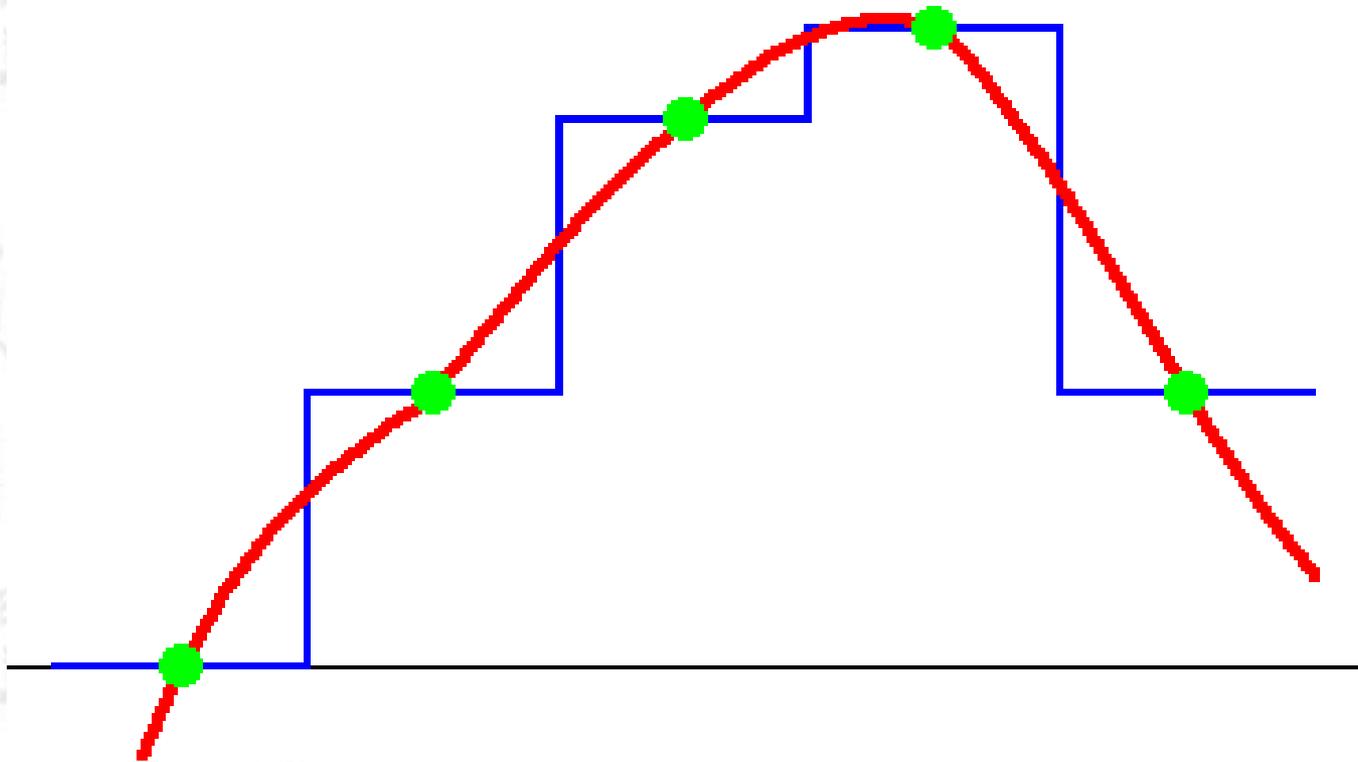
Per fare questo, occorre trasformare il segnale digitale in segnale elettrico (analogico) da inviare ad un amplificatore di potenza e quindi ad una coppia di altoparlanti.

# Conversione D/A

Un singolo campione digitale è un numero; per trasformare la sequenza di numeri in un segnale continuo, quello che si fa è ricorrere ad una operazione di interpolazione che ricalcoli il valore della funzione in tutti i punti dell'asse dei tempi a partire da quelli noti (i campioni memorizzati). I possibili interpolatori utilizzati sono due:

- Sample & hold, che mantiene un valore costante nell'intorno del campione (curva blu in figura slide seguente);
- Interpolazione cubica, ovvero l'approssimazione del segnale con pezzi di polinomi di terzo grado (curva rossa in figura).

# Conversione D/A



# Conversione D/A

La maggior parte delle tecniche di conversione D/A può essere schematizzata in tre fasi:

- pre processing digitale;
- Interpolazione/Sample & Hold;
- post processing analogico.

