

Domenico Marini • I8CVS

E-mail: domenico.i8cvs@tin.it

La misura dei prodotti di intermodulazione negli RX

Premessa

Quando un segnale RF di ampiezza variabile passa attraverso un dispositivo non lineare, come può essere un amplificatore, si possono generare nuovi segnali dovuti a intermodulazione detta anche IMD o Intermodulation Distorsion e la frequenza di ciascun segnale IMD, si calcola matematicamente in modo semplice.

Sebbene si possano generare molti prodotti IMD, quelli maggiormente nocivi, sono i prodotti dispari del terzo ordine e, in misura minore, quelli del quinto ordine.

Calcolo dei prodotti di intermodulazione

Si abbiano ad esempio un ponte ripetitore commerciale che ha una portante continua a 143 MHz e un OM che trasmette con potenza legale in SSB a 144 MHz e vediamo cosa potrebbe accadere.

Inviando a un mixer due segnali, uno alla frequenza $f_1 = 143$ MHz e l'altro alla frequenza $f_2 = 144$ MHz, si otterranno le seguenti frequenze:

$f_1 = 143$ MHz	$f_2 = 144$ MHz
$2f_1 = 286$ MHz	$2f_2 = 288$ MHz
$3f_1 = 429$ MHz	$3f_2 = 432$ MHz

Sebbene ciascuna armonica cada molto lontana dalla banda passante del ricevitore sintonizzato a 144 MHz, le armoniche si mescolano fra loro per generare prodotti di intermodulazione IMD, alcuni dei quali, cadono dentro la banda passante da ricevere e i prodotti IMD più nocivi in un ricevitore sono quelli dispari del terzo ordine e, in misura minore, quelli del quinto ordine, perché questi sono fortemente attenuati rispetto a quelli del terzo ordine e si generano come segue:

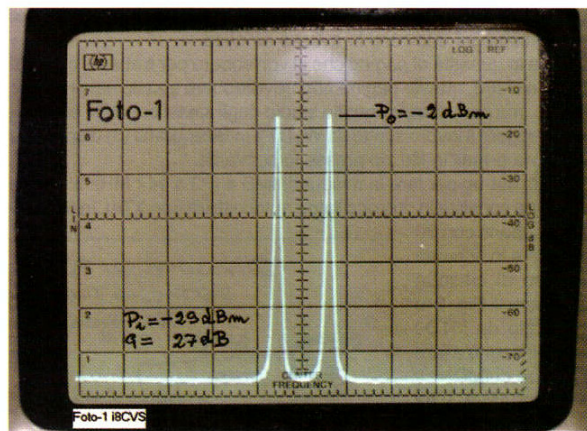


Foto 1 • $P_1 = -29$ dBm; $P_2 = -2$ dBm; $G = 27$ dB

Prodotti IMD del terzo ordine:

$$2f_1 - f_2 = 286 - 144 = 142 \text{ MHz (fuori banda OM)}$$

$$2f_2 - f_1 = 288 - 143 = 145 \text{ MHz (in banda dove trasmette il nostro OM)}$$

Prodotti IMD del quinto ordine:

$$3f_1 - 2f_2 = 429 - 288 = 141 \text{ MHz (fuori banda OM)}$$

$$3f_2 - 2f_1 = 432 - 286 = 146 \text{ MHz (estremo superiore banda OM ma molto attenuato)}$$

Anche se il ricevitore ha linearità poco elevata, i prodotti IMD del quinto ordine possono essere ignorati ma il nostro OM pur trasmettendo regolarmente in SSB a 144 MHz, sarà ascoltato contemporaneamente in SSB anche a 145 MHz da molti altri OM che hanno RX mediocri a bassa dinamica e sarà ascoltato a 145 MHz inibendosi gli OM della zona che ricevono e trasmettono in FM e non per colpa sua ma a causa della portante del ripetitore commerciale operante a portante continua su 143 MHz che "crea" un prodotto IMD del terzo ordine in banda OM a 145 MHz, ricevibile in RX commerciali scadenti.

Il verbo "creare" è stato usato propriamente per rendere l'idea che in tale esempio usando RX a bassa IMD e bassa IP3 (Third Order Intercept Point) il segnale prodotto è reale, ed effettivamente presente sulla sintonia del ricevitore a 145 MHz, come se qualcuno ve lo avesse messo di proposito.

La misura dei prodotti di intermodulazione IMD

Per verificare se un ricevitore è immune o meno da interferenze create dai prodotti di intermodulazione, bisogna misurare la sua IMD o Intermodulation Distorsion e da questa risalire alla sua IP3 o Third Order Intercept Point ossia Punto di Intersezione del Terzo Ordine, i cui valori tanto più sono alti e tanto più il segnale

