

## COS'È UN ALIMENTATORE?

Sappiamo che nella maggior parte degli impianti domestici, come nelle scuole e nei luoghi di lavoro, l'energia elettrica arriva sotto forma di tensione alternata a 230 V (per uso civile) o 380 V (per uso industriale).

Molti elettrodomestici di uso comune funzionano con la tensione di rete. Tra questi il forno elettrico, l'asciugacapelli, la lavatrice, eccetera.

Ma ci sono molti altri utilizzatori che sembrano funzionare con la tensione di rete.

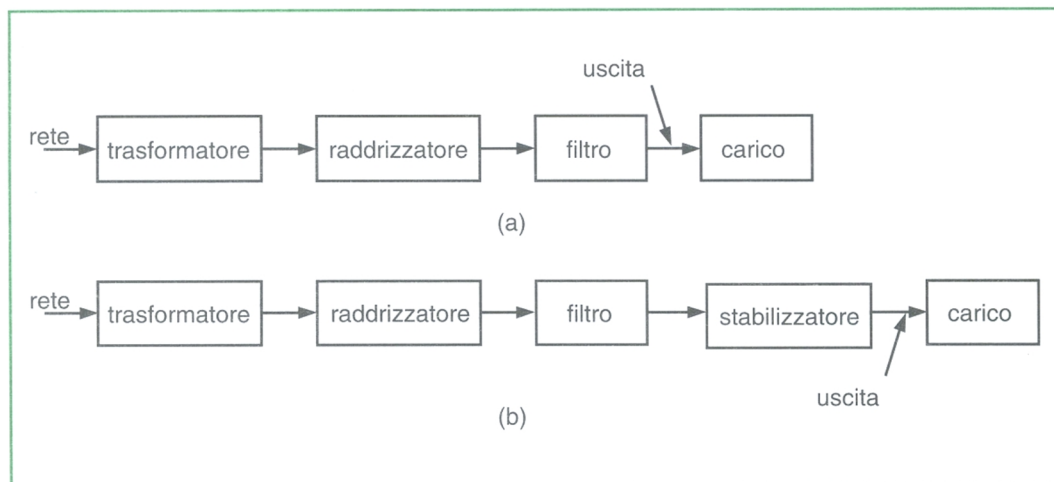
Prendiamo per esempio una comune radio. Molte radio possono funzionare sia collegandole alla rete domestica, sia inserendo delle pile (quindi, per esempio con 9 o 12 V in continua).

Come è possibile che lo stesso apparecchio possa funzionare con due alimentazioni così differenti?

Abbiamo davanti molti altri esempi di questo genere. Il computer, per esempio, contiene al suo interno numerosi circuiti che funzionano in continua con tensioni di 5 o 12 V. Anche i moderni telefoni, i televisori, i video registratori ed altri ancora, pur collegandosi alla rete domestica, necessitano di tensioni molto basse e generalmente continue e non alternate.

I dispositivi che hanno il compito di trasformare la tensione alternata di rete in una continua di valore inferiore si chiamano **alimentatori**.

**Un alimentatore (power supply) si può considerare un convertitore AC/DC.**



Schema a blocchi non stabilizzato (a) e stabilizzato (b).

Esistono numerosi tipi di alimentatori, tutti comunque riducibili allo stesso schema di base.

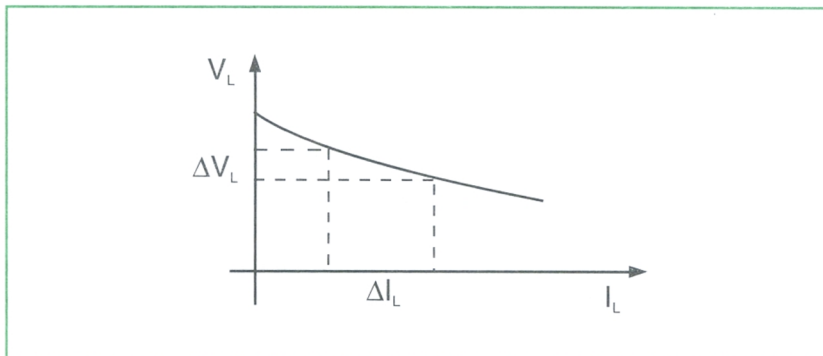
Infatti ogni alimentatore è composto da:

