

MISURA DELLA PERCENTUALE DI MODULAZIONE IN UN TRASMETTITORE AM

IØFDH RICCARDO GIONETTI

rgionetti@virgilio.it



Introduzione

Dopo la recente pubblicazione del trasmettitore AM su Radio Rivista (N° 3 e 4, 2011) ho ritenuto opportuno presentare anche un semplice strumento con cui misurarne, con una discreta precisione, la percentuale di modulazione.

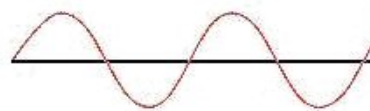
Si tratta di uno strumento completamente a stato solido che con un semplice accoppiamento alla linea a radio frequenza permette la visualizzazione sia della percentuale di modulazione che delle condizioni anomali di modulazione: sovr modulazione e modulazione negativa.

Questo strumento non può essere utilizzato con trasmettitori a portante controllata.

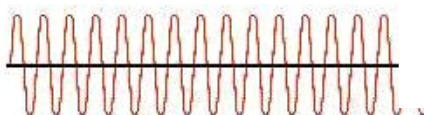
Concetti preliminari

Prima di entrare nella descrizione del progetto, ritengo utile fare un breve tutorial sulla modulazione di ampiezza, dal momento che questo sistema di modulazione è stato soppiantato, a livello amatoriale, dalla SSB che comunque è sempre modulazione di ampiezza ma con portante ed una banda laterale soppressa.

Per modulazione di ampiezza si intende la somma di un segnale a radiofrequenza, denominato portante, con il segnale da trasmettere (segnale modulante). Facendo riferimento alla fig.1, la modulazione di ampiezza produce onde la cui ampiezza è massima nei punti in cui la modulante presenta i picchi positivi, minima in corrispondenza dei picchi negativi. La profondità di questi picchi dipende dall'ampiezza del segnale modulante.



Segnale modulante (f_m)



Segnale portante (f_p)



Segnale modulato ($f_p \pm f_m$)

Fig. 1 – Segnale modulato in ampiezza

La modulazione di ampiezza può essere effettuata sia con segnali puramente sinusoidali come in Fig.1 che con segnali non sinusoidali.

Da un punto di vista spettrale cosa produce la modulazione di ampiezza ?

Con un analizzatore di spettro si vedrà la portante con frequenza f_p e due segnali laterali, rispettivamente con frequenza f_{p+m} e f_{p-m} . (fig.2)

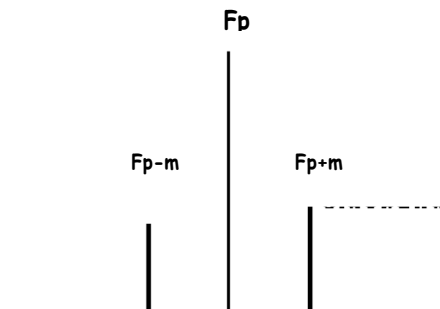


Fig. 2 – Segnale modulato con sinusoide

Modulando con un segnale più articolato, come la voce umana, al posto dei due segnali laterali avremo due bande laterali la cui larghezza spettrale dipende dalla banda del segnale modulante. Nel caso della voce umana si assume come frequenza massima 3 KHz, pertanto le due bande laterali saranno di 3 KHz con una occupazione di canale di 6 KHz (Fig.3).

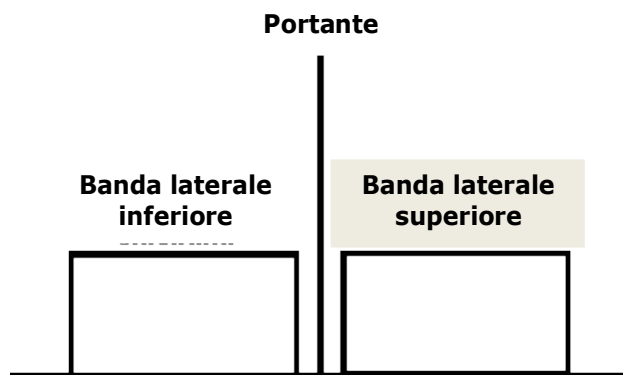


Fig. 3 – Segnale modulato con segnale complesso

In entrambi i casi l'ampiezza dei due segnali laterali, considerando A l'ampiezza della portante, è uguale a $m \cdot A/2$, con m (indice di modulazione) che può avere valori compresi tra 0 ed 1, con 1 si ha una modulazione al 100% ed il massimo della potenza trasmessa, (fig. 4a).

