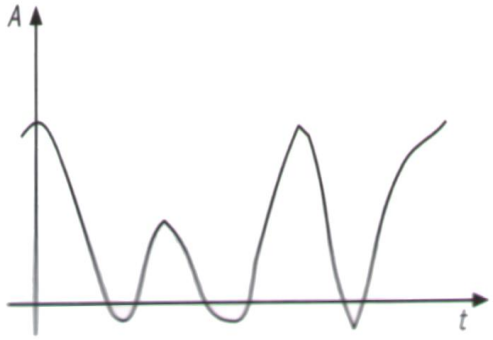
I Segnali nella comunicazione

Nella lingua italiana il termine ”segnale” indica una convenzione, la cui funzione è quella di comunicare qualcosa (“ segnale di Partenza”, “segnale di aiuto”, “segnale stradale” ecc.).

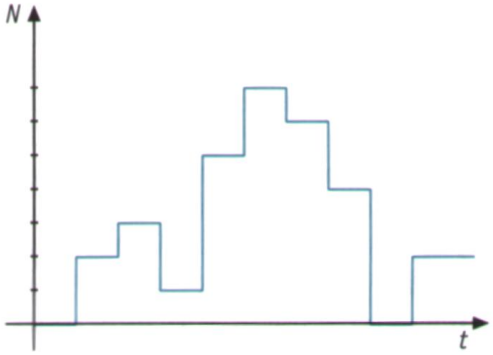
Analogamente nel linguaggio scientifico la generica **definizione di segnale indica la variazione di una grandezza fisica nel tempo.**
I segnali utilizzati nelle telecomunicazioni sono generalmente di tipo: acustico, ottico, elettrico o elettromagnetico. Ovviamente nel computer la comunicazione avviene mediante segnali di tipo elettrico.
I segnali possono essere classificati come:

- Segnali analogici/digitali
- Segnali continui nel tempo/discontinui nel tempo
- Segnali periodici/aperiodici

Si definisce analogico un segnale che può assumere tutti gli infiniti valori del range di variabilità seguendo analogamente le variazioni della grandezza fisica che rappresenta.
Si definisce digitale un segnale che può assumere solo un numero limitato di valori questo significa che il segnale po’ essere rappresentato dalla sequenza di numeri che rappresentano i valori. Un caso particolare di segnale digitale è quello che può assumere solo due valori, in questo caso si parla di segnale digitale binario.

