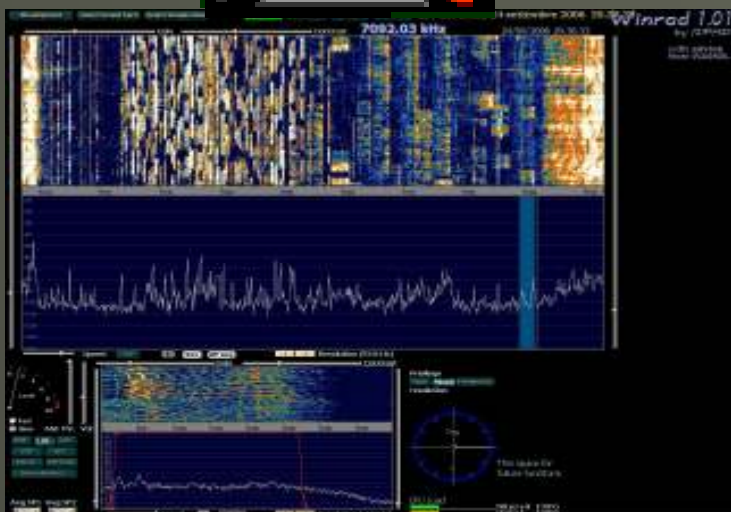


PARAMETRI di CONFRONTO tra RICEVITORI

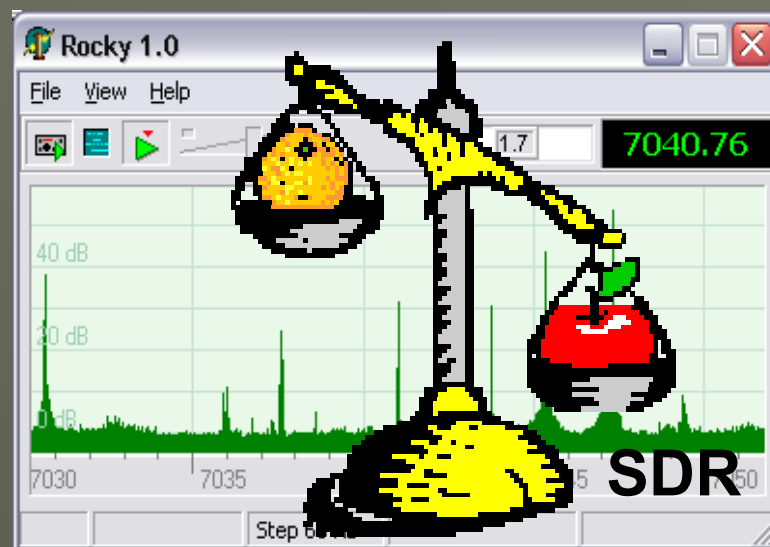
HDR



SDR



HDR



Gianfranco Verbana
I2VGO

Segnali e Rumore

- ◆ Una radioricezione è la selezione, in una determinata banda di frequenza, con una prefissata finestra, detto canale, di un segnale voluto.
- ◆ La presenza sia nello stesso canale (co-canale) che fuori, (etero-canale) di segnali non voluti disturbano la ricezione del segnale voluto.
- ◆ L'insieme dei segnali non voluti si chiamano "Rumore o interferenti".
- ◆ Ciò che conta non è l'intensità del segnale ricevuto ma il rapporto segnale rumore, S/N

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.
- ◆ **L'obiettivo di queste note è quello di semplificare mettendo in evidenza che sono sufficienti solo due misure per rendersi conto della robustezza verso sovraccarichi di un ricevitore e della qualità dei suoi oscillatori locali.**

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 il valore della potenza elettrica, come fosse un segnale deterministico:**

$$\text{Densità di potenza di rumore} = KTB = -174 \text{ dBm/Hz}$$

A 20°C . Da 0°C a 40 °C l' errore è <-0,2dB

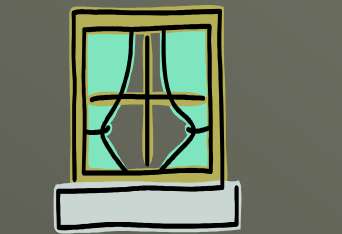
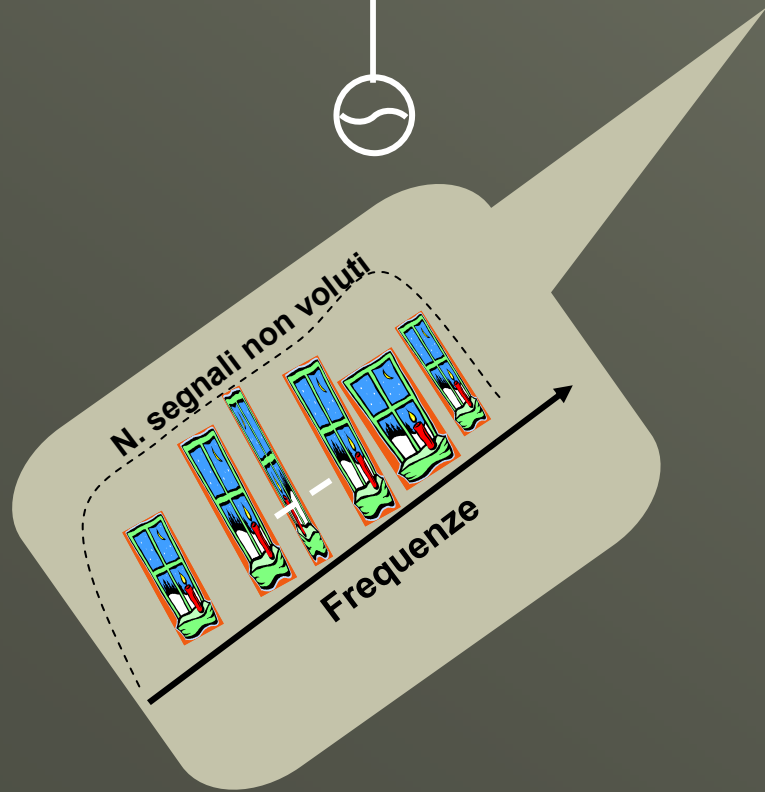
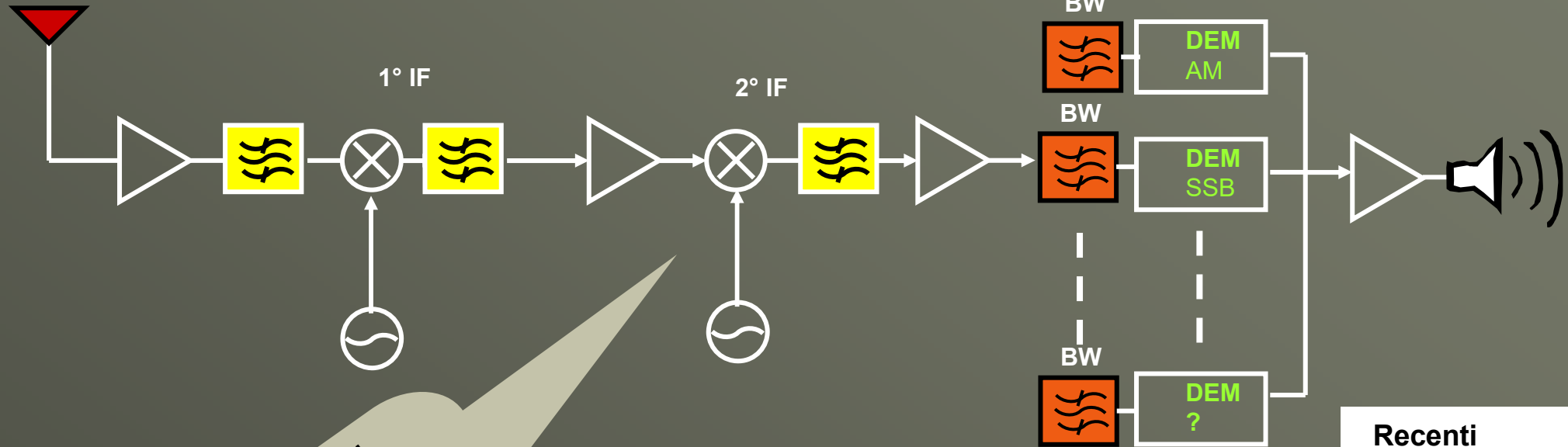
Il Filtro di Canale

