

R.F. Power Meter in versione analogica; scala da -70 a -10 dBm con connesso l'indicatore digitale, che è in funzione

LABORATORIO - MISURE

Misure di potenza

di Rinaldo Briatta

Viene descritto uno strumento per la misura del livello di potenza a Radio Frequenza; si tratta di un dispositivo di realizzazione relativamente semplice ma di notevole precisione e affidabilità.

La misura del livello di potenza è fondamentale in quasi tutte le realizzazioni e le sperimentazioni del settore radioamatoriale sia che si tratti di potenza erogata in trasmissione ma, soprattutto, nelle definizioni dei vari livelli di segnale, di guadagno, di livello degli oscillatori di conversione o ancora dell'entità di perdita di filtri.

Inoltre il nostro misuratore, una volta che sia correttamente calibrato, sarà indispensabile nel valutare il livello di uscita di generatori del laboratorio che, magari acquisiti di seconda mano, hanno un corretto funzionamento ma incerto il livello corrispondente dell'attenuatore.

Il circuito del nostro R.F. Power meter, questa è la denominazione esatta, si basa su un integrato della Analog Devices, lo AD8307 che presenta caratte-

ristiche molto interessanti con linearità della misura da -70dBm ad oltre +10dBm che si estende nel range dalla DC a 500 MHz.

Descrizione

Il misuratore, come evidente dallo schema di fig 1, è basato sull'IC1, un AD8307, con un secondo integrato, IC2, con funzione di pilota dello strumento indicatore analogico; IC1 è un amplificatore logaritmico completo di demodulatori logaritmici basati su una tecnica di compressione successiva: il processo è lineare entro +/-3dB per una dinamica di 92dB e entro +/-1dB per una dinamica di 88dB; una completa descrizione dell'IC con grafici ed esempi applicativi è reperibile, e scaricabile, nel sito dell'Analog Devices.

Articoli simili del misuratore che ora descriviamo sono apparsi su QST e su RadComm a conferma delle interessanti caratteristiche offerte dallo AD8307.

Come evidente dallo schema il circuito è composto da IC1 al cui

ingresso viene connesso il segnale da misurare; all'uscita di IC1 è presente una tensione continua, proporzionale alla misura e lineare in dB, con "pendenza" di 25 mV per dBm. Segue IC2, un operazionale, che ha funzione di buffer con modesto guadagno, circa 2, che pilota lo strumento indicatore analogico; è prevista anche una uscita per utilizzare uno strumento digitale di cui parleremo in seguito.

Per alimentare IC1 sono richiesti +5 V che IC3 provvede a fornire stabilizzati mentre per IC2 sono richiesti +8 V, altrettanto stabili a cui provvede IC4; l'alimentazione generale può essere prodotta anche da una batteria o da un alimentatore esterno; nel mio caso ho preferito realizzare un piccolo alimentatore da rete, posto nello stesso contenitore, per rendere autonomo il misuratore e non trovarmi, come sovente accade, con la eventuale batteria semiscarica proprio al momento delle misure.

La soglia di rivelazione, il Noise Floor, di IC1 è di -78 dBm (circa 30 μ V.) questo impone di racchiudere il circuito in un contenitore schermante per evitare false misure.

L'impedenza di ingresso di IC1 è di 1100 Ω : è quindi necessario provvedere ad una rete di adattamento composta da R1, R2, C1 e L1: senza la rete la risposta in frequenza si deteriora rapidamente (fig. 2) mentre con la rete d'ingresso la risposta è piatta fino ad oltre 600 MHz; senza L1 la risposta è piatta fino a circa 200 MHz.

La tensione rivelata è al piedino 4 e, filtrata da C3, viene applicata all'ingresso non invertente di IC2 "settato" per un guadagno prossimo a 2 ($G=R6/R7$) che corrisponde ad avere un rapporto di 52 mV/dBm; occorre prestare attenzione, in fase di prova dello strumento, a questo rapporto al fine di definire bene la scala di lettura. Nel mio caso, confrontando le misure con quelle descritte su QST ho trovato discordanza forse dovuta alle tolleranze dell'integrato usato, al guadagno dell'operazionale o

