

ALIMENTATORE PER TENSIONE ANODICA REGOLATA

RIFERIMENTI

<i>Genere</i>	<i>DATA</i>	<i>Generalità</i>	<i>Note</i>	<i>Distribuzione</i>
<i>Radio</i>	<i>Febbraio 2019</i>	<i>Note su alimentatore HV regolato</i>	<i>Rev2</i>	<i>Agz, web</i>

GENERALITA'

Mi è capitata fra le mani una stazione WS19mkIII senza alimentatore. Ho così dovuto arrangiarmi per alimentarla in via provvisoria. Per i filamenti ho utilizzato l'alimentatore di stazione che ha grande capacità di corrente a 12V, mentre per l'anodica HT1 (275V) ho costruito in breve tempo un alimentatore, utilizzando componenti che ho in laboratorio. È nato un alimentatore generico che può essere anche usato per prove su apparati a valvole.

Poiché è venuto un po' brutto l'ho battezzato "SKIF". Fa "bella mostra" vicino a suo cugino detto "PITUITOSUS" perché ronza un po'.



Figura 1

Il contenitore è un alimentatore da personal computer già scartato perché rotto, e riutilizzato per scatola, ventilatore, presa e interruttore, nonché per l'esistente filtro di rete anti-disturbo. Il trasformatore è anch'esso un recupero da una radio anni '50 smontata in gioventù.

La tensione anodica in uscita può essere regolata con un trimmer tra 200 e 280 Volt. Ho provato il carico e è stabile a 280V fino a 110 mA. Con carico maggiore la tensione cala ai capi del trasformatore e la variazione si ripercuote sull'uscita.

Nel 2019 si è guastato, alimentando un finalino a valvola (qrp) che è andato in auto-oscillazione. Non avendo previsto un filtraggio efficace per la radio frequenza essa è rientrata nel regolatore con il risultato di arco tra punti delle piste del circuito.

Vari i componenti bruciati. A seguito di ciò ho rifatto la piastrina del regolatore, riducendo la limitazione di corrente a 60 mA e aggiungendo protezioni.

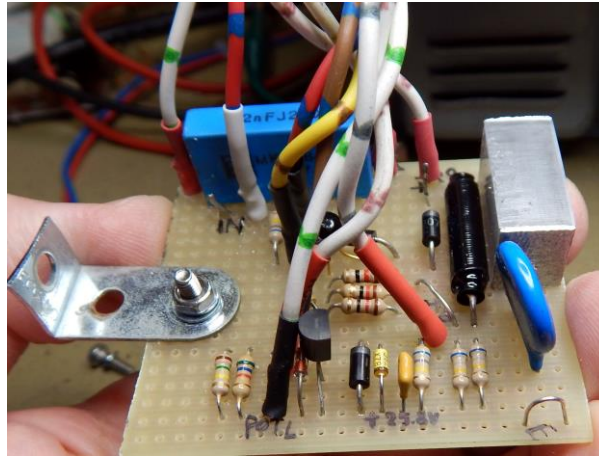


Figura 2

Ho aggiunto anche un potenziometro con manopola esterna per la regolazione tensione di uscita. In precedenza l'accesso al trimmer di regolazione era difficoltoso.

Ho anche unito a questo documento il testo delle note sul funzionamento.

SCHEMA ELETTRICO

Lo schema elettrico è in fondo a questa nota. Ecco una descrizione.

La rete in ingresso può essere diversa dal 230 sfruttando le prese esistenti sul trasformatore. Ho utilizzato una coppia di connettori CANNON a 9 pin per attestare le prese del primari, eventualmente una saldatura è una procedura non troppo rapida ma funzionale per usarlo con un'altra tensione.



Figura 3

L'anodica viene alimentata dal secondario principale, con presa centrale e rettificatore a doppia semionda. Il condensatore elettrolitico di filtro è recupero da un alimentatore SWITCHING.

