

ASSOCIAZIONE RADIOAMATORI ITALIANI



BIBLIOTECA TECNICA INTERNA

Owen Duffy, VK1OD

Amplificatore di picco per wattmetro RF per letture di potenza p.e.p.

Peak amplifier for Peak Envelope RF Power Wattmeter

Articolo apparso sul sito internet dell'Autore

3^a edizione

Traduzione di Nico Michelini, IV3ALA

2013

L'Autore propone un semplice circuito da inserire in un qualsiasi wattmetro RF che non sia provvisto del rivelatore/memoria di picco, allo scopo di misurare correttamente la potenza di picco dell'involuppo (p.e.p.) di una trasmissione in SSB. La misura della potenza p.e.p. in SSB non è assolutamente di facile esecuzione come potrebbe sembrare, citando l'Autore: "Se un operatore legge 10 watt su un wattmetro BIRD mod. 43, potrebbe invece essere che stia erogando qualcosa come 200 W p.e.p.!"

Nico Michellini, IV3ALA

Amplificatore di picco per un wattmetro a radiofrequenza

INTRODUZIONE

In quest'articolo si descrive un generico amplificatore adattabile a vari tipi di wattmetri a radiofrequenza anche commerciali, per rendere lo strumento capace di misurare la potenza di picco dell'involuppo delle forme d'onda della fonia in SSB, come dalle specifiche ITU sottoriportate.

LA POTENZA DI PICCO DELL'INVILUPPO

Per quanto riguarda i trasmettitori radio, i regolamenti della ITU definiscono i termini: Potenza di picco dell'involuppo, Potenza media e Potenza della portante. I termini sono definiti come segue:

Potenza di picco dell'involuppo, " pX " (s1.157) è la potenza media fornita alla linea d'alimentazione dell'antenna dal trasmettitore durante un ciclo della radiofrequenza alla cresta dell'involuppo di modulazione in condizioni operative normali.

Potenza media, " pY " (s1.158) è la potenza media fornita alla linea d'alimentazione dell'antenna dal trasmettitore durante un intervallo di tempo sufficientemente lungo in confronto alla frequenza più bassa trovata nella modulazione in condizioni normali.

Potenza della portante, " pZ " (s1.159) è la potenza media fornita alla linea d'alimentazione dell'antenna dal trasmettitore durante un ciclo della radiofrequenza in condizioni di assenza di modulazione.

Nota: per la notazione nelle formule, il simbolo p denota potenza espressa in watt ed il simbolo P denota potenza espressa in deciBel relativi ad un livello di riferimento (dBm, dBW, ecc.).

I vantaggi della capacità di misurare la potenza $p.e.p.$ sono:

- Conveniente ed accurata misura della potenza d'uscita $p.e.p.$, pX secondo la definizione ITU (per la regolazione del pilotaggio di un amplificatore per mantenere il livello autorizzato dalla licenza).
- Controllo più efficace del sistema d'antenna, poiché interruzioni intermittenti potranno essere rilevate con facilità dal rivelatore di picco risultando in deflessioni più visibili contrarie alla misura normale.

La potenza $p.e.p.$ può essere misurata e visualizzata con un wattmetro direzionale convenzionale dotato di un amplificatore con rivelatore/memoria di picco (*peak and hold*). È un metodo di misura della potenza $p.e.p.$ migliore e più preciso che usare un oscilloscopio senza memoria, **dove l'utente può perdere qualche picco.**

CRITERI DI PROGETTO

I criteri di progetto sono i seguenti:

- progetto generico adattabile ad una vasta gamma di strumenti;
- accuratezza nella indicazione p.e.p. della fonia SSB;
- prestazione pari od eccedente a quella della funzione "peak read" del Bird mod. 4314;
- alimentazione singola, preferibilmente 5-6 V, -ve a massa, basso consumo di potenza adatto al funzionamento a batteria.
- semplicità
- facilità di calibrazione;
- affidabilità ed infine;
- stabilità nel funzionamento.