- ◆ **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

ELIMINABILI

INELIMINABILI



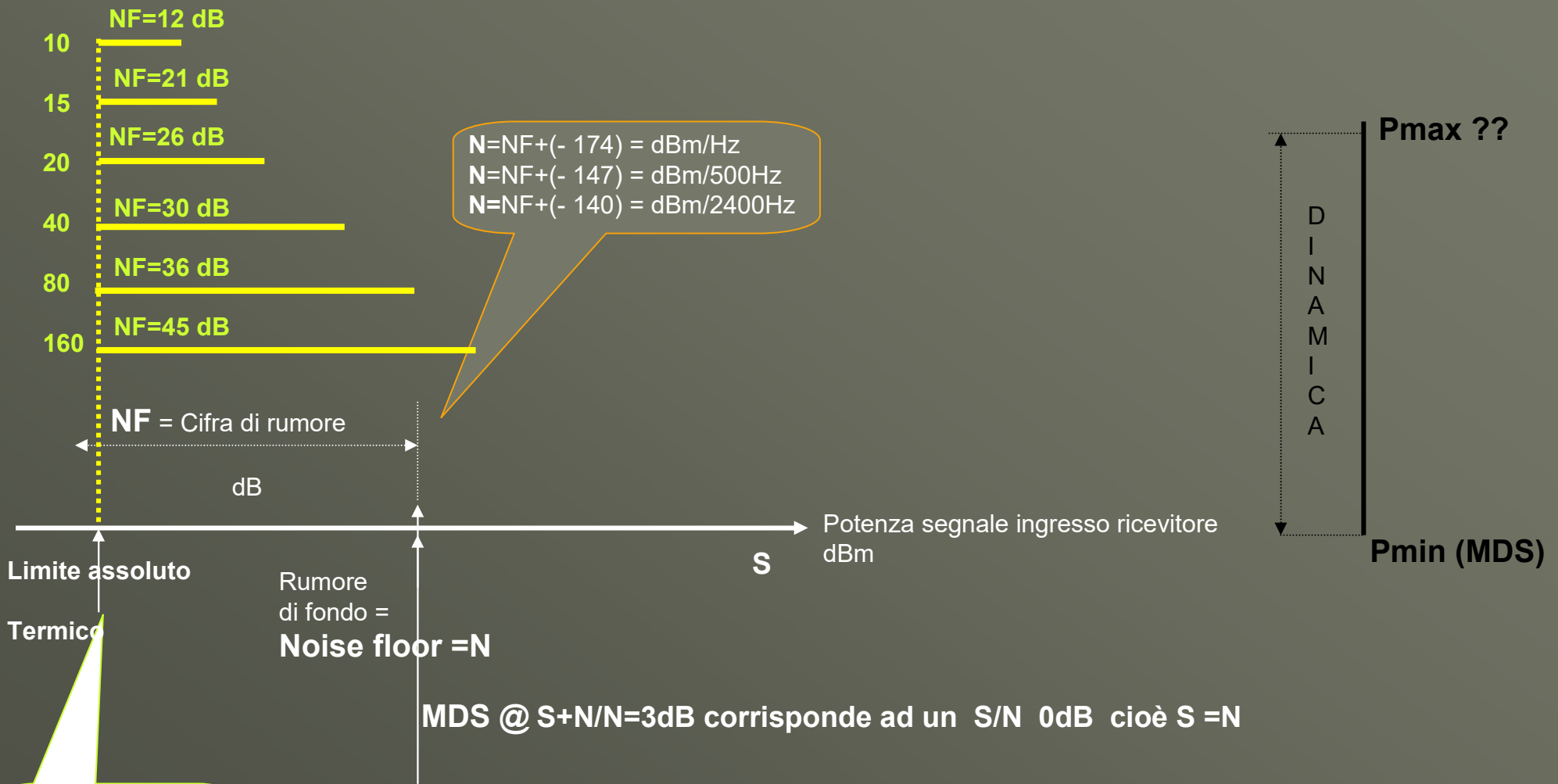
- 12 KHz- DRM
- 6-8 KHz – AM
- 1,8-3KHz - SSB
- 200-500 Hz-.CW
- 30-50 Hz -PSK31

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

Minimum Discernible Signal

Rumore Atmosferico Medio -Nord Italia.

