

LDMOS Amplificatori per i 23cm con MRFE6S9160 da 500W e 1000W

Progetto F5JWF

Realizzazione Ik3ghy - Ik3hhg - Iu3cqp - Iz3vth

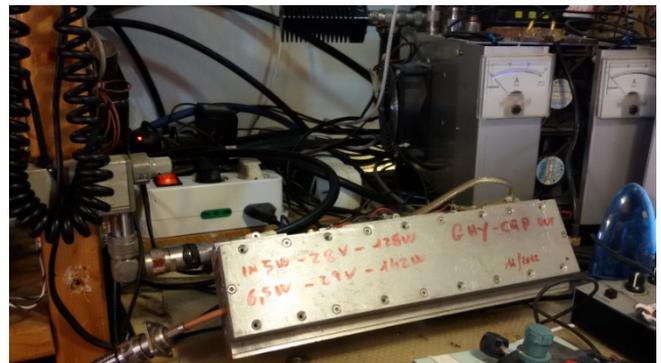
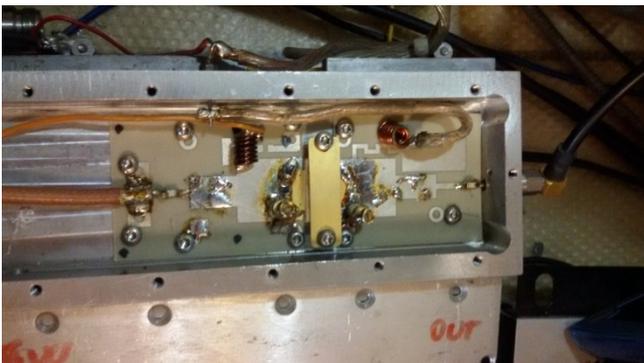
Introduzione

Durante le varie realizzazioni dei nostri amplificatori a stato solido per i 23cm nel 2012 Manuel Iu3cqp ha progettato un amplificatore con un MRFE6S9160 che è poi servito come driver dell'amplificatore di potenza da 500W che avevamo già progettato e costruito qualche mese prima con 8 x MRF286 .

http://www.ik3ghy.it/8_mrf.html

Risultato del primo amplificatore con singolo MRFE6S9160 (2012)

Dopo alcune prove e adattamenti il risultato fu praticamente immediato dato che si sono ottenuti in compressione 140W con 6W di pilotaggio con una tensione di 29V al Mosfet e un consumo di corrente di poco superiore a 11A per un rendimento prossimo al 43% .



Test amplificatori con 1 e con 2 x MRFE6S9160 (2012)

Dopo aver costruito 3 amplificatori a singolo modulo con risultati simili al primo prototipo si sono fatte varie prove accoppiando 2 moduli in unico stampato con ibrido in ingresso e in uscita ma con risultati a dir poco mediocri , un esemplare doppio non superava i 150W mentre il secondo raggiungeva a fatica i 170W .

Visti i scarsi risultati ottenuti con i doppi moduli gli esperimenti sono stati abbandonati per qualche anno.

DF9IC Test e risultati

Nel 2014 Henning pubblicò un lavoro molto ben fatto con i risultati dei suoi amplificatori per i 1296 Mhz con moduli singolo Mosfets e doppio Mosfets con gli MRFE6S9160 dove si vedevano gli ottimi risultati ottenuti, 150/160W per un singolo modulo e 280 /300W per un doppio modulo a 28 V.

http://www.df9ic.de/doc/2015/mmrt_2015/mmrt_2015_1296MHz_PAs.pdf

Nostri Test con moduli tipo DF9IC (2015)

Quanto pubblicato da Henning sollecitò la voglia di riprovare e quindi abbiamo stampato e assemblato un amplificatore singolo modulo e uno con doppio modulo tipo DF9IC . I risultati con il singolo modulo sono stati facilmente replicati dato che si sono ottenuti 140W a 28V con 5 W di pilotaggio mentre con il doppio modulo ancora nulla, non siamo riusciti a salire sopra i 180W in compressione con 12W di pilotaggio pur sfruttando tutta la nostra esperienza . Risultati simili sono stati ottenuti e pubblicati anche da Roberto Iz4beh nelle sue costruzioni .

