



## HIGH POWER ANTENNA SWITCH

by I2WOQ

La presentazione che vado a descrivere, è stata sollecitata da alcuni attenti e scrupolosi frequentatori del sito Web della nostra Sezione, che ne avevano notato brevi note all'interno di un mio precedente esposto con tema: Commutatore di antenne con relè sottovuoto. L'articolo in questione riassumeva in modo sommario senza entrare nei particolari, la descrizione di un ricercato commutatore di antenne, preordinato ad essere impiegato con elevate potenze RF !

Il progetto includeva un elaborato Controller elettronico, che gestiva un Box di commutazione munito di relè sottovuoto peculiari per alte potenze RF, modello RJ4B-26N930 prodotti dalla Jennings-ITT.

Studio ed elaborazione di questo progetto erano iniziati qualche anno fa grazie anche alla collaborazione di Paolo IK2YYQ e Marco IW2FSK, in particolare per la progettazione del software di gestione. In un primo momento devo ammettere la pianificazione è stata da me intrapresa con molte circospezioni e scarse aspettative sui risultati che sarei stato in grado di ottenere.

Valutavo in generale la composita struttura del circuito, le sempre probabili suscettibilità alla RF da parte di qualche componente elet-

tronico impiegato nella costruzione del Controller, la non facile reperibilità e i costi non proprio economici di alcuni componenti.

Le maggiori perplessità restavano comunque costantemente focalizzate sulle finalità operative del dispositivo: una volta realizzato era confacente al gravoso compito a cui era stato designato ?

Le incognite e i dubbi sui risultati sebbene causavano uno stato di inquieto malessere, hanno stimolato la passionale smania del mettersi in gioco a tutti i costi che normalmente genera la sperimentazione (almeno personalmente), essa ha preso il sopravvento su tutto e tralasciando ogni incertezza, dopo qualche tempo non senza intralci di percorso, il progetto è stato completato.

Al termine di un prolungato periodo di collaudi e test, condotti volutamente nelle condizioni più gravose, per esempio anche utilizzando carico disadattato (2 dummy load da 50 Ohm 1600+1600 Watt in parallelo, che determinava SWR 2:1 ) ed immettendo per vari minuti la piena potenza key-down disponibile, tutto è sempre restato sotto controllo ! I test si sono rivelati molto proficui perché hanno portato ad introdurre importanti modifiche tecniche allo schema originario, a sopperire alcune carenze e problematiche impreviste ed inattese, manifestatesi nel frattempo.

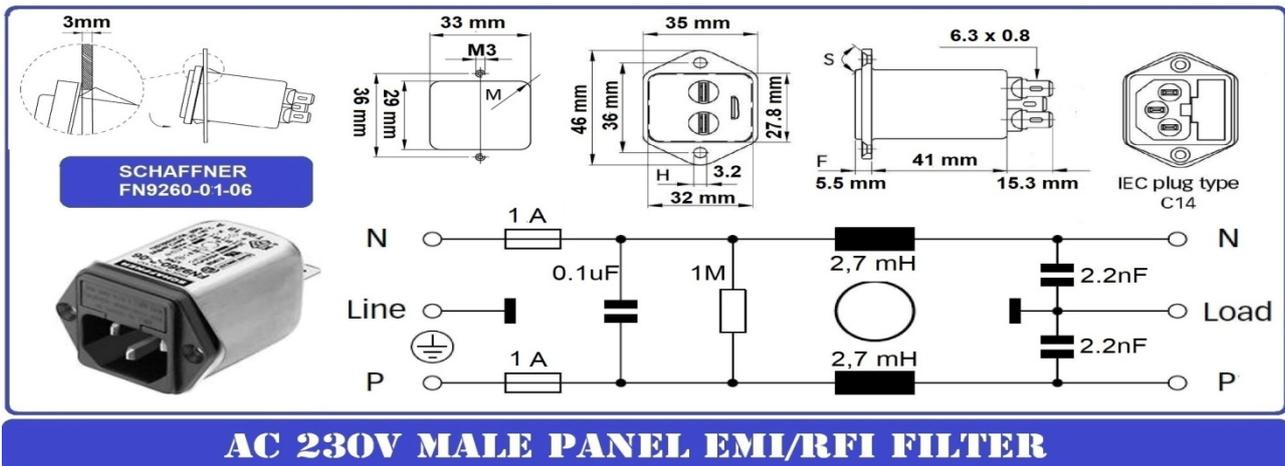
Constatate le eccellenti performance finali ottenute quali (immunità alla RF, robustezza, praticità, flessibilità, irrilevante attenuazione sul segnale ricevuto e Return-Loss, basso rapporto delle SWR per la intera gamma HF con estensione sin verso le VHF.

Verificata infine la piena rispondenza senza alcun problema di sorta nelle funzionalità del Controller elettronico; ho dovuto riconoscere mio malgrado per manifesta evidenza, del tutte infondate le perplessità avute nella fase embrionale del progetto.

Senza indugio alcuno ho provveduto all'installazione del sistema, che in poco tempo è diventato e lo è tuttora (in senso figurato): la pietra miliare nell'ambito commutazione antenne della mia stazione. Preso in considerazione la richiesta ricevuta, valutata la laboriosità generale dei numerosi stadi, per semplificazione ho pensato di pianificare la presentazione suddividendola in vari step.

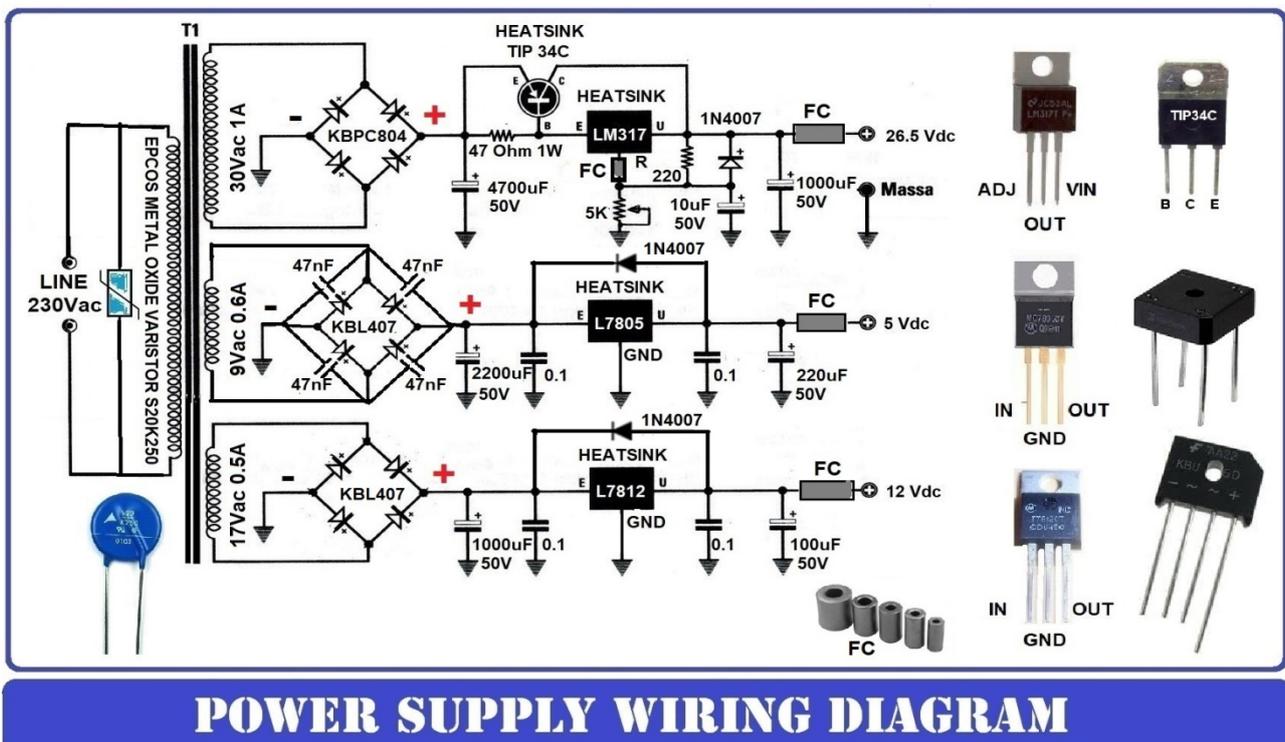
Ho cercato descrivere i circuiti ed il funzionamento in modo conciso ed essenziale, senza tecnicismi che avrebbero solo annoiato e non essere recepiti da buona parte dei lettori di questo articolo.

## Filtro rete ingresso 230Vac



E' opportuna l'installazione un filtro rete EMI/RFI in ingresso verso l'alimentazione a 230Vac per eludere disturbi convogliati dalla rete che potrebbero influenzare il funzionamento del Microcontrollore, viceversa evitare indebite immissioni di RF in senso inverso. Resta sottinteso che un'ottimale funzionamento del filtro, lo si ottiene solamente se in possesso di una efficiente presa di terra ! Il filtro da pannello utilizzato è uno Schaffner FN9260-01-06.