- un trasformatore per ridurre il valore della tensione di rete
- un circuito raddrizzatore (generalmente a doppia semionda)
- un circuito livellatore (un filtro)

Inoltre tutti gli alimentatori di buona qualità devono avere uno stadio finale con il compito di **stabilizzare** la tensione continua. In tal caso l'alimentatore si dice **stabilizzato**.

## CARATTERISTICHE GENERALI DI UN ALIMENTATORE

La tensione d'uscita di un alimentatore non stabilizzato dipende in buona misura dalla corrente erogata al carico. Al crescere di quest'ultima, il valore della tensione diminuisce. L'andamento della tensione al variare della corrente erogata prende il nome di **caratteristica di regolazione** dell'alimentatore.



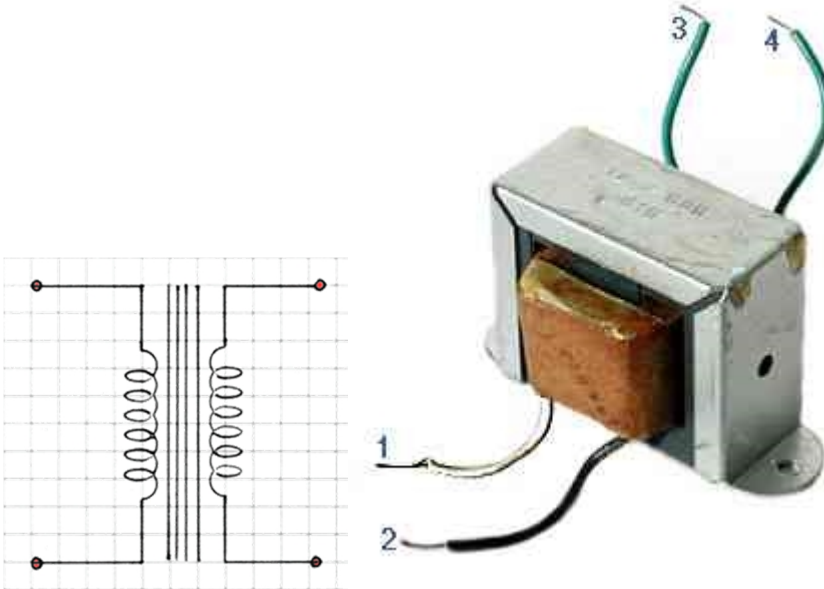
*Caratteristica di regolazione di un alimentatore. La tensione d'uscita  $V_L$  diminuisce all'aumentare della corrente  $I_L$  fornita al carico.*

## IL TRASFORMATORE

Il trasformatore ha il compito di abbassare la tensione di rete; esso è composto in genere da due avvolgimenti distinti: uno, di entrata, detto primario, che viene collegato a 220V; uno di uscita, detto secondario, che fornisce una tensione più bassa di quella in entrata, adatta alle esigenze dell'utilizzatore, cioè dell'apparecchio che si vuole alimentare.

A seconda dei tipi, il trasformatore può avere uno o due avvolgimenti secondari.

Nella figura sottostante (sinistra) possiamo vedere il simbolo del trasformatore mentre dall'altra parte (destra) come si presenta nella realtà.



