

Nicola del Ciotto

UN ALIMENTATORE STABILIZZATO A MEDIA TENSIONE

CON DUE GAMME: 25V/75V ... 70V/150V

Gli alimentatori stabilizzati analogici più comuni in bassa tensione producono tensioni che vanno dallo zero a circa 25/30V. Gli alimentatori in alta tensione che non siano altamente professionali (come, per esempio, l'anziano 712B a valvole della HP che fornisce all'uscita una tensione variabile da 0 a 500V con 200mA) producono tensioni che solitamente variano da un minimo di 150V ad un massimo di 300V circa. Quindi manca sovente in laboratorio la possibilità di disporre facilmente di tensioni costanti che vanno dai 30V ai 150V.

A volte, però, c'è la necessità di avere a disposizione queste tensioni di alimentazione inusuali, che sono né basse (adatte per alimentare normali circuiti allo stato solido), né alte (adatte per alimentare normali circuiti a valvole). Un esempio per tutti potrebbe essere l'alimentazione di uno stadio finale di notevole potenza a transistor, le cui tensioni di alimentazione sono dell'ordine della sessantina di volt e anche più. Ma anche l'alimentazione di piccoli apparati a valvole potrebbe essere dell'ordine delle centinaia di volt. Così un lavoro di sperimentazione o di collaudo su prototipi di questo genere diventa spesso molto laborioso e fastidioso per la mancanza di fonti d'energia già disponibili. È quindi opportuno coprire questo buco di tensioni.

