



Dispensa del corso di Informatica

Segnali

Segnali analogici e segnali numerici

Per le persone comuni un segnale è un evento o una disposizione di oggetti che ha un significato. Per esempio i popoli antichi usavano i segnali di fumo per trasmettere messaggi, oggi le vie sono colme di segnali stradali per dare indicazioni agli automobilisti e ai pedoni, gli amici comunicano con segnali di intesa, ecc. In fisica tuttavia il segnale ha un significato diverso.



Definizione

Si definisce segnale una funzione del tempo che esprime l'andamento di una certa grandezza fisica.

Quando si studia un segnale si vede che, conseguentemente all'evolversi del tempo, corrispondono valori della grandezza misurata. Per esempio:

- il variare di una temperatura nell'arco di una stagione;
- l'andamento dei voti di uno studente durante l'anno scolastico;
- il mutare della luce solare durante una giornata;
- il prezzo di una tariffa telefonica mentre si svolge una conversazione.

L'andamento del tempo può essere discreto o continuo: è continuo quando si vede il tempo come un andamento senza interruzioni o pause; è discreto si vede il tempo come discreto quando si analizzano istanti finiti e distanziati. Quindi il tempo può essere visto come un flusso senza interruzioni oppure come momenti distinti. Se l'andamento del tempo è continuo si esprime con numeri reali; se l'andamento è discreto si usano numeri finiti (interi o frazioni).



Definizione

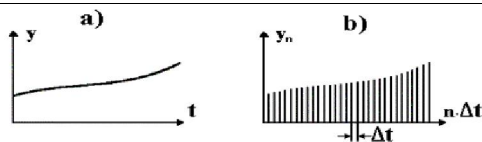
Si chiamano segnali analogici (continuo) quelli per cui sia il tempo che l'ampiezza del segnale sono continui, si chiamano invece segnali digitali (numerici, dall'inglese digit, cifra) quelli per cui sia il tempo che i valori d'ampiezza istante per istante sono espressi da valori discreti.



Esempio

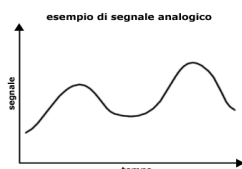
- La misura di una temperatura rilevata ad ogni scadere di ora precisa: segnale digitale.
- L'intensità di corrente che passa in un cavo di un computer: segnale analogico.
- L'intensità di luce solare che attraversa una finestra durante la giornata: segnale analogico.
- La rilevazione dei voti scolastici in Storia di Abele in questo anno scolastico.

Un segnale può essere raffigurato da una linea (detta curva) su un grafico a due dimensioni (piano cartesiano) dove solitamente il tempo è rappresentato dalla linea orizzontale e la misura del segnale è indicato dai punti tracciati sul piano, in corrispondenza del tempo.



- a) **Segnale analogico:** per qualsiasi valore di t esiste un valore finito per y
- b) **Segnale digitale:** esiste un valore finito di y_n solo per determinati valori di tempo t_n

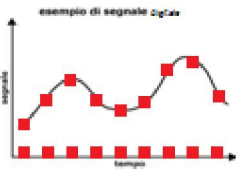
Un segnale analogico



È un segnale continuo nel tempo che può assumere tutti gli infiniti valori della grandezza fisica osservabile, (sia essa una tensione, una corrente, una temperatura o altro...) contenuti all'interno di un determinato intervallo, ovvero tra un minimo relativo ed un massimo relativo.

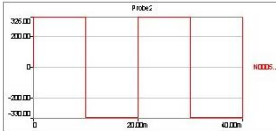


Un segnale digitale



È un segnale che all'interno di un determinato intervallo può assumere solo un numero discreto (numerabile) di valori; ad esempio i voti di uno studente può assumere solo valori interi compresi tra 1 e 10 (oppure valori anche frazionari, come $5\frac{1}{2}$ oppure 6,33).

Un segnale digitale binario



È un segnale in un intervallo stabilito può assumere solo due possibili valori, solitamente denominati ALTO e BASSO.

Per esempio una luce che può essere solo accesa/spenta; un campanello che suona/è muto; un segno su un DVD (buco/tappo); uno studente a fine anno promosso/non promosso.

