

## COME SI FA UN ALIMENTATORE

### RIFERIMENTI

| Genere | DATA         | Generalità                                                    | Note | Distribuzione       |
|--------|--------------|---------------------------------------------------------------|------|---------------------|
| RADIO  | OTT.<br>2011 | Promemoria in caso di<br>costruzione alimentatore<br>classico | Rev1 | AGZ - GSF - sitoweb |

### GENERALITA'

Come si fa un alimentatore da AC a CC, bene e senza fronzoli. Utilizzando metodi antichi, cioè un cosiddetto "lineare", e non a commutazione o switching. Partendo da dei dati base che sono la tensione e la corrente che necessitano, bisogna "dimensionare" cioè calcolare tutti i componenti che costituiranno l'alimentatore, trasformatore, rettificatore, filtro e volendo anche il regolatore.

La sorgente di alimentazione è tipicamente la rete 220 Vac. Nel dimensionare il tutto va tenuto conto che essa può variare entro +- 10% del valore nominale (220Vac eff.) ma in zone brutte anche fino al +-20%. Ovvero può essere adesso 220 e tra un ora o magari domani 260 o 180. Mentre inizio a scrivere il DVM (true RMS) misura 225Vac cioè 2.3% in più del dovuto. È sera. A mezzogiorno misuro 227, 3.2% in più. Tipicamente però non varia molto più del 10%, salvo abitare in zone vicine a grossi stabilimenti industriali, dove è facile notare la differenza di tensione tra impianti fermi ed in funzione.

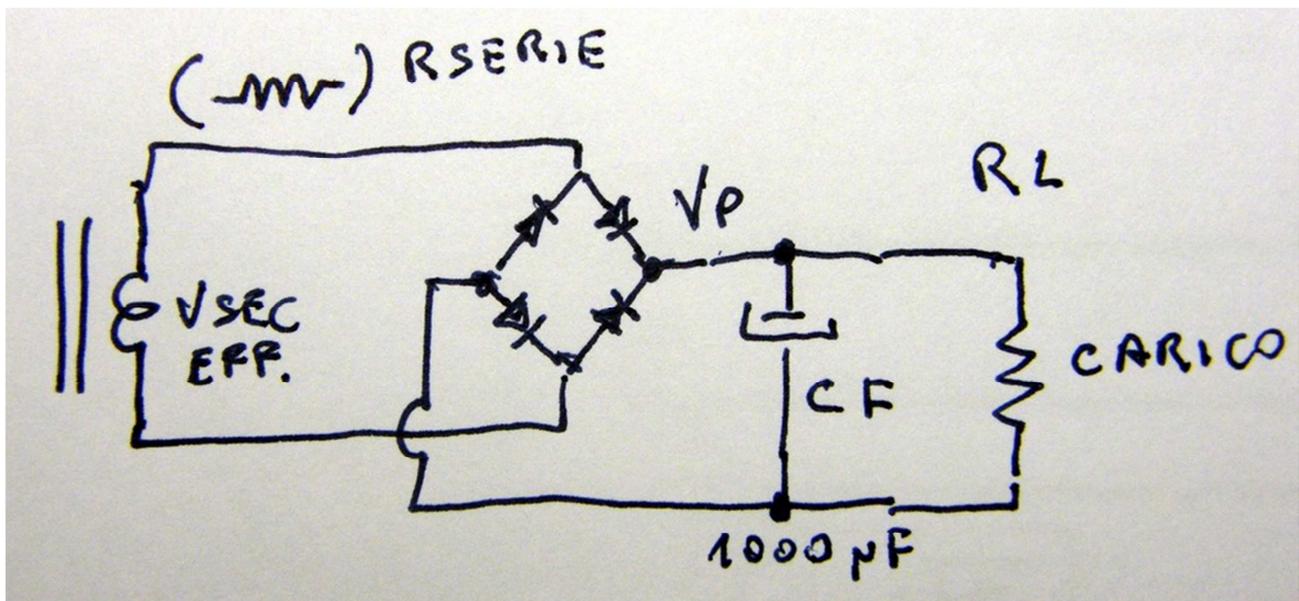
Il primo dato è la tensione di uscita richiesta  $V_o$ . Poi la corrente  $I_o$ , specificando anche se è una corrente stabile o se è interessata da variazioni, come quando il carico è un amplificatore di bassa frequenza o un trasmettitore, per esempio.

