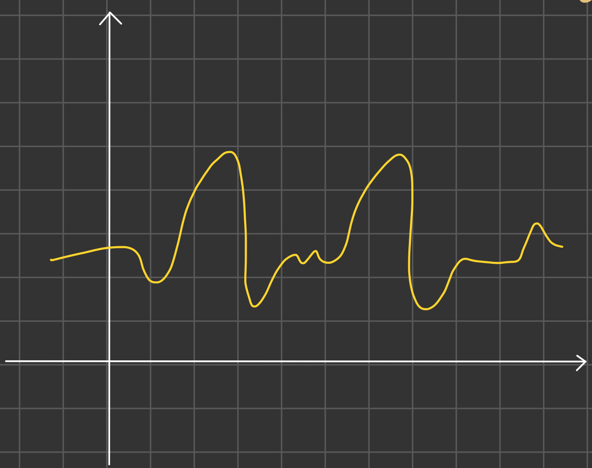
# Comunicazioni analogiche e numeriche

# Differenze tra comunicazioni analogiche e numeriche

La prima cosa che andiamo ad individuare in un sistema di comunicazione è sicuramente la Sorgente dei dati. Una sorgente di tipo analogico potrebbe essere un microfono, che crea una forma d'onda a partire dai suoni.

Per segnale analogico si intende una forma d'onda che è una funzione continua del tempo. Un grafico di questo segnale potrebbe essere:

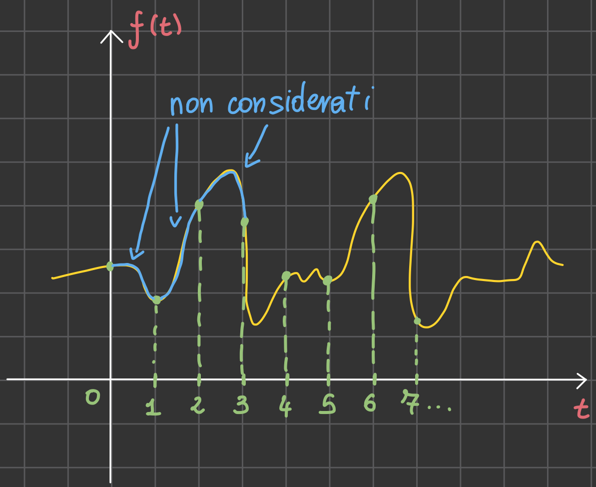


Un calcolatore non può processare questo tipo di segnale; infatti i segnali che vengono processati dai calcolatori sono i segnali Digitali.

Questi hanno 2 caratteristiche:

I) L'asse temporale non è un asse continuo; il segnale esiste in un sottoinsieme discreto di tempi.

Se il sottoinsieme coincide con i numeri interi, abbiamo un insieme $\{0, 1, 2 \dots, n\}$ ed in corrispondenza abbiamo dei valori della forma d'onda:



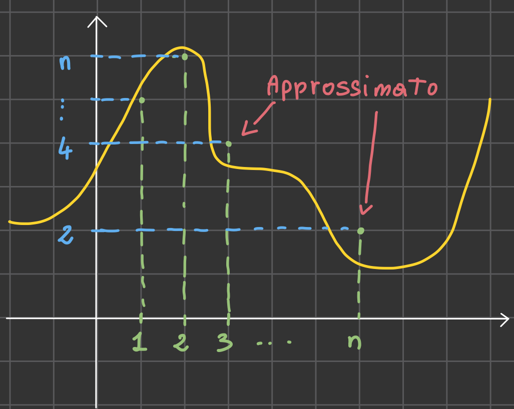

Di conseguenza, tutto quello che è presente tra un valore ed il prossimo, ad esempio tra 1 e 2, non viene più considerato.

1

II) Approssimazioni

Quante cifre decimali? Poniamo il caso di avere uno strumento di misura che restituisce 10 cifre decimali; ma la forma d'onda ha infinite cifre decimali?

Quindi anche "l'asse delle y" ($f(t)$) è "suddiviso" in n segmenti:

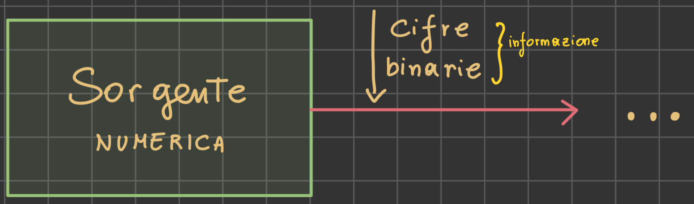



Di conseguenza i valori di $f(t)$ appartengono ad un insieme finito di valori.