## Alimentazione





**RS 201-7505**

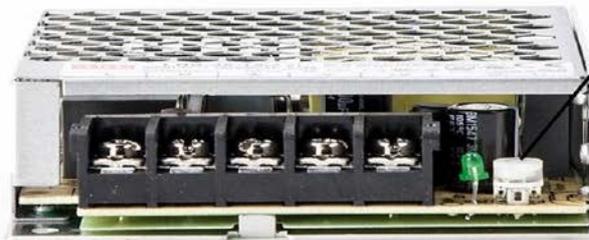


**RS 201-7280**



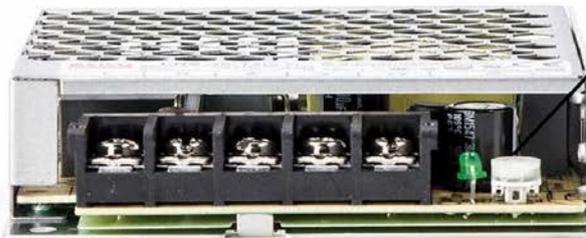
**RS 201-7173**

**ENCAPSULATED TRANSFORMERS FOR PRINTED CIRCUIT**



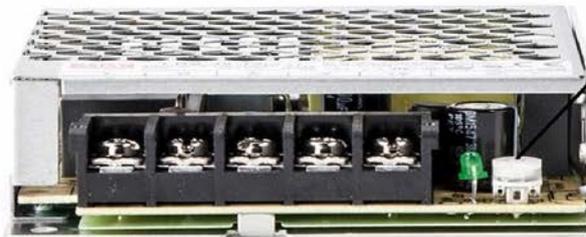
ADJ VOLTAGE RANGE  
**4,5-5,5 Vdc**

**LRS-15-5**



ADJ VOLTAGE RANGE  
**10,2-13,8 Vdc**

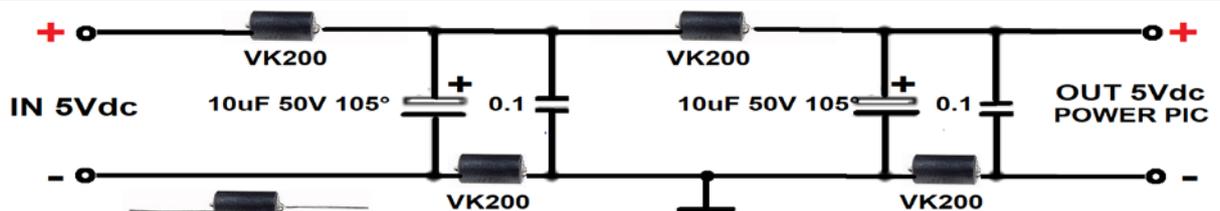
**LRS-15-12**



ADJ VOLTAGE RANGE  
**21,6-28,8 Vdc**

**LRS-35-24**

**ALTERNATIVE SOLUTION POWER SUPPLY**



**POWER FILTER 5VDC LOGIC CIRCUIT**

Per l'alimentazione di tutti i circuiti sono previste tre differenti tensioni: 26.5Vdc 1A (stadio finale Relè Vacuum, Interfaccia Optoisolatori, alimentazione led presenti nei Pulsanti di selezione).

Una tensione 5Vdc 600mA per alimentare: (stadio logica con il Microcontrollore PIC e gli integrati multiplexer, il circuito seriale RS232 (opzionale), il display LCD e vari led di segnalazione).

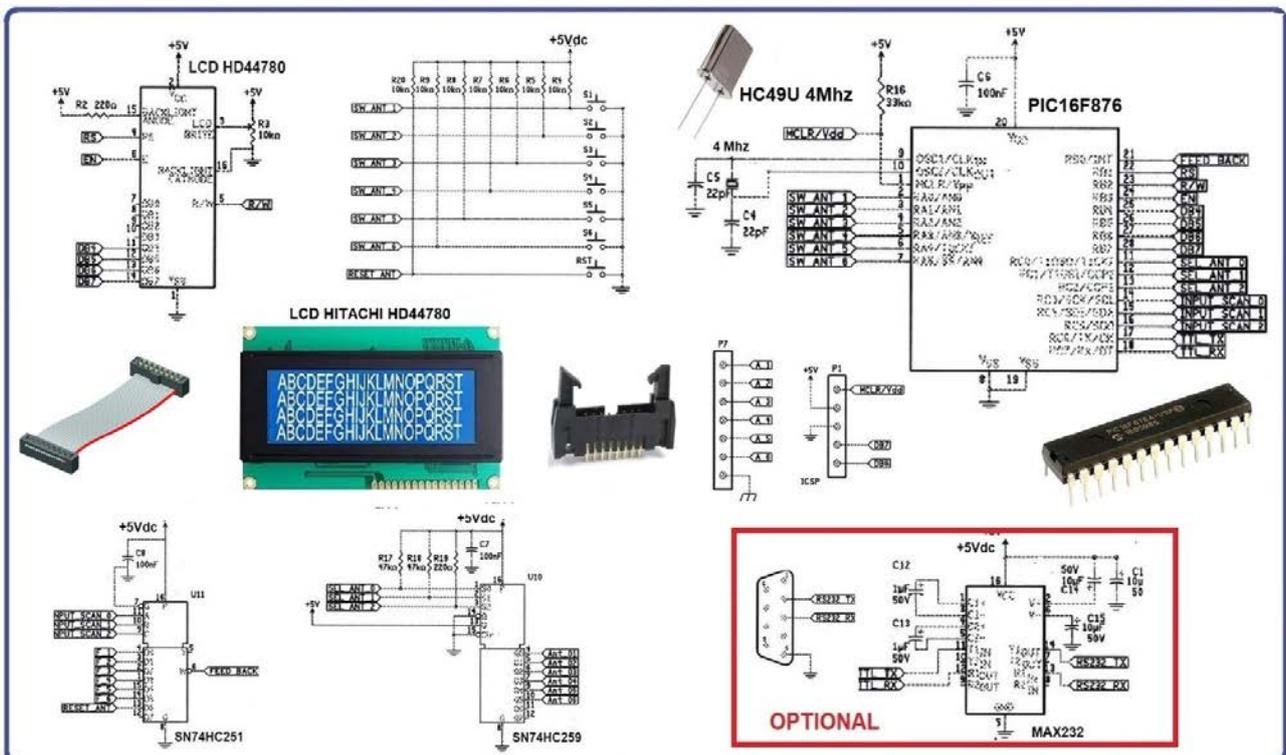
In parallelo ai reofori del ponte diodi KBL407 (5Vdc) è consigliabile applicare quattro condensatori da 47nF per ovviare ad impulsi spurie non eliminati dal filtro di rete e dal filtro presente sull'alimentazione dei 5Vdc (v.s.), che potrebbero influenzare il microcontrollore.

Una ultima tensione 12Vdc 500mA per alimentare: (timer ritardo relè di linea, circuito Wait-Operate e vari led).

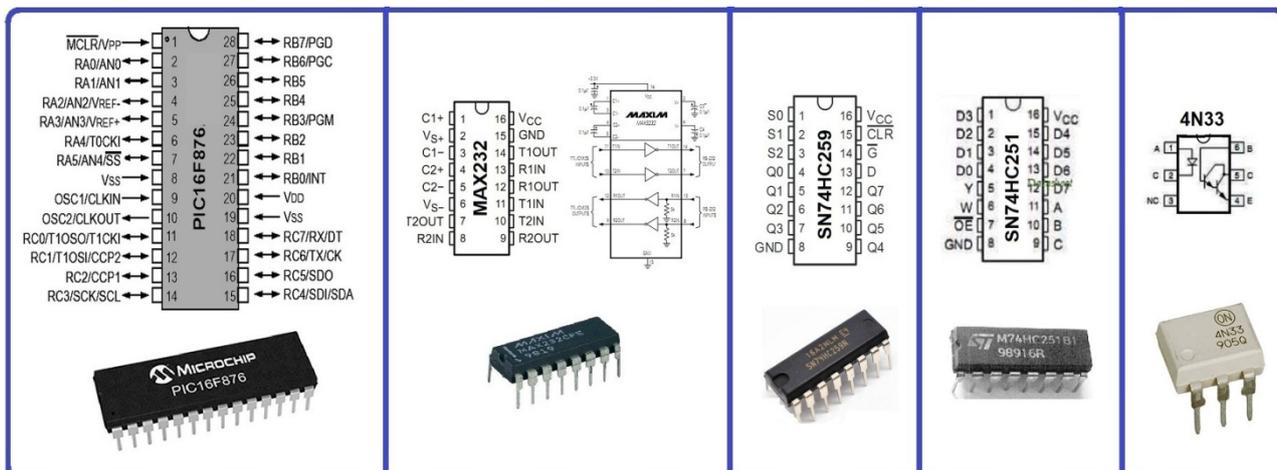
Tutti gli integrati stabilizzatori di tensione ed il transistor TIP34C, per favorirne lo smaltimento del calore che sviluppano durante il funzionamento, è consigliabile il montaggio su dissipatore.

In alternativa è possibile (semplificando molto la costruzione), ricorrere agli alimentatori di tipo switching MEAN WELL sopra illustrati, oppure a soluzioni personali che ricalcano le stesse caratteristiche.