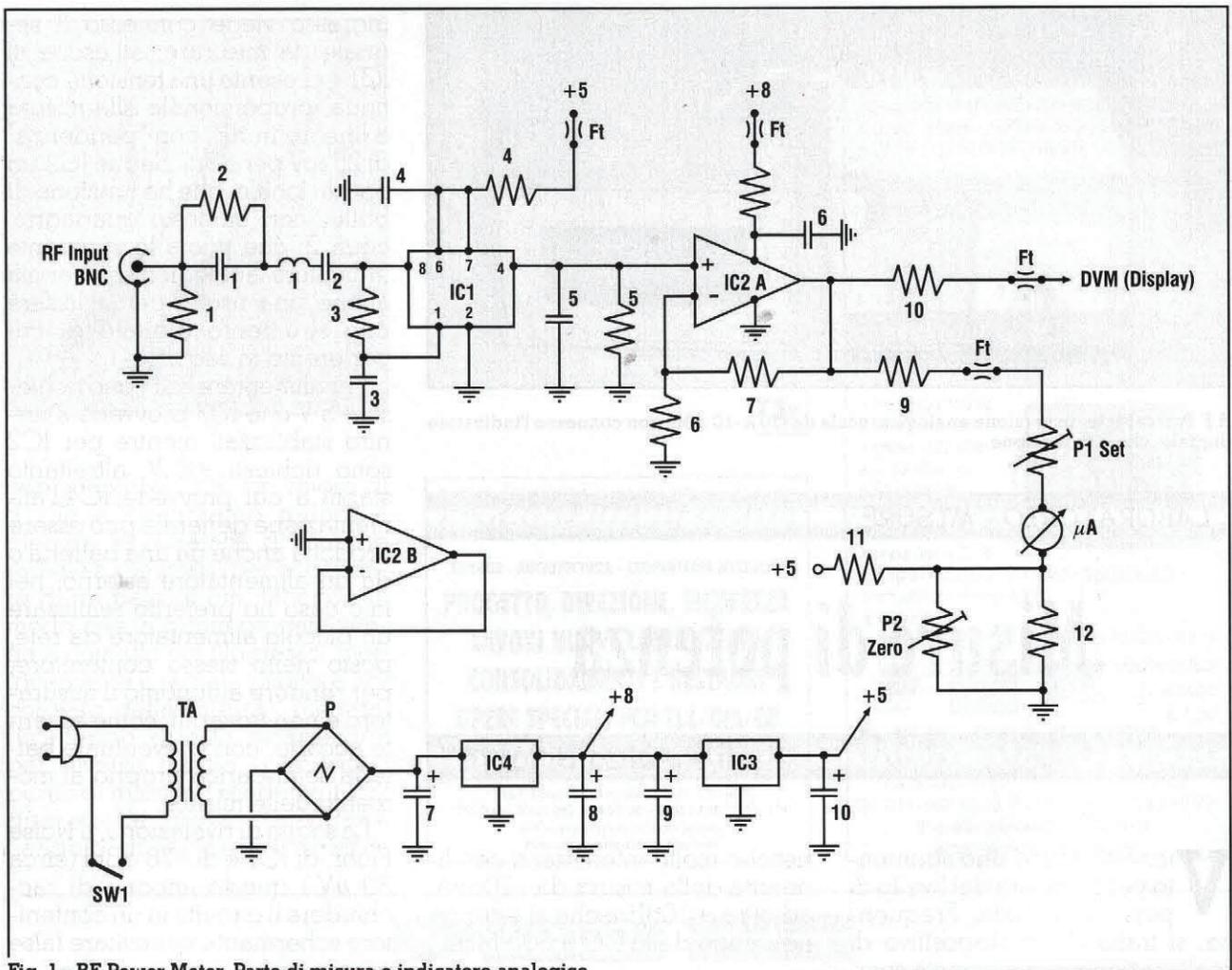


Fig. 1 - RF Power Meter. Parte di misura e indicatore analogico

anche alle tolleranze dei componenti resistivi associati: non capita niente di irreparabile ma se non si effettuano precise misure di controllo i risultati possono essere poi imprecisi; in ogni caso variando il valore di R5 il guadagno può essere aggiustato e si può ottenere una lettura della potenza precisa in accordo con la scala dello strumento indicatore.

