

# **SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI**

A.A. 2025-26

Ing. Paolo Querci

ING-INF-05

Lezione 1 – 24 ottobre 2025

# COSA VEDREMO IN QUESTO CORSO

- Informazione: codifica e rappresentazione
- Introduzione alla compressione digitale
- Architettura del computer (richiami)
- Sistemi operativi (richiami)
- Reti di calcolatori
- Formati dei file
- Strumenti digitali in ambito sanitario
- Sicurezza informatica
- Elementi di normativa sulla Privacy

# OBIETTIVI DEL CORSO

Il corso introduce i **principi della codifica digitale, della rappresentazione dell'informazione e della gestione dei file**, fornendo le basi per comprendere come i dati vengono **convertiti, memorizzati e organizzati** nei sistemi informatici.

Saranno analizzati i **principali formati digitali** (testo, immagine, audio, video) e le **tecniche di compressione** (*lossless* e *lossy*), insieme ai concetti di **qualità, fedeltà e ottimizzazione** nella trasmissione e archiviazione dell'informazione.

Verranno inoltre affrontati i temi delle **reti informatiche, della sicurezza, della privacy e della protezione dei dati**, con particolare attenzione ai **flussi informativi in ambito sanitario** e agli strumenti per la **trasmissione sicura dei dati clinici**.

Nel corso verrà anche richiamata, in sintesi, una panoramica sull'**architettura dei computer** e sul **funzionamento dei sistemi operativi**, per collegare i concetti teorici alla loro implementazione pratica.

## NOTE OPERATIVE

La **verifica dell'apprendimento** si svolge mediante un test scritto della durata di un'ora, articolato in due parti: una prima sezione con 10 quesiti a risposta multipla, che attribuiscono 1,5 punti per ogni risposta corretta, e una seconda sezione con 3 domande aperte, valutate fino a 5 punti ciascuna.

Il punteggio massimo conseguibile è pari a 30/30 e la prova si considera superata con almeno 18/30.

La lode potrà essere attribuita agli studenti che, oltre a aggiungere il punteggio massimo, dimostrino particolare chiarezza espositiva, padronanza del linguaggio tecnico e capacità critica nelle risposte alle domande aperte.

Il **ricevimento** sarà effettuato su appuntamento mediante email all'indirizzo:

[p.querci@gmail.com](mailto:p.querci@gmail.com)

si svolgerà presso l'ufficio di via Farneto (stanza 223), se non diversamente comunicato.

# Informazione

# Informazione

**L'informazione** è l'insieme di dati, correlati tra loro, con cui un'idea o un fatto prende forma ed è comunicata.

# L'INFORMATICA: L'INFORMAZIONE NEL MONDO DELL'ELETTRONICA

Il termine italiano "informatica" deriva da quello francese "informatique", contrazione di *informat(ion) (automat)ique*, coniato da Philippe Dreyfus nel 1962. Il primo utilizzo italiano risale al 1968.

L'informazione, in ingegneria, può essere rappresentata in modo:

- **Analogico** (i valori utili che la rappresentano sono in stretta "analogia" con il fenomeno che li genera e spesso sono continui e infiniti)
- **Digitale** (viene rappresentata come sequenza di numeri presi da un insieme di valori discreti)

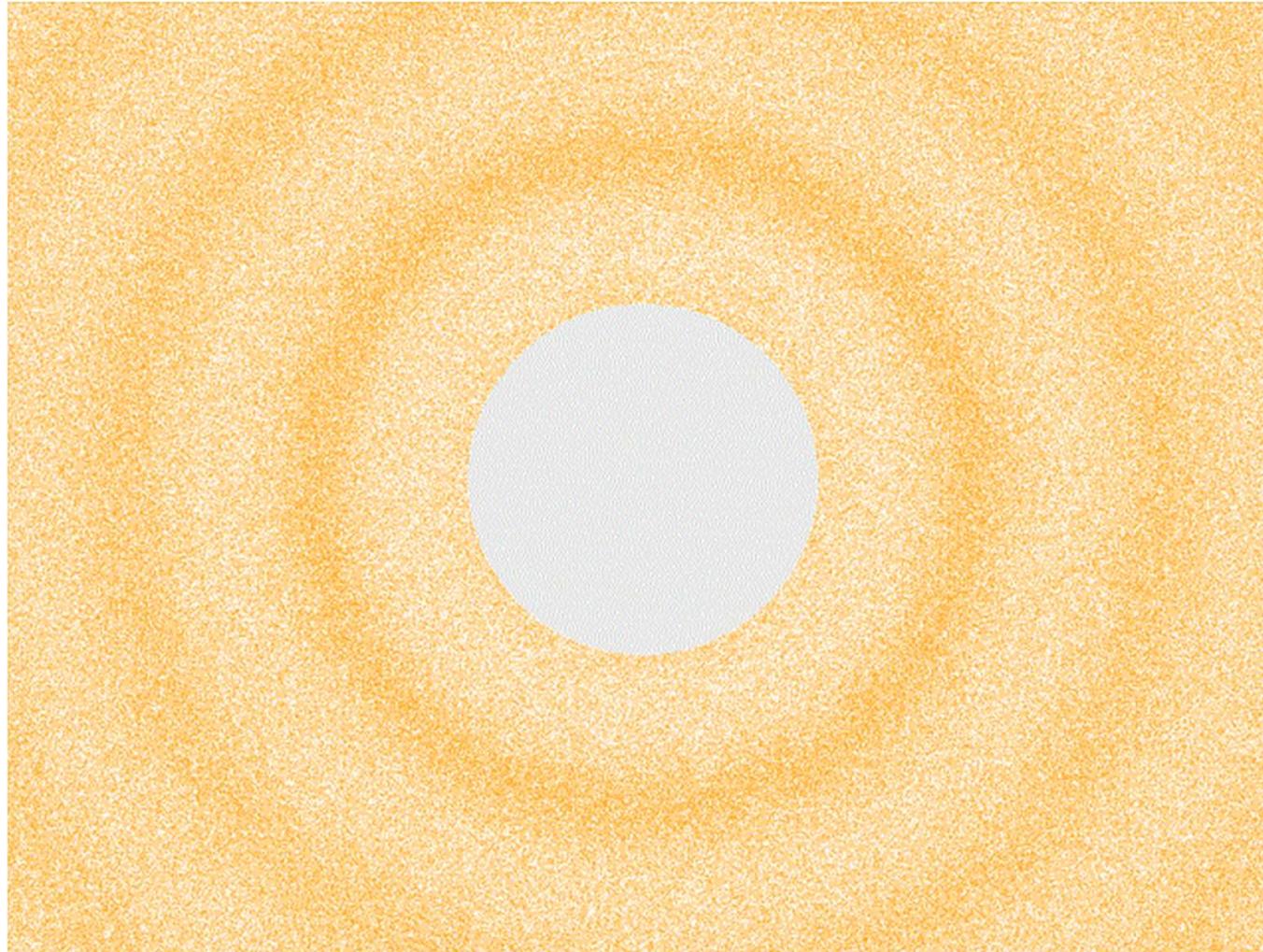
L'informazione codificata (in modo analogico o digitale) prende il nome di **Segnale**.

# L'INFORMAZIONE ANALOGICA

**Informazione analogica** (i valori utili che la rappresentano sono in stretta "analogia" con il fenomeno che li genera e spesso sono continui e infiniti)



# PROPAGAZIONE DEL SUONO (RICHIAAMI)



# PROPAGAZIONE DEL SUONO (RICHIAIMI)



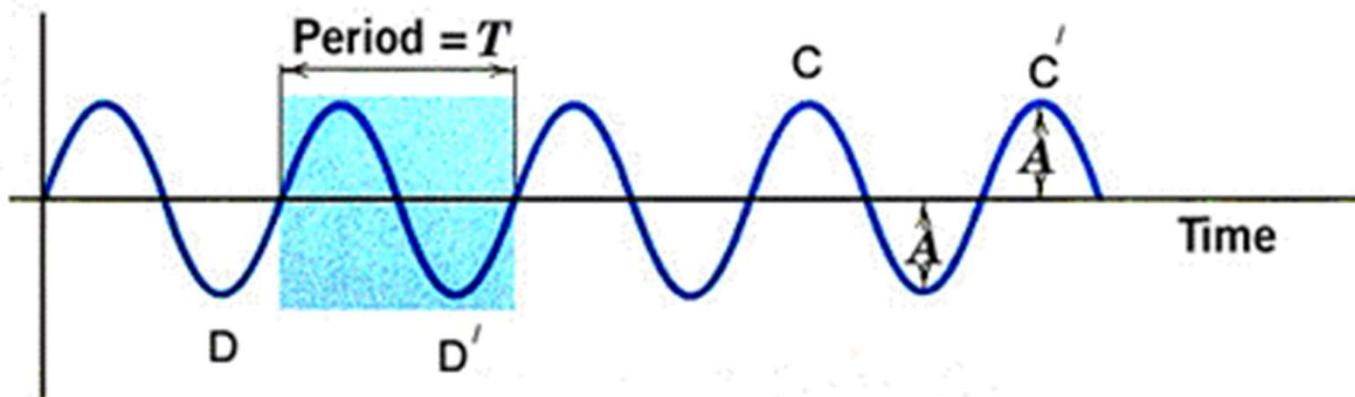
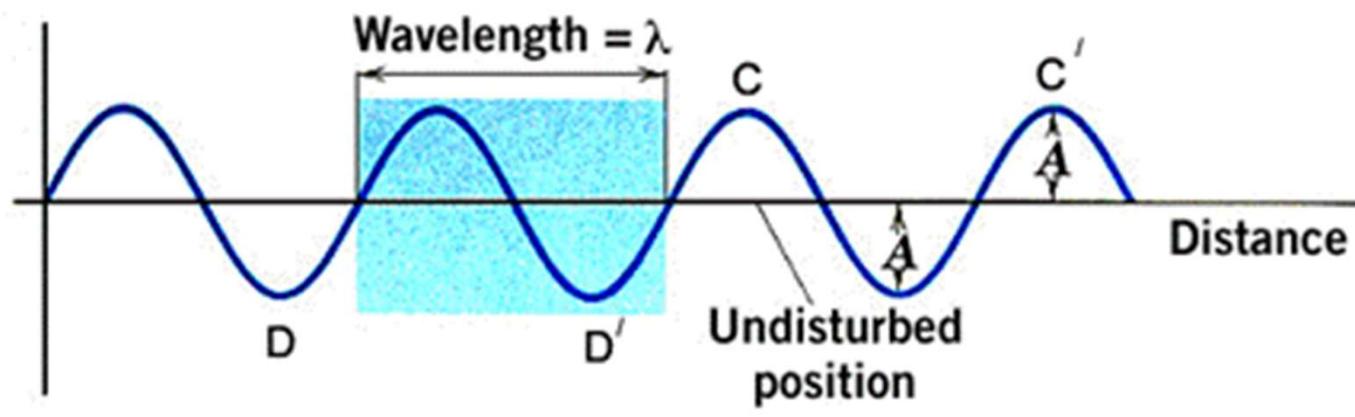
Il **suono** è una **variazione della pressione dell'aria nel tempo**, che si **propaga nello spazio** sotto forma di **onde longitudinali**.

Le molecole d'aria si **comprimono e si rarefanno** in sequenza, trasmettendo l'energia sonora dal punto di emissione all'ascoltatore.

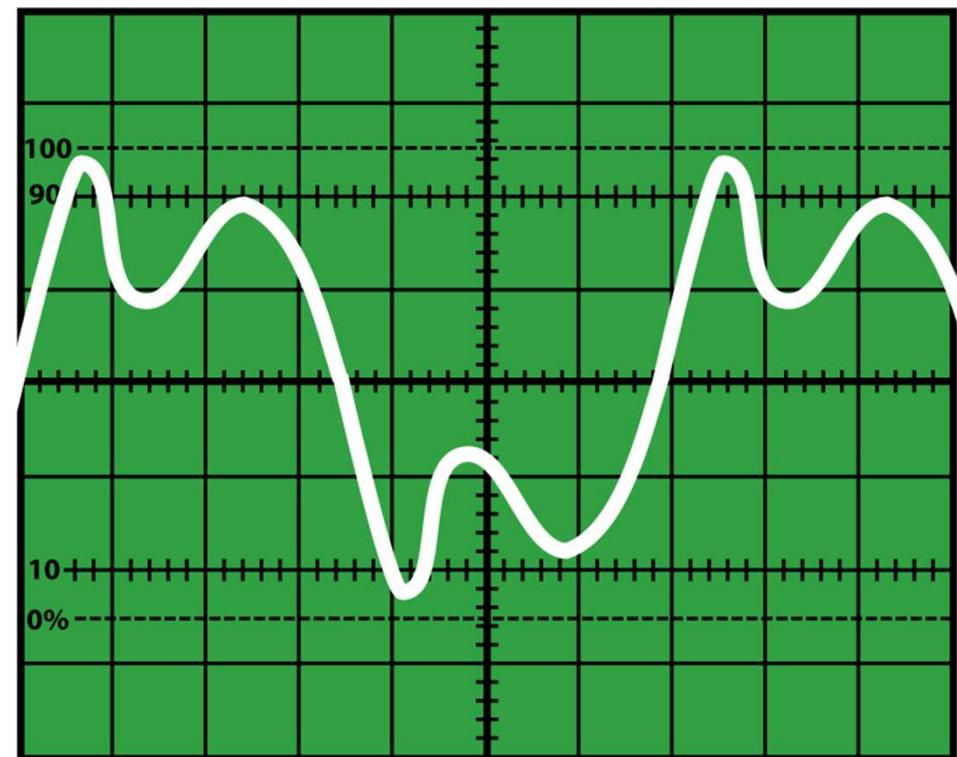
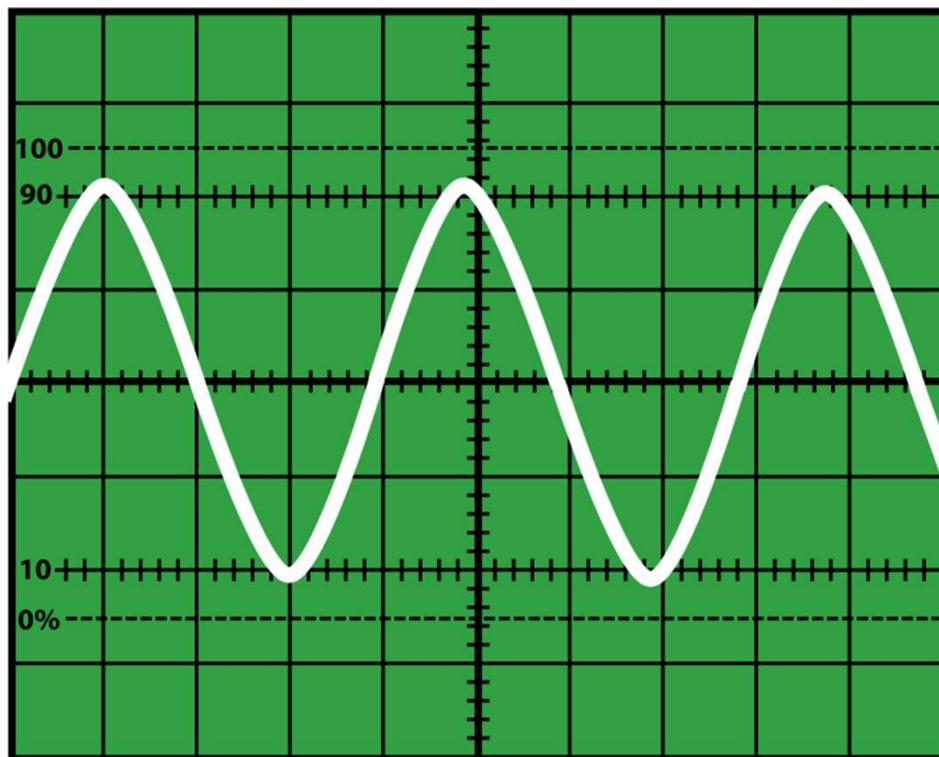
L'**altoparlante** a sinistra genera queste variazioni di pressione, mentre l'**orecchio** a destra le riceve e le trasforma in **sensazione uditiva**.

