


Diverse considerazioni sulle misure fondamentali dei Radioricevitori



**Gianfranco Verbana
I2VGO**

Solo a Renon

- △ Gli incontri annuali di Renon sono diversi da tutti gli altri meeting radioamatoriali. Nei classici convegni radioamatoriali si trasferisce ai partecipanti, come tra l'altro si fece a Lissone, una serie di concetti o nozioni passate agli ascoltatori senza che possa essere “digerito” il contenuto.
- △ A Renon si può riflettere, si “mastica”, si dibatte, non solo durante la presentazione ma, soprattutto negli intervalli, a tavola, nel parco. E' un ritiro “spirituale” dove lo scambio d'esperienze reciproche ci permette di arricchirci e rimanere aggiornati.
- △ A Renon i relatori cercano di fare buona divulgazione, in uno scenario di “Radiotecnica” molto complesso. Si cerca di rendere comprensibili, ai più, concetti anche difficili.
- △ Questa edizione, causa il limitato numero di relazioni, ci permette maggiormente di soffermarci su molti aspetti . Vorrei cogliere l'occasione di parlare di alcune riflessioni e dubbi pervenutimi durante la bellissima esperienza con gli amici ARI-Brianza, nel toccare con mano le problematiche delle misure sui ricevitori. E' proprio vero che tra “leggere come fare” e “fare” c'è un enorme differenza.

Qualità di ricezione

- ◆ La misura della qualità di un servizio radioelettrico è diversa per :
 - **Demodulazioni analogiche realizzate con apparati analogici o digitali** (previa conversione A/D e riconversione D/A)
 - ◆ Monoportanti - SSB,AM,FM,CW
 - ◆ Multiportanti – FDM
 - **Demodulazioni digitali (numeriche) realizzati con apparati digitali**
 - ◆ Monoportanti: n-PSK, n-FSK, n-QAM ecc ecc
 - ◆ Multiportanti: OFDM, COFDM

Minimo rapporto S/N accettato alla minima potenza di segnale ricevuto

Minimo tasso d'errore,BER, accettato alla minima potenza di segnale ricevuto

Noi tratteremo solo demodulazioni analogiche.



Qualità per noi Radioamatori

- ◆ **E' la comprensione del più piccolo segnale, in una piccola porzione di spettro, dove sia possibile decifrare il contenuto spesso disturbato da molti indisciplinati operatori.**
- ◆ Qualsiasi ricevitore perde di sensibilità quando vi sono forti segnali etero – canali.
- ◆ **Per confrontare i ricevitori servono metodi misurabili e ripetibili e possibilmente standardizzati.**
- ◆ Dagli albori del radiantismo fino agli anni settanta si è parlato solo di sensibilità (microvolt per un dato S/N) e di selettività (tipo di filtro). E' solo dalla fine anni 80 che si sono diffusi i banchi e metodi per le misure di distorsioni (contest sovraccarico): IMDn, IPn ecc.
- ◆ **Dopo 20 anni esiste uno standard di come fare le misure ? Un test fatto all'ARRL corrisponde ha quello fatto in un altro luogo del mondo ? A me sembra di no. Perchè tanti modi diversi per dire e non dire la stessa cosa?**

Rumori ineliminabili

- ◆ Abbiamo rumori generati dall'uomo ed i rumori naturali
 - I rumori naturali sono:
 - ◆ Il rumore termico
 - ◆ il rumore atmosferico (prevalente fino alle HF).
- ◆ Inserendo una resistenza al posto dell'antenna sarà presente all'ingresso del ricevitore una tensione elettrica casuale data dall'agitazione termica degli elettroni. Dal 1927 conosciamo la potenza elettrica, come fosse un segnale **deterministico** (processo stazionario ed ergodico) :

Potenza di rumore = $KT B$ = -174 dBm/Hz

Da 10 °C a 40 °C l' errore è <0,2dB

Riflessione

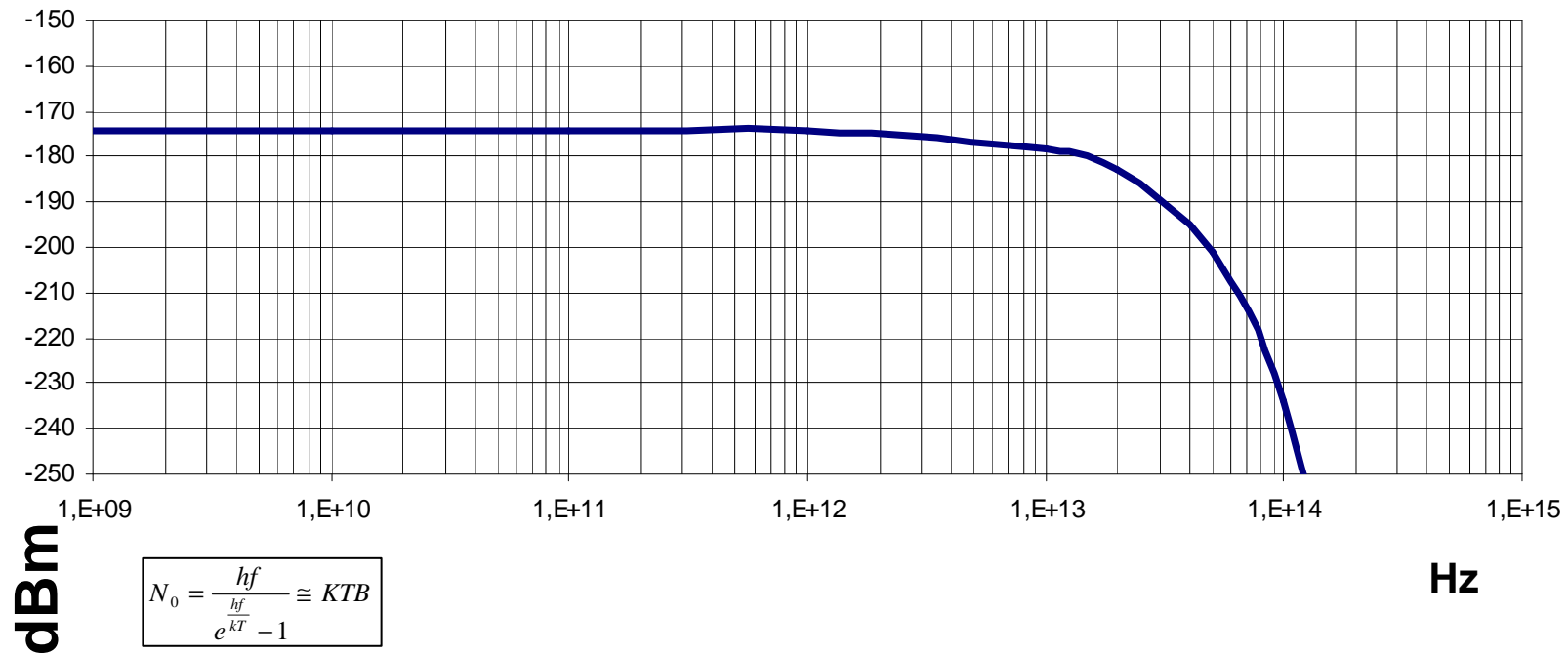
- ◆ **$P = KTB$. Tutti noi conosciamo la validità di questa formula. Ma forse non ci siamo mai soffermati sull'assurdità fisica che rappresenta.**
- ◆ **Per B che tende all'infinito la potenza non può tendere anch'essa all'infinito.**
- ◆ **La potenza è uguale al lavoro diviso tempo, L/T , Il tempo zero è un assurdo fisico.**
- ◆ **Solo l'Energia = $P \cdot t$ può tendere all'infinito. Perché, allora la formula funziona ed è esatta?**
- ◆ **Perché la formula è un approssimazione valida solo fino a circa 1000 GHz. Quindi la banda è finita e di conseguenza anche la potenza è finita, poi lo spettro non è più uniforme e diminuisce con andamento passa basso.** (Se il rumore termico arrivasse alle frequenze visibili ,al buio o in scarsa luce vedremmo il rumore come sabbia)

