

## Wattmetro/ROSmetro automatico 1.8 – 60 MHz con il PIC16F876

Un progetto curato da "Il Club Autocostruttori" della sezione ARI di Padova

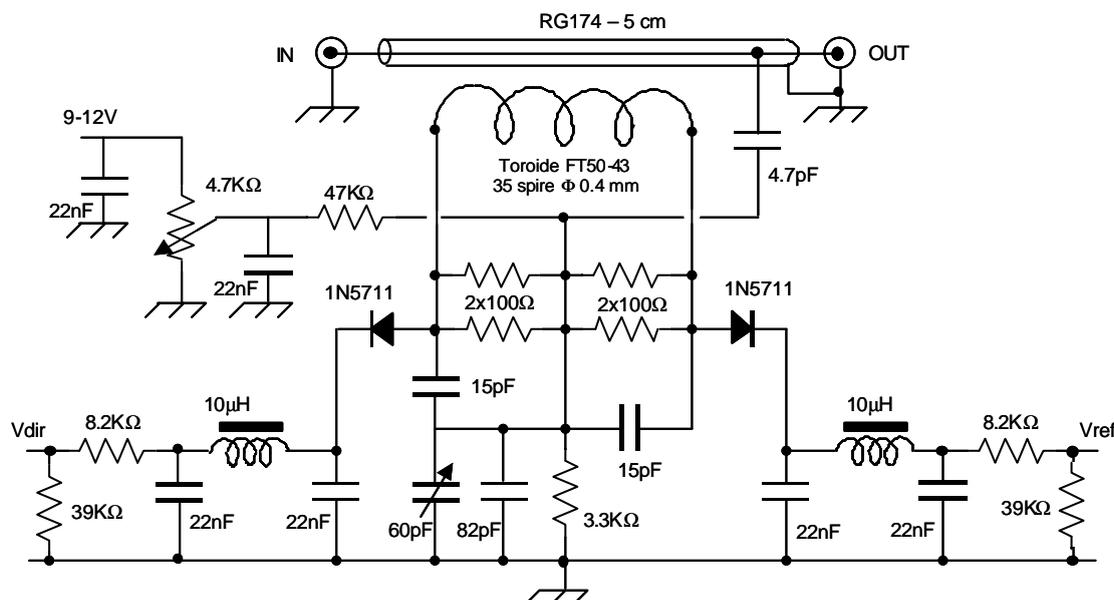
### Il progetto

Già da qualche tempo opera presso la sede A.R.I. di Padova "Il Club Autocostruttori", che raccoglie un piccolo gruppo di amici accomunati dalla passione per la sperimentazione nel campo della radio. Durante la riunione settimanale del mercoledì, discutendo delle iniziative per il 2005, è nata l'idea di questo progettino. Alla realizzazione ha collaborato Danilo (IW3EGT), che si è assunto il compito di sviluppare il software, e coordina il gruppetto che si interessa di microprocessori, ed il sottoscritto (IK3OIL), per la realizzazione dell'accoppiatore direzionale e degli stampati.

Nella sostanza si tratta del ben noto strumento, indispensabile nell'attrezzatura di ogni OM, però in versione digitale ed automatica. Non richiede quindi l'aggiustamento manuale del F.S. e fornisce la lettura diretta del R.O.S. e della potenza in Watt p.e.p., nonché un'indicazione visiva della potenza istantanea mediante una barra a riempimento progressivo (molto ben realizzata dall'amico Danilo).

Lo strumento fornisce una misura piuttosto precisa nelle bande HF e VHF fino a 50 MHz, entro un range di potenze compreso fra 5 e 120W, adattandosi quindi alla maggior parte delle apparecchiature radioamatoriali HF, anche nella categoria QRP.

