

# RIVELATORE PER MISURA DI POTENZA D'USCITA (su carico fittizio)

di *iØxj Giovanni Paternostro*

*g.paternostro1@virgilio.it*



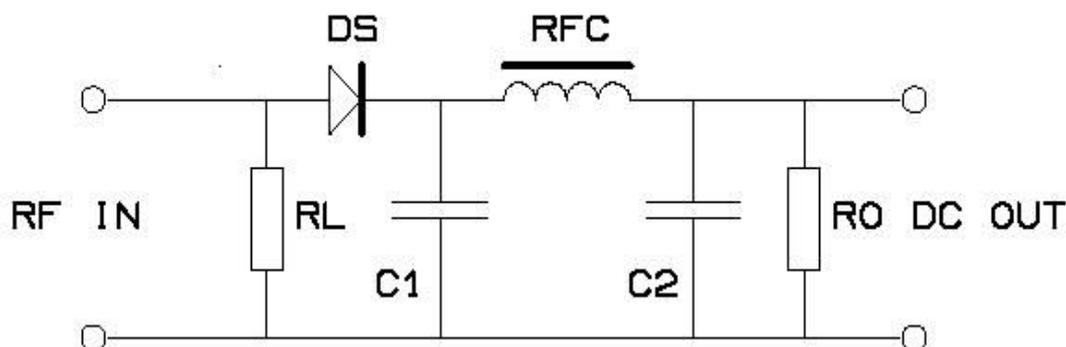
Nel mio articolo sul rosmetro/wattmetro avevo accennato al rivelatore, da utilizzare insieme ad un carico fittizio, per la misura di confronto e taratura -(per alcune note sui carichi fittizi, v. anche l'articolo citato- Rif. 1 e la parte finale di questo articolo).

Anche se si tratta di un circuito semplice, descrivo nel seguito alcune considerazioni ed esperienze che hanno portato alla versione attuale. Io penso che il radioamatore dovrebbe essere uno sperimentatore, infatti molte cose non si imparano sui libri.

Ringrazio l'amico e webmaster Claudio IZØHHH per l'aiuto nell'impaginazione dell'articolo.

Il rivelatore si collega direttamente ai capi del carico fittizio (RL), tramite un connettore passante o "T". In questo modo si evitano partitori resistivi o capacitivi, che possono complicare la risposta in frequenza e la taratura

## 1 - SCHEMA DEL RIVELATORE



*fig. 1: il rivelatore*

Nella sua forma attuale (vedi figura), il diodo è costituito da due o tre diodi in serie del tipo BAT41 (o del suo equivalente BAT46). Il condensatore C1 è un ceramico da 250-:- 400 V a bassa perdita RF e almeno 1 nF (nella versione HF ho utilizzato 4,7 nF a tubetto,- nella versione V-UHF condensatori "a bottone" da 1nF), sul terminale libero del diodo si infila un'impedenza RFC del tipo VK200, (che ha lo scopo di evitare che residui di RF arrivino al tester), il condensatore di uscita è da 4,7-:-10nF, sempre 250-:- 400 V . Il carico RO normalmente è costituito dall'impedenza interna del tester da 1 MΩ .

## 2 - CALCOLO DELLA POTENZA

Come già visto nel mio articolo sulla sonda RF (rif. 2), la tensione in continua rivelata è pari (a meno di un valore derivante dalla soglia e dalle perdite del diodo) al valore di picco della tensione RF. Con la sonda usavamo un partitore per fare una correzione "hardware" sul valore della tensione.

Nel nostro caso interessa il valore della potenza e quindi il circuito è più semplice. Infatti per un wattmetro, (anche se io per avere un esempio ho usato quella sonda con un TX di bassa potenza), potrebbe non servire il partitore per passare da Volt di picco a Volt efficaci.

Per la correzione da volt di picco a volt efficaci, si può eseguire il calcolo, o utilizzare un programma software.

- La potenza è calcolata facendo il quadrato della tensione, diviso la resistenza di carico  $R_1$ .
- Per passare da volt di picco (quelli che raddrizza il diodo) ai volt efficaci si divide per radice di 2
- facendo il quadrato, la radice diventa 2 a denominatore, e moltiplicato per 50  $\Omega$  della  $R_1$  di carico: = 100  $\Omega$

In definitiva :

- a) si legge la tensione di picco raddrizzata
- b) si fa il quadrato della tensione letta -(moltiplicando ad es.- il valore per se stesso- basta una semplice calcolatrice o il telefonino).
- c) si divide per 100 (basterebbe anche spostare la virgola di due posti), se la  $R_1$  è 50  $\Omega$ .