La Formula di Nyquist. 1927 –"Lab Bell Telephon"-

- ◆ Quando $KT \gg hf$ siamo in fisica classica. (h , costante di Plank e f in Hz)
- ◆ Quando $hf \gg KT$ siamo in fisica quantica. (K , costante di Boltzman e T gradi Kelvin)

Potenza di Rumore (dBm) per un 1Hz di banda verso frequenza.

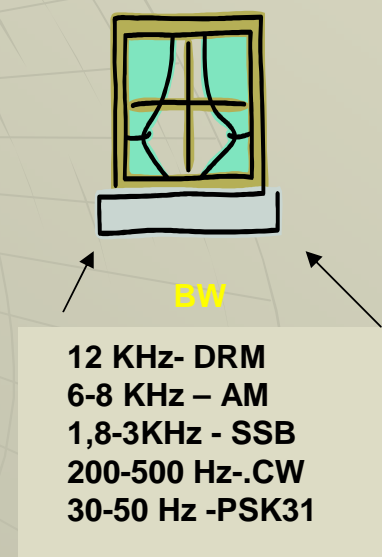
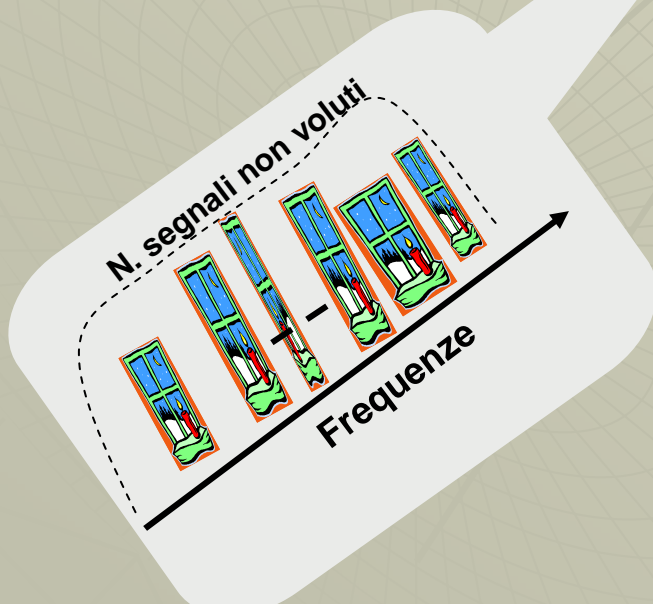
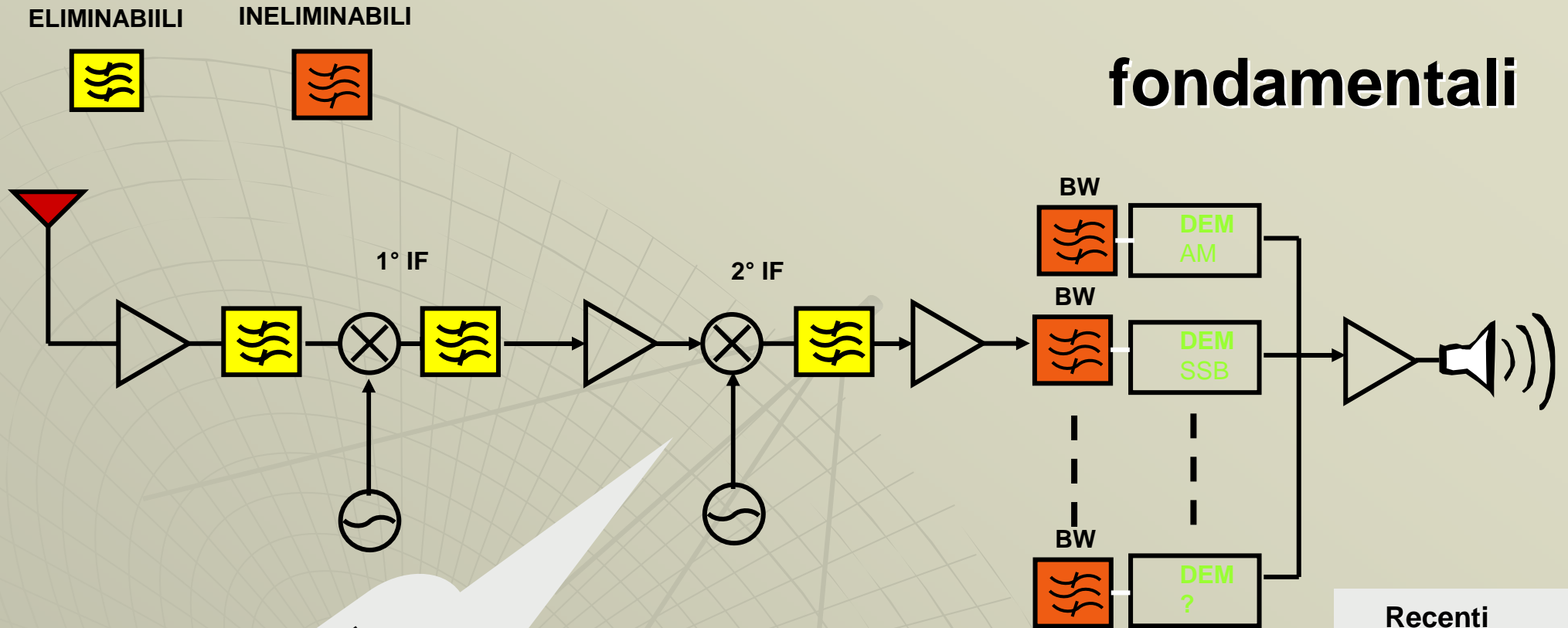
Si dice anche rumore Bianco perchè le componenti fino ad un THZ sono costanti.



