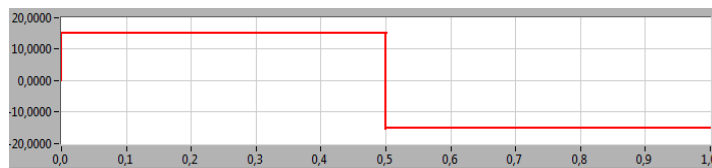


Un segnale periodico può essere considerato come la somma di armoniche più una costante che indica il valor medio.

Un'armonica è una senoide con una determinata ampiezza, fase e frequenza. In particolare, la frequenza della prima armonica corrisponde a quella fondamentale, del segnale stesso, mentre le successive armoniche hanno frequenza multipla di quella fondamentale.

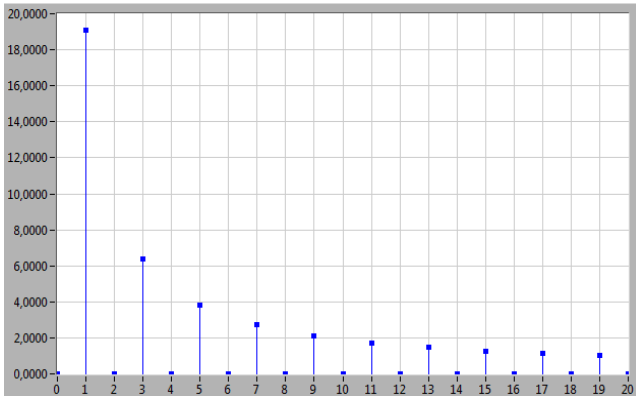
Ciascun segnale periodico può essere rappresentato:

- Spettro delle ampiezze (o modulo): indica, in funzione della frequenza, le ampiezze (C) delle armoniche che compongono il segnale;
- Spettro della fase: indica, in funzione della frequenza, la fase di ogni armonica che compongono il segnale.



Analizzando un'onda quadra ( $A = 15V$   $T = 1s$   $f = \frac{1}{T} = 1Hz$ ) si possono fare le seguenti considerazioni:

1. Le ampiezze delle varie armoniche si determinano come  $C_k = \frac{4}{k\pi} A$ , dove  $k$  indica il numero dell'armonica ed  $A$  indica l'ampiezza del segnale;
2. Le uniche ampiezze significative sono quelle dispari, in quanto quelle pari non aiutano a costruire il segnale originario per cui le ampiezze risultano uguali a zero Volt;
3. Le varie armoniche possiedono fase zero, poiché solo in questa posizione concorrono a migliorare la qualità del segnale.



L'immagine a lato mostra lo spettro delle ampiezze del segnale ad onda quadra e si può notare che:

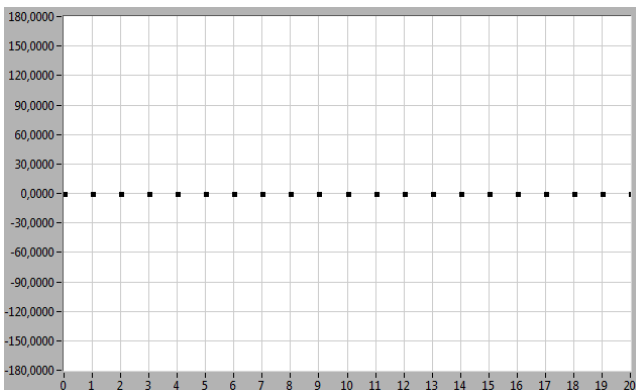
$$C_1 = \frac{4A}{\pi} = 19,1 \text{ V } f = 1Hz$$

$$C_2 = 0 \text{ V } f = 2Hz$$

$$C_3 = \frac{4A}{3\pi} = 6,4 \text{ V } f = 3Hz$$

$$C_4 = 0V$$

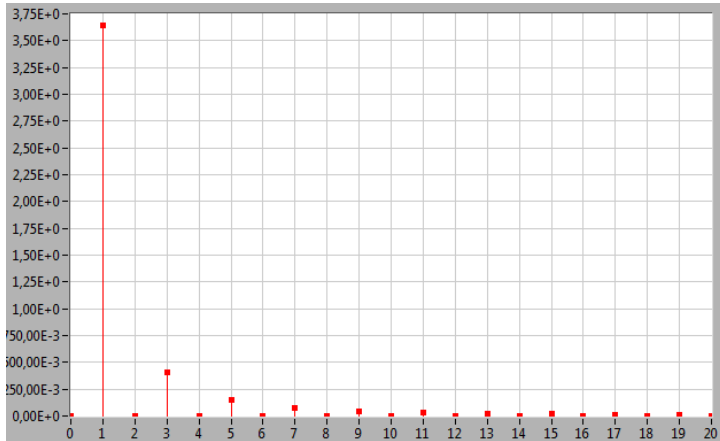
$$C_5 = \frac{4A}{5\pi} = 3,8 \text{ V } f = 4Hz$$



A lato viene mostrato lo spettro della fase ma nell'analizzatore di spettro esso non è riportato a causa della sua poca rilevanza.