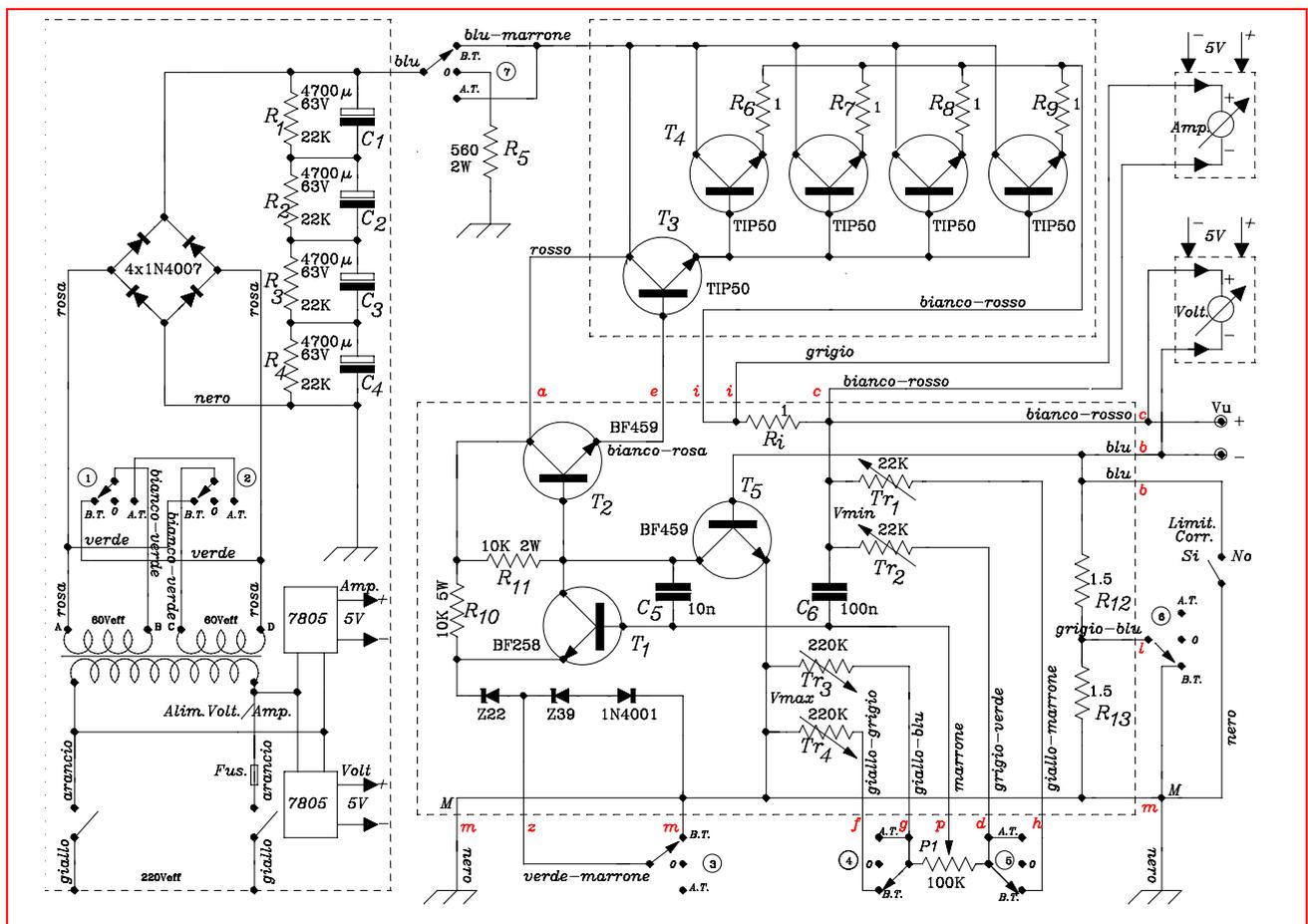


Fig.01

In Fig.01 è disegnato lo schema di un alimentatore stabilizzato per media tensione la cui struttura di base è rappresentata nella Fig.01a, dove T_1 è l'elemento di comando, T_2 è l'elemento di controllo in serie e T_3 è l'elemento limitatore di corrente. Come si vede, esso è molto semplice.

La seconda tensione è il risultato della serie di due Zener, uno di 22V e l'altro di 39V. I due valori di V_Z sono ottenuti mediante adatta commutazione (Sett.N°3), come si può vedere chiaramente sullo schema generale di Fig.01.

Un diodo 1N4001 è stato posto in serie allo Zener di 39V per eliminare la leggera deriva termica che esso ha mostrato durante il funzionamento del prototipo.

Il potenziometro P_1 regola la tensione d'uscita all'interno di ogni singola gamma mentre i trimmer di taratura Tr_1, Tr_2, Tr_3, Tr_4 dei valori Max e Min nelle due gamme sono selezionati mediante i Settori N°4 e N°5 del commutatore.

E' stato previsto un limitatore di corrente T5 (BF459) per salvaguardare l'integrità dell'alimentatore di fronte ad eventuali sovraccarichi. Per mantenere la stessa potenza d'uscita abbiamo posto per la gamma alta una corrente limite di 0,2A e per la gamma bassa una corrente limite di 0,4A. Questi due valori sono ottenuti mediante la commutazione di adeguate resistenze (R_{12}, R_{13} di $1,5\Omega$) sul Settore N°6.

---*---

Inoltre, per non creare una selva di fili che fuoriesce dal circuito stampato a causa dei numerosi collegamenti al commutatore è stato ritenuto opportuno adottare una inserzione a pettine su cui confluiscono tutte le connessioni.

Il circuito di comando estrapolato dalla Fig.01 e riportato in Fig.02 dà luogo al circuito stampato a pettine di Fig.03, dove i vari collegamenti sono individuati da lettere che corrispondono a quelle riportate sullo schema. Il connettore utilizzato è a 22 piedini con passo 3,96mm. Le dimensioni del circuito stampato sono di 75x100mm².

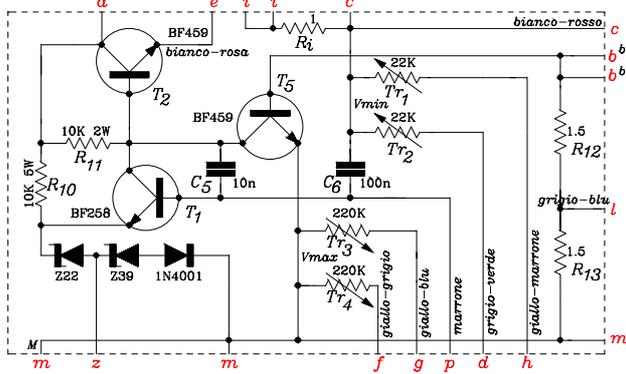


Fig.02

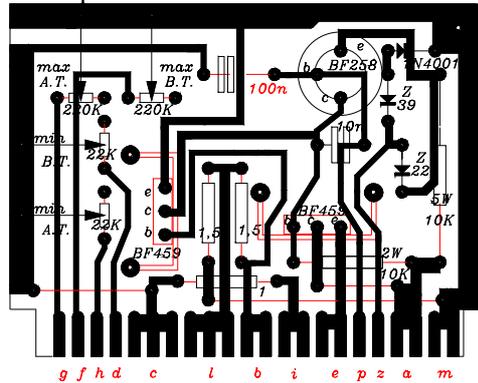


Fig.03

Nella Fig.04 è rappresentato l'insieme dei collegamenti tra il pettine del circuito stampato e gli altri punti del circuito generale, in particolare tra il pettine e i settori del commutatore.