http://www.iz4beh.net/SSPA_23.html

Nuovo progetto con 4 x MRFE6S9160 di F5JWF

Alla fine del 2015 Philippe F5JWF pubblico un amplificatore per i 23 cm di sua progettazione con 4 x MRFE6S9160 in singola scheda (praticamente come avevamo fatto noi con gli MRF286) con il quale dichiarava di aver ottenuto abbastanza agevolmente potenze superiori ai 500W . http://f5jwf.free.fr/PA_23cm_500W.htm

La nuova scelta

Dopo aver studiato le pubblicazioni di Philippe F5JWF ed aver appreso che aveva a disposizione alcune schede del suo amplificatore con 4 Mosfets MRFE6S9160 fatte in modo professionale durante una riunione congiunta tra Ik3ghy Giorgio, Ik3hhg Francesco e Iu3cqp Manuel si è deciso di chiedere a Philippe 3 delle sue schede in RO4003 dato che anche visivamente ci sembravano ben fatte.

La costruzione meccanica

Ricevute le schede da Philippe e acquistati i materiali necessari, a Gennaio 2016 nel suo laboratorio Frank Ik3hhg assieme a Giorgio Ik3ghy iniziarono la costruzione del primo amplificatore predisponendo la parte meccanica, i radiatori, le piastre in rame su cui saldare i dispositivi continuando con le forature, le filettature, la fresatura della cava x i Mosfets, ecc.



Dopo una settimana d'intenso lavoro sono state realizzate tutte le parti meccaniche di tutti e 3 gli amplificatori e si è passati all'assemblaggio del primo di questi montando le schede di ingresso e uscita con le polarizzazioni, gli ATC, le resistenze di carico ecc.

Successivamente Frank Ik3hhg ha deciso di eseguire in maniera pericolosa ma veloce la saldatura alla brace dei Mosfets direttamente con fiamma ossiacetilenica che scaldava la piastra in rame usando la pasta saldante a 140 gradi di fusione. Alla fine

il risultato è stato ottimo ed efficiente senza aver avuto problemi nella saldatura di tutte e 3 le schede più 2 driver per un totale di 16 Mosfets compresi i 2 sostituiti per rottura .



https://www.youtube.com/watch?v=V_zXBT5locM

Fatto questo si è provveduto all'assemblaggio di tutto l'amplificatore dedicando particolare cura alle viti di fissaggio dello stampato , al radiatore e alla piastra di rame per un ottimo contatto di massa e all'accoppiamento delle schede ai Mosfets.

Philippe su questo amplificatore ha fatto un buon lavoro per la predisposizione della taratura delle polarizzazioni in quanto ogni singolo Mosfet viene polarizzato indipendentemente con una corrente di BIAS di 1,3 A a 28V.

Primo P.A. Singola scheda test RF - Ik3hhg

Si è cominciato con 1 W in ingresso a 24V uscivano poco più di 30 W , Funziona !

Aumentando il pilotaggio la potenza in uscita aumentava ma non in maniera proporzionale alla potenza di ingresso e questo denunciava già dei problemi dato che con 10 W di pilotaggio uscivano solo 150W . Con la sua esperienza e bravura (bisogna vederlo lavorare) Frank Ik3hhg ha capito velocemente che c'era una fuga di RF verso massa sulla parte sinistra dell'amplificatore ossia sul ponte che portava i 28V dalla scheda di uscita a quella in entrata per la polarizzazione del BIAS dei dispositivi, cosa risolta con maestria da Frank con il posizionamento di alcuni condensatori SMD verso massa .



A questo punto con 10 W di pilotaggio a 28V ne uscivano 300 di W senza ancora ottimizzare gli ATC in uscita e in ingresso.

Posizionata la potenza OUT a 200W si è sperimentalmente con molta pazienza spostato uno ad uno e più volte gli ATC di accordo nella linea di uscita cercando la miglior ottimizzazione per ottenere la massima potenza .

