

ALIMENTATORI

Generalità.

Si è detto più volte che spesso la batteria di alimentazione di un circuito elettronico è in realtà un alimentatore (*power supply*), cioè una sorgente di tensione continua ottenuta a partire da una tensione alternata (normalmente quella di rete). Nella sua forma più elementare l'alimentatore è costituito (vedi fig. 1) da un trasformatore e da un circuito di raddrizzamento chiuso su un filtro.

Trasformatore. Il trasformatore (*transformer*) ha un duplice scopo. Esso permette di alimentare il circuito di raddrizzamento con la tensione voluta indipendentemente dal valore della tensione di rete; inoltre isola la sorgente continua da quella alternata.

Circuito di raddrizzamento. Il circuito di raddrizzamento (*rectifier circuit*) è necessario per poter convertire la tensione di ingresso, a valore medio nullo, in un'altra a valore medio diverso da zero; esso è normalmente del tipo a doppia semionda, a ponte di Graetz oppure con due soli diodi. In quest'ultimo caso il trasformatore deve avere il secondario a presa centrale.

Filtro. La forma d'onda del segnale all'uscita del raddrizzatore dipende dal filtro (*filter*) che è costituito da almeno un elemento reattivo (capacitivo oppure induttivo).



Fig.1 - Schema a blocchi di un alimentatore non stabilizzato.

Fattore di ondulazione (ripple). La tensione in uscita di un alimentatore non è in realtà continua, ma contiene una ondulazione residua (*ripple*) che converrà sia il più possibile piccola. Si introduce allora la *fattore di ondulazione* r , definito come rapporto tra il valore efficace della componente alternata del segnale in uscita ed il suo valore medio, oppure il ripple percentuale, $r\%$, pari a $100r$.

L'ondulazione residua in uscita costituisce un segnale indesiderato che, se il carico è un altoparlante, dà luogo in esso ad un suono cupo di fondo, il così detto *ronzio*. In seguito si useranno indifferentemente i termini ondulazione, ripple e ronzio.

Resistenza di uscita. La tensione in uscita di un alimentatore può dipendere dal valore della corrente continua I assorbita dal carico; se ciò accade vuol dire che l'alimentatore ha una resistenza di uscita R_o , non trascurabile. È necessario pertanto determinarne il valore, oppure ricavare la *curva di regolazione (regulation curve)* $V = f(I)$. Se questa curva è una retta orizzontale, l'uscita non dipende dal carico ($R_o = 0$).

Impedenza di uscita. Se l'alimentatore fornisce corrente ad un amplificatore, alla corrente continua erogata a riposo si sovrappone, in presenza di segnale applicato all'amplificatore, una componente alternata; tale componente dà luogo ad una c.d.t. sulla impedenza d'uscita (*output impedance*) del filtro che deve essere il più possibile piccola.

Alimentatore con filtro capacitivo.

In fig.2 sono rappresentati sia lo schema più semplice e più comune di alimentatore con filtro capacitivo (*capacitor filter*) che la forma d'onda sul carico. Si tratta in sostanza di un raddrizzatore di picco

Vale la pena di ricordare che il condensatore C non può mantenersi costantemente carico al valore massimo V_{IM} del segnale di ingresso, come avverrebbe se R_L fosse infinita, perché appunto trova una via di scarica attraverso essa. Se la costante di tempo del circuito di scarica (diode interdette):

$$\tau = CR_L$$

è abbastanza elevata rispetto al periodo del segnale, la tensione v ai capi di C diminuisce molto più lentamente di quanto non faccia la tensione di ingresso v_1 ; a partire da un certo istante, v_1 diventa maggiore di v e il diodo, prima interdette, riprende a condurre ricaricando C al valore massimo V_{IM} se il diodo viene supposto ideale.