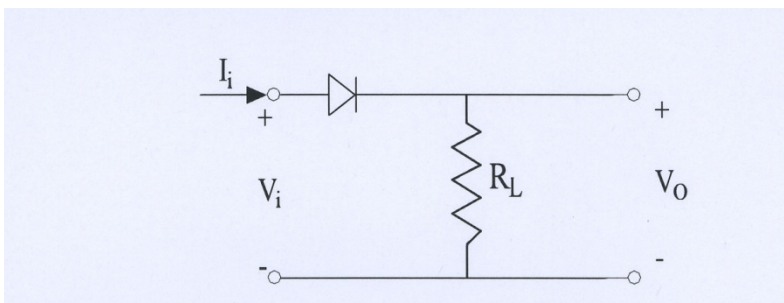
## IL RADDRIZZATORE

La tensione che esce dal trasformatore non può alimentare un apparecchio fatto per funzionare con delle pile ; le pile hanno infatti una tensione continua, la tensione che esce dal trasformatore è ancora una tensione alternata, il che vuol dire che cambia di polarità continuamente (per l'esattezza: 50 volte al secondo). Occorre allora "raddrizzare" tale tensione, per ottenere che all'utilizzatore arrivi un flusso di corrente diretto sempre nello stesso verso. Il compito di bloccare la corrente nei momenti in cui il flusso si inverte è affidato al diodo; si possono usare uno, due o quattro diodi, secondo vari circuiti , noi prenderemo in esame il circuito che utilizza un solo diodo.

Bisogna ricordare che il diodo conduce solo se polarizzato direttamente e se la tensione applicata è superiore a  $V_y$ , questa caratteristica viene utilizzata dai circuiti, che prendono il nome di circuiti raddrizzatori: in essi, il diodo ha l'effetto di lasciare invariata la forma d'onda della tensione in ingresso quando essa è positiva e, invece, di abbatterla (oppure, in casi particolari, di ribaltarla ma non è il nostro caso) quando essa è negativa.

Vogliamo allora studiare il funzionamento e le prestazioni del circuito raddrizzatore a singola semionda

Un semplice esempio di circuito raddrizzatore a diodi è riportato nella figura seguente:



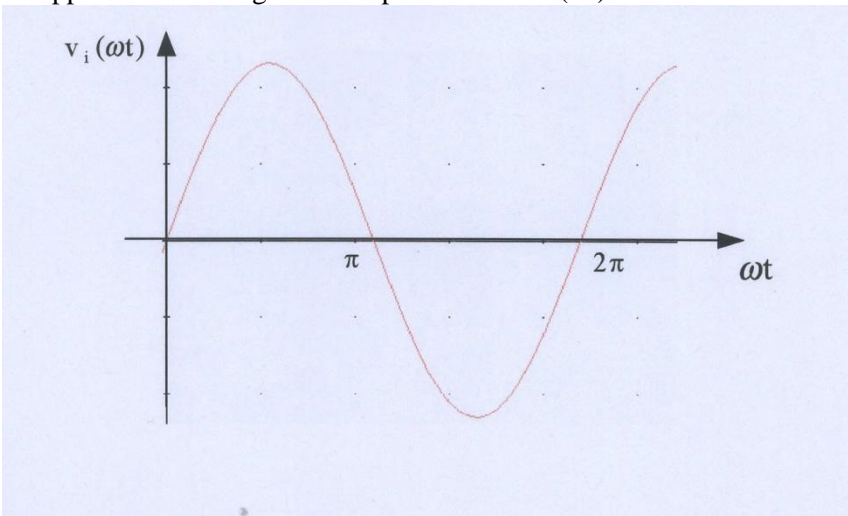
A noi interessa determinare la caratteristica statica ingresso-uscita in tensione di questo circuito, ossia il legame tra la tensione in ingresso e quella in uscita. Ancora una volta,

possiamo procedere inizialmente per via essenzialmente intuitiva, mentre successivamente cercheremo conferma delle conclusioni ottenute mediante metodi formali più rigorosi.