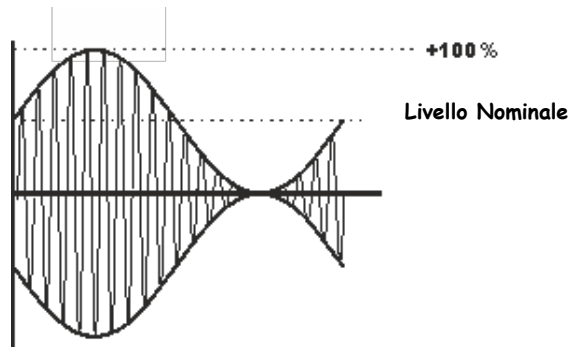


Fig. 4a – Modulazione al 100%

Facciamo un esempio: un trasmettitore ha una potenza nominale di 50 W, su 50 Ω avremo una tensione pari a $\sqrt{P \cdot R}$ ossia 50 V, con $m=1$ si hanno 25 V per ciascuna banda laterale, a cui corrisponde una potenza di 12,5 W.

Con $m=0,5$, percentuale di modulazione pari al 50%, la potenza associata ad ogni banda laterale risulta pari a circa 3 W (fig. 4b).

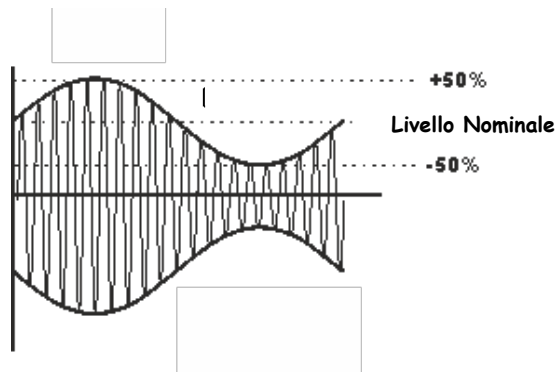


Fig. 4b – Modulazione al 50%

Nel caso in cui si superi il 100%, nei picchi negativi l'ampiezza della portante si riduce a zero con severa distorsione del segnale e con la generazione di addizionali bande laterali che producono splatter (fig. 4c)

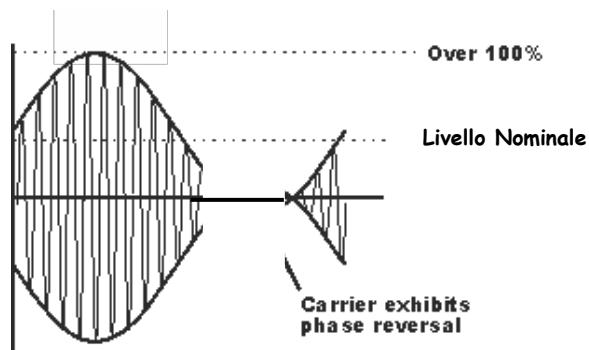


Fig. 4c – Modulazione oltre il 100%

Misura della percentuale di modulazione

La percentuale di modulazione si può rivelare sperimentalmente con un **oscilloscopio** o meglio con l'**analizzatore di spettro**. Per chi ha l'analizzatore di spettro sa benissimo come fare, per cui mi limito all'oscilloscopio.

Con l'oscilloscopio compare l'immagine dell'involuppo di modulazione di ampiezza come in fig. 5.

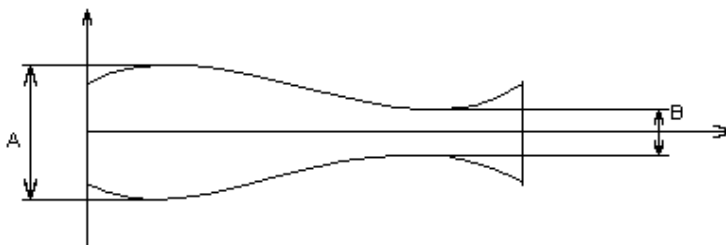


Fig. 5 – Segnale modulato visto con l'oscilloscopio

Se ad esempio si rilevano dallo schermo i valori **A = 7 div** e **B = 3 div** e si calcola il valore dell'indice di modulazione:

$$m = \frac{A - B}{A + B} = \frac{7 - 3}{7 + 3} = 0,4$$

E quindi in percentuale il 40 %

Un altro metodo è quello delle figure trapezoidali (fig. 6). Per effettuare la misura si deve disporre separatamente del segnale RF e del segnale modulante.