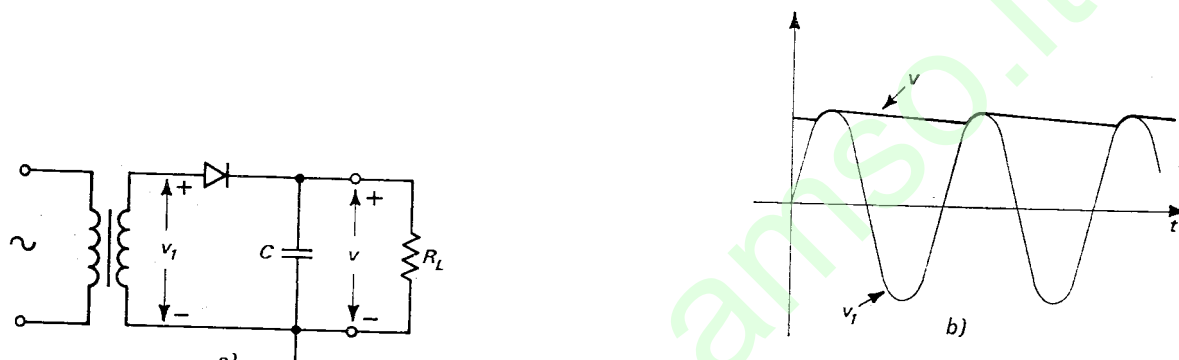


Fig. 2 - Alimentatore con raddrizzatore a **una** semionda e filtro capacitivo: a) circuito elettrico, b) forme d'onda.

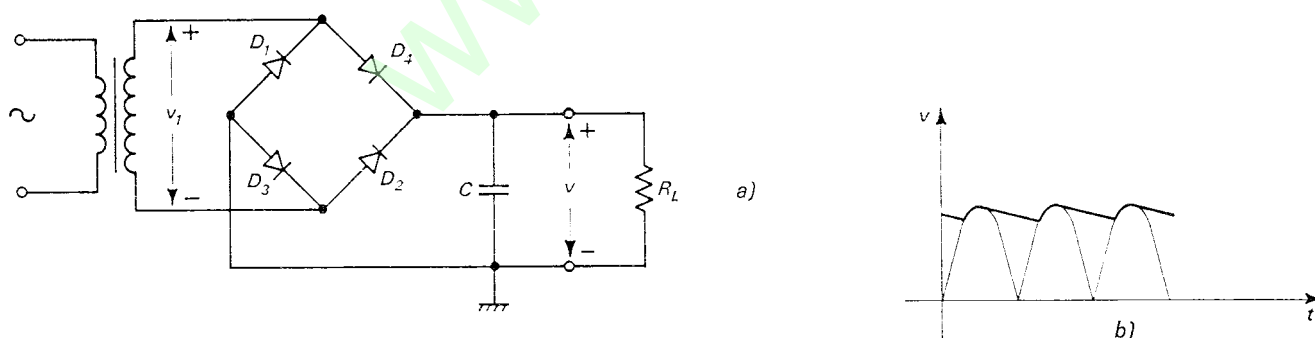


Fig. 3 - Alimentatore con raddrizzatore a **doppia** semionda e filtro capacitivo: a) circuito elettrico, b) forme d'onda.

La tensione in uscita, pertanto, non è costante, ma ondulata; affinché questa ondulazione sia il più possibile piccola occorre che la costante di tempo CR_L sia il più possibile grande. La capacità deve essere quindi tanto più elevata quanto maggiore è la corrente assorbita dal carico, cioè quanto più piccola è R_L . Ciò permette anche di aumentare la tensione continua all'uscita che è il valore medio di v .

Analoghi risultati, a parità di CR_L , si ottengono con un doppio raddrizzamento, ad esempio mediante un ponte di Graetz (fig. 3a); la forma d'onda di v è rappresentata in fig. 3b nella quale risulta a tratto sottile l'andamento che assumerebbe v , in assenza di C . Come si può osservare, la capacità C si

scarica di meno perché la scarica dura solo mezzo periodo circa, invece di un periodo come nel caso precedente.

Si osservi che la forma d'onda all'uscita dei raddrizzatori è completamente diversa ci sia o no la capacità di filtro.

Studio approssimato. Per determinare le grandezze dalle quali dipendono sia il ripple che la tensione continua V_m in uscita, conviene fare l'ipotesi che v vari linearmente nel tempo e che la ricarica del condensatore avvenga istantaneamente (fig.4); anche se la forma d'onda ad andamento triangolare che così si ottiene è abbastanza diversa da quella reale, i risultati praticamente coincidono nella ipotesi di una piccola ondulazione.

