



## Lezione 04

# Disturbi e Rumore

Giuseppe Pelosi - Stefano Selleri  
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni  
Università di Firenze



## Sommario della Lezione

- ❖ Introduzione
- ❖ Disturbi a larga banda e a banda stretta
- ❖ Disturbi coerenti e incoerenti



## Introduzione

Sebbene questa lezione sia intitolata *disturbi e rumore* la distinzione tra i due è evanescente

Quando un segnale è fonte di EMI esso è spesso ricevuto come segnale di intensità particolarmente ridotta, difficilmente distinguibile dal rumore

Quello che però può evidenziare la differenza è l'occupazione di banda.

Il rumore è un segnale che tipicamente occupa una vasta porzione dello spettro.

Un rumore bianco ha una densità spettrale di potenza costante.

Un segnale intenzionale ha una propria banda, ben definita.

Per poter meglio caratterizzare i segnali occorre quindi per prima cosa una definizione di banda.



## Banda larga e stretta

- ❖ La definizione di segnale a banda larga o stretta non è assoluta, ma relativa alla situazione in esame.
- ❖ Per esempio un'antenna che mantiene uniformi le proprie caratteristiche (pattern e impedenza d'ingresso) su una decade (per esempio da 100MHz a 1GHz) è considerata a banda larga
- ❖ Un amplificatore audio con una banda a -3dB di 4 decadi, da 10Hz a 100kHz è a banda larga, ma un amplificatore audio di tre decadi, da 30 Hz a 30kHz è a banda stretta!
- ❖ Per quanto riguarda la Compatibilità Elettromagnetica la banda è detta *larga* o *stretta* in relazione vuoi allo *strumento di misura* utilizzato per caratterizzarlo o alla *banda operativa della vittima* (susettore).



## Banda larga e stretta

- ❖ In definitiva:
- ❖ Un ***Disturbo a banda larga*** è caratterizzato da un'occupazione di banda (banda a -3dB rispetto al massimo) maggiore di quella della vittima o dello strumento di misura.
- ❖ Un ***Disturbo a banda stretta*** è caratterizzato da un'occupazione di banda (banda a -3dB rispetto al massimo) minore di quella della vittima o dello strumento di misura.

Il caso più frequente, per ricevitori di banda passante tra 10kHz e 300kHz (valori tipici) è quello di un disturbo a larga banda.

Questi possono essere visti come:

- Disturbi impulsivi
- Rumori di fondo



## Banda larga e stretta

- ❖ Il *disturbo impulsivo* è tipicamente un impulso deterministico aperiodico, come quelli visti nella lezione precedente.
- ❖ Un *rumore di fondo* è invece un processo aleatorio bianco gaussiano.

La distinzione è importante perché i disturbi impulsivi sono tipicamente

- ❖ *coerenti*: nello spettro piccole variazioni di frequenza danno luogo a piccole variazioni (ampiezza e fase), dove “piccole” non significa dello stesso ordine di grandezza ma ben definite ed in opportuno rapporto con le variazioni di frequenza.

Mentre i rumori di fondo sono tipicamente

- ❖ *incoerenti*: nello spettro piccole variazioni di frequenza danno luogo a variazioni (ampiezza e fase) completamente scorrelate e, tipicamente, casuali.



## Banda larga e stretta

Si può dimostrare che, in un ricevitore, le tensioni indotte da un disturbo coerente e incoerente differiscono ed, in particolare:

- ❖ Per un *disturbo coerente (impulsivo)* la tensione in uscita al ricevitore è proporzionale alla *banda equivalente impulsiva* del ricevitore stesso.
- ❖ Un *disturbo incoerente (rumore)* la potenza in uscita al ricevitore è proporzionale alla *banda equivalente di rumore* del ricevitore..

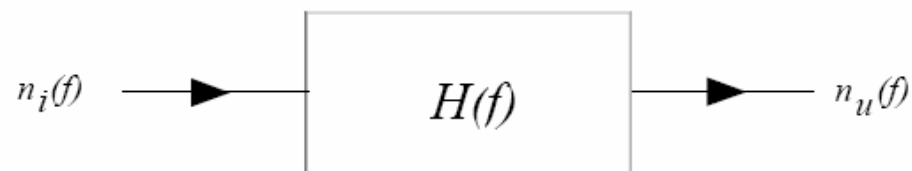
La differenza fra *banda equivalente impulsiva* e *banda equivalente di rumore* risiede nel fatto che nel caso di disturbi incoerenti frequenze contigue nello spettro presentano una fase aleatoria, quindi i loro contributi si sommano nel senso dei valori quadratici medi.