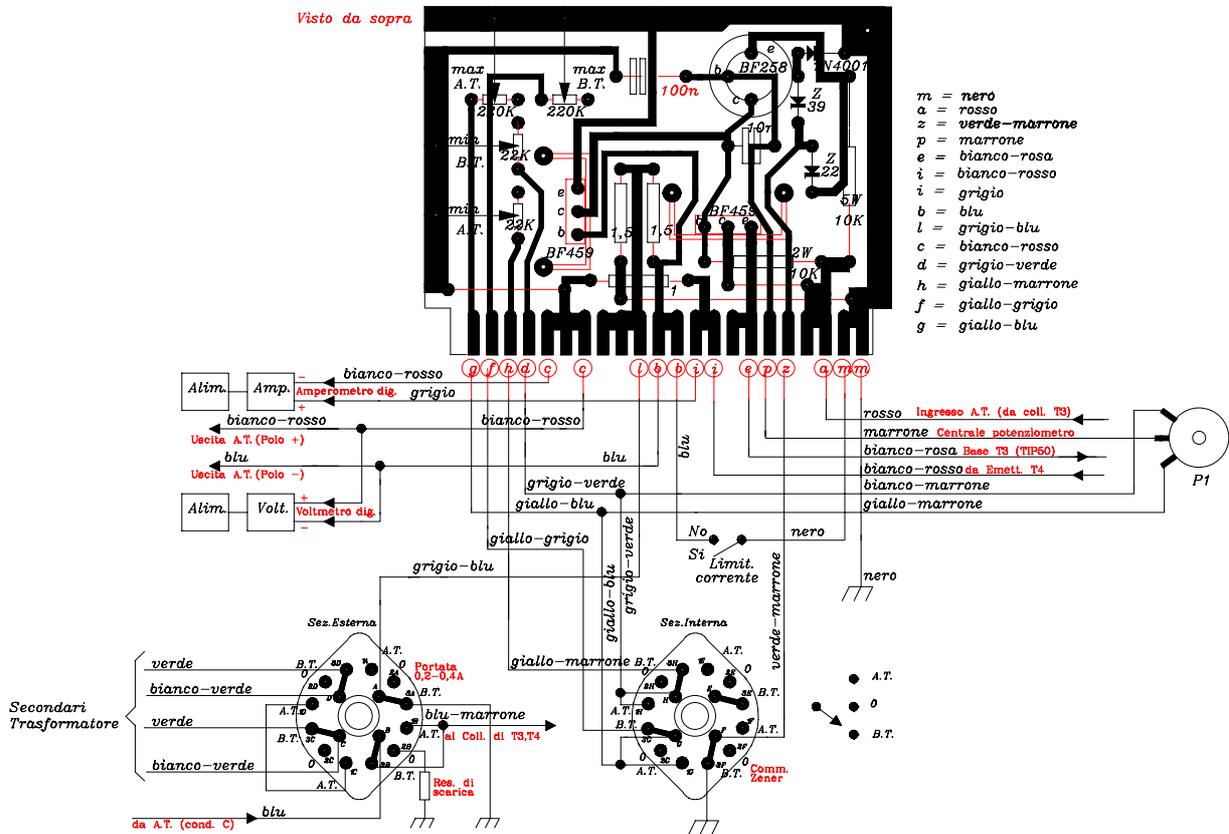
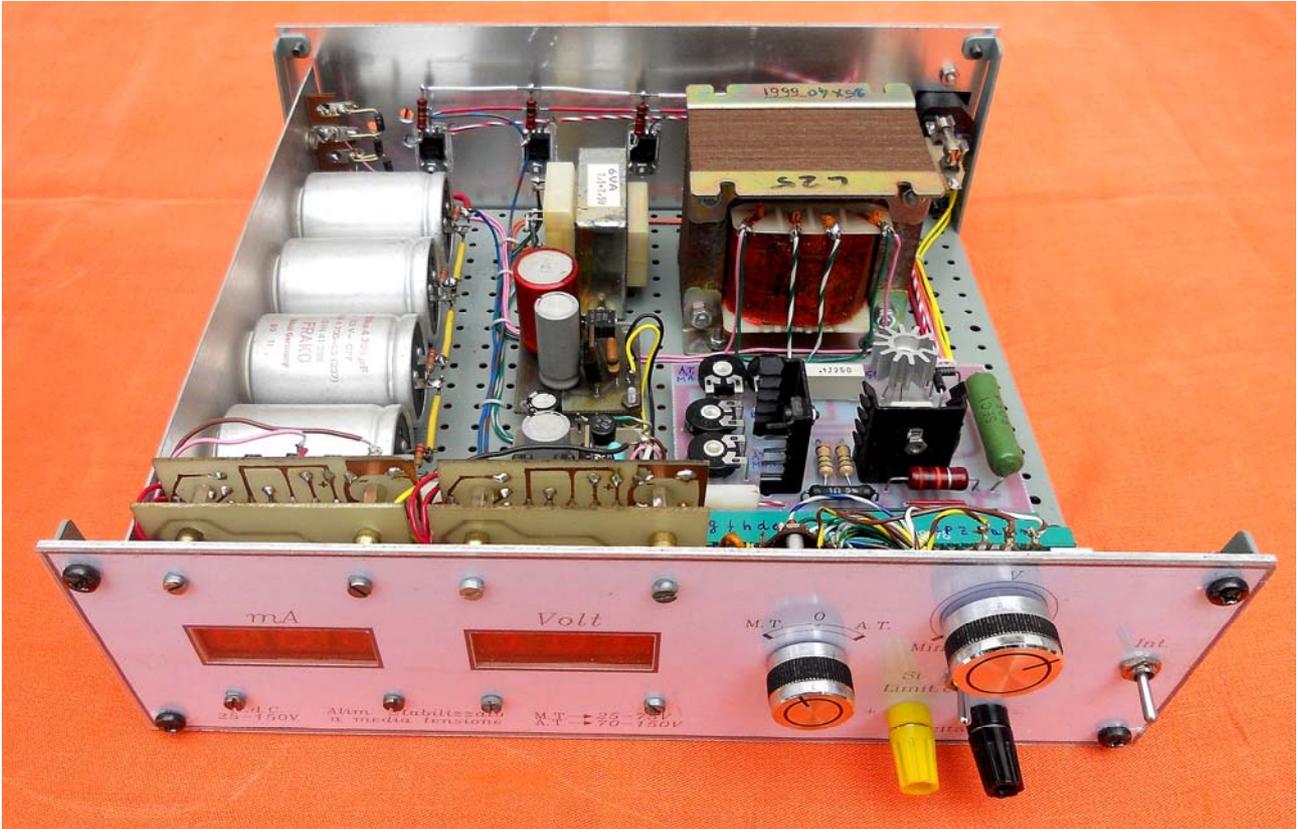