Il regolatore è ormai per me convenzionale, già utilizzato più volte. Ho ricalcolato il partitore per regolare la tensione in uscita e selezionato un MOSFET di potenza che resistesse con facilità alla tensione che va fino a 450 Volt in ingresso. Ho usato il MOSFET FQA9N90 che può lavorare fino a 1200 Volt. Il transistor essenziale è il piccolo MOSFET VN450, che si trova dalla TEKKNA.

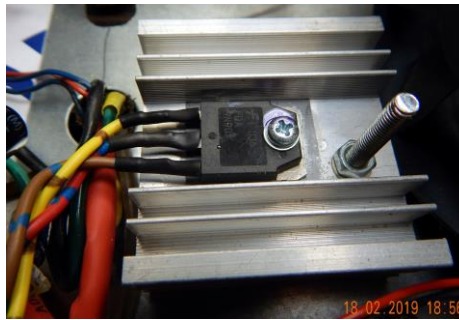


Figura 4

Il partitore utilizza resistenze di valore standard in serie per centrare i valori di uscita voluti.

Il trasformatore ha un secondario da 6.3 Volt che è portato al connettore di uscita per uso generico, ed è utilizzato anche con un rettificatore duplicatore per generare un 12V per il ventilatore. In realtà del ventilatore non ce ne sarebbe veramente necessità, ma la conformazione del contenitore è tale che conviene lasciarlo in sito, e quindi l'ho alimentato.

C'è anche un secondario che serviva per la rettificatrice, da 5 Volt, che ho portato in uscita.

COSTRUZIONE

Il regolatore, nelle foto successive si vede in fase di prova su breadboard e finito, è montato su un piastrino di vetronite pre-forata. Il finale di potenza è montato isolato su dissipatore davanti al ventilatore.

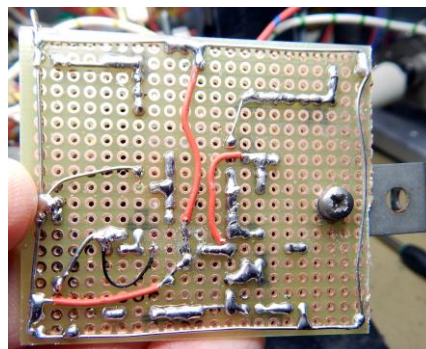


Figura 5

Il trasformatore è di recupero, per cui non ne conosco esattamente i dati di targa. Il traferro misura circa 75x68x34 millimetri, e le dimensioni esterne comprese le calotte sono 85x85x75 millimetri.

La scatola ex alimentatore da personal computer misura 150x140x85. Con il trasformatore che spunta sopra l'assieme è veramente brutto. Per questo l'ho chiamato SKIF.

NOTE SUL FUNZIONAMENTO

Non è uno schema facile da capire ma neppure difficile. Provo a "fare a pezzetti lo schema" per esaminare una ad una le varie funzioni che lo governano. Lo schema completo è quello della prossima figura.

Cercherò anche di usare termini semplici, con parole mie, si usa dire. **Inoltre occhio quando si fanno le prove perché una "lecca" a 450 Volt può essere letale!**