Alla definizione del prototipo mi sono trovato con una tensione, all'uscita dell'IC2, di 0,42 V che sono una eventuale tensione di offset già prodotta dall'IC1: questa eventualità è indicata nei documenti relativi forniti dalla Analog Devices. Nelle applicazioni è fatto cenno ad una possibilità di compensazione; io ho preferito lasciarla, visto che, almeno nel prototipo e quindi relativa allo AD8307 da me usato, è

Elenco componenti

C1 = 15 pF
 C2 = 20K
 C3=C4=C5=C6 = 100K
 C7 = 2000 μF/16V.
 C8 = 1 μF/16V.
 C9 = 4,7 μF/16V
 C10 = 0,2 μF tantalio 10V
 R1 = 51 Ω 1/2w
 R2 = 470 ¼
 R3 = 1K5
 R4 = 4,7 Ω
 R5 = 100K
 R6 = 3K3
 R7 = 4K7
 R8 = 47 Ω
 R9 = 6K8
 R10 = 10K

R11 = 1K
 Ft = passanti ceramica 2200pF
 P1 = 1K trimmer
 P2 = 330 Ω trimmer
 L1 = vedi testo
 IC1 = AD8307
 IC2 = LM358
 IC4 = 7808
 IC3 = 7805
 TA = 220/10
 P = ponte 50V / 0,2A
 Sw1 = in rete

I componenti della parte display sono indicati nello schema stesso; il trimmer da 100K (DVM) serve per un eventuale affinamento delle letture e può anche essere ommesso; il trimmer da 10K regola il contrasto del display

costante; ho invece introdotto una regolazione dell'offset direttamente sul microamperometro tramite R11, R12, P2; nel caso che nella vostra realizzazione

non fosse necessario resettare l'offset sarà semplice portare il trimmer P2 a valore resistivo zero.

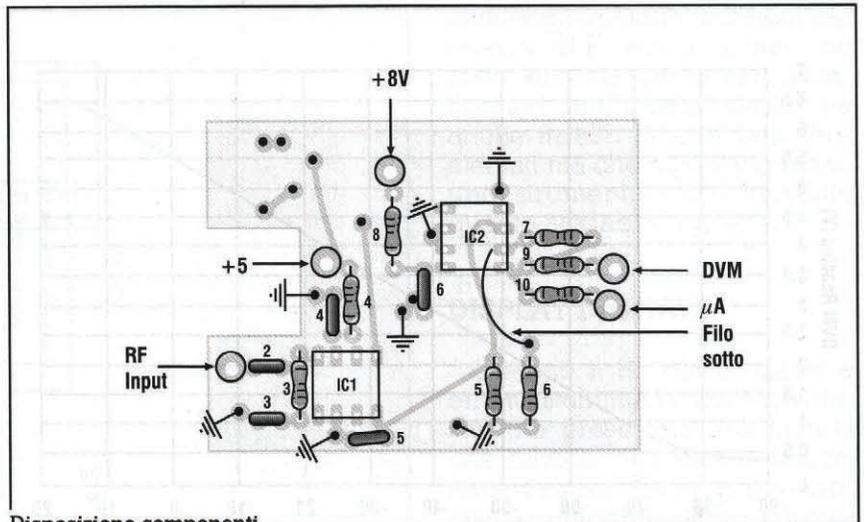
Realizzazione

Il misuratore è racchiuso in un contenitore commerciale e porta nel frontale lo strumento da 500 μA che ha divisioni di 20 μA : in questo modo, contenendo il fondo scala a zero dBm e perdendo la prima divisione ho ottenuto una lettura di 3dB per ogni divisione. Rammento che la lettura è lineare; ho rinunciato alla possibilità di misurare, sempre in range lineare, fino a +10dBm o meglio ho rinunciato alla presentazione sul microamperometro poiché la misura può essere effettuata sulla eventuale scala di un misuratore esterno, argomento che tratteremo in seguito.