Questo vale almeno dal punto di vista matematico, anche se vedremo ci possono essere differenti tipi di implementazione.

# Conversione D/A

## **Tecnica primordiale**

Si tratta di una delle tecniche più antiche, adottata nelle apparecchiature (soprattutto giapponesi) di primissima generazione. Le tre fasi sono:

- nessun preprocessing digitale;
- conversione D/A 16 bit;
- passa basso ad alta pendenza.

# Conversione D/A

Il segnale in uscita al convertitore D/A, in questa tecnica, presenta una forte componente ultrasonica che deve essere pesantemente filtrata con tecniche analogiche. L'operazione di filtro, tuttavia, introduce delle forti rotazioni di fase che erano una delle cause principali del cattivo suono dei primi CD player.

Nonostante sia parecchio datata, questa tecnica è stata riscoperta di recente con la scusa di ridurre al minimo le manipolazioni nel digitale. I casi sono due: o non c'è sufficiente filtraggio analogico (e allora si esce con pericolose componenti ultrasoniche) oppure il filtro analogico influenza il risultato finale.

# Conversione D/A

Probabilmente se il filtro è fatto bene tali influenze introdotte da parte del filtro possono essere piacevoli (naturalmente va tenuto conto del fatto che quasi sicuramente parliamo di apparecchiature valvolari, visto che tali tecniche erano adottate in un'epoca in cui i circuiti audio erano costruiti con l'utilizzo di simili componenti).

# Conversione D/A

## Oversampling

Abbiamo visto come, prima di campionare un segnale, sia necessario farlo passare attraverso un filtro (che nel caso del segnale audio ha una banda di 20kHz). Ciò impedisce che siano presenti frequenze di aliasing quando, a partire dai campioni, viene rigenerato il segnale analogico.

Idealmente tale filtro dovrebbe essere un rettangolo e dunque avere sui due lati pendenza infinita, ma come abbiamo visto ciò non è possibile nella realtà, dunque avrà una pendenza elevata il più possibile ma non infinita, per evitare di comprendere nel segnale filtrato troppe frequenze che superano la soglia dei 20kHz.

# Conversione D/A

Questo fatto ha diverse implicazioni:

- La prima è che sicuramente realizzare filtri con una tale pendenza risulta più costoso.
- La seconda è un'implicazione di ordine fisico. Empiricamente: immaginiamo il segnale come composto di elettroni i quali vengono fermati dal filtro passa-basso se sono troppo veloci (se la frequenza del segnale supera la frequenza di taglio del filtro). L'impatto degli elettroni con una barriera così ripida, può generare degli andamenti disordinati degli elettroni che vengono percepiti nella banda dell'udibile come fischi alle alte frequenze.

# Conversione D/A

La soluzione consiste nell'adottare filtri con pendenze meno ripide, in modo da offrire un fronte più 'dolce' agli elettroni che impattano il filtro.

Tuttavia una pendenza più dolce sposta inevitabilmente la frequenza di taglio a destra, includendo nel segnale anche frequenze esterne alla banda udibile (dunque ritornerebbe il problema delle frequenze di aliasing).

Si ricorre allora al sovracampionamento, ossia il segnale audio viene campionato ad una frequenza maggiore della classica 44,1kHz.

# Conversione D/A

Tale tecnica oggi molto usata, introdotta per la prima volta dalla Philips, è formata dalle seguenti fasi:

- aumento della frequenza di campionamento e successivo filtraggio passa basso;
- conversione D/A multibit;
- filtro analogico a bassa pendenza.

L'idea che sta alla base di questo procedimento, dunque, è quella di spostare le operazioni di filtraggio nel campo digitale dove non si introducono alterazioni di fase.

# Conversione D/A

La prima parte del procedimento consiste nel moltiplicare la frequenza di campionamento per un valore fisso, generalmente compreso tra 12 e 128 (diremo che si inserisce un certo numero di zeri tra un campione e l'altro).

Questa operazione ha come risultato quello di spostare il fenomeno di fischio in un range di frequenze attorno alla nuova frequenza di taglio, che si trova ben al di là della soglia dell'udibile.

In questo modo il fenomeno resta presente ma, non essendo udibile dall'orecchio umano, è come se fosse stato rimosso.

# Conversione D/A

A questo punto c'è spazio per un filtraggio digitale passa basso che elimina gran parte delle componenti indesiderate.

Il passaggio all'analogico con un convertitore S&H a frequenza  $n \cdot 44100$ , produrrà un segnale che può essere trattato in modo molto più agevole con un blando filtraggio passa banda.

