La codifica dei Suoni

Prof. Francesco Accarino
IIS Altiero Spinelli
Via Leopardi 132 Sesto San Giovanni

La codifica dei Suoni

- I suoni costituiscono un tipo di informazione con cui siamo costantemente a contatto (linguaggio parlato, musica, rumori)
- Anche i suoni possono essere rappresentati in forma digitale
- Dal punto di vista fisico un suono è un'alterazione della pressione dell'aria (rispetto alla pressione atmosferica che viene usata come riferimento) che, quando rilevata, ad esempio dall'orecchio umano, viene trasformata in un particolare stimolo elettrico e, tramite complicati processi cognitivi, interpretata.
- La durata, l'intensità e la frequenza della variazione nel tempo della pressione dell'aria sono le quantità fisiche che rendono un suono diverso da ogni altro

La codifica dei Suoni

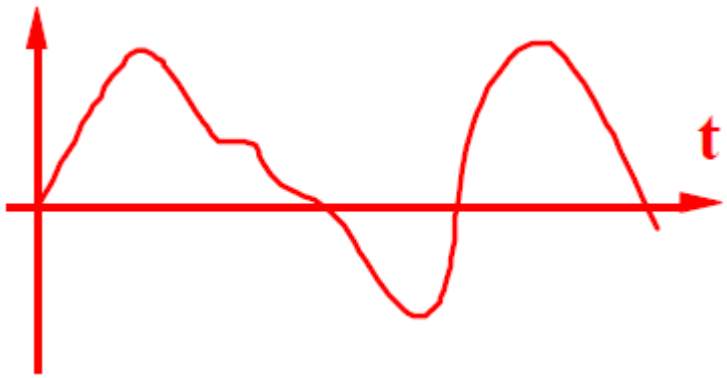
- L'intensità di un suono descrive l'ampiezza delle variazioni dell'onda sonora e fornisce una misura dell'energia trasportata dall'onda sonora
- Si misura in decibel (dB)
- L'altezza di un suono è il parametro legato alla sensazione di gravità/acutezza che si percepisce di un suono.
- Dipende dalle frequenze di variazione delle onde elementari che compongono l'onda sonora
- Le frequenze si misurano in Hertz (Hz)

La codifica dei Suoni

Suono	dB	Reazione
Massimo rumore prodotto in laboratorio	210	Suono insopportabile
Lancio di un missile (a 50 m)	200	
Rottura del timpano	160	
Suono al limite del dolore	**120**	**Dolore fisico**
Complesso rock in locale chiuso	110	
Martello pneumatico (a 3 m)	90	
Traffico cittadino diurno	70-80	
Conversazione (a 1 m)	50	