La stabilità della tensione di uscita è importante per sapere se usare un regolatore o no. Il caso più semplice è dove il regolatore non serve. Inizio da un caso di questo tipo, in cui è richiesta la tensione di negativo di griglia; il carico è un partitore resistivo che consuma sempre la stessa corrente, essendo che le griglie non consumano per definizione. Dico 10 Volt.

### SENZA REGOLATORE

Se il partitore consuma 10 milliampere a 10 Volt la resistenza del carico  $R_L$  è  $10V / 0.01 = 1000 \text{ ohm}$ .

Considerato la odierna facilità di reperimento di diodi e condensatori elettrolitici la tipologia di alimentatore più immediato da progettare è il ponte rettificatore seguito da condensatori di filtro. Essendo necessario un secondario senza prese centrali anche il trasformatore è di facile reperibilità.





L'uscita del ponte con condensatore di filtro, in assenza di carico, si livella al valore della tensione di picco del secondario del trasformatore.

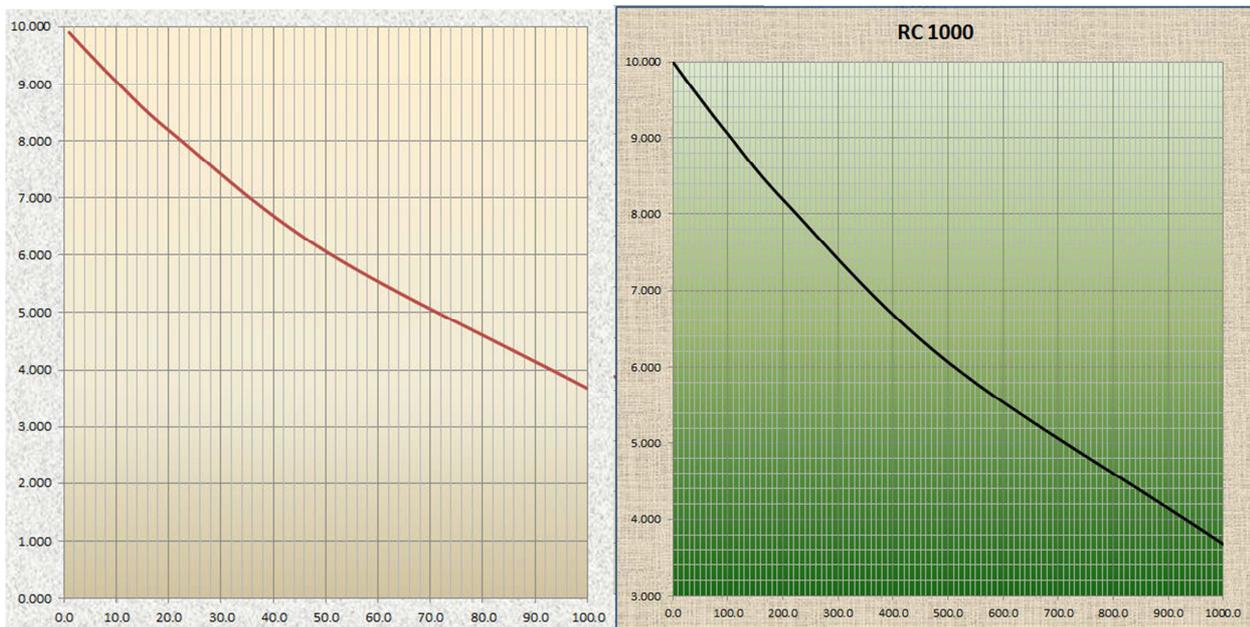
Ad ogni semi-ciclo di rete la corrente attraversa due diodi del ponte in serie. Quindi bisogna considerare che la caduta di tensione  $V_D$  di ognuno di loro porta via da 0.7 a 1 Volt dalla tensione rettificata. Ovvero volendo sapere da quanti volt ci vuole il secondario dobbiamo sommare a  $V_o$  due volte  $V_D$ . ( $2 \times 0.7 = 1.4V$ ) Su una tensione di 100 può voler dire poco, ma su 10 diventa significativa. Quindi per avere 10 volt di picco passando dai diodi il secondario deve avere  $10 + 1.4 = 11.4 V_p$ .

