

GUIDA ♥ 101 🖵 21

Cosa dice la frequenza di campionamento sulla musica digitale e la qualità del suono



Traduzione: Leandra Amato

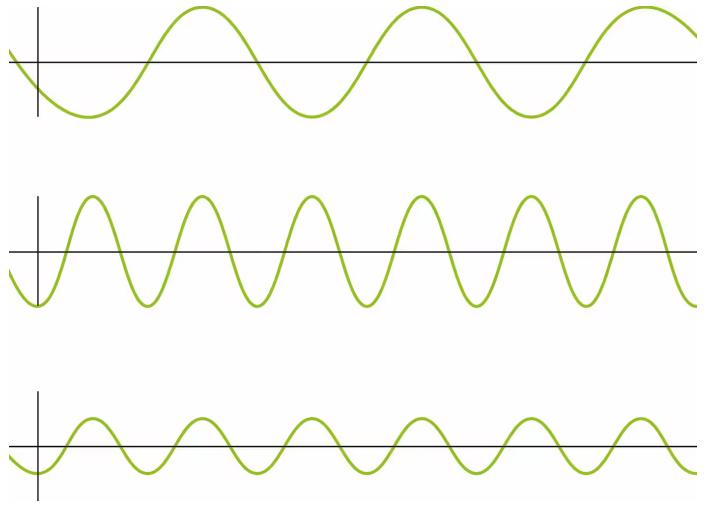
A prima vista, la frequenza di campionamento è solo una specifica tecnica in ambito audio. Ma capire come funziona cambia l'idea di cosa sia la musica digitale.

Un articolo sulla frequenza di campionamento. Sembra noioso. A prima vista, non è altro che un'arida specifica tecnica. Ma quando si tratta della questione di come la frequenza di campionamento influenzi la qualità del suono, ho trovato me stesso, ma anche altri, con un sacco di mezze verità e incomprensioni. Da queste proviene un'idea sbagliata sulla natura della musica digitale, e cioè che è frammentata e suona come tale.

1 di 16

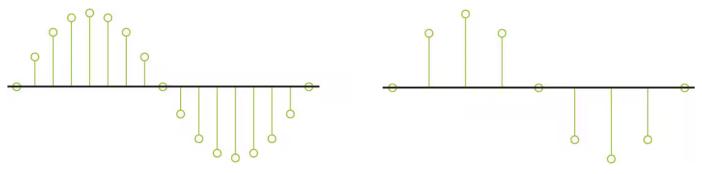
Le basi

Che cos'è la frequenza di campionamento? Guardiamo la rappresentazione grafica di un'onda sonora. L'asse X orizzontale è il tempo. L'asse Y verticale è l'ampiezza, cioè quanto forte è il segnale. L'altezza del suono risulta dalla lunghezza dell'onda: in un suono alto, le onde sono più vicine. In parole povere, nel suono più alto, l'oscillazione si ripete più frequentemente, quindi ha una frequenza più alta.



Sopra: suono più basso. In mezzo: suono più alto. Sotto: stesso suono, più alto, ma più silenzioso.

La frequenza di campionamento è anche specificata solo come frequenza. Questo perché denota la frequenza con cui si misura l'ampiezza sull'asse X. In altre parole: con il quale viene preso un campione audio. In inglese, la frequenza di campionamento è quindi chiamata sample rate.



A sinistra: frequenza di campionamento più alta. A destra: frequenza di campionamento più bassa.

La frequenza di campionamento è il fattore di differenziazione più chiaro tra la musica analogica e quella digitale. Questo perché i media analogici immagazzinano un segnale continuo, quindi non c'è una frequenza di campionamento. I metodi di registrazione digitale registrano a intervalli di tempo specifici.

Il malinteso

Questo, in linea di principio, suona come se la musica analogica fosse superiore alla musica digitale. Come se la musica digitale fosse solo un'approssimazione dell'originale analogico e quindi non potesse mai essere altrettanto buona. Ma questa è una falsa conclusione.

Per prima cosa, qui non stiamo solo confrontando l'analogico e il digitale, bensì il suono originale e la registrazione. Naturalmente, niente batte il suono originale, e qualsiasi registrazione può essere al massimo buona come l'originale. Ma questo è anche il caso della registrazione analogica. Anche qui si possono verificare perdite di qualità come rumore e distorsione. In linea di principio, solo la trasmissione diretta del suono senza un mezzo è superiore – ad esempio, l'ascolto di uno strumento dal vivo.