Segnale digitale ideale e reale

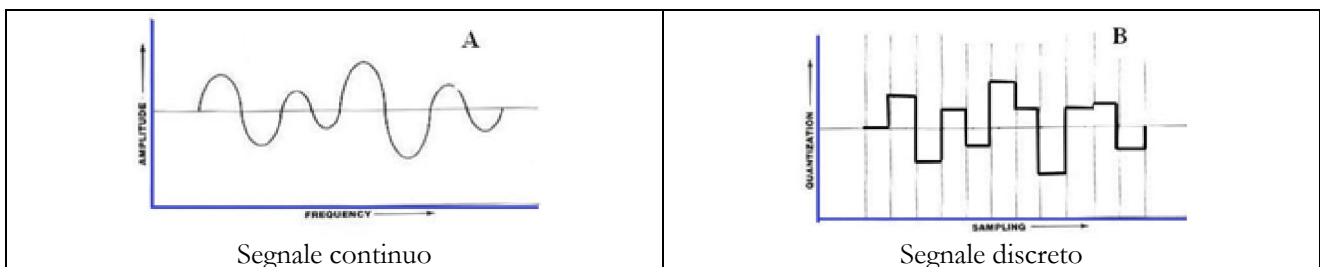
Come molti di voi possono immaginare, in realtà non sempre è possibile avere segnali DAVVERO digitali. Infatti spesso esistono dei valori (detti di transizione) che il segnale assume mentre si sposta da un valore a un altro.

Distinguiamo allora i segnali digitali ideali (che possono solo assumere i valori ALTO oppure BASSO) ed i segnali digitali reali (nei quali le transizioni da ALTO a BASSO oppure da BASSO ad ALTO non avvengono in tempi nulli e che quindi presentano dei tempi di salita e tempi di discesa dell'onda quadra che non sono nulli ma finiti). Nei segnali ideali il tempo di transizione è nullo o quasi (infinitamente piccolo) e creano dunque transizioni con punti detti di discontinuità tra due valori ammessi.

Per esempio una luce che passa da accesa/spenta assume anche valori di tenue luminosità; un campanello che quando transita da suono a muto emette un rumore incerto; un segno su un DVD mal riuscito o mentre il laser è al bordo del foro; uno studente a fine anno che risulta sospeso con qualche materia da riparare.

Conversione da segnale analogico a segnale digitale e viceversa

In molti campi è opportuno procedere a trasformare segnali analogici in digitali e viceversa. Per esempio se un musicista suona il violino emette un segnale analogico; questo suono può essere registrato da una scheda audio di un computer e trasformata in digitale come la traccia di un CD audio; quando il CD è fatto suonare in un impianto stereo esso deve essere riconvertito in segnale audio dalle casse per consentire all'ascoltatore umano di udirlo. In realtà questo esempio piuttosto semplificato poiché in realtà occorrono molte diverse conversioni da analogico digitale e viceversa, includendo le tracce audio del PC e i segnali elettrici che passano nei cavi. Comunque in generale il segnale viene trasformato come nei due grafici proposti qui sotto:



Segnali e segni

Il numero come rappresentazione

Come si è visto nei paragrafi precedenti, un segnale è studiato ricorrendo a numeri che ne rappresentano l'andamento. Alcuni numeri indicano il tempo e altri numeri indicano il valore del segnale. Il concetto di numero è quindi molto importante poiché serve per rappresentare l'andamento di qualsiasi segnale. Voti scolastici, prezzi,



temperatura, scorte di cibo, date e orari, quantità di liquidi, misure di peso, di lunghezza, di area e volume: tutto è ricondotto a valori numerici. Quindi prima di proseguire occorre chiedersi: cosa è un numero?

Simbolo e significato

Per poter comprendere il senso del numero occorre comprendere la differenza che passa tra un simbolo ed il suo significato.



Definizione

Si definisce dato un valore memorizzato o trasmesso secondo una codifica.



Esempio

- Il dato I può essere memorizzato per esempio scrivendolo su un foglio di carta
- Il dato può essere trasmesso passando il foglietto a qualcuno o imbucandolo nella cassetta postale



Definizione

Si definisce informazione l'associazione di un dato con un significato.



Esempio

- Il dato I può significare il numero 1, se ci si aspetta che esso sia un numero
- Il dato I può significare la lettera i, se ci si aspetta che esso sia una lettera dell'alfabeto
- Il dato I può significare lo stato di acceso, se ci si aspetta che esso sia una posizione di interruttore
- Il dato I può significare il valore logico Vero, se ci si aspetta che esso sia un valore logico

Come si vede nell'ultimo esempio è possibile che un medesimo simbolo abbia più possibili significati, che dipendono dall'aspettativa (dal contesto o da colui che lo rileva) vigente. La differenza principale tra il dato e l'informazione è che un dato non possiede un'informazione associata; per esempio in un foglietto potresti scrivere un simbolo (⊙) qualsiasi ma non indicare che significato abbia. Potresti comunque conservarlo o trasmetterlo e quindi esso è comunque un dato.