REALIZZAZIONE

Gli amplificatori operazionali offrono una potenziale soluzione ai criteri di progetto nominati. I fattori chiave per la scelta del dispositivo sono i seguenti requisiti:

- alimentazione singola;
- bassa tensione d'ingresso in c.c.;
- tensione d'ingresso minima pari a 0(zero) volt;
- linearità e
- stabilità

Non tutti gli amplificatori operazionali soddisfano questi requisiti.

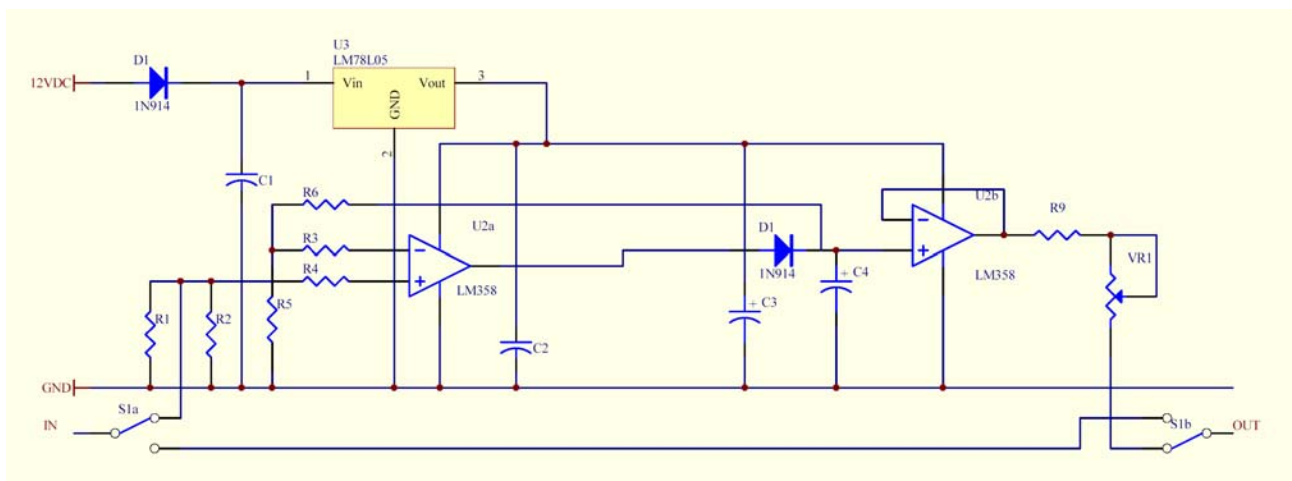


Fig. 1 – circuito dell'amplificatore di picco

La Fig. 1 mostra il circuito dell'amplificatore. Ci sono molti modi in cui questo può essere usato in uno strumento e questi influiscono sull'ampiezza della tensione all'ingresso dell'amplificatore:

- l'amplificatore potrebbe essere inserito tra il circuiteria esistente e lo strumento indicatore a bobina mobile a bassa tensione, oppure
- l'amplificatore potrebbe essere inserito in un punto dove sia disponibile una tensione maggiore per pilotare l'ingresso dell'amplificatore.

In dipendenza dell'applicazione, l'amplificatore può aver la necessità di trattare una tensione in ingresso corrispondente alla deflessione a fondo scala da 50 mV fino a molti volt.

Un'imperfezione negli amplificatori operazionali nella realtà è che hanno una piccola tensione di sbilanciamento d'ingresso (*offset*), una piccola differenza tra gli ingressi invertente e non invertente, per ottenere la stessa tensione in uscita (metà tensione d'alimentazione).

Questa tensione di sbilanciamento, varia da modello a modello, con la tensione d'alimentazione, con la tensione di modo comune in ingresso, con la temperatura, ecc.

Si potrebbe inserire una regolazione esterna per azzerare la tensione di sbilanciamento (alcuni progettisti lo fanno) ma questo non assicura la stabilità a lungo termine. Inoltre, la regolazione dello zero nel circuito di rivelatore/memoria di picco del primo stadio, a causa dell'effetto del diodo, è leggermente difficoltosa. C'è una soluzione migliore, scegliere un amplificatore operazionale con una tensione di sbilanciamento ed una deriva più adatta all'impiego in questione.