Il Filtro di Canale

- ◆ **L'unico filtro ineliminabile in un ricevitore è la “Finestra” cioè il “Filtro di rumore o di canale o filtro di selettività”.**
 - **Deve essere il più stretto possibile per ridurre la potenza di rumore termico a monte della demodulazione** (Solo per i sistemi digitali coerenti può essere inserito a valle) **ma non troppo stretto da distorcere il segnale** (2400 Hz SSB, 250 Hz CW , 10KHz DRM Audio , 8MHz DVB-T-H-S).
 - **Il ricevitore sarà tanto più selettivo quanto più il filtro di canale approssima una risposta “ampiezza @ frequenza” di forma rettangolare** (Nelle ricezioni digitali il filtro di canale deve obbedire in ampiezza e fase ai criteri di Nyquist).
- ◆ **Il Filtro di canale determina la selettività e ottimizza la sensibilità (MDS) di un Ricevitore .**

Ricevitore e filtri fondamentali



- Recenti modulazioni digitali in HF**
- Psk-31
 - Olivia
 - WinDrm
 - Chirp64
 - Rrsf2400
 - JT65A
 - PcAle

Considerazione

- ◆ Solo con l'elaborazione numerica posso avere filtri di qualsiasi larghezza e fattore di forma ottimale senza nessuna spesa.
- ◆ Volente o nolente i filtri definiti dall'HW saranno sempre più costosi oltre che mancare fisicamente la possibilità di aggiungerne.
- ◆ I filtri DSP aggiunti a valle della demodulazione (incoerente) non possono assolutamente migliorare la sensibilità del ricevitore HW.

Misura dell'intensità del segnale

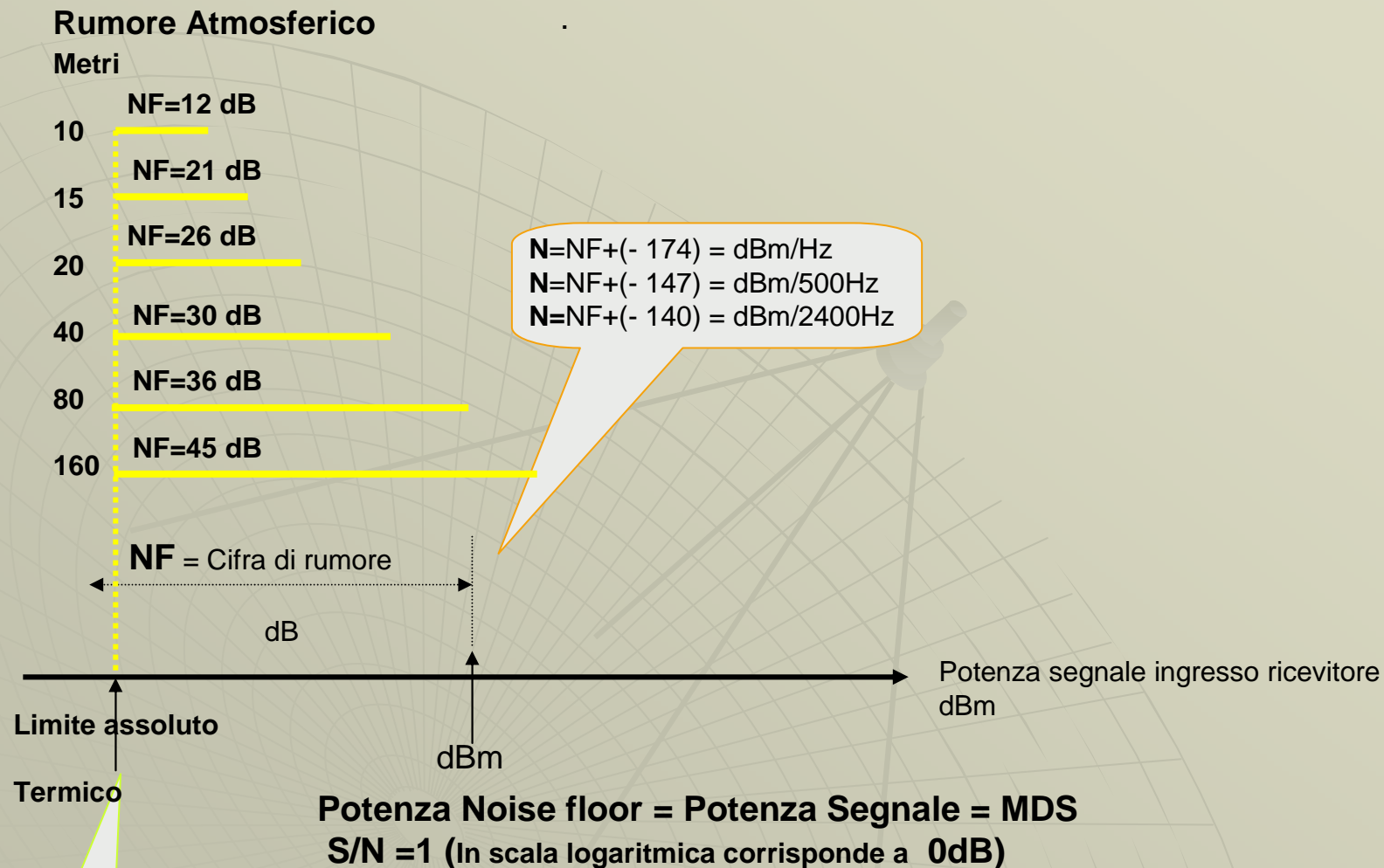
- ◆ Negli anni 20-30: Si misurava l'intensità dei segnali in metri. In metri? Si appoggiava la cuffia sul tavolo ci si allontanava fino a quando si sentiva e si misurava la distanza (ricevitori reflex e reazione senza BF).
- ◆ Anni 30-40: iniziano misure dei livelli soggettivi, scala RST.
- ◆ L'incremento del punto S dovendo essere avvertito dall'orecchio, rappresentava il doppio di pressione acustica (6dB).
- ◆ Negli anni 60 si hanno ricevitori con 100 uV a S9 (Geloso) e 50uV (Drake).
- ◆ Nel 1978 nella conferenza IARU reg 1 viene accettata la scala espressa in dBm fino a 30 MHz e 20 dB maggiori per frequenze oltre 30 MHz.
- ◆ Anni 70-80: Nuovo grosso mercato CB. Ipersensibilità . Smeter inservibile se non per sintonizzarsi.
- ◆ Dagli anni 2000: Finalmente apparati HF di prestigio e su quasi tutti gli SDR è possibile conoscere con precisione la variazione ed i livelli dei segnali. S9= -73dBm