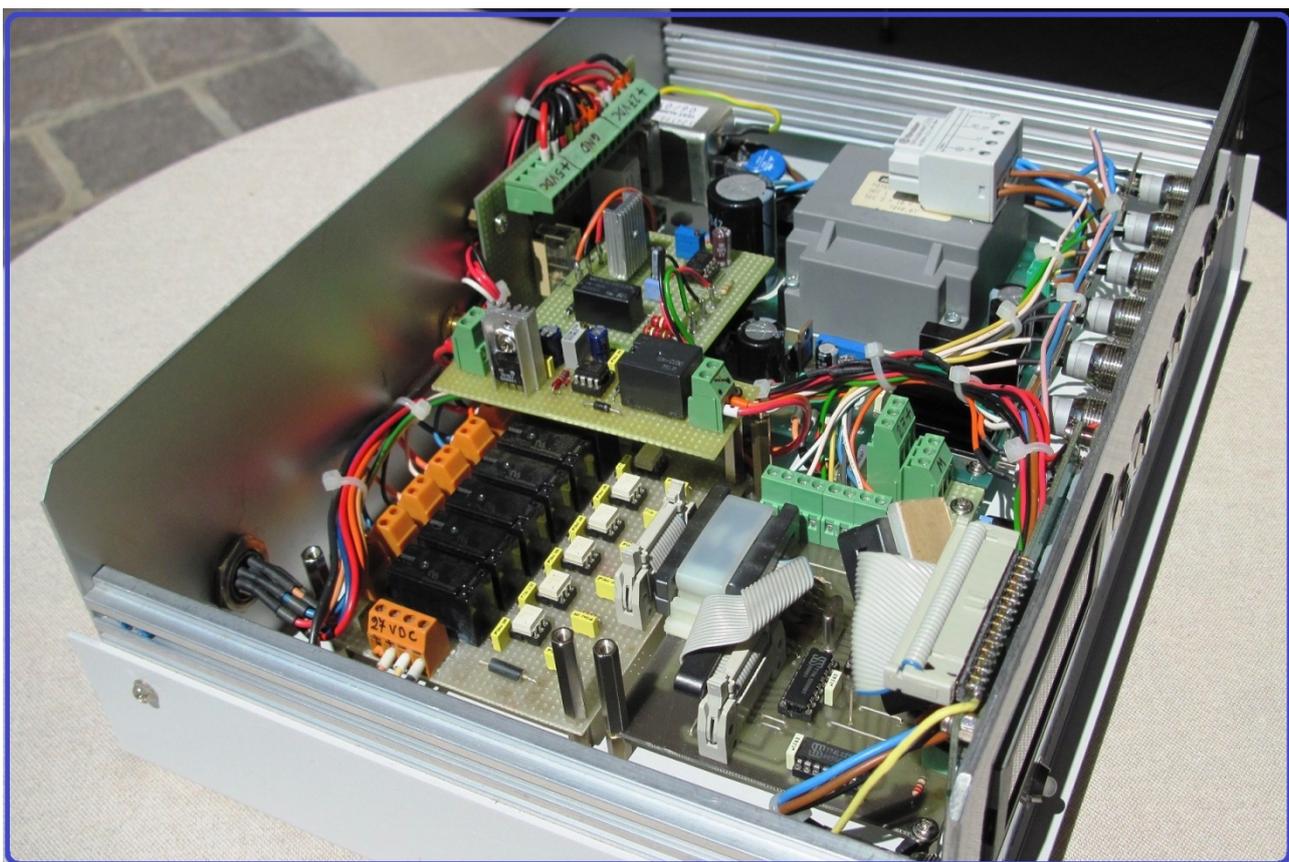
## Circuito Logica di comando



## ELECTRICAL DIAGRAM OF THE LOGIC CIRCUIT



## INTEGRATED CIRCUITS NEEDED "PINOUT"

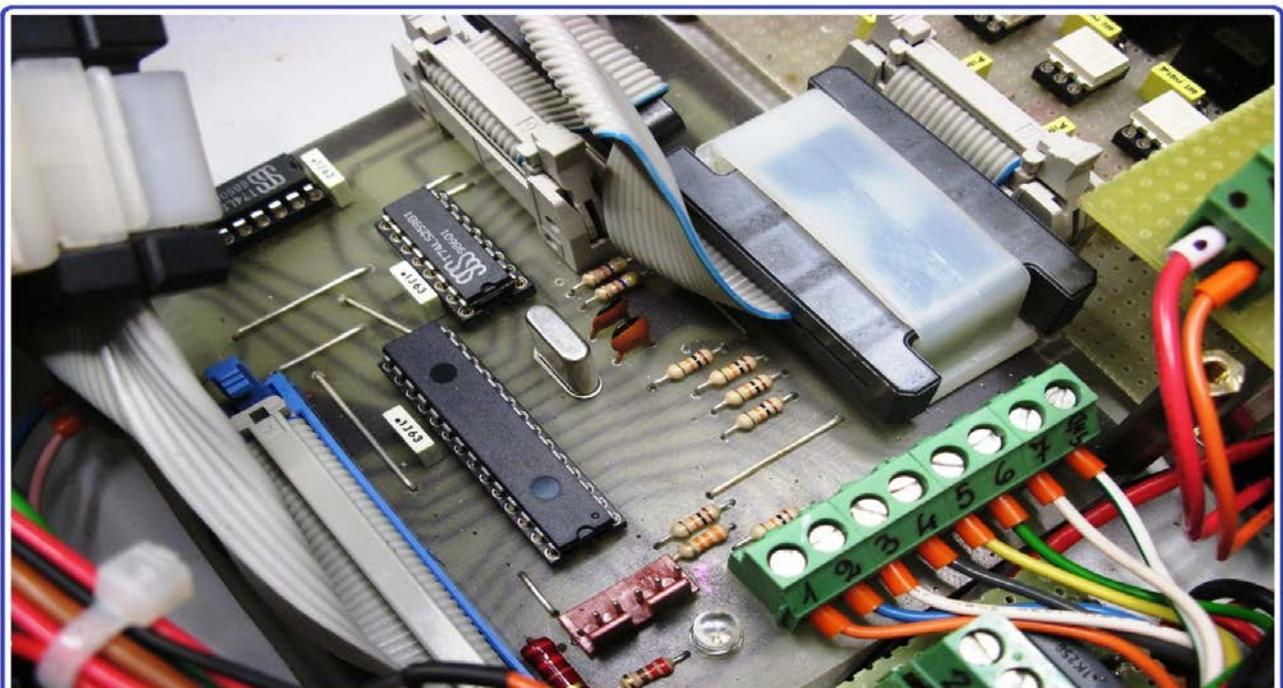
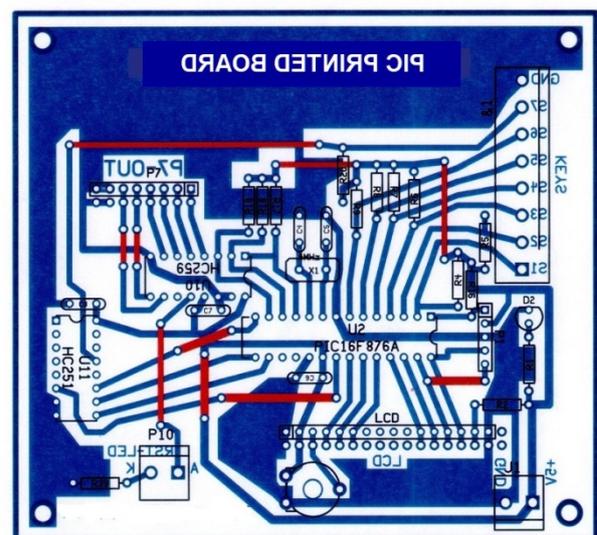
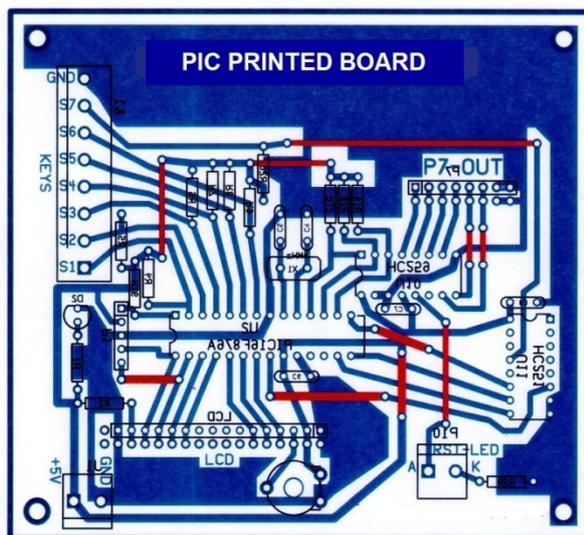


## INSIDE THE CONTROLLER

Il circuito logica di comando è realizzato sfruttando le potenzialità del microcontrollore a 8 Bit 20 Mhz Microchip PIC16F876A, esso è coadiuvato da un circuito Multiplexer formato dagli integrati SN74HC251 e SN74HC259 che ne sostiene le funzionalità. Il circuito Multiplexer è in pratica un selettore di linee dati, in grado

di selezionare diversi segnali in ingresso (analogici e digitali) e convogliarli verso una singola uscita, questo evita ricorrere a microprocessori PIC molto più sofisticati.

In generale il circuito è abbastanza semplice, il PIC controlla tramite la routine del programma in esso compilato, il display LCD Hitachi 44780 (4 righe x 20 caratteri), sul quale in sequenza saranno riportate le varie stringhe di caratteri che formano parole o frasi di senso compiuto, quali segnalazione dell'antenna attiva, notifiche di sicurezza, alcune semplici grafiche con movimento ecc. Ma soprattutto la gestione sequenziale della funzione dei vari pulsanti di selezione.



**MICROCONTROLLER PIC LAYOUT BOARD**

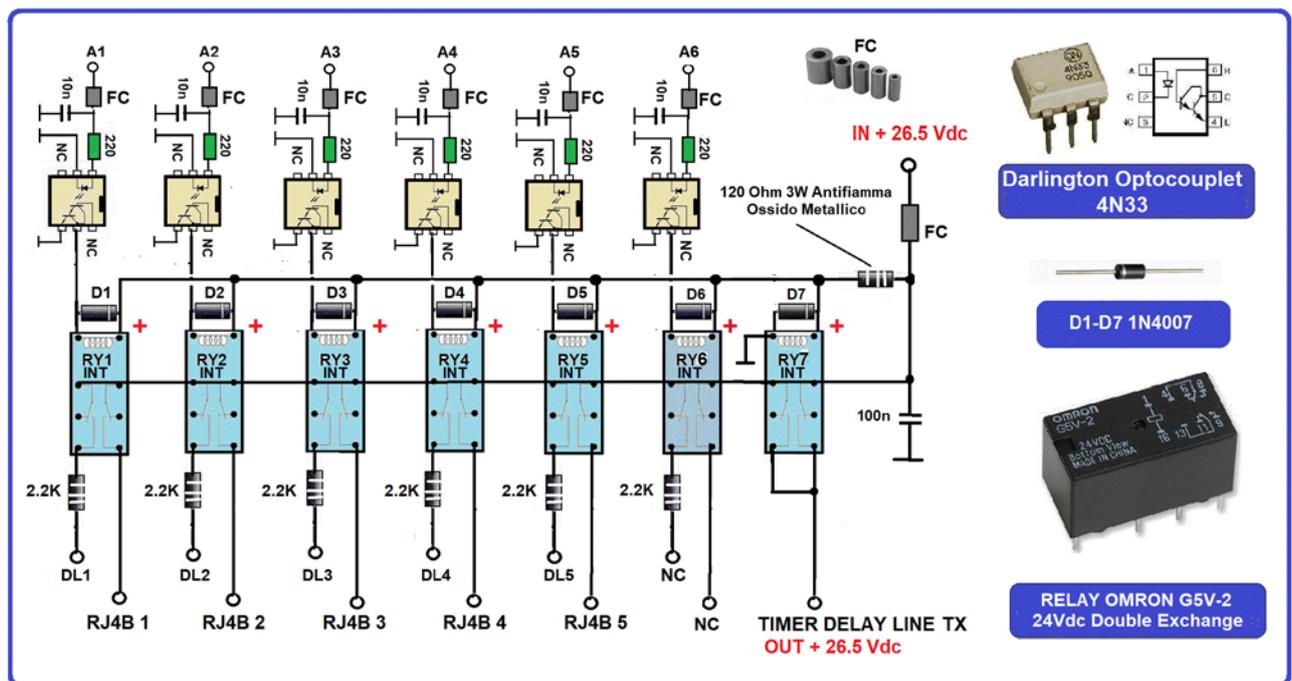
Ai pin 2-3-4-5-6-7 del PIC e al pin 13 dell'IC SN74HC251 sono connessi una serie di 7 pulsanti ad azione momentanea con il contatto normalmente aperto, azionando il pulsante prescelto si attiva l'uscita corrispondente che sarà presente sul pin dedicato (1-7) del connettore maschio IDC16 siglato "P7 OUT".