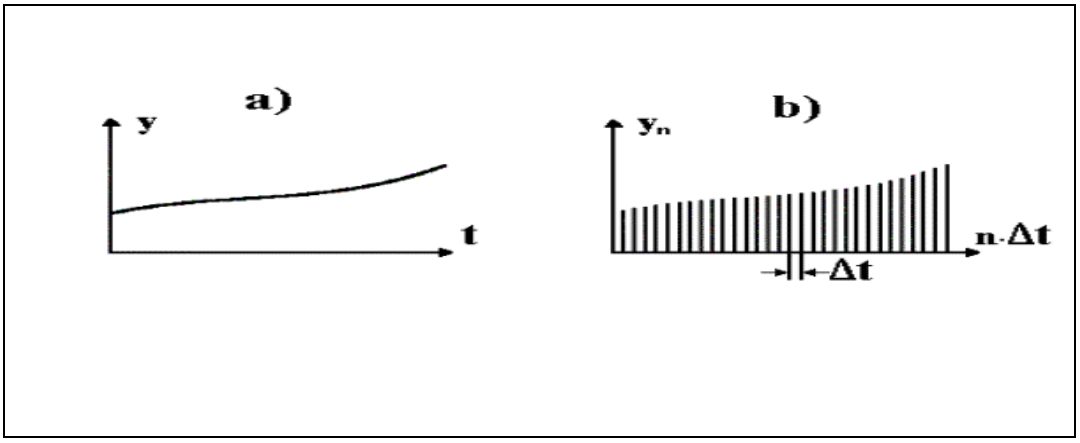


Segnale Analogico

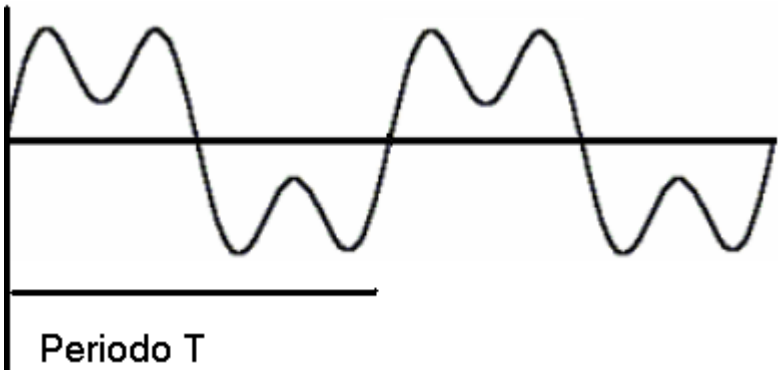


Segnale digitale

Un segnale è detto discontinuo nel tempo quando l’informazione in esso contenuta rispetta una cadenza temporale; questo avviene se esiste una sequenza di intervalli di tempo uguali nei quali il segnale o presenta un breve impulso o si mantiene costane per tutto l’intervallo. In ogni caso nell’intervallo di tempo può essere rappresentato da un unico valore.



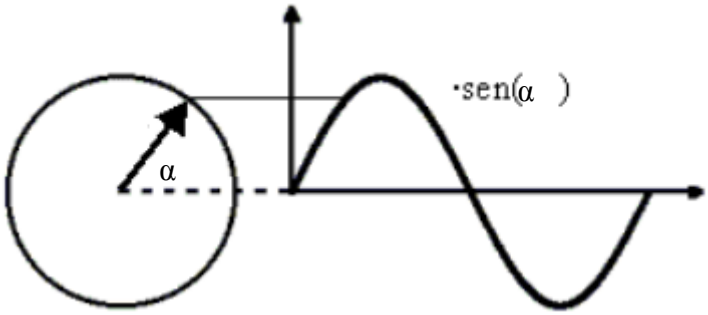
Segnali periodici e aperiodici:
Un segnale si definisce periodico se per qualsiasi istante t v(t)=(t+T) dove T denominata periodo è il più piccolo intervallo di tempo che realizza tale condizione in pratica è il tempo minimo di ripetizione questo significa che il segnale ripete le stesse caratteristiche ogni T tempo. I segnali che non presentano periodicità di riproduzione sono detti aperiodici.



Il numero di cicli f che il segnale compie nell'unità di tempo è detto frequenza si ottiene dividendo l'unità di tempo per la durata del periodo T $f = \frac{1}{T}$ se l'unità di tempo è il secondo la frequenza risulterà misurata in cicli al secondo è la sua unità di misura è l'hertz (Hz). $1Hz = \frac{1ciclo}{s}$

Segnali sinusoidali

Dalla trigonometria sappiamo che la funzione sinusoidale $y(\alpha) = sen(\alpha)$ è una funzione trigonometrica questa è una funzione periodica di periodo 2π.



Con la definizione di frequenza è possibile rappresentare la funzione seno in ambito temperole in questo modo: $y(t) = sen(2\pi \bullet f \bullet t)$ infatti per t=T risulta $y(t) = sen(2\pi \bullet f \bullet t) = sen(2\pi \bullet f \bullet \frac{1}{f})$ e cioè $sen(2\pi)$ quindi la funzione seno può essere rappresentata sia in funzione dell'angolo che del tempo. Per dare maggiore compattezza alla formula precedente viene definita una nuova grandezza detta pulsazione così definita: $\omega = 2 \bullet \pi \bullet f$ ovviamente si misura in radianti al secondo.