Primo P.A. singola scheda risultati finali - Ik3hhg

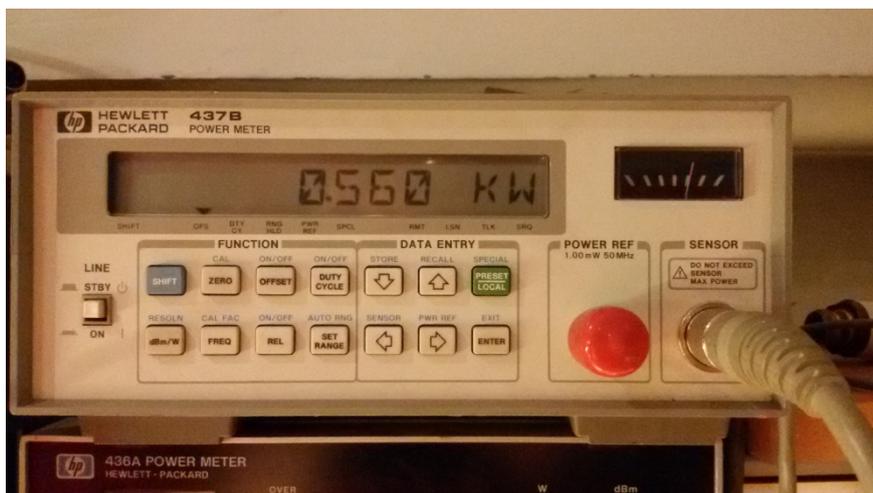
L'amplificatore con 20W in ingresso e con una corrente assorbita di 44 A alla tensione di 28,5V ai Mosfets eroga una potenza massima di 560W.

Questo amplificatore si comporta molto bene come stabilità e pulizia spettrale fino a 500W in ssb e lo abbiamo anche testato in FM per 1 minuto a 300W di uscita con una deriva inferiore al 10% . Abbiamo per prova pilotato l'amplificatore con 24W in ingresso e 30 V ai Mosfets sotto carico ottenendo agevolmente 600W in compressione spinta.

Come si vede nelle foto questo primo amplificatore è stato pilotato con un driver costruito sempre con un MRFE6S9160 su disegno di DF9IC e quindi bastano 500 Mw in ingresso del sistema per arrivare alla piena potenza di uscita .

La generosa piastra dissipatrice in alluminio ex amplificatore TV è raffreddata con 4 ventole che girano in parallelo a 12V quando si è in ricezione e a 28V quando si passa in trasmissione .

<https://www.youtube.com/watch?v=7OHfpGVSpGQ>



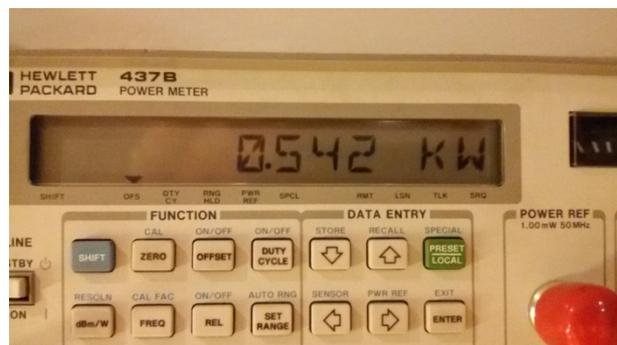
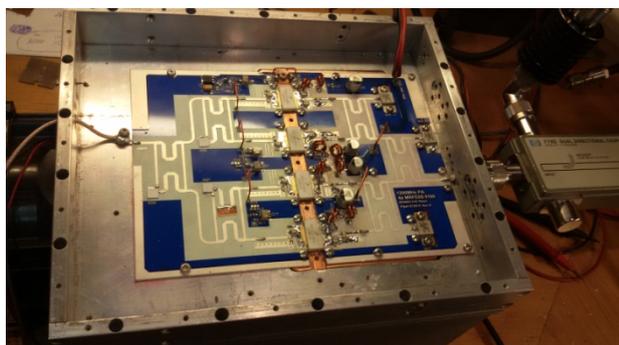
Primo P.A. singola scheda di Ik3hhg test in Contest

L'amplificatore singola scheda con 4 X MRFE6S9160 di Frank lavora già da qualche mese con 480W in SSB/CW il tutto attaccato dietro alla sua parabola da 2 metri con ottime soddisfazioni e senza aver notato nessun tipo di problema. Con questa potenza l'amplificatore presenta una buona linearità.