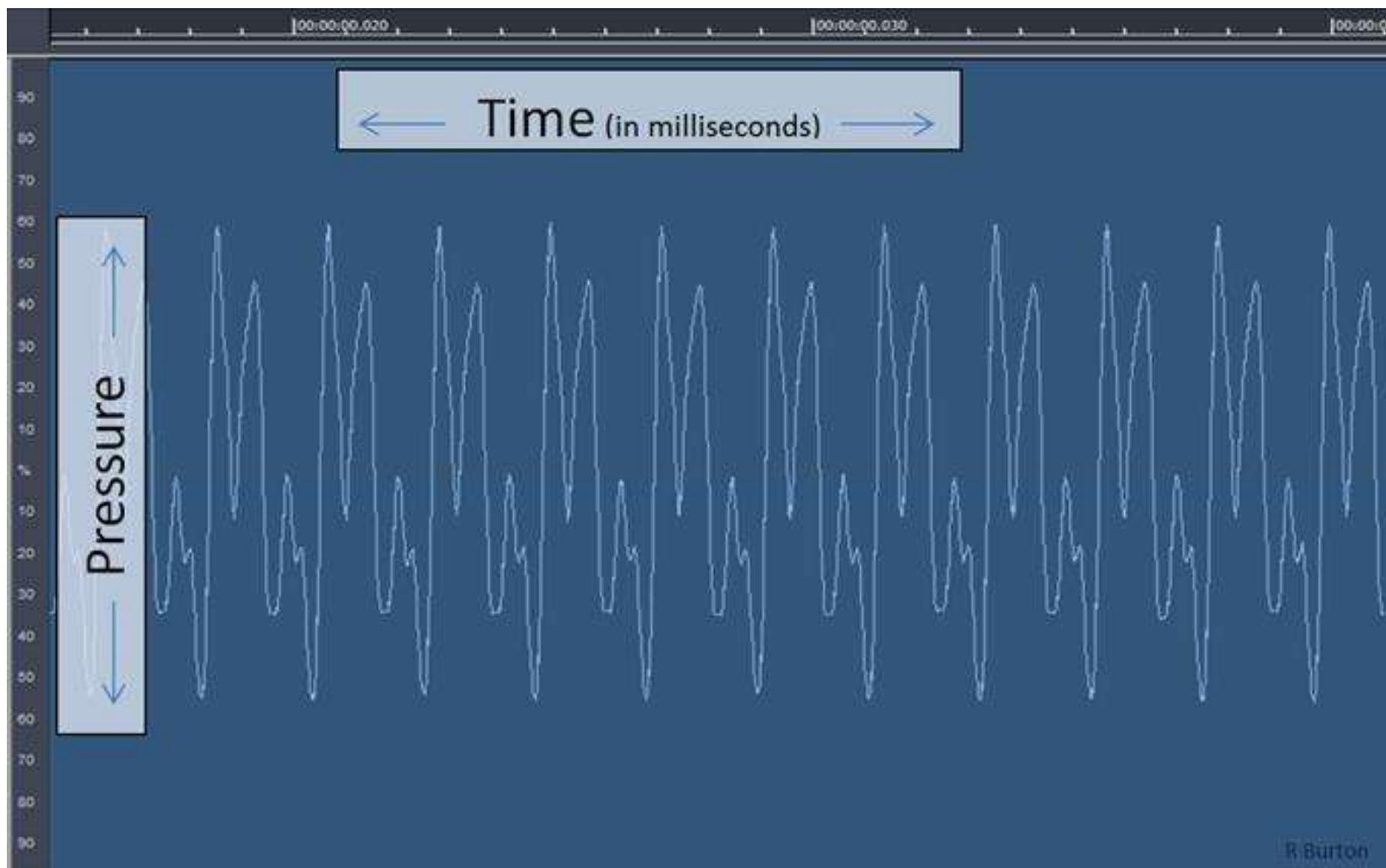
I suoni udibili corrispondono a variazioni comprese tra circa **20 e 20.000 oscillazioni al secondo (20 Hz – 20 kHz)**.

# PROPAGAZIONE DEL SUONO (RICHIAIMI)



# PROPAGAZIONE DEL SUONO (RICHIAAMI)





# REGISTRAZIONE ANALOGICA DEL SUONO

Nella **registrazione analogica**, il suono viene trasformato in un **segnale elettrico continuo** che **riproduce fedelmente l'andamento dell'onda sonora**.

Sul disco in vinile, queste variazioni vengono incise come **solchi microscopici**: la loro forma segue esattamente le oscillazioni del segnale acustico originale.

Durante la riproduzione, la puntina percorre i solchi e vibra in modo proporzionale alle loro variazioni: le vibrazioni vengono convertite di nuovo in **segnali elettrici continui** e poi in **onde sonore** dagli altoparlanti.

👉 In un sistema analogico, quindi, **ogni istante del tempo** corrisponde a **un valore reale e continuo** del segnale: non ci sono campioni né numeri, ma **una rappresentazione fisica diretta del suono**.

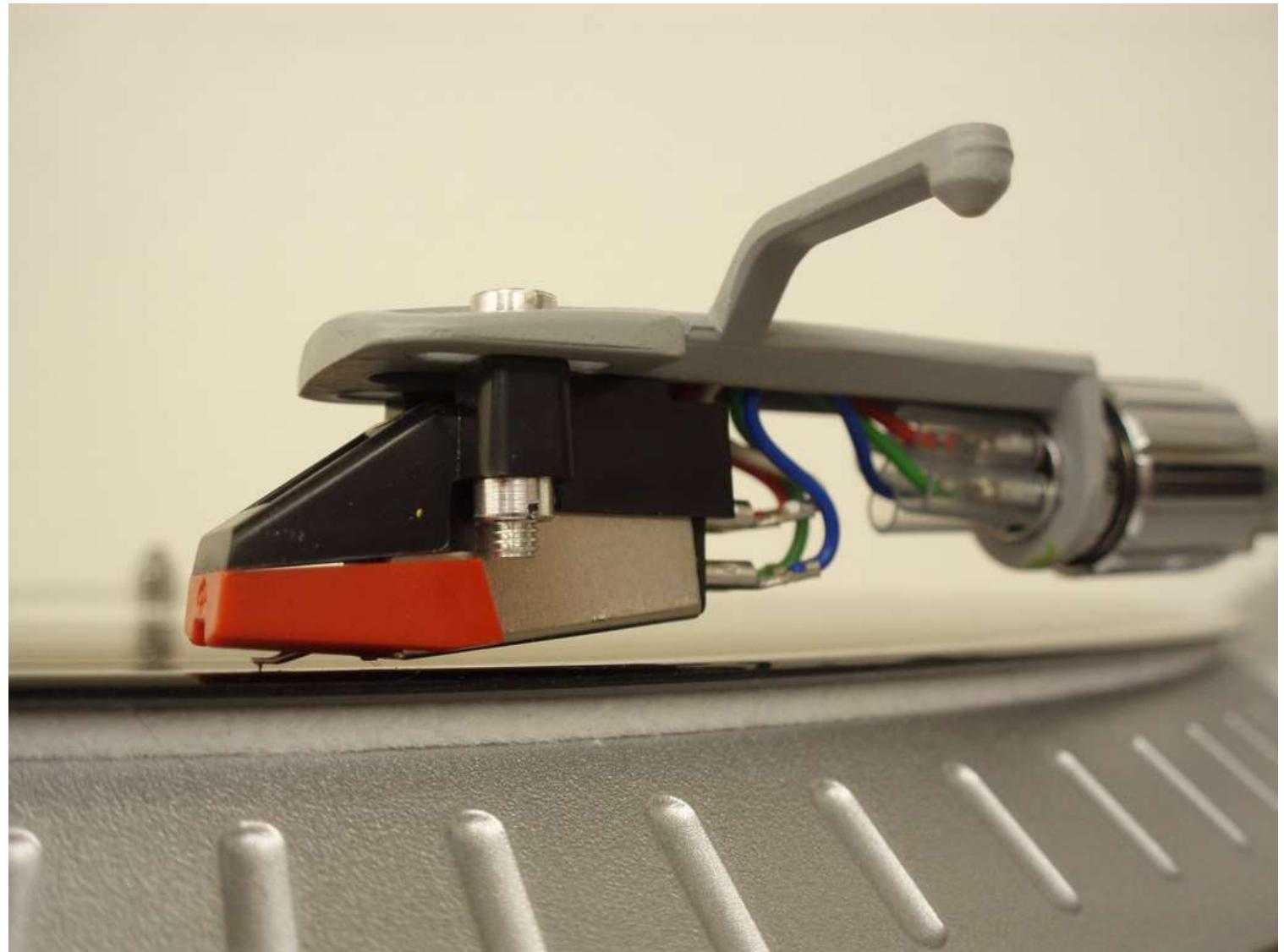


# L'INFORMAZIONE ANALOGICA

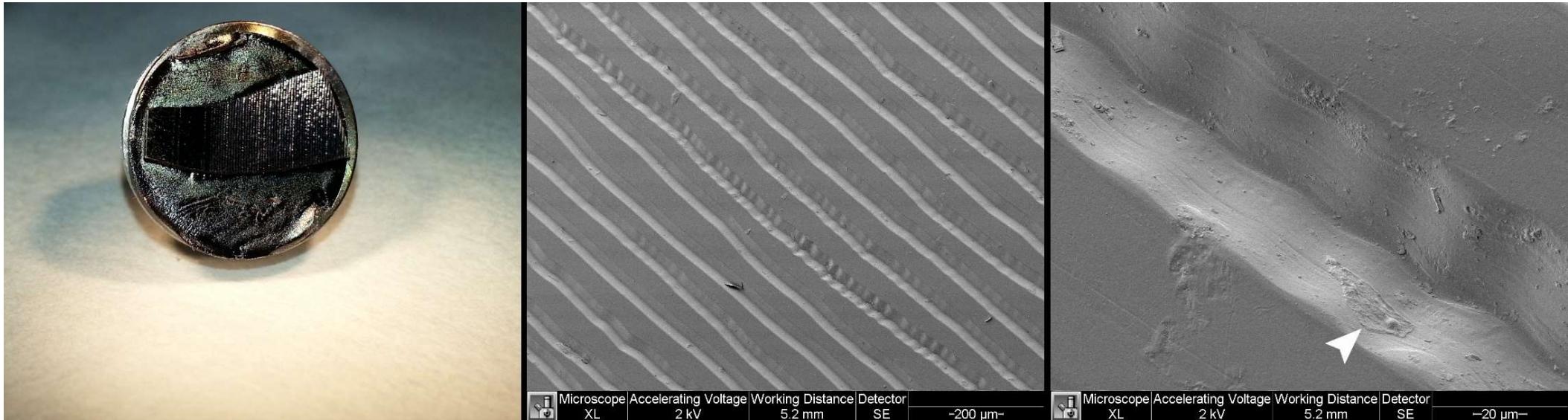
Sul disco in vinile, queste variazioni vengono incise come **solchi microscopici**: la loro forma segue "esattamente" le oscillazioni del segnale acustico originale.



Durante la riproduzione, la puntina percorre i solchi e vibra in modo proporzionale alle loro variazioni: le vibrazioni vengono convertite di nuovo in **segnali elettrici continui** e poi in **onde sonore** dagli altoparlanti.