Riporto per maggior chiarezza le semplici formule:

$$P = \frac{(V_{\text{eff}})^2}{R_1} \quad V_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{peak}}}{\sqrt{2}} \quad P = \frac{(V_{\text{peak}})^2}{2R_1}$$

Se la resistenza di carico  $R_1$  non è esattamente 50  $\Omega$ , occorre dividere per il doppio di questo valore (ad.es se fosse 49,5 occorre dividere per 99 )- Per fare il doppio si può anche sommare il numero a se stesso, ottenendo la formula pubblicata sulla rivista Nuova Elettronica (v. rif 3 ), che riporto perché facile da ricordare (anche se per i puristi non sarebbe nella forma corretta), con R in  $\Omega$ :

$$\text{Watt} = \frac{V \cdot V}{R + R}$$

### 3 - TENSIONE DI ROTTURA DEI DIODI

Sperimentando un piccolo lineare per l'FT 817 mi è capitato di bruciare il diodo 1N4148 usato sul rivelatore.

Stavo già pensando di recuperare la valvola 6AL5 da un mio vecchio RX come da RR del 1969 (V rif.4), ma poi ho preferito rifletterci un po' sopra.

In un rettificatore a singola semionda la tensione inversa a cui deve resistere il diodo è circa pari a 2 volte la tensione di picco, cioè  $2,82 \times$  la tensione efficace, supponendo la forma d'onda sinusoidale, (v. anche il mio articolo sulla sonda RF -rif. 2).

Per una potenza di 100 W la tensione efficace su carico di  $50 \Omega$  è pari a 70,7 V, la tensione di picco è 100 V, quindi 200 V picco-picco. (v. anche il mio articolo sulla sonda RF -rif. 2)

Non ci sono attualmente diodi di segnale allo stato solido che resistano a queste tensioni, per cui mi sono orientato su diodi Schottky da 100V inversi (BAT41, BAT46) messi in serie, in modo da raggiungere la tensione desiderata.

Un caso particolare è costituito da diodi rettificatori veloci al silicio a giunzione. - ad es. il tipo BAV21, che sul web ho visto utilizzato da autori USA per questi scopi. Il BAV21 ha una tensione inversa di 250 V, una capacità di 1,5 pF ed il grande vantaggio di essere reperibile a Roma per pochi centesimi nei negozi di ricambi, (perché credo sia impiegato nei circuiti di deflessione TV).

A scopo sperimentale ho realizzato un rivelatore con questo dispositivo, la risposta in frequenza è buona in 80 e 40 m, ma degrada dai 14 MHz a salire. (Questo aspetto verrà approfondito nel prossimo paragrafo).

Non ho preso in considerazione i diodi al Germanio, anche se ne esisterebbero da 75-100 V inversi, (e con risposta in frequenza accettabile), a causa della presenza, in questi tipi, di una corrente inversa, che invece è trascurabile per il silicio. Per questo motivo non consiglio di utilizzare la normale sonda RF, in cui ho usato questi diodi (come descritto nel Rif.2), per potenze superiori ai 5W.

Infine vorrei segnalare le varie modalità di indicare nei datasheet la tensione inversa:

- di solito viene indicata come PIV (Peak Inverse Voltage) o PRV (Peak Reverse Voltage), ed è piuttosto chiaro che si tratta della tensione di picco.
- In altri data sheet si indica con VRRM la massima tensione inversa di picco "ripetitivo" oppure anche VRM o -VDM ( max. di picco) e talvolta viene indicata anche la VR oppure -VD e WIV e dovrebbe trattarsi della tensione efficace max di lavoro, ma per alcuni dispositivi coincide con il valore della VRRM, oppure il valore VR moltiplicato per 1,41 risulterebbe superiore a quello della VRRM. Nel dubbio sarebbe preferibile considerare solo il valore di picco e poi tenere comunque un margine di sicurezza.

#### 4 - RISPOSTA IN FREQUENZA DEI DIODI

Per i diodi al silicio a giunzione viene indicato nei datasheet il "recovery time" e senza dilungarci su questo parametro, se consideriamo, in prima approssimazione il doppio di questo valore come il periodo relativo ai limiti della banda utile, vediamo che questi valori corrispondono a circa 10 Mhz per il BAV21 che ha 50 nS di "recovery time" e 125 MHz per l'1N4148 o FDH900 con 4 nS per questo parametro.