Per assicurare che la tensione di sbilanciamento all'ingresso non contribuisca all'errore di fondo scala oltre l'1%, la tensione di sbilanciamento (*offset*) dichiarata nelle caratteristiche dell'amplificatore operazionale dovrebbe essere minore dell'1% della tensione di fondo scala dello strumento a bobina mobile usato.

Due amplificatori operazionali rappresentativi tra dispositivi della famiglia sono stati considerati per essere adatti a questa funzione:

- LM 358
- LTC1050

LM358

Il dispositivo LM358 è un dispositivo a basso costo, progettato per essere alimentato con una tensione singola, con una tensione di sbilanciamento d'ingresso di 7 mV massimi, tipici 2 mV, ed una deriva della tensione di sbilanciamento di $7 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Il prezzo si aggira attorno ai 33 centesimi di dollaro o 66 eurocent per un dispositivo doppio.

La tensione di sbilanciamento massima del LM358 ne limita l'uso in questo circuito ad una tensione d'ingresso per la massima deflessione, di 350 mV, oppure 100 mV se ci si assume il rischio sulle "caratteristiche medie della tensione di sbilanciamento" piuttosto che la "massima tensione di sbilanciamento". (Una veloce prova su 10 pezzi del LM358 presi dal cassetto mostra che l'80% di questi ha una tensione di sbilanciamento minore o uguale a 1,3 mV, ed il peggiore 2,0 mV, ben sotto la massima tensione di sbilanciamento dichiarata di 7 mV).

Il dispositivo è facile da reperire, economico e contiene gli amplificatori per entrambi gli stadi. È la scelta ideale se la tensione massima di fondo scala (FSD) è sufficientemente elevata. Se si è progettato uno strumento da zero ed avuto la possibilità di lavorare con una tensione d'ingresso massima di 350 mV o maggiore, questo potrebbe essere una scelta eccellente.

Le caratteristiche chiave del dispositivo per questa applicazione sono:

- due amplificatori compensati nello stesso contenitore;
- tensione d'alimentazione singola;
- bassa tensione di sbilanciamento d'ingresso;
- consente di rivelare tensioni praticamente fino a 0 V;
- tensione in uscita minima pari a 0 V;
- consumo di potenza adatto al funzionamento a batteria; e
- economicità (66 eurocent al pezzo al dettaglio).

Il primo stadio costituisce un amplificatore rivelatore di picco a guadagno controllato in grado di rivelare tensioni fino a 0 V, con la caduta dovuta al diodo compensata poiché il diodo è inserito nel circuito di controreazione. L'impedenza d'uscita del primo stadio è bassa, consentendo così la rapida carica del condensatore C4 per un rapido fronte di salita. La costante di tempo di decadimento è determinata dai componenti C4, R3, R5 ed R6.

Il LM358 ha una bassa corrente di polarizzazione d'ingresso compensata in temperatura. In questo caso ed a causa delle resistenze usate, non c'è un beneficio reale nel bilanciare la resistenza nei due rami d'ingresso, invertente e non invertente, sebbene questo possa essere saggio per qualche altro tipo di amplificatore operazionale. Sono specificati i valori di R3 ed R4 se si desidera bilanciare gli ingressi.

Se lo strumento ha molteplici portate, molta attenzione deve essere posta al valore della resistenza in ingresso che è molto vicina alla resistenza interna dello strumento. Il foglio di calcolo per il progetto, fornisce i valori per i due resistori in parallelo, R1 ed R2, i quali dovrebbero consentire una sufficiente precisione usando i comuni valori dei resistori della normale serie E12.

Lo stadio successivo è un inseguitore in tensione con un'elevata impedenza d'ingresso (per caricare solo minimamente il condensatore C4), ed una serie di resistori per pilotare lo strumento indicatore. VR1 va regolato per ottenere la stessa deflessione data da una portante fissa come si ottiene con il circuito disinserito.

L'intero circuito assorbe circa 5 mA.