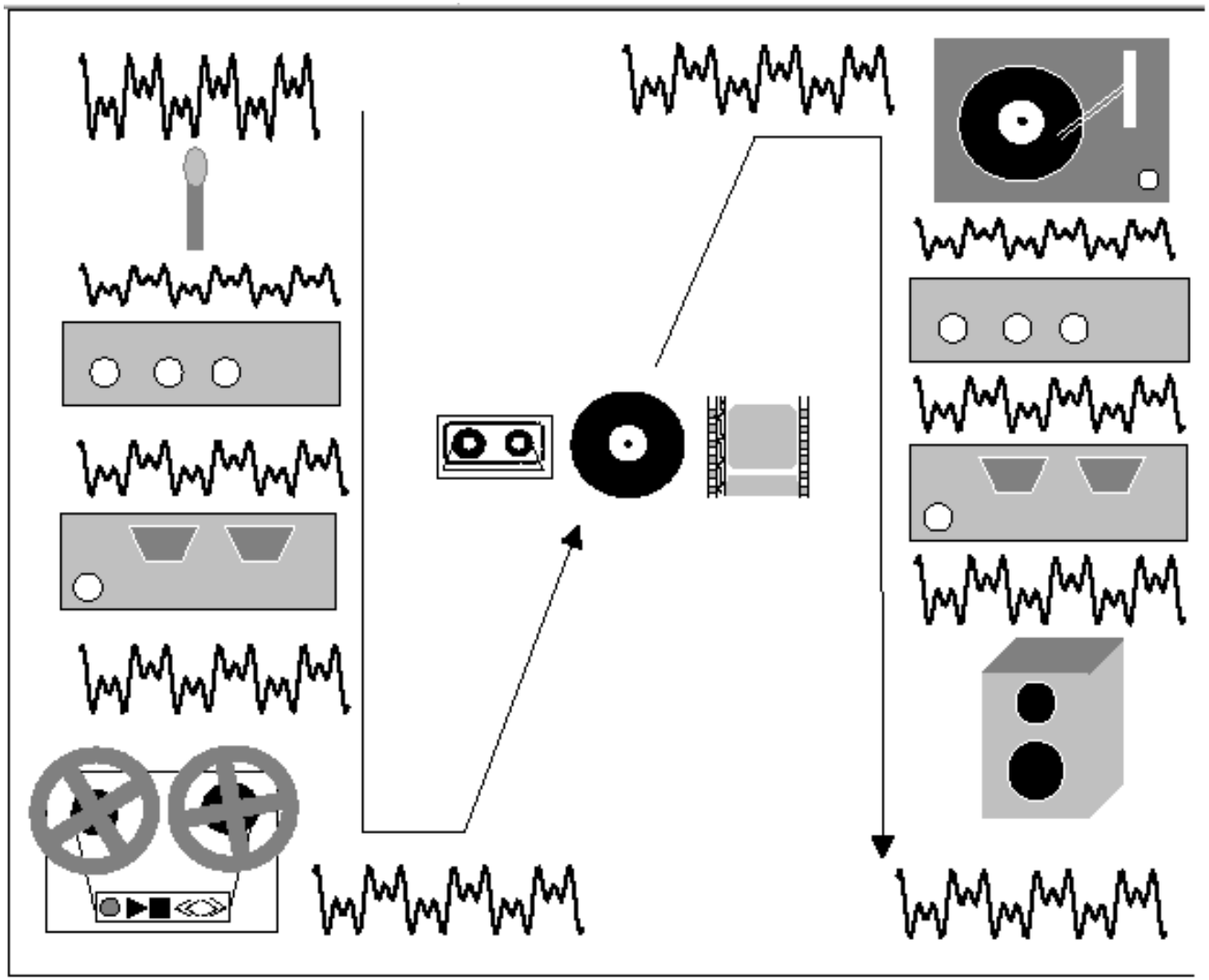
La codifica dei Suoni

Fisicamente un suono è rappresentato come un'onda (onda sonora) che descrive la variazione della pressione dell'aria nel tempo



Sull'asse delle ascisse viene rappresentato il tempo e sull'asse delle ordinate viene rappresentata la variazione di pressione corrispondente al suono stesso

La codifica dei Suoni



La codifica dei Suoni

- il tracciato dei solchi del vinile e l'intensità del campo magnetico sul nastro seguono l'andamento della curva dell'ampiezza, dopo che questa è stata convertita in un segnale elettrico
- La rappresentazione precedente viene detta **analogica**, in quanto descrive esattamente l'analogo della quantità fisica in esame, e fornisce una descrizione continua dell'onda sonora
- Le rappresentazioni di tipo analogico non sono adatte al mondo dell'informatica, data l'impossibilità di poter trattare con informazioni di tipo continuo
- È necessario trovare un modo di per rappresentare in forma **digitale (numerica) un'onda sonora**

La codifica dei Suoni

- Una rappresentazione digitale assegna dei numeri che rappresentano di volta in volta il valore dell'ampiezza in istanti successivi di tempo.

- La successione di numeri rappresenta l'andamento della curva di ampiezza.