Il malinteso nasce probabilmente dal fatto che le onde sonore sono analogiche. In senso stretto, non c'è musica digitale, bensì solo musica memorizzata digitalmente. La registrazione richiede un convertitore analogico-digitale che genera dati digitali dalle onde sonore analogiche, mentre la riproduzione un convertitore digitale-analogico che fa il contrario.

Il segnale sonoro deve sempre essere convertito, anche nel caso di una registrazione analogica. E durante la riproduzione, il suono deve essere creato di nuovo dal supporto memorizzato. Un

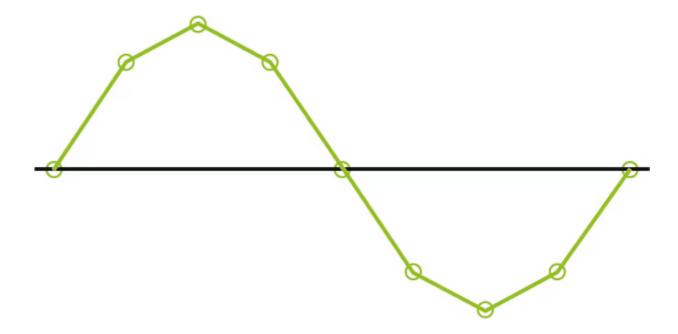
altoparlante converte un segnale elettrico in movimento meccanico.

Inoltre, gli studi di registrazione hanno iniziato a registrare in digitale già alla fine degli anni '70. Questo significa che anche quando si compra un disco, ha avuto luogo una conversione dall'analogico al digitale e di nuovo all'analogico.

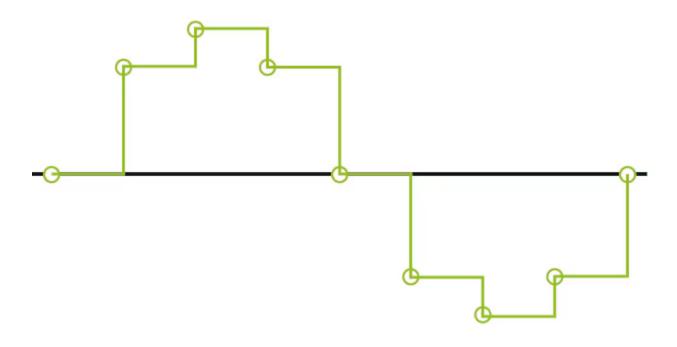
Ma c'è un'idea sbagliata molto più comune sulla musica digitale. E questo ha anche a che fare con la frequenza di campionamento.

Digitale non significa a gradini

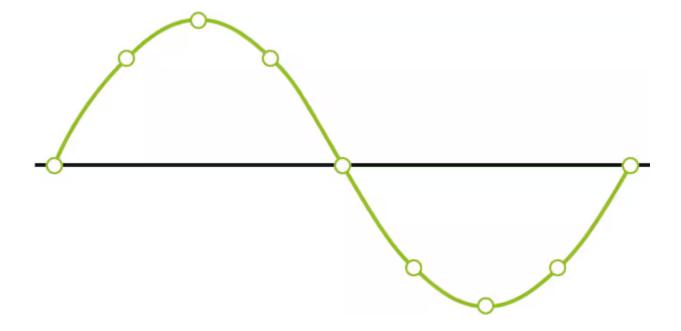
Misurare a intervalli regolari crea quindi punti individuali nel diagramma della curva del suono. Da questo, si deve generare una vera curva di suono durante la riproduzione. Qui, molti fan dell'analogico presumono erroneamente che questa curva di suono abbia questo aspetto:



Oppure questo:



Ma non è vero. La curva del suono generata dai dati digitali ha un aspetto simile a questo. Una curva sonora generata da dati digitali è altrettanto rotonda di una analogica.