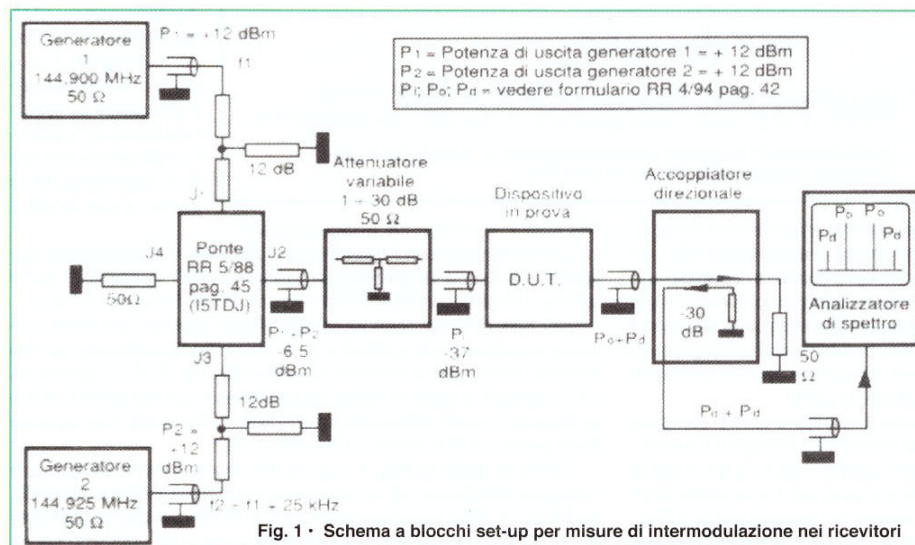


Fig. 1 • Schema a blocchi set-up per misure di intermodulazione nei ricevitori

— E' permesso suggerire —

a 145 MHz per ritornare al nostro esempio non sarà più ricevibile, proprio come se qualcuno lo avesse rimosso.

Data la quantità di pagine che ci vorrebbero per trattare i concetti di IMD e di IP3, queste pagine non troverebbero spazio nel presente articolo, ma per un approfondito studio degli stessi concetti, si consiglia di leggere il lavoro scritto da W1DTY in Bibliografia (3) disponibile anche via e-mail in file.zip presso lo scrivente.

Il mio set-up per fare la misura di IMD e IP3 a 144 MHz è visibile in Fig. 1 e consiste in due oscillatori autocostituiti con XTAL in 5° over-

tone risonanti con 30 pF serie e lo schema elettrico di ciascun oscillatore di Fig. 5 fu progettato da ISTDJ che mi insegnò a fare le misure di IMD

L'oscillatore 1 ha XTAL da 72.5125 MHz che, duplicato, fornisce 145.025 MHz, mentre l'oscillatore 2 ha XTAL da 72.500 MHz che, duplicato, fornisce 145.000 MHz e quindi la loro differenza è 25 kHz. L'uscita di ciascun oscillatore dopo l'attenuatore interno da 6 dB, è +14 dBm = 25 mV su 50 ohm.

I due XTAL in contenitore HC-18U e piedini per montaggio su zoccolo, vanno ordinati alla EISCH ELEKTRONIC di Ulm Germania in Bibliografia (17) che li fa tagliare da ditte specializzate tedesche, anche per singoli pezzi, indicando in questo caso come specifica 5° overtone risonanti con 30 pF serie e temperatura di lavoro 60 °C mentre il tempo di consegna è circa 3 settimane.

La Fig. 5 mostra

lo schema elettrico di ciascun oscillatore che è montato su una piastrina di vetronite G-10 ramata a una faccia di dimensioni 103 x 47 mm alloggiata in una scatola metallica TEKO dotata di coperchio con finger stock mentre la Fig. 6 mostra il montaggio dei componenti sulla faccia lato rame con la tecnica a "pulce morta" cosicché seguendo questo layout ognuno potrà utilizzare compensatori e componenti recuperati nel cassetto senza essere obbligato a misure specifiche come avviene usando i classici PCB con le piste.

Il montaggio dei componenti sulla piastrina è molto semplice richiedendo solo 3 fori per lo zoccolo dello XTAL, 2 fori per i transistor Q1 e Q2, più 4 fori per i condensatori passanti da 1n e 4 fori per le colonnine in teflon per gli ancoraggi più uno per il connettore BNC a vite. Dopo aver praticato i fori e montati lo zoccolo per lo XTAL i passanti e le colonnine per gli ancoraggi, saldare i componenti e tutte

le masse sulla faccia ramata come indicato in Fig. 6.

L'uscita RF di ciascun oscillatore è inviata ad un attenuatore variabile TEXCAN che va da DC a 2 GHz modello RA-50 da 10 dB a gradini di 1 dB in modo da poter bilanciare le uscite dei due oscillatori allo stesso livello di +4 dBm.

Chi possiede due Generatori di Segnali del tipo HP 8640B o similari con attenuatori incorporati, ha il problema già risolto e oltre a poter fare misure di IMD anche a 432 MHz non dovrà autocostituire né i due oscillatori e neppure i due attenuatori da 10 dB a gradini

di 1 dB come si vede in Fig. 1.

Le uscite dei due oscillatori entrano in un Power Divider/Combiner a -3 dB che nel disegno di Fig. 1 è il Ponte del ROS realizzato da ISTDJ e pubblicato in Bibliografia (1).

L'oscillatore 1 va alla porta J1 mentre l'oscillatore 2 va alla porta J3. La porta J4 è chiusa su una terminazione da 50 ohm e l'uscita somma dei due segnali P1+P2 viene prelevata sulla porta J2. L'isolamento fra le porte J1 e J3 è -30 dB a 144 MHz per cui i due oscillatori non si vedono uno con l'altro.

