

Millivoltmetro RF

Dalle LF alle microonde

di Giulio Leoncini ILLV

Lo strumento che mi accingo a descrivere si richiama ad un analogo millivoltmetro apparso su Microwave Handbook della RSGB, cui sono state apportate alcune modifiche e migliorie.

Pur possedendo un millivoltmetro della HP, il 435, in considerazione della delicatezza delle testina RF e dell'elevato costo delle stesse, ho deciso di intraprendere la costruzione di un secondo strumento che fosse più facilmente riparabile e a basso costo in caso di default della testina rivelatrice.

Spero che la realizzazione possa essere di ausilio a chi non possiede ancora uno strumento simile pur considerando che le prestazioni non sono equiparabili ad un analogo millivoltmetro professionale. Un'immagine dello strumento è visibile in Fig. 1. Lo schema elettrico della sonda RF è riportato in Fig. 2 mentre quello relativo all'amplificatore è visibile in Fig. 3. Fondamentalmente l'intero strumento è costituito pertanto da due parti: la sonda ed il sistema di amplificazione e misura. Entrambi sono stati realizzati in contenitori schermati di alluminio.

La sonda ricalca nella costruzione meccanica altri analoghi dispositivi costruiti in precedenza e di cui riporto un esploso (v. Fig. 4).

Il millivoltmetro l'ho realizzato all'interno di un contenitore disegnato ad hoc. La mia è solo una proposta e nulla vie-

ta di realizzarlo in altro modo sfruttando eventuali telai disponibili.

Lo strumento nel complesso consente di eseguire misure sino a 6 GHz nell'ambito delle prestazioni fornite dal diodo rivelatore. Utilizzando altri device si potranno migliorare le caratteristiche dell'intero sistema in termini di frequenza, linearità e sensibilità.

Per quanto riguarda la sensibilità, questa può variare anche se in misura contenuta, al variare delle frequenze. Il diodo utilizzato è del tipo "zero bias". Non richiede pertanto tensioni di polarizzazione. Possono comunque essere utilizzati anche diodi low barrier, con migliore risposta in frequenza e che richiedano una

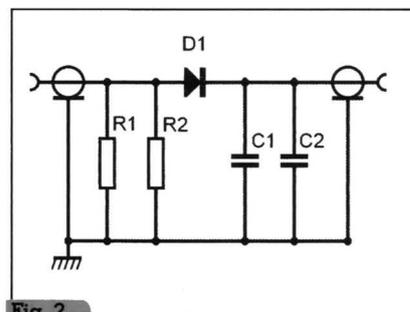


Fig. 2

tensione di bias. A tal fine sul connettore di ingresso sono presenti le tensioni + 4.5 e - 4.5 V rispetto a massa che possono essere utilizzate a seconda del diodo impiegato e/o per alimentare una eventuale testina con amplificazione nel caso si volesse migliorare la sensibilità dello strumento.

L'intero strumento viene realizzato su circuiti stampati.

Il primo, relativo alla sonda, utilizza del laminato teflon doppia faccia 0.76 mm con costante dielettrica ϵ_r di 2.33, per ridurre le perdite alle frequenze più alte. Vengono utilizzati componenti SMD di facile reperibilità.

Il diodo rivelatore è uno Schottky HSMS 2850 della H.P. in contenitore SOT23 come visibile in figura 5. Questo diodo presenta la caratteristica di avere una TTS (Typical Tangential Sensitivity) di -57 dBm a 915 MHz, -56 dBm a 2.45 GHz e di -55 dBm a 5.8 GHz. La TVS (Typical Voltage Sensitivity) è rispettivamente di 40, 30 e 22 mV/ μ W. Nella figura 6 è riportato il grafico relativo al rapporto dBm in ingresso e mV in uscita tratto dal datasheet del produttore. Il PCB e la relativa disposizione dei componenti sono visibili in Fig. 7 e 8.