L'insieme trasformatore e rettificatore ha anche una sua resistenza interna, la quale è in serie alla resistenza del carico e forma un partitore. La tensione del partitore è quella effettiva massima cui si carica il condensatore di filtro. In genere la resistenza del trasformatore è quella che incide di più, poiché per piccole potenze i diodi possono essere facilmente sovra dimensionati. Normalmente per piccoli alimentatori è sufficiente misurare la resistenza del secondario per determinare il grosso della resistenza serie. Per trasformatori grossi, diciamo da 50 VA in su, la misura diventa laboriosa dovendo considerare il primario e come il trasformatore è fatto.

Se si conosce la resistenza interna allora si può aumentare ulteriormente la tensione necessaria al secondario per contrastare l'effetto partitore.

Il trasformatore viene indicato per la sua tensione efficace ossia quella che si misura con il tester o DVM.  $V_{eff}$  è uguale a  $V_p / 1.414$ . O anche  $V_p \times 0.707$  che è la stessa cosa. Quindi il secondario deve essere  $11.4 / 1.414 = 8.06 V_{eff}$ .

Il condensatore di filtro. Per dimensionarlo correttamente occorre ricordare la costante di tempo RC, oltre che saper quanto valgono le resistenze serie e del carico e infine quanto "ripple", o anche detto ronzo di alternata, è ammesso dal progetto. Provo con 100 micro-Farad per cominciare.

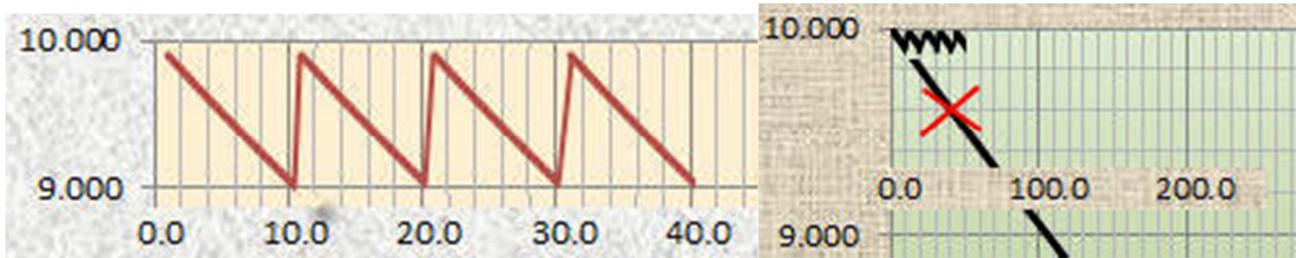


Dalla figura (grafico beige) si vede che dopo il tempo  $t$  (100ms) la tensione di un condensatore carico a 10 Volt con 1000 Ohm in parallelo cala a 3.7 Volt circa. Il tempo  $t$  si calcola con la nota formula  $t=RC$  esprimendo  $t$  in millisecondi,  $R$  in kilo-Ohm e  $C$  in micro-Farad.