Per il funzionamento a batteria, il regolatore potrà essere ommesso ed inserito un ponticello dal suo ingresso all'uscita. Il circuito potrà essere alimentato a 6V (ovvero 4 pile a stilo) assorbendo circa 2 mA (consentendo una vita operativa di circa 1500 ore con le pile a stilo).

LTC1050

Il dispositivo LTC1050 fa parte di un'altra generazione di amplificatori operazionali. È un amplificatore per strumentazione di misura a bassa tensione di sbilanciamento (*offset*), bassa deriva, stabilizzato a "chopper" e progettato per essere alimentato a bassa tensione singola, con una tensione di sbilanciamento massima di $0,5 \mu\text{V}$ ed una deriva di questa tensione di $0,05 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Questi amplificatori sono idealmente adatti per l'amplificazione di tensioni in corrente continua molto basse. Il prezzo varia attorno ai \$6 (4,80 EUR) per pezzo. Le bassissime tensioni di sbilanciamento e di deriva sono ottenute tramite un amplificatore ausiliario che controlla la tensione di sbilanciamento dell'amplificatore principale ed automaticamente la azzerata.

La massima tensione di sbilanciamento all'ingresso dell'LTC1050 limita il suo uso in questo circuito ad una tensione massima corrispondente alla massima deviazione dello strumento di 0,25 mV, la quale è molto inferiore di quella che può essere rilevata in strumenti reali di questo tipo. La tensione di fondo scala dello strumento indicatore di un Bird, mod. 43 è una delle più basse ed è circa 45 mV.

Il dispositivo non è facile da reperire, di medio prezzo, contiene solo un amplificatore. È la scelta ideale se la tensione massima in ingresso è inferiore all'accettabile usando il dispositivo LM358.

Le caratteristiche chiave del dispositivo per questa applicazione sono:

- un amplificatore operazionale internamente stabilizzato a *chopper* (con condensatori interni);

- alimentazione singola;
- bassissima tensione di sbilanciamento d'ingresso;
- consente direttamente l'amplificazione di tensioni prossime a zero;
- la tensione in uscita minima pari a zero;
- consumo di potenza adatto al funzionamento a batteria.

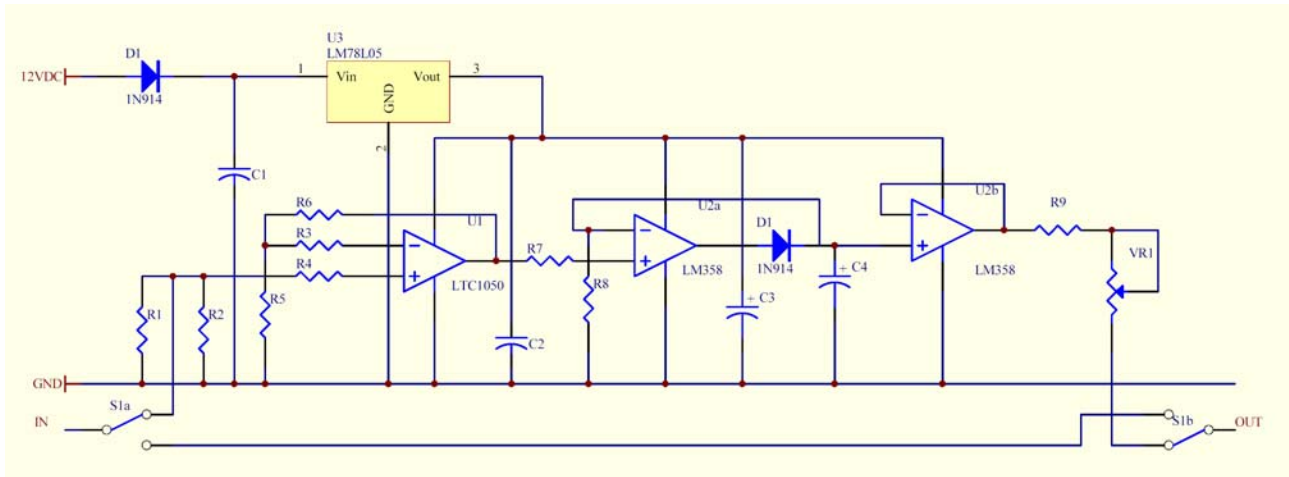


Fig. 2 lo schema dell'amplificatore di picco con sbilanciamento minore che usa un LTC1050 nel primo stadio.