Il secondo circuito stampato, che costituisce la parte di amplificazione e misura, viene realizzato su un normale laminato monofaccia FR4 presensibilizzato, dello spessore di 1.6 mm e delle dimensioni



Fig. 1

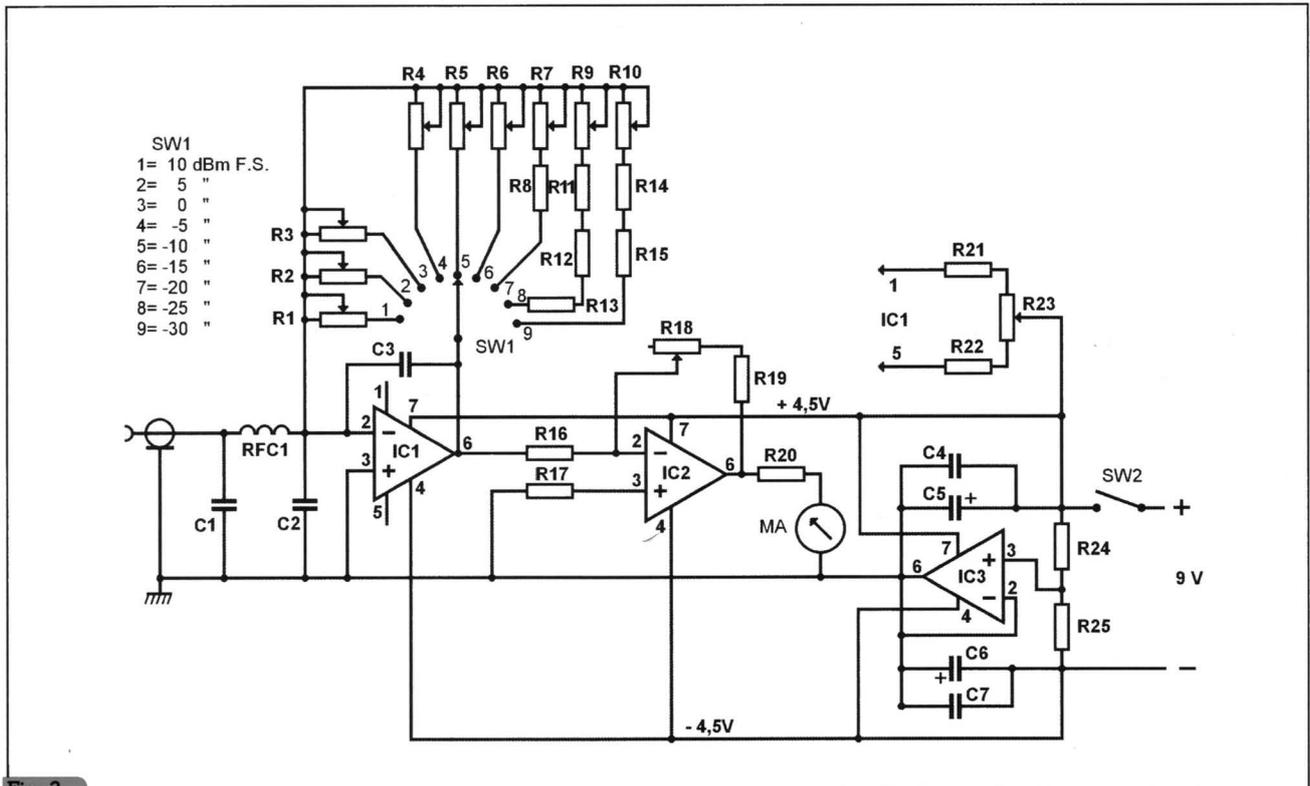


Fig. 3

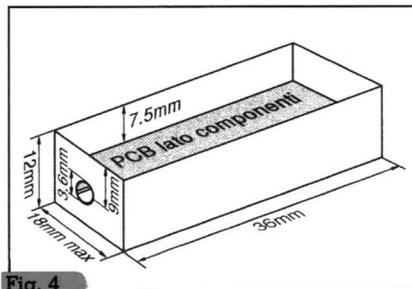


Fig. 4

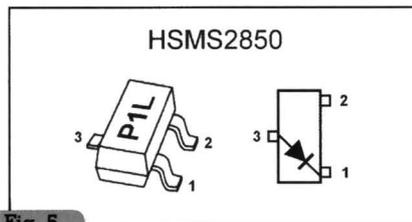


Fig. 5

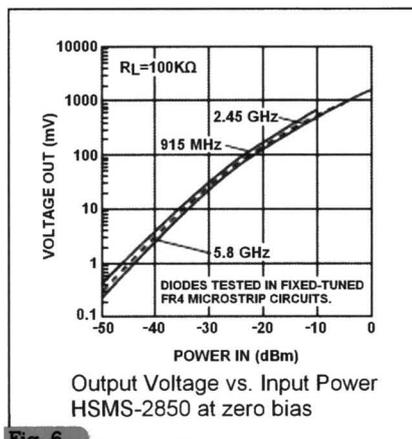


Fig. 6

di 106 x 68 mm (Fig. 9 e 10). Come si può evincere dall'elenco componenti, esso utilizza amplificatori operazionali della serie LF che hanno tipicamente un'alta impedenza in ingresso in relazione alla presenza di JFET. Questo riduce sostanzialmente il carico per la testina. Uno di questi operazionali è impiegato come divisore di tensione per poter ottenere una tensione duale di 4.5V

circa. Gli altri due operazionali funzionano da amplificatore della tensione rivelata dalla sonda. Nella versione originale era presente un commutatore per variare solo la sensibilità in ingresso al fine di ottenere le varie scale. Era possibile altresì variare la polarità del segnale in relazione al tipo di rivelatore. Non ho ritenuto di mantenere tale opzione perché utilizzo solo la rivelazione

Elenco componenti

Sensore RF:

- C1 = 100 pF cond. cer. SMD 0805