Metri



L'MDS può essere considerato come il limite inferiore se l'antenna non introducesse altro Rumore

Dinamica di un ricevitore

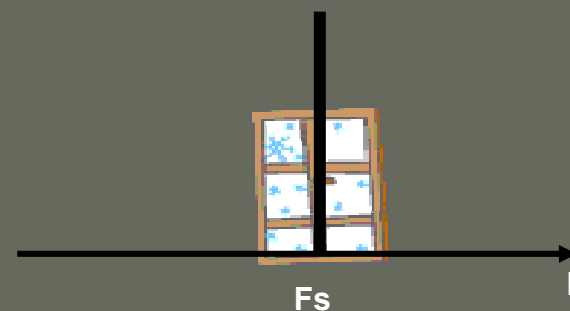
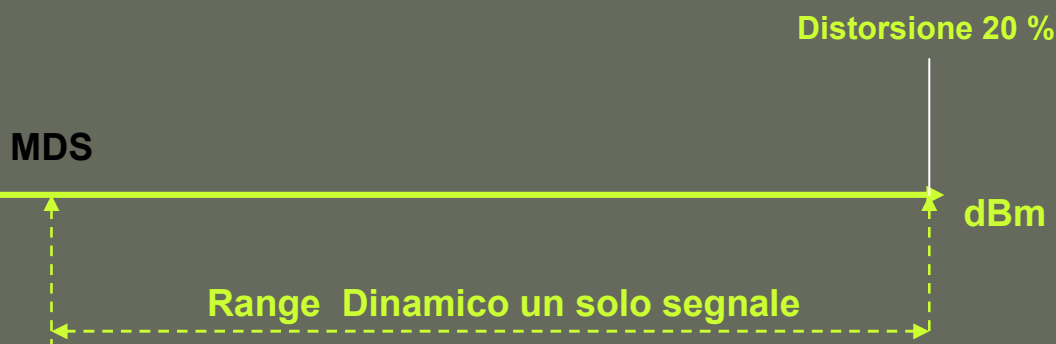
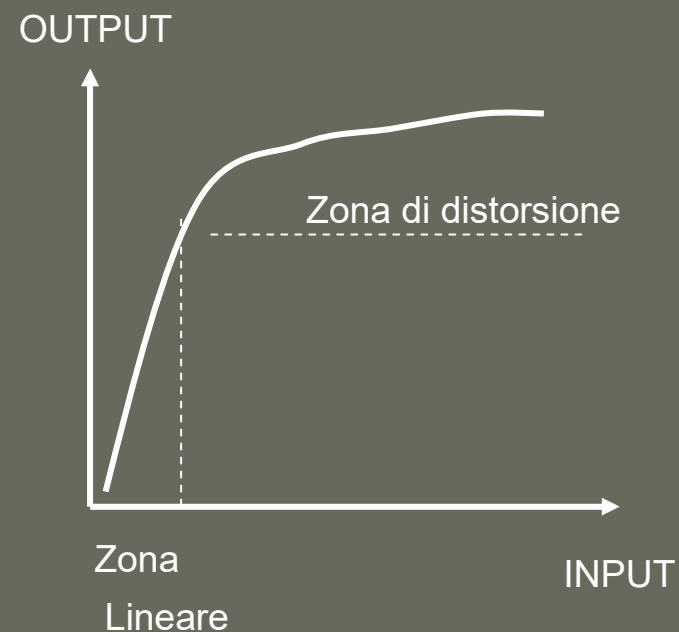
- ◆ **La dinamica di un ricevitore è la capacità di ricevere un piccolo segnale senza perdere in comprensibilità quando è presente uno o più segnali forti fuori banda.** Senza, ovviamente nessun intervento di operazioni di commutazione d'attenuazioni o regolazioni.
- ◆ **In pratica ottenere lo stesso 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: Un solo segnale, quello voluto.**
- ◆ **2: Un segnale voluto alla soglia più un segnale interferente etero-canale.**
- ◆ **3: Due segnali interferenti, di uguale ampiezza, etero-canali più il segnale voluto.**

1: Un solo segnale “quello voluto”

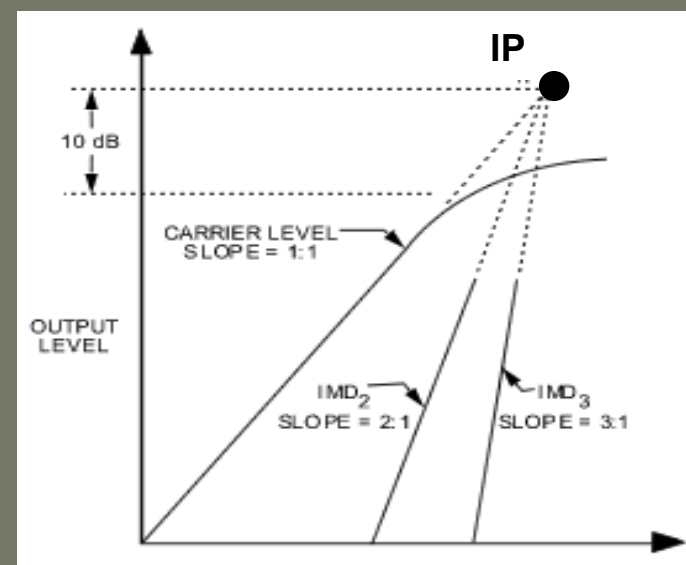
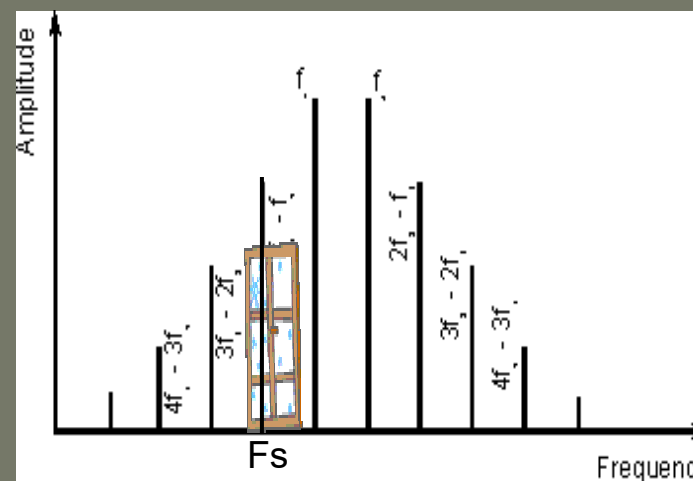
- ◆ Aumentando l'intensità di un solo segnale desiderato si entra in zona non lineare.
- ◆ Abbiamo solo distorsione armonica.
- ◆ La massima potenza del segnale è determinata dal valore di distorsione accettato sul segnale desiderato.



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.