Fig.04

I colori dei fili sono quelli adoperati e disponibili all'atto della costruzione. È comunque importante che i fili siano colorati per poterli ben distinguere in modo da evitare confusioni ed errori di collegamento.

La foto N°3 mostra da un'altra angolazione il montaggio dei condensatori elettrolitici. Si vedono più chiaramente i due voltmetri digitali. Da notare il metodo di sovrapposizione delle due piastrine dei voltmetri, collegate tra loro a libro mediante corti collegamenti tra le due parti come si intuisce dal circuito di Fig.06. Si vedono anche i cinque TIP50 montati sul pannello posteriore che funziona da dissipatore, aiutato anche da altri cinque piccoli dissipatori ad alette. La foto N° 4 mostra il pannello posteriore con i cinque dissipatori montati esternamente, uno per ciascun TIP50.



5)

La foto N° 5 mostra l'intero alimentatore tolto dal suo involucro. Si notano chiaramente tutti i componenti dello strumento. In alto a sinistra, un po' nascosto dai condensatori, è montato il ponte raddrizzatore. In alto a destra invece è visibile un porta-fusibile messo in serie al primario del trasformatore il cui fusibile (da 0,5A) protegge l'intero circuito. Sono ben evidenti anche alcuni TIP50 montati sul pannello posteriore insieme alle resistenze di equalizzazione da 1 Ω . La Fig.07 mostra il circuito stampato con le sue dimensioni reali (75x100mm²).