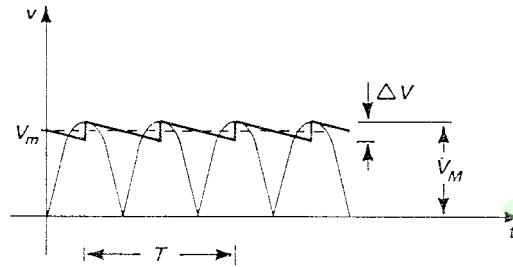


Fig.4 - Forma d'onda approssimata della tensione ai capi del carico nell'alimentatore di fig. 3a.

Tensione continua in uscita. Con riferimento alla fig.4, il valore medio V_m della tensione in uscita vale:

$$V_m = V_M - \frac{\Delta V}{2},$$

dove V_M , uguale a V_{IM} nella ipotesi che il diodo sia ideale, è il valore massimo della tensione in uscita con carico puramente resistivo e ΔV è l'ampiezza dell'onda triangolare.

Poiché si è supposto che la tensione ai capi del condensatore vari linearmente nel tempo durante la scarica, risulta $dv/dt = \text{cost}$; per la $i=Cdv/dt$ anche la corrente che attraversa il condensatore è costante. Questa corrente I coincide con quella assorbita dal carico poiché i diodi sono interdetti.

Indicando con ΔQ la carica perduta nell'intervallo di tempo $T/2$ dal condensatore per fornire la corrente I al carico, risulta:

$$\Delta V = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I \frac{T}{2}}{C} = \frac{I}{2fC}.$$

Sostituendo nella equazione si ottiene:

$$V_m = V_M - \frac{I}{4fC}.$$

Resistenza di uscita. Dalla equazione precedente appare che la tensione continua in uscita è al massimo uguale a V_M e diminuisce linearmente all'aumentare della corrente assorbita dal carico.

1 Infatti la pendenza della tensione di scarica, dv/dt è costante.

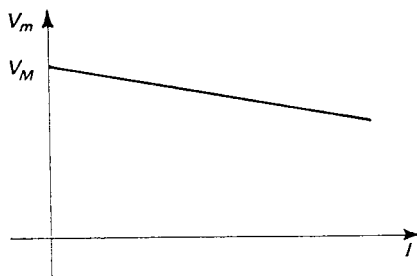


Fig.5 - Curva di regolazione di un alimentatore con filtro capacitivo.

La curva di regolazione è pertanto una retta (fig.5) la cui inclinazione è funzione della capacità C del condensatore. Questo alimentatore non ha perciò una buona regolazione perché la tensione in uscita dipende sensibilmente dal carico. La resistenza di uscita vale:

$$R_o = \frac{\Delta V_m}{\Delta I} = \frac{1}{4fC}$$

Ad esempio, per avere una $R_o = 5 \Omega$ alla frequenza di 50 Hz (frequenza di rete) è necessario scegliere un condensatore del valore di 1000 μF ; si devono perciò usare condensatori elettrolitici di valore elevato.

Impedenza di uscita. La impedenza di uscita coincide praticamente con la reattanza del condensatore C .

Ripple. Per definizione il ripple vale:

$$r = \frac{V_r}{V_m}$$

dove V_r è il valore efficace della tensione di ripple.

Il valore efficace di un'onda triangolare di ampiezza ΔV e periodo $T/2$, riferito al suo valore medio, vale:

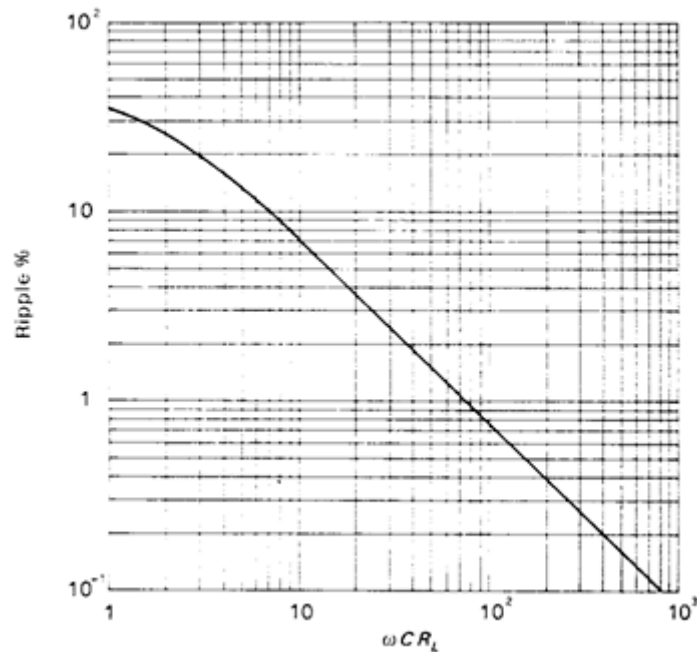
$$V_r = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}}$$

dove ΔV è espresso dalla eq. (5).