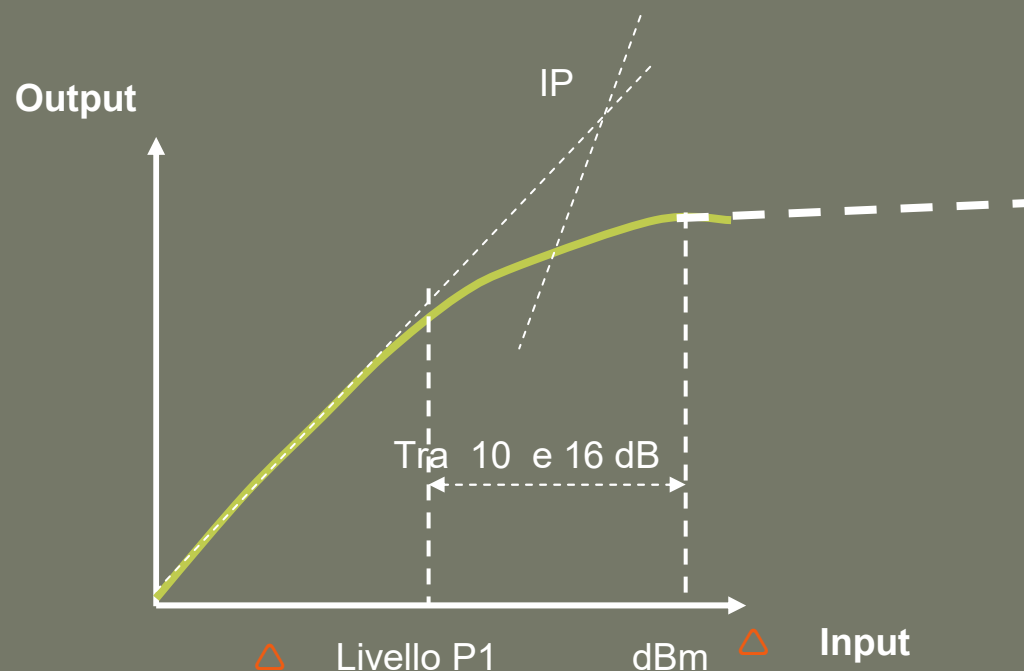
eterocanale (I.P)



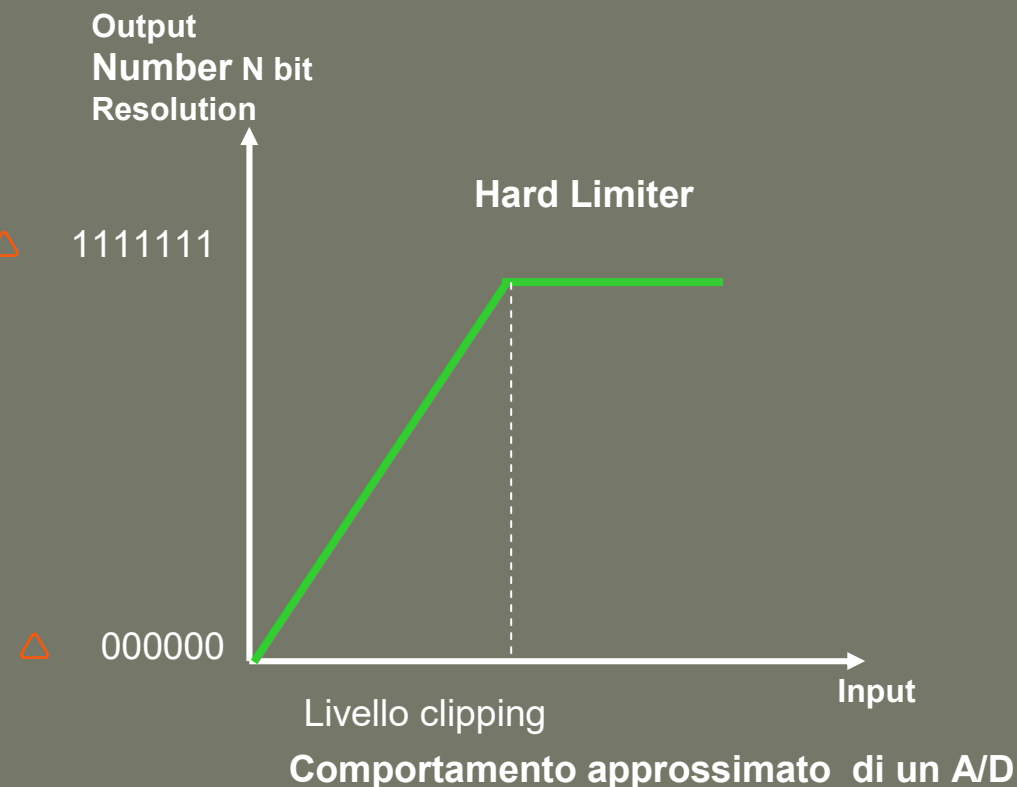
Perché non misuriamo l'IP.

- ◆ **La semplicità del banco diffuso all'inizio degli anni 90 va bene per ricevitori con IP fino a -10 e 10 dBm .**
 - Oggi i migliori SDR hanno IP di circa 1 watt e oltre con DR maggiori di 100 dB.
- ◆ **Il banco per misure di $DR \geq 100$ 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.**

Nei SDR a campionamento diretto, (senza Front-End) l'IP perde di significato.



Comportamento amplificatori a bipolari, Fet- MosFet – Mixer Analogici ,diodi etc



Comportamento approssimato di un A/D

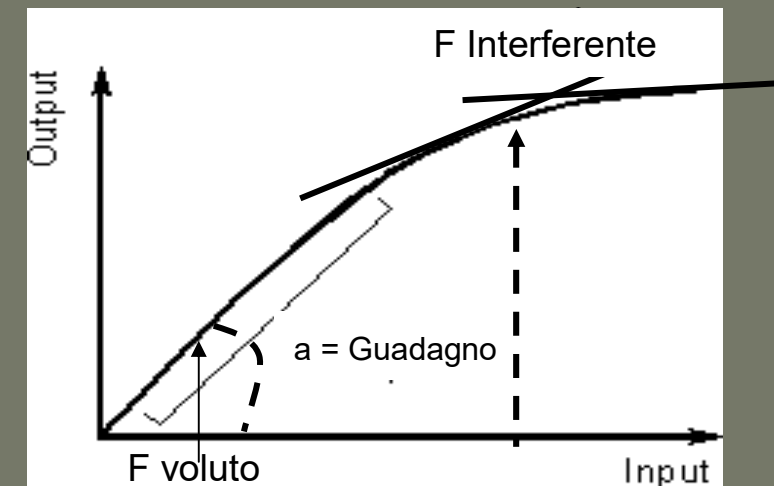
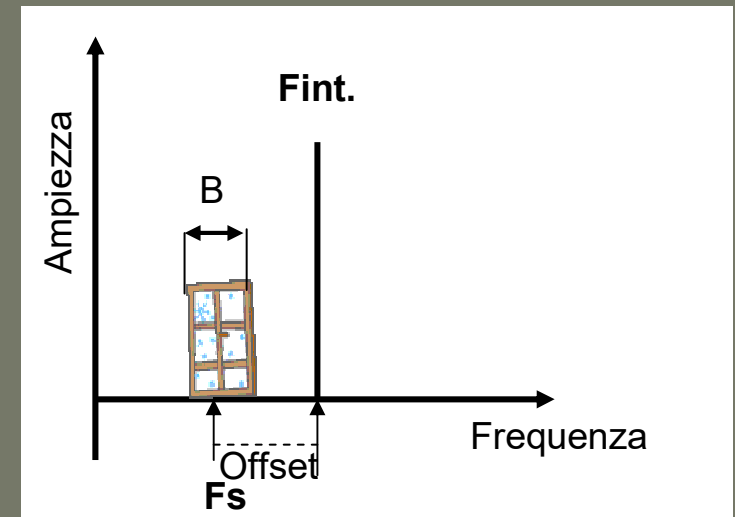
Sistema noto, con classici sviluppi in serie di potenze.