Frank con questo amplificatore e la sua parabola da 200 cm in polarizzazione lineare ha fatto il suo primo QSO EME SSB in 23cm collegando HB9Q.

Secondo P.A. singola scheda assemblaggio e risultati finali - Ik3ghy

Forti del risultato e dell'esperienza fatta con la prima scheda Frank Ik3hhg e Giorgio Ik3ghy hanno assemblato in un paio di giorni il secondo amplificatore il quale in pratica si comporta come il primo, con 20 W di pilotaggio arriva a 540W dopo l'ottimizzazione degli ATC in ingresso e uscita, con 24W in ingresso a 30V ai Mosfets si sfiorano i 600 W.

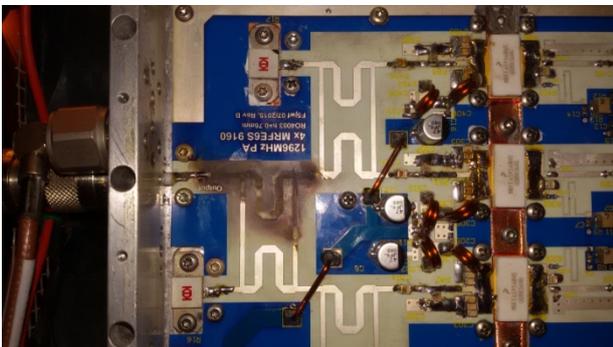


Terzo P.A. singola scheda preparativi - Ik3ghy

Si è dovuto aspettare la seconda partita di Mosfets dato che ne avevamo acquistati solo 10 la prima volta , questi sono arrivati dopo 20 giorni e nel frattempo abbiamo preparato la nostra ultima scheda.

Il disastro !

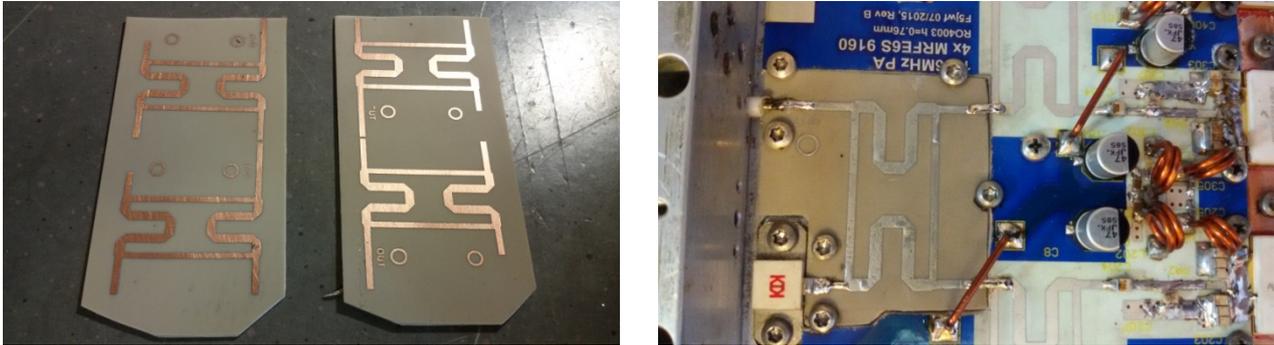
Ultimato l'assemblaggio questa terza scheda ha evidenziato da subito problemi con risultati inferiori ai 2 precedenti amplificatori con la rottura di 2 Mosfets e con l'esplosione dell'ultimo anello ibrido in uscita dell'amplificatore e questo con solo 350W in uscita , non è stato possibile da parte nostra identificare la causa certa della rottura dell'anello ibrido mentre per i Mosfets crediamo che uno fosse già difettoso come a volte succede con questi componenti mentre il secondo ci ha lasciato nel bel mezzo delle tarature finali per la ricerca della massima potenza in uscita con gran lavoro di smontaggio schede e dissaldatura dei 2 dispositivi per le sostituzioni.