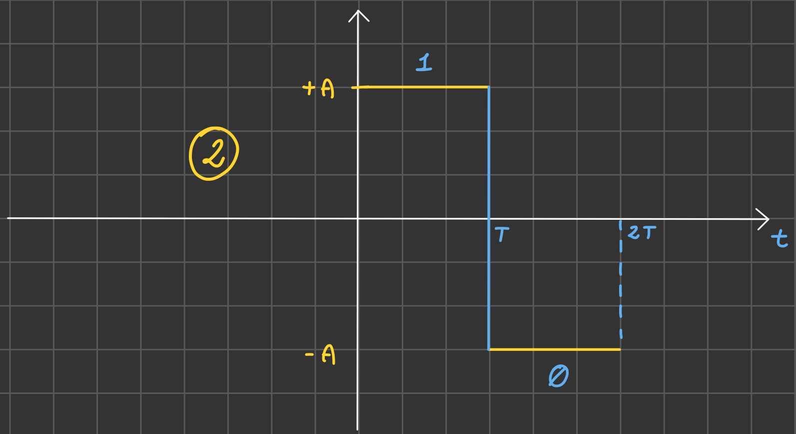
# Sistema di comunicazioni NUMERICHE

→ La Sorgente numerica

Se la Sorgente "Sputa" in analogico,
il segnale deve essere convertito in binario per essere processato




* In precedenza Tutti i segnali erano analogici, come ad esempio la radio; in questi sistemi nulla doveva essere codificato in binario.

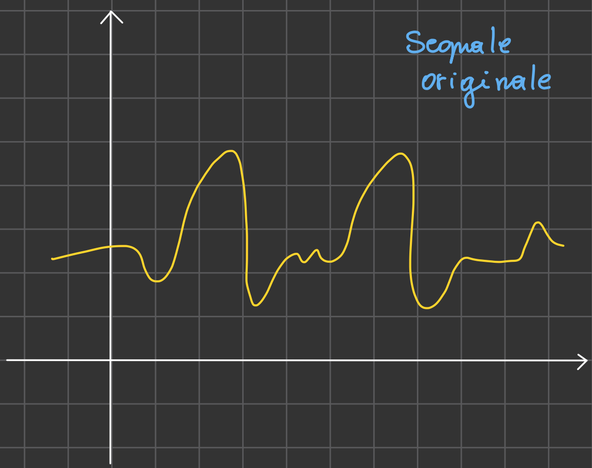


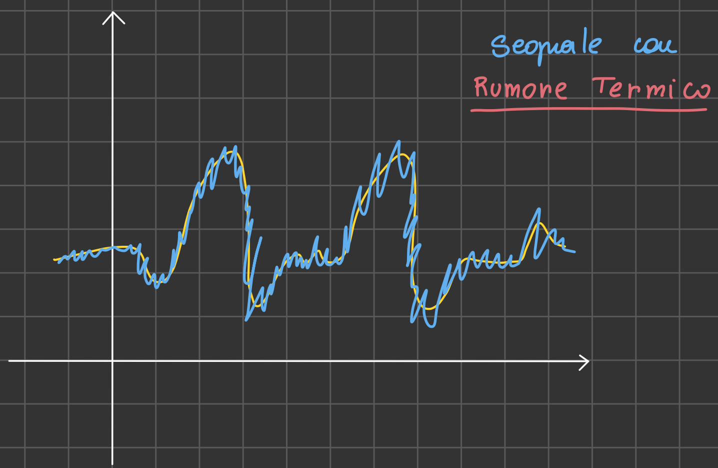

Possiamo suddividere il tempo in intervalli di KT, e dire che quando abbiamo un segnale di +A quello Trasmesso (in analogico!) e' un bit 1, mentre quando si ha -A allora e' stato Trasmesso un bit ∅.

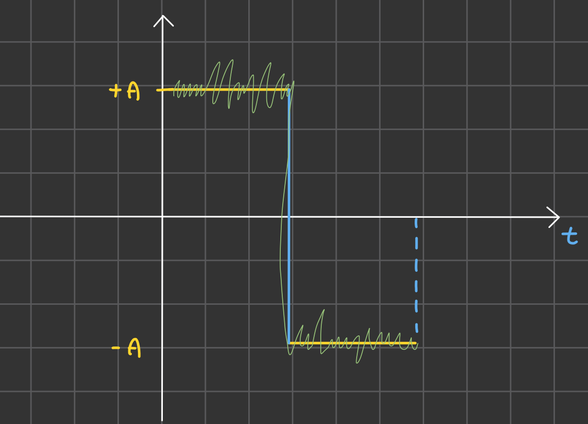
Il grafico (2) e' "parente" all' (1), con la differenza che nel 2 ci sono solo 2 possibili valori.

## Vantaggi:

Quali sono i vantaggi che abbiamo nell'usare il 2 invece dell'1?
Quando si introduce il canale di comunicazione "nell'equazione", questo introduce del RUMORE nel segnale originale, che viene inevitabilmente modificato.