- C2 = 1 nF cond. cer. SMD 0805
- R1- R2 = 100 Ω 1/8 W resistenza SMD 0805
- D1 = HSMS-2850 diodo schottky SMD SOT 43

Amplificatore:

- C1-2-4-7 = 10nF cond. ceramico disco
- C3 = 1nF cond. ceramico disco
- C5-6 = 10 μF elettrol. verticale 16 V
- R1 = Trimmer 25 giri 1 kΩ
- R2 = Trimmer 25 giri 5 kΩ
- R3 = Trimmer 25 giri 10 kΩ
- R4 = Trimmer 25 giri 50 kΩ
- R5 = Trimmer 25 giri 100 kΩ
- R6 = Trimmer 25 giri 500 kΩ
- R7 = Trimmer 25 giri 1 MΩ
- R8 = Resistenza 0.25 W 820 kΩ
- R9 = R10 = Trimmer 25 giri 500 kΩ
- R11 = Resistenza 0.25 W 2.2 MΩ
- R12 = Resistenza 0.25 W 5.6 MΩ

- R13 = Resistenza 0.25 W 270 kΩ
- R14 = Resistenza 0.25 W 8.2 MΩ
- R15 = Resistenza 0.25 W 1.2 MΩ
- R16=R17= Resistenza 0.25 W 47 kΩ
- R18 = Potenz. 47 kΩ lineare
- R19 = Resistenza 0.25 W 33 kΩ
- R20 = Resistenza 0.25 W 10 kΩ
- R21=R22= Resistenza 0.25 W 6.8 kΩ
- R23 = Potenz. 1 kΩ lineare
- R24 = R25 = 47 kΩ
- RFC1 = 1 mH
- IC1-2-3 = LF355 o 356
- MA = Strumento 100 μA F.S.
- SW1 = Commut. rotativo 1 via 9 pos. (v. testo)
- SW2 = Interruttore a levetta

Reperibilità componenti:

- Diodo HSMS-2850: RF elettronica
- Laminato teflon RF elettronica
- Componenti SMD RF elettronica
- Connettori 5 poli: Distrelec art. n°114506
- RadioKalika art. n° CN0562AZ