Da questo tramite connettore IDC16 femmina ed un corto tratto di flat-cable, i segnali saranno trasferiti alla scheda interfaccia.

I primi sei pulsanti sono dedicati alla selezione delle antenne il setimo è dedicato alla funzione (RST) Reset generale; le varie azioni esercitate sui pulsanti sono associate tra loro, una esclude l'altra !



### Circuito Interfaccia Optoisolatori e relè Intermedi



Con il circuito sopra raffigurato otteniamo la massima separazione galvanica possibile tra lo stadio logico e lo stadio di commutazione

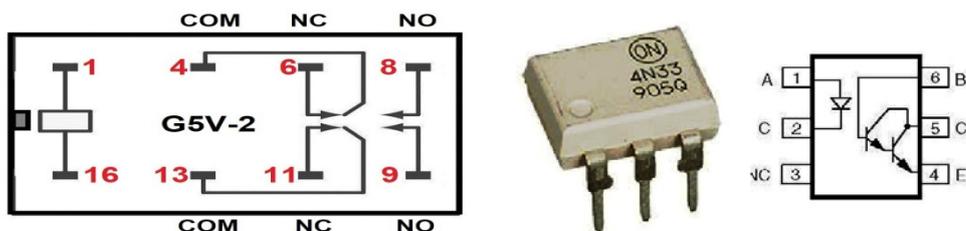
RF costituito dai relè sottovuoto, con l'attuazione dissociamo fisicamente le connessioni elettriche tra i due stadi.

Questa soluzione è molto importante perchè teoricamente con essa si precludono plausibili pericolosi rientri di RF verso il Controller.

Il segnale in uscita dal circuito logica del Microcontrollore PIC, a secondo selezione dei pulsanti, viene indirizzato all'ingresso (pin 1) dell'optoisolatore darlington 4N33 prescelto A1-A6. Il fotodiodo (pin 1-2) viene attivato e agendo otticamente sulla base del transistor presente, lo manda in conduzione.

Il semiconduttore, in configurazione darlington assume la funzione interruttore (switcher): il collettore (pin 5) connesso al polo negativo del relè (16), tramite l'emettitore (pin 4) chiuderà verso massa il circuito, ciò determina l'attivazione del relè corrispondente che di conseguenza muterà di stato.

Sui due contatti mobili del relè (COM 4-13) è presente la tensione di 26.5 Vdc, mutando di stato avremo questa tensione sui due contatti (NO 8-9) che sono connessi con il relè sottovuoto e il diodo led di riferimento presente nel pulsante di selezione, che verranno attivati.



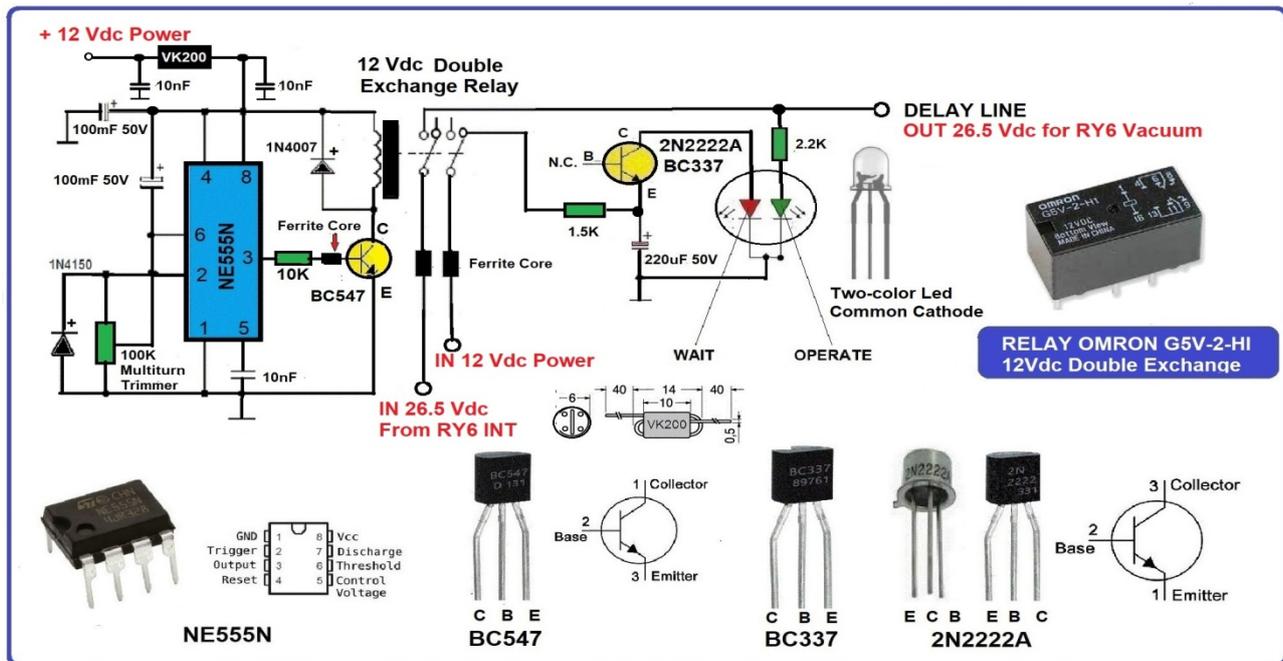
Ai più attenti non sarà sfuggito che l'Optoisolatore A6 e il relè RY6 INT sono attivi, ma non sono connessi direttamente con nessun relè, RY7 INT invece sarà alimentato appena acceso il Controller.

La tensione presente sui contatti COM di RY7 INT, sarà trasferita ai contatti NO e da questi al contatto COM del relè temporizzatore che con un ritardo attiverà il relè sottovuoto RY6, (controllo della connessione del cavo coassiale tra Box commutazione antenne e TX).

Anche la funzione di questo relè è molto importante, in pratica una volta tolta tensione al Controller, il TX non è più connesso al Box di commutazione e di conseguenza alle antenne.

Questo accorgimento previene inconvenienti alle apparecchiature che potrebbero essere causati da sovratensioni, cariche elettrostatiche presenti sulle antenne in particolare nelle giornate estremamente secche e ventose o in prospettiva di forti temporali in essere.

## Circuito temporizzatore relè di linea e led Wait-Operate



### TIMER DELAY TX COAXIAL LINE CIRCUIT

L'adozione di questo circuito si è rivelato di fondamentale importanza per salvaguardare il corretto funzionamento dei relè sottovuoto. Quanto affermo è riferito a criticità tecniche inaspettate che si sono manifestate durante i test di collaudo.

Il relè sottovuoto (RY6) nel primo prototipo secondo progetto era connesso direttamente alla tensione dei 26.5 Vdc, quindi era immediatamente alimentato ed attivo appena il Controller veniva acceso. Con questa configurazione ha manifestato inopportuni seccanti imprevisti durante i test: inspiegabilmente l'avvolgimento della bobina del primo relè si è interrotto, il problema si è ripetuto per ben due volte, nonostante che nel secondo caso avessi applicato (senza costruito evidentemente), un varistore di valore appropriato ai reofori di alimentazione della bobina !

Da accurati controlli ho appurato che l'avvolgimento della bobina non sopportava le extratensioni che si formavano al momento della accensione del Controller, in effetti per una frazione di millisecondi la tensione subiva un picco in incremento ben oltre i 26.5 Vdc canonici. La soluzione al problema è stata quella di ricorrere ad un timer che impartisse un ritardo all'alimentazione del relè RY6, per dar modo nel frattempo all'alimentatore dei 26.5 Vdc di uniformarsi.

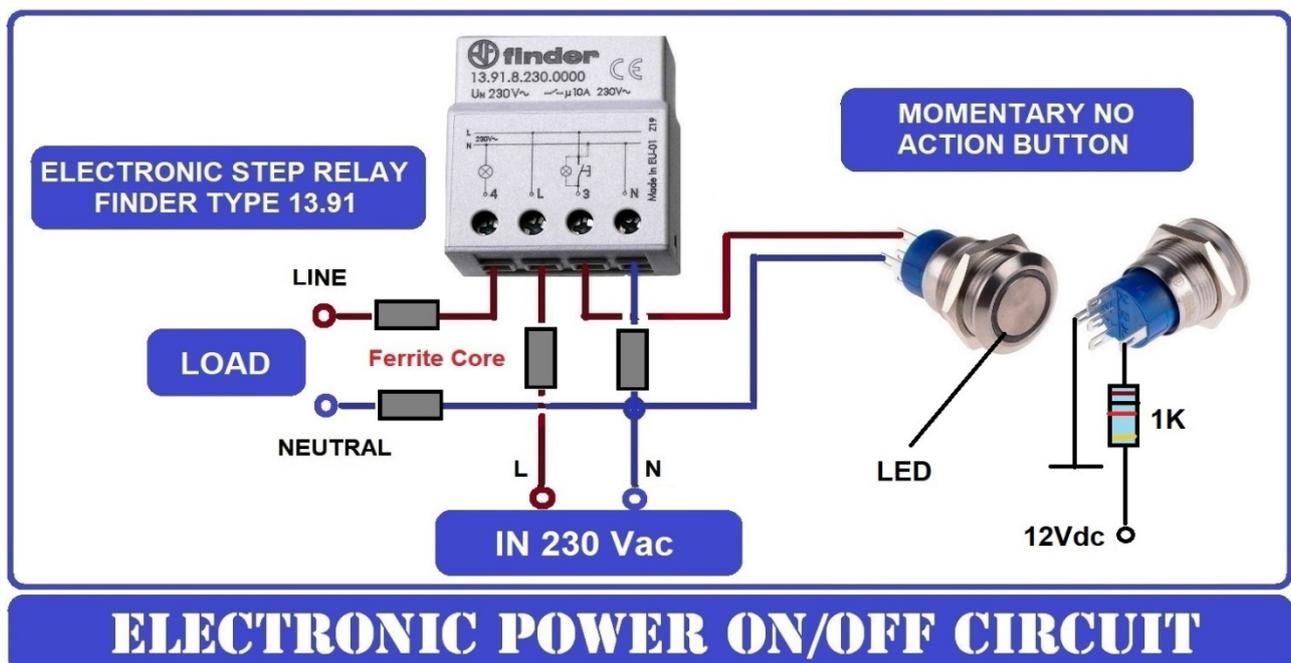
Per segnalare questo intervallo ho adottato un semplicissimo lampeggiatore formato da solo 4 componenti una resistenza da 1.5K, un condensatore elettrolitico da 220uF un transistor 2N2222A (oppure BC337) e un led bicolore a catodo comune rosso/verde.