- fornisce una descrizione discreta dell'onda sonora

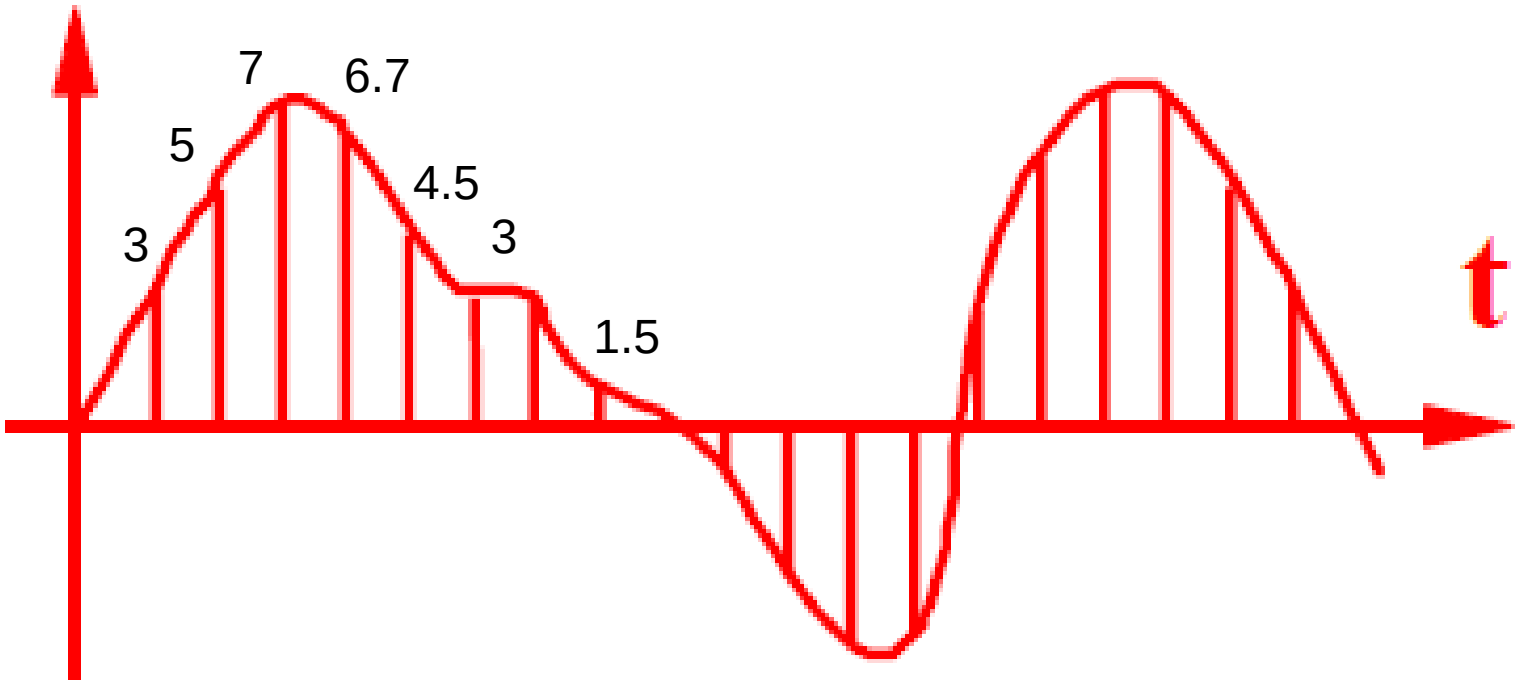
- La rappresentazione in formato digitale del suono deve:
  - garantire una riproduzione fedele del suono originale
  - consentire un'elaborazione ulteriore del suono

La codifica dei Suoni

- Il processo di digitalizzazione di un suono avviene attraverso tre fasi fondamentali :
  - campionamento
  - quantizzazione di un campione
  - codifica