Si collega il segnale RF modulato al **canale Y** dell'oscilloscopio ed il segnale modulante al **canale X**, gli oscillogrammi che si ottengono sono abbastanza indicativi sulla percentuale di modulazione e sulle eventuali distorsioni:

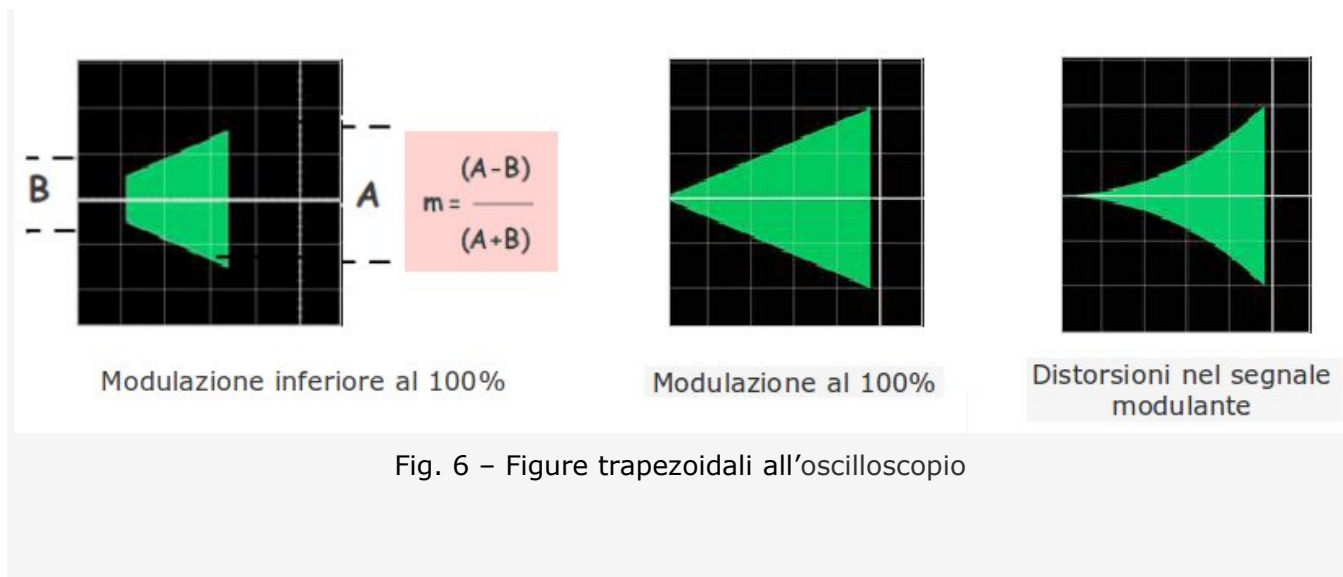


Fig. 6 – Figure trapezoidali all'oscilloscopio

Descrizione del circuito

Per controllare il buon funzionamento del TX AM si dovrebbe utilizzare un oscilloscopio dedicato, però considerando che questo sarebbe un po' un sottoutilizzo dello strumento stesso, ho ritenuto opportuno fare uno strumento di semplice realizzazione da abbinare permanentemente al TX.

Lo strumento è costituito da un rivelatore di inviluppo seguito da un circuito che misura il livello di modulazione e le eventuali anomalie: sovr modulazione e modulazione negativa, quest'ultima si ha quando la modulazione non è simmetrica, cioè non si supera il 100% mentre si sovr modula sul picco negativo. Questa condizione si ha quando la potenza di uscita del trasmettitore cala sotto modulazione, probabilmente per il sottodimensionamento dell'alimentatore.

Il segnale a RF, non modulato, prelevato all'uscita del trasmettitore, viene regolato, tramite il potenziometro P1, (Fig. 7 - schema elettrico) in livello fino a raggiungere un valore di riferimento, stabilito a + 3 V_{picco} all'ingresso del primo operazionale che guadagna 1.

La massima potenza d'ingresso deve essere inferiore ad 1 W per cui è necessario un opportuno accoppiatore con cui prelevare dal TX la potenza minima necessaria a fare la misura.

Il livello della portante RF viene indicato da un microamperometro che non è altro che un voltmetro con 6 V fondo scala.

In presenza della modulazione, la componente audio della modulazione, all'uscita del rivelatore a diodo, è inviata tramite il primo operazionale (IC1a) in un altro amplificatore operazionale che guadagna 2 (IC2a) che pilota a sua volta IC2b che opera come rivelatore di picco positivo.

Con una modulazione al 100% e con un livello di portante pari a 3 V, la componente audio è ± 3 V_p, pertanto all'uscita del rivelatore avremo una tensione di 6 V_p.