S-Meter Standard

- ◆ 24-28 Aprile 1978-IARU Region 1- Conference MiSKOLC-Tapolca - Ungheria
- ◆ Annex 5 -Document M/T 63 - Proposal "VERON"
- ◆ Societies should advise their member about equipment adhering to this recommendation and shall try to avoid publication of receivers designs which do not in principle use the recommended standards.
- ◆ **Oggi che i ricevitori HF arrivano a 50 MHz, l'S9 è uguale a -73dBm fino a 30 MHz e -93 dBm a 50 MHz? Esiste una normativa più recente? La conoscete? Io non ho trovato nulla!**
- ◆ **Perché ancora nel 2008 nei cataloghi ICOM e & C. si parla di tensione in antenna come gli anni trenta? Non aiuta certo a comprendere ma solo a fare confusione.**

S	HF bands dBm V over 50	HF >30Mhz dBm V over 50
9+40 dB	-33 (5 mV)	-53
9+30 dB	-43 (1,6mV)	-63
9+20 dB	-53 (0,5 mV)	-73
9+10dB	-63 (50 μV)	-83
9	-73 (50μV)	-93
8	-79 (25μV)	-99
7	-85 (12,6μV)	-105
6	-91 (6,30μV)	-111
5	-97 (3.2μV)	-117
4	-103 (1.6μV)	-123
3	-109 (0.8μV)	-129
2	-115 (0.4μV)	-135
1	-121 (0.21μV)	-141

Importanza o non della NF



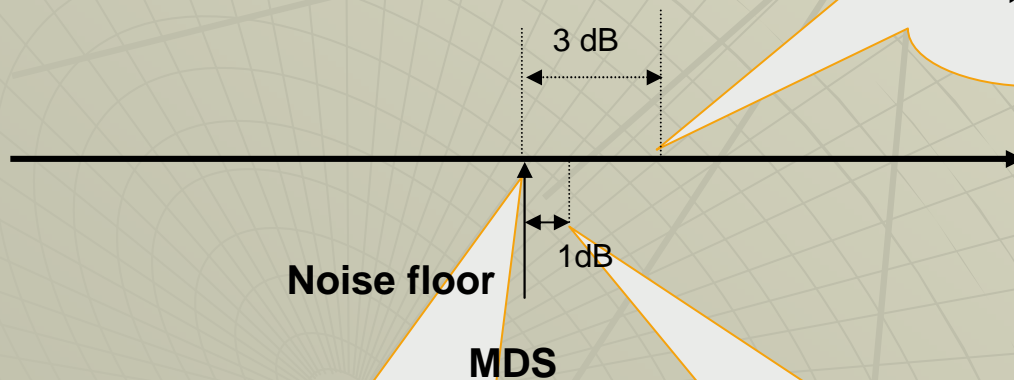
- 174 dBm/ Hz
-147dBm/500 Hz
-140dBm/2400 Hz

La NF è un dato importante in un ricevitore. E' utilissimo conoscerlo
Perché non viene MAI fornita nel campo radioamatoriale?

Come si misura MDS ?

Solo nel settore TLC si è in grado di misurare separatamente S e N
La semplicità della strumentazione proposta dalla ARRL consente solo di misurare $(S+N)/N$. Solo se il segnale è maggiore di almeno 11 volte rispetto il rumore potremmo dire di misurare l'intensità del segnale S

2) Si aumenta il livello del generatore fino ha raddoppiare la potenza letta sull'altoparlante.
Leggendo il valore di potenza del generatore conosciamo esattamente la potenza del Noise Floor. Poiché $(S+N)/N = 2$ quindi $S=N$ e $S/N = 1$. Espresso in scala logaritmica $S - N = 0\text{dB}$.



1) Noi possiamo misurare la potenza di rumore sull'altoparlante ma essa dipende dal volume. Non sappiamo nulla del valore della potenza del Noise Floor all'ingresso del ricevitore. Ci vuole un generatore RF.all'ingresso Rx.

Perché molti misurano MDS a $(S+N)/N @ 1\text{dB}$? L'S/N è a -6dB (sic) Dubbio ? Non è che qualcuno, magari, misura $(S+N)/N @ 0,1\text{dB}$? con -16dB di S/N.

Perché non c'è chiarezza ?

Grazie all'esperienza del SDR day all'ARI Brianza, forse comincio a capire il perché non viene mai fornito nei cataloghi OM, la NF e la sensibilità viene data in modo da doverla interpretare e poi difficilmente confrontabile. **NESSUNO FORNISCE LA NF.**

Prendo a caso un catalogo Ricetrasmittitori HF:

IC-7800 . Sensibilità (2,4 KHz) - 0,16uV a S/N=10

Come l'hanno misurato S/N ? Magari hanno misurato S+N/N=10 dB ?

Dal sito RFSpace (Visto per la prima volta il 21 settembre 2008)

SDR IQ =MDS (500 Hz) -127 dBm @ 14 MHz

Sarà MDS a S/N =0 dB? Con quale scheda audio?