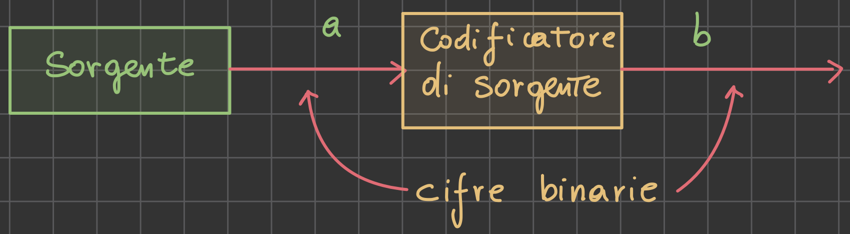




Anche nel caso (2) il rumore rovina il segnale, ma in questo caso e' semplice Decodificare correttamente il bit, anche perche' ci sono solo 2 possibili valori.

Possiamo anche codificare i bit con due segnali aventi 2 Frequenze diverse.

Continuando lo schema ...




Qual è la differenza tra le due sequenze a e b?
In generale, presi due valori campione, i valori successivi (a parità di banda) non possono essere poi così diversi. Di conseguenza il nostro obbiettivo è quello di avere una sequenza quanto più compatta possibile.

Siccome i valori sono (relativamente) Predicibili è inutile Trasmetterli!

## Il CODIFICATORE DI SORGENTE

E' un sistema che a partire da una sequenza di cifre binarie, genera un'altra sequenza più breve dalla quale è possibile ricavare nuovamente la sequenza originale.

Ci sono casi in cui si ha necessità di recuperare ESATTAMENTE gli stessi dati; non possiamo perdere nulla (Ad esempio l'invio di un file); la trasmissione deve essere lossless.

In altri casi non siamo interessati a ricevere TUTTO il segnale, come ad esempio nelle chiamate Telefoniche.

Ovviamente anche in questo caso siamo difronte ad un Trade off.
Magari una compressione lossless compatta meno la sequenza, mentre una di tipo loss la compatta molto di più; tutto dipende dall'applicazione.

Se vogliamo avere una Trasmissione lossless abbiamo un limite invalicabile di compressione, oltre il quale non è più possibile avere una Trasmissione lossless.

## Entropia della Sorgente - Informazionale, di Shannon

1.04

E' legata a come i simboli binari sono legati tra loro probabilisticamente; se i simboli sono indipendenti, non possiamo compattare molto.

Supponiamo di dover Trasmettere una sequenza binaria; consideriamo DUE BIT per volta:

01 11 10 00 01 01 11 01

Supponiamo inoltre che le varie coppie di bit compaiono mediamente le seguenti volte:

Sequenza a

Esempio 1

| 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/8 |
|---|---|---|---|
| 00 | 01 | 10 | 11 |

Parola codice

Questo ci dice che mentre la coppia 11 è poco probabile, la coppia 00 è più prob.

Supponiamo di voler trasmettere la sequenza a così com'è.
Calcoliamo una quantità chiamata lunghezza media del codice; questa è definita come la Somma del numero di cifre della parola codice (ad esempio 00 ha 2 cifre), moltiplicata per la percentuale (probabilità) corrispondente della parola codice.

Proviamo a calcolare la lunghezza media nell'esempio 1:

$$LMC = 2 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 2 \cdot \frac{1}{8} + 2 \cdot \frac{1}{8} = 2$$

Questo è un risultato prevedibile visto che ogni parola è di 2 cifre.

Consideriamo un altro esempio:

| ½ | ¼ | ⅛ | ⅛ |
|---|---|---|---|
| 00 | 01 | 10 | 11 |
| 0 | 01 | 110 | 111 |

nuovo set di parole

Di conseguenza la sequenza a diventa:

01 00 10 00 01 01 00 01

01 0 110 0 01 01 0 01 Sequenza b

Calcoliamo la lunghezza media del nuovo set:

$$LMC = 1 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 3 \cdot \frac{1}{8} + 3 \cdot \frac{1}{8} = \frac{7}{4} < 2$$

Quindi abbiamo ottenuto una lunghezza media più corta, grazie al fatto che sappiamo la probabilità con cui ogni parola verrà trasmessa

Fino a quanto possiamo compattare l'informazione di una sorgente?
Shannon capì che non possiamo compattare una sorgente, ed assegnargli una lunghezza media più piccola di una quantità che si chiama entropia.

Questa quantità si indica con H ed è data da:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \cdot \log_2 p_i$$

Dove $p_i$ sono le probabilità che supponiamo di conoscere $(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8})$

n sono il numero delle parole codice possibili.

Esempio

| ½ | ¼ | ⅛ | ⅛ |
|---|---|---|---|
| 00 | 01 | 10 | 11 |
| 0 | 01 | 110 | 111 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

$$H = -\left[\frac{1}{2} \underbrace{\log_2 \frac{1}{2}}_{(-1)} + \frac{1}{4} \underbrace{\log_2 \frac{1}{4}}_{(-2)} + 2 \cdot \frac{1}{8} \underbrace{\log_2 \frac{1}{8}}_{(-3)}\right]$$

$$= -\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \cdot 2 - \frac{6}{8}\right] = 1{,}75$$

← ovvero il valore medio ottenuto prima