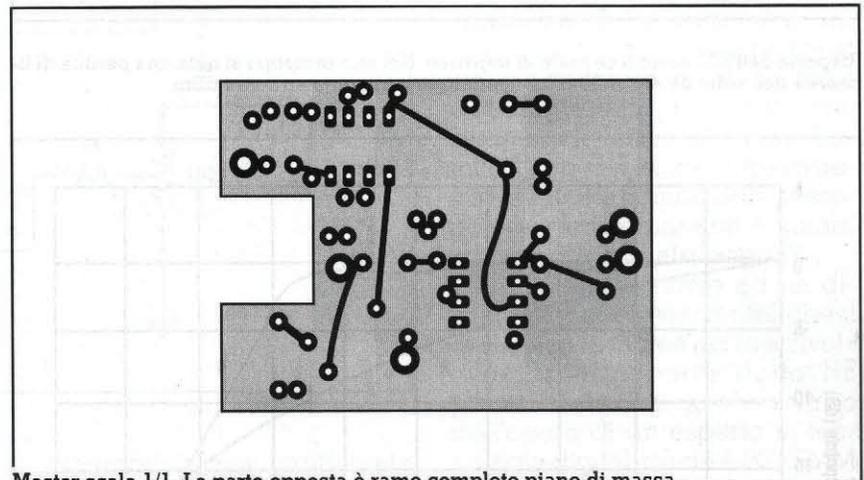
Il circuito di misura che raccoglie IC1 e IC2 con tutti i relativi componenti è racchiuso in un contenitore costruito con piastre ramate a doppio rame avente fianchi saldati ed un coperchio fissato con viti: è una precauzione necessaria altrimenti il misuratore indica sempre qualche cosa che è poi il campo E.M. sempre presente. Per il circuito ho fatto un piccolo stampato, di cui allego la foto del master, ma chi vuole semplificare o effettuare esperimenti può anche montarlo "volante" col metodo che gli anglofili chiamano "a pulce morta".

I regolatori IC3 e IC4 sono ovviamente esterni al contenitore schermante; il trimmer P2 è saldato al terminale del microamperometro insieme a R12 e R11. Il connettore di misura, nel caso un BNC, è saldato direttamente nel contenitore schermante ed "emerge" attraverso al pannello frontale; nel caso le misure di vostro interesse preminente fossero nel campo UHF, sarà bene adottare un connettore tipo N sempre fissato nello stesso modo.

Il disegno del piccolo master qui allegato porta alcune piste non utilizzate che sono dovute alle prove e poi sono rimaste; occorre quindi mettere sullo stampato solo quei componenti che indico e trascurare le piste inutilizzate; notare che R1, R2, C1 e L1 sono saldati direttamente sul connettore BNC e si raccordano



Disposizione componenti.



Master scala 1/1. La parte opposta è rame completo piano di massa.

allo stampato nel punto -Input-; per L1 si tratta semplicemente di una sola spira, con diametro interno di circa 5 mm, ottenuta dal terminale di C1 dal lato connessione al pcb.

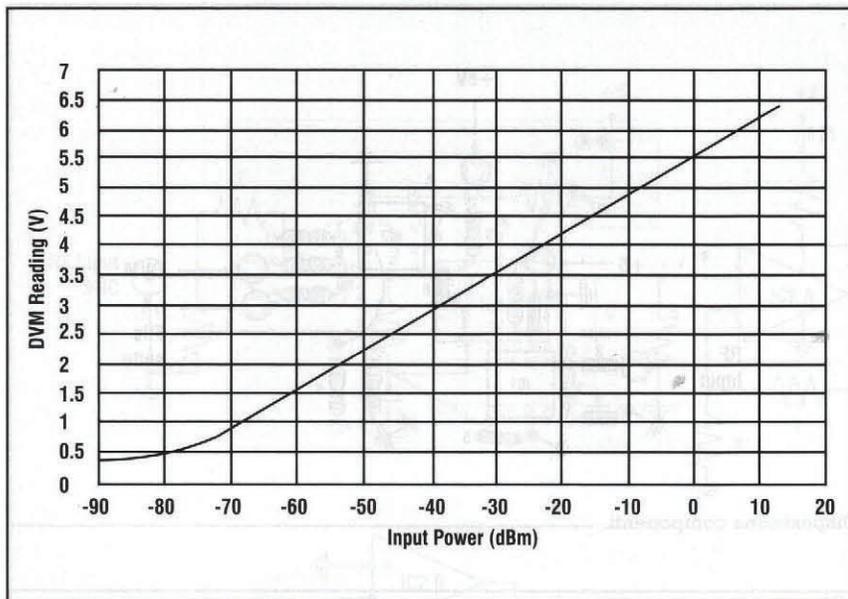
Calibrazione

Quando il misuratore è terminato andrà ovviamente controllato e poi provato per constatarne il corretto funzionamento; si immette un certo livello di segnale a radio frequenza, ad esempio a 10 MHz, prodotto da un generatore: lo strumento dovrà indicare la presenza del segnale; attenzione al livello del generatore ove è necessario non eccedere +10dBm che sono quasi il massimo livello tollerato da IC1.