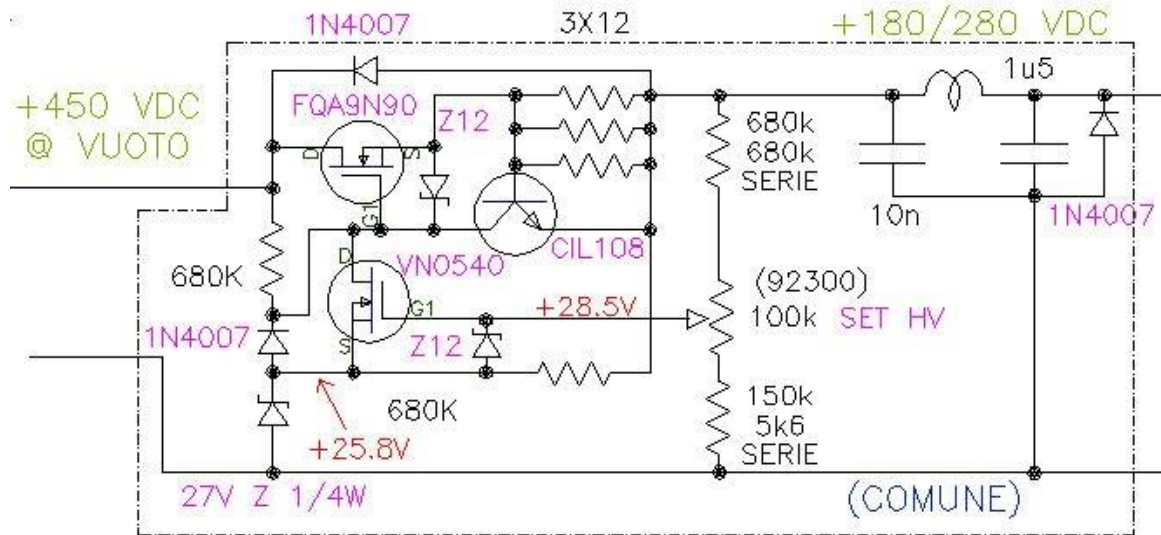


Figura 6

A sinistra si vede il secondario del trasformatore con i diodi del rettificatore ed un condensatore elettrolitico di filtro. Di questa parte di circuito do per scontato che si sappia come funziona. Nei piccoli schemi che seguono il "+" è collegato al condensatore dove c'è scritto +450.

Al centro c'è il regolatore e a destra della scritta +200/280 c'è il carico, per esempio la radio a valvole che vogliamo alimentare, oppure una resistenza bella potente. Per esempio un carico di 50 milliampere a 280 Volt sono 5600 Ohm da almeno 15 Watt.

Questo regolatore deve il nome "regolatore serie" perché regola interponendo un elemento variabile tra il generatore ed il carico. L'elemento regolatore serie è un MOSFET di potenza di tipo "ENHANCEMENT" ovvero un MOSFET che sta "normalmente spento" ossia come un interruttore aperto tra DRAIN e SOURCE.

Sullo schema completo ci sono lettere D G e S vicino ai terminali di DRAIN SOURCE e GATE.

Attenzione che i MOSFET per segnale, quelli che si vedono in tanti articoli di riviste, sono generalmente del tipo "DEPLETION" ovvero normalmente accesi, ossia come un interruttore chiuso a riposo. Questi ultimi assomigliano alle valvole per il funzionamento che richiede di dare un negativo sul gate per bloccarli.

I MOSFET di potenza ENHANCEMENT per condurre invece richiedono che tra GATE e SOURCE ci sia una tensione (comunemente sta tra 2.5 e 3.5 Volt). Sotto a quel valore sono interruttori aperti, al di sopra interruttori chiusi.

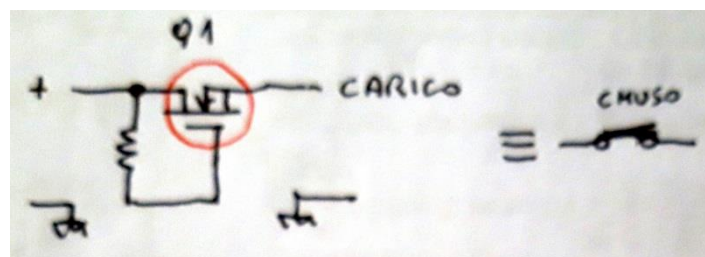


Figura 7



Nella figura sopra Q1 è fatto condurre con una resistenza dal + al GATE. Potresti anche provare a fare questo circuito, ma così com'è potrebbe anche bruciarti tra le mani. Infatti, nel momento in cui colleghi il carico la tensione tra gate e source sarebbe molto alta ed il gate si fora facendo diventare il tutto una poltiglia di silicio rovente.