All'accensione del Controller, il lampeggiatore ricevendo alimentazione dei 12 Vdc dal primo scambio del relè, inizierà a lampeggiare il led rosso (funzione WAIT) per una frazione di tempo stabilito dalla regolazione del timer (tramite trimmer multigiri).

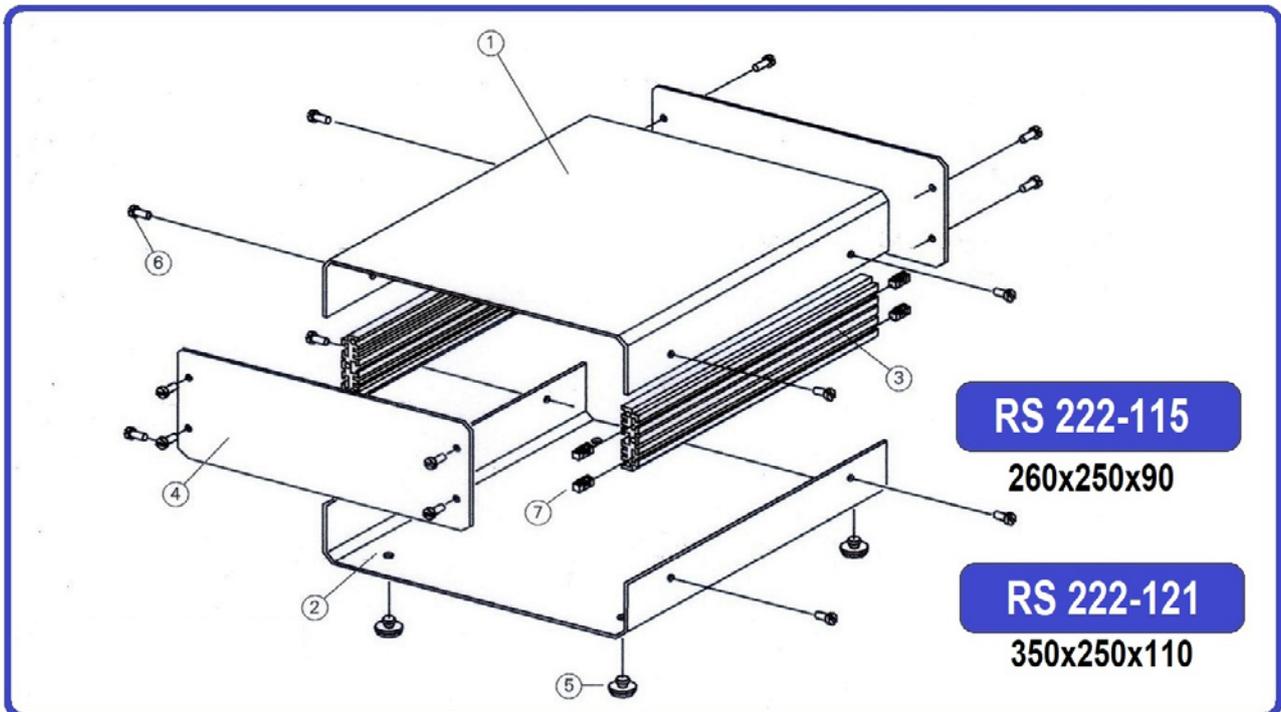
Come ho accennato precedentemente durante questa sequenza la linea verso il TX è interrotta, non avremo ricezione di segnali con le apparecchiature ne avremo possibilità di selezionare le antenne.

Trascorso questa fase il timer attiva il relè che mutando di stato porta tramite il secondo scambio, l'alimentazione al relè sottovuoto RY6. Nello stesso tempo il lampeggiatore con il led intermittente rosso (funzione WAIT) non ricevendo più alimentazione, si spegnerà e si accenderà stabilmente il led verde (funzione OPERATE) che preleva la tensione di 26.5 Vdc dalla connessione che alimenta il relè sottovuoto. Il cavo coassiale verso il TX ora è connesso al Box di commutazione, agendo sui pulsanti del Controller avremo la facoltà di selezionare l'antenna desiderata.

## Pulsante Power ON/OFF



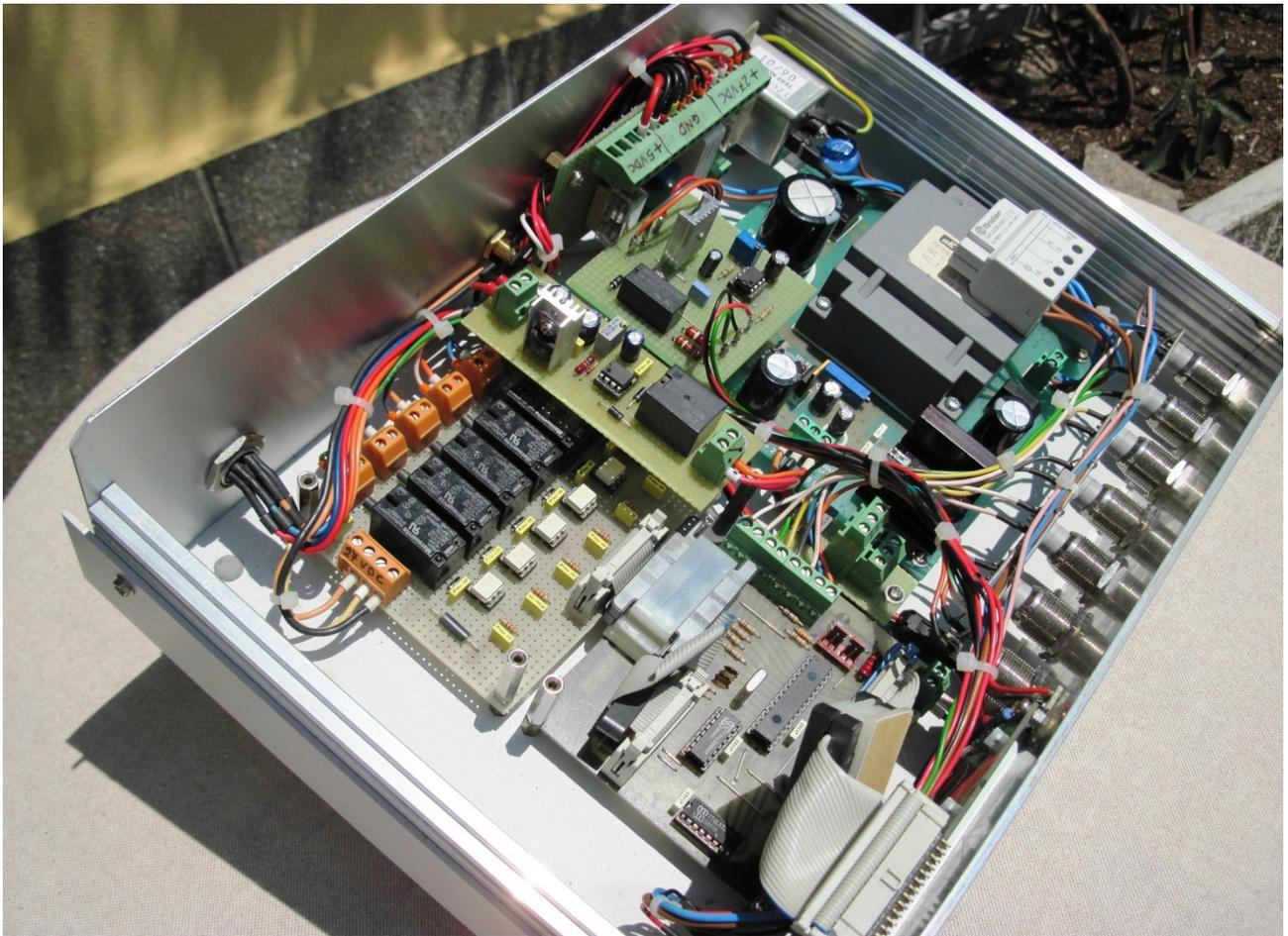
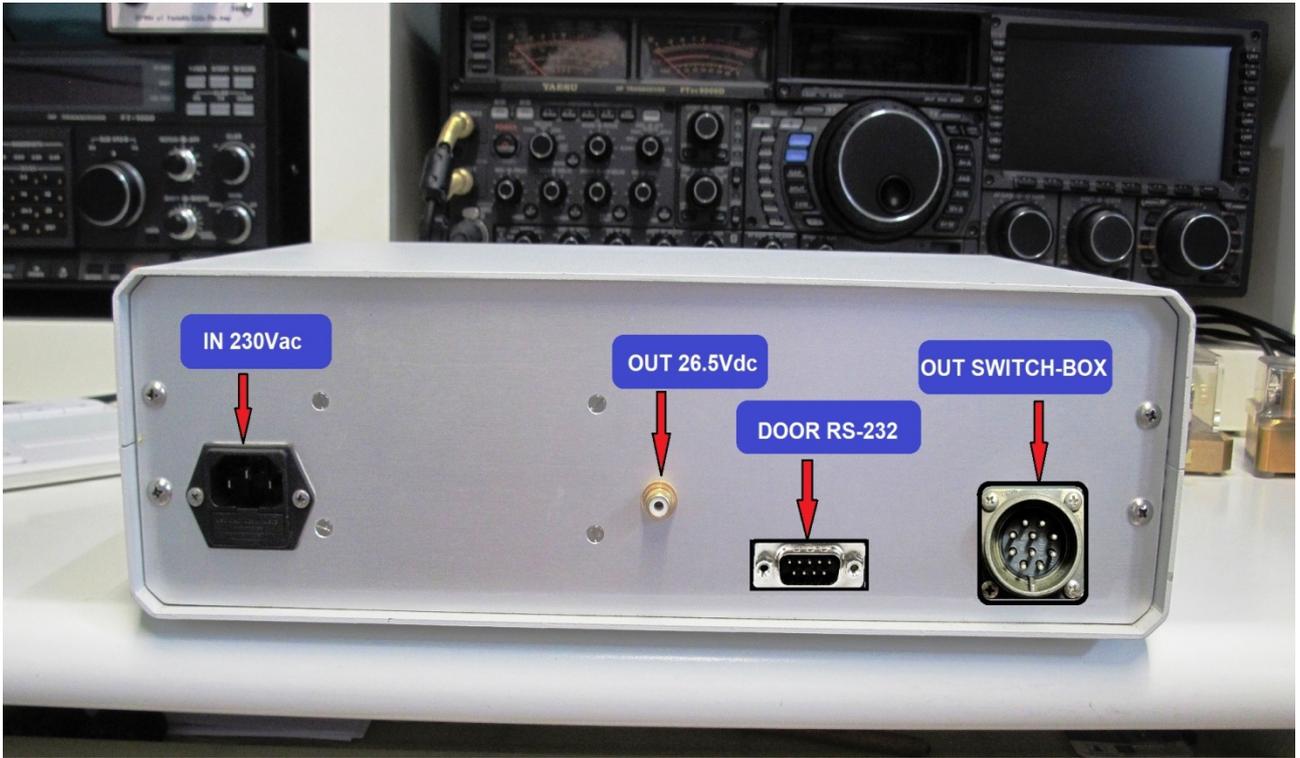
Per rendere ancora più performante ed esteticamente accattivante l'insieme del Controller, non ho installato il consueto interruttore da pannello di vetusta memoria, ma ho utilizzato un pulsante ad azione momentanea normalmente aperto, che controlla un relè passo-passo elettronico Finder modello 13.91: agendo sul pulsante il Controller è operativo, ripetendo l'azione si disattiva.