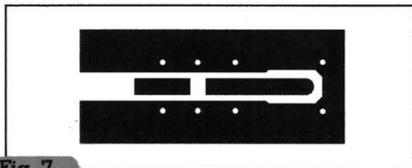


Fig. 7

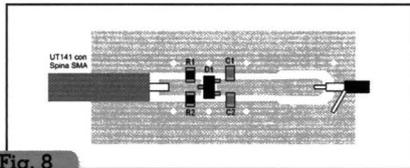


Fig. 8

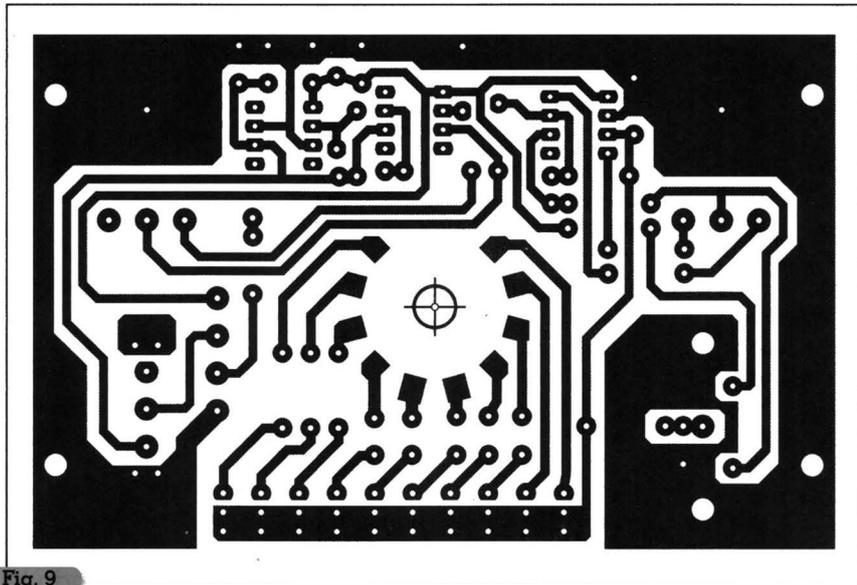


Fig. 9

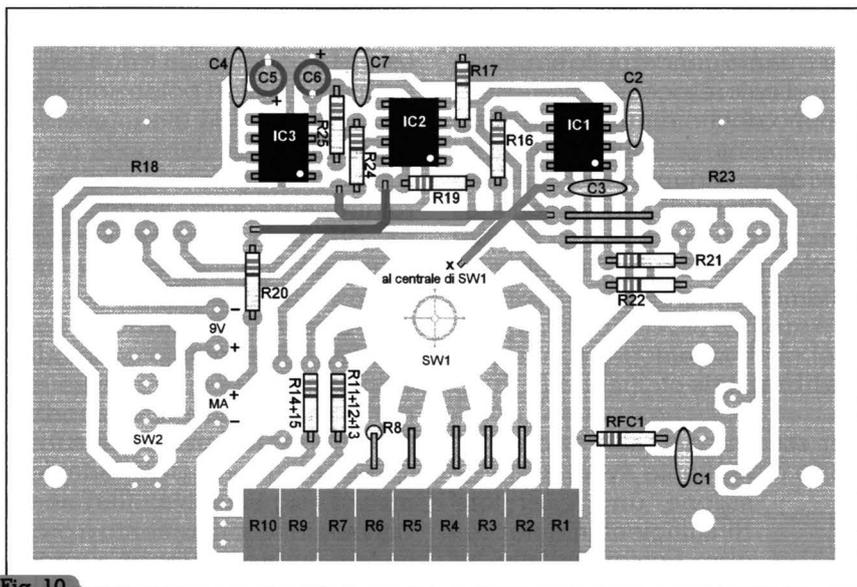


Fig. 10

delle semionde positive e pertanto il secondo amplificatore è stato destinato alla modifica del fattore di amplificazione.