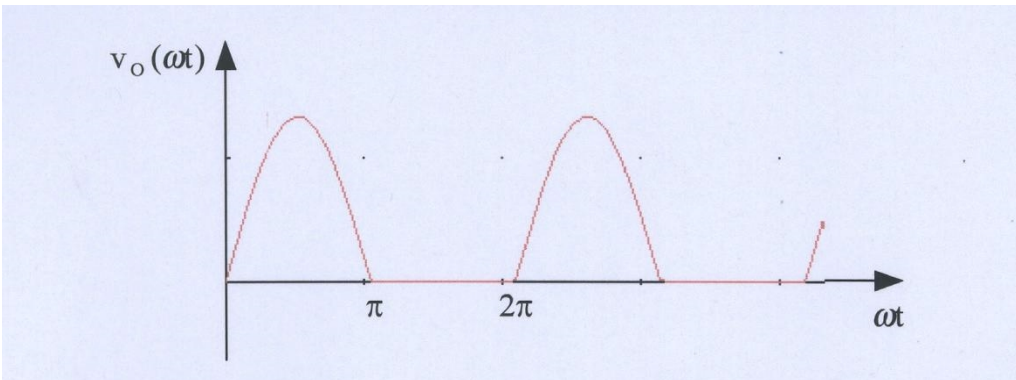
Anche in questo caso, è evidente che il comportamento del circuito dipende dal fatto che il diodo sia acceso o spento (polarizzazione diretta o inversa).

La prima possibilità è che la tensione ai capi del diodo lo polarizzi direttamente, ma sia inferiore alla tensione di accensione  $V$  di soglia del diodo stesso, in questo caso il diodo è spento, per cui non lascia passare corrente; se non passa corrente, la caduta di tensione sul resistore è nulla, lo stesso vale per la seconda possibilità che avviene quando il diodo viene polarizzato inversamente, salvo non si raggiunga la tensione di rottura del diodo (effetto valanga), mentre, la terza possibilità, è che venga polarizzato direttamente, ma con valore superiore alla tensione di soglia avremo un passaggio di corrente e di conseguenza una caduta sulla resistenza di carico spesso indicata con  $R_c$

Se applichiamo un segnale del tipo sinusoidale ( $V_i$ )



avremo all'uscita  $V_o$



Questo grafico è però approssimato, in quanto c'è una cosa importante da sottolineare: non si è tenuto conto che il diodo conduce solo quando polarizzato direttamente supera la  $V_\gamma$ , quindi, la tensione di uscita è identica a quella di ingresso solo quando quest'ultima supera la  $V_\gamma$

Naturalmente, considerando che, nella maggior parte delle applicazioni, il valore massimo assunto dalla tensione in ingresso è abbastanza maggiore del valore di  $V_\gamma$  (che è quasi sempre dell'ordine di 0.6V), il fatto che la tensione si annulli poco prima di  $\pi$  e "riparta", per

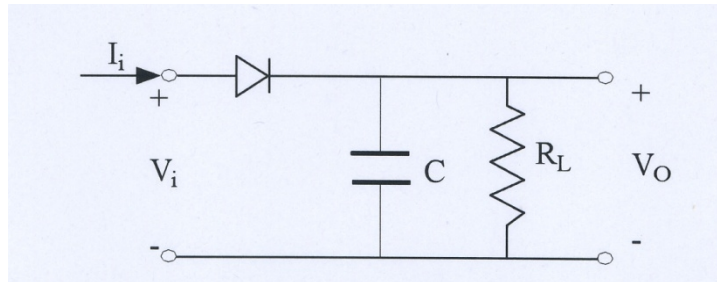




così dire, poco dopo  $2\pi$ , è praticamente impercettibile. Dove, invece, il valore massimo della tensione in ingresso è confrontabile con  $V_r$ , allora la cosa risulta più evidente. Infine, ricordiamo che un circuito come quello appena esaminato si definisce propriamente raddrizzatore a singola semionda in quanto esso azzerava semplicemente la forma d'onda negativa..

