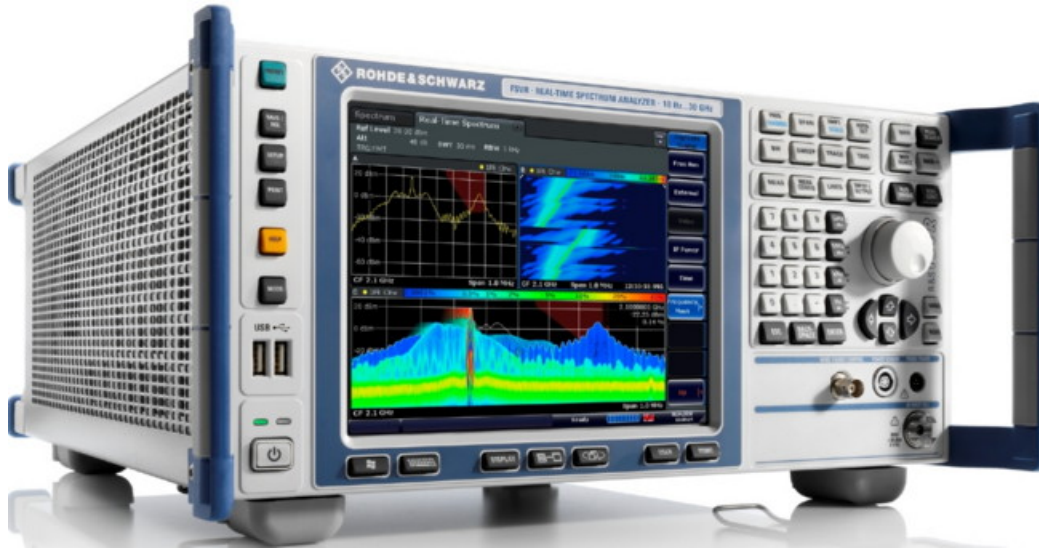




Riccardo Guerra (Guerra)

## LA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA, SECONDA PARTE

9 June 2012



*analizzatore di spettro*

Dal primo gennaio 1996 per poter immettere nel mercato dei paesi membri della Comunità Europea qualsiasi apparecchio che per il suo funzionamento utilizzi energia elettrica, si deve dimostrare che questo soddisfa ad una serie di norme prescritte dalla **Direttiva Europea** 89/336/CEE del 1989 ora sostituita dalla **2004/108/CE**. Sono stabiliti due importanti principi generali:

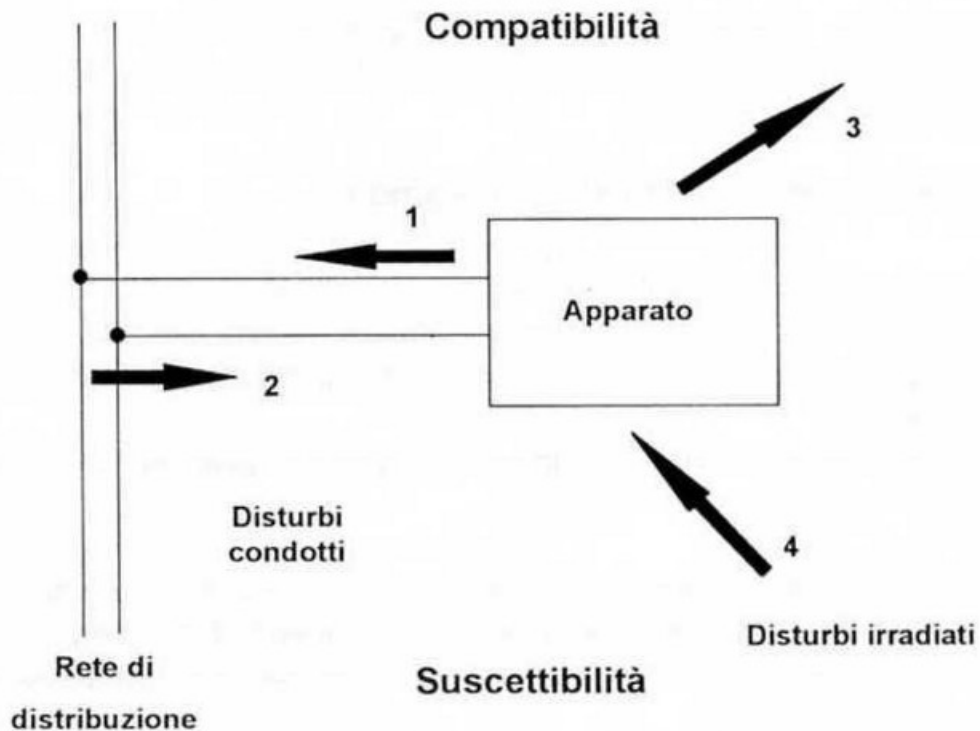
1. i disturbi elettromagnetici generati da un apparato durante il suo funzionamento devono essere di entità tale da non compromettere la funzionalità di altri dispositivi;
2. l'apparato deve essere in grado di svolgere correttamente la sua funzione anche in presenza di altri apparati che disturbano.