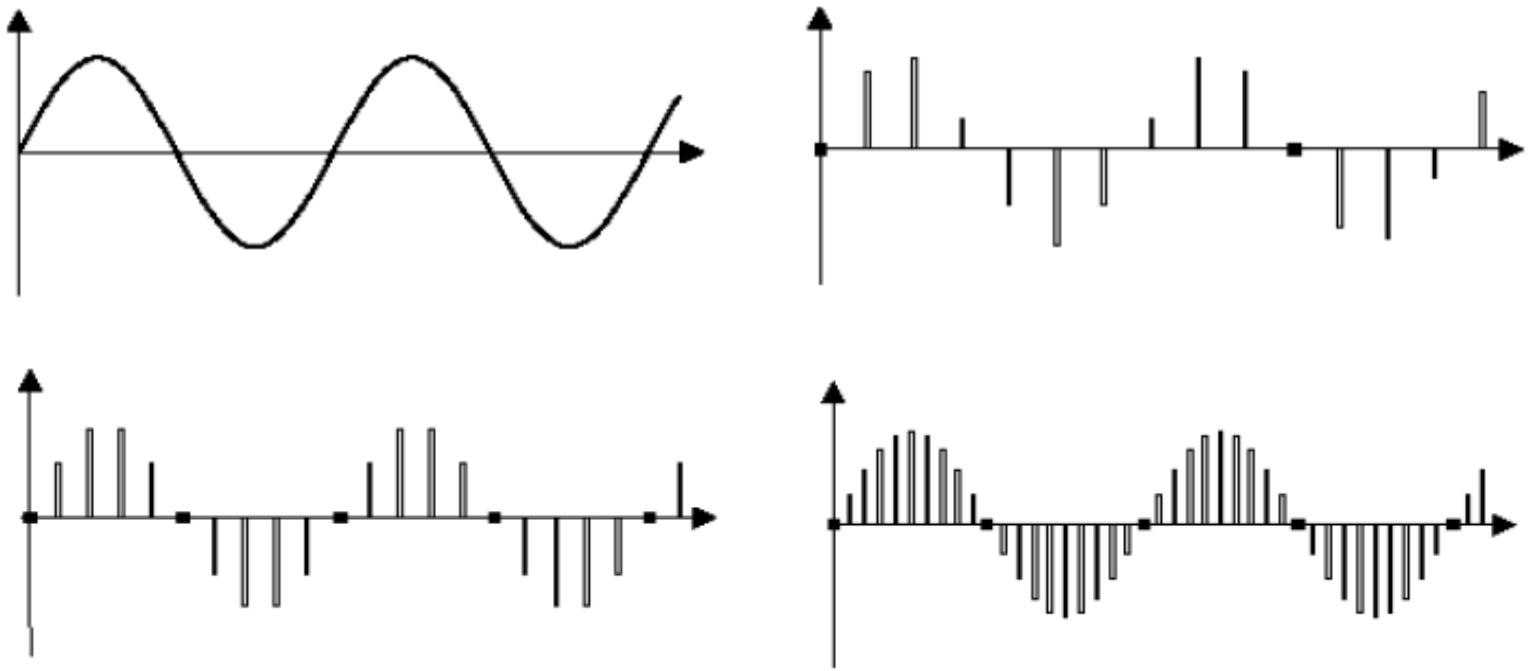
La codifica dei Suoni

La fase di campionamento consiste nell' effettuare dei **campionamenti** sull'onda sonora (cioè si misura il valore dell'ampiezza dell'onda a intervalli costanti di tempo) e si codificano in forma digitale le informazioni estratte da tali campionamenti



La codifica dei Suoni

E' evidente che quanto più frequentemente il valore di intensità dell'onda viene campionato, tanto più precisa sarà la sua rappresentazione



La codifica dei Suoni

- Riducendo l'intervallo di tempo tra due campionamenti aumenta l'accuratezza della descrizione del segnale

- Una migliore qualità della descrizione del segnale corrisponde a una maggiore quantità di informazione, cioè a un maggior numero di campioni nell'unità di tempo;

- un maggior numero di campioni richiede un maggiore spazio in memoria e una superiore velocità di trasferimento dati.

- Esiste una frequenza minima per ottenere descrizioni accurate?

La codifica dei Suoni

- Il tasso di campionamento deve essere quindi almeno il doppio della frequenza massima presente nel segnale in ingresso. Questo tasso di campionamento è detto tasso di Nyquist.