L'uscita del 1050 non può generare una corrente sufficiente a caricare il condensatore per la rivelatore/memoria di picco in maniera sufficientemente veloce, quindi il progetto usa uno stadio col LTC1050 che funge da amplificatore di tensione per far salire la tensione del segnale in ingresso a circa 3 V di picco, seguito da uno stadio con LM358 come amplificatore a guadagno unitario e rivelatore/memoria di picco quindi un LM358 inseguitore di tensione per pilotare lo strumento indicatore.

Il primo stadio costituisce un amplificatore a guadagno controllato capace di rilevare tensioni fino a zero volt ed amplificare il segnale fino a circa 3 V, sufficienti per mascherare la tensione di sbilanciamento d'ingresso dello stadio successivo.

Il secondo stadio è un amplificatore a guadagno unitario con rivelatore/memoria di picco, con la caduta dovuta al diodo compensata, visto che il diodo fa parte della controreazione. L'impedenza d'uscita del secondo stadio è bassa per consentire una rapida carica del condensatore C4 dando un ripido fronte di salita. La costante di rilascio è determinata da C4 e R8.

Il LTC1050 ha una corrente di polarizzazione d'ingresso molto bassa e compensata in temperatura. In questo caso ed in seguito alle resistenze utilizzate, non c'è un reale beneficio nel bilanciare le resistenze nei due rami d'ingresso, invertente e non invertente, sebbene questo possa essere saggio per qualche altro tipo di amplificatore operazionale. Sono comunque forniti i valori di R3 ed R4 se si desidera bilanciare gli ingressi.

Se lo strumento ha molteplici portate, molta attenzione deve essere posta al valore della resistenza in ingresso (R1 in parallelo ad R2) che è molto vicina alla resistenza interna dello strumento indicatore. Il foglio di calcolo fornisce i valori per i due resistori in parallelo, R1 ed R2, i quali dovrebbero consentire una sufficiente precisione usando i comuni valori dei resistori della normale serie E12.

Lo stadio successivo è un inseguitore in tensione (con l'alta metà del LM358) ad alta impedenza d'ingresso (per un caricare il meno possibile il condensatore di picco), ed un resistore in serie per

pilotare lo strumento indicatore. VR1 va regolato per ottenere la stessa deflessione data da una portante fissa come si ottiene con il circuito disinserito.

L'intero circuito consuma circa 7 mA.

Per il funzionamento a batteria, il regolatore potrà essere omissso e inserito un ponticello dall'ingresso alla sua uscita. Il circuito potrà essere alimentato a 6 V (ovvero 4 pile a stilo) assorbendo circa 4 mA (consentendo una vita operativa di circa 750 ore con le pile a stilo).

INSERIZIONE NEL CIRCUITO

Se l'amplificatore viene alimentato da un alimentatore in comune, molta attenzione deve essere posta alle correnti sui circuiti di massa interni. Questo, di solito, può essere ottenuto tramite un singolo punto di massa che collega la massa dell'alimentatore al punto in cui sono connesse le masse dei connettori coassiali e quelle dei rivelatori. Per esempio, se inserite questo amplificatore in un Bird mod. 43, connettete la massa comune dell'alimentatore al corpo del sensore RF, NON al terminale -ve dello strumento indicatore.

Dove si contempla il funzionamento a batteria, si può usare un interruttore a tre poli per S1 in modo da interrompere l'alimentazione al circuito.

FOGLIO ELETTRONICO PER IL CALCOLO DEI COMPONENTI

Un foglio di calcolo basato su Excel contenente le formule di progetto è disponibile per il prelevamento sul sito di Owen Duffy, VK1OD.