Chi non volesse realizzare il Ponte del ROS può usare un ottimo Power Divider/Combiner a -3 dB della MCL reperibile nel surplus ESCO modello ZFSC-4-1 chiudendo le porte 2 e 3 su due terminazioni SMA da 50 ohm e inviando l'oscillatore 1 alla porta 1 e l'oscillatore 2 alla porta 4 mentre l'uscita viene prelevata dalla porta somma S. L'isolamento fra le porte 1 e 4 è -40 dB a

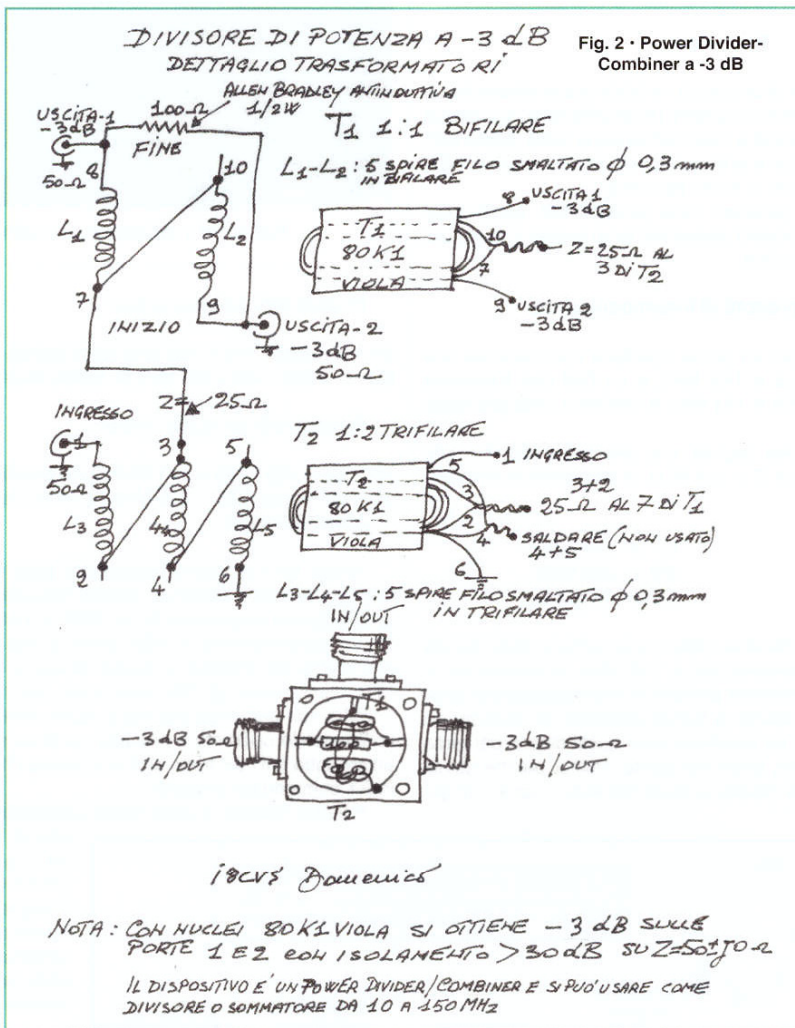


Fig. 2 - Power Divider-Combiner a -3 dB

144 MHz e le entrate e/o uscite sono a 0°.

La Fig. 2 mostra un Power Divider/Combiner a -3 dB facile da autocostituire su due nuclei binoculari di ferrite 80K1 viola che va da 10 MHz a 150 MHz con buon isolamento > -30 dB fra le porte 1 e 2.

Chi non potesse reperire questi Power Divider/Combiner può usare semplicemente il divisore a -6 dB di Fig. 4 realizzato con tre resistori antiduttivi a carbone Allen Bradley da 16.33 Ω oppure da 18 Ω collegati a stella inviando gli oscillatori 1 e 2 alle porte C e B e prelevando l'uscita dalla porta A ma il divisore è a -6 dB e l'isolamento fra le porte C e B è anche e soltanto -6 dB.

Come si vede da Fig. 1 l'uscita del Power Divider/Combiner è collegata all'ingresso di un attenuatore variabile surplus TEXCAN da DC a 1.5 GHz modello RA-54 da 0 a 50 dB con 5 gradini rotativi di 10 dB ognuno più dieci gradini rotativi da 1 dB ciascuno per la

E' permesso suggerire

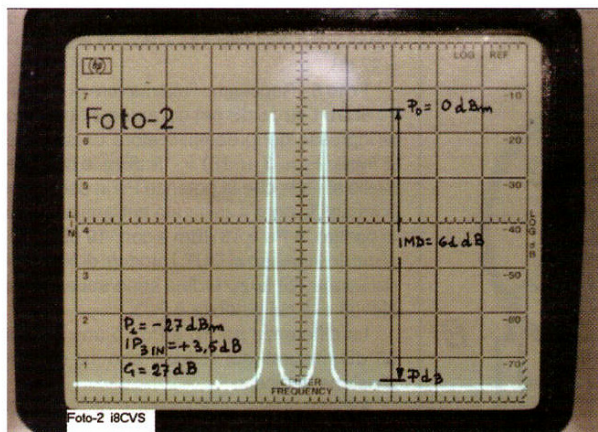


Foto 2 - $P_1 = -27 \text{ dBm}$; $P_2 = 0 \text{ dBm}$; $\text{IMD} = 61 \text{ dB}$;
 $\text{IP} = +3.5 \text{ dBm}$; $G = 27 \text{ dB}$