Un prodotto che soddisfa alla prima condizione si dice **elettromagneticamente compatibile**. La seconda condizione può essere espressa mediante due proprietà complementari:

- *immunità*: l'apparecchiatura deve essere in grado di funzionare anche in presenza di disturbi, purchè inferiori ad un limite stabilito;
- *suscettibilità*: l'apparecchiatura può essere sensibile all'effetto di disturbi solo se superiori ad un limite fissato.

Quanto stabilito dalla direttiva in termini generali è specificato in modo dettagliato da un insieme di norme relative alla compatibilità elettromagnetica. In tali norme sono riportati ad esempio i limiti massimi che non devono essere superati dai disturbi generati da un apparato in tutte le sue possibili condizioni di impiego. Questi limiti variano a seconda delle categorie dei prodotti, alle caratteristiche del loro funzionamento ed impiego. I disturbi argomento delle norme sono suddivisi in due categorie per ognuna delle quali sono diversi i limiti massimi da non superare, il campo di frequenza da considerare e la strumentazione da utilizzare per la loro valutazione.

- **disturbi condotti**: quei disturbi che si propagano attraverso conduttori (150 kHz - 30 MHz)
- **disturbi irradiati**: tutti quei disturbi che utilizzano l'etere per la loro propagazione (30 MHz - 1 GHz)



*disturbi*

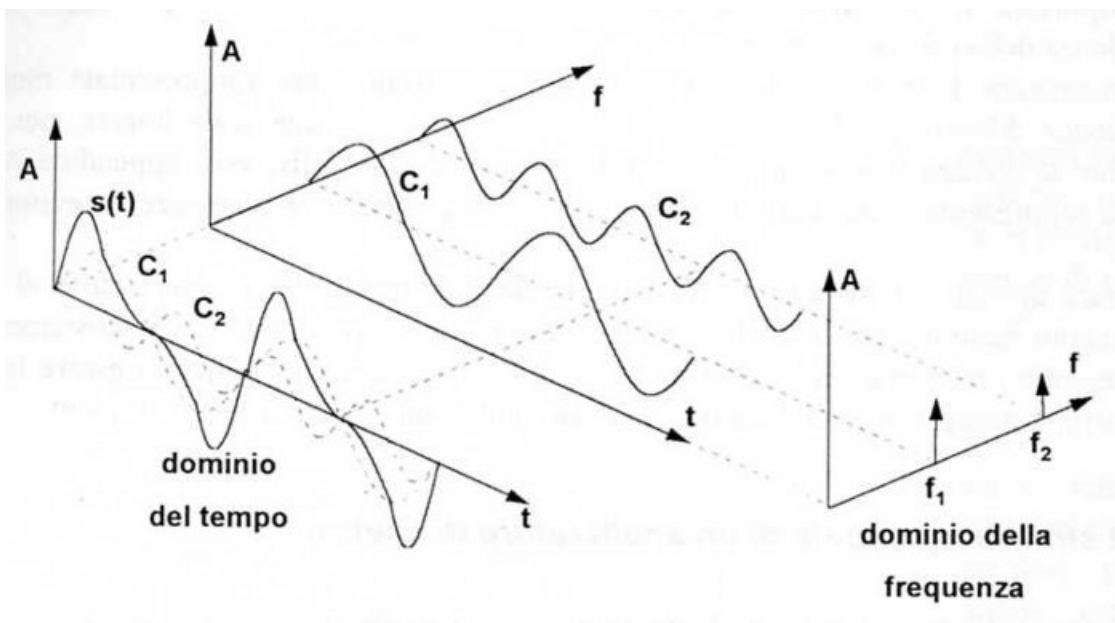
Nella figura si distinguono 4 diversi tipi di disturbi:

- i disturbi 1 e 3 sono emessi dall'apparato e quindi si riferiscono alla compatibilità;
- i disturbi 2 e 4 provengono da sorgenti esterne; la suscettibilità o immunità prevede che l'apparato funzioni correttamente anche in presenza di tali disturbi;
- i disturbi 1 e 2 sono disturbi condotti;
- i disturbi 3 e 4 sono disturbi irradiati.

Le norme stabiliscono limiti di ampiezza massima dei disturbi nei diversi intervalli di frequenza. Perciò è necessario disporre di uno strumento in grado di valutare l'ampiezza delle componenti spettrali presenti in un disturbo nei diversi campi di frequenza. Lo strumento in grado di fornire queste informazioni è l'**analizzatore di spettro**. Uno dei principali problemi che si incontra nella valutazione dei disturbi elettromagnetici è la ripetibilità dei risultati che si ottengono nelle singole prove. Perciò le norme stabiliscono dettagliatamente le condizioni che devono essere soddisfatte non solo dalla strumentazione da utilizzare, ma anche dall'ambiente dove si eseguono tali prove. *Le prove di qualificazione* si eseguono in laboratori adeguatamente attrezzati e specializzati. Questo tipo di prove spesso sono molte costose, perciò è opportuno eseguire una serie di attività preliminari dette prove di **pre qualificazione** (precompliance).

## L'analizzatore di spettro

Che cos'è lo spettro di un segnale?



### *spettro di un segnale*

Date le componenti sinusoidali  $c_1(t)$  e  $c_2(t)$  di diversa ampiezza e frequenza, dalla loro composizione  $[c_1(t) + c_2(t)]$  nel dominio del tempo, si ottiene un segnale  $s(t)$ , la cui forma d'onda è ancora periodica, ma non più sinusoidale. Si può dedurre che la distorsione della forma d'onda del segnale  $s(t)$  è funzione delle ampiezze, frequenze e fasi dei due segnali sinusoidali  $c_1(t)$  e  $c_2(t)$ . In pratica il segnale che si ha a disposizione è la composizione delle due sinusoidi, cioè l'andamento temporale del segnale distorto  $s(t)$ . Da tale andamento temporale si vuole risalire alla valutazione delle componenti sinusoidali che lo compongono; queste componenti rappresentano lo spettro del segnale ed ognuna di esse prende il nome di **componente spettrale**.

Un generico segnale può essere ottenuto dal contributo di numerose componenti spettrali; la caratterizzazione di ogni componente richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- ampiezza  $A$ ;
- frequenza  $f$ ;
- fase ( $\emptyset$ ).