La scelta è stata motivata dalla necessità di linearizzare il più possibile la risposta della testina al variare delle frequenze in gioco. Si ha così a disposizione un semplice comando che, sulla scorta di una scala di riferimento posta sul contenitore della sonda, permette di adattare l'amplificazione dello strumento.

Il valore dell'amplificazione viene di fatto modificato variando col potenziometro "Calibration Factor" la resistenza posta tra uscita ed ingresso invertente del secondo operazionale. Il componente deve essere di buona qualità per non creare sobbalzi dell'indice durante la rotazione del comando.

Si rende ovviamente necessario elaborare, mediante un generatore calibrato, una griglia di riferimento come descritto nella fase

di calibrazione. Questa griglia di riferimento andrà approntata per ogni eventuale testina di misura nel caso si utilizzassero diodi rivelatori con caratteristiche diverse. Una volta eseguita questa operazione di non secondaria importanza lo strumento sarà in grado di fornire misure sufficientemente attendibili.

La prima fase di realizzazione è quella relativa allo strumento di misura. Gli integrati sono stati montati tutti su zoccolo. In due fori dello stampato trovano posto anche i potenziometri per lo zero e la calibrazione. Si ottengono così collegamenti brevi. Il commutatore da me utilizzato è un FEME a 12 posizioni programmabile. Questo viene direttamente saldato alle piste del PCB mediante i propri capicorda. La parte comune del commutatore costituito da una seconda ghiera metallica viene collegato al punto "x" mediante un breve spezzone di filo. Il corpo della presa per la testina di misura viene ancorato allo stampato mediante due distanziatori e le connessioni elettriche sono realizzate con brevi spezzoni di filo. Anche l'interruttore è saldato direttamente allo stampato. I trimmer multigiri sono alloggiati nella parte inferiore.

Per l'alimentazione a 9 V ho utilizzato un contenitore per sei batterie stilo da 1.5 volt.

La testina di misura viene invece realizzata su un piccolo stampato in teflon doppia faccia di 35 x 15 mm che verrà saldato all'interno di un piccolo telaio in lamierino di ottone 0.5 mm di spessore (Fig. 4). La realizzazione del PCB avviene per incisione di una sola delle facce curando di mantenere integro il rame sul lato opposto. Nello stampato viene poi realizzata una fessura di lunghezza 6 mm x 3,5 mm di larghezza per accogliere il cavo. Il circuito stampato, così preparato, viene saldato su entrambe le facce, all'interno del telaio in ottone già predisposto con i fori per il passaggio dei cavi di ingresso ed uscita. Subito dopo si procede alla saldatura del cavetto UT141 avendo cura di saldare da ambo

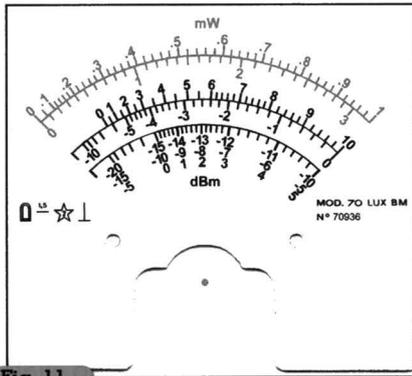


Fig. 11

i lati del PCB lo schermo stesso. Si salda quindi il polo centrale del cavetto coassiale alla prima pista dove due resistenze da 100 ohm, in formato 0805, in parallelo costituiscono il carico d'ingresso. Segue la saldatura dei condensatori di shunt da 1 e 10 nF rispettivamente ed in ultimo quella del diodo. Per quest'ultimo deve essere posta particolare attenzione al fine di evitare di danneggiare la giunzione con cariche elettrostatiche. **(Utilizzo di saldatore con terminale di isotensione, bracciale metallico al polso collegato sempre ad un punto equipotenziale ... etc.)**

Il collegamento con l'amplificatore è costituito da un comune cavetto schermato non essendo utilizzata una tensione di bias. La superficie inferiore del PCB funzionando da piano di massa non viene ovviamente incisa.