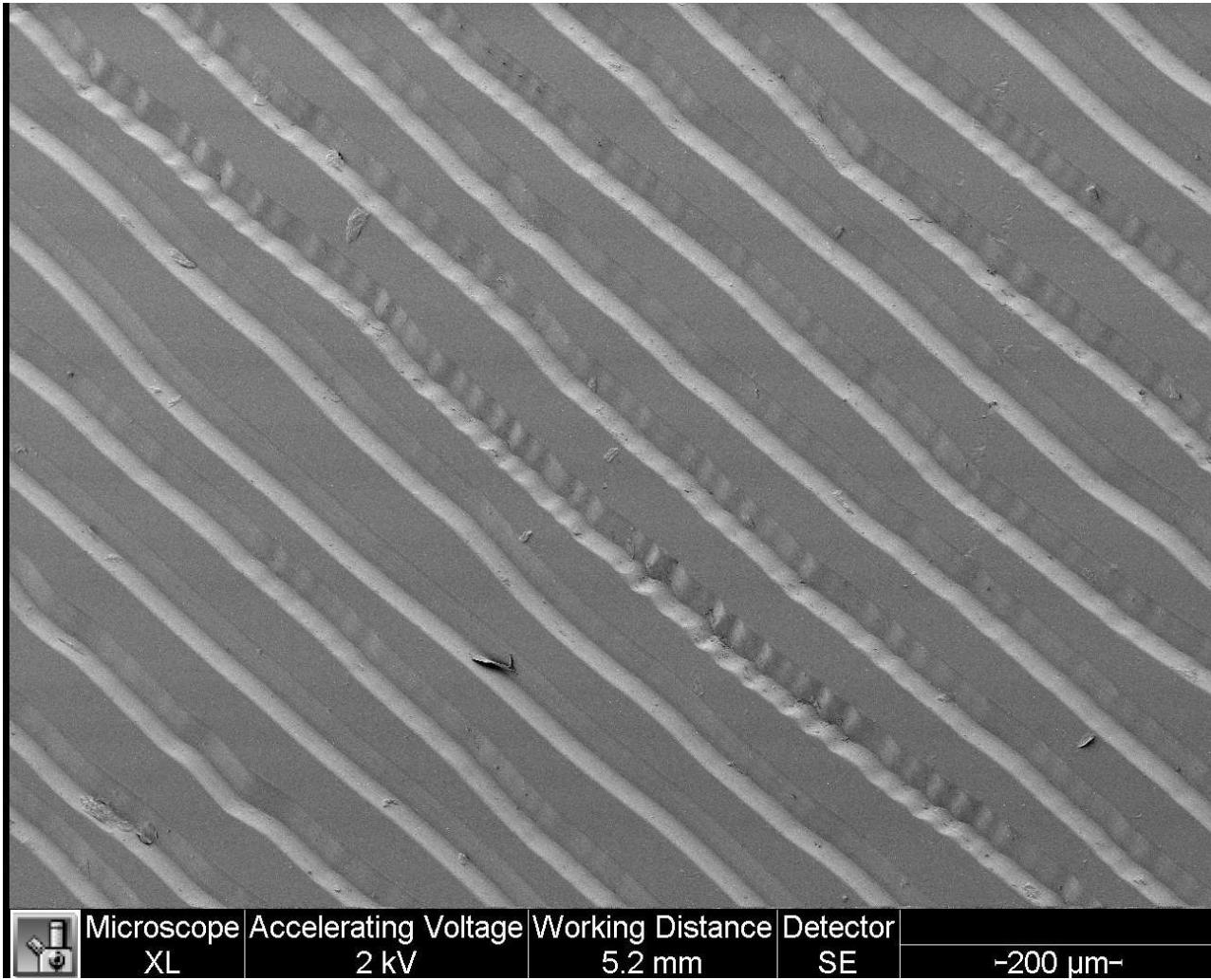






**Immagine al microscopio elettronico a scansione (SEM) del disco “Je t'aime... moi non plus” di Jane Birkin e Serge Gainsbourg.** A sinistra si vede il supporto con un frammento del disco montato su **nastro biadesivo conduttivo al carbonio** e ricoperto da un sottile strato d'oro per la conduzione elettrica. A destra sono mostrate **due diversi ingrandimenti della superficie**: nell'immagine più ingrandita si nota una **cellula epiteliale** (probabilmente di origine orale) depositata nel solco del disco, indicata dalla freccia. *Immagine realizzata presso il Core Facility for Integrated Microscopy, Università di Copenaghen.*

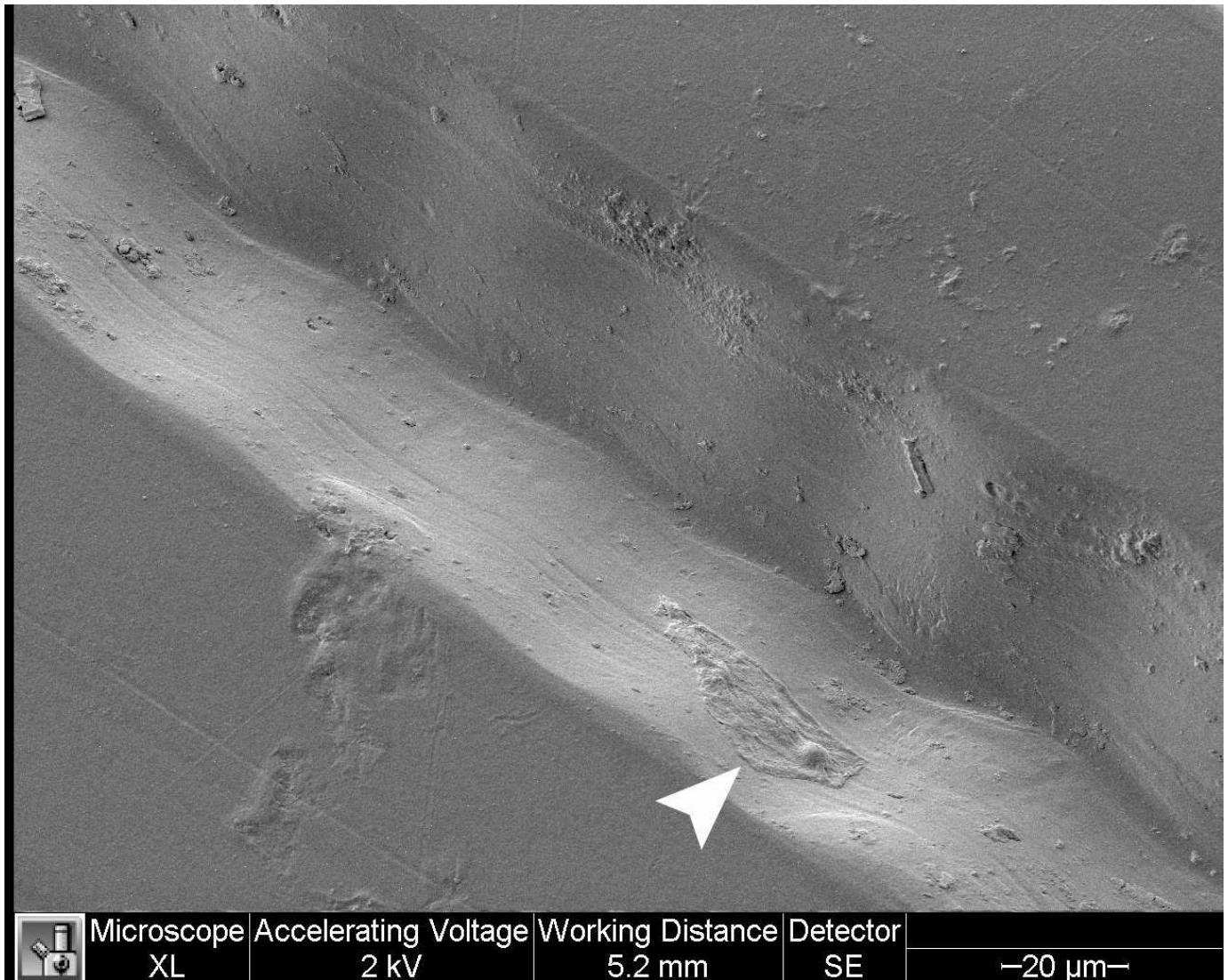
# L'INFORMAZIONE ANALOGICA



# L'INFORMAZIONE ANALOGICA

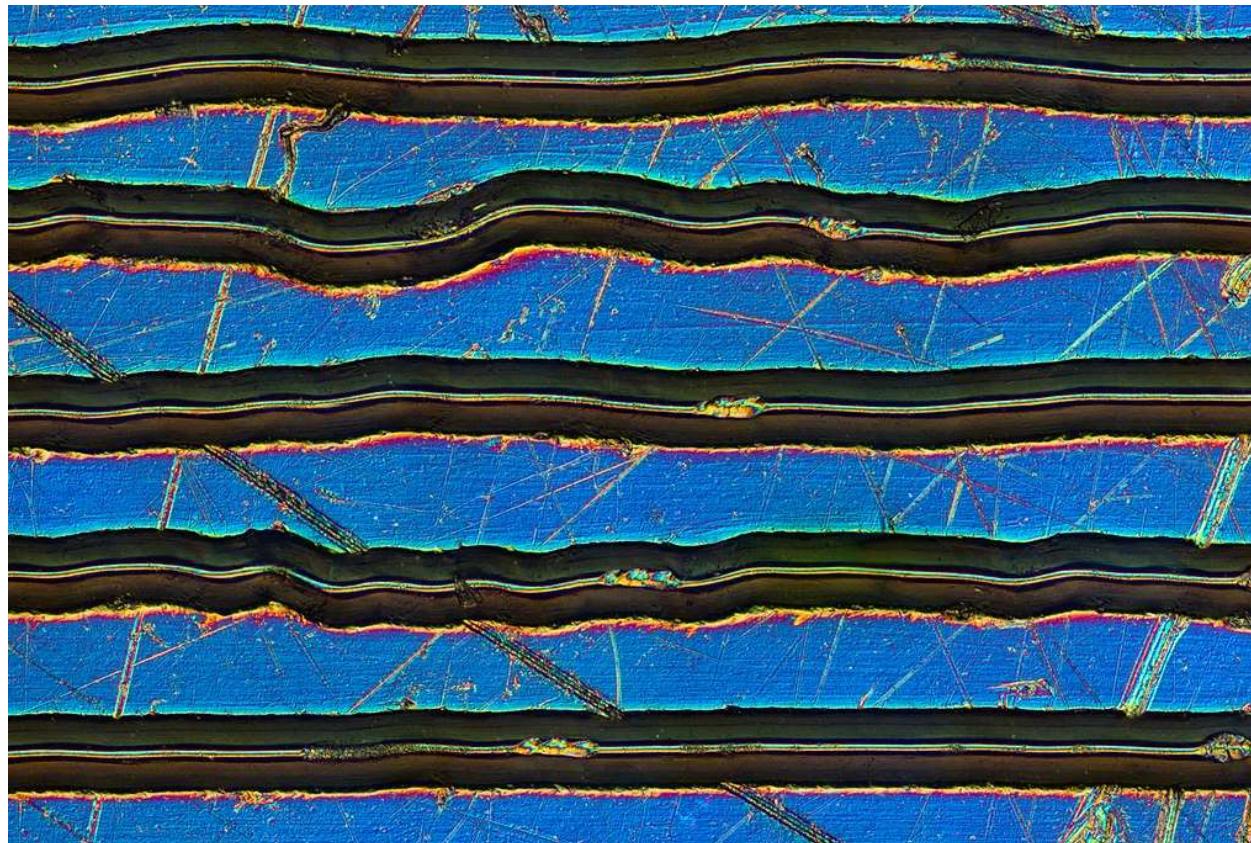
Immagine al microscopio elettronico a scansione (SEM) di un disco in vinile. Si nota, all'interno del solco sul lato sinistro (freccia), una cellula epiteliale — molto probabilmente di origine orale — adagiata sulla superficie.

*Imaged at the Core Facility for Integrated Microscopy, University of Copenhagen.*



	Microscope	Accelerating Voltage	Working Distance	Detector	
	XL	2 kV	5.2 mm	SE	-20 $\mu$ m-

# L'INFORMAZIONE ANALOGICA



**Informazione analogica** codificata nei solchi di un disco in vinile. Vista dall'alto.

# L'INFORMAZIONE ANALOGICA

## **Vantaggi (registrazione / archiviazione)**

- Può potenzialmente riprodurre fedelmente fenomeni continui (es. suono, luce)
- Nessuna perdita da campionamento o quantizzazione (digitalizzazione)
- E' sufficiente un livello tecnologico medio (es. vinile, nastro)

## **Vantaggi (trasmissione)**

- Trasmissione diretta e immediata, senza necessità di conversione
- Non richiede dispositivi elettronici complessi per brevi distanze
- Presenta latenza minima

# L'INFORMAZIONE ANALOGICA

## ✗ Svantaggi (registrazione / archiviazione)

- Si degrada col tempo (usura del supporto con l'uso, invecchiamento)
- Presenta rumore e disturbi non completamente eliminabili
- Copie successive peggiorano la qualità ("loss di generazione")
- Necessità, in molti casi, di tarature periodiche per mantenere l'accuratezza

## ✗ Svantaggi (trasmissione)

- Sensibile a interferenze e attenuazione sul percorso
- Nessuna correzione d'errore affidabile
- Qualità variabile in base al sistema di trasmissione (cavi, dispositivi, ecc.)
- Scarsa efficienza su lunghe distanze o reti complesse
- Necessità, in molti casi, di tarature periodiche per mantenere l'accuratezza

# L'INFORMAZIONE DIGITALE

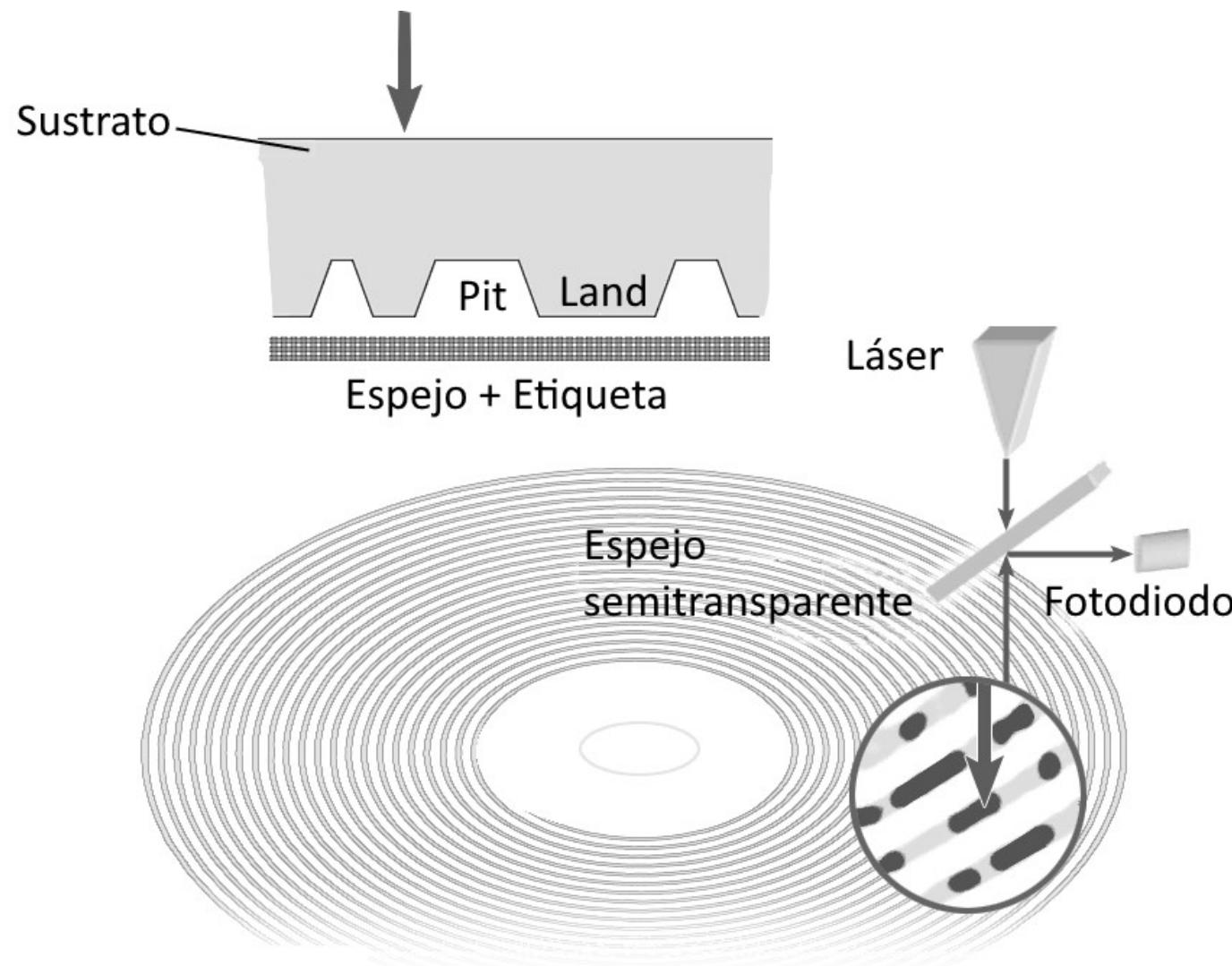
**Informazione Digitale** (viene rappresentata come sequenza di numeri presi da un insieme di valori discreti)