La Fig. 3 mostra i valori di progetto dei componenti di altri wattmetri commerciali. Notare la discussione precedente in cui R3 ed R4 non sono realmente necessarie e possono essere da zero ohm.

Peak Amplifier Design Tool V1.02 30-May-08

Owen Duffy, VK1OD

Enter meter characteristics in yellow cells.

Inserire le caratteristiche dello strumento nelle celle a fondo giallo

Model	Bird 43	Collins 312-B4	Drake W4	Revex W560	Your Design	Diamond SX-9000	Fabbricante Modello
Meter FSD (μ A)	30	200	200	200	50	200	Fondo scala Strumento FSD (μ A)
Meter resistance (ohms)	1400	1000	1250	750	1000	815	Resistenza interna strumento indic. (ohm)
Decay time constant (s)	5	5	5	5	5	5	Costante di tempo di azzerramento (sec)
Target gain	83	18	14	23	70	21	guadagno necessario
R1 (ohms)	1800	1000	1200	1000	1000	1000	R1 (ohm)
R2 (ohms)	6800	1000000	1000000	3300	1000000	4700	R2 (ohm)
R3 (ohms)	220	0	0	0	0	0	R3 (ohm)
R4 (ohms)	0	4700	6800	3900	470	3900	R4 (ohm)
R5 (ohms)	1200	5600	8200	4700	1500	4700	R5 (ohm)
R6, R7, R8 (ohms)	100000	100000	100000	100000	100000	100000	R6, R7, R8 (ohm)
R9 (ohms)	100000	15000	12000	15000	56000	15000	R9 (ohm)
VR1 (ohms)	20000	2000	2000	2000	10000	2000	VR1 (ohm)
C1 (μ F)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	C1 (μ F)
C2 (μ F)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	C2 (μ F)
C3 (μ F)	22	22	22	22	22	22	C3 (μ F)
C4 (μ F)	47	47	47	47	47	47	C4 (μ F) (mem. picco)

Fig. 3 - calcoli di progetto per altri strumenti commerciali

RIFERIMENTI

Sito internet di Owen Duffy, VK1OD: vk1od.net

L'articolo originale è reperibile all'indirizzo internet:
<http://www.vk1od.net/module/PepAmp/PeakAmp.htm>

Schemi elettrici di Owen Duffy

Tradotto ed adattato col gentile permesso dell'Autore da Nico Michelini, IV3ALA.

Altri articoli interessanti riguardanti l'argomento sono reperibili a questi indirizzi internet:
<http://www.vk1od.net/module/PepAmp/W4.htm>
<http://vk1od.net/measurement/SsbTxPower/MeasureSSBTxPower.htm>

International Telecommunications Union: www.itu.int

RISULTATI PRATICI RILEVATI DAL TRADUTTORE

Il circuito di cui sopra è stato realizzato in prima persona dal traduttore su una piastrina preforata, senza difficoltà di sorta. Il circuito difatti è realizzabile da chiunque sappia tenere in mano un saldatore, i componenti sono di facile reperibilità, almeno per quanto riguarda il LM358, impiegato nel circuito.

Come si può notare, le indicazioni nei due casi, sono piuttosto diverse. Possiamo sgolarci quanto vogliamo davanti al microfono non otterremo mai la lettura della potenza realmente erogata, a meno che non adottiamo la tecnica chiamata dal collega americano, Steve Katz, WB2WIK/6: "Sindrome da Tutte le Manopole al Massimo" (*AKTR Syndrome = All Knobs To Right*) e così inizieremo ad erogare un particolare segnale, oltre che distorto, completo di prodotti di intermodulazione e contemporaneamente allargheremo inutilmente la banda occupata dalla nostra emissione (illegittimamente peraltro) ed allora sì che il nostro wattmetro commerciale, che non distingue tra tutto quanto nominato poc'anzi, quello che serve da quello che dà solo fastidio, somma tutto quanto, facendoci leggere i nostri sospirati 100 W che supponiamo di dover erogare. Già, ma intanto la nostra semplice emissione in SSB sta occupando una banda ampia ben oltre il necessario per essere ricevuti bene dalle stazioni in ascolto. (rilevati anche >10 kHz per qualcuno di questi, e non perchè erogava 1 kW, ma perchè distorceva, *AKTR Syndrome*). Ovvio che leggiamo 100 W su un normale wattmetro senza rivelatore/memoria di picco.