La riparazione

Manuel lu3cqp il progettista del gruppo ha prontamente stampato e realizzato quattro nuovi anelli ibridi (possono sempre servire) su substrato Arlon 25 il più compatibile al RO 4003 che non riusciamo a trovare in piccole pezzature .

Abbiamo quindi sostituito l'anello ibrido distrutto incidendo ed asportando un pezzo del circuito bruciato lasciando tutti i componenti montati e infine con un lavoro di precisione abbiamo riparato il circuito inserendo un pezzo di stampato con il nuovo anello ibrido .



Terzo P.A. singola scheda risultati finali - Ik3ghy

Risistemato il tutto in questa terza scheda con molta calma siamo saliti fino a 20 W di pilotaggio ottenendo in uscita una potenza di 480W e purtroppo questo amplificatore non vuole saperne di salire di più tanto che pure il consumo di corrente non sale ed è inferiore ai primi 2 esemplari .

Con 30 V ai Mosfets sotto carico questo terzo amplificatore eroga poco più di 500W .

La considerazione è che probabilmente questa ultima partita di Mosfets , o almeno alcuni di questi , non sia performante come quella precedente, la ditta fornitrice dichiara i Mosfets ricondizionati e quindi tutto è possibile anche che qualche elemento interno di qualche Mosfets fosse danneggiato dato che questi componenti sono di fatto più Mosfets accoppiati già al loro interno .

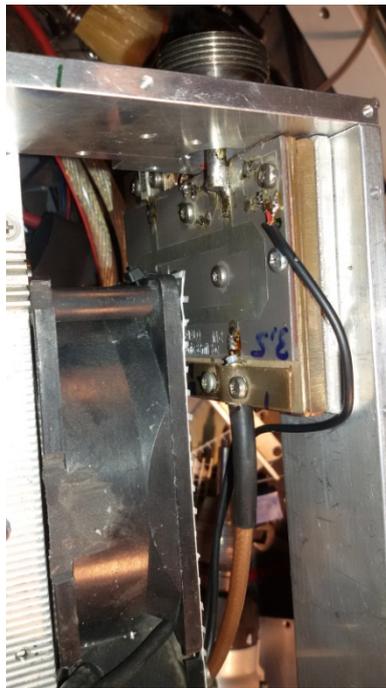
Cosa abbiamo voluto provare ????

Accoppiare il secondo P.A. e il terzo P.A. per cercare di ottenere quello che ha dichiarato Henning DF9IC con 8 x MRFE6S9160

La preparazione del doppio P.A. con 8 x MRFE6S9160

Sono state fatte diverse prove e misure sulle singole schede , sugli anelli ibridi e sui cavi di collegamento RF con i strumenti in laboratorio da Ik3hhg .

Alessandro IZ3VTH ha nel frattempo realizzato la scheda controllo Relays per la gestione della doppia velocità delle ventole , del circuito PTT e del BIAS , per la gestione dei strumenti di lettura delle correnti con relativi Shunt , della potenza di Ingresso , della potenza di uscita e della lettura della tensione.



Come anello Ibrido in ingresso è stato usato un vecchio recupero costruito da Manuel Iu3cqp su FR4 mentre in uscita si sono fatte prove con diversi anelli ibridi di potenza, sia metallici in aria sia con supporto in substrato, alla fine visto che supportava bene la potenza in gioco e aveva già inserito l'accoppiatore direzionale per la lettura della potenza in uscita per comodità e ingombro si è scelto un anello ibrido in Taconic con piste in rame da 2 OZ che avevamo già a disposizione da tempo dichiarato per la potenza di 1 KW da Ve1alq .