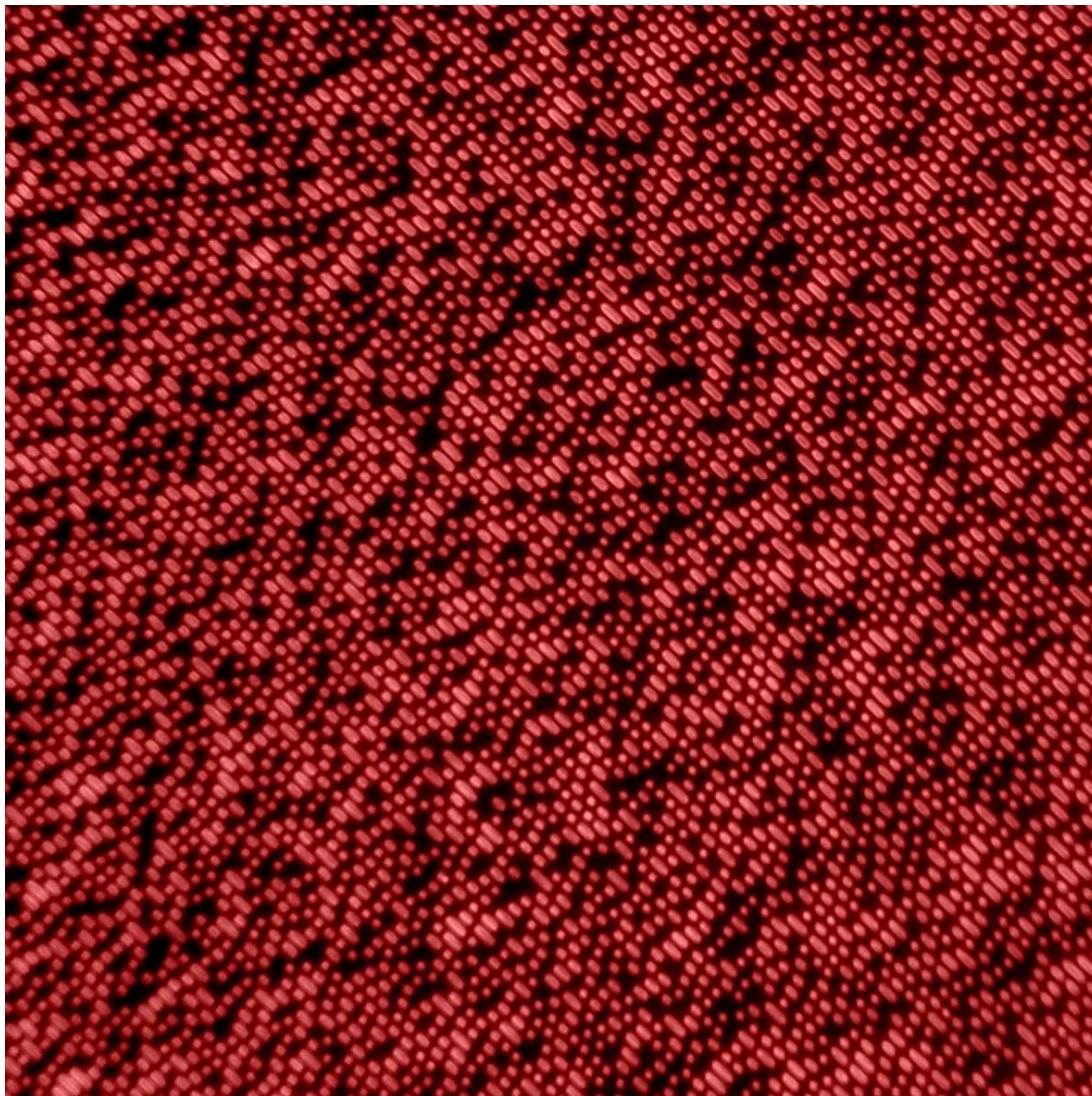


# L'INFORMAZIONE DIGITALE



# L'INFORMAZIONE DIGITALE

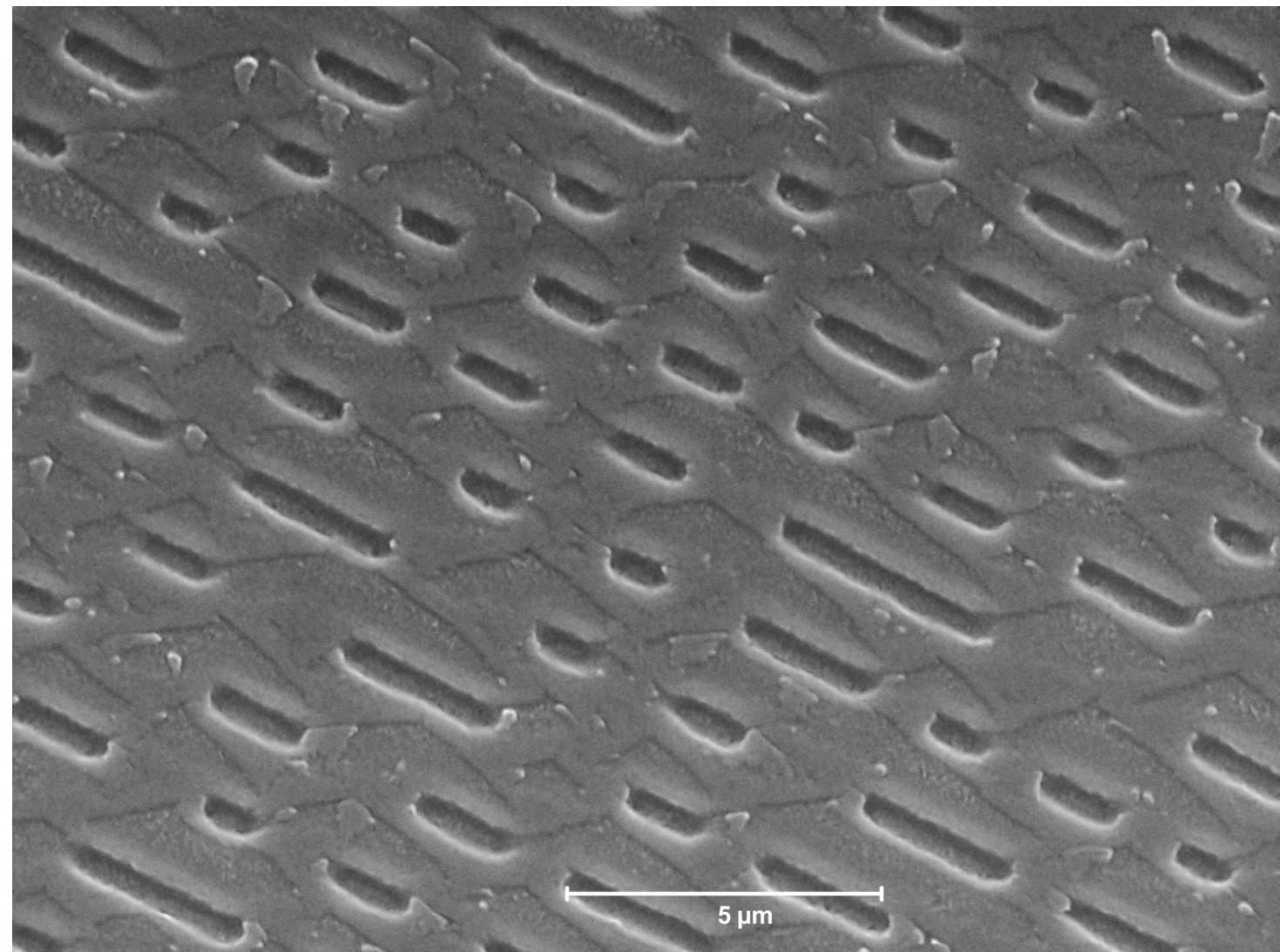




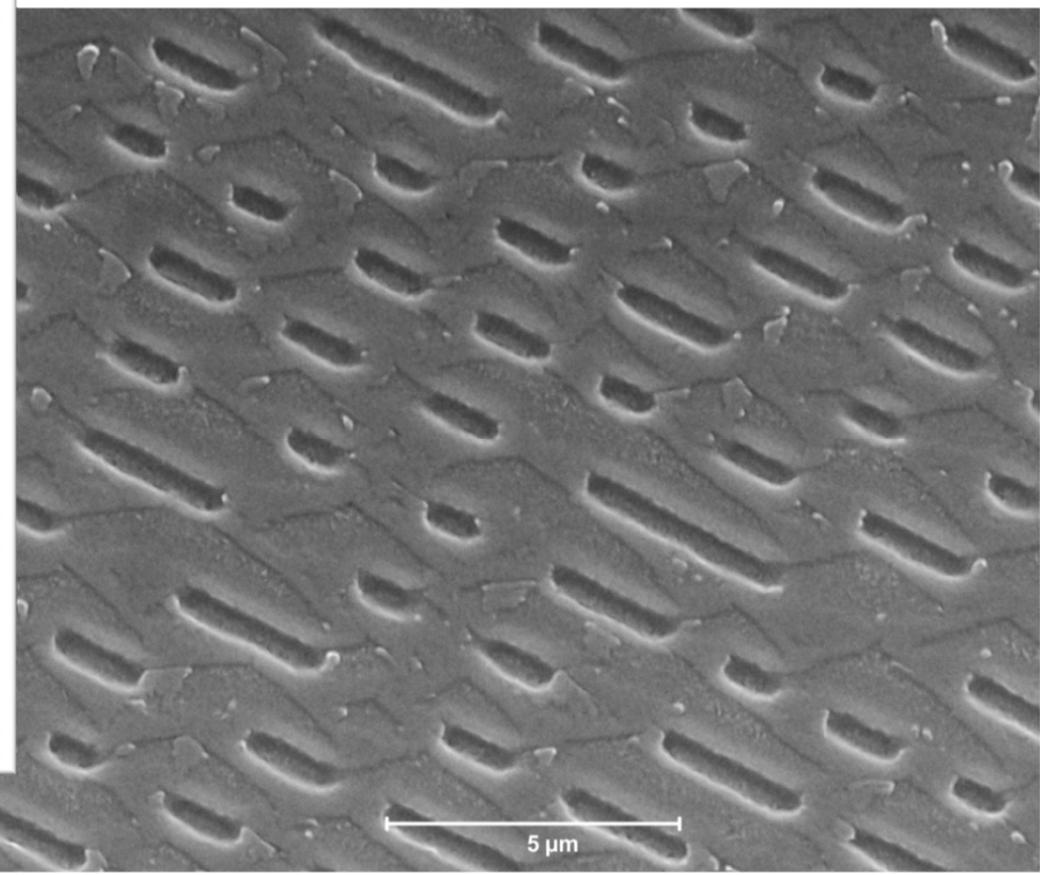
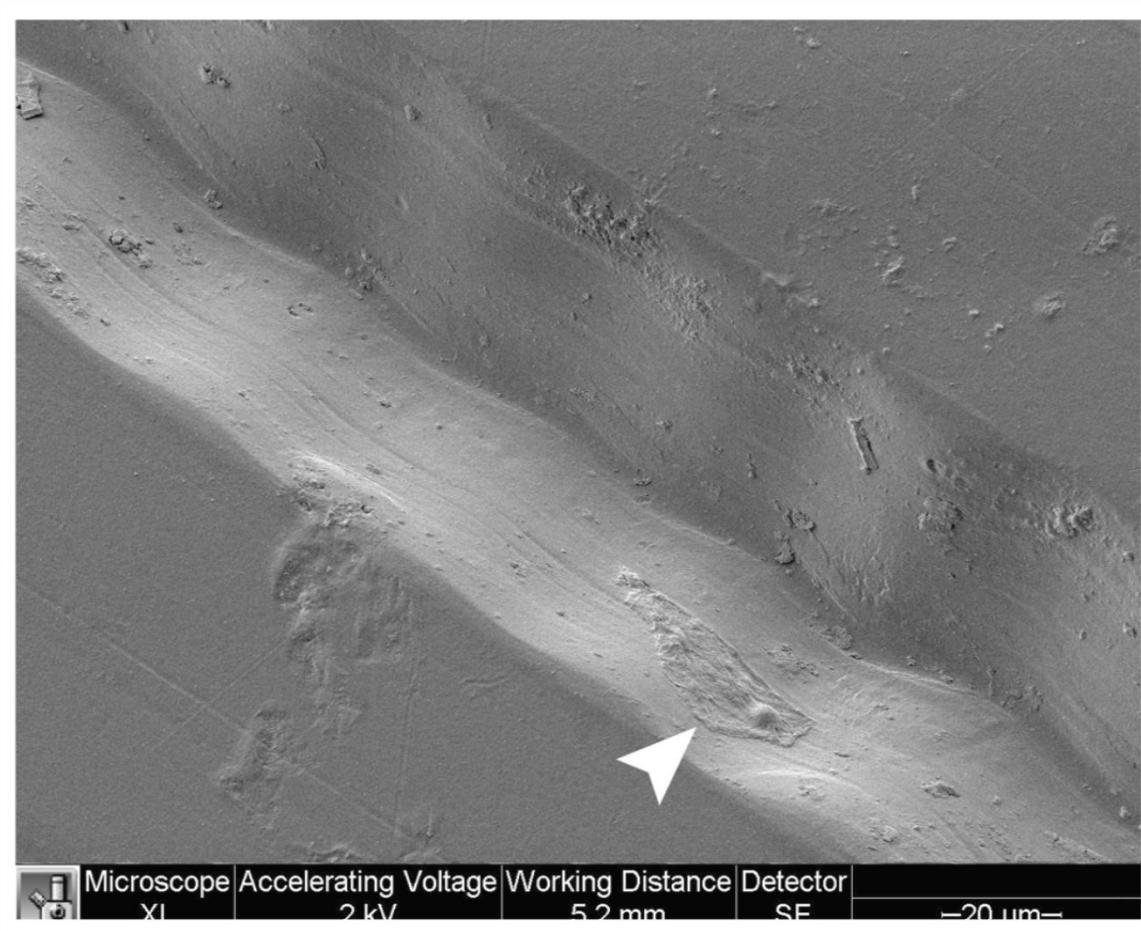
Optical microscope image of CD digital coding pits

# L'INFORMAZIONE DIGITALE

Immagine al microscopio elettronico a scansione (SEM) dei **pit** incisi nello strato di policarbonato di un **compact disc**. Lo strato di alluminio riflettente è stato rimosso prima dell'acquisizione. I pit e i land costituiscono la codifica fisica dei dati: ogni **transizione** tra un pit e un land rappresenta un “1” binario, mentre l'assenza di cambiamento (area continua) corrisponde a una sequenza di “0” nel segnale digitale.