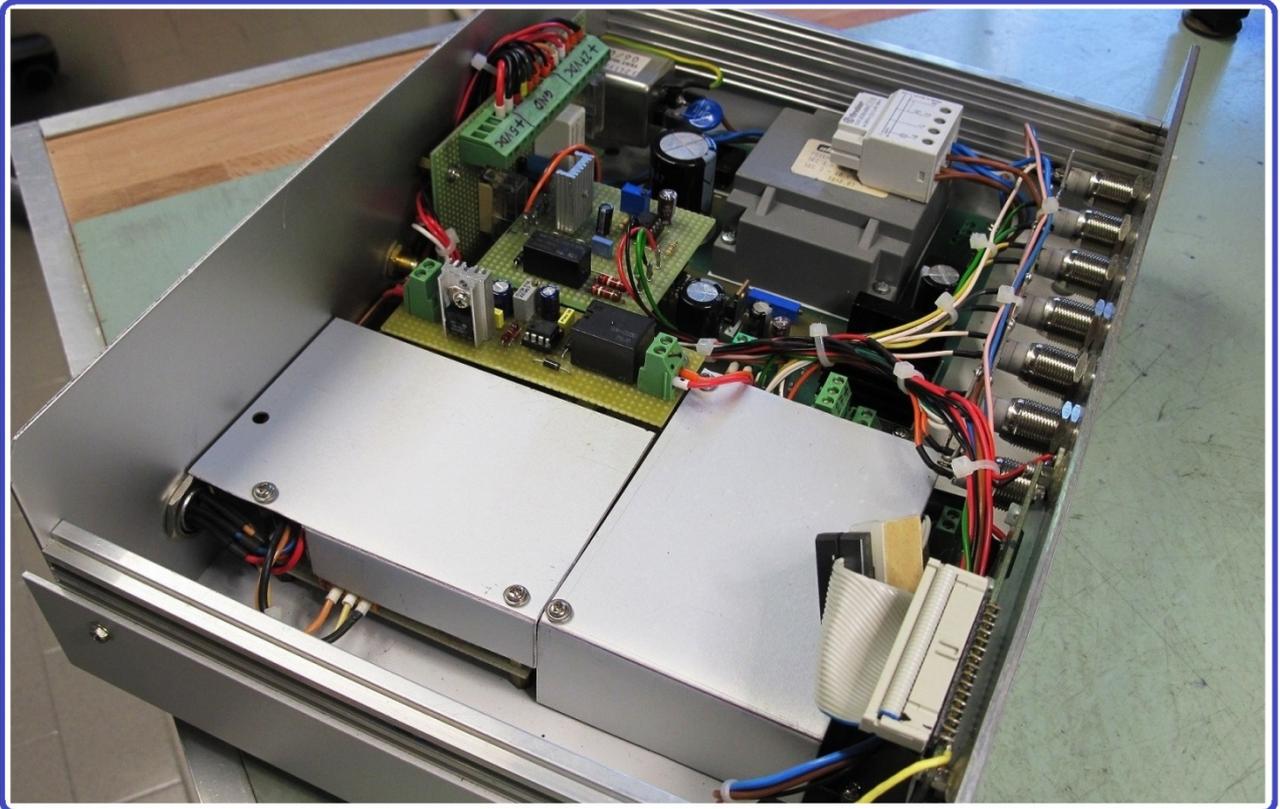


## ALUMINUM CABINET FOR THE CONTROLLER

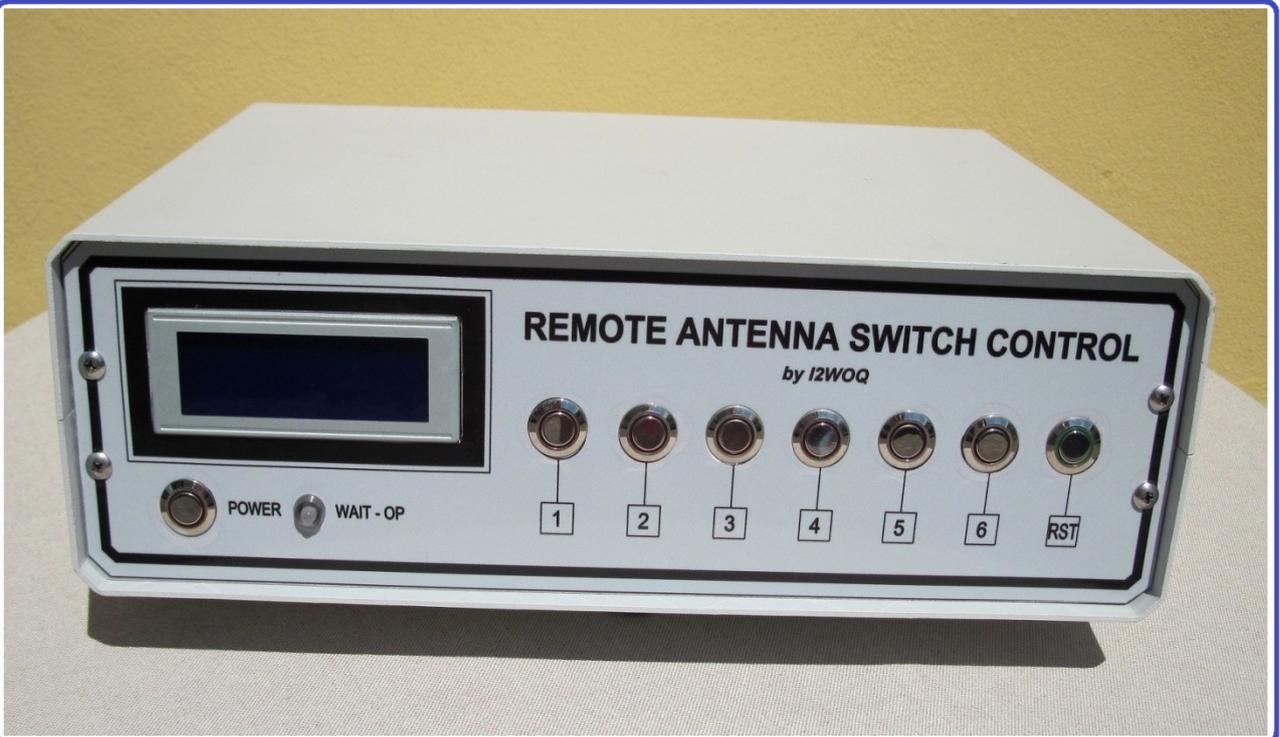


## MULTIPOLAR 10 PIN CONNECTOR OUTPUTS CONTROLLER



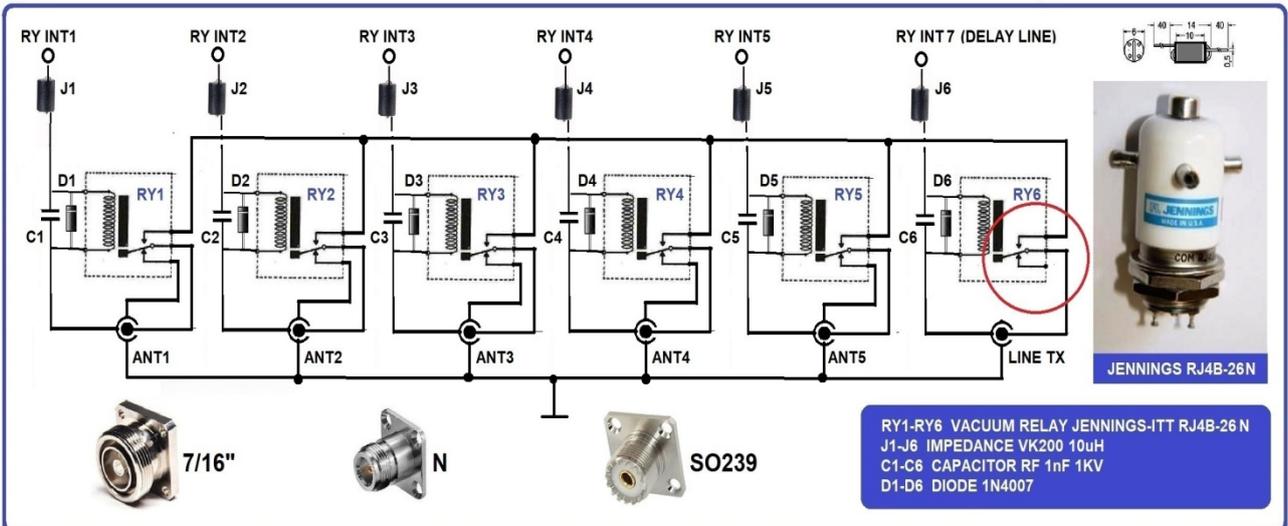


**RF FIELD SHIELDING PIC BOARD & INTEFACE**



**FRONT APPEARANCE CONTROLLER ASSEMBLED**

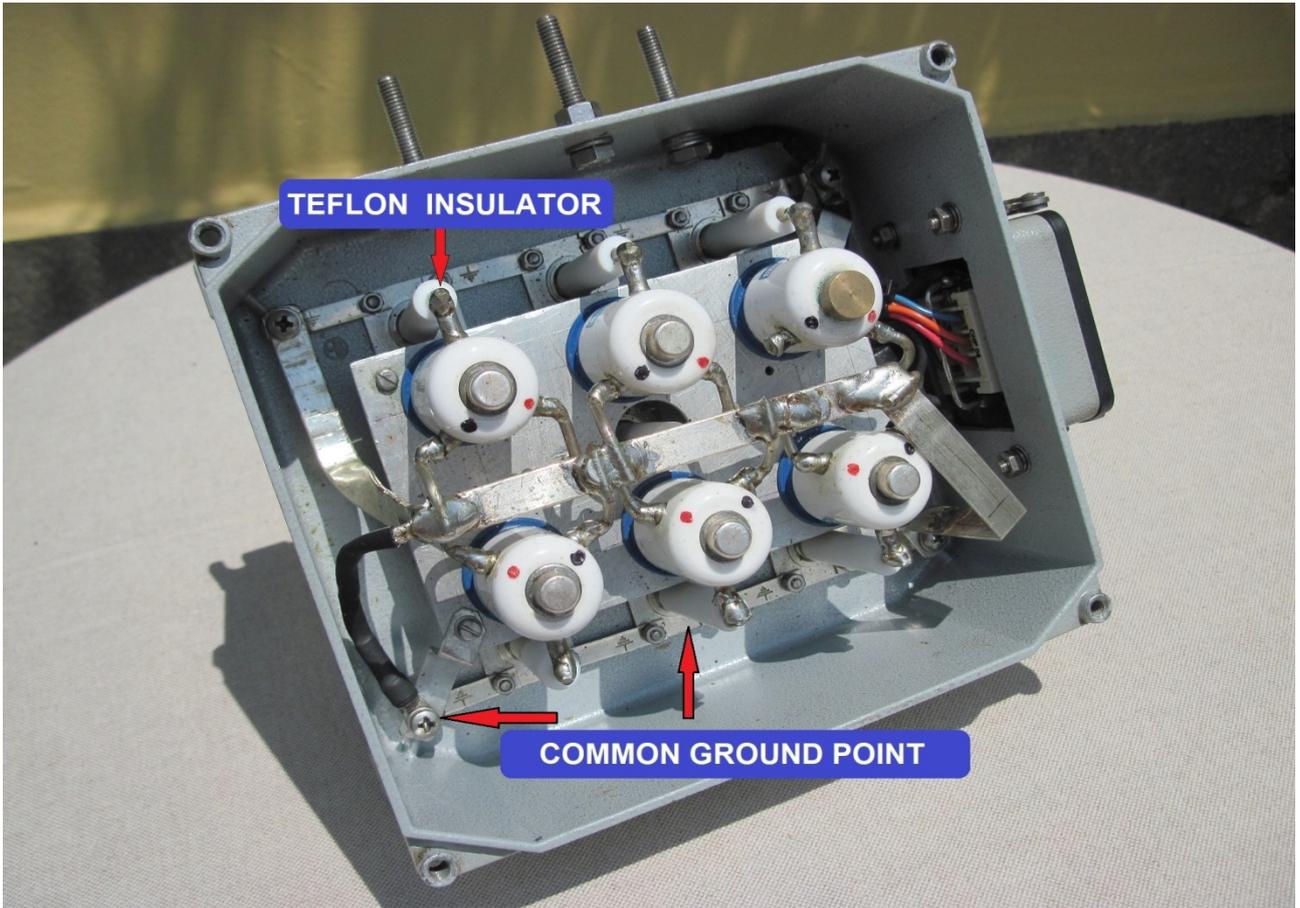
**Circuito di commutazione con relè Jennings RJ4B-26N930**



**POWER SWITCH BOX CIRCUIT WITH VACUUM RELAY JENNINGS RJ4B**



**INSIDE THE SWITCHING BOX WITH RJ4B-26N**

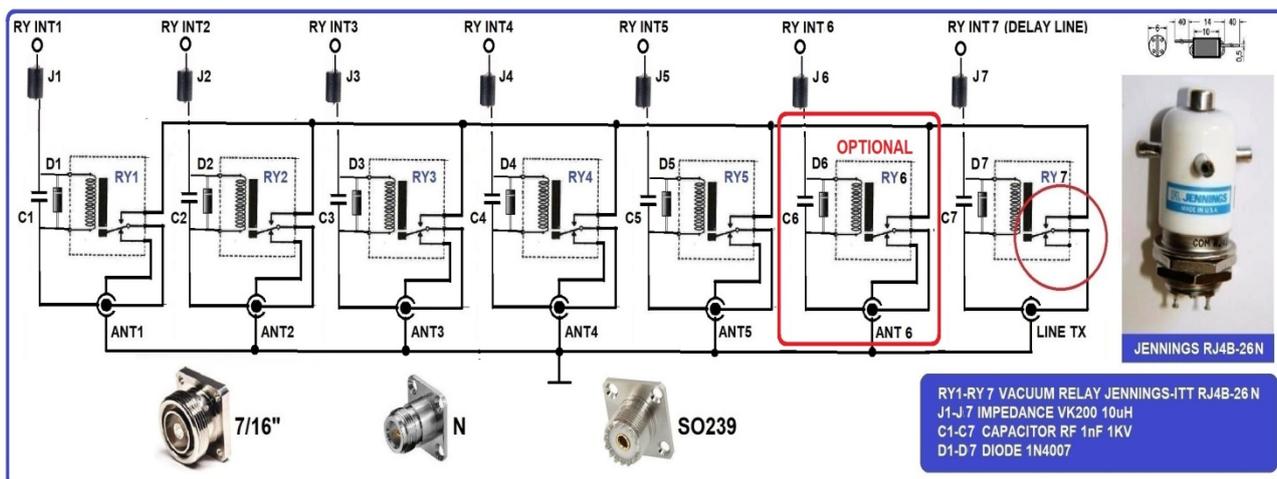




## SWITCHING BOX CONNECTORS "N" SIDE

Analizzando lo schema notiamo che con i relè non alimentati, tutte le antenne connesse al commutatore sono bypassate verso massa. Questa è un'ulteriore disposizione di sicurezza a prevenire problemi di statiche, sovratensioni ecc. Il contenitore in pressofusione dovrà ovviamente essere collegato tramite un cavo di grossa sezione ad una efficiente presa di terra.

Nota bene: sebbene il Controller è pianificato per commutare 6 antenne, lo Switch-Box così come strutturato (6 relè), ne potrà commutare solo 5, è possibile comunque aggiungere un ulteriore relè.



Per il relè che commuta il cavo coassiale verso il TX, come si può notare non è stata adottata la stessa soluzione, in condizioni di riposo (relè non alimentato) la linea non è bypassata verso massa ma resta semplicemente aperta.

Durante il collaudo ho notato che con questa configurazione a Controller spento, si ottiene una maggiore attenuazione sui forti segnali locali. Il presente stadio è senza dubbio il circuito più importante dell'intero sistema, dalla costruzione e soprattutto dalla componen-tistica utilizzata dipendono il 90% dei risultati altamente profession-ali auspicati ed ottenuti, verificati dal punto di vista strumentale.

Strumentazione professionale da laboratorio utilizzata per i test:

Network Analyzer HP, RF Signal Generator Boonton, Electronic Multimeter Simpson, SWR Bridge S&R, Impedance Meter HP, FT-897D, Heathkit SB-220, massima potenza RF impiegata 1.2KW key-down, tutto gentilmente offerto a suo tempo da Carlo I2BKF (s.k.).

Da premettere comunque che le prerogative dei relè e questo tipo di costruzione, assicurano tranquillamente portate notevolmente su-  
periori! I risultati conseguiti dai test possono così essere riepilogati:  
Perdita inserzione 0,2 dB a 60 MHz, Impedenza costante 50 Ohm, Return-Loss, SWR ampiamente secondo normative, anche dopo molti minuti di transito della massima potenza RF, esiti perfettamen-  
te uniformati per la intera gamma HF ed anche oltre.

Eccellente attenuazione, un segnale da 50uV a 14MHz ricavato dal generatore Boonton (determinava S9 sullo SMeter del transceiver FT897D connesso), agendo sul pulsante RST del Controller, quindi escludendo il relè interessato, scendeva drasticamente a livello 0 per lo SMeter, restando a stento percettibile sul sottofondo audio. Se invece veniva spento il Controller interrompendo di conseguen-za la connessione del cavo coassiale, il segnale non era più presen-  
te, spariva totalmente !

Dispiace non poter presentar rilievi strumentali dei risultati, al tempo non ho valutato sarebbero stati utili successivamente a questo fine. Importantissimo per ottenere questi requisiti sono le connessioni dei vari relè che devono essere realizzate nella misura più corta, raccol-  
ta ed uniformata possibile. Per questo prototipo sono stati impiegati sezioni di rame argentato pieno da 3mm circa di diametro, che cor-  
rispondono come caratteristiche ad un cavo AWG 9 (6.6 mm<sup>2</sup>).

Per la linea generale di massa e polo caldo invece è stato utilizzata una piattina in rame argentato larga 8mm spessore 2mm.