Se l'amplificatore è davanti a un ADC, per alti valori di distorsione (prima del clipping), l'RX SDR si comporta come fosse un analogico.

L'entità della non linearità è fornita dai costruttori di ADC e sono: Errore di guadagno, Errore di offset , Non linearità differenziale Isteresi, Monotonicità, Interazioni tra non linearità e monotonicità. Tutte queste cause riducono i bit effettivi.

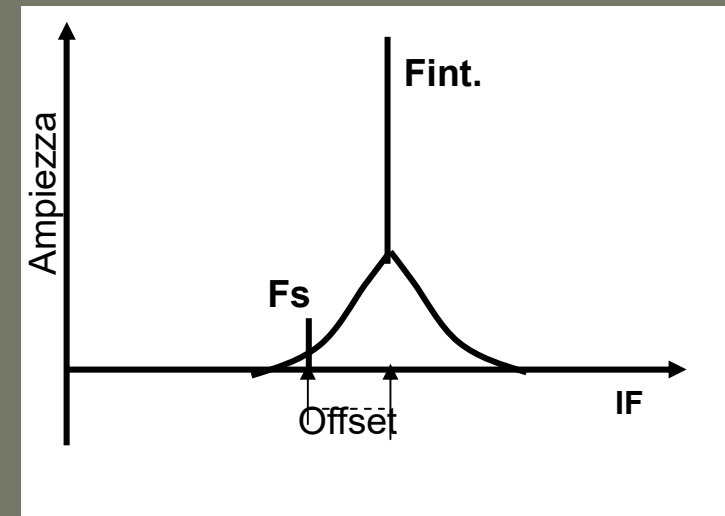
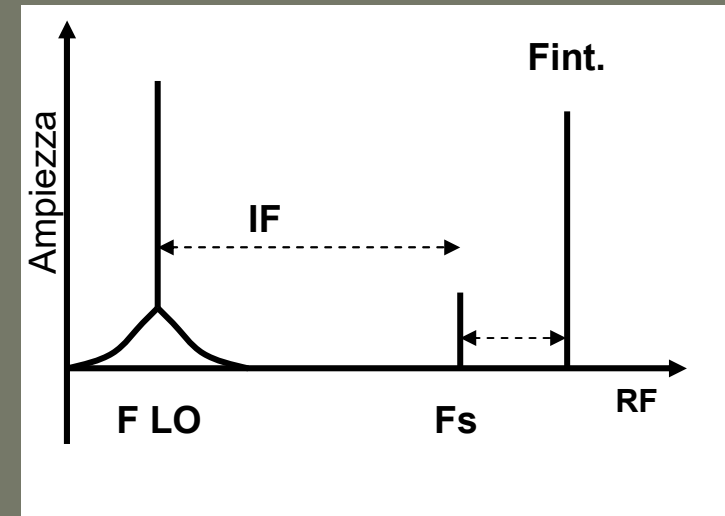
2: Solo segnale voluto + un interferente, BDR

- ◆ **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 è (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 utilizzavano 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. Perché?**



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.



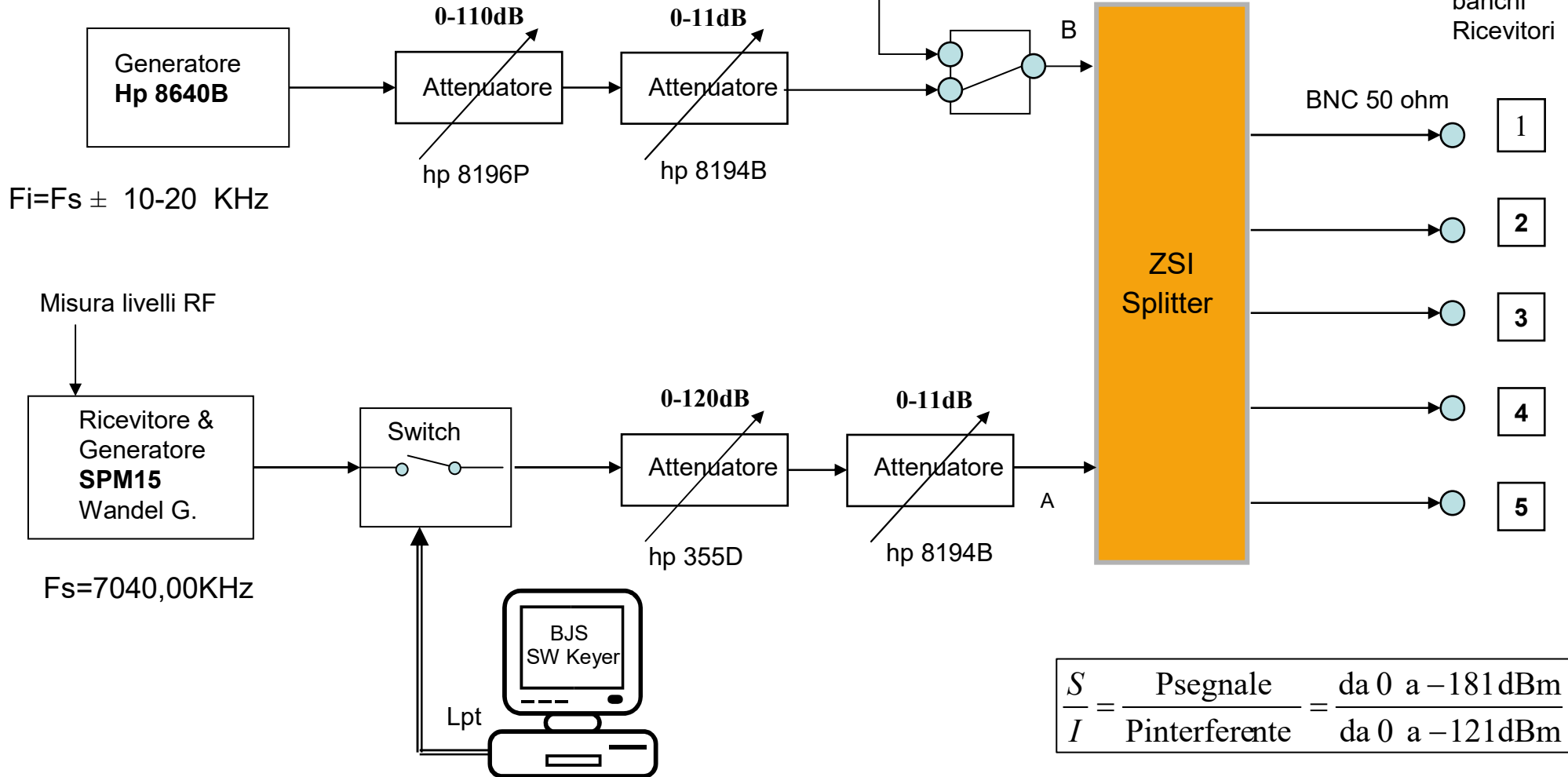
Allora come misuro il BDR ?

