

# Dal suono ai numeri

## Campionamento e quantizzazione, senza registrare nulla

**Informatica · seconda/terza media, collocazione proposta da confermare dal docente.**

Prerequisiti: leggere una tabella, ordinare numeri positivi e negativi, moltiplicare piccoli interi. Non serve programmare. Percorso proposto: circa 55 minuti, adattabili.

### In breve

Un dispositivo può rappresentare un segnale sonoro attraverso una sequenza di numeri. Il **campionamento** stabilisce in quali istanti si raccolgono le misure; la **quantizzazione** le avvicina ai livelli numerici consentiti. Sono due scelte diverse. Le proveremo su dati inventati, usando soltanto carta e matita. Nessuna voce viene registrata e non si producono suoni. [1][2]

### Due domande, due scelte

Immagina un microfono fermo: il segnale elettrico che produce varia nel tempo seguendo le variazioni sonore. Per memorizzarlo in forma digitale si raccolgono misure a intervalli regolari. Ogni misura è un **campione**. La frequenza di campionamento dice quanti campioni vengono presi ogni secondo: non è la frequenza delle oscillazioni del suono e non indica quanto esso è acuto. [1][2]

Il sistema dispone inoltre di un insieme finito di valori rappresentabili. Nella nostra simulazione ogni misura viene portata al livello consentito più vicino. Questo passaggio si chiama **quantizzazione**. Può introdurre uno scarto: se la misura è 3 e i livelli vicini sono 2 e 4, nessuno dei due conserva esattamente 3. [1][2]

**Un promemoria:** campionamento = «quando misuro?»; quantizzazione = «a quale livello posso rappresentare la misura?». Nel primo caso cambiano gli istanti; nel secondo cambiano i livelli.

### Che cosa faremo davvero

Useremo una tabella di valori fittizi. È un modello della rappresentazione di un segnale, non una registrazione né un esperimento sull'udito. I numeri verticali indicano lo scostamento del segnale rispetto a uno zero di riferimento, in unità arbitrarie: **non sono volume o decibel**. Un valore negativo non significa “suono negativo”.

**Obiettivi:** distinguere le due scelte; applicare una regola di arrotondamento dichiarata; spiegare perché più dati non sono automaticamente più utili.

# Laboratorio · scegli gli istanti e i livelli

**Materiali:** questa scheda, matita, gomma. Si lavora in coppia o individualmente, senza dispositivi. Un compagno calcola e l'altro controlla, poi si scambiano i ruoli.

## Il riferimento comune

Osserviamo una stessa finestra di **otto passi di tempo**, dall'inizio del passo 0 fino a prima dell'inizio del passo 8. La tabella fornisce otto misure immaginarie, una all'inizio di ogni passo. Le etichette 0-7 ordinano gli istanti: **non sono secondi**. L'istante 8 è escluso per tutte le versioni. Non conosciamo il segnale fra un istante e l'altro.

| Istante               | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  |
|-----------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Misura di riferimento | 1 | 3 | 6 | 4 | 0 | -3 | -5 | -2 |

## La regola comune

Per le versioni A e B sono permessi soltanto **-6, -4, -2, 0, 2, 4, 6**. Scegli il livello più vicino. Quando due livelli sono alla stessa distanza, scegli quello **più lontano da zero**: per esempio 1 diventa 2 e -1 diventa -2. È una convenzione del gioco, non una regola universale dell'audio digitale.

**Esempio guidato:** -3 è a distanza 1 sia da -4 sia da -2. La nostra regola sceglie -4. Il valore rappresentato cambia, ma l'istante resta lo stesso.

## Tre versioni, una variazione alla volta

**A · Pochi istanti, sette livelli.** Considera gli istanti 0, 2, 4, 6: uno ogni due passi del riferimento. Copia le quattro misure e quantizzale con la regola comune. La finestra osservata è sempre di otto passi, ma scegli una misura ogni due passi: non occorre aggiungere un campione al termine della finestra.

**B · Più istanti, stessi sette livelli.** Considera tutti gli istanti 0-7. Quantizza le otto misure. Rispetto ad A hai cambiato soltanto la distanza fra gli istanti scelti; la scala dei livelli è identica.

**C · Stessi istanti di B, più livelli.** Mantieni gli otto istanti, ma consenti tutti gli interi da -6 a 6: sono tredici livelli. Le misure date sono intere e quindi non richiedono arrotondamento. Questa coincidenza dipende dai nostri dati: non significa che tredici livelli bastino a conservare qualsiasi segnale.

**Tempi indicativi:** 5 minuti per leggere le regole, 15 per completare la scheda, 10 per confrontarsi. La durata reale va verificata in aula.

# Scheda da compilare

Non serve scrivere nome, classe o altri dati personali.