Poiché il ponte rettificatore dopo 10 mS ricarica il condensatore e la curva del grafico si ripete, si vede come sia presente un "ronzio" di circa 1 volt pp a cavallo del "quasi" 10 Volt cc. In pratica usando l'oscilloscopio si vedrebbe proprio questo. La misura con un voltmetro analogico a lancetta indicherebbe un valor medio, circa 9.5 Volt.

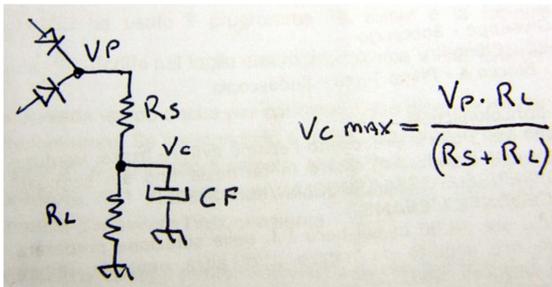


È accettabile, ammissibile, un ripple di 1 Volt? È una caratteristica di progetto. Se è troppo si prova con una capacità maggiore, p.e. 1000 micro-Farad, vedi il secondo grafico (verdolino). Qui  $t$ , la costante RC, vale 1000 millisecondi, e dopo 10 millisecondi la tensione è scesa dieci volte meno circa, stando su 9.9 Volt. Il ronzio ora è dieci volte più piccolo.



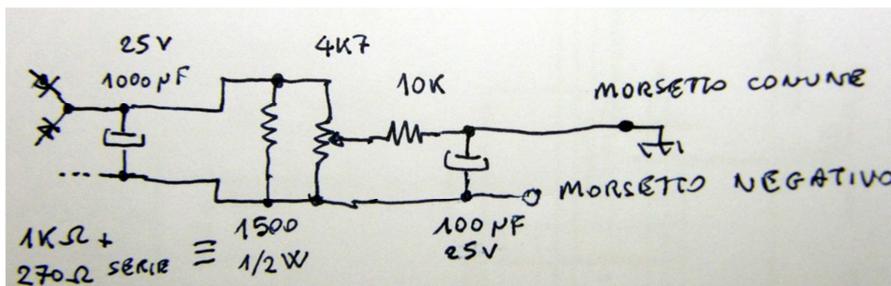
Nota: per produrre i due grafici ho usato il programma MS-Excel e la formula della scarica di un condensatore,  $V_c = V_{iniziale} * e^{-\frac{t}{RC}}$ . Scritta nel foglio elettronico diventa  $VINIZ * EXP(-1 * (TEMPO / RES / CAP))$ .

Ovviamente il condensatore richiede tempo anche per caricarsi. Esso dipende da  $R_s$ , la resistenza serie del generatore, tipicamente il trasformatore. Se il secondario è di filo bello grosso non ci sono problemi. Se è un filino resistivo, o il nucleo è piccolo, o il primario è riscato, allora  $R_s$  aumenta e poiché la rete è implacabile con i suoi tempi il condensatore non si carica al valore massimo. Comunque è abbastanza facile sovradimensionare il trasformatore per evitare l'inconveniente.



Se invece  $R_s$  è molto piccola (buona cosa) il ponte rettificatore anche per potenze piccole ma con capacità di filtro elevata si trova a far passare la corrente che carica il condensatore in un tempo breve rispetto alla scarica. In quel breve periodo dai diodi passano tutti gli elettroni che poi il carico consuma lentamente. Quindi è buona norma usare diodi che sopportino correnti anche 10 volte superiori al valore medio del carico, altrimenti è meglio considerare un po' più di 0.7 V di caduta per diodo, e al limite prepararsi a fare qualche riparazione. Prima di selezionare un ponte o un diodo è meglio dare un'occhiata ai dati caratteristici che si trovano facilmente su internet.