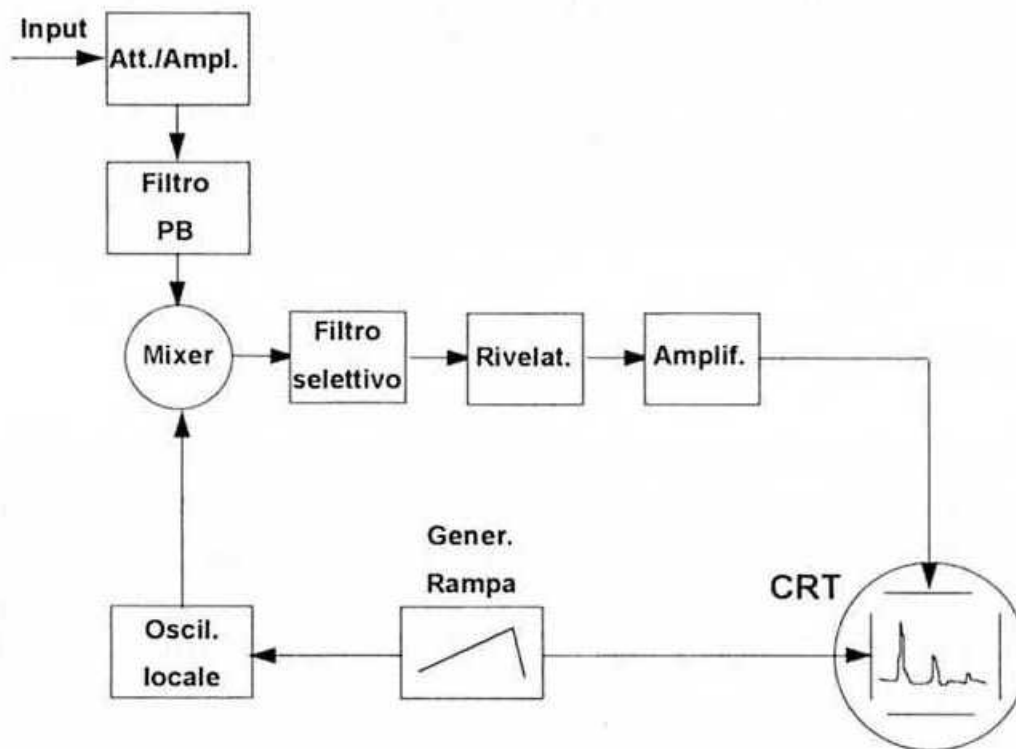
Le norme stabiliscono il valore di ampiezza massima delle componenti spettrali nei vari campi di frequenza, mentre non ha interesse la fase. L'analizzatore di spettro è uno strumento che, a partire dall'andamento temporale di un segnale, è in grado di individuare e valutare le componenti sinusoidali in esso presenti. Per convenzione l'ampiezza di ogni componente spettrale è rappresentata mediante *il suo valore efficace*. Mentre per le frequenze è usuale l'impiego di una scala lineare, le ampiezze sono visualizzate mediante una scala logaritmica tarata in **dB**, in quanto questa consente la rappresentazione sullo stesso grafico di componenti con ampiezze notevolmente diverse tra loro.

### **La struttura generale di un analizzatore di spettro**

Per effettuare l'analisi spettrale di un segnale disponibile nel dominio del tempo, si possono adottare varie metodologie:

- **elaborazione numerica**; un tipico algoritmo utilizzato per passare dal dominio del tempo a quello della frequenza è la **fast Fourier Transform (FFT)**;
- **batteria di filtri a sintonia fissa**; si utilizza una batteria di filtri selettivi fissi con le relative frequenze centrali uniformemente distribuite in un intervallo di frequenza;

- **filtro selettivo a sintonia variabile;**
- **struttura supereterodina;** il segnale di ingresso è progressivamente traslato in frequenza in modo tale che le sue diverse porzioni frequenziali si trovino in corrispondenza alla frequenza centrale  $f_i$  di un filtro selettivo a sintonia fissa.