- ◆ **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 ? Mi sembra 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.**
- ◆

Banco segnale composito

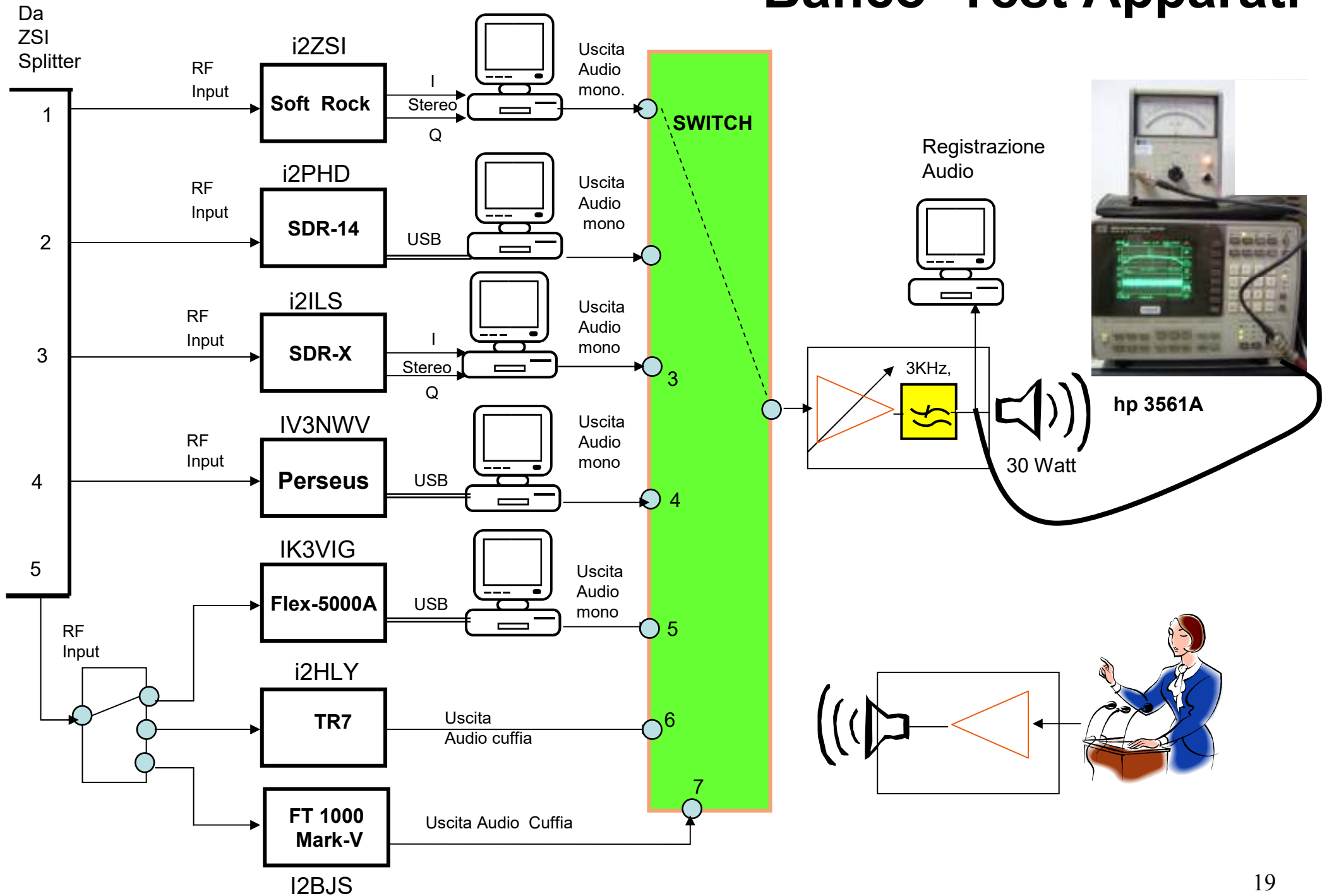


Dalle antenne di IQ2LS



$$\frac{S}{I} = \frac{P_{\text{segnale}}}{P_{\text{interferente}}} = \frac{\text{da } 0 \text{ a } -181 \text{ dBm}}{\text{da } 0 \text{ a } -121 \text{ dBm}} =$$

Banco Test Apparati



Le Misure che faremo sono:

◆ **Oggettive**

- Misura errore lettura S-meter e frequenza
- Misura del MDS da cui ricaviamo il Noise Floor e la Noise Figure NF.
- Misure di BDR con interferente a 10 e 20 KHz dal segnale voluto.
- Misura del livello di A/D clipping, solo per RX SDR.
- A richiesta qualsiasi altra misura /ascolti con le antenne di sezione.

◆ **Soggettive**

- Registrazione in un file audio di un segnale telegrafico, voluto, di livello di -115 dBm in presenza di un segnale interferente di livello e offset pari al miglior valore misurato dai ricevitori sotto test.
- I file audio saranno disponibili nel sito ARI Lissone.