### Inserimento di una capacità nel circuito raddrizzatore

Nell'ottica di quanto detto circa il comportamento di un circuito raddrizzatore ( come quello esaminato), vediamo come cambiano le cose se inseriamo, in parallelo al carico  $R_L$  (o  $R_C$ ), un condensatore lineare di capacità  $C$ :

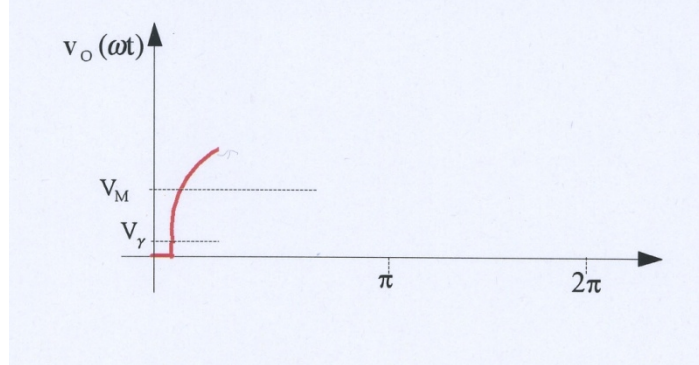


E' subito intuitivo aspettarsi che questo condensatore modifichi profondamente il comportamento del circuito visto prima: infatti, esso introduce nel circuito una costante di tempo, determinando così un comportamento dinamico radicalmente diverso dal comportamento statico esaminato fino ad ora.

Analizziamo allora da un punto di vista qualitativo il comportamento di questo circuito.

La forma d'onda della tensione in ingresso è ancora una volta quella sinusoidale vista in precedenza. Supponiamo di partire da una condizione iniziale in cui la tensione in ingresso vale 0 a  $t=0$  e il condensatore è ancora scarico. A questo punto, la forma d'onda della tensione  $v_i(\omega t)$  prende a salire. Come detto prima, finché la tensione ai capi del diodo è al di sotto della  $V_r$ , il diodo rimane spento: di conseguenza, nel ramo del carico e del condensatore non fluisce corrente, per cui la tensione di uscita è nulla, mentre la tensione ai capi del diodo è esattamente pari alla tensione in ingresso.

Arriva poi il momento in cui la tensione  $V_i$  eguaglia il valore  $V_r$ : a questo punto, il diodo si accende e va in conduzione, mantenendo approssimativamente costante ai suoi capi la tensione  $V_r$ ; andando in conduzione, esso lascia passare corrente e questa corrente si ripartisce tra il condensatore ed il carico, i quali sono in parallelo: questa corrente fa sì che la tensione ai capi di questo parallelo prenda a seguire la tensione in ingresso (salvo la piccola caduta di tensione sul diodo), per cui possiamo cominciare a disegnare l'andamento della tensione di uscita nel modo seguente:



Quindi, mentre il diodo è in conduzione (a tensione approssimativamente costante e pari a  $V_Y$ ), la situazione è del tutto analoga a quella esaminata quando mancava il condensatore; la differenza, le cui conseguenze saranno chiare tra un attimo, è nel fatto che è partito un processo di carica del condensatore stesso.