Le misure di confronto con uno strumento Bird digitale (per le quali ringrazio Pietro IKØTG) ed un oscilloscopio con sonda 1:10 hanno dato i seguenti risultati nella tabella successiva:

Freq.	Letture BIRD digitale +/-3%	Misura e Calcolo con oscilloscopio e sonda	Misura e calcolo con rivelatore BAV21
[MHz]	[W]	[W]	[W]
3,6	20	19,22	18,0
7,1	20	-	17,6
14,1	20	-	16,9
21,1	20	21,2	16,3

Tab. 1: tabella di confronto

Come si vede i valori differiscono dal valore di riferimento più del 15 % già da 14 MHz, mentre sono entro il 5-10 % a 3,6 e 7,1 MHz.

Per i diodi Schottky la risposta in frequenza è inversamente proporzionale alla capacità, (a parità di altri parametri), diodi con capacità di 2 pF quali ad es. il BAT41 arrivano alle UHF, mentre il BAT46 con 6 pF è idoneo fino alle VHF.

Diodi con capacità inferiori sono adatti per le SHF, ma a questo punto ricadiamo nelle problematiche della tensione inversa ed occorrerebbe usare un partitore o attenuatore.

#### 5 - LA SOGLIA DEI DIODI

E' noto che per i diodi al Silicio a giunzione esiste una soglia piuttosto netta sulla caratteristica tensione-corrente diretta pari a circa 0,6-0,7 V, tanto che vengono usati al posto dei diodi zener per bassi valori di tensione. Per essere sicuri di lavorare "oltre la soglia" con il BAV21 ho aggiunto in parallelo alla R0 d'uscita (normalmente costituita dal tester da 1 MΩ), un resistore da 150 kΩ .

E' opportuno non diminuire questo valore perchè alle potenze più alte si potrebbe bruciare il diodo.

Per i diodi al germanio non si può parlare di soglia, ma una prima parte della caratteristica dove l'andamento è quadratico, seguito da una caratteristica lineare dopo circa 250 mV.

In effetti ho fatto delle prove a RF con la sonda (rif.2) con il diodo 1N34 e con un attenuatore da 20 dB, riscontrando la possibilità di misurare tensioni a livelli 30 - 50 mV, con un errore di circa il 10% .

Per i diodi Schottky normali al silicio c'è una prima soglia fino a 0,2 - 0,3 V, poi un tratto simile a quello dei diodi al Germanio e infine la normale caratteristica. La figura

(tratta dal datasheet ST del BAT46) mostra la caratteristica per bassi valori di corrente.

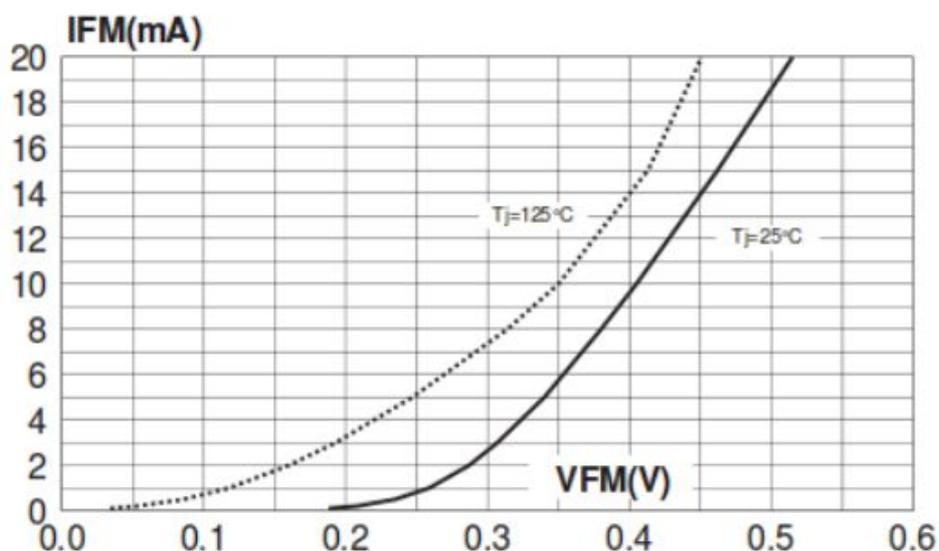


fig. 2: Forward voltage drop versus forward current (low level, typical values)  
si veda (rif.6)

Facendo un po' di misure in corrente continua (DC), con valori di  $R_0$  e  $I$  che simulano le varie tensioni applicate in funzione della potenza, ho rilevato un valore di soglia iniziale di circa 0,25 V per il BAT 41 e circa 0,20 V per il BAT46.