SDR14: Sensitivity = - 136dBm (500Hz). **Perché viene dato in modo diverso da SDR IQ? A che S/N è fatta la misura?**

DA QST di Luglio 2008 –Sette pagine di misure **Flex-5000A** ARRL

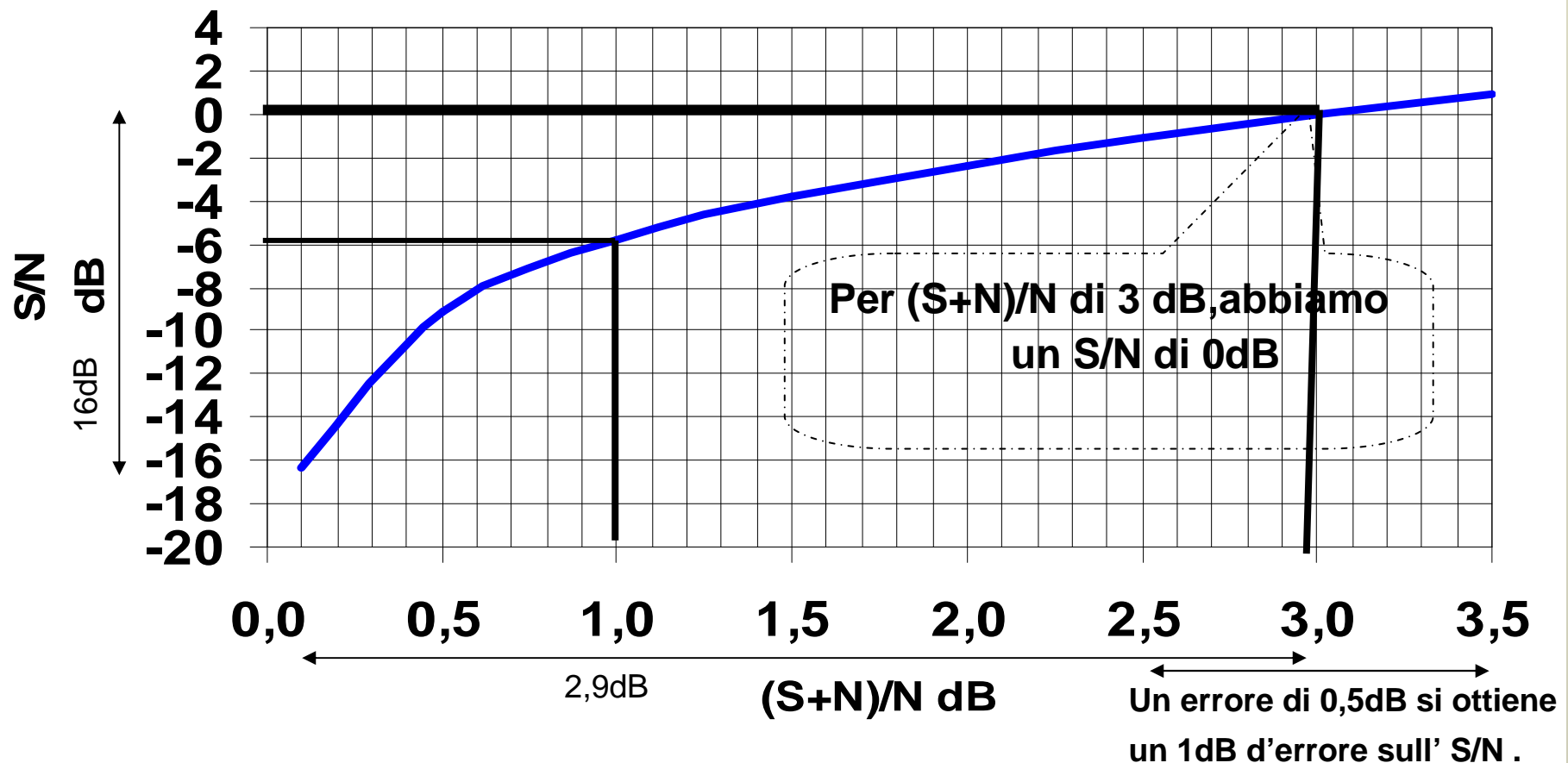
Cw sensitivity. Noise Floor (MDS)= -129 dBm (500HZ) . **Ambiguo!! Se intendono MDS = Noise floor, siamo a S/N 0dB (Ma non torna con le misure che ho fatto. Perché non viene specificato? Ah, se l'ARRL fornirebbe la NF tutto sarebbe più chiaro.**

Da Radiorivista 9/08 : Perseus. Sensibilità -131dBm (500Hz). **Nico hai dovuto adeguarti? Ci puoi spiegare a che S/N è il -131 dBm ?**

Noi possiamo misurare solo $(S+N)/N$
S/N dobbiamo ricavarlo.

S/N verso $(S+N)/N$

Quando vediamo sul voltmetro un incremento di 2,9 dB sul rumore di fondo abbiamo aumentato S di 16dB



Dinamica di un ricevitore

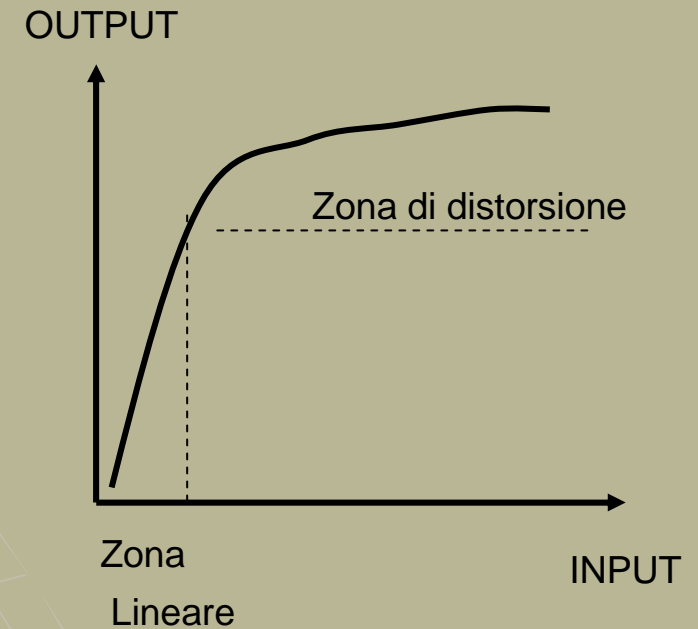
- ◆ **La dinamica di un ricevitore è la capacità di ricevere un piccolo segnale senza perdere in comprensibilità quando è presente uno o più segnali forti fuori banda.** Senza, ovviamente nessun intervento di operazioni di commutazione d'attenuazioni o regolazioni.
- ◆ **In pratica ottenere lo stesso valore di MDS alla più forte (ampiezza) e vicina (frequenza) interferente possibile.**
- ◆ **Mentre abbiamo visto come misurare il valore minimo, MDS, come determiniamo il valore massimo ?**

Le tre dinamiche di un ricevitore

- ◆ **1: Solo il segnale voluto: Massimo livello di un singolo segnale “voluto” che si ottiene ad un determinato valore di distorsione del segnale.**
- ◆ **2: Voluto + un interferente: Massimo livello di un solo segnale interferente ”spostato di 10 o 20 KHz, che degrada il rapporto S/N di un piccolo segnale “voluto”.**
- ◆ **3: Due interferenti: Massimo livelli di due segnali di uguale ampiezza “non voluti” di frequenza f_1 e f_2 che producono un prodotto d’intermodulazione del terzo ordine ($2f_1-f_2$ o $2f_2-f_1$) tali da peggiorare il noise floor sulla frequenza del segnale voluto.**

1: Un solo segnale “quello voluto”

- ◆ Aumentando l'intensità di un solo segnale desiderato si entra in zona non lineare.
- ◆ Abbiamo solo distorsione armonica.
- ◆ La massima potenza del segnale è determinata dal valore di distorsione accettato sul segnale desiderato.



