

## SEGNALI DIGITALI

# Misure a Radiofrequenza\*

**L'**articolo passa in rassegna le varie misure da condurre e i parametri da rispettare spiegando, ove sia necessario, i diversi comportamenti di un segnale digitale rispetto ad uno analogico.

FIGURA 1. SPETTRO A RADIOFREQUENZA



Sulla sinistra lo spettro di un segnale analogico, 1 programma per ogni canale; si distinguono le portanti video, audio e colore. A destra lo spettro di un segnale digitale, molti programmi per ogni canale. Non si distinguono i singoli contributi.

■ La differenza tra un segnale analogico e uno digitale è evidente: il segnale digitale è composto da migliaia di portanti, tanto da dare l'impressione di uno spettro continuo. Ognuna di queste portanti è modulata in ampiezza e fase, singolarmente e indipendentemente dalle altre, e porta con sé una parte del contenuto totale delle informazioni: Il decoder, poi, dovrà interpretare e ricomporre tutte le informazioni, traducendole in segnali video, oltre a sintonizzare il programma selezionato dall'utente. La differenza principale fra questi due segnali che interessa un tecnico installatore sta nella misura del campo ricevuto; è bene esaminare la differenza per capire come stanno le cose.

**Segnale Analogico:** si misura la tensione della sola portante video e la si esprime in un'unità di misura. La più conveniente, e adottata da quasi tutti, è il dB $\mu$ V. Ricordiamo che 60 dB $\mu$ V corrispondono al famoso 1 millivolt, numero magico che esprime il livello ideale per fare funzionare un TV analogico.

**Segnale Digitale:** si misura la potenza di tutto il canale, facendo la somma della potenza di ognuna delle portanti (potenza, non tensione). Per logica, l'unità di misura dovrebbe essere il milliWatt, o meglio il dBm (0 dBm = 1 milliWatt), ma si preferisce utilizzare ancora il dB $\mu$ V per comodità, dove:  
0 dB $\mu$ V = 1 microVolt

## Channel power

La Figura 2 illustra quello che si vede espandendo lo spettro delle singole portanti. Naturalmente questa visualizzazione è possibile solo con alcuni analizzatori di spettro, data la risoluzione di banda richiesta.

La funzione che ci permette di conoscere la somma delle potenze delle varie portanti si chiama Average Channel Power o Potenza Media del Canale.

Mentre negli analizzatori professionali si possono scegliere varie modalità per la misura, negli analizzatori portatili essa è fissa e sempre attiva per la misura della potenza media a radiofrequenza. Perché viene adottato questo strano modo per misurare la potenza come somma? Perché ogni piccola portante porta con sé un pezzo dell'intero multiplex, e la bontà del segnale dipende da tutto l'insieme.

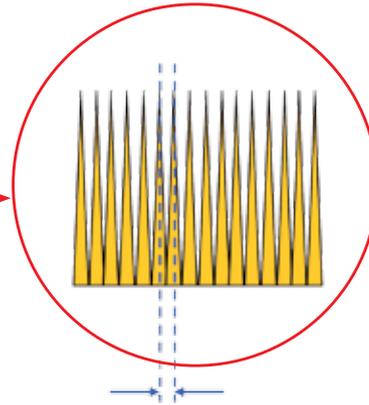
È possibile, e lo vedremo più avanti, perdere anche una parte delle portanti, o averne alcune di livello molto basso, ma ciò che conta è la potenza dell'insieme.

Diversi misuratori in commercio compiono questa misura in vari modi, calcolando la media mediante la suddivisione dello spettro in varie parti e poi facendo la somma delle potenze parziali. Comunque il risultato che ne deriva è la potenza media, detta RMS (valore quadratico medio).

## 2. CHANNEL POWER



Un segnale digitale è composto da migliaia di portanti; per questo si ha l'impressione, con uno strumento, di vedere uno spettro continuo. Il livello del segnale è la somma di tutte le portanti. Sulla destra viene evidenziato lo spazio, pari a 1.116 Hz, presente fra ogni portante.



Delta f = spaziatura tra le portanti pari a circa 1 kHz, per la precisione 1116Hz

## Misura del Livello RF

La potenza del segnale digitale è misurata sempre in dBμV, ma ha un significato diverso rispetto all'analogico.