Test preliminari doppio P.A. con 8 x MRFE6S9160

Una volta Assemblato e verificato bene che tutto fosse in ordine abbiamo dato RF aumentando progressivamente la potenza in ingresso ma già con solo 25 W di

pilotaggio un solo alimentatore da 71 A non riusciva a tenere la tensione di 28V complice il fatto che abbiamo anche il pilota ed i servizi sotto la stessa alimentazione , abbassando il driver a 20W e con 28V ai Mosfets con le sole 2 schede in parallelo che consumavano 63 A si ottenevano 740W , non male .

Risultati finali doppio P.A. con 8 x MRFE6S9160

Qualche giorno dopo sempre nel laboratorio di Frank Ik3hhg abbiamo predisposto il banco di alimentazione composto da 2 alimentatori Ascom 3000W modificati per avere i 28,5V a vuoto con 71 A per ogni P.A. per un totale disponibile di oltre 140 A.

Mentre il banco di misura R.F. è costituito da un accoppiatore direzionale della Kathrein da 29.58 Db , da un direzionale della Andrew da 19.9 db e da un direzionale della HP 778D da 20 Db tutti e tre sono stati verificati e calibrati per i 23cm con i quali sono stati usati vari bolometri , HP 345A , 436A , 437B con testine e attenuatori dedicati , inoltre è stato usato un analizzatore di spettro Agilent E4408B per controllare l'emissione mentre come carichi fittizi si sono usati un Bird da 300W , un carico fittizio della Diconex da 600W continui e un carico surplus televisivo da 1500W continui .

Un po' emozionati e anche preoccupati abbiamo iniziato con tutta calma a salire con la potenza di pilotaggio per verificare se tutto andava bene fino a quando abbiamo ottenuto la potenza già raggiunta nel test preliminare di 700W .

A questo punto si è deciso di aumentare il pilotaggio progressivamente fino a 40W complessivi ossia 20 W per scheda al lordo delle perdite di inserzione nell'ibrido di ingresso , potenza di 40W che non è altro che la somma dei 20W + 20W usati per testare le 2 schede singolarmente.

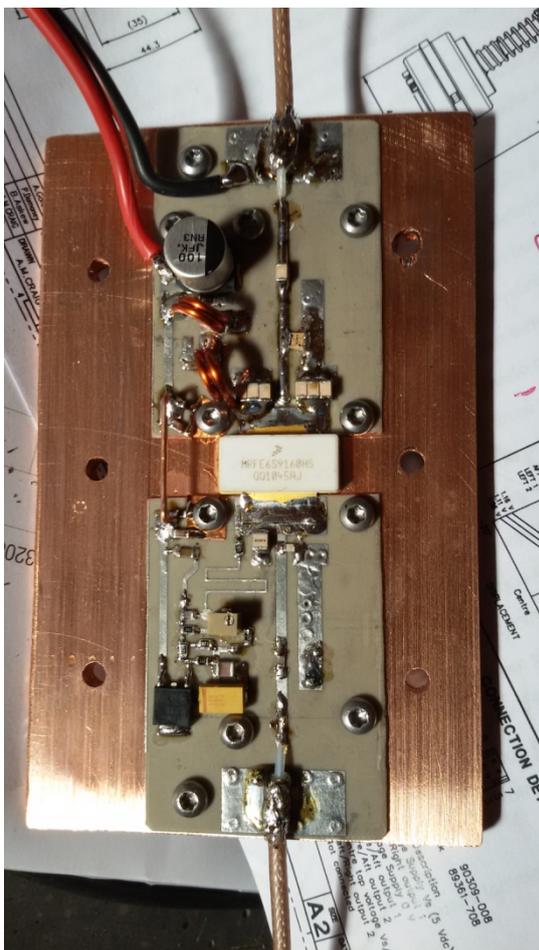
Con 40 W in ingresso avendo ai Mosfets una tensione di 28V e una corrente di 79 A assorbita dalle sole 2 schede del doppio amplificatore la potenza in uscita risulta essere di 930W sul direzionale della Kathrein e bolometro HP 437B mentre è di 895W misurati con direzionale della Andrew e bolometro HP 435A comodo per la

lettura immediata . Per ottenere 900W al connettore 7/16 di uscita si consumano quasi 2200W di potenza totale dei quali 1300W sene vanno in calore con un rendimento dell'amplificatore del 41%. Con questa potenza di uscita l'amplificatore da qualche segno di deriva termica .