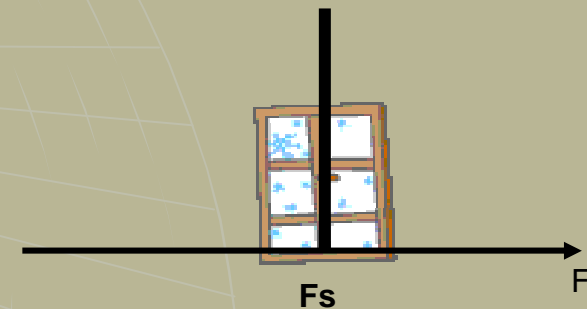
MDS

Distorsione 20 %

dBm

Range Dinamico un solo segnale

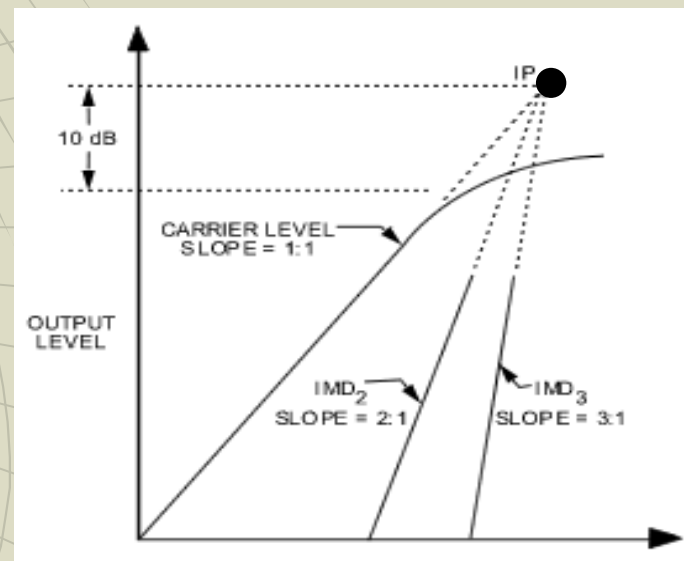
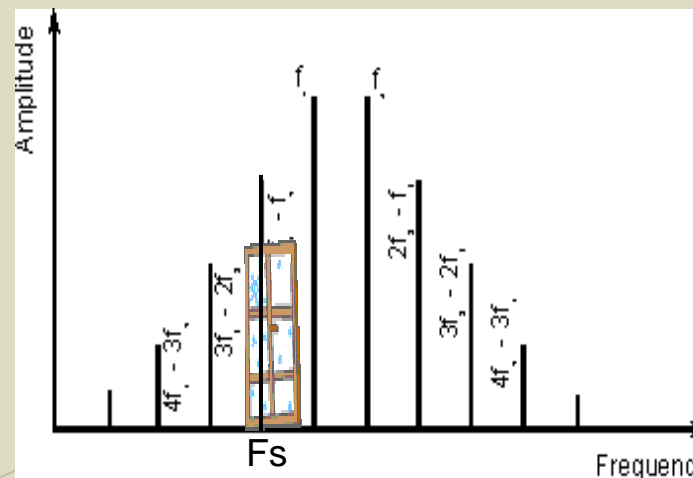
N



3: Due forti segnali interferenti eterocanale (I.P)

- ◆ E' nota come due toni etero-canale misura i prodotti d'intermodulazione che ricadono nel canale voluto, ricavando l'I.P.
- ◆ I.P, punto ipotetico dove le ampiezze dei segnali voluti spuri eguagliano il segnale voluto .
- ◆ I prodotti che ricadono nel canale voluto sono del secondo IM2,terzo, IM3,quinto,IM5 e settimo ordine: $2f_1-f_2, 2f_2-f_1, 3f_1-2f_2, 3f_2-2f_1$,ecc ecc.
- ◆ X KHz – n Ordine DR, la differenza in IM3 dB tra il livello di un segnale a 2-toni che produce un livello di IMD d'ordine n pari alla MDS del ricevitore e l'MDS stesso.

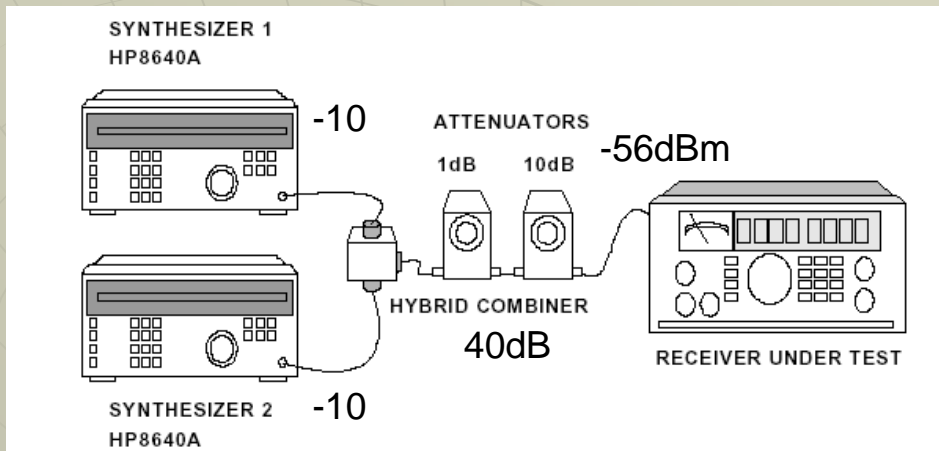
eterocanale (I.P)



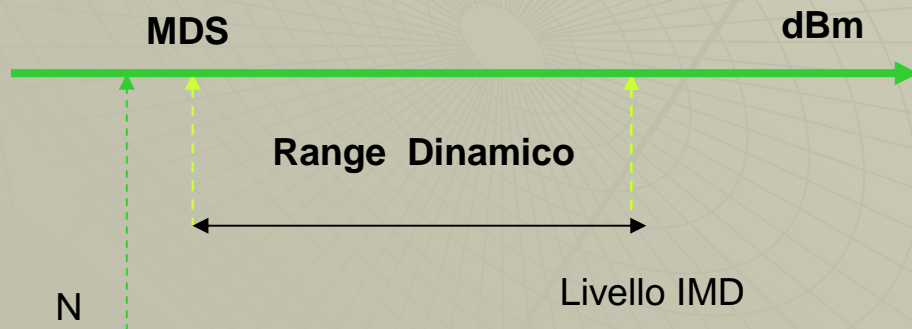
Perché abbiamo deciso di non misurare l'IP