In un segnale analogico esprime la tensione vera e propria misurata all'ingresso del misuratore di campo, ma solo della portante video, ed è assodato che occorra un certo valore (circa 1 millivolt, pari a 60 dBμV) per avere un'immagine di qualità. Nel segnale digitale riguarda una misura ricavata dalla potenza media, correlata alla larghezza di banda del filtro di misura dello strumento non essendo possibile, ovviamente, misurare tutte le 8mila portanti del segnale. Il risultato è comunque espresso in dBμV, unità familiare e ben conosciuta.

*Da sottolineare:*

- la potenza del campo ricevuto è poco importante nel DVB-T. Deve soltanto superare un livello minimo richiesto che si aggira sui 40 dBμV, dopo di che non ha nessuna influenza sulla qualità; anzi, occorre evitare che livelli troppo elevati possano degradare e saturare i decoder e le caratteristiche del segnale ricevuto;

- con le equivalenze indicate in Figura 4 si può passare molto velocemente dai dBm ai dBμV e viceversa: basta aggiungere, o togliere, il numero fisso 108,7, valido per 75 Ohm; nel caso di sistemi a 50 Ohm, il numero fisso è 107. Comunque in tutti gli strumenti si può selezionare l'unità di misura preferita: dBm oppure dBμV.

## La modulazione DVB-T

La modulazione è dello stesso tipo per ogni portante ma trasporta spezzoni diversi dell'informazione binaria e quindi le ampiezze e le fasi delle varie portanti sono diverse tra loro e questo dà luogo alla rappresentazione confusa dello spettro che sembra avere una barba

come il rumore.

In effetti gli è molto simile, in quanto l'informazione è casuale e casualmente variabile, tanto che gli inglesi hanno coniato la dizione "noise like signal", segnali simili a rumore, che rende l'idea della completa irricognoscibilità del segnale dentro allo spettro.

Il rumore captato dall'antenna, o le interferenze, fanno oscillare casualmente il vettore della portante all'interno del quadratino di appartenenza; se il rumore aumenta di ampiezza, possono farlo sbalzare fuori ed allora ci sarà un errore e l'immagine video diventerà irricognoscibile di colpo, senza alcun preavviso.

Invece in un segnale analogico il rumore, o le interferenze, hanno un'azione progressiva, immediatamente visibile sul segnale.

Nel caso del segnale digitale, osservando solo lo spettro e la potenza ricevuta non si capisce quando le varie portanti sono ricevute correttamente, perché non sappiamo quanto è il rumore, o il disturbo, e come esso influisce sulla demodulazione. Vedremo più avanti come comportarci

## FIGURA 3. MISURA DEL LIVELLO RF

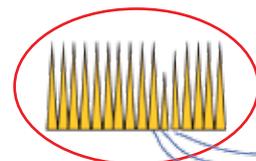
Le unità:

**dBm = 1milliWatt = 273 millivolt su 75 Ohm.**

**dBμV = dBm + 108.7 per sistemi a 75 Ohm**

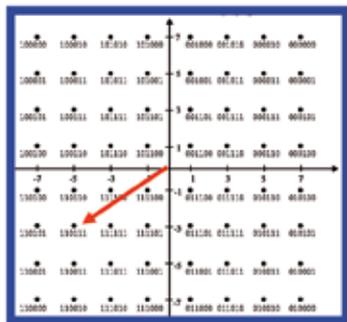
Livello in DVBT:

- E' come alimentare una stufa con diverse linee elettriche
- Ogni linea fornisce più o meno energia
- Il calore totale è la somma di tutti i contributi, chi più chi meno



Con le equivalenze indicate in figura si può passare dai dBm ai dBμV e viceversa: basta aggiungere, o togliere, il numero fisso 108,7, valido per 75 Ohm; nel caso di sistemi a 50 Ohm, il numero fisso è 107.

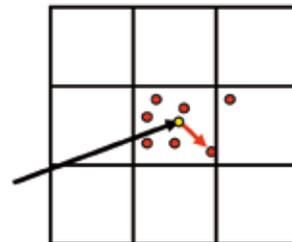
**FIGURA 4. LA MODULAZIONE DVB-T**



La portante è modulata:

**Ampiezza** – lunghezza vettore  
**Fase** – angolo del vettore

Finchè il decoder riconosce che il vettore cade dentro il proprio quadratino, non c'è errore e la ricezione è perfetta



Ogni portante del segnale digitale viene modulata in modo indipendente dalle altre: ciascuna portante comprende una parte dell'informazione totale. La modulazione avviene sia in fase che ampiezza, 64QAM.

durante la messa a punto di centralini o l'orientamento di antenne per la ricerca del miglior segnale e come misurarlo.