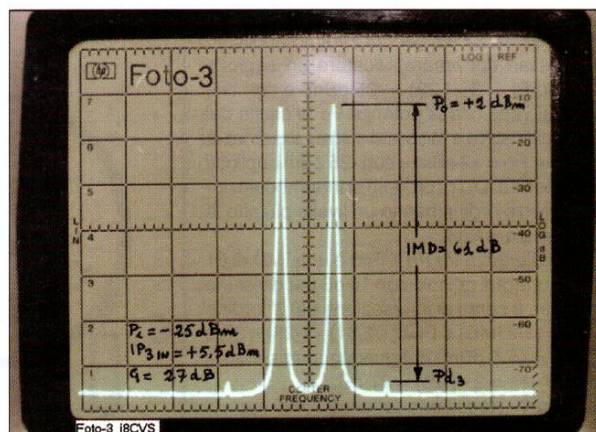


Foto 3 - $P_1 = -25 \text{ dBm}$; $P_2 = +2 \text{ dBm}$; $\text{IMD} = 61 \text{ dB}$;
 $\text{IP} = +5.5 \text{ dBm}$; $G = 27 \text{ dB}$

regolazione fine dell'attenuazione e questi attenuatori sono in genere reperibili surplus presso l'indirizzo in Bibliografia (2).

Chi non potesse trovare gli attenuatori professionali nel surplus li può autocostituire che vanno da DC a 500 MHz usando resistori antinduttivi a carbone Allen Bradley da 1/4 watt disposti a T e inseribili a gradini con commutatori a slitta e alloggiati in scatole fatte con vetronite ramata G10 a doppia faccia come descritto su qualunque ARRL Handbook e come si vede schematizzato nell'esempio di Fig. 3 dove i gradini da 1 dB sono formati da due resistori da 27 Ω e uno da 430 Ω collegati a T mentre i gradini da 10 dB sono realizzati con due resistori da 27 Ω e uno da 36 Ω collegati a T.

L'uscita dell'attenuatore da 50 dB è inviata al dispositivo in prova DUT (Device Under Test) che può essere un preamplificatore per 144 MHz l'uscita del quale come si vede in Fig. 1 è collegata a un accoppiatore direzionale con uscita disaccoppiata di -30 dB e chiuso in uscita su una terminazione da 50 Ω e nel mio set-up ho usato un EME Precision UHF-VHF Directional-Coupler con disaccoppiamento di -29 dB e direttività di 40 dB in VHF ma questo accoppiatore direzionale non è critico e si può usare qualunque tipo similare.

L'uscita disaccoppiata a -29 dB della potenza incidente viene inviata a un analizzatore di spettro modello 141 T con cassetto RF 8555A che attualmente si trova nel mercato surplus a prezzi da OM.

Esecuzione delle misure

Come si vede da Fig. 1 per prima cosa bisogna misurare con precisione il livello dei due segnali $P_1 + P_2$ somma di riferimento dei due oscillatori 1 e 2 che si trovano all'uscita del Power Divider/Combiner a monte dell'attenuatore da 50 dB e sul mio set-up questo livello è -3 dBm misurati sullo stesso analizzatore di spettro e per riscontro su un Power Meter HP 435A.

Se ora inseriamo ad esempio un'attenuazione di 32 dB a monte del DUT otterremo al suo ingresso un segnale di livello $P_i = -3 + (-32) = -35 \text{ dBm}$. Vogliamo ora misurare la IMD e la IP_3 del preamplificatore per 144 MHz ad elevata dinamica a due stadi in circuito Norton con BFG-195 e BFG-134 del tipo pubblicato su RR 5/94 e RR 6/94.

Per vedere i due segnali P_1 e P_2 separati di 25 KHz sull'analizzatore di spettro, bisogna settarlo per elevata selettività con i seguenti valori:

BANDWIDTH = 1 kHz
SCAN WIDTH = 20 kHz
VIDEO FILTER = 10 Hz
SCAN TIME/DIV = 0.5 sec.
VERTICAL = 10 dB/div

Per precauzione ed evitare di bruciare il mixer di ingresso dello strumento che accetta un massimo di +10 dBm regolare inizialmente su 30 dB INPUT ATTENUATOR e aggiungere anche un attenuatore esterno da 10 dB sul connettore RF di INPUT.

Foto 1 - Regolare l'attenuatore di ingresso al DUT su 26 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-26) = -29 \text{ dBm}$ e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro è $P_o = -2 \text{ dBm}$ e con -29 dBm applicati in ingresso al DUT non si vedono ancora i prodotti di intermodulazione e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = -2 - (-29) = 27 \text{ dB}$.

Foto 2 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 24 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-24) = -27 \text{ dBm}$ e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro è $P_o = 0 \text{ dBm}$ e con -27 dBm applicati in ingresso al DUT si incominciano già a vedere i prodotti di intermodulazione del terzo ordine la cui potenza è P_{d3}

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 61 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale.

Il punto di intersezione del 3° ordine è $\text{IP}_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 61) + (-27) = 30.5 + (-27) = +3.5 \text{ dBm}$ e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 0 - (-27) = 27 \text{ dB}$

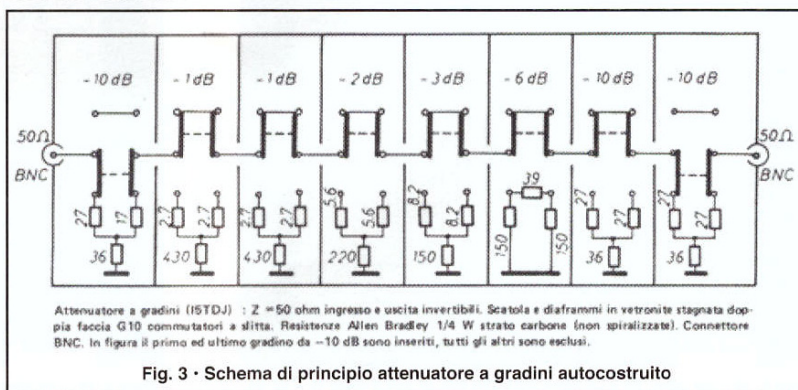


Fig. 3 - Schema di principio attenuatore a gradini autocostituito

◯◯ E' permesso suggerire ◯◯

Foto 3 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 22 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-22) = -25$ dBm e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro è $P_o = +2$ dBm e con -25 dBm applicati in ingresso al DUT i prodotti di intermodulazione del terzo ordine hanno un livello più alto la cui potenza è P_{d3} .