- Esempio: 4kHz (frequenza massima della voce umana) impongono una frequenza minima di campionamento di 8000 campioni al secondo

- Esempio: poiché la percezione dell'uomo arriva a segnali di circa 20.000 Hz (20kHz), è sufficiente che il tasso di campionamento sia fissato a oltre 40.000 campioni al secondo. Il tasso di campionamento dei compact disc è di 44.100 campioni/sec, ed è quindi sufficiente a rappresentare correttamente il segnale audio di partenza

La codifica dei Suoni

- Ogni campione è una misura del valore di tensione elettrica in uscita da un microfono

- Supponiamo che vari tra un valore minimo ed un massimo, ad esempio, -5Volt/+5Volt

- La gamma delle ampiezze possibili viene divisa in intervalli o regioni: ogni campione ha un'ampiezza che cade in una delle regioni. Ad esempio, se l'ampiezza varia tra –5 e +5 volt, la gamma totale delle ampiezze è di 10 volt; se la codifica digitale divide la gamma delle ampiezze in 16 regioni, ogni regione sarà ampia 0,625 volt (0,625 = 10/16).

- In pratica nel passare da un numero a quello successivo si ha un incremento di 0,625volt (0 =0volt; 1=0,625volt; 2=1,250volt …..)

La codifica dei Suoni

- Il numero di regioni in cui è suddivisa la gamma delle ampiezze dipende dai bit a disposizione per la codifica. Per l'esempio precedente basterebbero 4bit 2^4 16 regioni
- Valori tipici per la lunghezza di una parola binaria nell'audio sono 8 o 16 bit, per un numero di valori differenti di 256 (2^8) e 65.536 (2^{16}), rispettivamente
- Aumentando il numero di bit si aumenta la qualità (granularità) della descrizione del segnale
- Come associamo una configurazione di bit ad una regione della gamma di ampiezze?
- Ci sono diversi modi: quantizzazione lineare, non lineare, con virgola mobile, etc

La codifica dei Suoni

Quantizzazione lineare di un segnale che va da –5 a +5 volt in una codifica digitale a 1 bit (2 valori)

Valori di tensione	Codifica binaria
–5/ 0	0
0/ 5	1

Quantizzazione lineare di un segnale che va da –5 a +5 volt in una codifica digitale a 2 bit (4 valori)

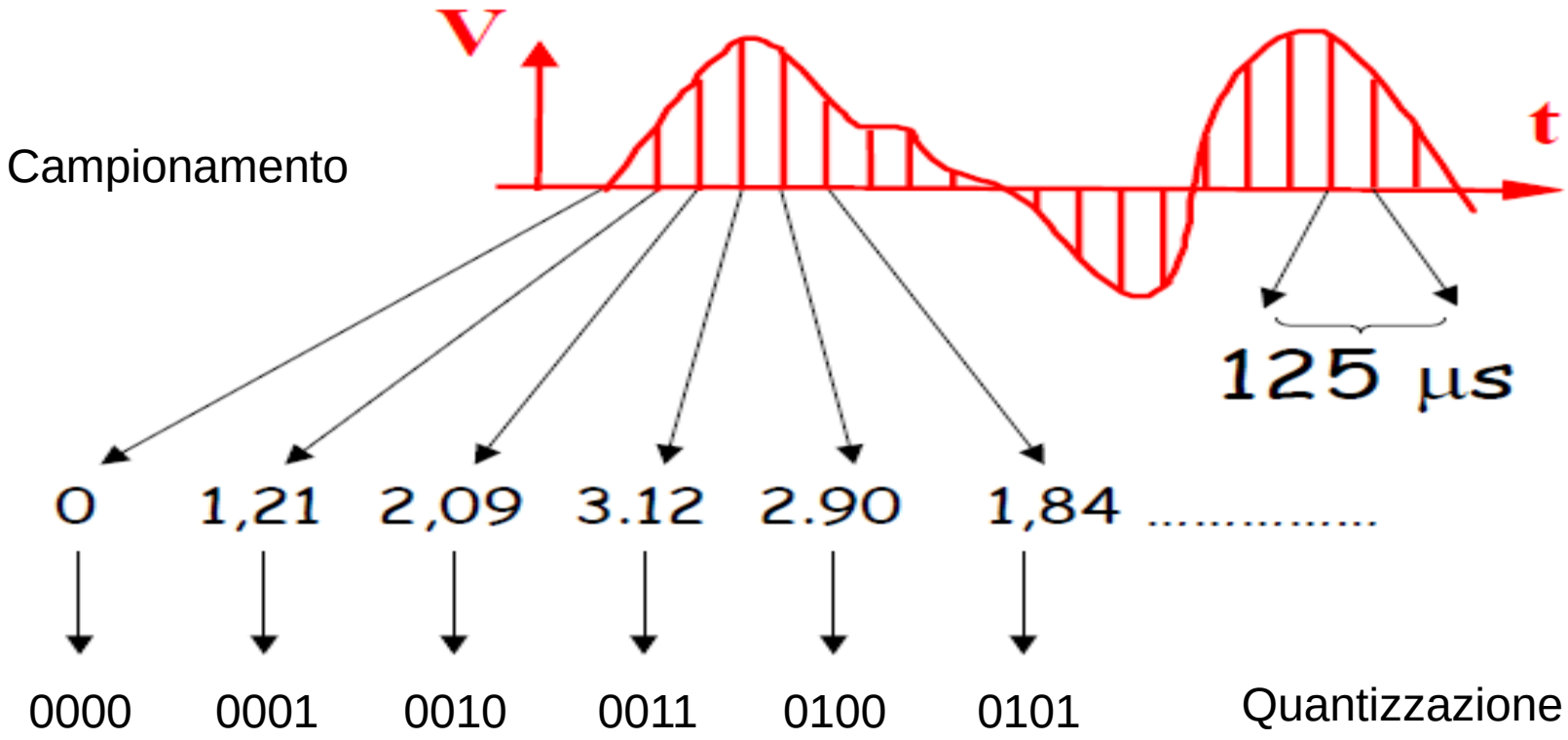
Valori di tensione	Codifica binaria
–5/ –2,5	00
–2,5/ 0	01
0/ 2,5	10
2,5/ 5	11