Dopo aver effettuato qualche prova si procede per la calibrazione per la quale serve un generatore campionato e un paio di attenuatori, magari fissi, da 10 e da 20dB: sia il generatore che gli attenuatori devono avere impedenza di 50 Ω ; se possibile il livello del generatore dovrebbe essere di zero dBm; con questo livello si regola il trimmer P1 -SET- in modo che lo strumento indichi esattamente il fondo scala cioè 500 μA .

Ora si misura, con un voltmetro elettronico, la tensione presente al punto -DVM- ovvero all'uscita dell'IC2 dopo il resistore R10 da 10k: segnare questa tensione.

Poi ora si inserisce, tra il generatore e il misuratore, l'attenuatore da 10dB: se la vostra realizzazione fosse identica alla mia, l'in-



Risposta dell'IC1 verso il segnale di ingresso. Nel mio prototipo si nota una perdita di linearità nel tratto da -60 a -70 dBm comunque contenuto entro un dBm.

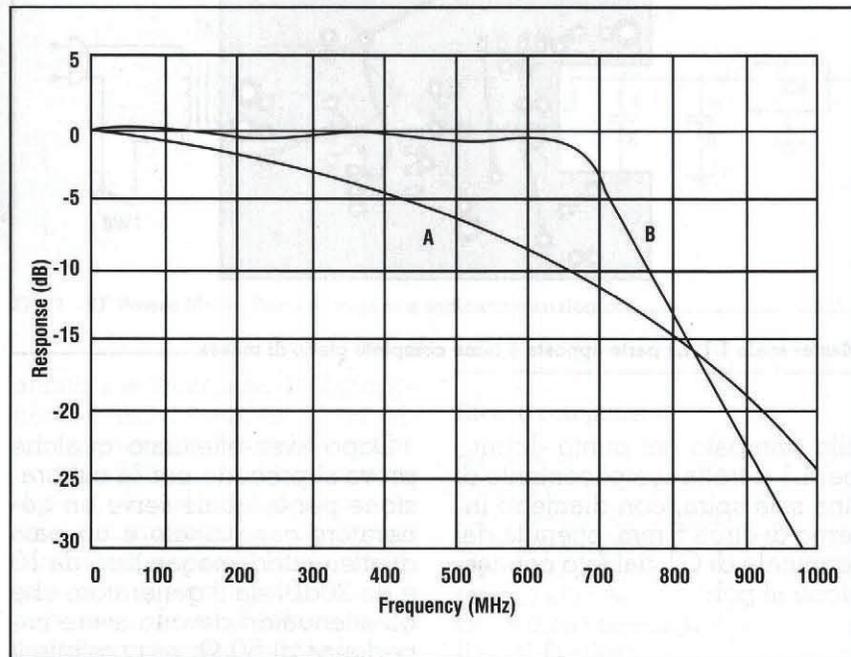
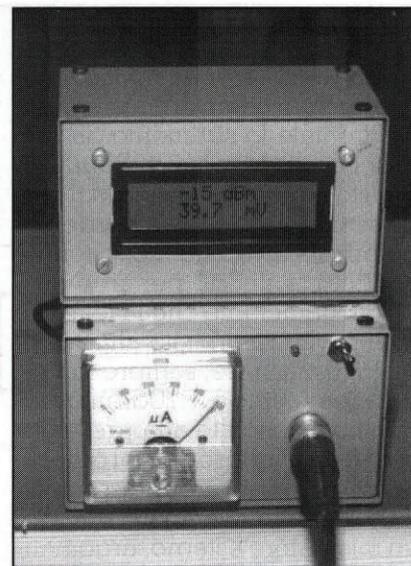


Fig. 2 - Circuito di ingresso NON compensato in -A- e compensato in -B-

dice scenderebbe di tre divisioni e un terzo ma vanno considerate variazioni di varia origine; comunque quello che è importante è la misura della tensione come prima detto: segnare questa nuova tensione; ora la differenza tra le due misure è un campione della scala e se la differenza fosse di 520 mV significa che una variazione di un dB fornisce 52

mV di variazione della lettura, esattamente come nel mio prototipo.