L'analizzatore di spettro mostra solamente lo spettro di potenza di un segnale, ovvero mostra la potenza di  
 delle singole armoniche di un segnale la quale essendo sinusoidali si calcola come  $P = \frac{(C_k / \sqrt{2})^2}{R} [W]$ .

Questo dato è quello che realmente serve perché indica l'effettiva potenza ("importanza") di  
 ciascun'armonica.



Si può notare che, considerando la  
 resistenza interna dell'analizzatore di  
 spettro: ( $R = 50\Omega$ ):

$$P_1 = \frac{(C_1 / \sqrt{2})^2}{R} = 3,65W$$

$$P_2 = 0W$$

$$P_3 = 0,4W$$

$$P_4 = 0W$$

$$P_5 = 0,14W$$

$$P_6 = 0W$$

$$P_7 = 0,07W$$

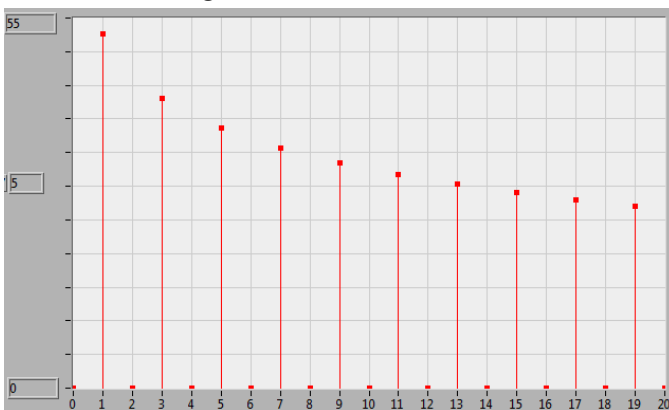
La potenza del segnale originario ad onda quadra può essere calcolata come  $P = \frac{V^2}{R} [W]$ , la potenza del

segnale si può ottenere sommando la potenza di ciascuna armonica; il segnale è costituito da infinite  
 armoniche ma si può notare che più alto è il numero delle armoniche e più bassa è la potenza, per cui  
 sommando un certo numero di potenze si può ottenere una buona approssimazione:

$$P_{segnale} = \frac{V^2}{R} = 4,5W$$

$$P_{segnale} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} = 3,94W$$

In realtà, l'analizzatore di spettro mostra lo spettro di potenza di un segnale ma con la potenza espressa in  
 dBm ( $P = 10\log(P[mW])$ ).



In questo modo si può migliorare la qualità della  
 visualizzazione in quanto vengono "ristretti" i  
 valori alti di potenza e "allargati" quelli bassi.

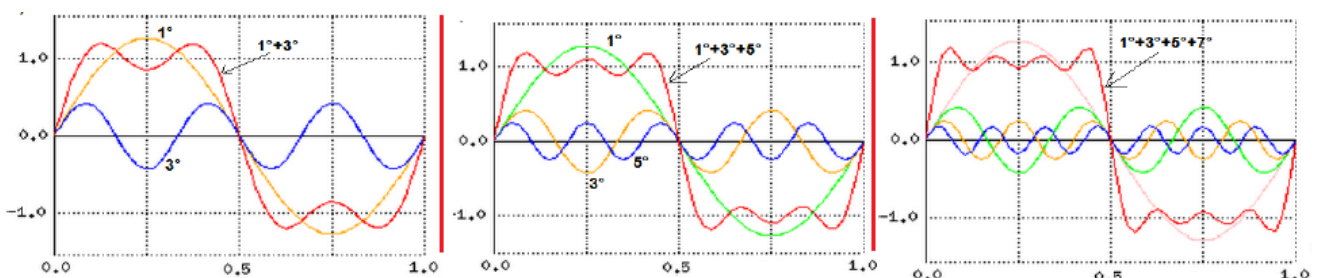
$$P_1 = 35,6dBm$$

$$P_2 = 0dBm$$

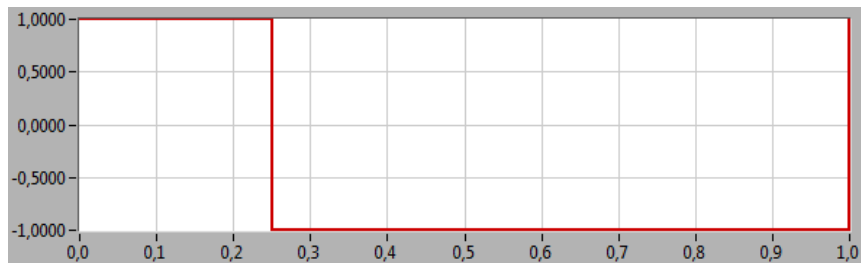
$$P_3 = 26dBm$$

$$P_4 = 0dBm$$

Procedendo a ritroso si può dimostrare che sommando un certo numero di armoniche ci si avvicina sempre  
 più al segnale originario:

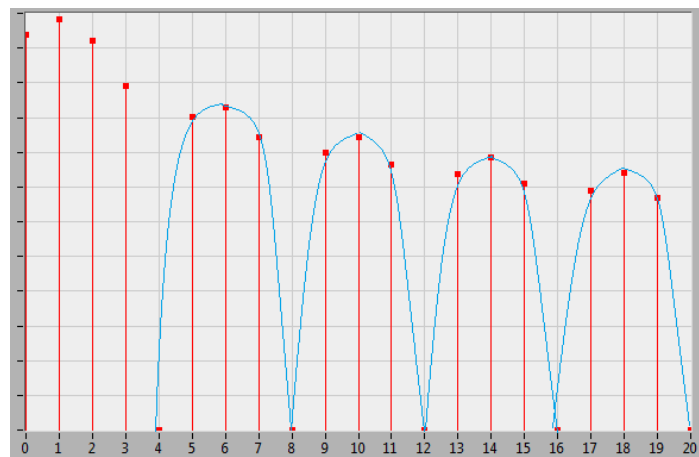


Modificando il duty cycle del segnale ad onda quadra si può notare che si ottiene uno spettro a “lobi”:



- $DC = \frac{1}{4} = 25\%$

Lo spettro di tale segnale possiede una armonica con ampiezza uguale a zero ogni cinque, come si può notare nello spettro sottostante (denominato a lobi)



*Titolo: Analizzatore di spettro*

**Nome:** Samuele Sandrini

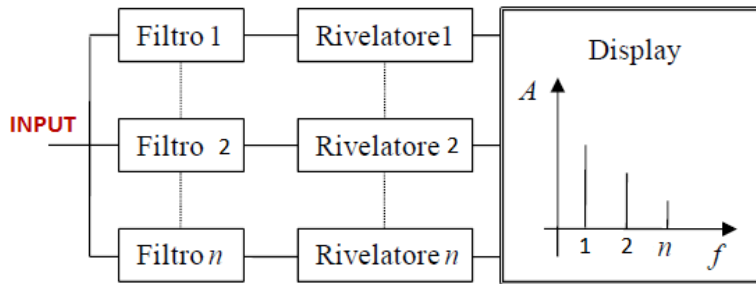
**4AT**

**07/04/15**

L'analizzatore di spettro è uno strumento che permette di visualizzare lo spettro di un segnale in ingresso. A differenza dell'oscilloscopio, esso fa un'analisi nel dominio della frequenza e non nel tempo: lungo l'asse delle ascisse si trovano i valori di frequenza.

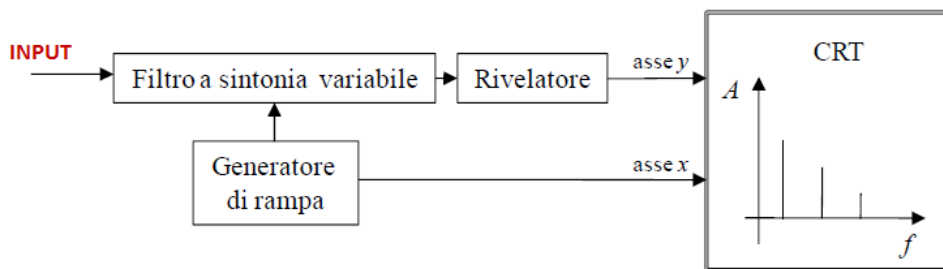
Vi sono differenti tipologie di analizzatori quali:

**ANALIZZATORE DI SPETTRO A BANCHI DI FILTRO**



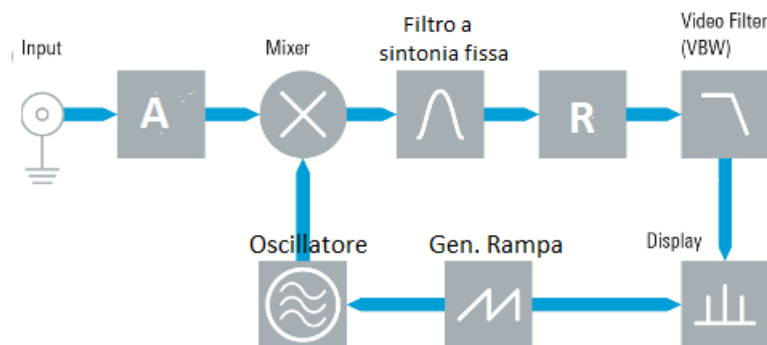
- **Real time a banchi di filtri:** il segnale in ingresso passa attraverso filtri passa banda e tramite dei rivelatori di ampiezza si determina l'ampiezza di ciascun armonica, la quale viene visualizzata sullo schermo;