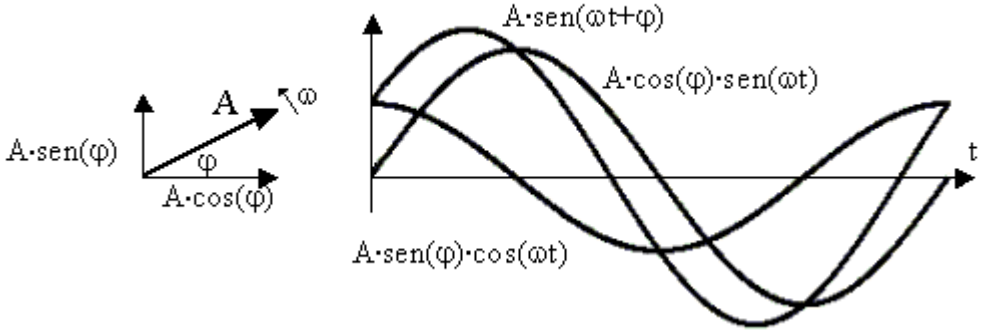
A questo punto possiamo rappresentare la funzione seno come $y(t) = sen(\omega \bullet t)$

Ora un segnale sinusoidale qualsiasi si differenzia dal seno per il fatto che può ovviamente avere una ampiezza diversa da 1 e una fase diversa da 0. Indicando quindi con φ_0 la fase iniziale con A_0 l'ampiezza e con ω_0 la pulsazione si ricava l'espressione generale di un segnale sinusoidale:

$$y(t) = A_0 sen(\omega_0 \bullet t + \varphi_0)$$

Qualsiasi posizione intermedia può allora essere vista come una composizione di una sinusoide di determinata ampiezza e di una cosinusoide generalmente di altra ampiezza

$A \cdot sen(\omega_0 t + \varphi_0) = A \cdot cos(\varphi_0) \cdot sen(\omega_0 t) + A \cdot sen(\varphi_0) \cdot cos(\omega_0 t)$



Teorema di fourier:

Se x(t) è periodica, posso scriverla nella forma:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)]$$
,

dove

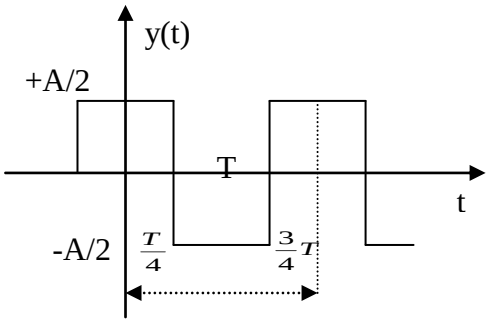
$$a_0 = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)dx \quad , \quad a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\cos(nx)dx \quad \text{e} \quad b_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\sin(nx)dx$$
;

questa è la serie di Fourier della funzione.

ogni termine della sommatoria si chiama ormonica ed in particolare per k=1 si ha l'armonica fondamentale.

Noi non faremo tutti questi calcoli matematici ma semplicemente verificheremo con un esempio pratico quanto esposto. I termini $|C_k|$ rappresentano le ampiezze delle armoniche e sono presi in valore assoluto perché in qualche modo non ha senso parlare di ampiezza negativa e in ogni caso quando la funzione si trova al di sotto dell'asse x e quindi avrebbe una ampiezza negativa basta sfasarla di 180° per avere il valore positivo.