Inserire l'attenuatore da 20dB e prendere nota della tensione sempre al punto DVM; in sostanza con questa procedura si può determinare l'andamento della scala di lettura analogica; se necessario, dopo aver fatto bene i conti, è possibile variare il gua-



Relazione tra le indicazioni di misura. L'indicazione analogica andrebbe vista al perpendicolo dell'ago, a coltello dello stesso, ove si noterebbe che indica circa 4-5 dBm prima del F.S. Le due indicazioni, digitale e analogica, sono uguali ma è evidente la miglior precisione della digitale sulla quale viene anche indicato il livello in milliv/microV.

dagno di IC2 onde ottenere una certa estensione della suddetta scala.

Se si vuole che il misuratore sia preciso e quindi affidabile bisogna effettuare le suddette operazioni di calibrazione con molta attenzione ripetendole alcune volte al fine di raggiungere delle certezze; come si vede non servono strumenti complessi né costosi; se disponete di un attenuatore a passi di almeno 50dB tutto sarà più facile e anche più rapido.

Quando la calibrazione è terminata potete inscatolare il misuratore e dedicarvi alle misure.

Misure

Le misure effettuabili con questo strumento sono moltissime; intanto è un "dispositivo" ad impedenza costante, 50 Ω, per un range di frequenze che si estende da 1MHz fino a 500 MHz e può pertanto essere considerato come un carico con integrata la misura della potenza immessa in esso; può essere utilizzato per la misura di guadagno di amplifi-