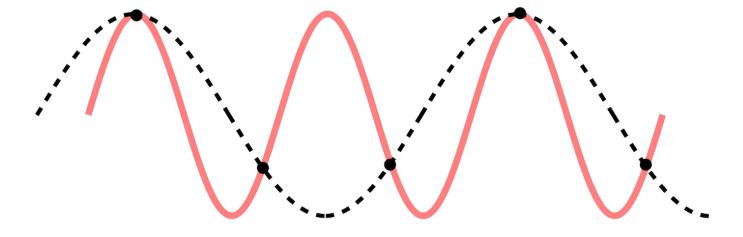
In altre parole: la frammentazione in singoli dati digitali può essere completamente invertita quando si converte in onde sonore reali. Magia? No, più che altro matematica. Le curve sono funzioni matematiche. Tuttavia, questo richiede un numero minimo di punti di misurazione, cioè una frequenza di campionamento minima. Ed è qui che entra in gioco il teorema di Nyquist-Shannon.

Il teorema di Nyquist-Shannon

Il teorema afferma che se la frequenza di campionamento è abbastanza alta, si può ricostruire una curva sonora che è completamente identica all'originale analogico. E dice anche quanto alta deve essere questa frequenza di campionamento: vale a dire, il doppio della frequenza più alta da campionare.

L'esempio più noto: il CD audio ha una frequenza di campionamento di 44 100 Hz, cioè 44,1 kHz. Ci sono 44 100 campioni (o sample) per ogni secondo. Secondo il teorema di Nyquist, le frequenze fino a 22 050 Hz possono essere perfettamente ricostruite. Questo sarebbe sufficiente, perché nessuno sente le frequenze più alte – la maggior parte degli adulti non può sentire nulla sopra i 15 000 Hz.

Tuttavia, il teorema si applica solo sotto una restrizione importante: tutte le frequenze superiori a 22 050 Hz vengono filtrate. Lo si può vedere nel seguente grafico. I punti neri sono i campioni. Due curve con frequenze diverse attraversano questi campioni. Poiché i campioni si adattano a entrambe le curve, inizialmente non è chiaro quale sia la frequenza corretta.



Ma la curva rossa ha una frequenza più alta rispetto a quella tratteggiata nera. Se la frequenza della curva rossa si trova oltre la meta della frequenza di campionamento, viene filtrata e noi otteniamo unicità.

Non è una coincidenza. Non è possibile disegnare una curva corrispondente nei punti che ha una frequenza inferiore a quella della curva rossa. Questo è esattamente ciò che dice il teorema di Nyquist-Shannon.

Oversampling

Lo stesso teorema di Nyquist è considerato incontestabile. Tuttavia, ci sono convertitori digitaleanalogico che presentano una moltitudine di frequenze di campionamento del CD. Non è necessario? Pifferaio magico?

Non per forza. Il punto è: il teorema di Nyquist dice solo che le alte frequenze devono essere filtrate. Ma non dice come questo debba essere fatto. In effetti, a tutt'oggi non è possibile filtrare perfettamente tutto ciò che supera una certa frequenza.

Con una frequenza di campionamento di 44,1 kHz, è necessario un filtro passa basso che filtri il meno possibile fino a 20 kHz, ma tutto sopra i 22,05 kHz. Quindi solo una stretta gamma di frequenze è disponibile per la transizione. Se il segnale non è perfettamente filtrato, può succedere che l'onda sonora venga riflessa a sinistra, creando una specie di pre-eco.

Con un'alta frequenza di campionamento, questo intervallo di transizione aumenta e l'effetto può essere evitato meglio. Nello studio di registrazione, le alte frequenze di campionamento sono state la norma per molto tempo. In termini di riproduzione, invece, sono relativamente nuove.

Conclusione

Il fatto che la musica digitale consista di campioni individuali invece di una memorizzazione continua non è uno svantaggio. Dai campioni, le onde sonore possono essere ricostruite e sono indistinguibili dall'originale. Per fare ciò, in teoria, basta una frequenza di campionamento doppia rispetto alla frequenza più alta. In pratica, la ricostruzione non è perfetta perché non ci sono filtri passa basso perfetti. Con una frequenza di campionamento più alta, i dispositivi di registrazione e riproduzione possono filtrare ancora meglio.

La questione è se questi miglioramenti sono necessari, cioè se la differenza è udibile. Anche tra gli esperti, le opinioni differiscono. È chiaro che anche 44,1 kHz e 48 kHz forniscono una buona qualità. Se suona male, può essere dovuto a qualsiasi cosa, dalla registrazione agli altoparlanti. In questo caso, la frequenza di campionamento è al massimo un problema, se tutto il resto è al massimo livello assoluto.

7 di 16