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 61 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale. Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 61) + (-25) = 30.5 + (-25) = +5.5$ dBm e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 2 - (-25) = 27$ dB.

Foto 4 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 20 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-20) = -23$ dBm e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro, è $P_o = +4$ dBm e con -23 dBm applicati in ingresso al DUT, i prodotti di intermodulazione del terzo ordine sono già abbastanza evidenti e la cui potenza è P_{d3} .

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 59 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale.

Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 59) + (-23) = 29.5 + (-23) = +6.5$ dBm e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 4 - (-23) = 27$ dB.

Foto 5 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 18 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-18) = -21$ dBm e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro è $P_o = +6$ dBm e con -21 dBm applicati in ingresso al DUT i prodotti di intermodulazione del terzo ordine sono molto evidenti e la cui potenza è P_{d3} .

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 55 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale.

Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i =$

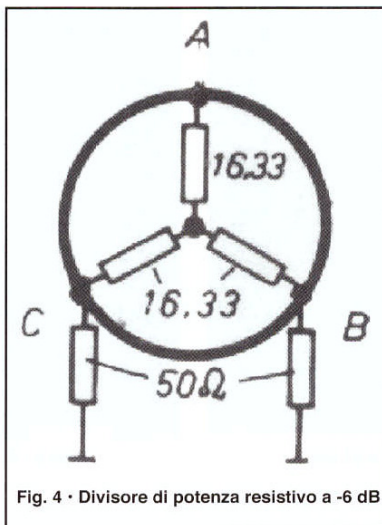


Fig. 4 - Divisore di potenza resistivo a -6 dB

$(1/2 \cdot 55) + (-21) = 27.5 + (-21) = +6.5$ dBm e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 6 - (-21) = 27$ dB.

Foto 6 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 16 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-16) = -19$ dBm e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro, è $P_o = +8$ dBm e con -19 dBm applicati in ingresso al DUT, i prodotti di intermodulazione del terzo ordine sono abbastanza elevati e la cui potenza è P_{d3} .

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 50 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale.

Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 50) + (-19) = 25 + (-19) = +6$ dBm e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 8 - (-19) = 27$ dB.

Foto 7 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 14 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-14) = -17$ dBm e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro, è $P_o = +10$ dBm e con -17 dBm applicati in ingresso al DUT, i prodotti di intermodulazione del terzo ordine sono molto elevati e la cui potenza è P_{d3} ma si incominciano già a vedere i prodotti di intermodulazione del quinto ordine.

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 46 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale.

Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 46) + (-17) = 23 + (-17) = +6$ dBm e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 10 - (-17) = 27$ dB.

Foto 8 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 12 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-12) = -15$ dBm e con tale livello si vede che la po-

tenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro è $P_o = +12$ dBm e con -15 dBm applicati in ingresso al DUT i prodotti di intermodulazione del terzo ordine sono elevatissimi e

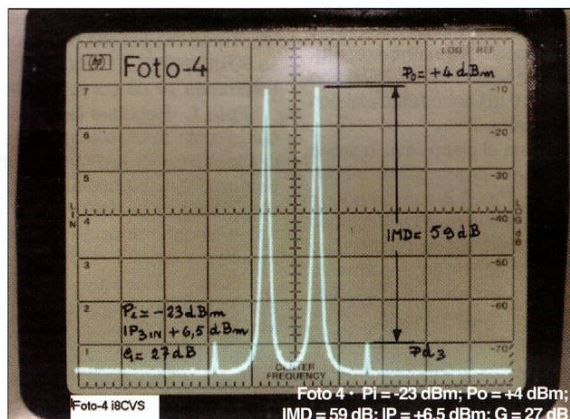


Foto-4 iBCVS

Foto 4 - $P_i = -23$ dBm; $P_o = +4$ dBm; $IMD = 59$ dB; $IP_3 = +6.5$ dBm; $G = 27$ dB

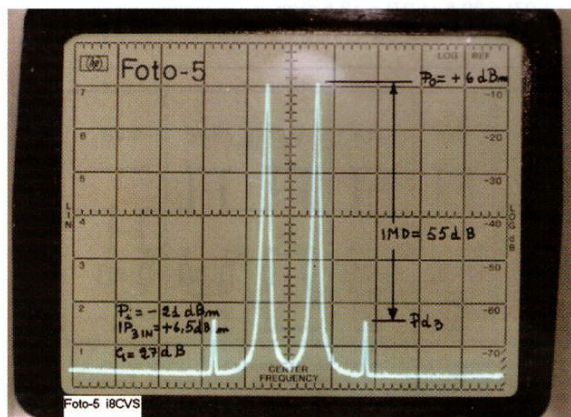


Foto-5 iBCVS

Foto 5 - $P_i = -21$ dBm; $P_o = +6$ dBm; $IMD = 55$ dB; $IP_3 = +6.5$ dBm; $G = 27$ dB