Per completezza d'informazione le prove di trasmissione di cui si vedono i risultati nelle Figg. 4 e 5 sono state eseguite coi comandi del livello microfono al livello necessario per ottenere la potenza p.e.p. nominale, ovvero meno di un quarto di rotazione, facendo quindi in modo di avere una minima deflessione del livello dell'ALC, senza urlare nel microfono, col comando *CARRIER* del trasmettitore regolato in modo CW per erogare 100 W precisi, anche qui meno di un quarto di rotazione. Così facendo la potenza erogata p.e.p. SSB è quella nominale: 100 W_{pep}, (in SSB è proprio questa che ci serve ed interessa, null'altro) la banda occupata è al minimo indispensabile, non oltre 3 kHz.

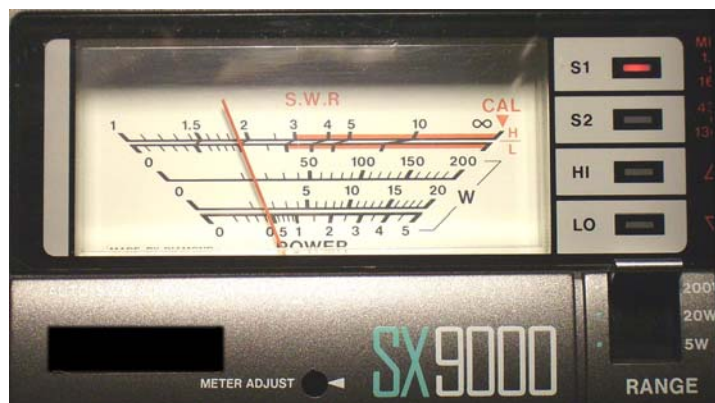


Fig. 4 – wattmetro senza rivelatore/memoria di picco, inserito tra un trasmettitore HF regolato per erogare 100 W ed un carico fittizio, mentre si pronuncia davanti al microfono la parola “*faaivve*”. Notare l’indicazione della potenza: 15 W. Foto del traduttore.

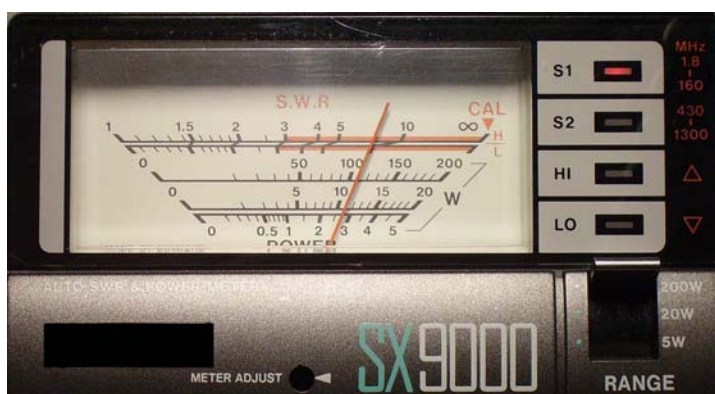


Fig. 5 – lo stesso wattmetro con inserito il rivelatore/memoria di picco, di cui si parla nel testo, inserito tra un trasmettitore HF regolato per erogare 100 W ed un carico fittizio, mentre si pronuncia davanti al microfono la parola “*faaaiive*”. Ora lo strumento indica la vera potenza di picco dell’involuppo. Foto del traduttore.

NOTA: Si ricorda ai lettori Italiani che l’Autore aggiorna periodicamente i suoi scritti, quindi, questo articolo tradotto potrebbe non essere più aggiornato e fedele all’originale, pertanto invitiamo a controllare sul sito internet di Owen Duffy, VK1OD la presenza di una versione più recente e riveduta.