*analizzatore di spettro analogico*

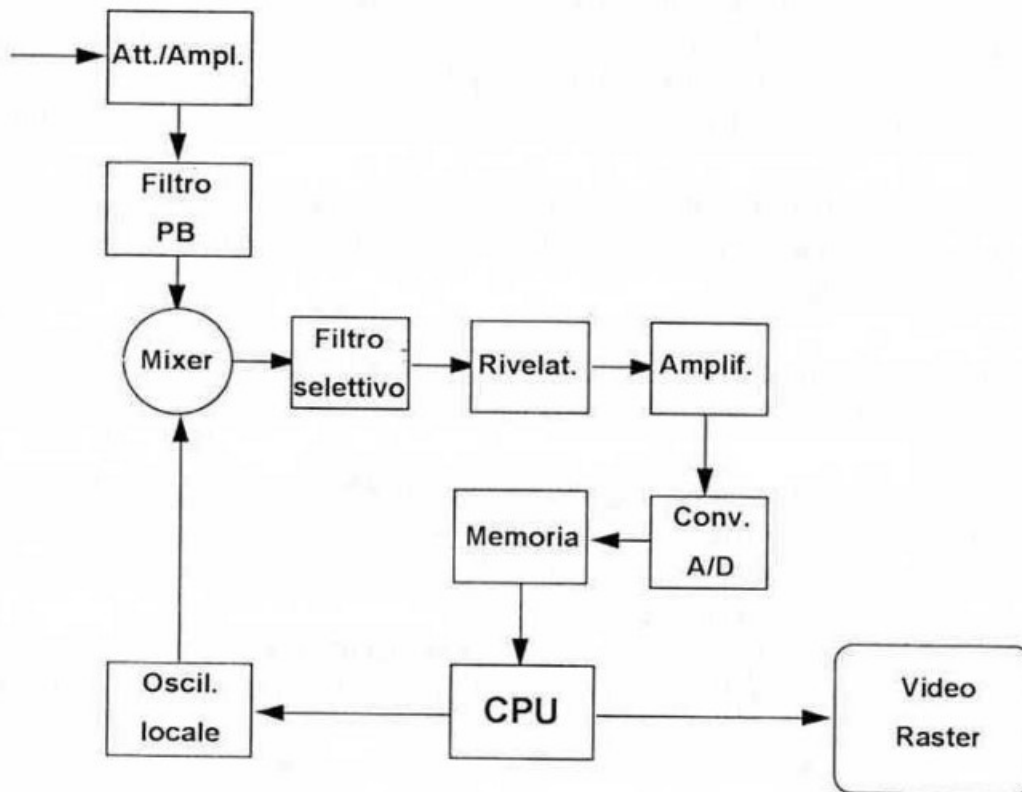
Il segnale di ingresso dopo un condizionamento iniziale mediante un blocco di attenuazione/amplificazione ed un filtro passa basso è inviato ad uno dei due ingressi del blocco che prende il nome di **mixer**, mediante il quale si effettua la traslazione in frequenza delle componenti spettrali del segnale. All'altro ingresso è inviato il segnale generato da un *oscillatore locale* interno allo strumento, la cui frequenza può essere variata con legge nota. Il segnale in uscita dal mixer ha una composizione spettrale con componenti la cui frequenza è combinazione della frequenza del segnale fornito dall'oscillatore locale e della frequenza delle componenti del segnale studiato. Il successivo **filtro selettivo** con frequenza centrale  $f_i$  isola una di queste componenti; in uscita si ha quindi un segnale con:

- frequenza fissa  $f_i$ ;

- ampiezza legata all'ampiezza di una componente spettrale del segnale di ingresso.

Il segnale in uscita dal filtro selettivo è inviato ad un blocco rivelatore, che ha la funzione di ricavare la sua ampiezza. Il segnale ottenuto previo adattamento è inviato alle placchette di deflessione verticale di un tubo a raggi catodici (tubo vettoriale).

Variando la frequenza del segnale dell'oscillatore locale è possibile traslare in frequenza tutte le componenti del segnale studiato. La frequenza è variata con continuità utilizzando una tensione di comando a rampa, inviata all'oscillatore da un generatore interno allo strumento.