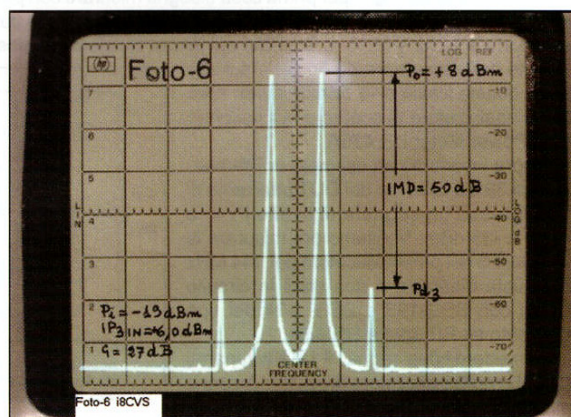


Foto-6 iBCVS

Foto 6 - $P_i = -19$ dBm; $P_o = +8$ dBm; $IMD = 50$ dB; $IP_3 = +6.0$ dBm; $G = 27$ dB

E' permesso suggerire

la cui potenza è P_{d3} mentre i prodotti di intermodulazione del quinto ordine sono molto evidenti e la cui potenza è P_{d5} .

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 40 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale. Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 40) + (-15) = 20 + (-15) = +5 \text{ dBm}$ e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 12 - (-15) = 27 \text{ dB}$.

Foto 9 - Regoliamo l'attenuatore di ingresso al DUT su 10 dB per cui avremo applicato all'ingresso del preamplificatore un segnale di livello $P_i = -3 + (-10) = -13 \text{ dBm}$ e con tale livello si vede che la potenza P_o in uscita dal preamplificatore e misurata sull'analizzatore di spettro è $P_o = +14 \text{ dBm}$ e con -13 dBm applicati in ingresso al DUT i prodotti di intermodulazione del terzo ordine sono elevatissimi e la cui potenza è P_{d3} mentre si cominciano già a vedere i prodotti di intermodulazione del settimo ordine.

La differenza fra P_o e P_{d3} è una IMD di 32 dB misurati sul reticolo con 10 dB per divisione verticale.

Il punto di intersezione del 3° ordine è $IP_3 = (1/2 \text{ IMD}) + P_i = (1/2 \cdot 32) + (-13) = 16 + (-13) = +3 \text{ dBm}$ e il guadagno misurato è $G = P_o - P_i = 14 - (-13) = 27 \text{ dB}$.

Siccome il segnale di ingresso al preamplificatore è $P_i = -13 \text{ dBm}$ e il suo guadagno $G = 27 \text{ dB}$ ne risulta che la sua potenza di uscita è $P = -13 + 27 = +14 \text{ dBm}$ pari a 25 mW paragonabile a quella di un piccolo TX per QRP.

La **Tabella 1** in **Fig. 7**, riassume quanto sopra misurato.

Nota

Quando si fanno misure di intermodulazione bisogna considerare che anche l'analizzatore di spettro è un ricevitore soggetto a intermodulazione che bisogna misurare per evitare che le intermodulazioni dello strumento e quella del DUT si sommino falsando la misura.

Con riferimento a **Fig. 1** per misurare il livello dei due oscillatori $P_1 + P_2$ oltre il quale lo strumento comincia a intermodulare disconnettere il DUT e collegare l'uscita dell'attenuatore da 50 dB direttamente all'ingresso dell'accoppiatore direzionale e poi all'analizzatore di spettro.

Con l'attenuatore da 50 dB tutto inserito cominciare ad escludere

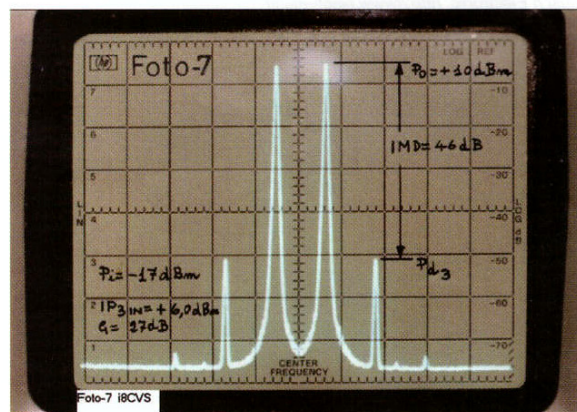


Foto 7 - $P_i = -17 \text{ dBm}$; $P_o = +10 \text{ dBm}$; $\text{IMD} = 46 \text{ dB}$; $IP_3 = +6.0 \text{ dBm}$; $G = 27 \text{ dB}$

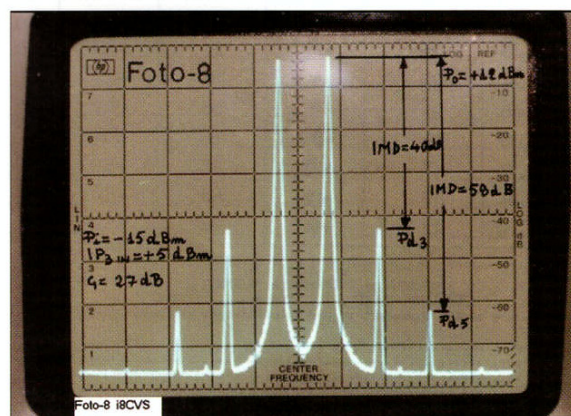


Foto 8 - $P_i = -15 \text{ dBm}$; $P_o = +12 \text{ dBm}$; $\text{IMD} = 40 \text{ dB}$; $IP_3 = +5.0 \text{ dBm}$; $G = 27 \text{ dB}$