## Indici di buon funzionamento

Sappiamo che i segnali sono 'inquinati' dal rumore o dalle interferenze. Questi ospiti indesiderati sono sempre presenti, si sommano casualmente di volta in volta sui vettori delle portanti e ne alterano la posizione, rendendo difficile il riconoscimento dei gruppi di bit da parte del decoder.

Dato che non si può prevedere l'ampiezza dei disturbi, che cambia continuamente, ci possiamo aspettare, e in effetti avviene proprio così, di commettere continuamente errori nel riconoscimento dei bit.

Per contrastare questo comportamento è stato introdotto il FEC (Forward Error Correction), meccanismo che riduce la capacità di trasmissione ma permette la correzione degli errori; naturalmente ci sono limiti alla

capacità di correzione. La misura di Figura 5 è stata effettuata contando gli errori: diversi strumenti registrano in un contatore fino a 999 errori ed è per questo che la misura richiede un certo tempo.

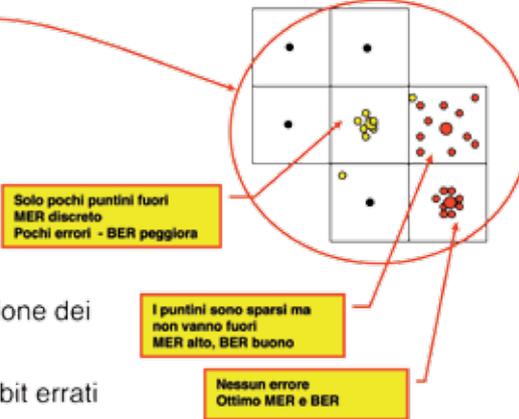
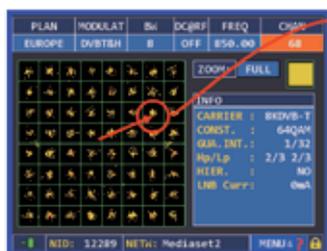
**Importante:** ricordiamo che anche in presenza di errori il segnale viene decodificato correttamente, mantenendo la qualità massima; quindi si rende necessario un metodo per stabilire il livello di qualità dell'impianto di ricezione, oppure, che è lo stesso, di quanto si può peggiorare la ricezione senza influenzare la bontà dell'informazione ricevuta (concetto di margine di rumore).

## Soglia di aggancio

Il comportamento di un segnale DVB-T implica vantaggi e svantaggi. I vantaggi sono:

1. La qualità è sempre al massimo livello, anche in presenza di disturbi;
2. Il livello del segnale non è più critico, non ci si deve preoccupare, sempre e continuamente, di renderlo

**FIGURA 5. INDICI DI BUON FUNZIONAMENTO**



**MER** indice della cattiva posizione dei vettori

**BER** mi dice la percentuale di bit errati

Solo pochi puntini fuori  
MER discreto  
Pochi errori - BER peggiora

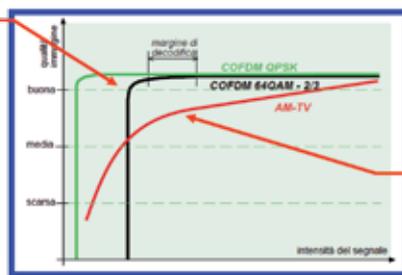
I puntini sono sparsi ma non vanno fuori  
MER alto, BER buono

Nessun errore  
Ottimo MER e BER

La posizione dei vari puntini presenti in ogni quadrato determina la qualità di Mer (errata posizione dei vettori) e Ber (percentuale di bit errati). La misura è stata effettuata contando gli errori: diversi strumenti registrano in un contatore fino a 999 errori ed è per questo che la misura richiede un certo tempo.

**FIGURA 6. SOGLIA DI AGGANCIO**

**Digitale**  
**Rumore, o disturbi,**  
**Fino alla soglia, tutto bene**  
**POI CROLLO!!**



Nel DVB-T sono stati implementati potenti correttori degli errori (FEC) che, anche in caso di disturbi, riparano il segnale se gli errori non supera un determinato numero. Per conoscere il margine del segnale prima della soglia bisogna valutare il Mer (modulation error ratio).