# ANALOGICO VS DIGITALE



# VANTAGGI DELL'IMPIEGO DI SEGNALI DIGITALI

Diverse sono le ragioni che hanno portato ad un graduale e lento passaggio dalle tecniche analogiche a quelle digitali. I fondamentali  **vantaggi** delle comunicazioni digitali possono essere così sintetizzati:

1. Miglior comportamento nei confronti del **rumore** (inteso come disturbo, informazione indesiderata).
2. Possibilità di **integrare in un unico sistema di memorizzazione e/o trasmissione** l'invio di informazioni di diversa natura (audio, video, dati numerici).
3. Possibilità di memorizzare, copiare e trasmettere il segnale mantenendone perfettamente **inalterata la qualità**, sia nel tempo che nello spazio. Possibilità di correzione d'errore tramite tecniche matematiche.
4. Possibilità di **elaborazione** mediante computer.
5. Possibilità di memorizzare grandi quantità di dati in **spazi ridotti**.
6. Maggiore efficienza e flessibilità dei sistemi elettronici.
7. **Minor costo** dei sistemi elettronici.

# L'INFORMAZIONE DIGITALE

## ✗ Svantaggi (registrazione / archiviazione)

- Se generata mediante un processo di conversione da Analogico a Digitale, introduce sempre un errore durante tale processo (campionamento e quantizzazione) che deve essere calcolato e tenuto sotto controllo.
- Può risultare meno “naturale” nella resa dei fenomeni continui (es. audio, video).
- Necessita di dispositivi elettronici e informatici più complessi.
- Rischio di obsolescenza rapida dei formati e dei supporti digitali.

## ✗ Svantaggi (trasmissione)

- Richiede sincronizzazione precisa e protocolli complessi.
- Può presentare ritardi dovuti a codifica, decodifica e buffering.
- Sensibile a guasti hardware o errori di rete senza tolleranza graduale come in analogico (Cliff effect).
- Meno immediata per collegamenti semplici o locali.

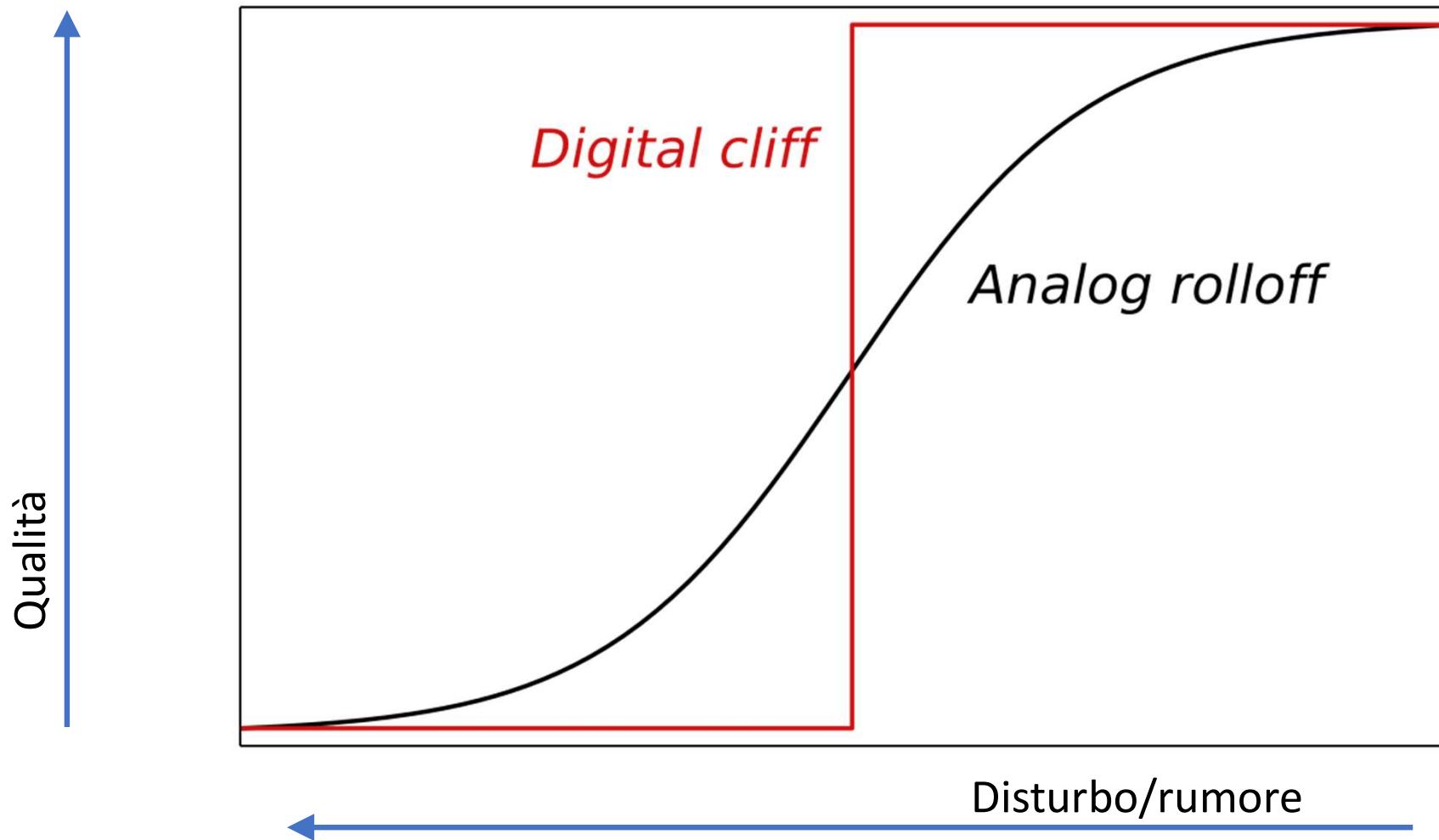
# IL “CLIFF EFFECT” NEI SISTEMI DIGITALI

Nei sistemi **digitali**, la qualità del segnale resta **perfetta** fino a un certo punto. Quando però il segnale si **indebolisce** o aumenta il **rumore**, arriva una **soglia critica** oltre la quale la qualità **crolla bruscamente**.

Questo comportamento “**tutto o niente**” è chiamato **Cliff Effect** proprio come una **scogliera**, una **soglia** oltre la quale il segnale **sparisce di colpo**.

Nei sistemi **analogici**, invece, il degrado è **graduale**: l’immagine diventa più “**nebbiosa**”, l’audio più “**frusciante**”, ma qualcosa si percepisce ancora.

# IL “CLIFF EFFECT” NEI SISTEMI DIGITALI



# IL “CLIFF EFFECT” NEI SISTEMI DIGITALI

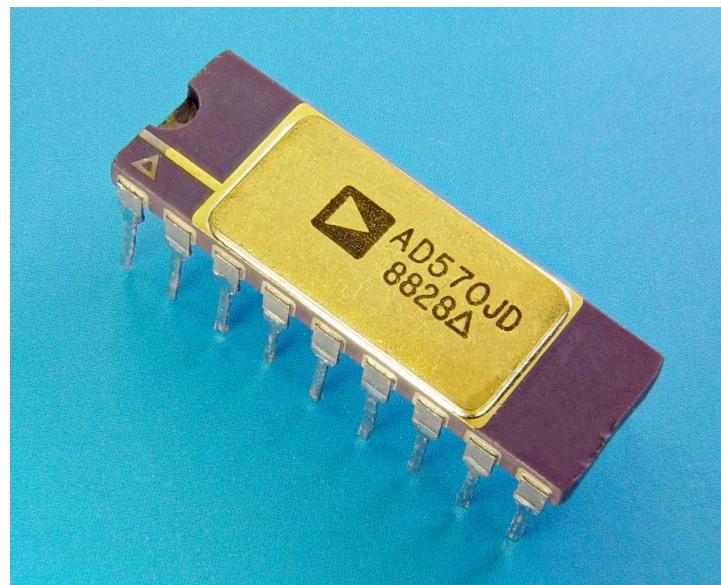
Nel **digitale**, fino a che gli errori sono pochi o comunque entro i limiti previsti dal sistema, il sistema riesce a **correggerli automaticamente**. Quando però diventano troppi, la **decodifica fallisce** e il segnale si **blocca o scompare del tutto**.

Esempi pratici:

- **televisione digitale** che passa da perfetta a “**schermo nero**”,
- **connessione internet** che funziona bene e poi si **interrompe di colpo**,
- **conversazione su rete mobile** che da perfetta si **interrompe** completamente.

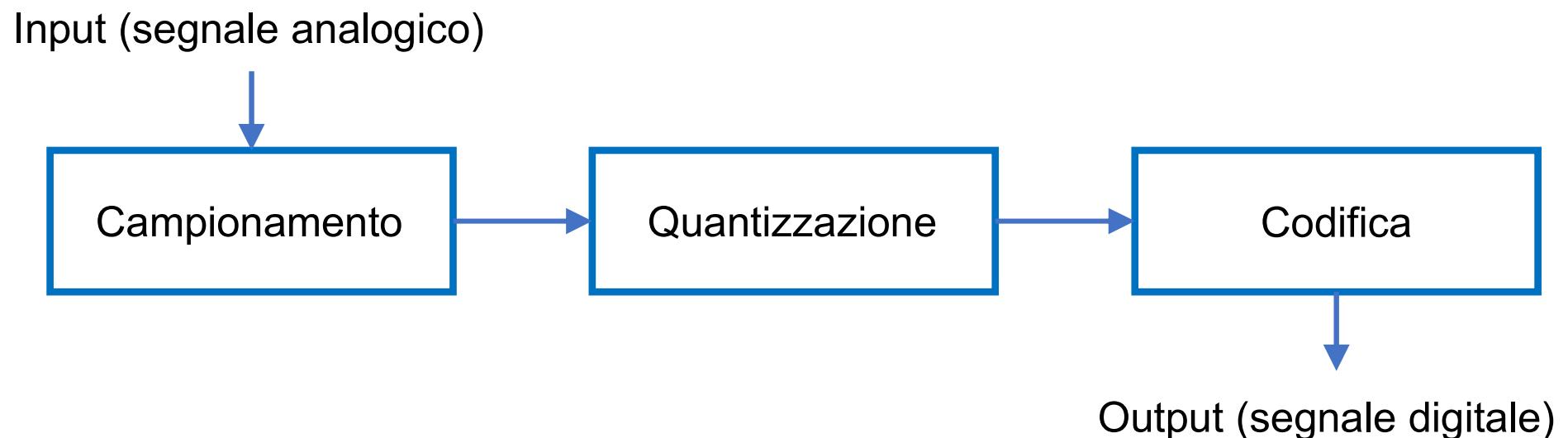
## CONVERSIONE ANALOGICO - DIGITALE

La **conversione analogico-digitale** è un procedimento che associa a un segnale analogico (a tempo continuo e a valori continui) un segnale numerico (tempo discreto e a valori discreti). Questo procedimento oggi è effettuato esclusivamente tramite circuiti integrati dedicati, o circuiti ibridi.