I valori tipici del datasheet sono rispettivamente 0,40 V e 0,26 V, ma ad una corrente di 1 mA, che corrisponderebbe ad una tensione di 1000V.

Nel "reflector" della Elecraft (v. rif. 5) KI6KW afferma che le correnti RF sono circa 10 volte superiori a quelle DC, per cui nelle prove in continua si dovrebbero impiegare resistori 10 volte inferiori, ma AC7AC controbatte che la tensione raddrizzata carica il condensatore, per cui la sola corrente effettiva da considerare sarebbe quella DC sul carico d'uscita  $R_0$ , cioè la resistenza interna del tester.

Il valore di soglia va sommato alle letture della  $V_{peak}$ , prima di fare i calcoli della potenza.

## 6 - REALIZZAZIONE

Ho cablato il circuito sul retro di un connettore BNC, interponendo un connettore a T tra carico fittizio e cavetto proveniente dal TX. Per le prove sperimentali, il connettore è del tipo a saldare, poi il circuito verrà inserito in apposita scatola metallica. In ogni caso raccomando un connettore con flangia quadrata, altrimenti sarà difficoltoso sfilarlo dal T.

Per il dispositivo destinato alle HF ho usato 3 diodi in serie del tipo BAT46, che hanno una tensione di soglia più bassa.

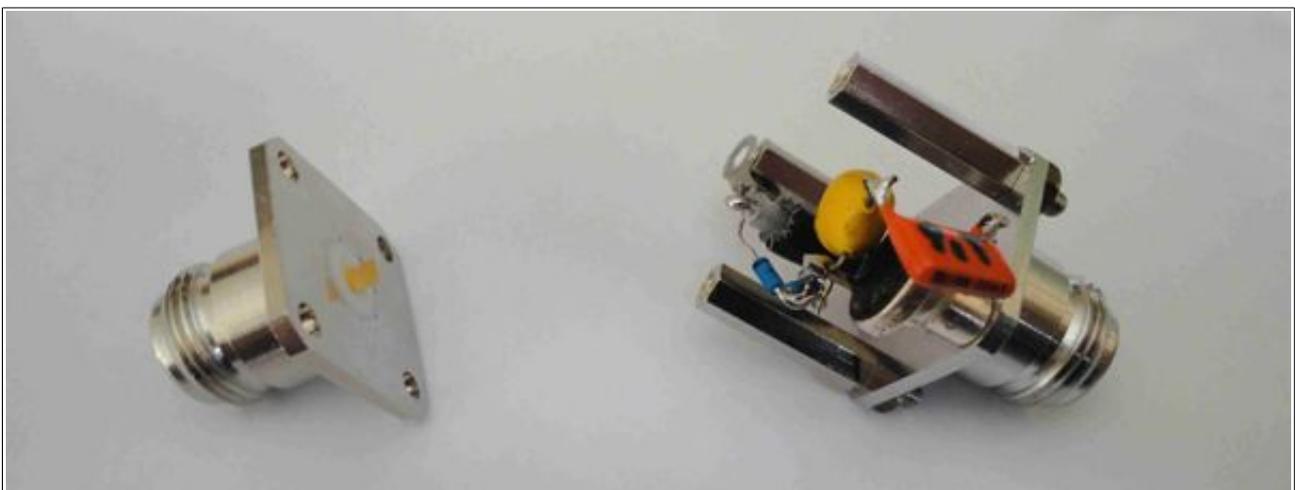
Per le V-UHF, avendo un carico fittizio con connettore N maschio, ho utilizzato due connettori N femmina da pannello montati "back to back" con 3 colonnine esagonali. Nel foro libero è montato il condensatore C1 del tipo a bottone con attacco a vite.

Per le V-UHF è preferibile usare i diodi BAT41 anche se hanno una tensione di soglia più alta.

Non avendo amplificatori che superano i 100 W su queste frequenze, ho utilizzato solo due di questi diodi in serie (le tensioni di soglia si sommano).