### Il circuito elettrico dell'accoppiatore direzionale



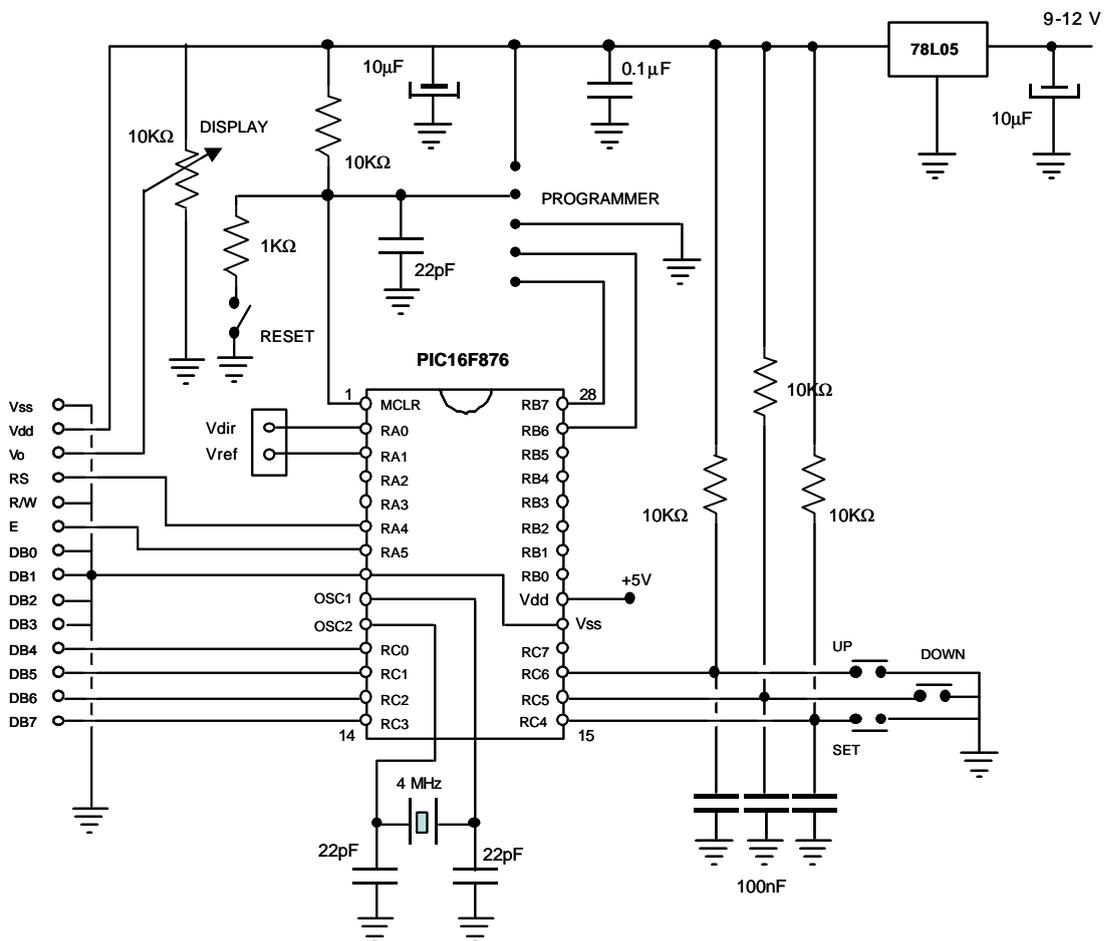
Questa parte dello strumento è stata oggetto di varie prove, con circuiti diversi, tutti più o meno convenzionali, nella versione ad una e a tre bobine, con e senza presa centrale. Alla fine la soluzione più semplice si è rivelata anche la migliore, con una sola bobina a singolo avvolgimento. Il bilanciamento avviene mediante un comune trimmer da 60 pF, che andrà regolato per il minor valore di ROS su carico adattato (dummy load da 50 Ω). Sperimentalmente si è dimostrato utile inserire due piccole capacità (15 pF) in parallelo alle resistenze da 100 Ω, in questo modo si ottiene una migliore linearità in frequenza e un miglior bilanciamento del ponte di misura. Da tener presente che il condensatore da 4.7 pF collegato al ramo di uscita deve essere idoneo per alta tensione (200 V). I diodi sono del tipo Schottky low barrier, il modello impiegato è un 1N5711, o altro equivalente, reperibile presso RF ELETTRONICA di F.Rota : [www.rfmicrowave.it](http://www.rfmicrowave.it)), con questi diodi si riesce ad ottenere una buona linearità in frequenza e, grazie alla bassa caduta di tensione, anche una buona precisione con un'ampia dinamica di potenza, infatti lo strumento