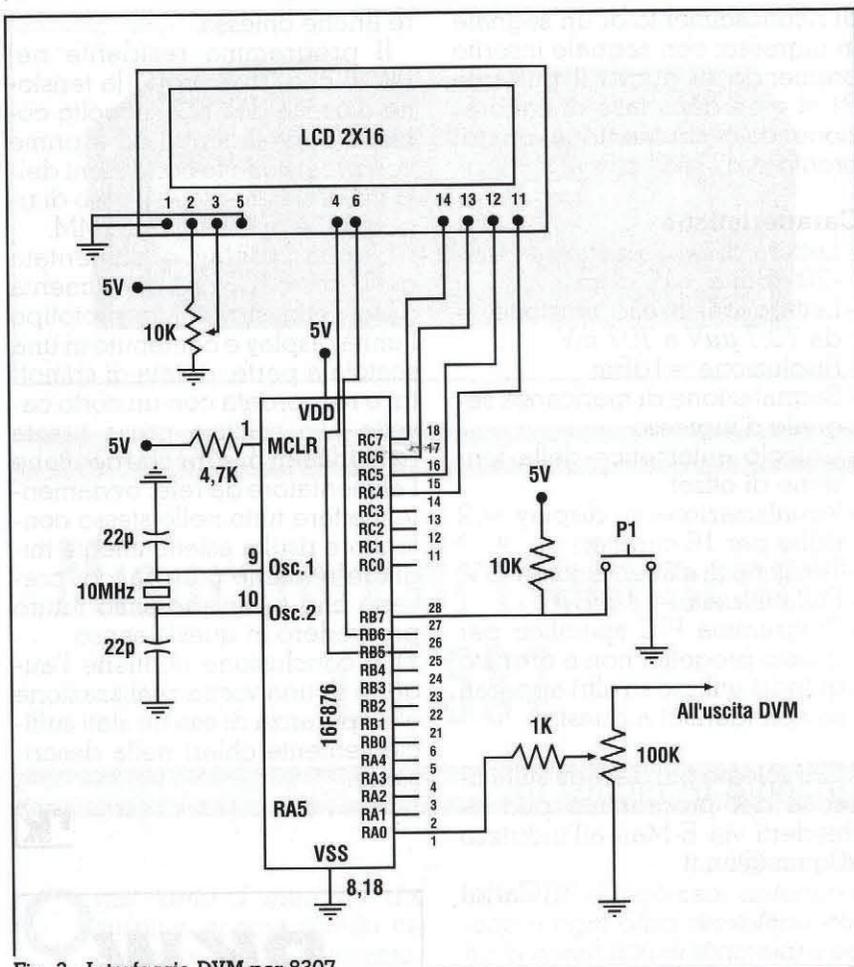


Fig. 3 - Interfaccia DVM per 8307

catori; per la misura del livello di uscita di oscillatori; ancora può essere utilizzato come il rivelatore nella configurazione di un ponte riflettometrico (misura del return loss); in sostanza le misure effettuabili direttamente sono veramente molte anche se va ricordato che il massimo livello accettato non può superare la calibrazione della scala se si desidera una lettura campionata e che in ogni caso la linearità dell'IC1 si deteriora quando la potenza di ingresso supera +15dBm; nella configurazione scelta per questa realizzazione l'impedenza di ingresso è di 50 Ω quindi tutte le misure dirette devono adeguarsi a questo valore, salvo adottare reti di adattamento di cui occorre poi tenere conto nelle misure ottenibili.

Nel ponderoso data sheet fornito dalla Analog Devices sono fornite indicazioni applicative che estendono il livello di poten-

za misurabile al non indifferente valore di 1 kW ovvero +60dBm: chiaramente la soluzione è molto semplicemente quella di adottare un attenuatore calibrato che "scali" il livello +60 dBm a quello previsto di +10 dBm; io non ho realizzato nessun attenuatore, almeno al momento, mentre penso di adottare, per modesti livelli di aumento, alcuni attenuatori fissi di 10 e 20dB; una soluzione interessante che permette di estendere le misure attuali fino al livello di 100 W, +50 dBm, è presentata su QST June 2001, si tratta sempre di un attenuatore la cui costruzione richiede una certa "malizia" ma che, credo, sia abbastanza facilmente realizzabile.

I suddetti attenuatori sono del tipo passante, non dissipativo, pertanto nelle eventuali misure di potenza (100 W o superiori) occorrerà utilizzare un carico fittizio adeguato.

Quelli presentati sono solo al-

cuni degli impieghi possibili per questo -R.F. power meter- che spero non mancherà più nei laboratori degli "home made" ma anche in altri magari ben strumentati ma che non disdegnano uno strumento tanto versatile quanto affidabile e preciso.

DISPLAY DIGITALE

Quando il RF power meter è entrato stabilmente nelle mie misure ha presentato una lacuna che talvolta può essere importante: le misure, per quanto precise e affidabili, sono limitate dalla approssimazione entro 3dB e questo è dovuto alla scala analogica dello strumento; anche se si adottasse uno strumento con scala più grande sarebbe comunque difficile valutare con sicurezza la lettura ottenibile tramite l'ago del microamperometro; in alcune misure 3dB possono essere determinanti e quindi come ovviare a tale lacuna?

Ma facendo ricorso ad un display digitale ovviamente, che il livello non lo indica ma lo scrive!

Per questa parte dello RF power meter mi sono avvalso dell'opera di un esperto in tecnologie digitali quale è IKOGMM Carlo Cinquini che ha studiato il problema ed ha preparato il programma adatto; ora infatti ce lo spiega.

Software e display - di IKOGMM

In questo progetto, i segnali inviati all'ingresso dell'amplificatore logaritmico AD8307, compresi nella banda 1...500 MHz e con potenze tra -70 e +10dBm, li ritroviamo all'uscita in altrettanti valori in tensione continua compresi tra 0,47V...4,84V.

Con queste specifiche, dettate da IUW, ho realizzato una semplice interfaccia digitale capace di visualizzare le rispettive grandezze d'entrata con i corrispondenti valori di potenza in dBm e in tensione.

Questa interfaccia risulta utile quando sono necessarie risoluzioni

zioni di lettura altrimenti difficili ed onerose se realizzate in maniera analogica.

Infatti, essendo realizzata con un PIC16F876 (fig. 3), permette letture di variazioni di livello pari ad un dBm, difficilmente ottenibili con normali strumenti da pannello.

L'utilizzo del PIC16F876 può sembrare "da spreconi" considerando le capacità di elaborazione dello stesso... ma il prezzo, di poco superiore ad altri più modesti, e la enorme disponibilità del mercato anche amatoriale, mi hanno convinto a tale scelta.

La lettura del valore di tensione all'uscita di IC2, corrispondente al livello di -70dBm (ottenuto da un generatore campione), permette al PIC in fase di calibrazione la memorizzazione della sua grandezza nella memoria EEPROM ed il calcolo del relativo offset.