**Analogico**  
**Più rumore, o disturbi,**  
**meno qualità**  
**SI VEDE SEMPRE**  
**PEGGIO MA SI VEDE**

il più alto possibile, la qualità è sempre al massimo livello, indipendentemente dalla potenza del segnale;  
 3. La potenza minima richiesta è molto più bassa del livello richiesto da un segnale analogico.

*Gli svantaggi, invece, sono:*

1. Nel caso analogico, se non si poteva fare altro, si poteva realizzare un impianto ricevente al limite, avvisando il cliente che doveva accontentarsi di una scarsa qualità. Con il DVB-T, invece non si può fare: si rischia che in caso di aumento dei disturbi, il decoder resti completamente sganciato (fenomeno di soglia);
2. Gli arresti di qualche secondo e gli 'squadrimenti' sono molto più disturbanti di un calo momentaneo della qualità dell'analogico che, invece, riprende subito.

viene adattato al sistema, sia esso satellitare o DVB-T.

Ciò che succede in pratica è che il numero di errori varia di molto all'ingresso di un decoder; dopo Viterbi, invece, è molto più basso e costante. La didascalia riporta i limiti d'errore tollerati dal sistema ma, lo abbiamo già detto, occorre stare molto sopra e, se vogliamo ottenere un funzionamento accettabile, dobbiamo avere un buon margine (il solito margine di rumore).

**Importante:** la vera novità nel lavoro d'installazione e messa a punto di un impianto di antenna per segnali digitali (diversamente da quelli analogici), risiede proprio nel concetto di margine di rumore, da rispettare per tutti i sistemi digitali, compresa la distribuzione in cavo e satellite. Dato che i valori minimi dei vari parametri da analizzare differiscono tra i vari sistemi (Sat, Terrestre e Cavo), alcuni strumenti forniscono in automatico la qualità del segnale e semplificano molto il lavoro.

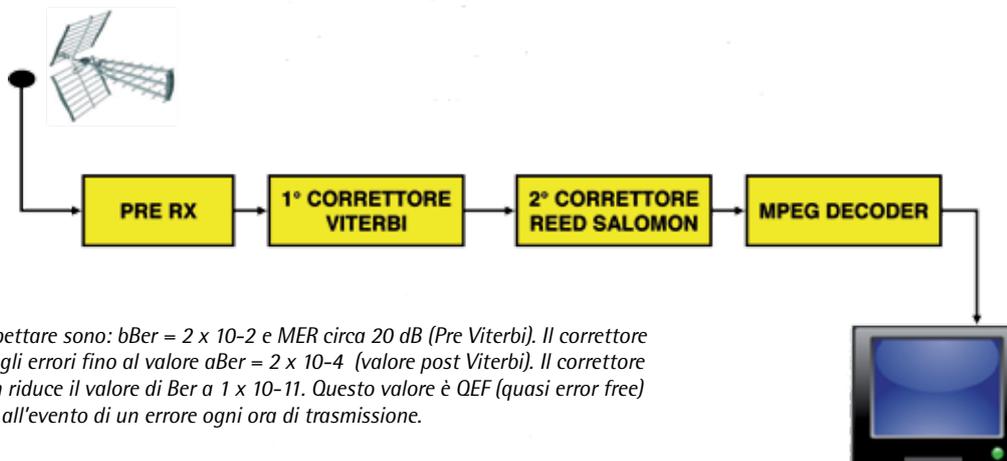
## Pre e Post Viterbi, margine di rumore

In Figura 7 è stata riportata, a grandi linee, la struttura di un ricevitore DVB-T, dove la correzione degli errori è composta da due stadi, così come nei ricevitori satellitari.

Il circuito di Reed Salomon è comune a tutti i tipi di trasmissione digitale, cioè satellite e cavo mentre il circuito di Viterbi, che riduce la maggior parte degli errori,

\* I contenuti sono tratti dal libretto 'Conosciamo il Digitale' realizzato da Rai Way, Eurosatellite e Rover. Il libretto completo è disponibile all'indirizzo:  
<http://www.roverinstruments.com/news.php?lingua=1&tidnews=64>

**FIGURA 7. PRE E POST VITERBI**



I valori da rispettare sono:  $bBer = 2 \times 10^{-2}$  e MER circa 20 dB (Pre Viterbi). Il correttore Viterbi riduce gli errori fino al valore  $aBer = 2 \times 10^{-4}$  (valore post Viterbi). Il correttore Reed Salomon riduce il valore di Ber a  $1 \times 10^{-11}$ . Questo valore è QEF (quasi error free) e corrisponde all'evento di un errore ora di trasmissione.