fornisce un'indicazione sufficientemente precisa in un range di potenze da 5 a 120 W. Se si accetta una minore precisione nella lettura del R.O.S., è possibile utilizzarlo anche con livelli inferiori di potenza, fino a circa 3 W. Per migliorare la dinamica sui bassi livelli, si è dimostrato utile prevedere una leggera polarizzazione diretta dei diodi, ottenuta mediante il trimmer da 5KΩ, che andrà regolato in modo da leggere qualche millivolt in assenza di segnale.

Il vero e proprio accoppiatore è costituito da uno spezzone di cavetto coassiale RG174, lungo circa 5 cm, fatto passare entro il toroide FT50-43. Quest'ultimo va realizzato avvolgendo 35 spire di filo di rame smaltato del diametro di 0.4 mm, distribuite uniformemente su tutta la superficie del nucleo toroidale. La calza del cavetto coassiale va collegata a massa solo dal lato USCITA, come indicato nello schema. Tutto l'insieme va montato in modo da rispettare il più possibile la simmetria dei due lati, per ottimizzare il bilanciamento.

E' anche possibile modificare il range di potenze trattate variando il numero di spire della bobina, un aumento corrisponde ad uno spostamento del range verso l'alto (potenze più elevate), una riduzione dell'avvolgimento sposta il range verso il basso (potenze più basse).

### Il sistema di lettura a microprocessore



Il vero “plus” di questo dispositivo è l’impiego del microprocessore. Abbiamo optato per un PIC16F876 perché dispone di un convertitore A/D interno a 10 bit, necessario per effettuare la lettura delle due tensioni Vf (diretta) e Vr (riflessa). Una volta acquisiti i due valori è sufficiente applicare la formula :

$$SWR = (V_f + V_r) / (V_f - V_r)$$

per migliorare la precisione del calcolo, il microprocessore tiene conto della caduta di tensione sui diodi. Poiché questa varia in funzione della tensione letta, ho rilevato sperimentalmente una serie di valori per il diodo 1N5711, questi sono stati caricati nella memoria del PIC. Ritengo che altri diodi Schottky con Vf dell’ordine di 0,3 – 0,4 V presentino valori analoghi.

La potenza indicata è un valore di picco (p.e.p.) e viene misurata acquisendo il valore massimo riscontrato in un periodo di durata costante (circa 2 secondi), la lettura viene aggiornata al termine di ogni periodo di misurazione. In questo modo si ottiene una lettura abbastanza stabile anche durante la modulazione.

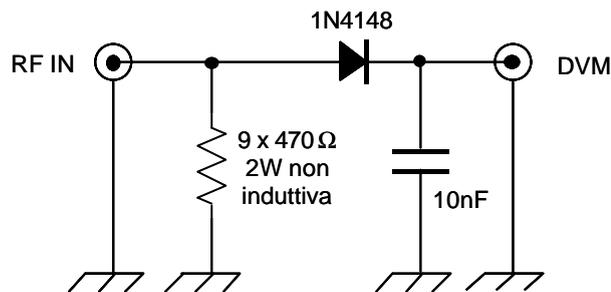
E' poi prevista un'indicazione della potenza istantanea mediante una barra a riempimento progressivo, sulla seconda riga del display. Questa indicazione viene aggiornata 10 volte al secondo e segue quindi l'andamento istantaneo del segnale trasmesso.

L'azzeramento del display avviene dopo circa 2 secondi, qualora non vi sia segnale in ingresso.

