

ALIMENTATORE STABILIZZATO

Gli alimentatori sono dispositivi che, a partire dalla tensione di rete ($V_{AC} = 220\text{ V}$ efficaci, 50 Hz) forniscono una tensione continua (V_{CC}) di valore opportuno in grado di alimentare un carico (R) con una corrente continua (I_{CC}).

Lo schema a blocchi completo di un alimentatore è il seguente:

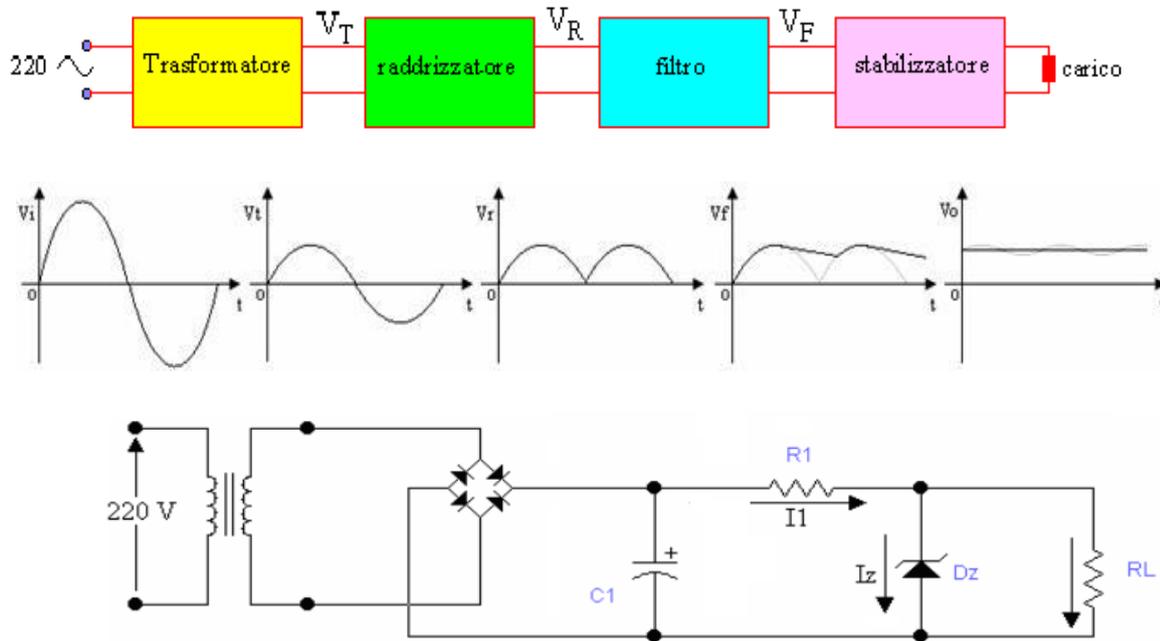


Fig.1

TASFOMATORE

Il trasformatore ha il compito di abbassare l'ampiezza della tensione di rete ad un valore inferiore, circa uguale (leggermente superiore) a quello finale desiderata.

I trasformatori sono macchine elettriche:

1. **statiche**, cioè non hanno parti in movimento;
2. **funzionanti** a corrente alternata sinusoidale;
3. **Reversibili**: l'ingresso può diventare uscita e quest'ultima ingresso;
4. **Trasformano** i parametri in ingresso (tensione e corrente) rispetto a quelli in uscita, per mantenere costante la potenza elettrica apparente $S = VI$;
5. **hanno rendimento (η)**: molto alto (0,9), perdite molto basse e idealmente uguale a 1.
 $\eta = \text{Potenza utilizzata} / \text{potenza fornita o erogata}$
6. **consentono** un trasferimento di potenza fra due o più circuiti, pur essendo galvanicamente isolati fra loro, sfruttando il principio della **mutua induzione**.

La **mutua induttanza** (o mutua induzione) è l'**induttanza** fra due circuiti elettricamente separati, quando il **campo magnetico** generato da uno esercita una **forza elettromotrice** sull'altro, e viceversa.

f.e.m., è il lavoro per unità di carica compiuto dalla batteria per muovere le cariche (convenzionalmente positive) dal polo a basso potenziale al polo a potenziale più alto.