Poiché si suppone che venga erogata al carico una corrente continua, risulta:

$$V_m = R_L I$$

Fig. 6 - Andamento del ripple in funzione di $\omega C R_L$ in un alimentatore a doppia semionda con filtro capacitivo.



Sostituendo le equazioni si ottiene:

$$r = \frac{\frac{I}{4\sqrt{3}fC}}{R_L I} = \frac{1}{4\sqrt{3}fCR_L}$$

Il ripple è inversamente proporzionale al prodotto ωCR_L ; per una buona stabilizzazione occorre pertanto non soltanto una capacità elevata, ma anche una resistenza di carico elevata.

Sperimentalmente si ottiene la curva di fig.6 che coincide con buona approssimazione con quella che si può ricavare dalla equazione, purché la regolazione sia buona.

Può essere conveniente scrivere la equazione per $f = 50$ Hz; segue:

$$r \simeq \frac{2,9}{CR_L}$$

dove C è espresso in uF e R_L in k Ω .

Progetto Alimentatore con Raddrizzatore a ponte di Graetz con filtro capacitivo

Dati di Ingresso del Progetto:

$V_m = 9 \text{ V}$
 $I = 0,45 \text{ A}$
 $r\% = 10$

$f = 50 \text{ Hz}$

Autori:
prof. Ciro Amoroso
Rossi Enrico 5LA

1) Calcolo il valore della resistenza di carico R_l

$$R_l = V_m / I = 20 \Omega$$

2) Calcolo il valore assoluto del Ripple

$$r = r\% / 100 = 0,1$$

3) Calcolo il valore della capacità del condensatore da inserire in parallelo al carico R_l

sapendo che
$$r = 1 / (6,93 * f * R_l * C)$$

applico la formula inversa

$$C = 1 / (6,93 * r * f * R_l) = 0,001443 \text{ F}$$

4) Calcolo la resistenza di uscita dell'alimentatore

$$R_o = 1 / (4 * f * C) = 3,465 \Omega$$

5) Calcolo ΔV

$$\Delta V = I / (2 * f * C) = 3,1185 \text{ V}$$

6) il segnale sinusoidale all'ingresso dovrà avere V_M

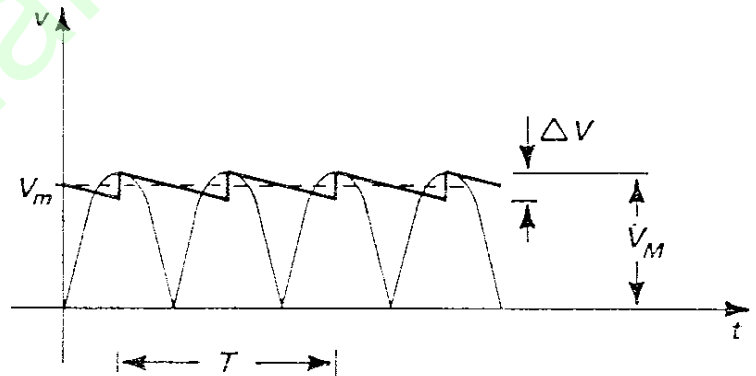
$$V_M = V_m + k * V_F + \Delta V / 2 = 12,55925 \text{ V}$$

V_m : Tensione continua in uscita

I : corrente al carico

$r\%$: ripple percentuale

f : frequenza del segnale sinusoidale



$V_F = 1 \text{ V}$ per ogni diodo che conduce

$K=2$ poiché nel ponte di Graetz conducono 2 diodi

$$K * V_F = 2 * 1 = 2$$

Risposta:

All'ingresso del ponte di Graetz o all'uscita del trasformatore dobbiamo avere un segnale sinusoidale con il valore di $12,55925 \text{ V}$ e frequenza 50 Hz

Alimentatore a ponte di Graetz con filtro capacitivo