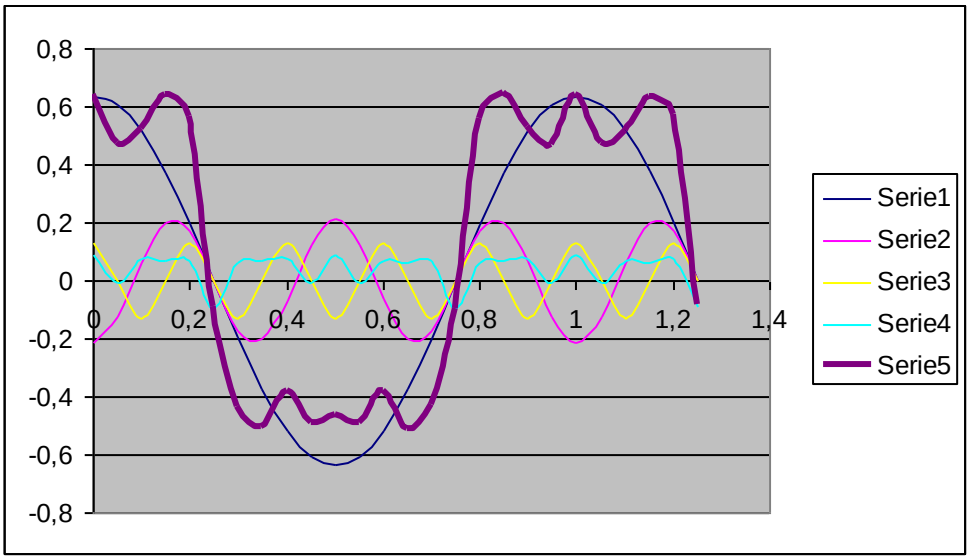
Consideriamo la seguente onda quadra



In questo caso $C_0=0$ e le quantità $|C_0|$ $|C_1|$ $|C_2|$ $|C_3|$ ecc..

Valgono rispettivamente $\frac{2a}{\pi}, 0, \frac{2a}{3\pi}, 0, \frac{2a}{5\pi}, 0, \frac{2a}{7\pi}$.....

$|c_k| = \frac{2a}{k\pi}$ per k dispari ed è uguale a 0 per k pari. Si può notare che i termini C_k decrescono all'aumentare di k e che quindi le armoniche avranno ampiezze sempre più piccole. Sviluppando con excel le prime quattro armoniche si ottiene il grafico seguente che assomiglia già molto all'onda in esame.

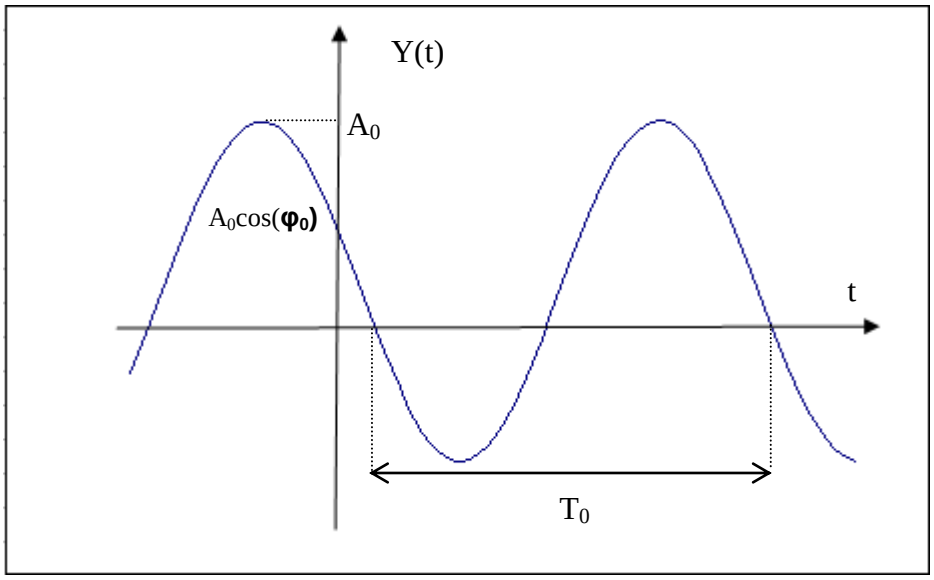


di solito bastano le prime sette per avere risultati molto soddisfacenti.