*fig. 3: dispositivo per le HF*



*fig. 4: dispositivo per le V/UHF*

## 7 - PROVE DI CONFRONTO

Ringrazio gli amici Pietro IKØTG e Stefano IZØMJE per le prove effettuate, nell'ambito di una verifica più ampia dei wattmetri degli OM della sezione di Roma. La tabella riassume i risultati.

MHz	1,8			3,6			7,1			14,2			21,2			28,5		
	low	mid	high	low	mid	high	low	mid	high	low	mid	high	low	mid	high	low	mid	high
potenza riferimento (W)	5	51	101	4,9	52	102	4,9	52	102	4,9	52	109	4,9	52	109	4,9	53	105
Nissei RS101	5	55	110	5	55	110	5	55	110	5	56	115	5	58	115	5	58	100
Daiwa CN801 - deve essere alimentato!																		
Lettura PEP	5,4	51	105	5,4	51	110	5,3	50	103	5,1	46	108	5	45	104	5	44	98
Proxel SX1000 (Diamond, Telecom, Hoxin...)	3,5	51	105	4,5	54	110	5	54	110	5	54	120	5	55	120	5	55	110
Daiwa CN100	4,2	42	80	4,2	45	90	4,2	45	90	4,2	44	95	4,2	43	93	4,3	45	80
Daiwa CN101	4	45	100	4	48	110	4,1	48	110	4	48	115	4	48	110	4	48	100
Daiwa CN801	4,6	43	87	4,7	46	97	4,7	46	95	4,7	46	105	4,7	45	100	4,7	44	90
Osker SWR200	-	-	-	-	-	0	-	-	90	-	-	100	-	-	107	-	-	92
ZG700	5,5	45	92	5,3	45	100	5,2	45	95	5	42	95	4,7	39	90	4,5	36	80
Drake	-	45	87	-	47	93	-	47	93	-	47	101	-	47	100	-	47	94
XJ - Rivelatore 3	4,8	50	98	4,6	50	99	4,7	49	99	4,6	49	104	4,5	48	101	4,5	49	96
delta	0,2	1	3	0,3	2	3	0,2	3	3	0,3	3	5	0,4	4	8	0,4	4	9

tab. 2: sintesi dei risultati

In alto, evidenziate in grigio, le letture sul wattmetro digitale Bird con tolleranza +/- 3%.

Nell'ultima riga le letture (elaborate) con il rivelatore XJ con tre diodi BAT 46 e in fondo la differenza riscontrata, in valore assoluto. Sono anche presenti come informazione, le letture di altri wattmetri passanti dei soci della Sezione (ho riportato solo le letture entro il 10% circa di quelle del riferimento). Per la correzione della soglia dei diodi ho usato i valori da me misurati con carico R0 da 1 MΩ, e cioè 0, 6 V.

Per quanto riguarda il mio rivelatore, fino a 14 MHz e a livello 100 W siamo entro il 5% delle letture dello strumento di riferimento ( il quale ha comunque la sua tolleranza +/- 3 %) ed entro 8-9% a 21 e 28 MHz. Si puo' quindi concludere che il rivelatore è idoneo per la taratura dei wattmetri passanti.

Naturalmente questo dispositivo va utilizzato insieme ad un carico fittizio resistivo, per le prove su antenne va utilizzato il rosmetro - wattmetro passante, in precedenza tarato con il rivelatore.