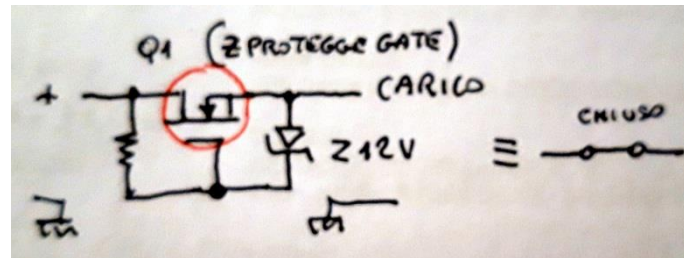


Figura 8

Per questo motivo c'è uno ZENER nel circuito che "salva" il MOSFET quando la situazione è talmente rapida da non essere osservabile. A cose normali lo ZENER non interviene nel funzionamento e potrebbe anche esser tolto, rischiando però.

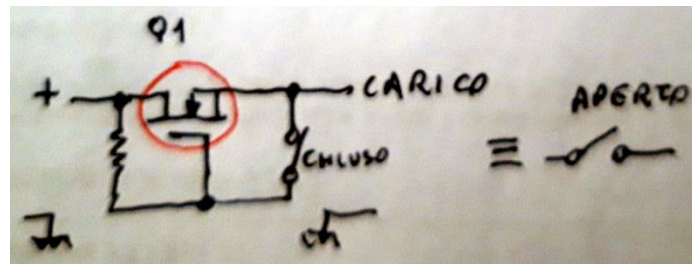


Figura 9

Questa sopra invece sarebbe la simulazione per avere un interruttore aperto. In questo caso la tensione al carico scenderebbe a zero. (in realtà sul carico scorre la piccola corrente dovuta alla resistenza tra DRAIN e GATE).

C'è una via di mezzo, quella della figura seguente in cui il MOSFET "regola" o meglio varia la tensione di uscita.

In pratica la tensione al carico è quasi uguale a quella del gate di Q1 che funziona come un inseguitore di SOURCE (circuito simile ai noti EMITTER follower o anche inseguitore di catodo).

La tensione sul gate di Q1 si fa variare usando un secondo MOSFET, Q2, come resistenza variabile che fa partitore con la solita resistenza su Q1.

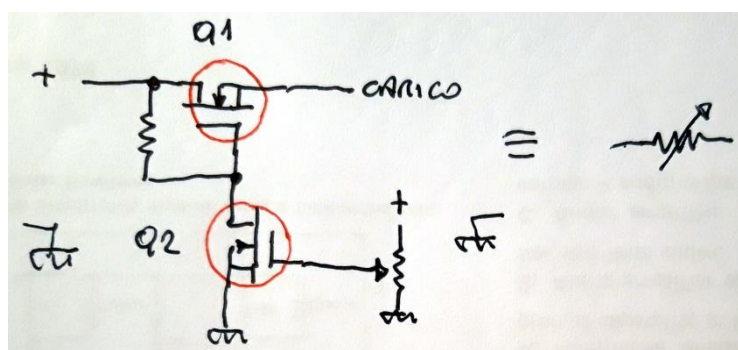


Figura 10

Anche Q2 richiede una tensione che variando pochissimo intorno a 3 Volt sul GATE lo fa variare da aperto a chiuso, con valori di resistenza intermedi.

Provare a farlo sarebbe frustrante dato che una piccola variazione di tensione sul GATE farebbe andare l'uscita da zero al massimo in modo fastidioso. Inoltre piccoli disturbi o la temperatura fanno variare sensibilmente lo stato di Q2.

Ci vuole qualcosa di automatico che venga in aiuto.

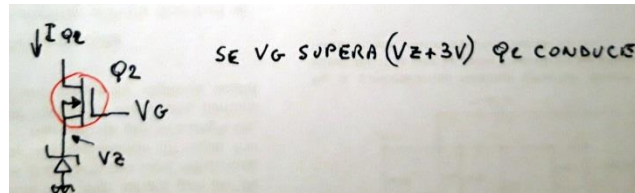


Figura 11

Intanto con uno ZENER sul SOURCE il valore cui il MOSFET scatta da aperto a chiuso non è più tre Volt ma $V_Z + \text{circa } 3$. Quindi il riferimento ora è lo ZENER, che dà la precisione al circuito. ZENER stabile e preciso uguale a regolatore stabile e preciso.