Il significato associato al dato permette invece di farne un'informazione; se si vuole associare al dato (⊙) un significato occorre che sia specificato un contesto (per esempio una legenda, un dizionario dei simboli) o che il significato sia disponibile al ricevente (il lettore è a conoscenza del fatto che la faccina bianca (⊙) corrisponda al numero zero e invece la faccina nera (⊙) corrisponda al numero zero uno).

Analogamente è importante fissare il seguente concetto:



Nota

È anche possibile associare a un simbolo più possibili significati, oppure a più simboli lo stesso significato.



Esempio

- Il segno I può significare una unità numerica, la lettera i, il valore vero logico, lo stato acceso, la matrice identità
- Il segno O può significare il numero zero, la lettera o, il valore falso logico, lo stato spento, la matrice nulla

Segno o cifra

Ma spesso questi sistemi incontravano difficoltà per la rappresentazione di numeri molto grandi. Per questo in seguito si svilupparono dei segni più astratti in grado di rappresentare con maggiore flessibilità numeri di generica grandezza. Occorre a questo punto comprendere con chiarezza che il numero NON è la sua rappresentazione e che un numero può essere raffigurato in molti modi diversi.



Occorre a questo punto comprendere con chiarezza che il numero NON è la sua rappresentazione e che un numero può essere raffigurato in molti modi diversi.



1



2



3

0



4



6

I Numeri nella Storia

I segni utilizzati nella storia per rappresentare i numeri sono cambiati per diversi motivi. Una delle principali cause di queste trasformazioni erano dovute alle difficoltà che i sistemi incontravano sia per la rappresentazione di numeri molto grandi sia per svolgere calcoli difficili. Per questo nella storia si svilupparono dei segni più astratti in grado di rappresentare con maggiore flessibilità numeri di generica grandezza. Nella seguente figura sono riportati i segni dei più noti popoli dell'antichità.

| Occidentale moderno | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|---|----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|--------|
| Babilonese (1500 a.C.) | | | | | | | | | | |
| Cinese (500 a.C.) | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | 十 |
| Greco (400 a.C.) | Α | Β | Γ | Δ | Ε | Ζ | Η | Θ | Ι | Κ |
| Egiziano (300 a.C.) | | | | | | | | | | |
| Romano (200 a.C.) | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Maya (300 d.C.) | • | •• | ••• | •••• | — | —• | —•• | —••• | —•••• | —••••• |
| Indiano (XI secolo) | १ | २ | ३ | ४ | ५ | ६ | ७ | ८ | ९ | ० |
| Binario (computer) | 1 | 10 | 11 | 100 | 101 | 110 | 111 | 1000 | 1001 | 1010 |

Numero e cifra

Occorre ricordare in questa trattazione le differenze tra numero e cifra. Il numero è una quantità che esprime la misura di un qualche fatto o qualche evento; per esempio se affermo che ho visto un branco di sedici lupi chi mi ascolta può immaginare la moltitudine di bestie che si muove in gruppo. La quantità immaginata somiglia più a una massa di elementi che al numero 17 ed infatti è proprio questo il senso del numero: una mera quantità.

Se però devo scrivere il numero in un foglio o esprimere lo stesso numero in lingua straniera avrò delle difficoltà. Il termine diciassette è valido in lingua italiana e sfrutta il sistema numerico decimale composto dal prefisso dicia (una decina) e sette (sette unità) come dire: .

La difficoltà risiede nel fatto che per esprimere o rappresentare la quantità ho necessità di un sistema.

Il sistema che è attualmente utilizzato nel mondo occidentale è quello detto decimale che è un particolare sistema posizionale. Il sistema decimale sfrutta dieci cifre (segni grafici) ciascuna indicativa di una certa quantità elementare, ma questi segni (le cifre) hanno valori diversi a seconda della posizione occupata rispetto alle altre cifre che, insieme, rappresentano il numero.



Definizione

Si definisce sistema numerico posizionale un metodo di scrittura che assegna ad ogni segno un valore determinato dalla sua posizione.

Si definisce sistema numerico decimale il metodo numerico posizionale che usa dieci cifre per rappresentare i primi dieci numeri naturali a partire dallo zero: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .





Definizione

Nel sistema metrico decimale la cifra meno significativa di un numero intero rappresenta le unità, la successiva a sinistra le decine, e le successive rispettivamente le centinaia, le migliaia e così via.



Esempio

- Il numero   è rappresentato dai segni 17 scritti in questo esatto ordine.
- Il 7 (nel 17) è la cifra meno significativa e rappresenta le unità
- L'1 (nel 17) è la cifra più significativa e rappresenta le decine

Questa definizione comunque è informale e non abbastanza rigorosa; proviamo quindi a addentrarci nei meccanismi del sistema decimale.