# Conversione D/A

Un'altra importante implicazione del sovracampionamento consiste nella riduzione dell'errore di quantizzazione.

Anche in questo caso, essendo maggiore la banda del segnale che consideriamo, il rumore di quantizzazione (presente su tutta la banda del segnale) che è sempre lo stesso, viene distribuito uniformemente su tutta la nuova banda che risulta più larga della banda del segnale iniziale (in particolare nel sovracampionamento doppio la banda è di 88.2kHz, dunque 4 volte la banda del segnale audio).

# Conversione D/A

Questo porta alla riduzione del rumore di quantizzazione medio. In particolare si ha una riduzione di 3dB del rumore di quantizzazione per ogni ottava di sovracampionamento, vale a dire ogni volta che raddoppiamo la frequenza di campionamento (nel sovracampionamento quadruplo raddoppiamo due volte la frequenza di campionamento: 44.1kHz  $\rightarrow$  88.2kHz  $\rightarrow$  176.4kHz dunque abbiamo una riduzione di 3dB al primo raddoppio e di ancora 3dB al secondo).

# Conversione D/A

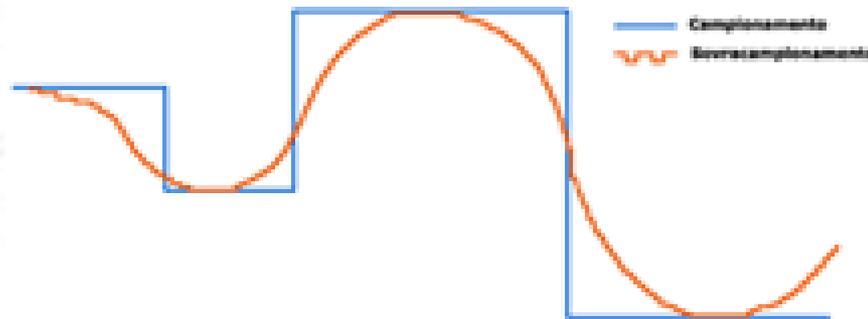
Il sovracampionamento visto finora è effettuato sul segnale analogico. Esiste anche un sovracampionamento digitale che ha anch'esso come risultato quello di espandere l'errore di quantizzazione lungo tutto lo spettro.

Ciò viene fatto aggiungendo nuovi campioni calcolati per interpolazione matematica.

Questo significa che tra due campioni reali ne posso aggiungere uno (o più) virtuale calcolato per esempio come media dei due.

# Conversione D/A

Questo porta a smussare la forma d'onda campionata che avrà degli scalini meno ampi come è evidenziato nella figura seguente:



# Conversione D/A

**Altre tecniche: Conversione a 24 bit – 96kHz (standard DVD)**

Le 3 fasi implementate sono:

- conversione di frequenza da 44100 a 96000 con estensione della parola a 24 bit;
- convertitore D/A 24 bit;
- passa basso a bassa pendenza.

Questa tecnica, che spesso viene spacciata come “ad alta qualità”, ha l'unico vantaggio rispetto al sovracampionamento di un fattore intero di poter utilizzare la stessa circuiteria dei DVD audio, risparmiando sui costi di progettazione e assemblaggio.

# Conversione D/A

## Conversione a 1 bit

Alcune macchine come gli ADAT (Alesis Digital Audio Tape - un sistema di registrazione digitale che usa come supporto una videocassetta VHS ad alta qualità) consentono un sovracampionamento pari a  $128 \times 44.1$  kHz.

Ci si rende conto di come questo implichi l'uso di una quantità di memoria enorme per la conservazione dei campioni. In questo caso i campioni sono talmente fitti che si memorizza solo un bit per campione che indica, con 0 o 1, se il campione ha ampiezza minore o maggiore del campione precedente. Questo procedimento prende il nome di *decimazione* e garantisce comunque un'accuratezza sufficiente nella descrizione dei campioni, permettendo nel contempo tutti i vantaggi derivanti dall'operazione di sovracampionamento.

# Conversione D/A

Le fasi, quindi, sono:

- sovracampionamento elevatissimo e riduzione a 1 bit con noise-shaping multistadio e filtraggio passa basso digitale;
- convertitore D/A 1 bit;
- passa basso a bassa pendenza.

Questa tecnica (che dà origine al formato SACD) dovrebbe risolvere alcuni problemi della conversione D/A multi bit (distorsione di passaggio per lo zero) e si presta bene ad essere integrata a basso costo, risultando quindi particolarmente adatta alle realizzazioni economiche anche se non mancano le implementazioni di pregio.