Il piccolo telaio della sonda RF illustrato in Fig.4 troverà poi posto all'interno di un contenitore costituito da tubo quadro di allu-

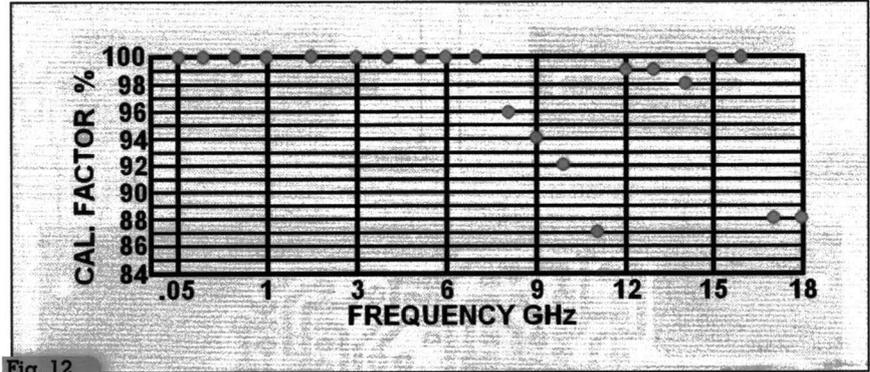


Fig. 12

minio da 20 x 20 x 1 mm della lunghezza di 60 mm. Il tubo quadro viene poi chiuso alle estremità mediante lamierino di alluminio. I due semigusci che fungono da impugnatura sono in tondino di PVC del diametro di 25 mm opportunamente tagliato. Il connettore SMA maschio verrà saldato all'ultimo.

Su un lato del contenitore verrà incollata la griglia di riferimento che riporta il valore del fattore di calibrazione per le diverse frequenze (Fig 12).

Per quanto concerne lo strumento indicatore occorre acquistarne uno dotato di una scala sufficientemente ampia. Tale scala dovrà comunque essere ridisegnata in fase di calibrazione tenendo conto che la risposta del diodo non ha un andamento perfettamente lineare.

Calibrazione

Per eseguire la calibrazione occorre ovviamente avere a disposizione un generatore RF sufficientemente preciso. Personalmente ho preferito iniziare dal fondo scala 0 dBm. Partendo da tale valore ho regolato dapprima il trimmer R3 sino a portare l'indice dello strumento in corrispondenza dei 100 μ A. Successivamente, riducendo l'uscita RF a passi di 1 dB ho costruito la scala sino a -10 dBm. Si possono ovviamente riportare anche i decimi di dB. Anche se il lavoro ri-

sulta alquanto noioso penso che ne valga la pena. Una volta ottenuta la prima scala si dovrà procedere analogamente con le altre. In figura 11 è riportato il disegno delle scale che ho ottenuto con tale metodo. Ho eseguito la stesura della scala utilizzando la frequenza di 1 GHz e questo valore è stato preso a riferimento per la successiva operazione di costruzione della scala relativa al "Calibration factor" Variando le frequenze, a parità di intensità di segnale RF (0 dBm), dovranno essere riportati sulla griglia di riferimento i valori potenziometrici (100 -98- 96- 94 etc.) necessari alla correzione del fondo scala. Tutto ciò è visibile nella figura 13 relativa alla fotografia della testina da me realizzata. Occorre precisare che su frequenze molto basse (al di sotto di 100 kHz) può esservi una riduzione della risposta. Ho eseguito anche una calibrazione per frequenze superiori ai 6 GHz (come riportato sulla griglia) ed ovviamente la risposta del diodo può variare in misura significativa. Terminata l'operazione lo strumento è pronto per l'impiego. Tengo a precisare che per le sensibilità più elevate (-25, -30 dBm) sarà necessaria talora la correzione dello zero mediante la regolazione del potenziometro R23. Nel caso non si riuscisse ad avere la correzione nel range dei valori potenziometrici si dovrà sostituire una delle resistenze R21 od R22.

Resto a disposizione per eventuali chiarimenti e informazioni all'indirizzo e-mail:

g.leonc@libero.it



Fig. 13