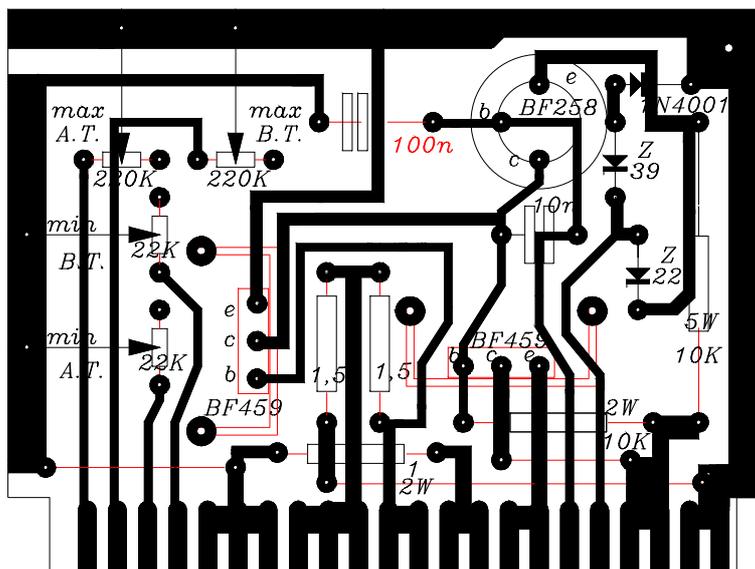
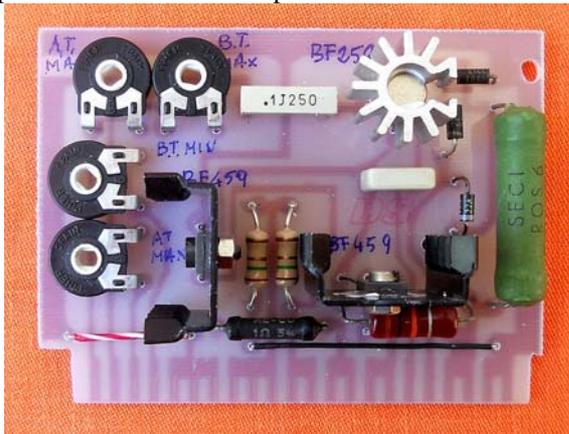
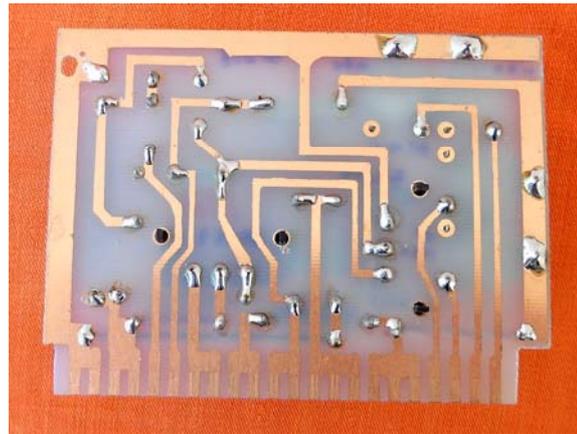


Fig.07

Nelle foto 6) e 7) è mostrato il circuito stampato completamente e definitivamente realizzato, visto sia dal lato dei componenti che dal lato delle piste.

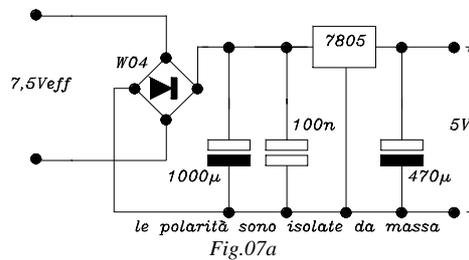


6)



7)

Riportiamo infine in Fig.07a il semplice schema, basato essenzialmente sull'uso dello stabilizzatore $\mu A7805$, necessario per gli alimentatori dei visualizzatori numerici.



Qualche frammento di calcolo e qualche considerazione.

Vediamo come arrivare al dimensionamento del trasformatore. Se pensiamo che nella gamma bassa si possa avere una variazione di tensione d'uscita regolata tra 25V e 70V circa, la V_C di collettore dei transistor di regolazione TIP50 dovrà essere di almeno $80V_{cc}$, per una V_{ceo} minima almeno di 10V, in modo da avere un'efficace regolazione anche nei valori alti della gamma (70V).