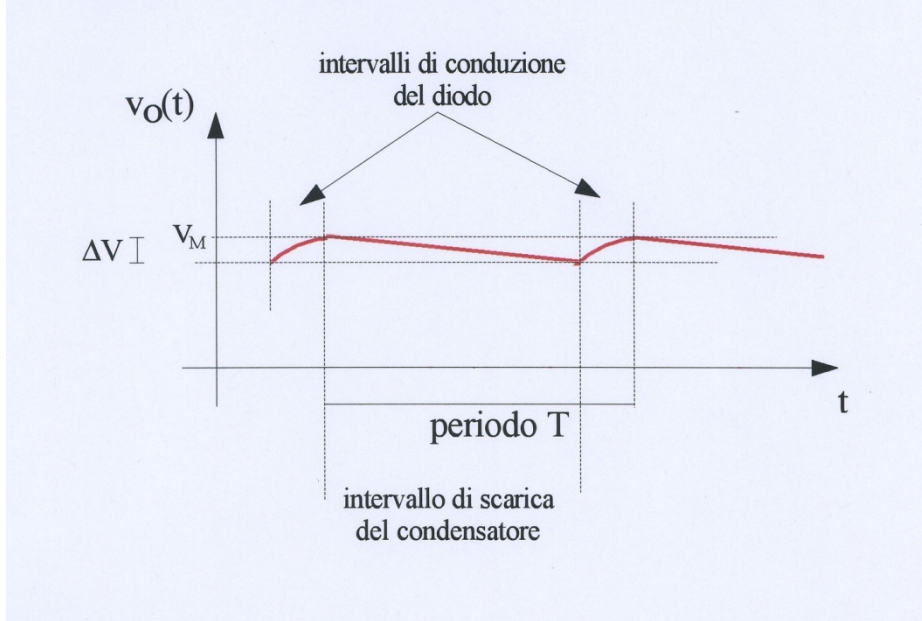
Man mano che la tensione di ingresso cresce, cresce anche la tensione ai capi del condensatore (e quindi del carico); si arriva allora al momento in cui la tensione di ingresso e la tensione di uscita raggiungono entrambe il valore di picco  $V_M$ ; a questo punto, la tensione in ingresso prende nuovamente a scendere e ciò fa sì che la tensione ai capi del diodo non sia più  $V_Y$ , ma scenda al di sotto di tale valore; ciò comporta, evidentemente, che il diodo si spenga (sul k abbiamo il c carico mentre su a la tensione scende, prima portandolo al disotto della tensione di soglia e poi polarizzazione inversa).

Se il diodo si spegne, non lascia passare corrente, per cui è come se il circuito si riducesse soltanto al parallelo tra il condensatore ed il resistore  $r_l$  ( $R_c$ ). Essendo il condensatore carico, parte il processo di scarica del condensatore stesso (che costituisce una novità rispetto a quando il condensatore era assente) e sappiamo bene che tale scarica avviene con una costante di tempo pari a  $T=CRL$ ; ciò significa che, dopo un intervallo di tempo pari a circa 4-5 costanti di tempo, il condensatore sarà completamente scarico.

Senonché, mentre il condensatore si va scaricando, la tensione in ingresso  $V_i$  continua a variare (e con essa varia anche la tensione ai capi del diodo, che segue perfettamente il suo andamento, anche se i valori sono ovviamente diversi, dato che c'è una tensione non nulla sul parallelo); essa scende, diventa negativa, raggiunge il picco inferiore (pari a  $-v_m$ ) e poi riprende a salire; arriva allora il momento in cui il suo valore e quello della tensione del condensatore (che nel frattempo si sta scaricando), sono tali che la tensione ai capi del diodo superi nuovamente il valore  $V_Y$ : a questo punto, il diodo rientra in conduzione: se la scarica del condensatore non si è ancora completata (cosa che dipende dal valore della costante di tempo), essa si interrompe e riparte invece la carica. La tensione di uscita riprende ora a seguire perfettamente quella di ingresso.

Ovviamente, a questo punto si ripete il ciclo di prima, in quanto il diodo conduce quel tanto che è necessario per riportare la tensione sul condensatore al valore  $v_m$ ; appena questo valore viene raggiunto, il diodo si spegne nuovamente e quindi riprende la scarica.