La codifica dei Suoni

Quantizzazione lineare di un segnale che va da –5 a +5 volt in una codifica digitale a 8 bit (256 valori)

Valori di tensione	Codifica binaria
–5/ –4,961	0000 0000
–4,961/ –4,922	0000 0001
–4,922/ –4,883	0000 0010
–4,883/ –4,844	0000 0011
–4,844/ –4,805	0000 0100
……..	……..
……..	…….
4,805/4,844	1111 1011
4,844/4,883	1111 1100
4,883/4,922	1111 1101
4,922/4,961	1111 1110
4,961/5	1111 1111

La codifica dei Suoni



La codifica dei Suoni

Se volessimo codificare la voce umana dovremmo:

- Campionare il segnale vocale ogni 125 milionesimi di secondo (producendo 8000 campioni al secondo) per segnale con frequenze inferiori a 4kHz (frequenze della voce umana)
- Per ogni campione (che è un numero) si usano 8 bit
- Per cui, il numero di bit che sarebbero necessari per codificare ogni secondo è pari a

8000 campioni x 8 bit/campione=64000 bit

La codifica dei Suoni

Se volessimo codificare la musica di qualità CD dovremmo:

- Usare due registrazioni corrispondenti a due microfoni distinti
- Campionare il segnale musicale producendo 44100 campioni al secondo
- Per ogni campione (che è un numero) si usano 16 bit
- Per cui, il numero di bit che sarebbero necessari per codificare ogni secondo è pari a

2 x 44100 campioni x 16 bit/campione=1411200 bit

La codifica dei Suoni

- Codifiche standard:
  - formato WAV (MS-Windows),
  - formati AU e AIFF (rispettivamente SUN ed Apple)
  - formato RA (Real Networks)
  - MIDI
  - MP3
- MIDI:
  - codifica le note e gli strumenti che devono eseguirle
  - solo musica, non voce
  - richiede un sintetizzatore o “campioni” per la riproduzione (non utilizzabile “direttamente”)
  - molto efficiente
- MP3:
  - MPEG-3: compressione, variante MPEG per suoni
  - Grande diffusione
  - molto efficiente (con qualche perdita di qualità)