- ◆ **La semplicità del banco diffuso all'inizio degli anni 90 va bene per ricevitori con 80-90 di dinamica.**
 - Oggi i migliori SDR hanno, tra 20 e -2 KHz di offset, una DR di 3°- Order di oltre 100 dB.
- ◆ **Il banco per misure di DR > di 90 dB è critico**
 - Si possono commettere notevoli errori, richiede non solo conoscenza ma anche "arte".
- ◆ **Non fornisce nessuna indicazione riguardo il rumore degli oscillatori dei ricevitori.**
- ◆ **Nei SDR a campionamento diretto perde di significato.**

Banco critico oltre 95dB

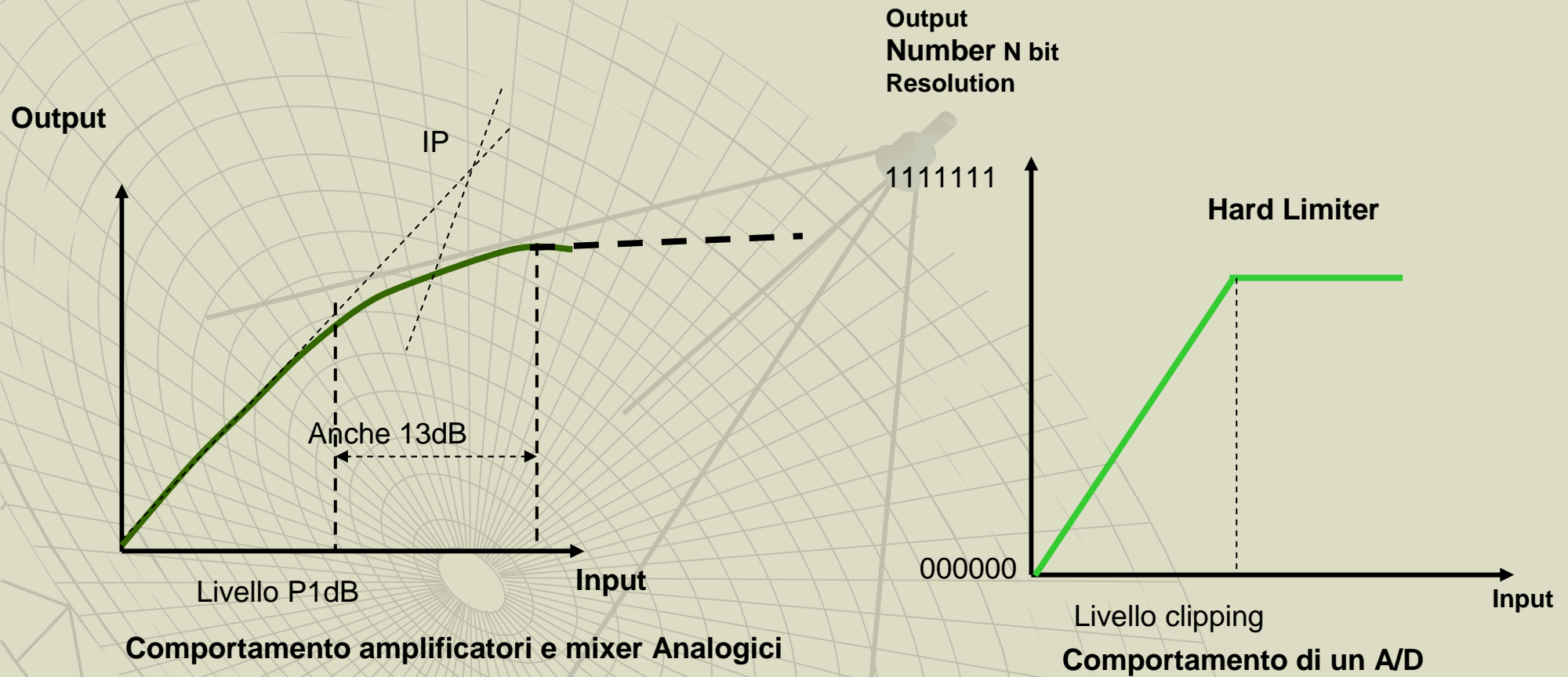


Banco diffuso dall'ARRL nel 1992. I ricevitori avevano 80-90dB DR.



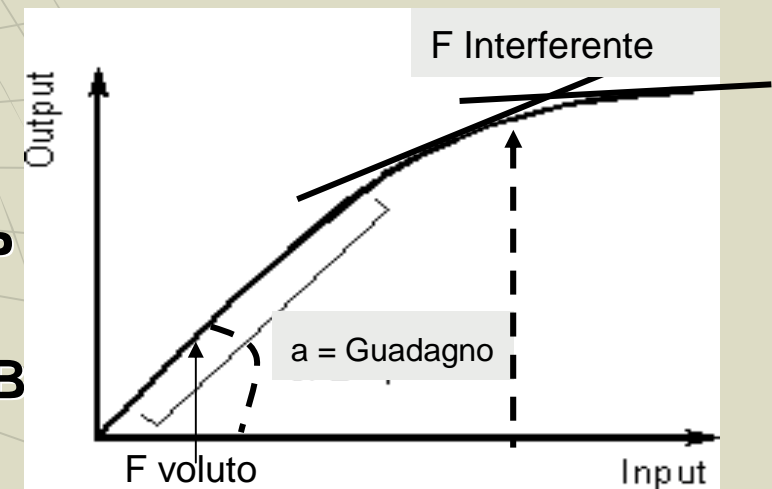
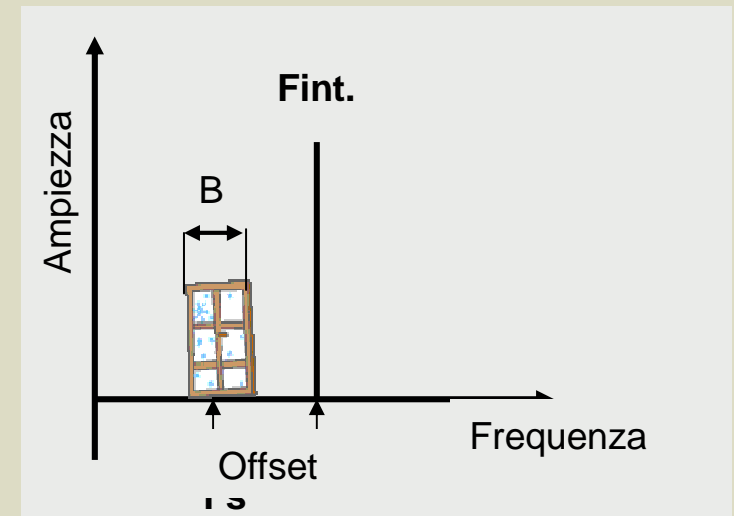
- ◆ **Serve capire e distinguere quando l'IMD è dovuta a:**
 - IMD tra generatori, IMD ferrite ibrido, IMD amplificatori, IMD connettori.
- ◆ **Richiede amplificatori all'uscita dei generatori con IMD di almeno un ordine di grandezza superiore al ricevitore sotto misura.**
- ◆ **Talvolta causa conversione AM/PM, a bassi livelli si hanno IMD maggiori rispetto a quelle ricavate dal valore di IP.**