*analizzatore di spettro con visualizzazione digitale*

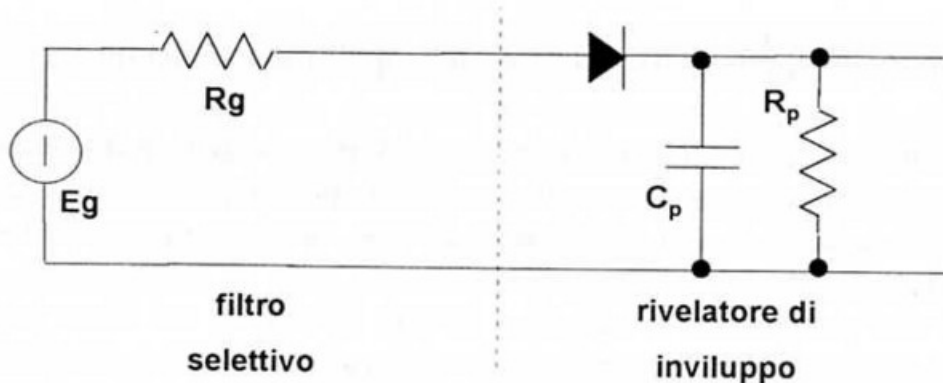
Il segnale in uscita dal mixer contiene anche altre componenti spettrali. Per evitare di avere il contemporaneo contributo di più componenti del segnale di ingresso, è possibile intervenire sul segnale di ingresso limitandone la banda, ad esempio eliminando tutte le componenti con frequenza superiore a  $f_i$ .

Vi sono componenti che si sovrappongono al segnale utile non eliminabili dal filtro passa basso. Unica possibilità è quella di ricorrere ad un **filtro selettivo** all'ingresso dello strumento con frequenza centrale variabile e legata alla frequenza dell'oscillatore locale in modo da impedire alla componente che non interessa di fornire un contributo al segnale in uscita dal filtro selettivo a sintonia fissa. Si tratta cioè di un *filtro selettivo a sintonia variabile*, che prende il nome di **preselettore**.

Tra i parametri che possono essere scelti dall'operatore vi sono la **velocità di spazzolamento**, legata alla pendenza della rampa utilizzata per la variazione di frequenza del segnale fornito dall'oscillatore locale, e il **campo di frequenza** ove effettuare l'analisi.

Lo scopo del blocco di rivelazione è quello di estrarre dal segnale in uscita dal filtro selettivo con frequenza intorno a  $f_i$  un valore che lo caratterizzi e che possa essere utilizzato per ottenere una visualizzazione dello spettro sullo schermo.

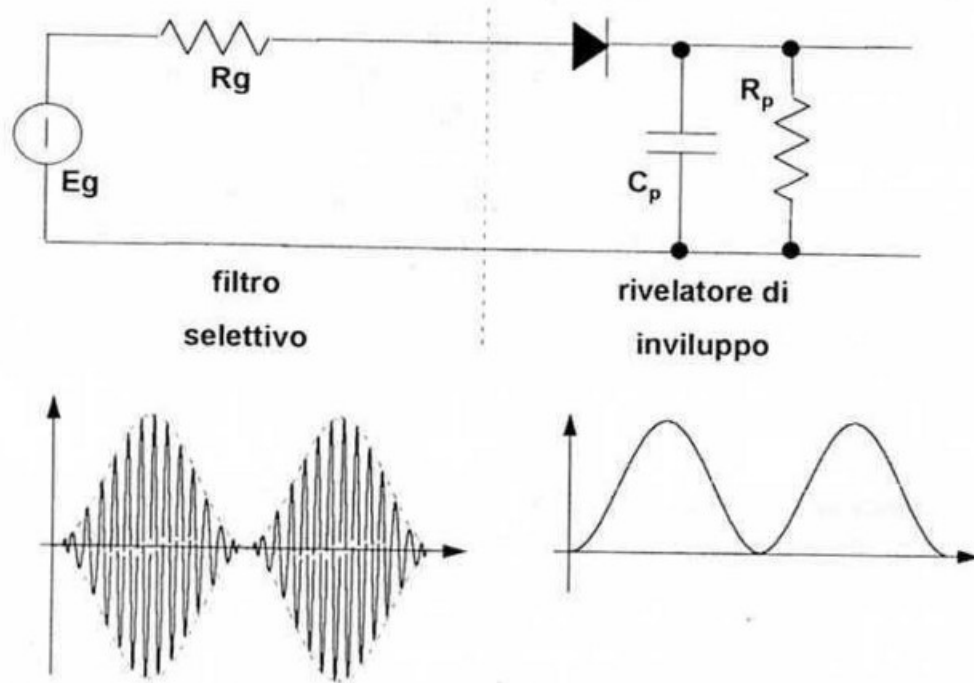
Lo schema di principio di un **rivelatore di inviluppo** può essere rappresentato così:



*rivelatore di inviluppo*

Per la caratterizzazione del circuito di rivelazione sono necessari due parametri principali e precisamente la costante di **tempo di carica** del condensatore, quando il diodo conduce, e il **tempo di scarica**, quando il diodo è interdetto.

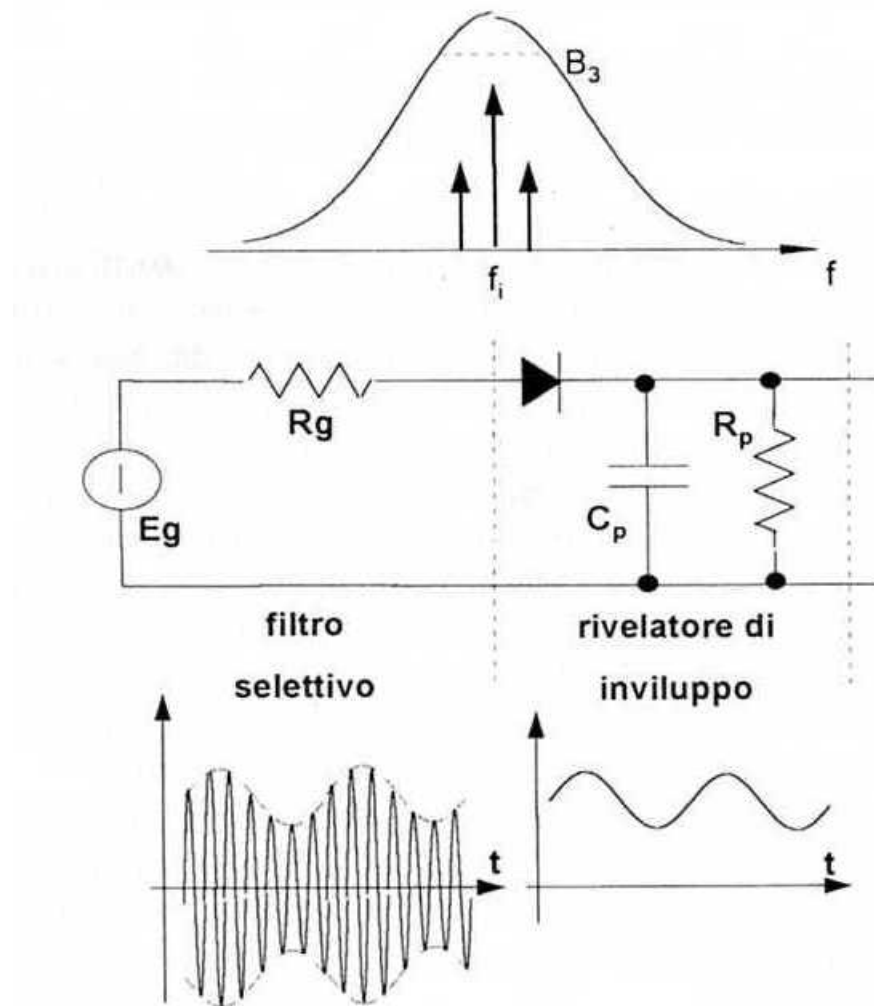
Due componenti spettrali di uguale ampiezza all'interno del filtro selettivo.