Il circuito prevede la possibilità programmare il PIC "in circuit" mediante connessione standard sui pin MCLR, RB6 e RB7. E' previsto anche un pulsante di RESET manuale.

### La calibrazione dello strumento

La calibrazione è l'unica operazione manuale da eseguire "una tantum" prima dell'impiego, per il resto il funzionamento è completamente automatico. Tenete presente che l'indicazione dello strumento sarà tanto più precisa quanto più accurata sarà stata la taratura iniziale. La calibrazione si può dividere in due fasi : *la taratura dell'accoppiatore direzionale* e *la taratura del sistema a microprocessore*. Entrambe le fasi richiedono l'impiego di un carico fittizio da 50Ω, se non l'avete potete costruirne facilmente uno, da utilizzare con potenze non superiori a 15 W, secondo il seguente schema



Per le resistenze bisogna impiegare un tipo antinduttivo (a impasto o strato metallico), non utilizzate quindi delle resistenze a filo. L'uscita DVM va collegata ad un tester digitale ad alta impedenza.

#### *Taratura dell'accoppiatore direzionale*

si esegue nel modo seguente :

- Si collega il DVM all'uscita Vref dell'accoppiatore e l'alimentazione (9-12V) al potenziometro da 4,7 KΩ. Si regola il potenziometro per leggere circa 5 mV.
- Si collegano ora il trasmettitore ed il carico fittizio, si opera in portante continua (CW o AM) con una potenza di 10 - 15 W, in banda 28 MHz. Il tester digitale va collegato sempre all'uscita Vref dell'accoppiatore. Si regola il compensatore da 60 pF per la minima lettura, che dovrebbe essere prossima allo zero.

#### *Taratura del sistema a microprocessore.*

Questa calibrazione si effettua collegando un trasmettitore di potenza nota, possibilmente compresa fra 10 e 50 W, e un carico fittizio. Ovviamente il trasmettitore dovrà essere predisposto per erogare una portante continua (modo CW oppure AM). All'uscita della sonda va collegato un tester digitale e la potenza si calcola facilmente applicando la seguente formula :

$$\text{Potenza (Watt)} = (V_{\text{out}} + 0.5)^2 / 100$$

La correzione di 0.5 V è necessaria per compensare la caduta di tensione sul diodo.

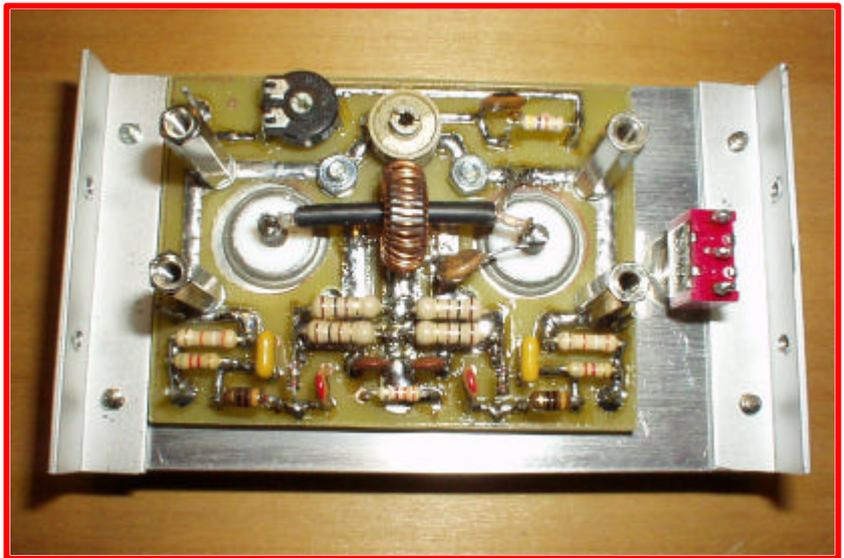
Si opererà possibilmente al centro della banda (14 - 21 MHz) dopo aver attivato l'apposita funzione del software con il pulsante SET. A questo punto il microprocessore chiede di immettere, mediante l'uso di due pulsanti (< e >), il valore della potenza impiegata, che dovrà essere ricavata leggendo la tensione sul carico fittizio.