Per concludere l'esempio, considerato che l'alimentatore serve per la tensione di griglia e che non c'è praticamente consumo se non quello del partitore si può dividere la resistenza di carico in una fissa con un potenziometro in parallelo, così da regolare il negativo al meglio, e filtrare ulteriormente con un RC da 10kOhm e 100uF che tolgono il rimanente se pur piccolo ronzio. Ah, se la tensione è negativa il più va messo al comune, a terra.





La resistenza fissa va bene anche da 1500 Ohm e il potenziometro da 4700 Ohm. Il totale del parallelo delle due deve fare 1000 Ohm, per rispettare i dati di progetto.

Concludendo rimane il fatto che la variazione di tensione di rete in percentuale si ritrova anche sull'uscita.

## CON REGOLATORE

Se il carico non assorbe sempre la stessa corrente è meglio usare un regolatore di tensione. Ciò implica di dimensionare il trasformatore il ponte e il filtro in modo leggermente diverso. I regolatori serie o anche lo zener richiedono una tensione più elevata dell'uscita stabilizzata.

In generale i regolatori con transistor serie o con circuito integrato LM317 o altri tipo 78xx (o 79xx per tensioni negative) richiedono che la tensione in ingresso non scenda mai sotto a  $V_{out}+3$ . Qualcuno anche più di 3 Volt, bisogna consultare i dati del produttore dell'integrato per saperlo con precisione. Ciò implica che il circuito composto da trasformatore, ponte e filtro nei picchi negativi del ronzio non deve far scendere la tensione sotto al valore citato, pena che in uscita si ritrovi il ronzio tale e quale, e con scarse possibilità di eliminarlo.

Si tende per rimanere tranquilli a dimensionare il circuito per tensioni di ingresso più alte. Attenzione a non esagerare però, perché la tensione in più va tutta nel conto della dissipazione del regolatore ed è potenza sprecata.

L'esempio generico ora è per un alimentatore capace di alimentare un apparato RTX di medie dimensioni per 13.5 Volt e massimo 10 Ampere. La resistenza del carico finale è di  $13.5 / 10 = 1.35$  Ohm. È evidente che con una resistenza così bassa, ed anche se fosse un carico fisso sarebbe difficile ottenere una tensione stabile solo con il condensatore: ci vorrebbe una batteria.

Si stabilisce che la tensione a monte del regolatore, cioè ai condensatori di filtro deve essere almeno 3V maggiore dell'uscita, in questo caso  $13.5+3=16.5$  Volt. Inoltre il regolatore può consumare anch'esso e per sicurezza diamo  $\frac{1}{2}$  ampere in più.

La cella RC che interessa il filtro ora ha la R data da  $16.5 \text{ V} / 10.5 \text{ A} = 1.57$  Ohm. Provo con un condensatore da 5000uF e ottengo un valore t di  $5000 \times 0.00157 = 7.85$  millisecondi (uF-KOhm-millisecondi). Disastroso! Il ponte non fa in tempo a ricaricare il condensatore che esso si è scaricato a meno del 30%. Aggiungere condensatori non è un problema, magari trovare lo spazio sì, ma uso 5 elettrolitici per totali 25000 uF. Il conto ora fa  $25000 \times 0.00157 = 39.25$  mS. Con il grafico si vede che dopo 10 mS la tensione è calata di 3.5 Volt, andando a circa 13 Volt. Non essendo più molto pratico aggiungere capacità è preferibile accettare i 3 – 4 volt di ripple ma aumentando la tensione in modo da avere il picco minimo superiore ai 16.5 V richiesti.

Quindi ricalcolo tutto per tensione  $16.5+4=20,5$  Volt. La resistenza RL a questa tensione è  $20.5/10.5= 1.95$  Ohm. La tensione dopo 10 mS sarà calata a 16.6 Volt. Ci siamo.