TRASFORMATORE IDEALE:

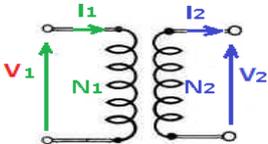


Fig. 2

È costituito da un **avvolgimento primario** ($N_1 =$ numero di spire) e da un **avvolgimento secondario** ($N_2 =$ numero di spire), avvolti in un nucleo ferromagnetico.

La tensione al secondario (V_2) si forma per induzione elettromagnetica.

La tensione al primario (V_1), la tensione al secondario (V_2), il numero di spire N_1 , N_2 , sono legate dalla relazione:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

($N_1 / N_2 = k$) è definito il **rapporto di trasformazione**

Come si può notare, variando il numero di *spire* del primario (N_1), rispetto al secondario (N_2), è possibile variare il rapporto tra le tensioni e quindi delle correnti, a condizione che la potenza apparente di ingresso $S_1 = V_1 I_1$ risulta uguale alla potenza apparente in uscita $S_2 = V_2 I_2$.

$S_1 = S_2 \rightarrow V_1 I_1 = V_2 I_2$ e se $V_1 > V_2$ Di conseguenza $I_1 < I_2$.

- Corrente minore resistenza elevata (prima legge di Ohm);
- Resistenza più grande corrisponde sezione minore (seconda legge di Ohm).

IL RADDRIZZATORE (a doppia semionda, detto anche "ponte di Graetz")

ha il compito di trasformare la tensione sinusoidale a valor medio nullo all'uscita del trasformatore in una tensione unidirezionale pulsante, a valore medio diverso da zero, contenente perciò una componente continua

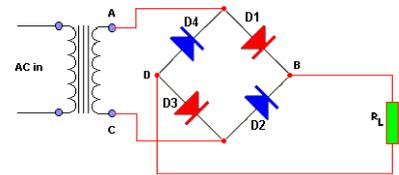


Fig.3

il funzionamento è il seguente:

1) durante la semionda positiva D_1 e D_3 sono ON, mentre D_2 e D_4 OFF.

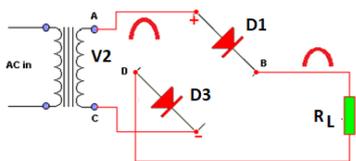


Fig. 4

2) durante la semionda negativa D_2 e D_4 sono ON, mentre D_1 e D_3 OFF.

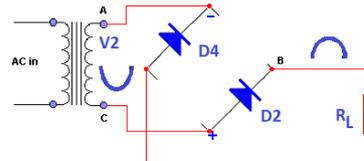
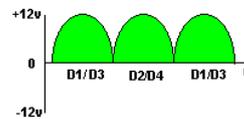
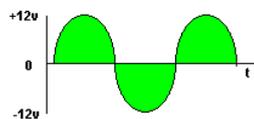


Fig. 5



$$V_{RL} = V_2 - 0,6 \text{ Volt} - 0,6 \text{ Volt} \rightarrow V_R = V_2 - 1,2 \text{ Volt} \text{ (tensione presente sul carico } R_L \text{)}.$$

Si noti che, mentre l'onda di ingresso ha valor medio nullo e frequenza 50 Hz, l'onda di uscita ha un valore medio positivo e frequenza 100 Hz. Tale valore medio si può dimostrare essere uguale a

$$V_{medio} = \frac{2 \cdot V_P}{\pi}$$

dove V_p è il valore massimo dell'onda raddrizzata.

Il valore efficace dell'onda raddrizzata è

$$V_{efficace} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

FILTRO DI LIVELLAMENTO

Il filtro consiste sostanzialmente nel condensatore di alta capacità (dell'ordine di migliaia di microfarad) che, viene posto in parallelo All'uscita del circuito raddrizzatore in modo da approssimare l'onda ottenuta dal raddrizzatore ad un'onda continua (ridurre le ondulazioni). Il filtro che viene adoperato più comunemente negli alimentatori è un **semplice filtro capacitivo, passa-basso**, posto come in Fig. 6.

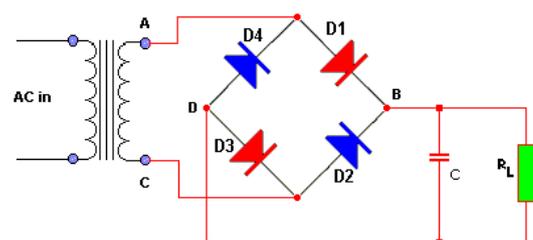


Fig. 6

L'analisi del comportamento del condensatore appena introdotto può essere fatta sia:

- A) in frequenza;
- B) nel tempo.