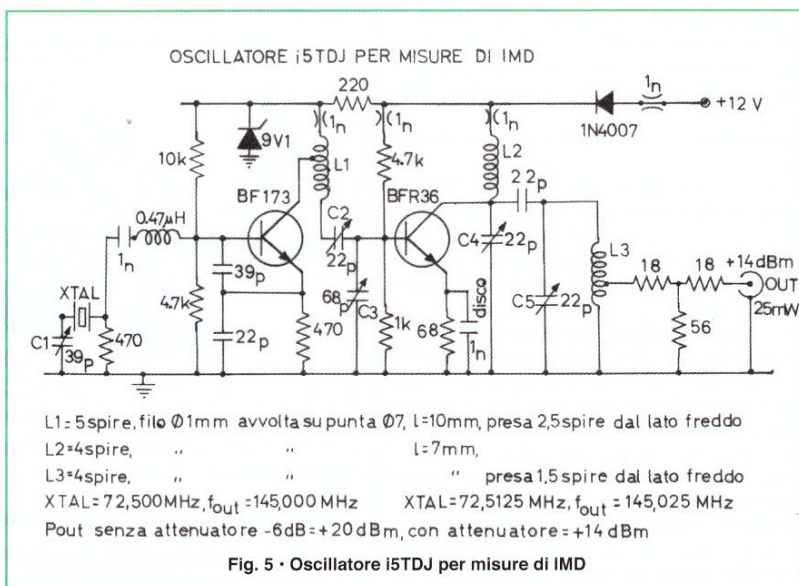


Fig. 5 - Oscillatore i5TDJ per misure di IMD

dB a gradini di 1 dB prendendo nota del livello a cui si incominciano appena a vedere i prodotti di IMD del terzo ordine.

Nell'analizzatore di spettro HP 8555A i prodotti del terzo ordine si incominciano a vedere con IMD di 61 dB applicando -33 dBm al suo mixer che è connesso direttamente all'ingresso dello strumento e quindi col DUT inserito onde evitare che lo strumento intermoduli non bisogna inviare al mixer di questo analizzatore di spettro segnali di livello superiore a -33 dBm.

Conclusioni

Aumentando la potenza di ingresso P_i al di sopra di -13 dBm il preamplificatore si sovraccarica, il guadagno tende a diminuire e il suo punto di compressione a -1dB si verifica con -11 dBm in ingresso per cui si generano prodotti di intermodulazione del terzo, quinto e settimo ordine.

Come si vede in **Foto 9** la gamma ottimale di lavoro si trova fra $P_i = -23 \text{ dBm}$ (**Foto 4**) e $P_i = -17 \text{ dBm}$ (**Foto 7**).

Il preamplificatore che ha una Cifra di Rumore $NF = 1.3 \text{ dB}$ e un guadagno $G = 27 \text{ dB}$ gestisce bene senza intermodulare segnali in ingresso da -23 dBm a -17 dBm che sono estremamente forti e raramente riscontrabili anche in segnali locali per cui anche in presen-

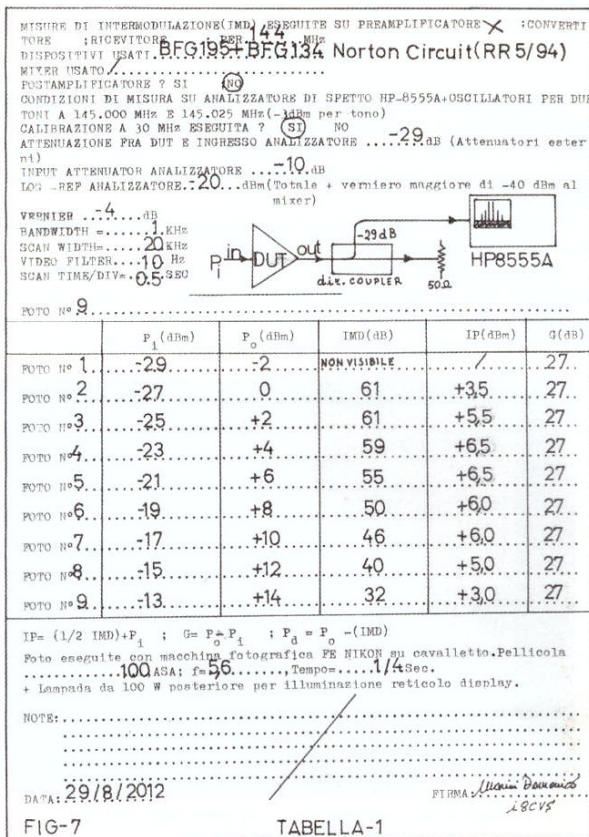
E' permesso suggerire

za della portante continua del ponte ripetitore commerciale a 143 MHz non si "creeranno" per noi prodotti di intermodulazione a 145 MHz quando l'OM dell'esempio in parola trasmette a 144 MHz.