Si ottiene così una "taratura software" dello strumento con una unica operazione di calibrazione.

La visualizzazione dei dati (valori in dBm e in tensione) avverrà contemporaneamente sul display.

L'hardware prevede l'utilizzo di una porta analogica del PIC configurata come ADC a 10 bit e l'utilizzo di un display alfanumerico "intelligente" (in questo caso un LCD 2x16) con standard Hitachi.

I livelli dei segnali in ingresso all'8307 con potenza inferiore alla capacità di lettura attiveranno la routine d'allarme con un avvertimento scritto da display.

Taratura e funzionamento

Dare tensione al dispositivo tenendo premuto il pulsante P1 per entrare in "calibrazione"; sul display verrà visualizzata la richiesta di inserimento all'ingresso dell'amplificatore logaritmico di un segnale compreso tra 1 e 500 MHz e con potenza pari a -70dBm; si noterà che il display visualizza il valore in tensione relativo all'uscita di IC2; questa lettura può fornirci il valore minimo

di riconoscimento di un segnale in ingresso; con segnale inserito premendo di nuovo il pulsante P1 si esce dalla fase di calibrazione e lo strumento è quindi pronto per l'uso!

Caratteristiche

- Lettura di livello potenza = da -70 dBm a +10 dBm
- Lettura del livello tensione = da 70,7 μ V a 707 mV
- Risoluzione = 1 dBm
- Segnalazione di mancanza segnale d'ingresso
- Calcolo automatico della tensione di offset
- Visualizzazione su display = 2 righe per 16 caratteri
- Tensione di alimentazione = 5V
- PIC utilizzato = 16F876
- Programma PIC specifico per questo progetto; non è previsto quindi l'utilizzo su altri apparati se non identici a questo

Chi volesse più dettagli sulla filosofia del programma può richiederli via E-Mail all'indirizzo lk0gmm@tin.it

(Carlo)

Note finali

Il -RF power meter- funziona benissimo e si dimostra uno strumento utile oltre che affidabile; la precisione delle misure è evidenziata dalle letture effettuate tramite il display digitale: senza questo indicatore si può solo avere un'idea approssimata a 3dB circa, mentre con la lettura digitale le misure sono approssimate ad un solo dBm inoltre la lettura in dBm è accompagnata dalla definizione in microvolt / millivolt equivalenti. Comunque la presenza dell'indicatore analogico è, a mio giudizio, utile perché, specie in fasi di tarature, permette di "vedere" rapidamente l'esito delle stesse, di valutare con un colpo d'occhio se si sta facendo la regolazione nel verso giusto o viceversa: il digitale è espresso con numeri e richiede tempo "mentale" per l'interpretazione; comunque sia l'indicatore analogico, il microamperometro, volendo può esse-

re anche omesso.

Il programma residente nel PIC e che "interpreta" la tensione d'uscita dell'IC2, è molto comodo e intelligente, ed esprime con precisione le condizioni della misura: il merito, è il caso di ripeterlo, è di Carlo, IK0GMM.

L'unità display è alimentata dallo stesso IC3 che già alimenta IC1; nello strumento prototipo l'unità display è contenuto in una scatola a parte, dotata di spinotto, e raccordata con un corto cavo alla relativa presa fissata nell'unità di misura che contiene l'alimentatore da rete; ovviamente mettere tutto nello stesso contenitore risulta esteticamente migliore e anche più pratico; prevedo che in un prossimo futuro provvederò in questo senso.

La conclusione contiene l'augurio di una vostra realizzazione e la speranza di essere stati sufficientemente chiari nella descrizione.



PKW

Antenna System

visita
www.antennapk.com

CATALOGO 2003

CD 280 pagine

(bilingua, italiano/inglese)

Antenne per uso: RADIOAMATORI Professionale Militare C.B.

Per richiedere il catalogo 2003 CD
inviare 5.00 € oppure
inviare richiesta via e-mail

Ditta MARTELLI
FABBRICA ITALIANA ANTENNE
Via Villorosi, 6
20091 BRESSO (Milano) Italy
Tel. + +39.02.610.3084
Fax + +39.02.66.50.3737
E-Mail: antennapk@antennapk.com