In **frequenza** si sa che esso è un **filtro passa basso** $(r_{d1}+r_{d2})C$ e quindi occorrerà dimensionarlo in modo che tagli tutte le frequenze da 100 Hz in poi, lasciando la continua di ampiezza $0,637V_p$.

L'analisi nel tempo è invece quella che segue: Osservando la Fig.7, durante il primo semiperiodo del segnale d'ingresso, ossia durante i primi $1/(2 \times 100) = 5\text{msec}$, il condensatore si carica. La resistenza che vede in questa fase è data dalla serie delle resistenze dei due diodi in conduzione, in parallelo alla resistenza di carico R_L : $R = (r_{d1}+r_{d2})//R_L$.

Questa resistenza è bassissima, per cui il condensatore si caricherà molto rapidamente, con una costante di tempo $(\tau=RC)$ seguendo l'incremento della sinusoide che rappresenta la tensione sul secondario del trasformatore arrivando alla massima carica dopo un tempo $T = 5\tau$.

$$V_C = V_2 (1 - e^{-t/RC})$$

Dopo il primo quarto di periodo la tensione d'ingresso inizia a diminuire; C rimane per un istante carico alla tensione massima raggiunta prima e quindi i diodi, anche quelli che conducevano prima, si interdicono.

In questa fase quindi C si scaricherà attraverso la sola R_L (con una costante $\tau=R_L C$) e quindi molto più lentamente di prima.

$$V_C = V_2 e^{-t/R_L C}$$

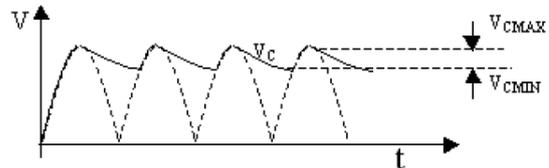


Fig. 7

Appena la tensione all'ingresso supera quella raggiunta nel frattempo dal condensatore, quest'ultimo riprende a condurre e si ricaricherà fino al valore massimo, come prima; e così via.

L'andamento della tensione ai capi del condensatore e del carico sarà adesso di tipo ondulatorio, variabile tra un valore V_{CMAX} e V_{CMIN} (vedi figura) senza però mai arrivare al valore zero. Queste variazioni della forma d'onda vengono denominate "**ondulazioni residue**" o semplicemente "**ripple: reppol**".

La bontà di un alimentatore si misura quantificando il valore $\Delta V = V_{CMAX} - V_{CMIN}$ (ondulazione) che deve essere il più basso possibile.

$$r \% = (\Delta V / V_{odc}) * 100$$

la componente continua della tensione di uscita (**Vodc**) è uguale al valore efficace.

Nel caso in cui si usino **raddrizzatori a doppia semi onda** il valore capacità di vitro si può calcolare con la seguente formula $C = 0,003 / (R \cdot r)$

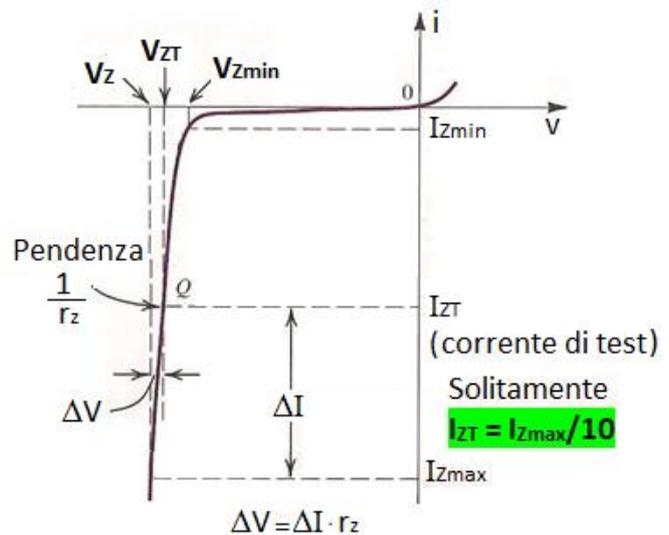
In parallelo al condensatore di grossa capacità ($>1000\mu\text{F}$ elettrolitico), si pone un condensatore in poliestere o ceramico da $0,1\mu\text{F}$, necessario per scaricare a massa i disturbi di alta frequenza.