*esempio di due componenti spettrali di uguale ampiezza*

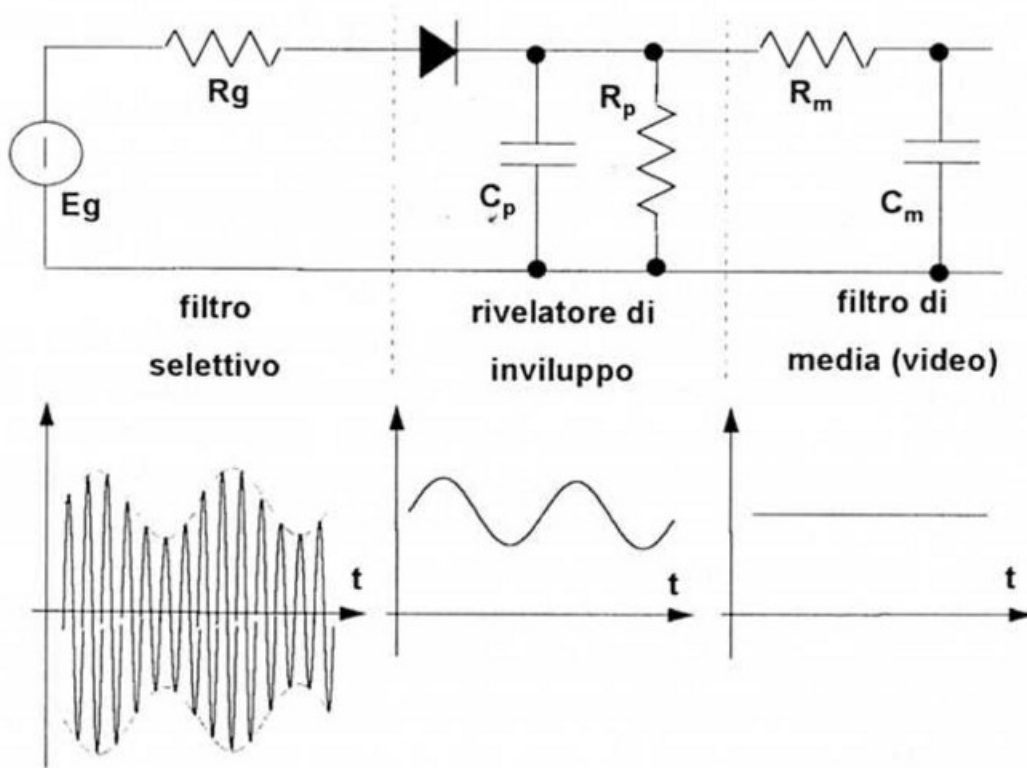
Portante modulata in ampiezza





*esempio portante modulata in ampiezza*

Rivelatore di media



*rivelatore di media*

Mentre in un analizzatore propriamente detto non è previsto **il rivelatore di quasi picco**, esso deve essere presente nella strumentazione utilizzata per l'analisi di segnali per la compatibilità elettromagnetica in quanto prescritto esplicitamente dalle norme. Con questo tipo di rivelatore le norme vogliono ottenere una indicazione del "disagio" provocato dal disturbo. Se consideriamo un sistema elettronico con una uscita audio, è intuitivo che il disagio arrecato all'ascoltatore è diverso se il disturbo è di tipo impulsivo oppure il rumore sovrapposto al segnale utile è presente in continuità.

Lo schema di principio di un rivelatore di quasi picco è simile a quello di un rivelatore di picco o inviluppo con delle differenze nei valori delle costanti di tempo di carica e scarica. E' inoltre stabilita anche la costante di tempo del successivo blocco indicatore; l'effetto è approssimativamente equivalente ad una successiva operazione di media imposta al segnale di uscita del rivelatore di quasi picco.

## Bibliografia

*Appunti e dispense prof. C.Offelli*

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Guerra:la-compatibilit-elettromagnetica-seconda-parte>"