In realtà per effetto del regolatore serie la resistenza in gioco nel computo di RC varia diminuendo man mano che la tensione scende. Per contro più rapidamente scende la tensione e prima il ponte rettificatore inizia a pompare elettroni nel condensatore, per cui mi accontento, non volendo complicare i conti inutilmente. Però posso risolvere la formula  $V_C = V_{iniziale} * e^{-\frac{t}{RC}}$  per trovare  $V_{iniziale}$ , anche considerando ciò appena detto, per non fare troppi tentativi. La formula diventa  $V_{iniziale} = \frac{V_C}{e^{-\frac{t}{RC}}}$  e per  $C=25000$ ,  $R=0.00157$ ,  $V_C=16.5$  e  $t=9\text{mS}$  calcola 20.7 Volt. Con  $t=10\text{mS}$  calcola 21.3 Volt. Può andar bene anche 9 mS. la formula è nel file Excel e la procedura è veloce.

[www.frezzotti.eu/af\\_sec\\_2/tech\\_art/alim\\_semplice.xlsx](http://www.frezzotti.eu/af_sec_2/tech_art/alim_semplice.xlsx)

Velocemente a 20.7 Vp si aggiungono i 2 x VD, che ora è meglio valutare come 2 Volt, totale 22.7. Il valore efficace è 16.09 V. Facendosi il trasformatore su misura si deve usare un filo per il secondario in grado di far passare la corrente richiesta maggiorato il più possibile per non far salire Rs. Commercialmente si trovano



valori standard come 18Volt. La potenza del trasformatore dev'essere almeno riferita a  $V_{totale}$  per corrente massima cioè  $22.7 \times 10.5$  ossia 239 VA.

La selezione del trasformatore va fatta con ponderazione, perché se l'uscita fosse troppo alta il regolatore sarebbe sollecitato termicamente in misura maggiore, ponendo problemi di alette, dissipatori forse anche ventilatori e quindi spazio in più.

I diodi in questa applicazione devono essere di grosse dimensioni. Anche la capacità deve sopportare la tensione citata, con un margine in più per sicurezza.



I transistor serie del regolatore dovranno dissipare una potenza data nella condizione di massimo carico dalla differenza tra valor medio ingresso  $V_c$  e  $V_{out}$  per la corrente. Nell'esempio 57W! Quindi usare più di un transistor finale e un buon dissipatore.

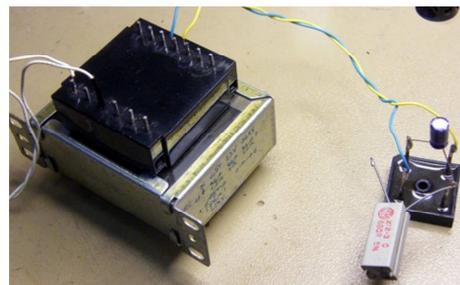
Il circuito del regolatore non è l'argomento di questa nota, inoltre si trovano in bibliografia ed in rete un gran numero di esempi e schemi. Solitamente preferisco un vecchio circuito integrato l'LM723 o uA723 che se usato come da dati tecnici va con successo.

## CONCLUSIONI

Per calcolare alimentatori di altra tipologia suggerisco di andare sul sito della National Semiconductor e cliccare sul power designer "WEBENCH" che è anche divertente.

Se poi è di interesse posso seguire con alcuni regolatori classici, come lo zener o la valvola stabilizzatrice e a circuito integrato p.e. LM317.

Per riprova ho preso un trasformatore in garage, secondario 24V, un ponte e una resistenza da 680 Ohm, un condensatore da 47 uF. La  $V_p$  misurata senza carico è di 33.5V. se vi sommo 1.4V e divido per 1.414 ritorna 24.7 Vrms. la misura col DVM da 24.5 Vrms. Non è il caso di fare gli schizzinosi, il conto torna. Poi con la formuletta faccio il conto di quanto ronzio c'è. Trovo che  $V_c = V_{iniziale} * e^{-\frac{t}{RC}}$  dopo 10 mS è 24.6 V con un ronzio di circa 8 Volt. Misurato con l'oscilloscopio ecco cosa si vede:



Buon divertimento, Alessandro Frezzotti