Un altro filtro capacitivo con valore di C più basso ($10 - 100 \mu\text{F}$) è posto anche all'uscita dello stabilizzatore per migliorare ulteriormente la V_{OUT} .

STABILIZZATORE DI TENSIONE CON DIODO ZENER

Un utilizzo tipico del diodo Zener è quello di stabilizzatore o regolatore di tensione (voltage regulator "vultaj reghelator"), riceve una tensione d'ingresso di valore variabile in un dato intervallo e produce una tensione costante di valore predefinito.

Questi particolari diodi sfruttano il funzionamento nella **regione di breakdown** dei diodi classici (polarizzazione inversa), invece si comportano in modo identico ai diodi classici quando sono polarizzati direttamente.



PARAMETRI CARATTERISTICI PIU' IMPORTANTI DEI DIODI ZENER (DATA SHEETS)

TENSIONE ZENER MASSIMA E MINIMA - CORRENTE ZENER MINIMA E MASSIMA

IMPEDENZA DIFFERENZIALE - MASSIMA POTENZA AMMESSIBILE

Si considera la serie nord America 1N4614 ÷ 1N4627 e 1N4099 ÷ 1N4135

La serie europea **La serie BZX**

BZX79C12 è un diodo zener da 12V 0,5W (massima potenza ammissibile)

BZX79C4V7 è uno zener da 4,7V 0,5W

BZX85C5V1 è uno zener da 6,8V 1,3W

La serie Z

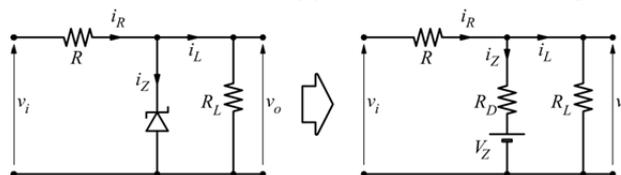
ZPD3,9V è uno zener da 3,9V 0,5W

ZPY3,9V è uno zener da 3,9V 1,3W

ZPY18V è uno zener da 18V 1,3W

ZY5,6V è uno zener da 5,6V 2W

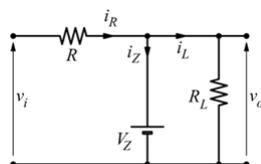
Il diodo Zener usato come stabilizzatore viene applicato tramite la seguente configurazione:



Lo zener garantisce sul carico una tensione costante pari a V_{ZT} (tensione zener), purché la corrente I_{ZT} venga mantenuta superiore rispetto alla minima corrente inversa I_{Zmin} . Solitamente $I_{ZT} = I_{Zmax}/10$. La resistenza R serve a limitare la corrente nello zener. Per la legge di Ohm:

$$R = \frac{V_R}{i_R} \rightarrow R = \frac{V_R}{i_Z + i_L}$$

trascurando in prima approssimazione la c.d.t. su R_D si ha.



$$R = \frac{v_i - V_Z}{I_Z + i_L}$$

Considerando che V_Z è affetto da una tolleranza, la i_L è massima quando la tensione V_Z è massima, viceversa essa è minima quando V_Z è minima.

$$R_{max} = \frac{v_{i min} - V_{Z max}}{I_{Z min} + i_{L max}}$$

$$R_{min} = \frac{v_{i max} - V_{Z min}}{I_{Z max} + i_{L min}}$$

in pratica si usa la

$$R_{max} = \frac{v_{i min} - V_Z}{I_{Z min} + i_{L max}}$$

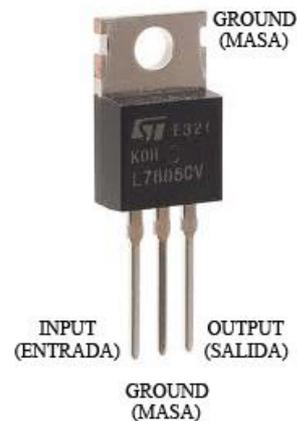
con valori di R superiori non è garantita una corretta stabilizzazione. Valori più piccoli sono accettabili ma comportano una inutile dissipazione di potenza aggiuntiva.

ALIMENTATORI STABILIZZATI CON 78XX Uno dei svantaggi del regolatore visto prima è che funziona a tensione fissa e quest'ultima non può essere regolata se non dissaldando un componente. Per prevenire a questo inconveniente si utilizza un integrato che permette una regolazione di tensione fra valori prefissati dal costruttore.