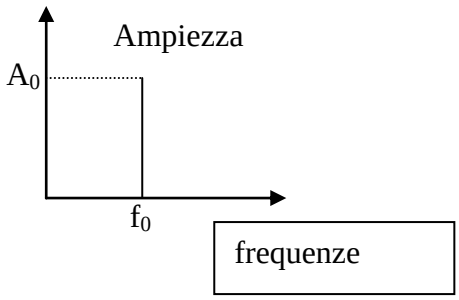
Definizione di spettro di un segnale sinusoidale

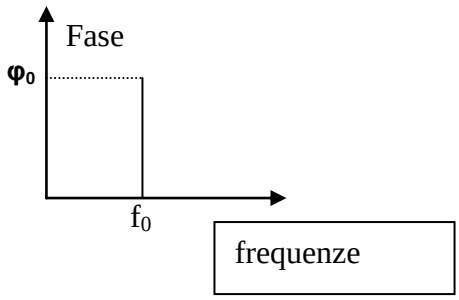
Da quanto esposto fin qui risulta del tutto evidente che un segnale sinusoidale può esser completamente descritto dalle sue tre componenti (Fase Ampiezza e frequenza) e pertanto si definisce spettro di una funzione sinusoidale una rappresentazione della funzione che prescindendo completamento dalla variabile tempo esprime le variazione del segnale mediante queste tre grandezze si hanno così due grafici detti rispettivamente spettro di ampiezza e spettro di fase entrambi rappresentati in funzioni della frequenza. Si dice anche che mediante lo spettro di una funzione si passa dal dominio del tempo a quello delle frequenze.

Esempio:



Lo stesso segnale può essere rappresentato in modo molto più semplice mediante gli spettri di ampiezza e di fase:

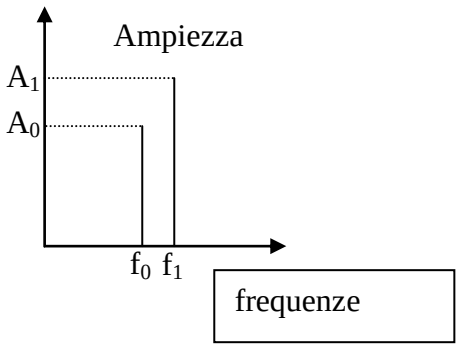


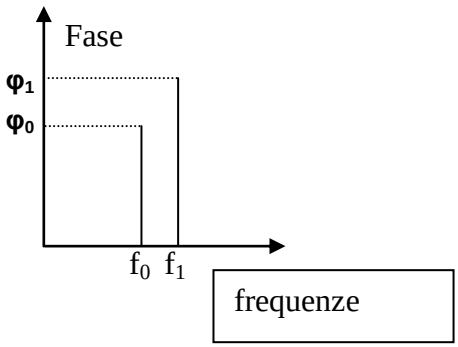


La comodità della rappresentazione spettrale è del tutto evidente nel caso di segnali complessi, cioè dati da somme di sinusoidi e questo praticamente sempre dato il teorema di fourier.

esempio

$$y(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) + A_1 \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1)$$