Cercando il Kilowatt

Per facilitarne l'uso abbiamo messo sullo stesso raffreddatore anche un amplificatore pilota con un singolo MRFE6S9160 estrapolato dal Progetto di F5JWF e riprodotto su Arlon 25 da Manuel iu3cqp ,come si vede in foto questo Mosfets è stato montato in superficie senza creare la cava di alloggio nel supporto di rame.

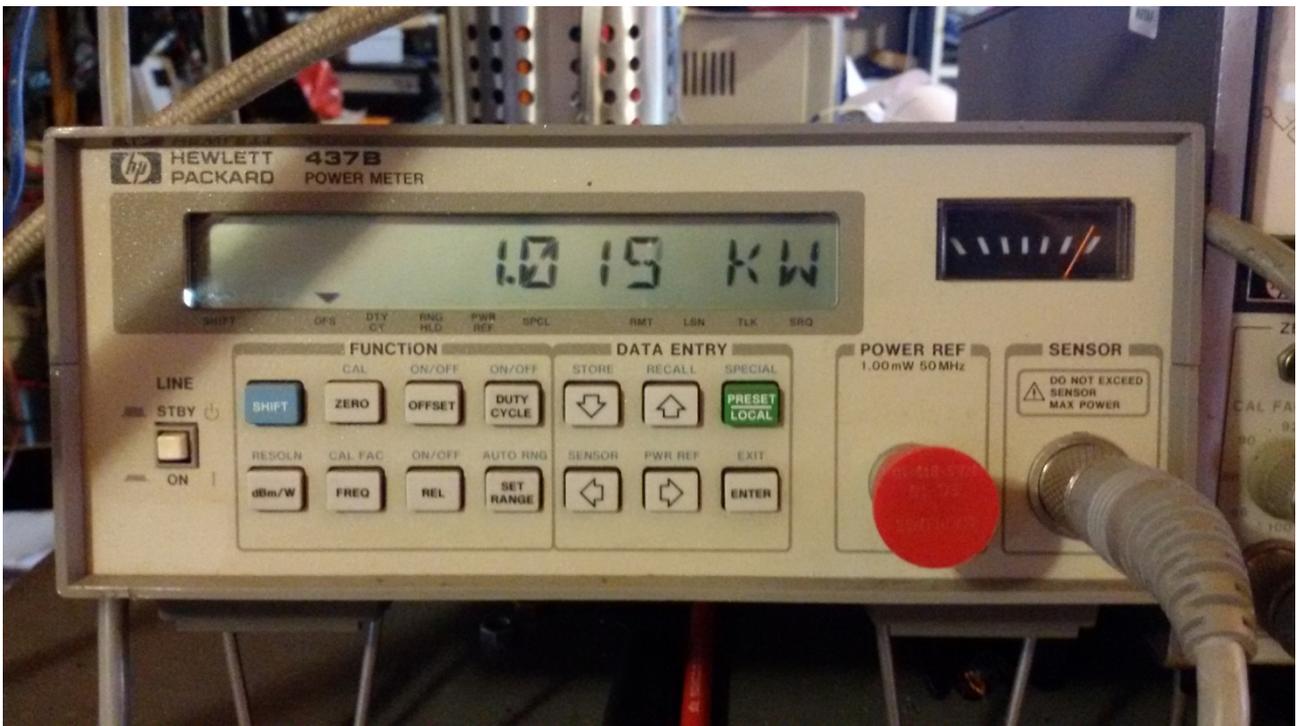
L'ausilio di questo driver ci ha permesso con 2W di pilotaggio di ottenere i 50 W alla sua uscita necessari per portare in compressione tutto il sistema . Normalmente con solo 1 W in ingresso si ottengono agevolmente più di 750W in uscita.