## A • Quattro istanti

| Istante | Misura di riferimento | Livello scelto |
|---------|-----------------------|----------------|
| 0       | 1                     | _____          |
| 2       | 6                     | _____          |
| 4       | 0                     | _____          |
| 6       | -5                    | _____          |

## B e C • Otto istanti

Per lo **scarto assoluto** considera solo la distanza fra i due numeri, senza segno. Esempio: fra -3 e -4 la distanza è 1.

| Istante | Riferimento | B: sette livelli | Scarto di B | C: tredici livelli |
|---------|-------------|------------------|-------------|--------------------|
| 0       | 1           | _____            | _____       | _____              |
| 1       | 3           | _____            | _____       | _____              |
| 2       | 6           | _____            | _____       | _____              |
| 3       | 4           | _____            | _____       | _____              |
| 4       | 0           | _____            | _____       | _____              |
| 5       | -3          | _____            | _____       | _____              |
| 6       | -5          | _____            | _____       | _____              |
| 7       | -2          | _____            | _____       | _____              |

1. Tra A e B cambia il numero di istanti oppure la scala dei livelli?

---

2. Tra B e C cambia il numero di istanti oppure la scala dei livelli?

---

3. In C lo scarto è zero negli otto istanti. Sappiamo per questo che cosa accade fra gli istanti? Spiega.

---

**Alternativa accessibile:** si possono leggere i dati ad alta voce, dettare le risposte o usare una striscia numerica da -6 a 6. Non occorre distinguere colori né ascoltare audio. Si possono ridurre inizialmente i dati agli istanti 0-3, senza cambiare le regole.

# Esercizi · ragiona sulle due scelte

## 1 · Dai un nome alla scelta

Una macchina passa da una misura ogni due passi a una misura a ogni passo. Poi, lasciando fermi gli istanti, permette più valori numerici. Quale cambiamento riguarda il campionamento? Quale la quantizzazione?

---

## 2 · Applica la regola, anche con i negativi

Con i sette livelli del laboratorio, rappresenta **3, -5, 4, -1**. Spiega almeno un caso di parità di distanza.

---

## 3 · Trova e correggi l'errore

«La versione B usa più istanti di A, quindi conserva esattamente ogni misura e ci rivela tutto il segnale originale». Indica **due motivi** per cui la conclusione è sbagliata.

---

---

## 4 · Facoltativo: quanti bit nel nostro codice?

Un **bit** può essere 0 o 1. Tre bit danno otto etichette: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111. Nel nostro codice didattico assegniamo le prime sette ai livelli -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, nell'ordine; 111 resta inutilizzata. Con quattro bit abbiamo sedici etichette: ne bastano tredici per C.

Supponiamo di usare **3 bit per ogni campione** in A e B, **4 bit per ogni campione** in C. Calcola i bit per i soli valori dei campioni:  $A = 4 \times 3$ ;  $B = 8 \times 3$ ;  $C = 8 \times 4$ . Quali dati servirebbero ancora per interpretare queste sequenze?

A: \_ B: \_ C: \_\_\_\_

**Attenzione:** non sono le dimensioni di tre veri file audio. Il conto esclude intestazioni, tempi, unità, tabella dei codici e altri dati descrittivi. Non usa compressione e non descrive uno specifico formato audio commerciale.

## 5 · Più dati, sempre meglio?

Giulia dice: «Basta prendere più campioni per avere sempre un risultato migliore, qualunque sia lo scopo». Rispondi in due frasi distinguendo possibilità di conservare dettagli e necessità concreta. Non occorre conoscere la teoria avanzata dei segnali.

---

---

# Soluzioni commentate

## Laboratorio e scheda

**A:** le misure selezionate sono 1, 6, 0, -5. I livelli diventano **2, 6, 0, -6**. Per -5 i livelli -6 e -4 sono equidistanti: la convenzione sceglie -6.

| Istante | B: sette livelli | Scarto assoluto | C: tredici livelli |
|---------|------------------|-----------------|--------------------|
| 0       | 2                | 1               | 1                  |
| 1       | 4                | 1               | 3                  |
| 2       | 6                | 0               | 6                  |
| 3       | 4                | 0               | 4                  |
| 4       | 0                | 0               | 0                  |
| 5       | -4               | 1               | -3                 |
| 6       | -6               | 1               | -5                 |
| 7       | -2               | 0               | -2                 |

**1. A → B:** cambiano gli istanti selezionati, da quattro a otto; i sette livelli restano uguali. Si modifica il campionamento, non la scala di quantizzazione. **2. B → C:** restano otto istanti; aumentano i livelli consentiti. Cambia la quantizzazione. Nei dati scelti, ogni misura coincide con uno dei nuovi livelli. **3. No:** scarto zero nei punti noti non significa conoscenza dei valori intermedi. La tabella non specifica il segnale fra gli istanti. Una linea tracciata unendo i punti sarebbe una scelta grafica, non una prova di ricostruzione esatta.