Nel caso di disturbi coerenti invece frequenze contigue dello spettro presentano fasi sostanzialmente simili.



## Disturbi Incoerenti

Sia  $n_i(f)$  la densità spettrale di potenza del disturbo incoerente in ingresso al ricevitore, sia  $H(f)$  la funzione di trasferimento (risposta impulsiva) e sia  $n_u(f)$  la densità spettrale di potenza in uscita.



Considerando il ricevitore lineare è:

$$n_u(f) = n_i(f) |H(f)|^2$$

Per un rumore bianco Gaussiano  $n_i(f)$  è costante.

$$n_u(f) = n_0 |H(f)|^2$$





## Disturbi Incoerenti

La **potenza di rumore** in uscita al dispositivo è pari all'integrale sulla banda della densità spettrale di potenza.

$$N_u = \int_0^{\infty} n_u(f) df = \int_0^{\infty} n_0 |H(f)|^2 df$$

Definita  $f_0$  la frequenza centrale del dispositivo, si può definire

$$N_u = n_0 |H(f_0)|^2 B_{en}$$

Dove  $B_{en}$  è la **Banda Equivalente di Rumore**:

$$B_{en} = \frac{1}{|H(f_0)|^2} \int_0^{\infty} |H(f)|^2 df$$

La potenza di rumore rilevata è proporzionale al valor quadratico medio della tensione di rumore  $V_n$



## Disturbi Incoerenti

$$V_n = \alpha \sqrt{B_{en}}$$

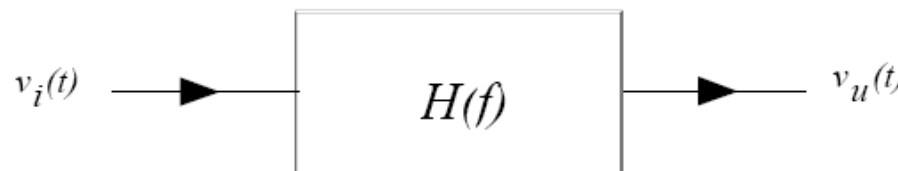
Ma la banda equivalente di rumore, che rappresenta la capacità del sistema a ricevere un segnale a densità spettrale di potenza costante, è proporzionale alla banda a -3dB del sistema stesso, quindi:

$$V_n = \alpha_1 \sqrt{B_{3dB}}$$



## Disturbi Incoerenti

Sia  $v_i(t)$  un disturbo coerente in ingresso al ricevitore, sia  $H(f)$  la funzione di trasferimento (risposta impulsiva) e sia  $v_u(t)$  il segnale in uscita.



$$v_u(t) = \int_{-\infty}^{\infty} H(f) V_i(f) e^{j2\pi ft} df$$

Se il disturbo è a banda larga, come ipotizzato, la sua densità spettrale di potenza è uniforme sulla banda e pari a  $V_0$ .

Supponiamo inoltre il dispositivo a fase lineare:  $H(f) = |H(f)| e^{-j2\pi ft_0}$



## Disturbi Incoerenti

$$v_u(t) = V_0 \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| e^{j2\pi f(t-t_0)} df$$

Dunque, anche  $v_u(t)$  è un impulso, che assume il suo valore massimo in  $t = t_0$  (per il ritardo del dispositivo)

$$v_u(t_0) = V_0 \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| df$$

$$v_u(t_0) = V_0 B_{ei} |H(f_0)|$$

Dove la  $B_{ei}$  o *Banda Equivalente Impulsiva* è definita come

$$B_{ei} = \frac{1}{|H(f_0)|} \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| df$$



## Disturbi Incoerenti

Il ricevitore, che è sensibile al valore di picco dell'impulso, rivela dunque una tensione che è proporzionale alla banda equivalente impulsiva del ricevitore:

$$v_p = \alpha_0 B_{ei}$$

Ma la banda equivalente impulsiva è a sua volta proporzionale alla banda a -3dB del ricevitore, per cui

$$v_p = \alpha_{01} B_{3dB}$$