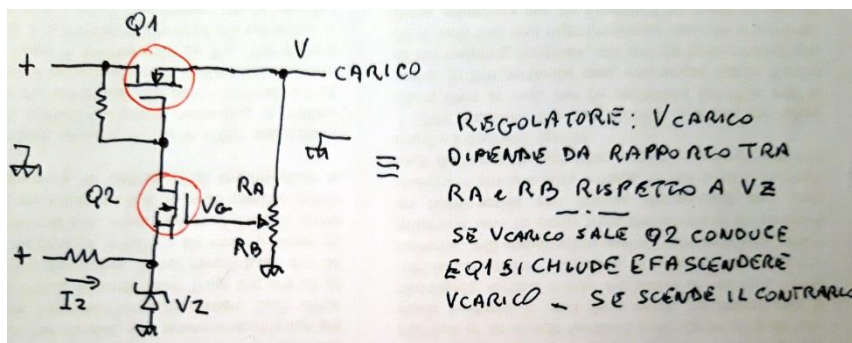


Figura 12

Collegando ora il potenziometro all'uscita si crea un circuito a retroazione in cui il valore di tensione di uscita al carico, ridotto dal potenziometro, va sul GATE di Q2. A seconda se è maggiore o minore di $(V_Z + 3)$, Q2 sarà più o meno in conduzione, variando così la tensione sul gate di Q1 e quindi la stessa uscita. Il meccanismo è tale che la tensione al carico si stabilizzi secondo il rapporto tra la resistenza sopra e sotto al cursore del potenziometro.

Per fare un esempio limite se il cursore del potenziometro è tutto verso l'uscita la tensione che si otterrà è uguale a $V_Z + 3$ cioè se lo ZENER è da 27 Volt l'uscita starà a circa 30.

Se invece il potenziometro è a metà corsa, cioè R_A uguale a R_B , sul gate c'è metà tensione di uscita. Ovvero poiché tutto tende a far sì che sul gate ci siano 30 Volt la tensione di uscita deve essere il doppio e cioè 60 Volt.

Cursore a un terzo da terra uguale a uscita 3 volte 30. Cursore a un quarto, uscita 4 volte 30, e via così.

Con i valori che ho usato in pratica nello schema finale il rapporto R_A/R_B va da circa $1/6$ a $1/9$ ovvero tensione di uscita da $6 \times 30 = 180V$ a $9 \times 30 = 270V$. Ho messo al lavoro EXCEL per fare il conto della serva.



Se il cursore lo metti a zero, verso terra, la tensione di uscita dovrebbe essere infinita, ma Q1 tutto in conduzione al massimo può dare ciò che ha in entrata ovvero la tensione del raddrizzatore, che non è regolata ed ha ronzio. Questa è una situazione da evitare.

Q2 deve avere sufficiente guadagno e velocità per evitare che lentezza nella risposta a variazioni, di carico per esempio, arrivino a Q1 con la fase sbagliata facendo andare il tutto in oscillazione. Ho trovato che usando per Q2 il VN450 la situazione è stabile. Con altri MOSFET il circuito non ha funzionato. Non è facile trovare dei piccoli MOSFET per alta tensione.

Anche il dimensionamento dei componenti è calcolato per stare tranquilli. Inoltre ci sono numerose aggiunte che servono a salvare tutto da situazioni al limite.

La prima è il corto circuito sul carico. In uno gnomo-secondo si farebbe la fiammata. Invece no, grazie a quelle tre resistenze ed un BC108, che vedi nello schema generale.