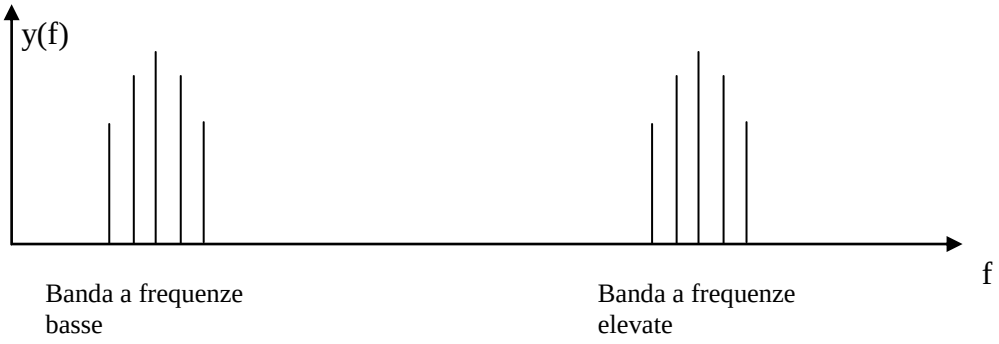


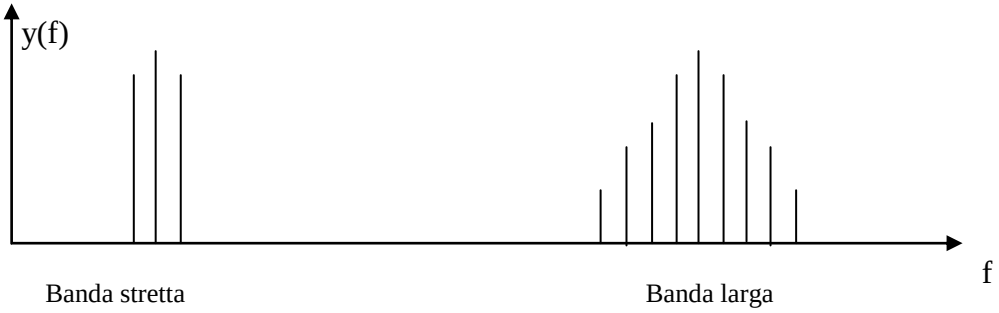
Non solo con i due grafici precedenti si ottengono le stesse informazioni dell'espressione temporale ma grazie al concetto di spettro è possibile introdurre l'importantissimo concetto di banda.

Si definisce Banda B di un segnale l'insieme delle frequenze delle sinusoidi che ne compongono lo spettro.

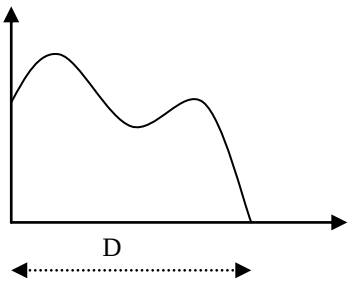
Con questa definizione la banda di un segnale è infinita visto che le armoniche che lo compongono sono infinite, ma siccome abbiamo visto che l'ampiezza delle armoniche è inversamente proporzionale a K si ha che dopo un certo numero di armoniche il contributo dalle successive è quasi nullo e quindi è possibile approssimare la banda ad un valore finito.

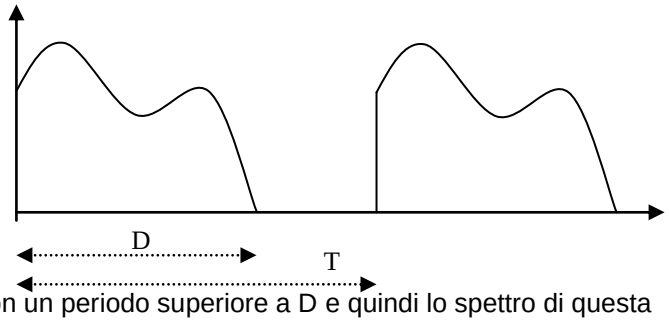
In ogni caso un segnale può avere una banda più o meno larga e localizzata a frequenze più o meno basse.



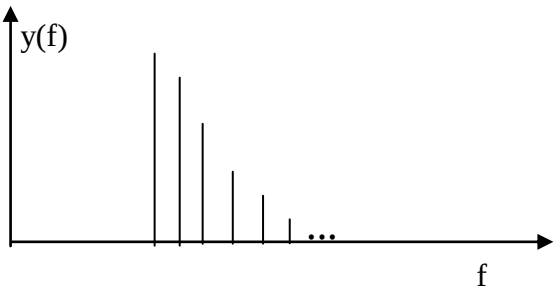


Anche il canale ha una banda ed essa si definisce come l'insieme delle frequenze che è in grado di trasportare. Per concludere Fourier ha dimostrato che anche un segnale non periodico che è rappresentato da un'area finita può essere rappresentato mediante somme di sinusoidi. si consideri una funzione come quella del grafico seguente:





si può sempre considerare una sua replica con un periodo superiore a D e quindi lo spettro di questa funzione sarebbe qualcosa simile al grafico seguente:



Ovviamente se si distanzia di più la replica fittizia si infittiscono le righe dello spettro e per un periodo che tende a infinito per rendere ideale il concetto di replica del segnale originario le righe dello spettro si inviluppano diventando un segnale a sua volta continuo. Non è tanto importante capire fino in fondo questo concetto ma è essenziale capire che se si sviluppa come somme di sinusoidi un segnale qualsiasi il suo spettro contiene anche le infinite repliche.