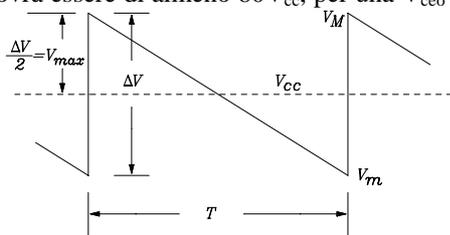


Fig.08

Imponiamo una corrente massima erogata $I_{max}=0,5A$, a cui corrisponde un carico massimamente equivalente R:

$$R = \frac{80}{0,5} = 160\Omega,$$

ed accettiamo una variazione di tensione tra carica e scarica $\Delta V=5V$ sul condensatore di filtro (Fig.08).

La teoria¹ ci dice che il residuo di alternata v_{ca} è:

$$v_{ca} = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}} = \frac{V_{max}}{\sqrt{3}} = V_{eff} = \frac{2,5}{1,73} = 1,44V$$

da cui si ricava un'ondulazione (ripple) di:

$$r = \frac{v_{ca}}{V_C} = \frac{1,44}{80} = 0,018$$

Abbiamo così tutti gli elementi per calcolare il valore del condensatore di filtro C (ricordiamoci che il ponte di Graetz produce un'ondulazione residua a 100Hz, perché è un raddrizzatore a doppia semionda):

$$C = \frac{1}{2\sqrt{3} \cdot f \cdot R \cdot r} = \frac{1}{3,46 \cdot 100 \cdot 160 \cdot 0,018} \cong 1000\mu F$$

Il valore di picco V_M della tensione erogata è:

$$V_M = \frac{V_{CC}}{1 - \frac{1}{2 \cdot f \cdot R \cdot C}} = \frac{80}{1 - 0,031} = 82,5V$$

perciò, la tensione efficace V_{eff} che deve fornire il secondario del trasformatore è:

¹ Per l'analisi teorica può essere utile leggere il Cap.3° -Il diodo come raddrizzatore- dal libro "Argomenti vari sui tubi a vuoto" di Nicola del Ciotto, Xedizioni - Cagliari, dove sono giustificate tutte le espressioni e le formule qui presentate.

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_M}{\sqrt{2}} = \frac{82,5}{1,41} = 58,3V \rightarrow 60V$$

se teniamo conto anche della caduta di tensione ai capi dei diodi raddrizzatori.

Due avvolgimenti secondari uguali messi in serie produrranno una tensione V_{cc} doppia in uscita ($160V_{cc}$). Se manteniamo la stessa corrente erogata max (0,5A) otteniamo per R il valore di 360Ω . Se accettiamo lo stesso ΔV abbiamo:

$$r = \frac{v_{ca}}{V_C} = \frac{1,44}{160} = 0,009$$

Possiamo quindi determinare il valore del condensatore di filtro C:

$$C = \frac{1}{2\sqrt{3} \cdot f \cdot R \cdot r} = \frac{1}{3,46 \cdot 100 \cdot 360 \cdot 0,009} \cong 1000\mu F$$

che risulta esattamente uguale a quello calcolato precedentemente. Questo è importante perché lo stesso condensatore può essere utilizzato per ambedue le gamme di funzionamento riducendo così il numero dei componenti e la complicazione circuitale.

Con i dati a disposizione progettiamo il trasformatore.

La potenza erogata da un singolo secondario è:

$$P = V \cdot I = 60 \cdot 0,5 = 30W$$

La potenza totale al secondario è quindi:

$$P_s = 2 \cdot P = 60W$$

La sezione del ferro risulta:

$$S = 1,3\sqrt{P_s} = 1,3\sqrt{60} = 10,07\text{cm}^2$$

Se consideriamo un'induzione massima ammissibile di 1Wb/m^2 possiamo trovare il numero delle spire per volt (sp/v):

$$\text{sp/v} = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot B \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10,07 \cdot 10^{-4}} = 4,47$$

Le spire totali per ogni avvolgimento saranno:

1° secondario: $60 \cdot 4,47 = 268\text{spire}$ diam: 0,5mm

2° secondario: $60 \cdot 4,47 = 268\text{spire}$ diam: 0,5mm

Primario: $220 \cdot 4,47 = 983\text{spire}$ diam: 0,37mm

(I diametri dei fili sono stati calcolati per una densità di corrente di $2,5\text{A/mm}^2$, adatta per un funzionamento continuo).

Sono stati adoperati lamierini L25 per realizzare una sezione di $2,5 \times 4,0\text{cm}^2 = 10\text{cm}^2$ praticamente uguale a quella calcolata.