## 8 - DUE PAROLE SUI CARICHI FITTIZI

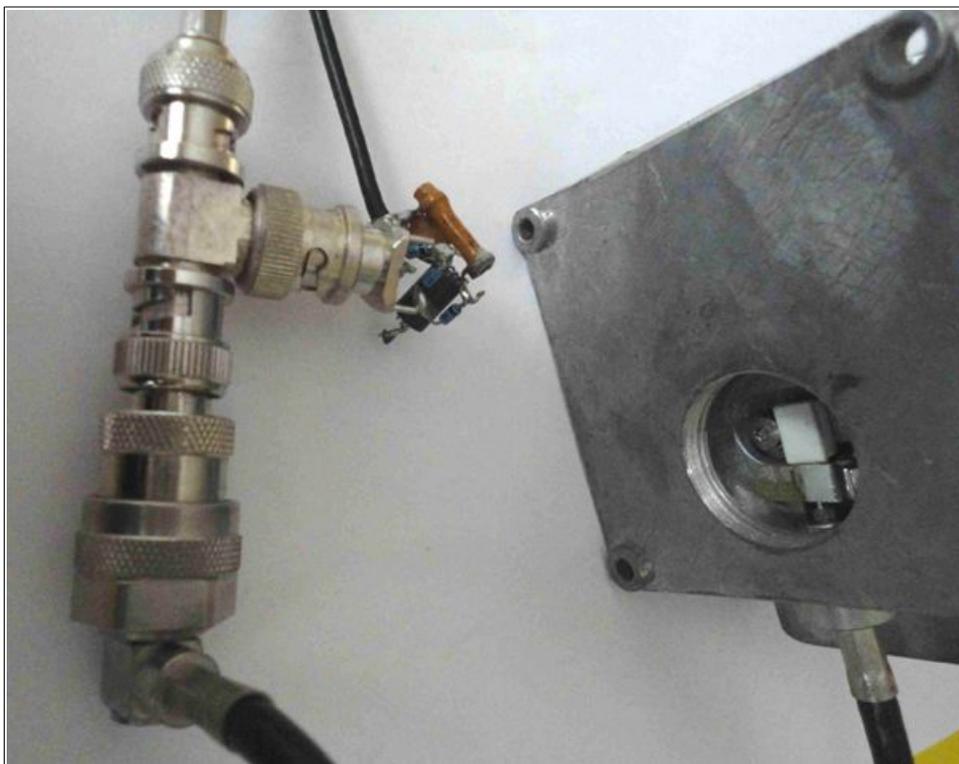
Come detto nell'articolo sul rosmetro/wattmetro (Rif.1), sono reperibili nel surplus carichi fittizi di buona qualità a prezzi di circa 10 ÷ 15 euro, pertanto, tranne in casi particolari, non conviene l'autocostruzione, anche se io ne ho costruito qualcuno che eventualmente descriverò in un altro articolo.

In particolare non consiglio il tipo formato da numerosi resistori messi in parallelo (ed in bagno d'olio, per aumentarne la dissipazione) per i seguenti motivi:

- non è facile ottenere la resistenza desiderata partendo da resistori comuni, quelli a bassa tolleranza costerebbero di più del carico completo o comunque del resistore di precisione di potenza a film spesso da avvitare su dissipatore
- i fondelli metallici dei vari resistori a strato in parallelo costituiscono una capacità notevole che potrebbe falsare la risposta in frequenza del carico, introducendo una reattanza.

A livello QRP (dove i resistori sono pochi) segnalo che esistono dei kit, sia della Elecraft che di Nuova Elettronica, con i resistori già selezionati.

Tutti i tipi sono utilizzabili al di sopra della potenza nominale, considerando che il tempo di fare le letture non supera generalmente i 30 secondi. E' opportuno comunque verificare periodicamente la temperatura, anche grosso modo toccando il punto dove si trova il resistore di carico (v. fotografia) e nel caso misurare il valore resistivo del carico, che varia con la temperatura. Se ci sono variazioni significative, occorre tenerne conto nei calcoli e attendere che si raffreddi prima di iniziare un nuovo ciclo di misure.



*fig. 5: dispositivo HF collegato al carico fittizio*

## 9 - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI:

- 1) I0XJ - misure di ROS con accoppiatore a 2 toroidi.  
[http://www.ariroma.it/docs/projects/ros\\_tor.pdf](http://www.ariroma.it/docs/projects/ros_tor.pdf)
- 2) I0XJ - Misure a radiofrequenza con una semplice sonda per il tester.  
[http://www.ariroma.it/docs/projects/sonda\\_rf.pdf](http://www.ariroma.it/docs/projects/sonda_rf.pdf)
- 3) Nuova Elettronica - N. 52-53 - (1977) -Sonde di carico per A.F.
- 4) G. Giro -I1BMV (e W3HTF su QST) - Misure di potenza RF - Radio Rivista - N. 6/ 1969
- 5) J. Grebemkemper -KI6WX - R. D'eau Claire AC7AC- Low power wattmeter (discussione).  
[http://www.qsl.net/v/ve3mcf//elecraft\\_reflect/Low\\_Power\\_Wattmeter.txt](http://www.qsl.net/v/ve3mcf//elecraft_reflect/Low_Power_Wattmeter.txt)
- 6) Futurlec BAT46 (<http://www.futurlec.com/Diodes/BAT46.shtml>)