## Esercizi

**1.** Il primo cambiamento è campionamento; il secondo modifica la quantizzazione. Le due scelte si possono variare separatamente.

**2.** I risultati sono **4, -6, 4, -2**. Per 3 si può scegliere fra 2 e 4: la regola del laboratorio sceglie 4. Il 4 è già consentito e non cambia.

**3.** Primo motivo: B arrotonda ancora, per esempio 3 diventa 4. Secondo: neppure otto misure determinano da sole ogni valore intermedio. Più istanti e assenza di perdita non sono sinonimi.

**4. A: 12 bit; B: 24 bit; C: 32 bit.** Per interpretare i codici servono almeno la corrispondenza fra etichette e livelli, la cadenza temporale e lo zero/scala di riferimento. Si stanno contando solo i valori del modello. Nel confronto B → C servono più bit perché tredici etichette non entrano nelle otto combinazioni di tre bit. Non ogni piccola aggiunta di livelli richiede un bit in più: dipende da quante etichette sono già disponibili.

**5.** Risposta possibile: «Un campionamento più fitto può conservare dettagli temporali che una scelta più rada non distingue, ma non annulla lo scarto della quantizzazione. Più dati occupano spazio e non assicurano sempre un miglioramento utile o percepibile: contano segnale, scopo e altre scelte del sistema». [1][2]

# Per ricordare e approfondire

## Le due manopole

**Campionamento:** quante misure raccolgo nel tempo. **Quantizzazione:** quali livelli uso per rappresentarle. La profondità in bit indica quanti bit si usano per ciascun campione; con più combinazioni si possono distinguere più livelli. Non va confusa con il numero di campioni al secondo. [1][2]

Nel modello a lunghezza fissa e senza compressione, i dati dei campioni dipendono da **quanti campioni memorizzo** e da **quanti bit assegno a ciascuno**. Nei veri segnali non compressi contano anche durata e numero di canali. Non estendiamo i nostri piccoli conteggi a file compressi o a un giudizio sulla qualità percepita. [1][2]

## Indicazioni per chi insegna

Proposta: 10 minuti di spiegazione, 30 di laboratorio e confronto, 15 di esercizi; adattare tempi e quantità di dati. La parte sui bit è facoltativa. Accertare prima la familiarità con i numeri negativi e offrire una linea numerica. Il risultato atteso è spiegare le due scelte con parole proprie, non memorizzare valori tecnici dei formati audio.

Non sono necessari account, installazioni, cuffie, registrazioni o accesso a Internet in classe. Evitare prove sull'udito e raccolte di voci personali. Tutti i dati e il codice a sette/tredici livelli sono inventati per questa attività. Non sono state effettuate misure sonore né prove con studenti.

**Stato:** revisione docente, scelta della classe e prova in aula restano aperte. Le soluzioni sono un supporto al confronto, non una validazione dell'efficacia didattica.

## Fonti tecniche, con punti esatti da ritrovare

Testo, numeri ed esercizi sono originali della scheda. Le due opere seguenti sono indipendenti tra loro e verificano i principi tecnici, non i tempi o l'efficacia dell'attività.

**[1] BBC Bitesize, “Units and data representation - Cambridge OCR: Sound”.** <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zfspfcw/revision/9>

Localizzatori: **“How sound can be sampled and stored in digital form”**, frasi “at regular time intervals” e “nearest numeric equivalent”; **“Bit depth”**, definizione dei bit per campione; **“File size”**, dipendenza da campionamento, bit, durata e canali. La trattazione è introduttiva: non va letta come garanzia di miglioramento udibile aumentando sempre i campioni.

**[2] Audacity Development Manual, “Digital Audio Fundamentals”.** [https://manual.audacityteam.org/man/digital\\_audio.html](https://manual.audacityteam.org/man/digital_audio.html)

Localizzatori: **“Digital Sampling”**, frase “evenly-spaced timepoints”; **“Digital Audio Quality”**, confronto fra sample rate e bit depth; **“Sample formats”**, analogia delle griglie verticali/orizzontali; **“Size of audio files”**, fattori della dimensione non compressa.

Dettaglio aggiuntivo dello stesso manuale, **“Sample Format - Bit Depth”**: [https://manual.audacityteam.org/man/sample\\_format\\_bit\\_depth.html](https://manual.audacityteam.org/man/sample_format_bit_depth.html) — **“Dynamic Range”**, frase “more subdivisions”; **“Effects on file size”**. È un'estensione della fonte [2], non una terza fonte indipendente.