Questa tensione è inviata ad un LM3914 che pilota 10 Led a ciascuno dei quali è associato un 10% di modulazione. Regolando la tensione di riferimento sul pin 6 a 6 V, si avrà l'accensione del decimo Led con 6 V sul pin d'ingresso (5), con 3 V_p si accenderà il quinto e quindi il 50% e così per i valori intermedi.

La scelta dei Led è una soluzione ottimale in quanto non hanno l'inerzia di uno strumento a bobina mobile e pertanto sono in grado di seguire le variazioni del livello di modulazione.

Se il trasmettitore viene modulato con un generatore di BF a livello costante, la misura può essere effettuata con più precisione collegando un voltmetro all'uscita del rivelatore di picco.

Oltre alla barra dei 10 Led sono previsti due ulteriori Led, il primo per l'indicazione di modulazione negativa, il secondo per l'indicazione di sovr modulazione.

Il Led del picco negativo è pilotato da un amplificatore operazionale (IC1b) utilizzato come comparatore con riferimento il livello di massa, quando la tensione istantanea di modulazione (ingresso non invertente) diventa negativa, all'uscita dell'operazionale si produrrà una tensione positiva che fa accendere il LED.

Il Led di sovr modulazione si accende quando la tensione d'ingresso al LM3914 supera i 6 V. Il circuito è estremamente semplice, il transistor va in conduzione quando sulla base si hanno circa 6,2 V. Questa indicazione è piuttosto grossolana ma è quella che serve, con una modulazione al 120% il Led è al massimo della sua luminosità.

Note di costruzione

Non ci sono particolari indicazioni da seguire per questa realizzazione, l'unico punto a RF sono il potenziometro d'ingresso (antinduttivo) ed il rivelatore a diodo, il resto è tutto in BF.

E' stato realizzato un circuito stampato (8 X 4 cm) inserito in un contenitore anch'esso auto costruito di dimensioni 160 (L) x 60 (P) x 25 (H). Le fotografie mostrano i dettagli realizzativi.

Per l'alimentatore è stato recuperato uno dei tanti carica batterie che ormai abbondano in casa, naturalmente dopo averlo modificato.

Regolazione e taratura

Per la corretta calibrazione, è necessario un generatore di BF, un tester ed un oscilloscopio. La prima operazione da effettuare è la taratura del microamperometro che deve essere calibrato per 6 V fondo scala:

1. collegare, tramite una resistenza (5-10 K), il pin 3 di IC1a ad una tensione continua variabile, con il tester misurare + 3 V sul pin 1 di IC1a, regolare il valore della resistenza posta in serie al microamperometro affinché vada a metà scala. Questo è il livello di riferimento della tensione RF per fare delle misure di percentuale di modulazione;
2. fatta questa calibrazione, inviare un segnale di BF (1000-2000 Hz) tramite un condensatore sul pin 3 di IC1a, variare il livello di BF fino ad avere + 6 V all'ingresso dell' LM3914 (pin 5) e verificare con l'oscilloscopio che il livello di BF all'ingresso di IC2a sia di 3 Vp.

Per simulare una modulazione negativa, con un l'oscilloscopio verificare che aumentando il livello di BF la semionda nel picco negativo oltrepassi il livello di massa e il Led collegato all'uscita di IC1b si accenda. E' prevista l'uscita della tensione di riferimento (+3 V) e della tensione modulante, al fine di avere la possibilità di effettuare delle misure con più elevata precisione con un voltmetro esterno. E' da sottolineare che la misura della % di modulazione, con uno strumento a bobina mobile non è la migliore per la sua inerzia meccanica. Pertanto è necessario che il segnale di modulazione sia di ampiezza costante per avere una misura precisa.

Operatività

Se la potenza di uscita del trasmettitore sotto della misurazione è superiore al watt, il monitor deve essere collegato attraverso una rete di attenuazione o ad un accoppiatore all'uscita del trasmettitore.

Nel mio caso (TX con circa 70 W) ho utilizzato un accoppiatore realizzato con trasformatore a banda larga avente 20 spire come secondario avvolte su una ferrite Amidon FT37-43, la foto mostra i particolari.