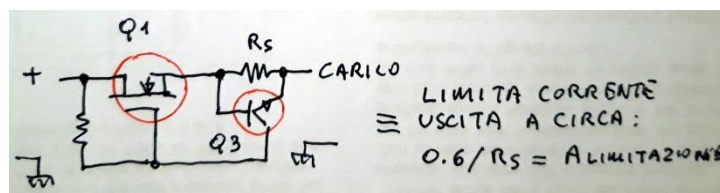


Figura 13

La corrente in uscita crea una tensione ai capi di Rs, che se supera circa 0.6V fa condurre Q3 (BC108) il quale diventa tra COLLETORE ed EMITTER un surrogato dell'interruttore visto in figura 4, che fa spegnere Q1.

In realtà anche qui avviene una regolazione, che fa sì che se la corrente in uscita supera il valore prefissato, la tensione in uscita cala tenendo tutto in sicurezza. Tutto l'alimentatore suda un po' ma se è stato calcolato con margine per resistere non dovrebbe morire! (dissipazione del calore di Q1 e di Rs principalmente)

Nel caso pratico sono poco di più di 100 milliampere dati da $0.6V/4.86 \text{ Ohm}$. Per avere un valore giusto per Rs la cosa migliore è trovare il valore più vicino al calcolo possibile e poi provare variando il valore. Per limitare a 50 milliampere ci vorrebbe circa $0.6V/0.05\text{Amp} = 12 \text{ Ohm}$. Questa parte di circuito non è esattamente prevedibile, nella seconda versione del regolatore ho utilizzato tre R da 12 Ohm in parallelo, e la limitazione avviene a 60 mA. Boh, provare e riprovare....

Altra situazione ancora più subdola è quella in cui l'uscita rimane con tensione elevata (per esempio se il ricevitore al carico ha dei condensatori elettrolitici grandi e carichi) e la rete viene a mancare. Ovvero tensione in uscita maggiore di quella in ingresso. Molti componenti brucerebbero se non fosse per quegli strani diodi 1N4007 messi in posizione strategica tra DRAIN e SOURCE dei MOSFET. Anche loro non lavorano mai se non quando si presenta una situazione anomala.

Insomma come vedi niente di difficile ma neppure troppo semplice.

Consiglio di montare il tutto, escluso il MOSFET di potenza, su di una piastrina prototipo e ricontrollare più volte col tester prima di dare la scossa. Il MOSFET di potenza su dissipatore, ovvio.

Con la tensione in gioco fare un buco nero sulla piastra prototipo è un attimo, se credi ti mando le foto.



Con le informazioni che ho dato ritengo che tu possa anche fare delle variazioni in base ai componenti che hai a disposizione, come il potenziometro per esempio.

Tieni presente che i valori che ho indicato possono variare da caso a caso, per esempio lo ZENER magari dice 27 ma fa 25.8. Oppure il tester è poco preciso. O il MOSFET sta a 3.5 v su gate invece di 3. Oppure 0.6 è invece 0.7 ... ! La pratica è personale e segue il proprio DVM...

IL FOGLIO EXCEL

Per trovare il valore delle resistenze in serie al potenziometro utilizzo un semplice conto fatto svolgere a EXCEL. Chi lo volesse mi contatti via mail.

Nel foglio inserisco il valore misurato della effettiva tensione sul gate di Q2.

Inserisco anche il valore esatto misurato di resistenza del potenziometro.

vpart	28.50	V	
Rpot	92300.00	Ohm	
v+min	185.00	V	
rapp min	6.49		
v+max	295.00	V	
rapp max	10.35		
rapp pot	0.06		
Rtotale	1606785.49	Ohm	
r sup	1359253.67	Ohm	
r inf	155231.82	Ohm	

Figura 14

Infine digito i valori di tensione che voglio avere in uscita, compatibili con i limiti raggiungibili massimo e minimo.

Ottingo il valore di R superiore e R inferiore, che poi "costruisco" o con tre resistenze parallelo o due serie.

Buon divertimento, Alessandro Frezzotti