----*----

Il circuito è dotato di un limitatore di corrente che lo protegge da eventuali sovracorrenti o cortocircuiti. Il circuito di Fig.01a, che riproponiamo in Fig.09, mostra la resistenza R_{cc} di piccolo valore (che può anche essere esclusa da un interruttore), posta tra la base e l'emettitore del transistor T_3 , la quale è percorsa dall'intera corrente I_{cc} assorbita dal circuito utilizzatore.

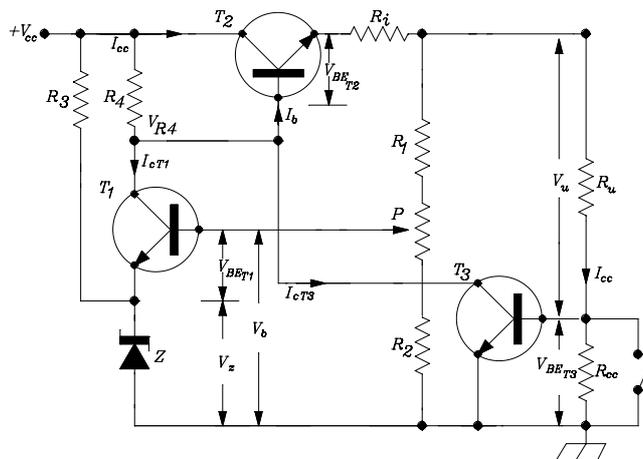


Fig.09

Perciò ai capi di R_{cc} nasce una tensione V che è proporzionale alla corrente I_{cc} assorbita dal carico. Fin quando la V è inferiore alla V_{BE} del transistor T_3 , il transistor non conduce, non producendo così nessuna ulteriore caduta di tensione V_{R4} su R_4 , dove vi è già quella causata dalla corrente di collettore I_{cT1} del transistor di controllo T_1 . Se la corrente I_{cc} provoca una caduta di tensione uguale o superiore alla V_{BE} allora T_3 conduce e la sua corrente di collettore I_{cT3} fa aumentare la caduta di tensione V_{R4} su R_4 , abbassando la polarizzazione di base di T_2 e di conseguenza facendo diminuire la sua I_b .

Ciò porta ad una diminuzione della corrente di collettore I_{cc} e, per effetto di inseguimento di emettitore, anche ad una diminuzione della tensione d'uscita V_u . Perciò ad ogni aumento della corrente d'uscita si contrappone una sua diminuzione, mantenendo quindi teoricamente costante la stessa corrente, quando essa tende a superare un certo valore già predeterminato.

Una volta prestabilito e imposto il valore massimo di I_{cc} , tutto si riduce al calcolo della resistenza R_{cc} . Poiché possiamo ammettere che, per un transistor al silicio, è $V_{BE}=0,6V$, scriviamo, molto semplicemente:

$$R_{cc} = \frac{0,6}{I_{cc}}$$

La corrente massima imposta al nostro alimentatore è $I_{cc}=0,2A$ per la gamma medio-alta e $I_{cc}=0,4A$ per la gamma medio-bassa. Quindi otteniamo:

$$\text{Per la gamma medio-alta: } R_{cc} = \frac{0,6}{0,2} = 3\Omega. \quad \text{Per la gamma medio-bassa: } R_{cc} = \frac{0,6}{0,4} = 1,5\Omega.$$

Questi due valori sono ottenuti sommando o togliendo alla R_{12} la R_{13} utilizzando il settore N° 6 del commutatore, come è disegnato in Fig.01.

----*----

Poiché sulla resistenza R_{cc} cade una tensione che va a sottrarsi alla tensione disponibile all'uscita facendola leggermente variare e siccome a volte ciò può non essere accettabile, abbiamo inserito un interruttore che è in grado di escludere il limitatore di corrente, ottenendo così una tensione più costante ai morsetti dell'alimentatore.

Perciò, nell'uso corrente è conveniente sempre iniziare con il limitatore inserito, per assicurarci che non vi siano sovraccarichi, per poi poterlo escludere (se necessario e con molto giudizio!) sia per avere una tensione erogata più costante che per usufruire di correnti maggiori.

È importante sottolineare che il polo negativo che fa capo alla boccola nera non è collegato alla carcassa dello strumento quando è attivo il limitatore.

Ortona, Giugno 2015

N.d.C.