Riferimenti: *AM-80 AM Modulation Monitor Harris (Technical Manual)*

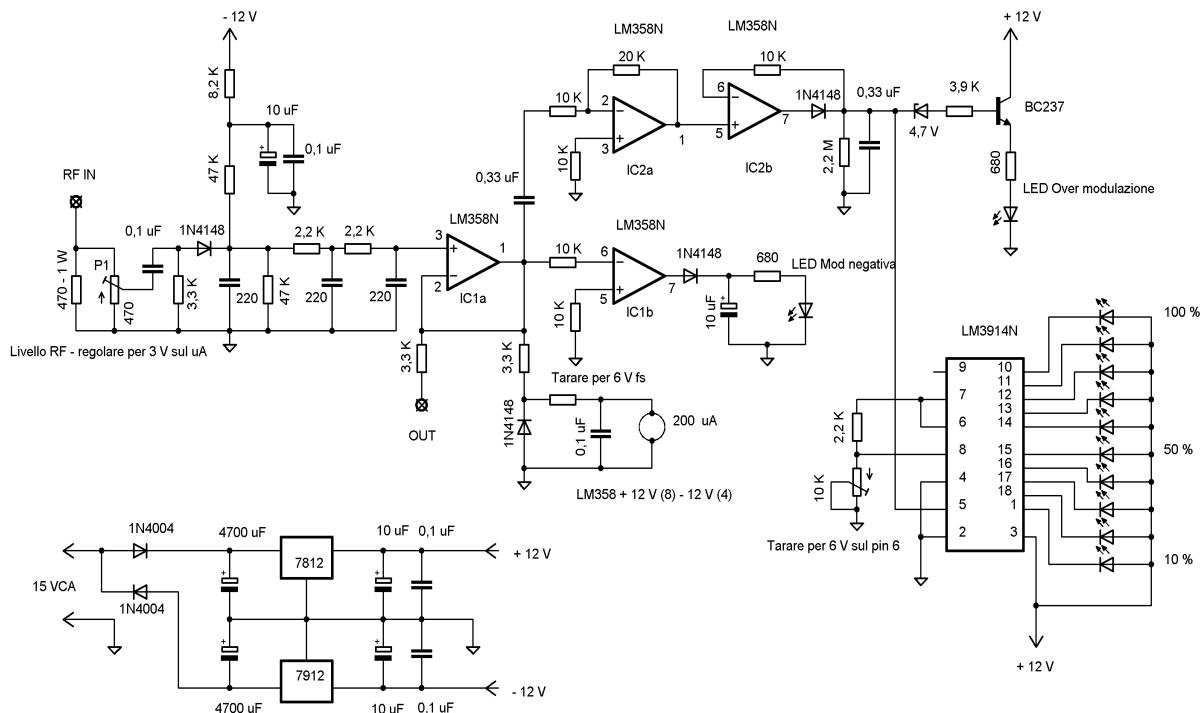


Fig. 7 - Schema elettrico



Fig. 8a e Fig. 8b : viste frontali del prototipo

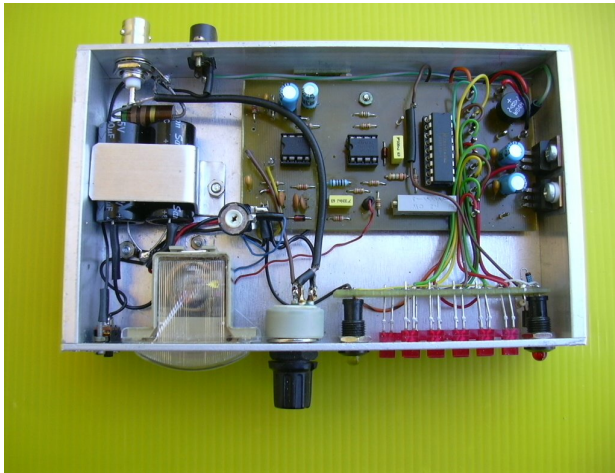


Fig. 9: Vista interna

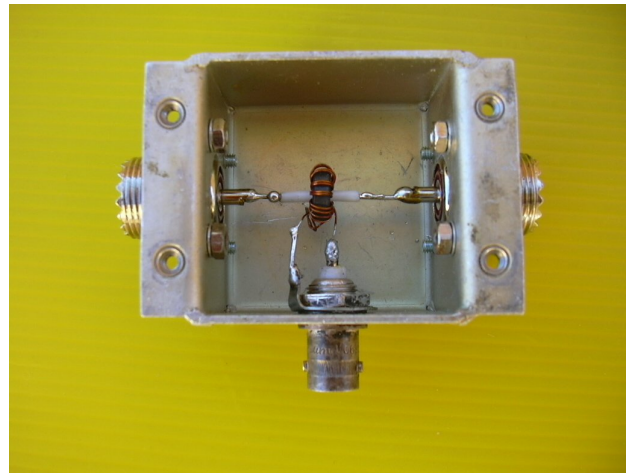


Fig. 10 Accoppiatore