# Home recording

Fino ad alcuni anni fa, realizzazione un demo-tape, o comunque una registrazione audio di una certa qualità, richiedeva l'uso di apparecchiature molto costose, accessibili solo attraverso studi di registrazione professionali.



# Home recording

In uno studio, da una parte troviamo la regia, con tutti gli strumenti necessari alla registrazione delle varie tracce audio, fino al prodotto finale, dall'altra la sala di ripresa, all'interno della quale eseguire le performance che, mixate insieme, formeranno il prodotto finale.



# Home recording

I due ambienti, in genere, sono separati da una parete con doppia vetrata in grado di mantenere acusticamente isolati i due ambienti, pur garantendo un contatto visivo tra tecnici e musicisti.

L'avvento della tecnologia, in particolar modo la possibilità di disporre facilmente di computer dotati di una gran potenza di calcolo, a prezzi molto abbordabili, e la enorme disponibilità di software di editing, hanno permesso la produzione casalinga di tracce audio di grande qualità con la cosiddetta home recording.

# Home recording

Ma quale è l'attrezzatura minima necessaria per poter confezionare in casa i propri prodotti audio? Quello di cui non si può fare a meno è, certamente:

- Un computer;
- Una scheda audio;
- Un buon software di sequencing ed hard disk recording con virtual instruments;
- Una master keyboard;
- Casse monitor;
- Microfono (necessario solo se si vogliono registrare strumenti acustici e voce).

# Home recording

Intorno a questa lista possono ruotare altri strumenti (effetti, equalizzatore grafico, analizzatore di spettro, mixer, etc.) sebbene molti di questi strumenti sono disponibili di ottima qualità implementati in software.



# Home recording



# La scheda audio

La scheda audio è il componente hardware che permette di registrare suoni, così come di riprodurre i suoni precedentemente registrati.

Le schede audio possono essere di 3 tipi:

- Integrate (nella scheda madre);
- Interne (oramai in disuso);
- esterne (USB o Firewire).

# La scheda audio

## **schede audio integrate**

Le schede audio integrate nelle schede madri sono molto migliori di quelle di qualche anno fa e suonano discretamente. Potrebbero dunque essere un buon modo per cominciare a lavorare con la musica, ma hanno la grave lacuna di non avere ingressi (input) adeguati per l'home recording.

# La scheda audio

## **schede audio PCI**

Venivano montate sugli slot presenti di solito all'interno del computer, utilizzavano la classica porta PCI e potevano avere un box esterno per i collegamenti.



# La scheda audio

## **schede audio esterne (USB o Firewire)**

Oggi sono moltissime le schede audio che sfruttano queste due porte, da quelle di basso costo a quelle professionali e costose. Sono dotate di un box esterno e vengono collegate al computer tramite connessioni USB o **FIREWIRE**.



# La scheda audio

Solitamente sia le schede esterne che quelle interne hanno incorporate le connessioni tanto per l'audio in ingresso quanto per quello in uscita. Il loro convertitore AD trasforma il suono analogico in ingresso in dati digitali che è possibile gestire attraverso apposito software.

Tale informazione numerica, poi, è nuovamente trasformata in audio analogico tramite un convertitore DA quando viene mandata (output) ad un amplificatore, o a delle casse monitor attive.

# La scheda audio

Quali sono le caratteristiche più importanti di una scheda audio? Partiamo da un presupposto: non esiste la scheda audio perfetta. Piuttosto, dovrete cercare di capire quale, fra le schede audio di qualità presenti sul mercato, è migliore per le vostre esigenze. Considerate che spesso dipende in gran parte dagli strumenti che volete, o dovete, registrare.

Le differenze possono sorgere nel tipo di ingresso e specialmente nella buona fattura dei convertitori (ricordiamoci che il segnale in ingresso come quello in uscita è sempre analogico: tanto migliore sarà il convertitore da analogico a digitale e viceversa, tanto più efficiente sarà la risposta della scheda in fase di registrazione e riproduzione).

# La scheda audio

## input

Occorre valutare bene di quanti e quali ingressi si necessita. Di solito è utile disporre di almeno un paio di ingressi XLR/Cannon bilanciati per il microfono e di un paio di ingressi jack da  $\frac{1}{4}$  per gli strumenti.