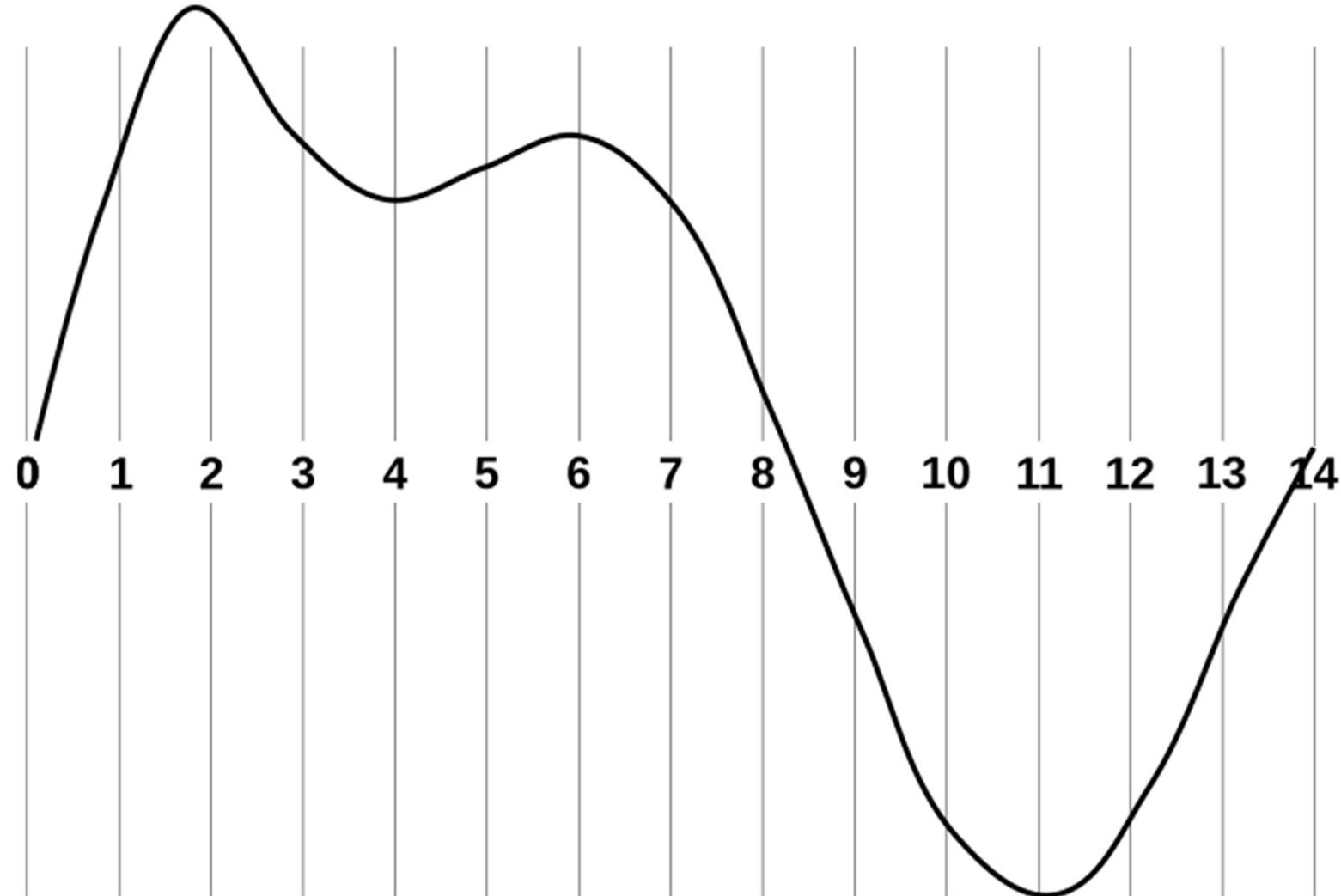


# CONVERSIONE ANALOGICO - DIGITALE

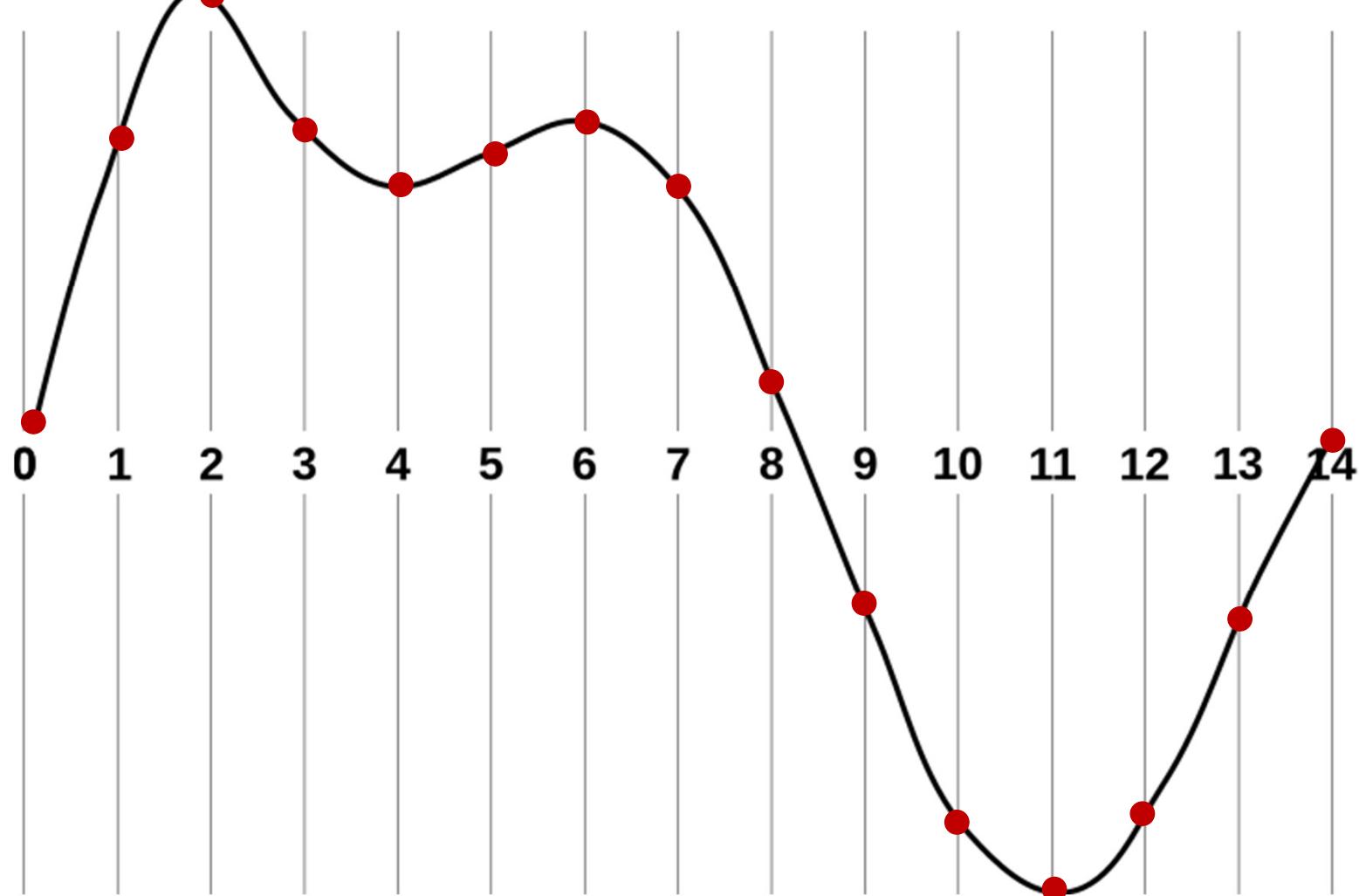
La **conversione analogico-digitale** è un procedimento che associa a un segnale analogico (a tempo continuo e a valori continui) un segnale numerico (tempo discreto e a valori discreti). Questo procedimento oggi è effettuato esclusivamente tramite circuiti integrati dedicati, o circuiti ibridi.