Molto importante è l'isolamento (visto le potenze in giogo), del tratto di cavo in rame argentato che dal reoforo del relè raggiunge il connettore N disposto sul pannello inferiore del contenitore.

Per questo prototipo è stato utilizzato un tondo in teflon da 10mm di diametro forato 3.5mm; tra le due piattine (connessioni di massa e polo caldo) è stato inserito un rettangolo di teflon 30x150x2mm.

Come box contenitore è stato utilizzato una cassetta in pressofusione "ILME" mod. APX14 (168x192x80mm); anche il connettore stagno con leva di aggancio a scatto, posizionato su di un lato della cassetta è un prodotto ILME (vedi riferimenti).



## ALLUMINUM CASTING BOX & CONNECTOR

### Osservazioni finali

Come è facilmente rilevabile dagli schemi elettrici e dalla costruzione pratica dei vari stadi, si nota un copioso ricorso a diversi tipi di ferriti, (come choke di nodo comune) applicate in punti strategici quali: alimentazioni, componenti (reofori transistor e IC stabilizzatori), flat cable, cavi interconnessione in uscita dal Controller ecc.

Questa azione preventiva insieme alla schermatura dello stadio logica microcontrollore ed interfaccia, hanno eliminato tutte quelle fastidiose problematiche notate durante il collaudo, (per esempio sfarfallio del display, interferenze sul funzionamento del microcontrollore PIC ecc), tutte instabilità determinate dal forte campo RF creato.



## FERRITES USED IN THE PROJECT

Vorrei segnalare un'ultima nota a chi intende cimentarsi con qualcosa di simile, dove è richiesta questa tipologia di relè.

L'alimentazione generalmente è 26.5 Vdc, consiglio sicuramente di regolare l'uscita dell'alimentatore utilizzato con qualche frazione di volt in più (27-28Vdc), questo per sopperire alle cadute di tensione che inevitabilmente avremo sulla bobina del relè.

Le cause sono quasi sempre da attribuire alla lunghezza e alla sezione del cavo d'interconnessione tra Controller e lo Switch-Box.

E' preferibile alimentare la bobina di questi relè, sempre con la tensione nominale o con qualche frazione di volt in più, per ottenere una chiusura dei contatti stabile e persistente.

Dobbiamo sempre tenere presente che da questi contatti transitano grosse potenze RF con tensioni elevatissime, contatti laschi andrebbero incontro a sicura usura, determinata da scintillii impercettibili che potrebbero generarsi anche in ambito di sottovuoto.

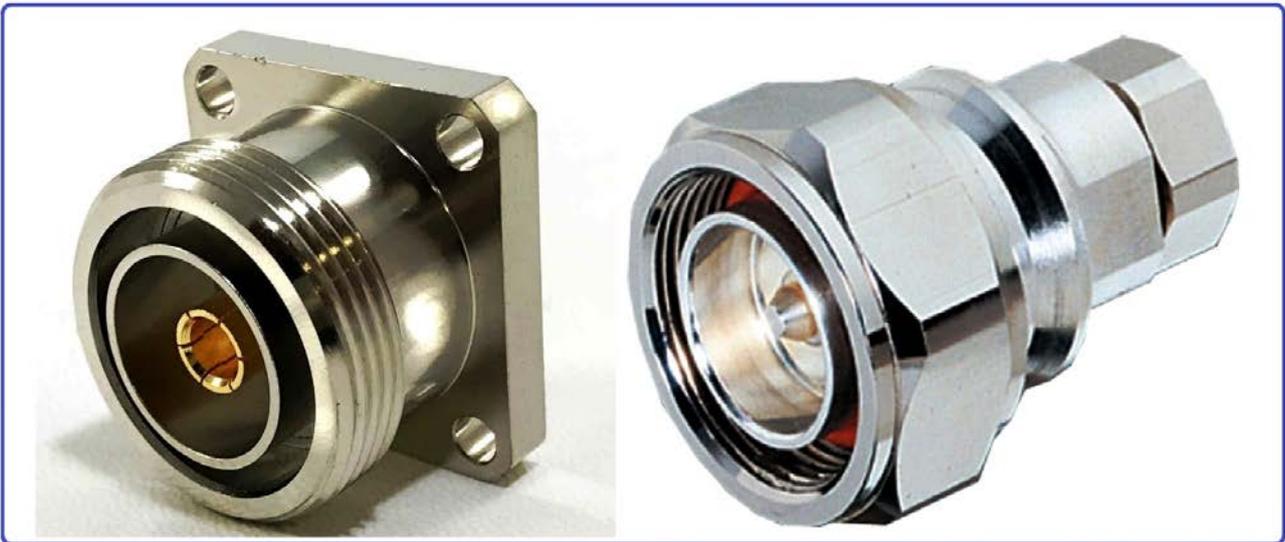
A prevenire dubbi e contestazioni che qualcuno ha già espresso in modo preconcetto, con riferimento alle caratteristiche preannunciate nell'articolo di cui sopra. Mi sono state notificate perplessità sulla reale portata dei connettori "N" in merito alle alte potenze RF.

Vorrei semplicemente replicare chiedendo qual è per chi si è posto il problema, l'unità di riferimento per il termine: "alta potenza RF" !



**MAYBE THIS ?**

Certamente se si è assuefatti nel considerare potenza ordinaria il ricorrere ad amplificatori con paralleli o ground-grid di valvole tipo: 8877, FU728F, GU78B, GU84B, 3CX3000A7, 4CX3000A, sino ad arrivare a parossismi di tipologia 1x4CX5000A, 1xYC-179, 1x4CX10000D allora posso anche capire, per potenze ordinarie conformi alle direttive IARU, non sussistono assolutamente problemi di sorta. Comunque a tutto c'è una soluzione è solo questione di scelte e soprattutto di costi, posso in ogni caso consigliare chi manifesta perplessità, l'adozione di connettori 7/16" e dormire sonni tranquilli !



**7/16" COAXIAL CONNECTOR FOR VERY HIGH RF POWER**

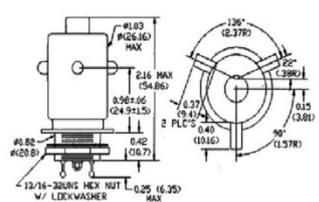
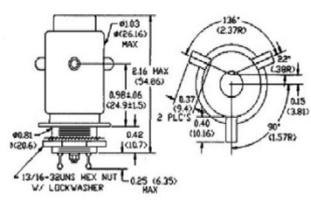
Model Number	RJ2B	RJ2C	RJ6B*	RJ4B
Test Voltage (kV Peak) 60 Hz	15	15		15
Rated Operating Voltage (kV Peak)				
DC or 60 Hz	12	12		12
2.5 MHz	10	10		10
16 MHz	8	8		8
32 MHz	6	6		6
Continuous Current, Carry (Amps, RMS)				
DC or 60 Hz	50	50		50
2.5 MHz	30	30		30
16 MHz	17	17		17
32 MHz	10	10		10
Contact Capacitance (pF)				
Between Open Contacts	.5	.5		.5
Open Contacts to Ground	1.0	1.0		1.0
Contact Resistance (mΩ)	12	12		12
Operate Time (ms. Max.)	18	18		18
Release Time (ms. Max.)	9	9		9
Pull-in Voltage @ 25° C				
26.5 VDC Coil	16	16		16
Dropout Voltage @ -55 to 125° C				
26.5 VDC Coil	1-10	1-10		1-10
Coil Resistance (Ohms ± 10%)				
26.5 VDC Coil	270	270		270
Shock, 1/2 Sine 11 ms. (Peak g's)	50	50		50
Vibration, Peak g's 55-600 Hz	10	10		10
Expected Mechanical Life Cycles (X10 <sup>6</sup> )	5, 25*	1		5, 25*
Weight, Ounces (Grams) Max.	3 (85)	3 (85)		3 (85)
<b>OPTIONAL COILS</b>				
	12 Vdc	115 Vdc		
Model Number	Coil Resistance (Ohms ± 10%)			
RJ2B	72.5	3700		
RJ2C	72.5	3700		



- **RJ2B-26S**  
Ceramic replacement for RB1D series. Ceramic envelope allows higher current ratings. Solder terminals accept 8 ga. wire.
- **RJ2C-26S**  
Flange mount version of RJ2B.
- **RJ6B-26S**  
Long-life version of RJ2B, 25 X 10<sup>6</sup>.



- **RJ4B-26N**  
Ceramic replacement for RB1D series. Ceramic envelope allows higher current ratings. Thread mount, solder terminals accept 8 ga. wire.



**RELAY RJ4B-26N OR RJ2B-26S CHARACTERISTICS**



### ALTERNATIVE VACUUM RELAY SIEMENS VR421

Il relè sottovuoto RJ4B-26N Jennings non è un relè di facilissima reperibilità sul mercato Europeo, consiglio di visitare questo sito Olandese sempre ottimamente fornito: [info@elektrodump.nl](mailto:info@elektrodump.nl)  
In alternativa è possibile ricorrere ai certamente più comuni, anche se meno performanti degli RJ4B Jennings: “Siemens VR421”.  
Questi relè sono reperibili presso Luca IK5HHA [ik5hha@gmail.com](mailto:ik5hha@gmail.com)

Il primo approccio e la susseguente realizzazione di questo progetto come precedentemente accennato, risale a qualche anno fa. Non è stato da me considerato nel tempo meritorio di eventuale pubblicazione, solamente perché ritenevo il circuito molto articolato e complesso da spiegare, senza cadere in tecnicismi colmi di termini e locuzioni tecniche, difficilmente alla portata di tutti. Approfittando dell'esplicita richiesta ricevuta, ho rivisto e rielaborate tutte le note che custodivo, spero solamente di aver trovato il modo più semplice ed intuitivo possibile nell'illustrare in tutta la sua estensione, quanto realizzato.

Vorrei infine ricordare per la preziosa collaborazione a suo tempo offerta: Paolo IK2YYQ, Marco IW2FSK, Carlo I2BKF(s.k.), Cristiano IK2UWR.



I2WOQ Carmelo



**SWITCH BOX IN COMBAT POSITION**

[carmelo.montalbetti@gmail.com](mailto:carmelo.montalbetti@gmail.com)