Dopo aver chiesto una conferma, il PIC memorizza questo valore, che utilizzerà poi come riferimento per i suoi calcoli.

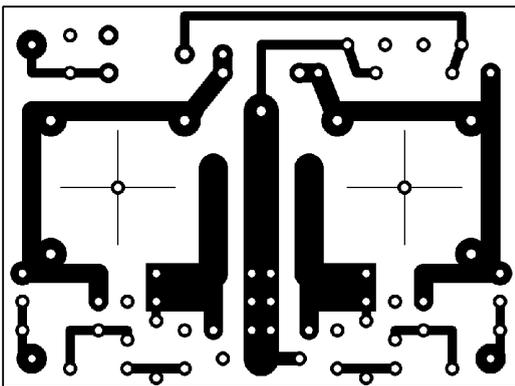
### **Il circuito stampato e lo schema di montaggio dell'accoppiatore direzionale**

Il circuito stampato dell'accoppiatore direzionale viene realizzato su una piastrina di rame doppia faccia. Sul lato dove sono tracciate le piste di collegamento vengono montati tutti i componenti, ad eccezione dei due bocchettoni SO239. Il lato opposto conserva integra la superficie di rame, che viene utilizzata come piano di massa distribuita, su questo lato vengono quindi riportati e saldati tutti i collegamenti di massa. Sempre su questo lato vengono montati i due bocchettoni SO239, fissati con tre viti ciascuno, le stesse viti potranno essere utilizzate per fissare la basetta ad un telaio metallico.

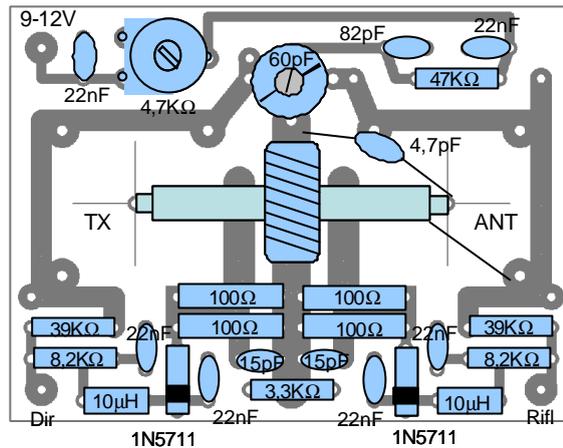
Per alloggiare alcuni componenti (es. i trimmer) è opportuno praticare dei fori passanti, in questo caso il foro andrà svasato leggermente sul lato opposto con una punta da 4 mm, in modo da creare il necessario isolamento.



*Circuito stampato in scala 1:1, visto dal lato dei collegamenti*



## Piano di montaggio dei componenti



### Il circuito stampato e lo schema di montaggio del modulo PIC

Il montaggio di questo modulo non presenta alcuna difficoltà, non ci sono elementi critici, tuttavia raccomando di separare accuratamente le due basette (RF e PIC), e possibilmente schermare l'accoppiatore direzionale con una copertura in lamierino, in modo da evitare irradiazione RF verso il microprocessore.

Il circuito stampato è realizzato su una piastrina di rame a singola faccia, da notare il connettore per la pulsantiera di calibrazione, che serve solo per la taratura iniziale e converrà quindi collegare solo all'occorrenza. Questo connettore prevede anche il collegamento di un quarto pulsante, attualmente non utilizzato, per un eventuale impiego futuro.

Nello schema di montaggio si può notare la presenza di alcune resistenze di basso valore ( $10\ \Omega$ ) utilizzate come ponticelli per risolvere gli incroci delle piste.

*Circuito stampato in scala 1:1 (66x48 mm), visto dal lato rame*