APPENDICE

- ◆ I ricevitori dilettantistici nel corso degli anni
- ◆ S-Meter “Standard “
- ◆ Misure splitter ZSI
- ◆ Grafico S/N verso $(S+N)/N$
- ◆ Strumenti usati
- ◆ Acronimi
- ◆ Biografia

I ricevitori dilettantistici nel corso degli anni.

- ◆ Anni 20-30 = Ricerca della massima sensibilità. Misura livelli, distanza dalla cuffia, in metri
- ◆ Anni 30-40 = Selettività Filtri L-C. Iniziano misure dei livelli soggettivi, scala RST.
- ◆ Anni 50-60 = Largo uso di quarzi -Stabilità in frequenza - Miglioramento selettività con Filtri meccanici ed a quarzo.
- ◆ Anni 70-80 = Nuovo grosso mercato CB. Ipersensibilità e peggioramento IMD. Apparati non usabili in contest, scala Smeter inservibile se non per sintonizzarsi. Perdita del preselector
- ◆ Anni 90 = Ricevitori a banda continua . 1° IF > di 40 MHz , notevole miglioramento immagine. OL da VCO a DDS . Si inizia a diffondere la cultura delle misure: MDS, IMD, IP, DR e BDR. Per la prima volta si parla di potenza all'ingresso dei ricevitori (dBm) e non di tensione (microvolt) .
- ◆ Anni 2000 = La rivoluzione SDR. Alte prestazioni ed uso del ricevitore come analizzatore di spettro e misura delle potenze ricevute, dopo oltre 80 anni.

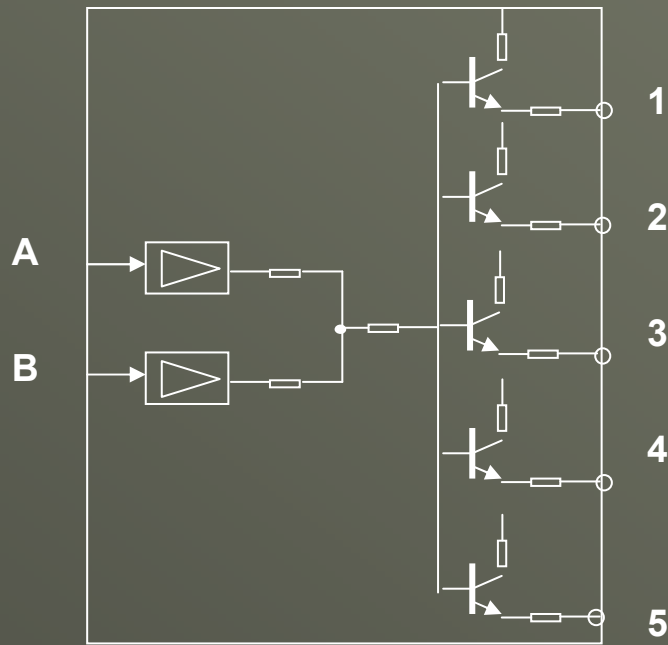
Molta resa con poca spesa .

S-Meter Standard

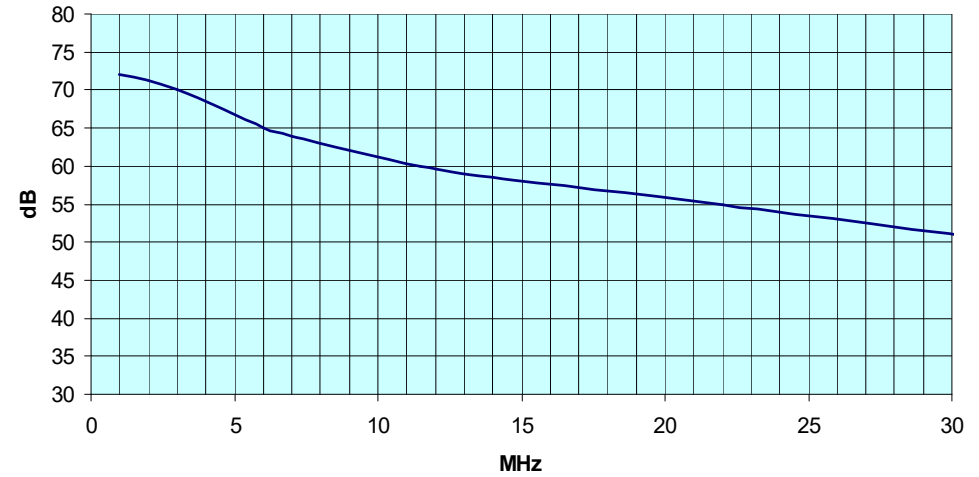
- ◆ 24-28 Aprile 1978-IARU Region I- Conference MiSKOLC-Tapolca - Ungheria
- ◆ Annex 5 -Document M/T 63 - Proposal "VERON"
- ◆ Societies should advise their member about equipment adhering to this recommendation and shall try to avoid publication of receivers designs which do not in principle use the recommended standards.

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 (158 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