Nel test di compressione spinta con 50W all'anello ibrido divisore di ingresso delle 2 schede e con una corrente totale assorbita dai 2 amplificatori più il driver e servizi di oltre 90 A aumentando la tensione sotto carico fino a 30 V ai Mosfets abbiamo ottenuto letture di 1.035 W al connettore 7/16 di uscita. Ci siamo riusciti .

Con questa potenza il doppio amplificatore comincia ad avere segni importanti di deriva termica che ne fanno sconsigliare l'uso intensivo . Probabilmente con questi livelli di potenza diventa importante utilizzare un raffreddamento a liquido come fatto da Filippo F5JFW nel suo amplificatore da 500W in modo da avere un volano termico migliore nella dispersione della temperatura in eccesso.

Come per tutti i nostri amplificatori lineari anche con questo doppio amplificatore abbiamo fatto prove di utilizzo intensivo ma senza forzare la potenza al massimo , questo ci permette di avere una buona linearità e minima deriva con 750/800W in ssb/cw a 1 DB sotto la sua massima potenza di uscita . Si sono fatti anche test con 500W in JT65 ossia 3 db sotto la massima potenza erogabile da questo doppio amplificatore e dopo un minuto di TX la potenza in uscita scende di poco più di mezzo DB e l'amplificatore continua a lavorare in maniera regolare.



Il raffreddamento

E' garantito da un monoblocco di alluminio ex amplificatore TV con 2 scompartimenti esterni indipendenti e raffreddatore alettato a tunnel centrale . La parte ventilazione è composta da 6 ventole a 28V , più una per il driver , che a riposo lavorano a coppie di 2 in serie per dimezzare la tensione e diminuire il rumore in ambiente mentre quando si passa in TX le ventole vengono alimentate in parallelo e quindi tutte e 6 a 28V lavorando così a piena potenza.

Amplificatore doppia scheda di Ik3ghy test in Contest

Finiti i collaudi questo doppio amplificatore con 8x MRFE6S9169 è stato testato in Contest con 750 W in uscita SSB/CW senza notare nessun tipo di problema .

Sono state anche fatte prove di eco EME a piena potenza (1 KW) con una parabola da 240 cm e polarizzazione lineare dove nelle migliori condizioni si sono potuti ascoltare gli echi di ritorno in CW.

Considerazioni finali

L'amplificatore progettato da Filippe F5JFW è un buon prodotto , certamente una costruzione per chi ha già una discreta esperienza perché non di semplicissima realizzazione e allineamento tenendo conto anche delle importanti correnti in gioco e dalla elevata potenza in uscita.

In particolare si devono modificare dei valori dei resistori nei circuiti di polarizzazione per poter iniziare con una tensione di Bias inferiore altrimenti si rischia di avere già oltre 1 Ampere di corrente di polarizzazione in partenza.

Altro problema da noi riscontrato su tutte e 3 le schede sono state delle fughe di RF verso massa dal lato ponte tra la scheda di uscita e quella di ingresso .

Quello che riteniamo incerto e non controllabile è il rendimento dei Mosfets dato che da più parti si sente parlare di notevoli diversità anche tra componenti della stessa partita con amplificatori mono Mosfet che danno 110/120 W max e altri che arrivano agevolmente a 150/160W con differenze anche superiori al DB. Abbiamo anche trovato un componente che sembrava polarizzare regolarmente dato che con 2,6V di Bias assorbiva 1,2 A ma che poi non amplificava nulla quando si iniettava RF .

Siamo molto soddisfatti di essere riusciti a ottenere come potenza di uscita i 500/600W in SSB/CW come dichiarato da Filippo F5JFW con l'amplificatore singola scheda da 4 mosfets e quanto ottenuto da Henning DF9IC con 8 x MRFE6S9160 ossia 900/1000W in SSB/CW con l'amplificatore a doppia scheda.

Grazie per la lettura

Giorgio Ik3ghy , Francesco Ik3hhg, Manuel Iu3cqp ,Ale Iz3vth

Venezia 02 Maggio 2016