Negli anni '70 qualche azienda ha pensato di costruire un singolo componente con all'interno tutti i circuiti necessari per stabilizzare la tensione. Questi integrati hanno avuto un fortissimo successo e vengono distribuiti ancora oggi.

Vengono identificati dalla sigla 78 seguita dalla tensione di stabilizzazione, ad esempio è possibile trovare il modello 7805 che stabilizza a 5V, il modello 7812 che stabilizza a 12V e via di seguito.

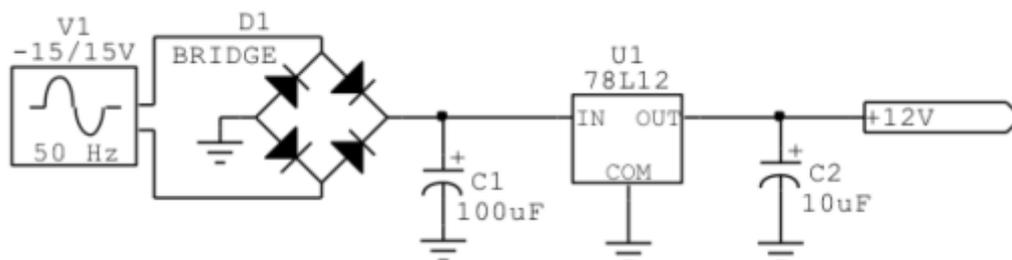
Tra le caratteristiche interessanti di questi integrati c'è quella che sono protetti internamente contro i cortocircuiti e i sovraccarichi; dei circuiti interni riescono a sentire quando la temperatura è troppo elevata e staccano il carico, così come quando la corrente assorbita è troppo elevata.



Pin dell'integrato 7805

Con questo dispositivo si possono realizzare alimentatori stabilizzati con pochi componenti ma stabili in tensione e protetti. Possono erogare al massimo 1A e necessitano di una aletta di raffreddamento per correnti superiori a 300mA.

Lo schema classico di impiego è il seguente: Schema di un alimentatore stabilizzato con IC 7812

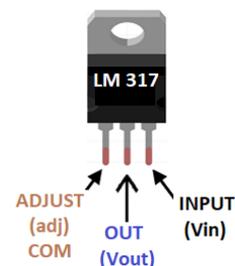
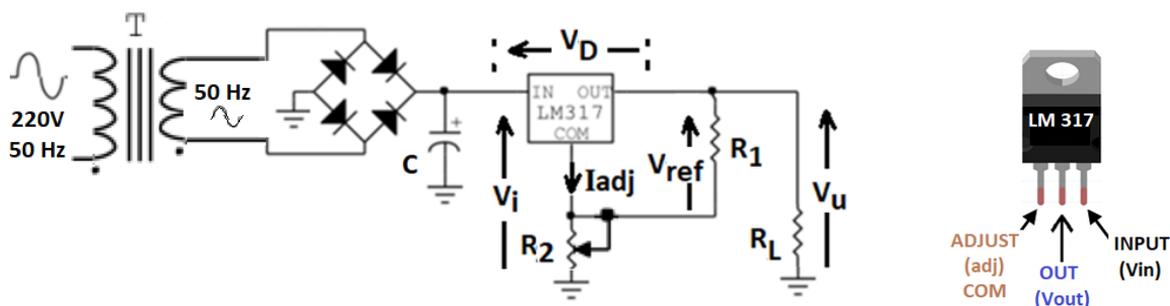


ALIMENTATORE STABILIZZATO CON INTEGRATO LM317

L'integrato LM317 è un regolatore di tensione positivo a tre PIN in grado di fornire diverse tensioni continue in uscita o anche correnti. In particolare le tensioni possono essere regolabili tra 1.25V e 37V e l'integrato è in grado di fornire 1.5A.

Quando si ha bisogno di una tensione regolabile con un trimmer ci viene in aiuto un integrato costruito da *National* chiamato LM317. Questo integrato ha un piedino in cui si può collegare una resistenza ed è proprio questa che determina il valore di tensione in uscita.

Per funzionare deve essere collegato come nel seguente schema elettrico:



V_{ref} : tensione tra il pin d'uscita (OUT) ed il comune dell'integrato (COM). $V_{ref}=1,25V$ fissata dal costruttore, in quanto è possibile, mediante una relazione (in seguito) variare il valore della tensione desiderata V_u , nel campo tra 1,2 e 37 V.