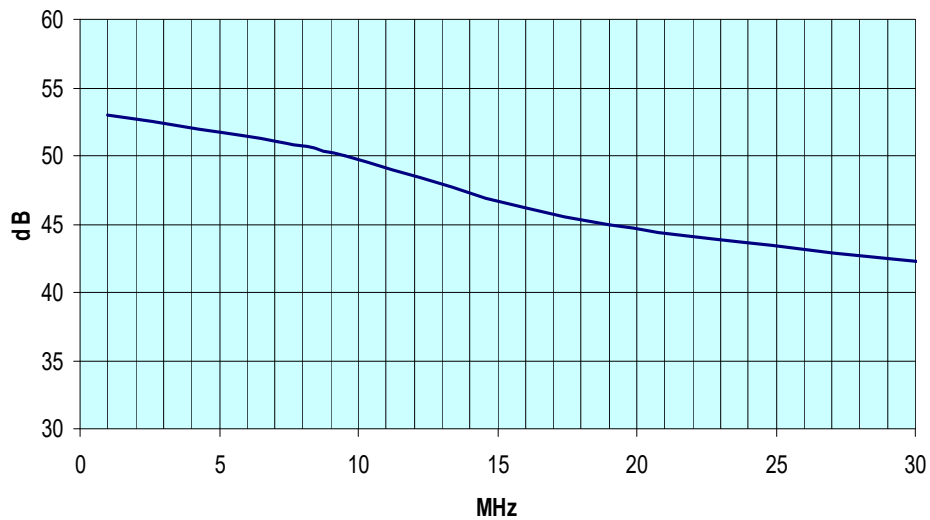
Caratteristiche ZSI- Splitter



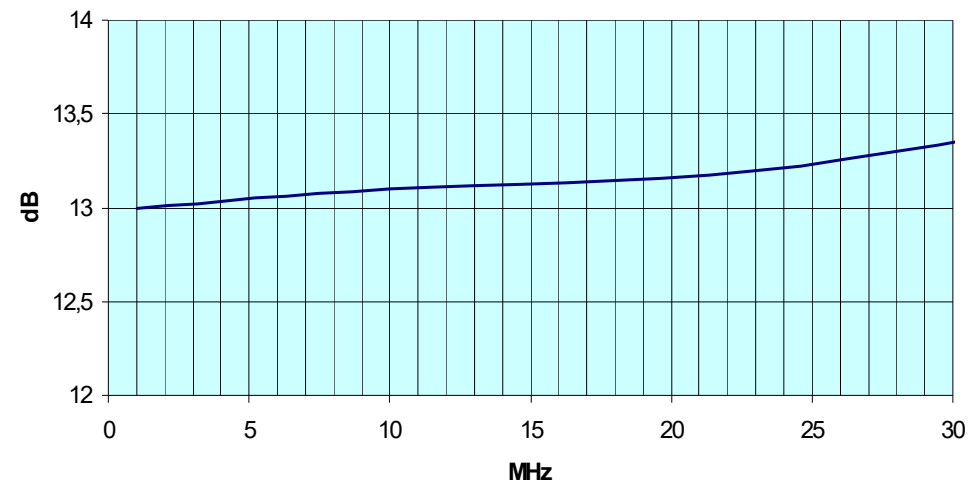
Isolamento tra uscite splitter



Isolamento tra ingressi A e B



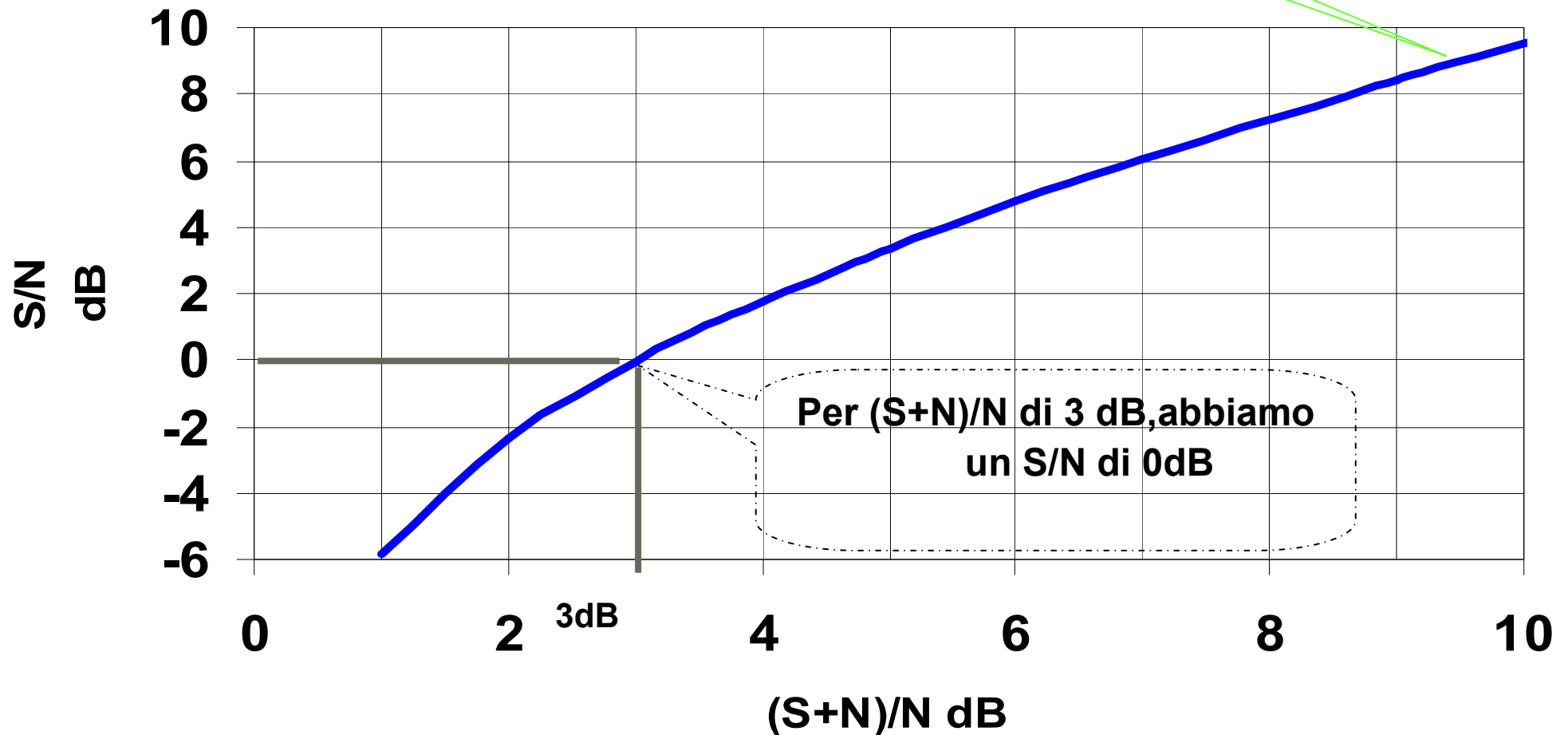
Risposta Ampiezza @Frequenza
Ingresso A o B e una qualsiasi uscita



Quando $(S+N)/N$ è \geq di 10 dB
tende ad essere uguale al
valore di S/N .

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

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



Strumenti usati

Alcuni strumenti sono certificati in data 2004.

- ◆ 1 Attenuatore HP 355 dc to 1 GHz 0-120,10 dB steps
- ◆ 2 Attenuatori HP 8494B dc to 18 GHz, 0-11 , steps 1 dB
- ◆ 1 Attenuatore HP 8496 B dc to 18 GHz 0-110 ,10 dB steps
- ◆ Generatore RF HP 8640B
- ◆ Generatore RF Wandel & Gotterlmann SPM 15
- ◆ Voltmetro HP3400A
- ◆ Analizzatore di segnali HP3561A
- ◆ Power meter HP 437B.
- ◆ Sensor Power HP 8484 A: -70 to -20dBm

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 of n° order ...
- ◆ IP Intercept Point.
- ◆ MDS Minimum Discernible Signal
- ◆ PSK Phase Shift Keing
- ◆ QAM Quadrature Amplitude Modulation
- ◆ SSB Single Side Band

Biografia

- ◆ 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.elecraft.com;
 - Elecraft mailing list Elecraft@mailman.qth.net.