Nota

I numeri decimali furono importati dagli arabi alla fine del primo millennio. Gli arabi usavano il termine zephir che vuol dire segno. Dal vocabolo zephir derivarono sia la parola cifra che la parola zero.

Numeri e sistemi numerici

Nel sistema decimale possiamo rappresentare numeri interi, positivi e negativi, e numeri decimali. In questa trattazione, per il momento ci limiteremo all'analisi dei soli numeri interi positivi, zero incluso.

Quando si scrive un numero col sistema decimale, le cifre hanno valore diverso a seconda della posizione occupata. Il valore è determinato in potenze di dieci.



Nota

Quindi **decimale** significa dieci cifre e potenze di dieci. Si dice anche che il sistema ha base dieci.



Esempio

- Scrivendo 4523 nel sistema in base dieci indico un solo numero ma uso quattro cifre.
- Ciascuna delle quattro cifre ha un valore diverso che dipende dalla posizione rispetto alle altre.
- Il valore del numero potrebbe essere scritto nel seguente modo:

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|
| 4 | 5 | 2 | 3 | = | 4 | 5 | 2 | 3 | = | 4 | 5 | 2 | 3 |
| | | | | | m | c | d | u | | 10^3 | 10^2 | 10^1 | 10^0 |

Nel sistema in base dieci ho dieci cifre che vanno dallo zero al 9. Il dieci non esiste come cifra e posso rappresentarlo usando due cifre.

La cifra più a destra (la meno significativa) misura le unità; in effetti significa che quella cifra ha un valore che andrebbe moltiplicato per 10 elevato zero, poiché un numero intero elevato zero vale 1.



Esempio

- Scrivendo 4523 nel sistema in base dieci indico un solo numero ma uso quattro cifre.
- La cifra 3 vale $3 \times 10^0 = 3 \times 1 = 3$ (unità)

La cifra immediatamente a sinistra (affianco al 3) misura le decine; in effetti significa che quella cifra ha un valore che andrebbe moltiplicato per 10 elevato uno, poiché un numero intero elevato uno vale sé stesso.



Esempio

- Scrivendo 4523 nel sistema in base dieci indico un solo numero ma uso quattro cifre.
- La cifra 2 vale $2 \times 10^1 = 2 \times 10 = 20$ (20 unità o 2 decine)



Qualsiasi numero scritto in base dieci quindi va decodificato nel modo sopra esposto, ovvero unità, decine, centinaia, migliaia, ecc.



Esempio

- Scrivendo 28578 nel sistema in base dieci indico un solo numero ma uso cinque cifre.
- Ciascuna delle quattro cifre ha un valore diverso che dipende dalla posizione rispetto alle altre.
- Il valore del numero potrebbe essere scritto nel seguente modo:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|---|-------|------|-----|----|---|
| 2 | 8 | 5 | 7 | 8 | = | 2 | 8 | 5 | 7 | 8 | = | 2 | 8 | 5 | 7 | 8 |
| | | | | | | 10^4 | 10^3 | 10^2 | 10^1 | 10^0 | | 10000 | 1000 | 100 | 10 | 1 |

Stesso segno altro valore

Si deve osservare quindi che lo stesso segno ha valori diversi a seconda della posizione usata nel numero.



Esempio

- Scrivendo **28578** nel sistema in base dieci indico un solo numero ma uso cinque cifre.
- La cifra 8 è usata due volte:
 - La prima volta è usata come misura delle unità $8 \times 10^0 = 8 \times 1 = 8$ unità
 - La seconda volta è usata come misura delle migliaia $8 \times 10^3 = 8 \times 1000 = 8000$ unità

L'altra osservazione è che sistema in base dieci uso potenze di 10 che sono sempre numeri che si scrivono come un 1 seguiti da tanti zeri quanto è l'esponente che lo eleva.

| | | | |
|--------|-----------------------------|---|---------------------|
| 10^0 | → 1 seguito da nessuno zero | → | 1 |
| 10^1 | → 1 seguito da uno zero | → | 10 |
| 10^2 | → 1 seguito da due zeri | → | 100 |
| 10^3 | → 1 seguito da tre zeri | → | 1000 |
| ... | ... | | ... |
| 10^K | → 1 seguito da tre zeri | → | 10000000 ... 000000 |

La domanda

Ma è possibile scegliere un sistema diverso da 10? O questo è l'unico valore possibile?

La risposta è che è possibile scegliere qualsiasi numero intero a partire dal 2 come base di un sistema posizionale.

| | |
|--|------|
| | Nota |
|--|------|

| | |
|--|----------|
| | Computer |
|--|----------|

| | |
|--|--------------------|
| | Esercizio • |
|--|--------------------|