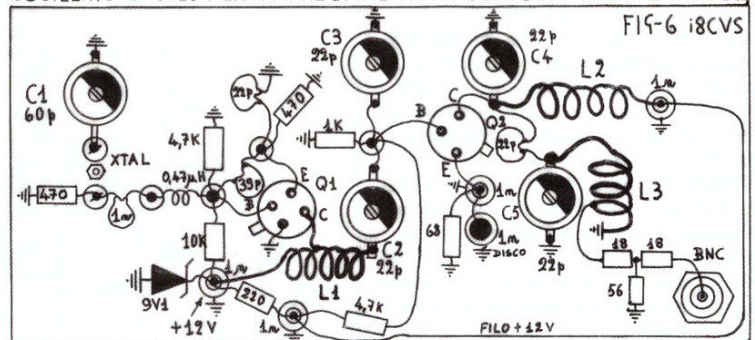
Queste misure si possono fare anche con mezzi modesti usando strumenti analogici che erano di uso professionale negli Anni '70 che riesumati dal surplus e se ricalibrati accuratamente forniscono valori sufficientemente precisi ma certamente inferiori ai valori assoluti ottenibili oggi con strumenti digitali moderni il cui costo è però accessibile a pochi radioamatori.

Tuttavia il "challenge" del radioamatore è una sfida a voler ottenere il massimo possibile con molto poco e ciò ripaga della fatica di nottate passate fino all'alba rivedendo il Sole spuntare nello schack attraverso una nebbiolina dal buon odore di colofonio e di pasta salda.

Le misure di IMD e di IP3 sono le uniche che possono confermare l'immunità di un ricevitore per telecomunicazioni all'intermodulazione ma purtroppo pochissimi costruttori commerciali dichiarano i valori di IP3 salvo il caso della ICOM che per l'ultimo modello di transceiver IC9100 che va dalle HF a salire fino alle VHF/UHF scrive quanto segue senza però specificare il valore di IP3 alle VHF/UHF: Using receiver design techniques introduced in Icom's highest grade HF transceivers, the IC-9100 has an IP3 of +30 dBm (typ.) in the HF bands. In the VHF/UHF bands, the IC-9100 also provides improved IP3 performance over the previous models.



OSCILLATORE i5TDJ PER MISURE DI IMD MONTAGGIO COMPONENTI LATO RAME



Q1= BF173, 2N5179; Q2= BFR36, 2N4427

C1-C2-C3-C4-C5 compensatori ceramici

⊙ condensatori passanti capacità 1n; ● condensatore ceramico a disco 1n

● colonnine a incastro in teflon per ancoraggi

Fig. 6 - Oscillatore i5TDJ per misure di IMD e montaggio componenti lato rame

Bibliografia

- 1) Ponte per la misura del ROS: di Piero Moroni, I5TDJ RadioRivista 9/2013.
- 2) <http://www.rfmicrowave.it/>
- 3) Receiver Noise Figure Sensitivity and Dynamic Range-What the Numbers Mean: by James R. Fisk W1DTY, Ham Radio Magazine October 1975.
- 4) Preamplificatore a GasFet per 144 MHz Modifiche e Miglioramenti: di Domenico Marini I8CVS RR 9/94.
- 5) Measuring Receiver Dynamic Range: by Sidney Kaiser, WB6CTW, Ham Radio Magazine November 1979.
- 6) Receiver Dynamic Range: by Cornell Drentea, WB3JZO Ham Radio Magazine December 1982.
- 7) Ham Radio Techniques: by Bill Orr, W6SAI, Ham Radio Magazine December 1983.
- 8) Calculating the Cascade Intercept Point of Communications Receivers: by Brian P. Gross WA7TDB Ham Radio Magazine August 1980.
- 9) IMD and Intercept Points of cascaded stages: by William Richardson, W3IMG Ham Radio Magazine November 1984.
- 10) A Precision Two-Tone RF Generator for IMD Measurements: by Stuart Rumley K1GQP, QEX April 1995.
- 11) QST Product Review: A Look Behind The Scenes: By Mike Gruber, WA1SVF, QST October 1994.
- 12) Feedback Proceedings: by KE3Z, QEX December 1994.
- 13) Exploring Intermodulation Distortion in RF Switching and Tuning Diodes: by Tom Thompson, W0IVJ, QST December 1994.
- 14) Intermodulazione e Modulazione Incrociata: di Goliardo Tomassetti, I4BER, RR 12/92.
- 15) Linearità a due Toni e Fantasie: di Gianfranco Sabbadini, I2SG, RR 2/97 pag. 68.
- 16) Corrispondenza epistolare con Angiolo Chiti, I5SXN.
- 17) Eisch Electronic: <http://www.eisch-electronic.com/index.html>

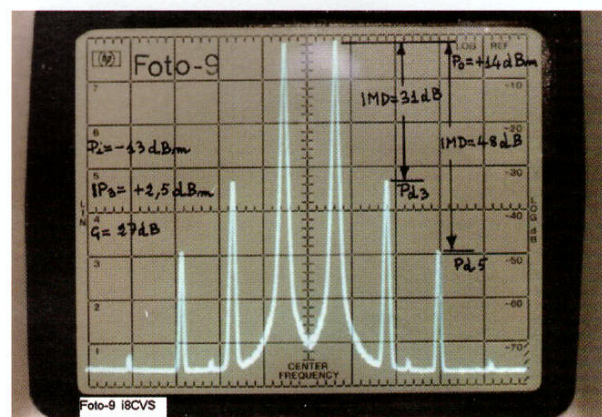


Foto 9 - P_i = -13 dBm; P_o = +14 dBm; IMD = 32 dB; IP = +3.0 dBm; G = 27 dB