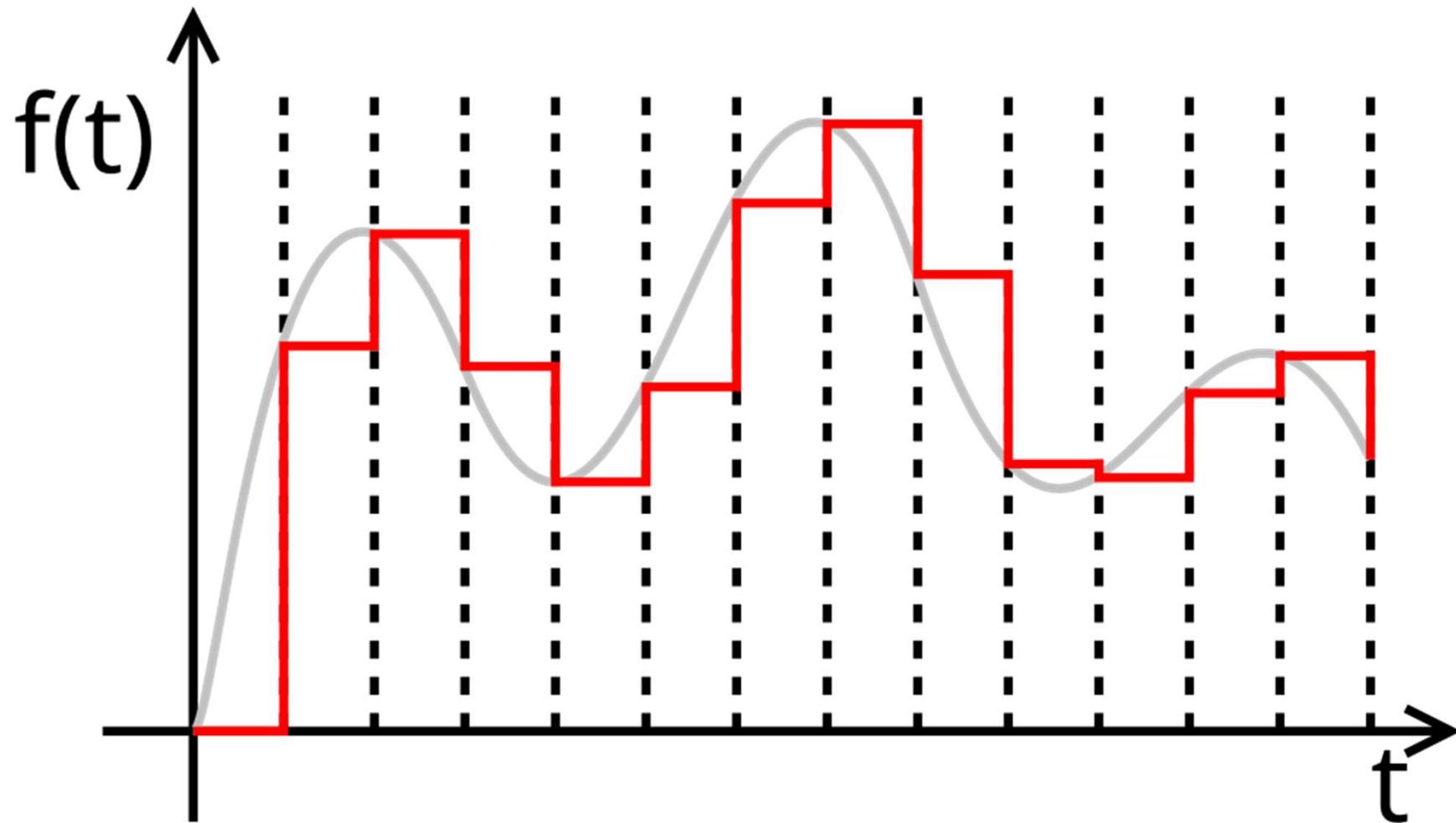
# CAMPIONAMENTO



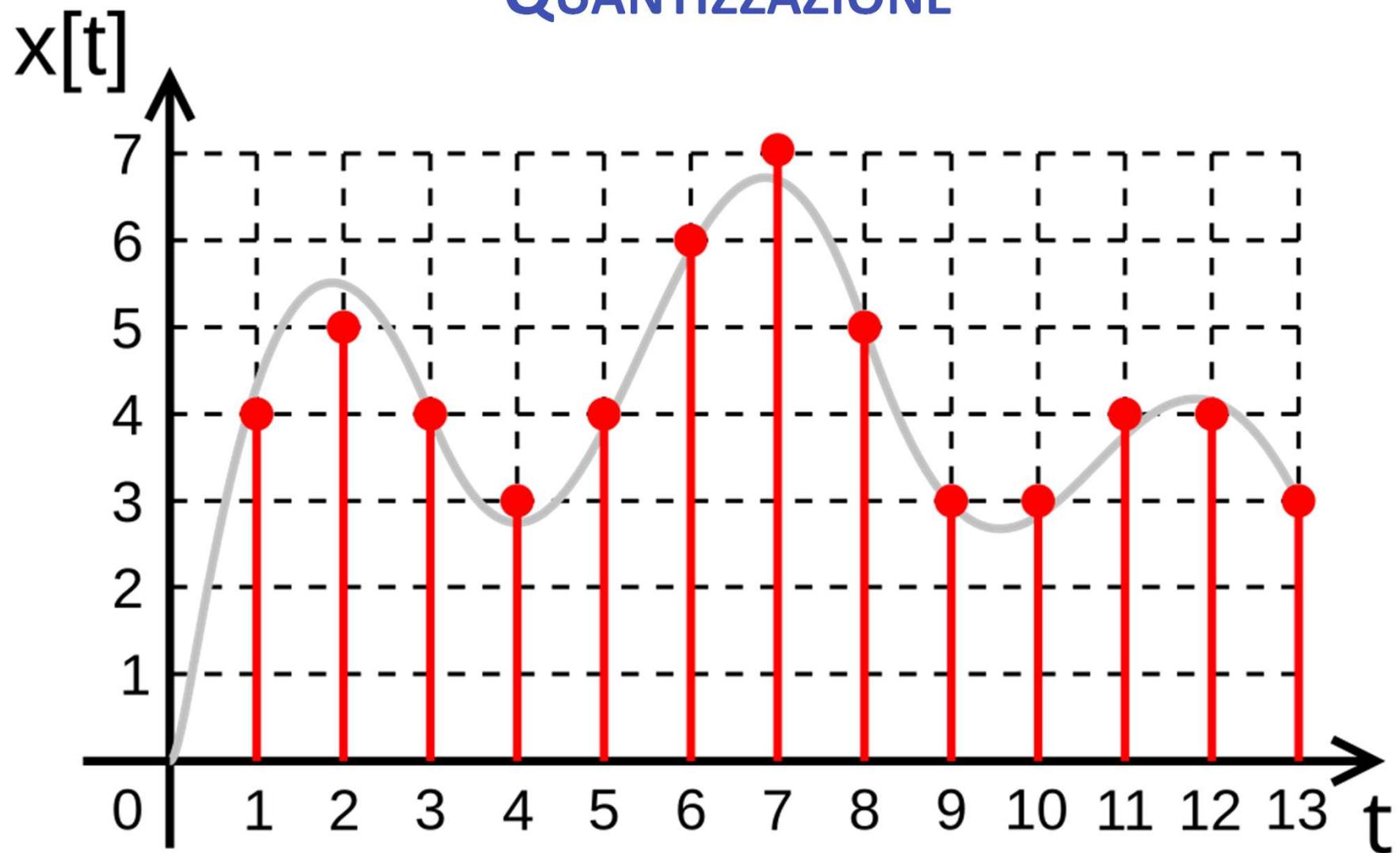
# CAMPIONAMENTO



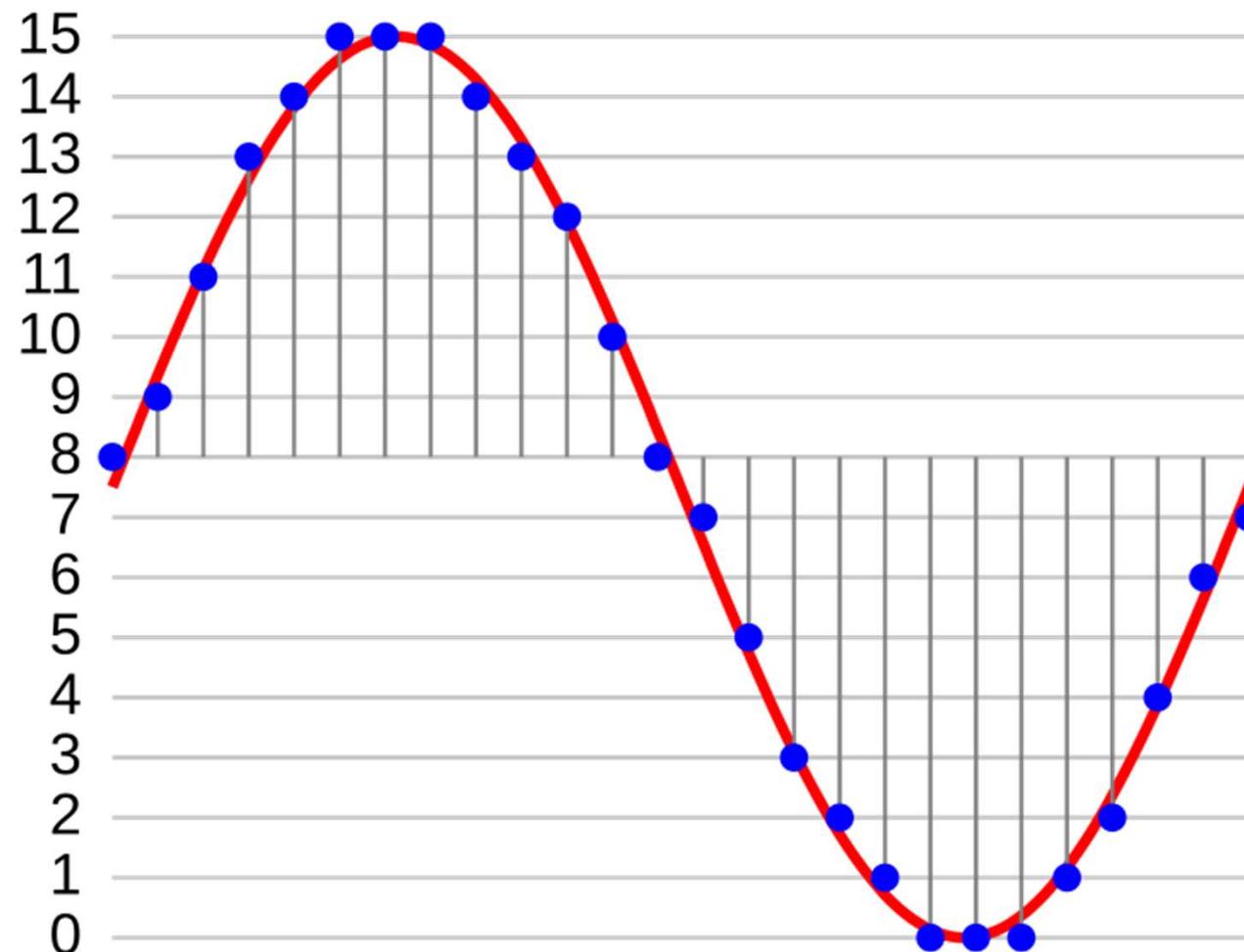
## CAMPIONAMENTO



## QUANTIZZAZIONE



## QUANTIZZAZIONE DI UN SEGNALE AUDIO CAMPIONATO, USANDO 4 BIT

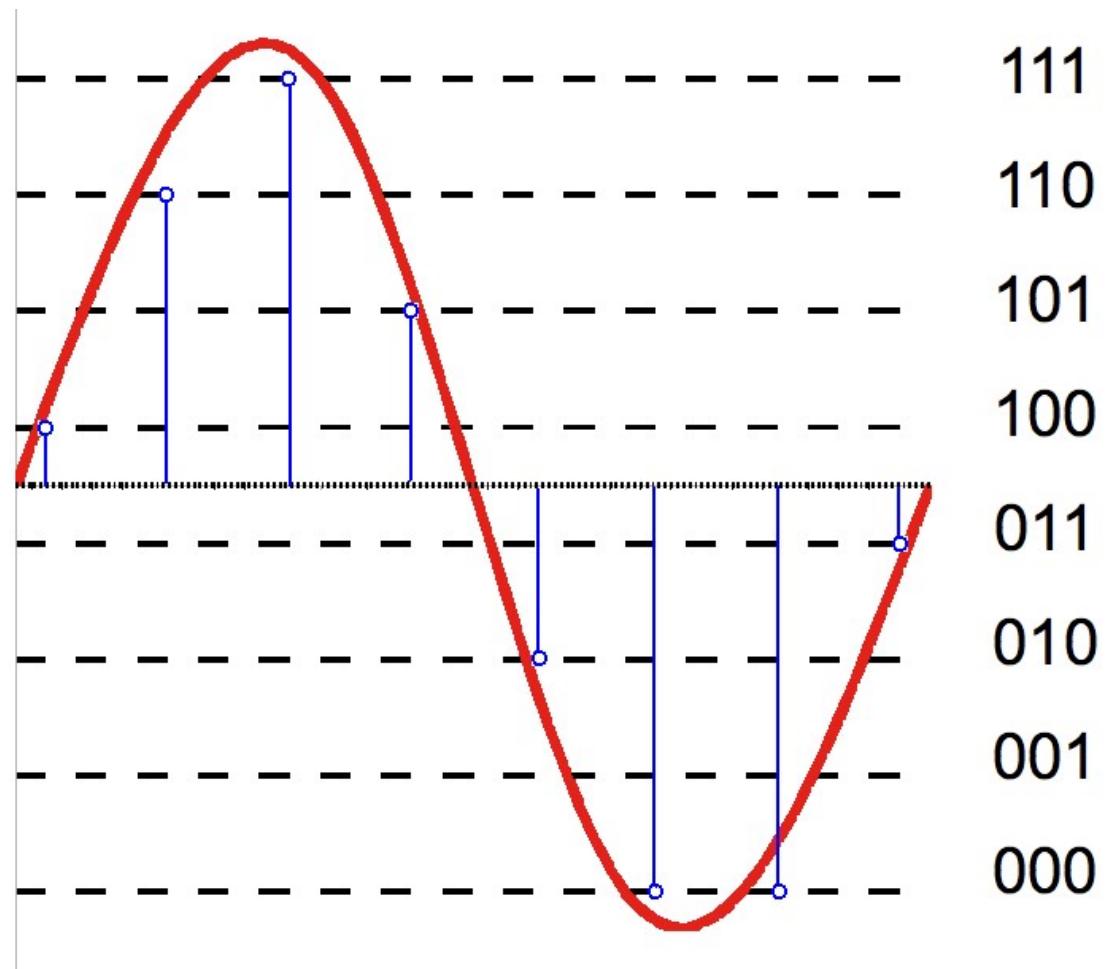


## CONVERSIONE A 2 BIT



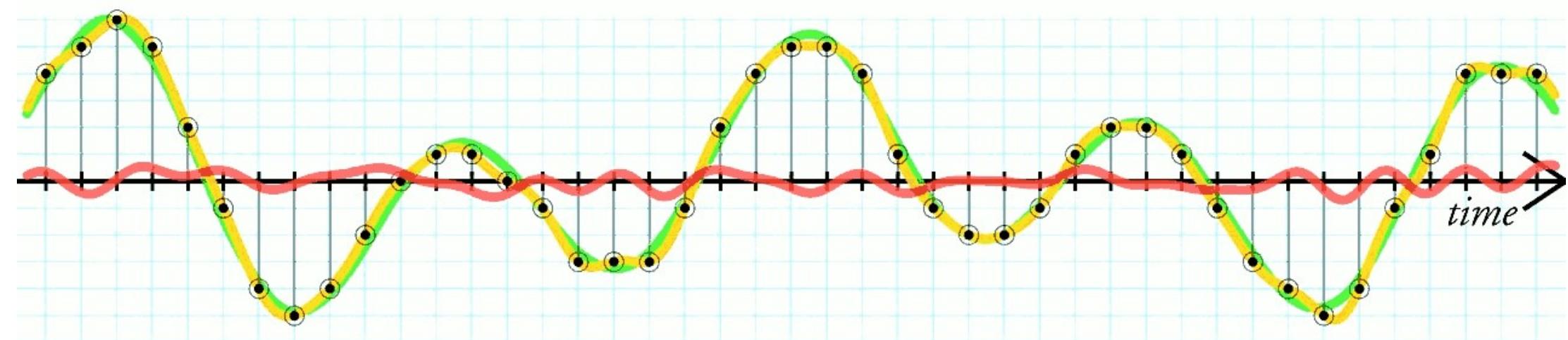
11  
10  
01  
00

## CONVERSIONE A 3 BIT



# Audio: campionamento e quantizzazione

original signal  
quantized signal  
quantization noise



# Richiamo: il concetto di frequenza

Ogni segnale può essere visto come la **combinazione di una o più onde sinusoidali**.

Ogni **onda sinusoidale** è caratterizzata da **ampiezza** e **frequenza**.

La **frequenza** è il **numero di oscillazioni complete (cicli) al secondo**, ed è misurata in **Hertz (Hz)**.

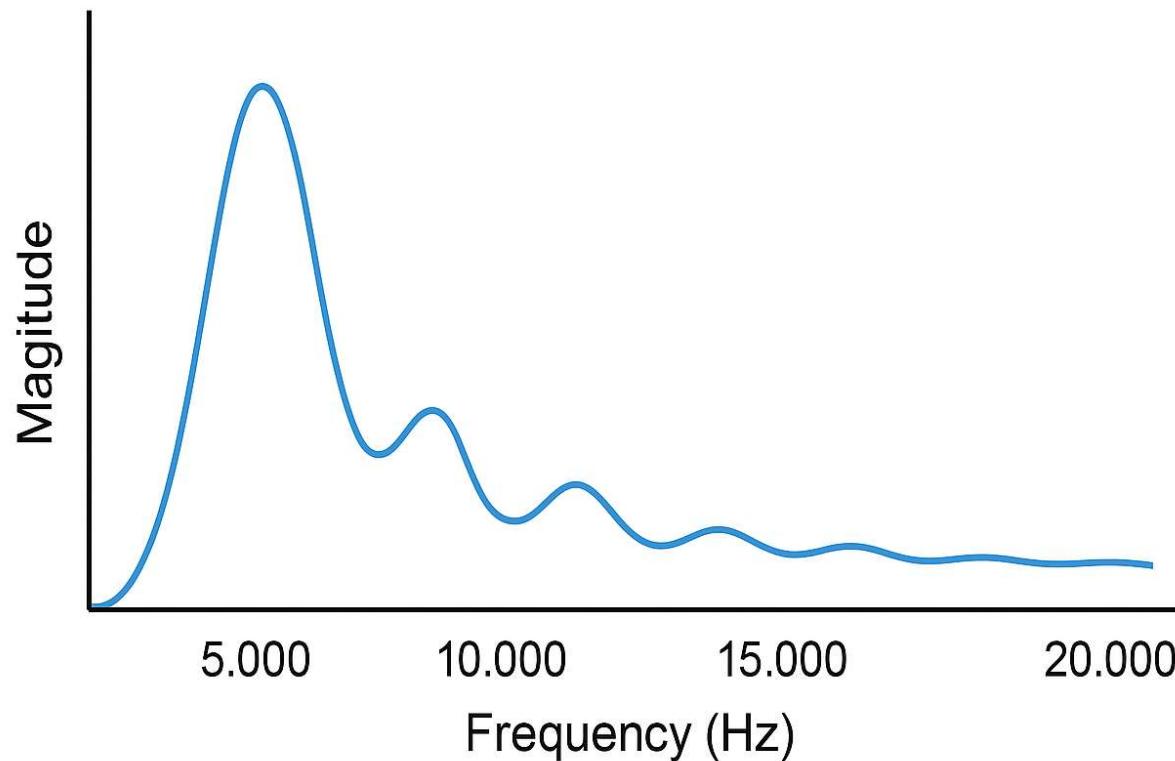
Un **suono grave** ha frequenza **bassa**, un **suono acuto** ha frequenza **alta**.

Il concetto si applica anche alle **immagini**: un'immagine a **bassa risoluzione** ha **frequenza spaziale bassa**, una ad **alta risoluzione** ha **frequenza spaziale alta**.

Le **immagini**, i **suoni** e i **segnali elettrici** possono quindi essere **analizzati nel dominio della frequenza**, che mostra **quali componenti** (gravi, medie, acute) **compongono il segnale**.

# Richiamo: il concetto di frequenza

## Frequency Spectrum



# Teorema del campionamento di Nyquist-Shannon

Un segnale **analogico continuo nel tempo** può essere **rappresentato e ricostruito** in forma **digitale** se viene **campionato** (cioè misurato) a intervalli di tempo **regolari e sufficientemente ravvicinati**.

L'obiettivo del campionamento è **trasformare un segnale continuo** in una **sequenza di valori discreti**, in modo che le informazioni principali siano **conservate** senza perdita di contenuto.

Questo processo è alla base di tutta la **tecnologia digitale**: dalla **musica su CD** alle **immagini digitali**, fino alle **trasmissioni televisive** e alla **diagnostica per immagini**.

Se il campionamento è eseguito correttamente, il segnale digitale può essere **ricostruito perfettamente** con una precisione limitata solo dalla **quantizzazione** (cioè dalla risoluzione numerica).

# Teorema del campionamento di Nyquist-Shannon

Secondo il teorema di **Nyquist-Shannon**, un segnale può essere **ricostruito senza ambiguità** se la **frequenza di campionamento (Fs)** è **almeno doppia** rispetto alla **massima frequenza (Fmax)** presente nel segnale analogico originale.