Le schede audio moderne, di solito, sono dotate anche di porte MIDI (IN e OUT) e connettori audio RCA PIN jack:



# La scheda audio

## **DSP**

Un altro fattore importante per la scelta della scheda audio deriva dalla valutazione se si necessita di plugins, o strumenti vari, i quali andranno a sovraccaricare la CPU del computer.

Alcune schede possiedono, infatti, dei DSP (Digital Signal Processor) che altro non sono che delle piccole CPU dedicate a particolari plugin, o strumenti forniti dallo stesso produttore.

# La scheda audio

## DSP

Questi piccoli processori si fanno carico del lavoro svolto da taluni plugin e da strumenti dedicati che il produttore (o terze parti) mettono a disposizione degli utenti (ad esempio riverberi, delay, compressori, synth e altro).

Purtroppo il loro utilizzo è limitato ai soli prodotti certificati per la scheda, quindi non possiamo sfruttare i DSP per appoggiare sulla scheda i classici VST quali FM7, PRO, B4, Atmosphere, The grand etc etc.

# La scheda audio

## **preamplificatori microfonici (o direct box)**

Di solito è consigliabile utilizzare un preamplificatore esterno (magari valvolare) per i microfoni. Un preamplificatore può essere utile, ad esempio, per sopperire alla mancanza di ingressi bilanciati, ma anche nel caso in cui la scheda sia sprovvista di selettore dell'alimentazione Phantom Power a 48V quando si è intenzionati ad utilizzare microfoni a condensatore (per i quali è necessaria questa particolare alimentazione per poter funzionare).

Se non si intende utilizzare un preamplificatore esterno, i preamplificatori della scheda audio dovranno essere di buona qualità.

# La scheda audio

## preamplificatori microfonici (o direct box)

Nel caso la scheda sia sprovvista di alimentazione Phantom, per poter utilizzare microfoni a condensatore è necessario procurarsi un alimentatore esterno. Oltre che per l'alimentazione Phantom, un direct box può essere utilizzato per dare più calore al suono che, entrando dai connettori sbilanciati della scheda è soggetto a disturbo.



Il TUBE ULTRAGAIN MIC100 di BEHRINGER è un pre-amplificatore valvolare mic/line.



Audio Buddy prodotto da M-Audio. Si tratta di un preamplificatore microfonico.

# La scheda audio

## **output**

Come per gli ingressi, anche per le uscite è necessario valutare preventivamente all'acquisto di una scheda audio il numero di uscite e le loro caratteristiche, sempre in base a quelle che sono le esigenze note.

# La scheda audio

## **risoluzione in bit e frequenza di campionamento**

Qualsiasi scheda audio garantisce, oramai, un campionamento a 24 bit e 96 kHz, assolutamente sufficienti per l'home recording. La risoluzione in bit e la frequenza di campionamento, fondamentalmente, definiscono quanto è accurato il processo di digitalizzazione del suono.

Lasciarsi attrarre troppo da caratteristiche quali 192 kHz di campionamento non è molto utile: nei migliori studi si registra a 48 kHz e 24 bit, perché andare oltre non serve poi a granché.

# La scheda audio

## **driver stabili**

Ultimo ed essenziale parametro per la scelta di una buona scheda audio è quella legata ai driver.

I driver ASIO consentono al software di sequencing di utilizzare la scheda per pilotare sia strumenti virtuali che plugin in tempo reale, senza alcuna latenza. I Driver Asio, giunti alla versione 2, eliminano quel fastidioso ritardo dovuto alla "pesantezza" di plugin e strumenti virtuali, ma non sono il rimedio a tutti i mali, giacché (come detto) un ruolo molto importante è svolto dalla CPU del computer utilizzato, dalla memoria RAM, nonché da eventuali DSP a bordo della scheda.



# La compressione dell'audio: mp3

Abbiamo già visto in precedenza come la “fedeltà” nel campionamento garantita dal formato wav si paghi in termini di dimensione dei file digitali.

La diffusione di internet ha evidenziato in modo netto quanto tutto questo rappresenti un problema. Trasmettere via internet 3 minuti di musica, pesa come detto circa una trentina di MB.

Anche oggi, nonostante la disponibilità della banda larga, tali valori complicano parecchio le cose per la distribuzione di file audio a qualsiasi titolo.

# La compressione dell'audio: mp3

Nasce così l'esigenza di determinare delle tecniche che permettano di ridurre la dimensione di questi file senza sacrificarne la qualità: la compressione.

Ma che cosa significa, esattamente, comprimere un file? Sostanzialmente, ridurre il numero di bit di informazione necessari a descrivere un certo contenuto, in modo da limitare lo spazio necessario a custodirlo in memoria, o il tempo per trasmetterlo online.