Nei SDR a campionamento diretto l'IP perde di significato



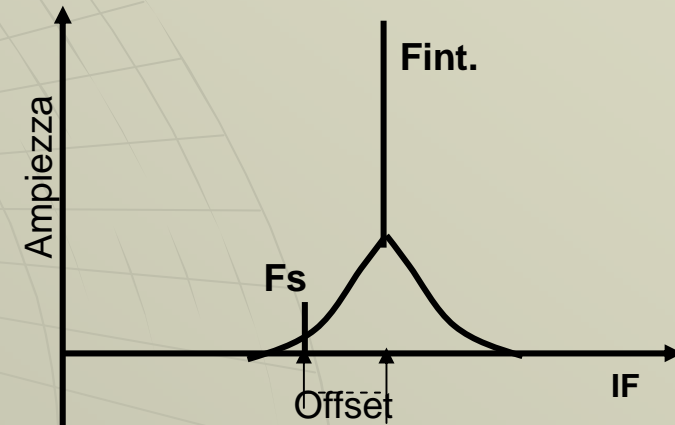
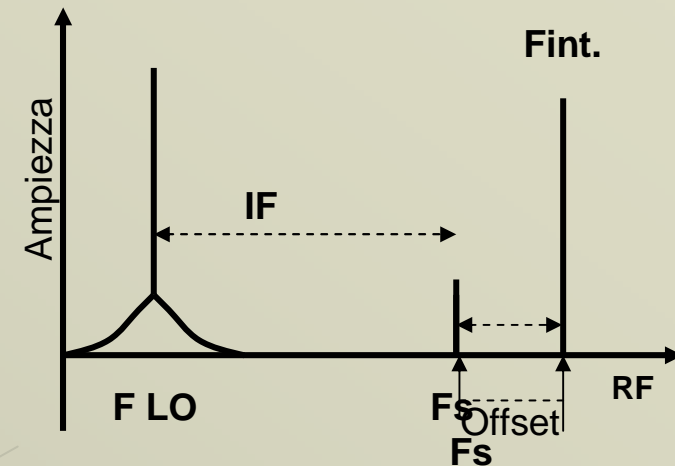
2: Solo segnale voluto + un interferente, BDR

- ◆ Quantifica come un segnale forte fuori canale degrada l'ascolto di un segnale voluto.
- ◆ Il segnale interferente ad alto livello abbassa il guadagno degli stadi a monte dei filtri di canale e causa la perdita di sensibilità fino a bloccare la ricezione.
- ◆ **Blocking DR e'** (era) la differenza in dB tra MDS ed un segnale fuori dal canale che causa (va) 1dB di compressione al ricevitore (P1dB- Punto di Compressione)
- ◆ Nei contests fine, anni 80, si utilizzò RX con alti IP che tolleravano livelli d'interferenti elevati. Nonostante ciò prima di vedere diminuire di un dB il segnale ci si accorse della perdita di sensibilità causata dal rumore dell'oscillatore locale (LO) del RX.



Il Reciprocal Mixing

- ◆ Il mixaggio reciproco di un forte segnale interferente con il rumore del LO degrada la sensibilità del ricevitore .
- ◆ Il segnale debole desiderato resta inevitabilmente degradato dalle bande laterali del tono interferente generate dal rumore di fase dell'oscillatore locale.
Se predomina la non linearità si vedrà diminuire il segnale voluto, se predomina il rumore del LO si vedrà peggiorare il rumore, Noise floor.
- ◆ Comunque vada il ricevitore si desensibilizza.



Allora come misuro il BDR ?

- ◆ Negli anni 60-70. Avevamo ricevitori con bassi IP, gli oscillatori erano quarzati. Effetto predominante “non linearità”.
- ◆ Negli anni 90, il complesso ricevente usato dai big (IK2CFR) dei contest VHF, aveva alti IP, basse NF e Oscillatori a PLL . Effetto predominante era il **Reciprocal Mixing**. (Se ne è parlato, sull’organo ufficiale nazionale, per la prima volta, dal 1924, solo nel febbraio 1990. Vedi il CD ARi-Brianza.)
- ◆ OGGI ? E’ corretto misurare il BDR come: la differenza in dB tra il livello di un segnale interferente (offset minimo 10KHz) che peggiora di 1 dB il rapporto S/N del MDS senza interferente?

Acronimi Usati

- ◆ AM Amplitude Modulation
- ◆ CW Continuous Wavelength
- ◆ BDR Blocking Dynamic Range
- ◆ BER Bit Error Rate
- ◆ BW Band Width
- ◆ DDS Digital Direct Synthesis
- ◆ DX Distance eXtreme
- ◆ LO Local Oscillator
- ◆ NF Noise Figure
- ◆ IMD_n Intermodulation c of n° order ...
- ◆ IP Intercept Point.
- ◆ MDS Minimum Discernible Signal
- ◆ PSK Phase Shift Keing
- ◆ QAM Quadrature Amplitude Modulation
- ◆ SSB Single Side Band

BIOGRAFIA

- ◆ Misure sui ricevitori SDR – IK1ODO – Renon 2007.
- ◆ SM 5 BSZ - Receiver dynamic range measurements Marzo 2002
- ◆ Marco Bruno IK1ODO - Considerazioni e difficoltà delle misure, chiacchierate “de visu “ ed Email. http://www.spin-it.com/download/misure_SDR.zip

- ◆ The Radioamateur Handbook 1992.
- ◆ Siti Web :
 - www.w8ji.com,
 - others: sherweng.com/table.html;
 - drakelist@baltimoremd.com;
 - www.tentec.com; www.elecrafter.com;
 - Elecraft mailing list Elecraft@mailman.qth.net.