In formula:

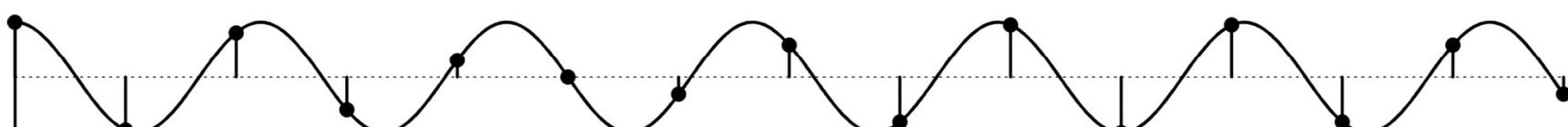
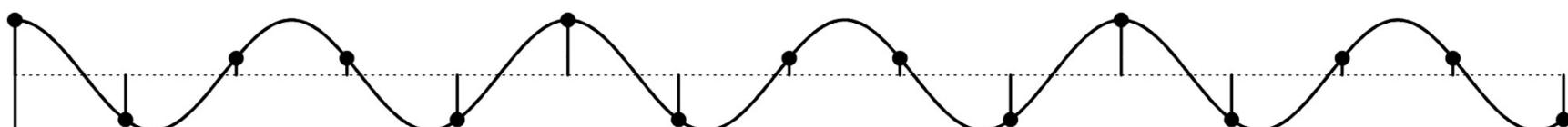
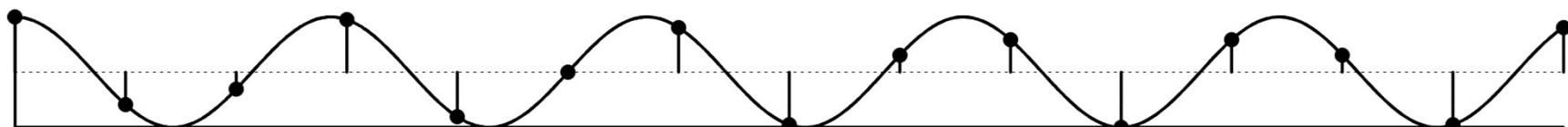
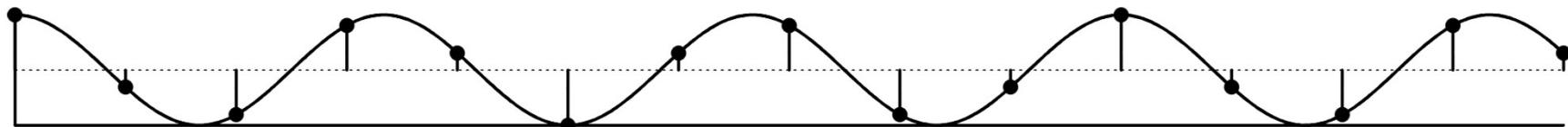
$$F_s \geq 2 \times F_{\max}$$

Questo limite prende il nome di **frequenza di Nyquist**.

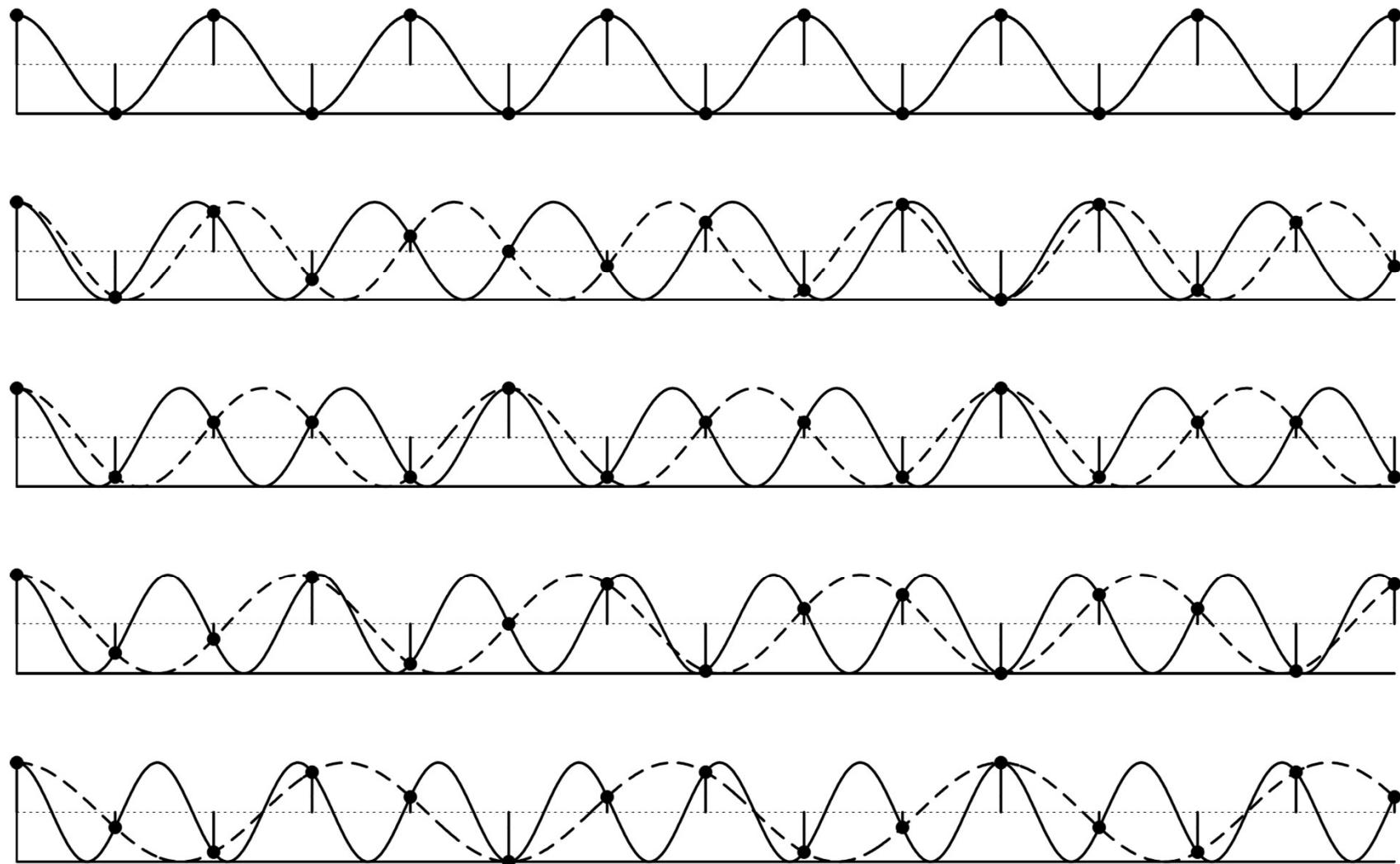
Esempio pratico: un segnale audio che contiene frequenze fino a **20 kHz** deve essere campionato ad almeno **40 kHz** — da qui nasce la frequenza standard di **44,1 kHz** usata nei **CD audio**.

Se la frequenza di campionamento è **più bassa** e non rispetta il teorema, le componenti ad alta frequenza **non vengono rappresentate correttamente** e si “sovrappongono” a quelle più basse, generando un errore detto **aliasing**. Il risultato è un segnale **digitalmente errato**, dove compaiono **toni fantasma o distorsioni** non presenti nell'originale.

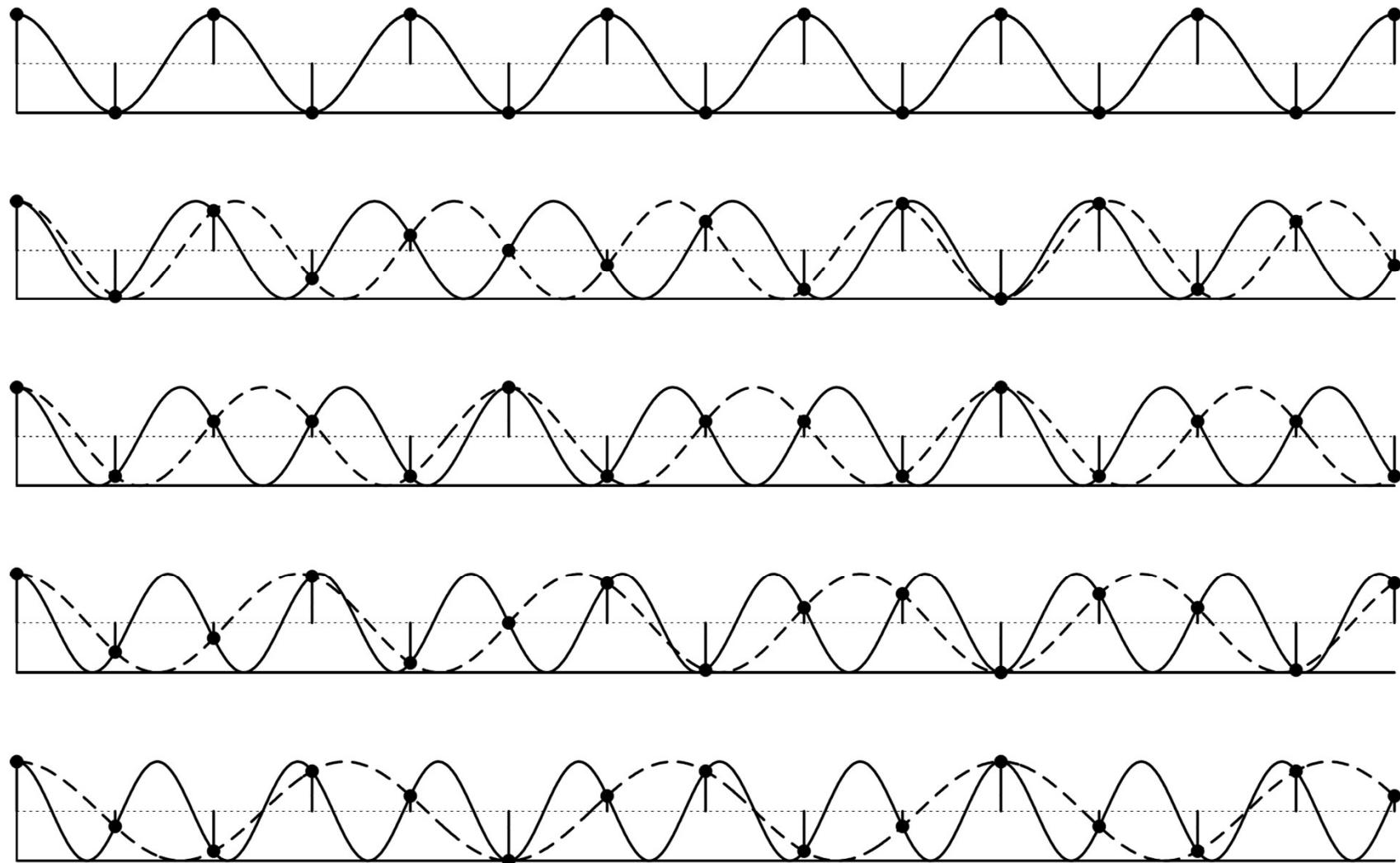
## $F_s$ fissa – Sinusoidi a frequenza crescente

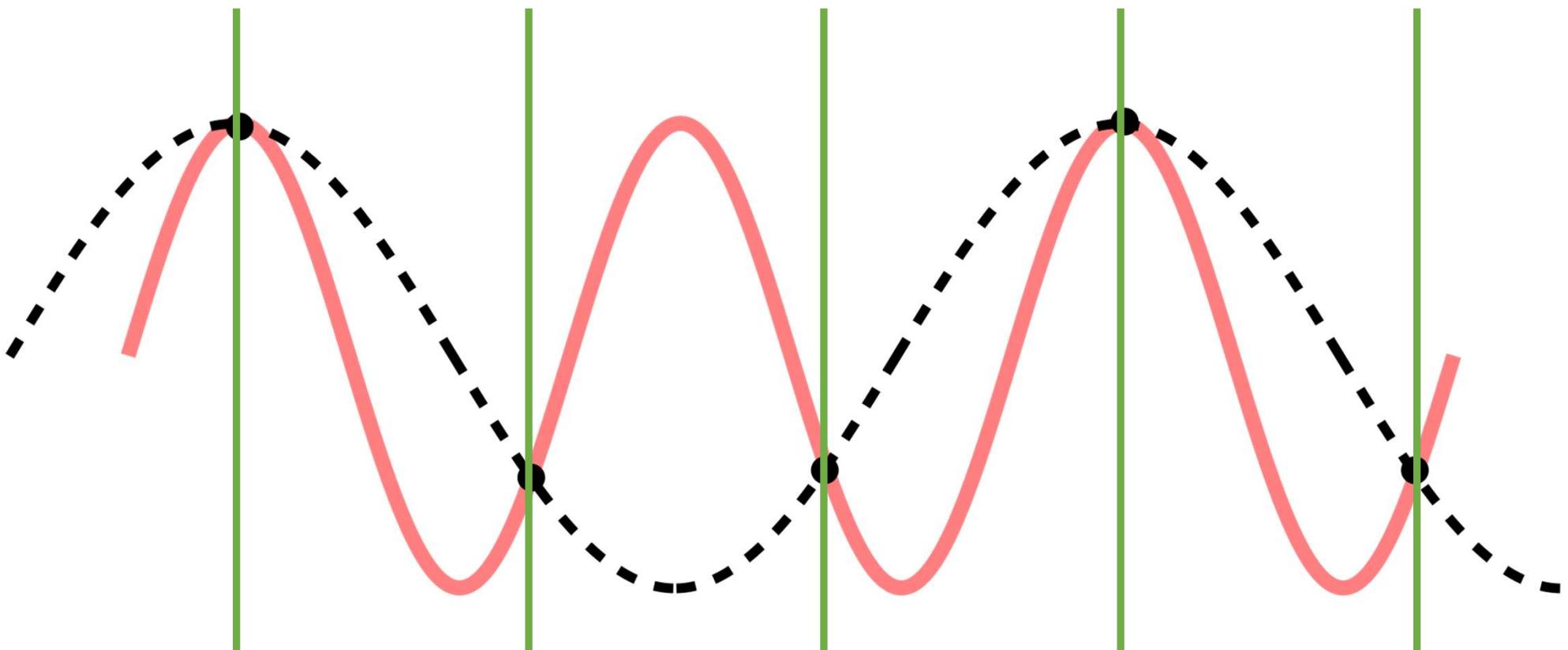


## $F_s$ fissa – Sinusoidi a frequenza crescente - aliasing



## $F_s$ fissa – Sinusoidi a frequenza crescente - aliasing





## IL CAMPIONAMENTO NEL COMPACT DISC (CD AUDIO)

La **musica** che ascoltiamo nasce come **segnale analogico continuo** registrato da un **microfono**, che trasforma le onde sonore in variazioni di **tensione elettrica**.

Per poter essere **memorizzata su CD**, questa forma d'onda deve essere **campionata** cioè misurata a intervalli di tempo regolari.

Nel **Compact Disc (CD Audio)**, la frequenza di campionamento è **44 100 volte al secondo (44,1 kHz)**. Ogni canale (sinistro e destro) viene registrato separatamente, così un secondo di musica stereo contiene **88 200 campioni** totali.

Questa frequenza è sufficiente a rappresentare **tutte le frequenze udibili** dall'uomo, fino a 20 Khz, (in teoria fino a **22 050 Hz**, come previsto dal **teorema di Nyquist-Shannon**).

Il risultato è un segnale digitale che conserva **tutta l'informazione** del suono originale dal punto di vista dell'orecchio umano.

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Immagini tratte (ove non diversamente specificato) da Wikipedia e Wikimedia Commons, utilizzate a fini didattici e non commerciali. Tutte le immagini restano soggette alle rispettive licenze libere (CC BY, CC BY-SA, CC0 o pubblico dominio).