"Tecnicamente" ciò avviene facendo passare un file attraverso un determinato software basato su un certo algoritmo in modo che il file, all'uscita, si presenti di dimensioni ridotte rispetto alla partenza.

# La compressione dell'audio: mp3

In generale, i tipi di compressione sono 3:

- lossless (senza perdita di informazione);
- transparent (con perdita di informazione “trascurabile”);
- lossy (con perdita di informazione percepibile).

# La compressione dell'audio: mp3

In linea di massima, comprimere un file vuol dire eliminare tutte le componenti non essenziali (o ridondanti), tentando però di mantenere il più possibile inalterata la qualità originaria utilizzando a questo scopo i metodi più opportuni.

Ad esempio, nella cosiddetta "codifica entropica", si codificano i simboli più frequenti con meno bit degli altri, mentre nella tecnica nota come "Run Length Encoding", si sfrutta il fatto che in un'immagine alcuni pixel spesso si ripetono identici al suo interno.

# La compressione dell'audio: mp3

Per i dati e le immagini i problemi sono senza dubbio minori, visto che si tratta di entità molto più stabili, lontanissime dalla estrema variabilità dei segnali audio, ma com'è possibile comprimere un suono?

Il modello teorico di codifica audio MPEG Audio Layer 3 fu messo a punto dal gruppo di lavoro **MPEG (Moving Picture Expert Group)**, nato da un'idea dell'ingegner Leonardo Chiariglione del Cselit di Torino (gruppo Telecom Italia), in collaborazione con il Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen e Thomson Multimedia.

# La compressione dell'audio: mp3

Esso si basa sulla constatazione, di natura psicoacustica, che, se è vero che la banda passante dell'orecchio umano si estende da 20 Hz a 20 kHz, è altrettanto vero che l'orecchio umano, di fatto, percepisce meglio la gamma media delle frequenze, da 700 a 6.000 Hz, nella quale si concentra la maggior parte delle informazioni.

In più, questa stessa capacità percettiva varia col variare dell'intensità del segnale: più il livello sonoro è basso, più la differenza tra banda media ed estremi si amplia, vale a dire che se questi ultimi vengono eliminati, l'orecchio umano non se ne accorge, o quasi.

# La compressione dell'audio: mp3

Infine, per lo stesso principio, quando vengono inviati all'orecchio due segnali di frequenze vicine, ma di diversa intensità, il segnale di intensità minore non viene percepito (effetto di mascheramento) e dunque può essere "tagliato" senza perdite significative.

Tutto ciò è visibile nel diagramma di Fletcher e Munson (noto anche come curve isofoniche).

# La compressione dell'audio: mp3

Dunque l'algoritmo di compressione che costituisce il cuore di un encoder Mp3 funziona, a grandi linee, in questo modo:

- il segnale analogico viene digitalizzato;
- viene effettuata una FFT (Fast Fourier Transform) che permette di passare dal dominio del tempo a quello delle frequenze;
- il segnale viene elaborato da un modello psicoacustico chiamato "Modello Percettuale", che agisce sul segnale secondo i parametri di psicoacustica appena descritti, eliminando tutte le frequenze non necessarie.
- L'intera gamma di frequenze audio da 20 a 20kHz, così ottenuta, viene divisa in 32 sottogamme di eguale ampiezza. In ognuna di esse, il segnale viene codificato con un numero di bit diverso a seconda dell'importanza che viene attribuita ad ogni banda, eliminando i dati considerati ridondanti.

# La compressione dell'audio: mp3

Non tutti gli mp3 sono uguali. Sotto la generica denominazione di mp3, infatti, ritroviamo un certo numero di formati che si differenziano tra loro per:

- frequenza di campionamento (di solito 44100 Hz, o 24000 Hz);
- fattore di compressione (da 4:1 a 14:1);
- bit-rate, ossia il numero di kilobyte al secondo che vengono trasferiti).

# La compressione dell'audio: mp3

Quando si vuole privilegiare la qualità di riproduzione si ricorre alla frequenza di campionamento più alta ed a bassi tassi di compressione. In questo caso il bit-rate risulta essere più alto (sono richieste velocità di trasmissione più alte).

Se invece si opta per una maggiore velocità di trasferimento, a scapito della qualità, si ottiene un bit-rate più basso campionando il segnale alla frequenza più bassa (24000 Hz) ed applicando tassi di compressione più elevati.