Possiamo in definitiva completare l'andamento della tensione di uscita nel modo seguente:



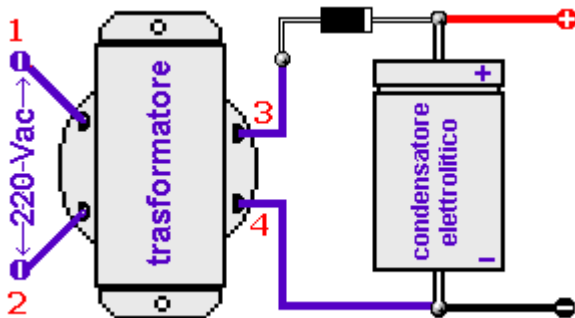
## Influenza di C sulla tensione sul carico

E' evidente, dunque, che, grazie alla presenza del condensatore, riusciamo a mantenere la tensione ai capi del carico nell'intorno del valore  $v_m$ . La massima differenza raggiunta dalla tensione sul carico, rispetto al valore  $v_m$ , è stata indicata nella figura con  $\Delta V$  e prende il nome di ripple di tensione (fattore di ripple).

Se vogliamo rendere la tensione ai capi del carico il più possibile costante, dobbiamo minimizzare il valore di  $\Delta V$ . Ci poniamo quindi il problema di come effettuare questa minimizzazione. Il discorso qualitativo fatto prima da già una risposta a questa domanda: infatti, è evidente che una riduzione di  $\Delta V$  si ottiene riducendo il tempo che il condensatore ha a disposizione per scaricarsi. Allora, dato che non possiamo agire sulla forma d'onda della tensione, la cui frequenza è costante, dobbiamo necessariamente agire sulla costante di tempo  $T = R_b C$  della scarica del condensatore: in particolare, dobbiamo aumentare il valore di questa costante di tempo, in modo tale che la scarica richieda più tempo. Per aumentare  $t$ , non possiamo ovviamente aumentare  $R_l$ , che dipende dal carico, per cui l'unica possibilità è aumentare il valore di  $C$ .

## In Laboratorio

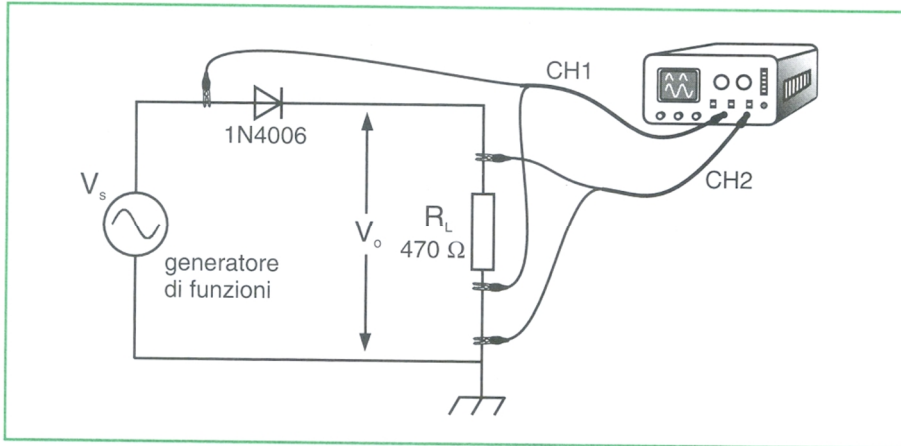
Volendo realizzare in pratica un alimentatore ci può essere utile la seguente figura:



Nella realizzazione bisogna tener presente che la tensione del C deve essere superiore a quella di uscita, mentre per il diodo bisogna tener presente di utilizzare sempre un diodo del tipo raddrizzatore, con  $I_d$  superiore a quella richiesta dal carico o fornita dall'alimentatore, con tensione di soglia la più bassa possibile e tensione di pol. Inv. almeno il doppio se non il triplo di quella di alimentazione (intesa uscita dell'alimentatore).

In laboratorio è possibile realizzare il seguente circuito per visualizzare l'andamento di  $V$  e in seguito collegare vari valori di C per visualizzare il ripple oppure far variare il carico ( $R_c$ ) con C costante.

$V_s$  potrà essere sostituito da un piccolo trasformatore



1