**FILTRO CON FILTRO A SINTONIA VARIABILE**



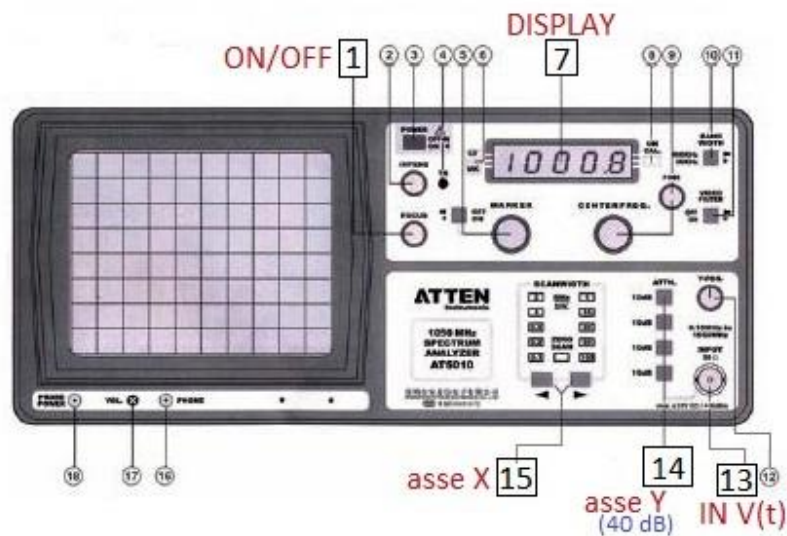
- **Con filtro a sintonia variabile (Sweep Tuned):** è caratterizzato da un'analisi sequenziale ottenuta muovendo un filtro lungo lo spettro. Per modificare la sintonia del filtro si usa un generatore di rampa (che determina la frequenza: asse x), mentre per l'ampiezza di ciascun armonica vi è un rivelatore.

**FILTRO CON SPOSTAMENTO IN FREQUENZA DEL SEGNALE**



- **Con spostamento in frequenza del segnale:** lo spettro del segnale viene mosso lungo un filtro a banda passante con sintonia fissa.
- **Digitale:** utilizza l'algoritmo FFT (Fast Fourier Transform) relativo alla trasformata di Fourier.

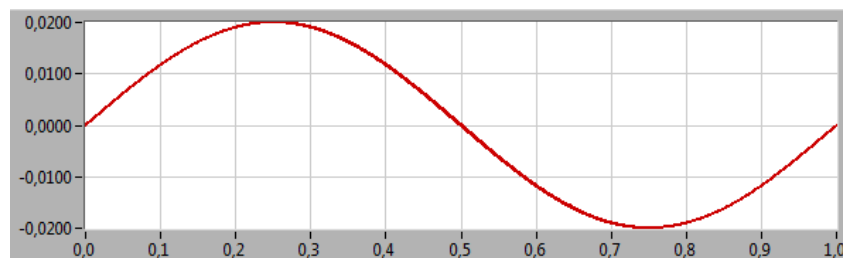
## FRONTALE ANALIZZATORE DI SPETTRO



Come si può notare, il display è formato da 9 linee orizzontali (distanzo 10 dBm). L'asse X essendo espressa in dBm non ha un valore minimo (-infinito), il datasheet dello strumento indica a quanti dBm corrisponde la linea orizzontale più bassa in corrispondenza alle attenuazioni in ingresso introdotte (tasto 14).

### Esperienza di laboratorio:

- Utilizzando il generatore di funzioni è stata generata un'onda sinusoidale di ampiezza 20 mV e di frequenza pari a 500kHz



- Prima armonica:

$$P_1 = \frac{V_{eff}^2}{R_{riferimento}} = \frac{(20m/\sqrt{2})^2}{50} = 4 \cdot 10^{-6} W = 4 \mu W = 0,004 mW$$

$$P_{[dBm]} = 10 \log(0,004) = -24,0 dBm$$

- è stato collegato il generatore di funzioni all'analizzatore di spettro;
- è stato notato che affiorano altre armoniche oltre la prima e questo è dovuto dal fatto che il segnale generato non è perfetto.