I_{adj} : corrente regolata uscente dal pin COM; ha valore **inferiore a $100\mu A$** e viene comunemente trascurata.

La resistenza R_2 è un trimmer permette di ottenere una tensione ancora più precisa e regolabile.

La relazione che definisce il legame tra la tensione d'uscita (V_u), quella di riferimento (V_{ref}), la corrente regolata (I_{adj}) ed i componenti circuitali esterni, è:

$$V_u = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{adj} \cdot R_2$$

Trascurando I_{adj} , la precedente relazione assume la forma approssimata:

$$V_u = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE R_1 ED R_2 DELLO STABILIZZATORE

Si determina il valore da dare alle resistenze, per ottenere la tensione desiderata all'uscita.

Ad esempio, si deve realizzare un alimentatore stabilizzato, con tensione d'uscita $V_u = 5 [V]$ ed $I_u = 1,5 [A]$.

Il costruttore consiglia la corrente circolante in R_1 sia: $I_{R1} = 5 [mA]$.

Pertanto: $R_1 = V_{ref} / I_{R1} = 1,25 / 0,005 = 250 \Omega$ (valore commerciale 240Ω).

$R_2 = R_1 \frac{V_u - V_{ref}}{V_{ref}} = 720 \Omega$ (valore commerciale 750Ω).

DETERMINAZIONE DELLA TENSIONE D'INGRESSO V_i

Per calcolare la tensione d'ingresso, occorre tener conto del drop-out dell'integrato (la caduta di tensione interna minima richiesta dall'integrato).

Il costruttore fornisce un livello $V_{Dmin} = 3 [V]$ (drop-out)

Questo significa che il livello minimo di tensione d'ingresso è:

$$V_{imin} = V_{Dmin} + V_u \quad V_{imin} = 3 + 5 = 8 [V]$$

Per la caduta di tensione ai capi dello stabilizzatore esiste anche un limite superiore.

Tale limite è stabilito dalla massima potenza dissipabile dall'integrato percorso dalla massima corrente consentita.

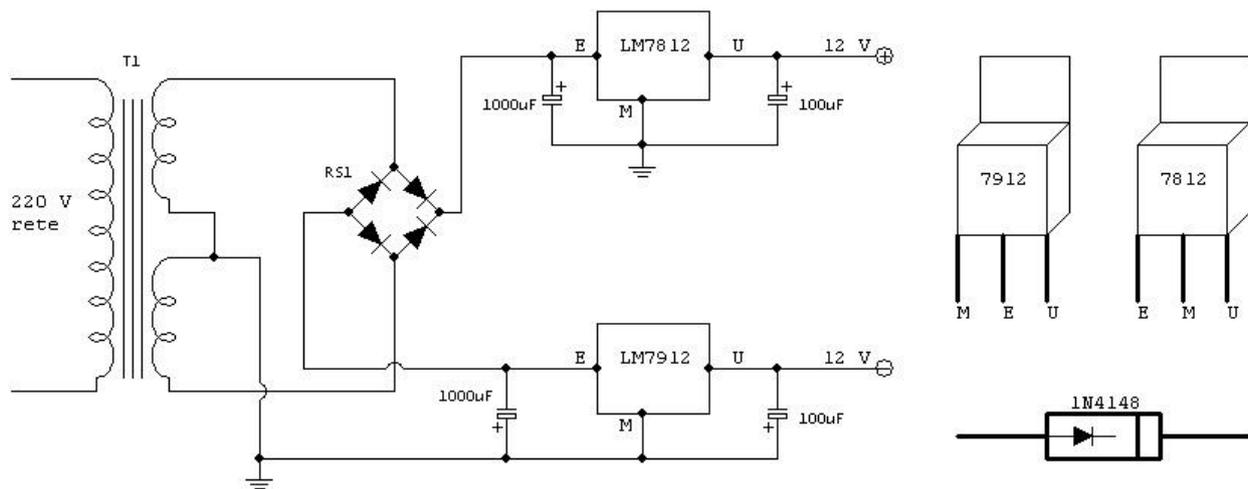
Dai data sheets si può osservare che la massima potenza dissipata può giungere il $P_d = 15 [W]$.

Il **valore massimo** consentito ai capi dell'integrato si ottiene quindi:

$$V_{Dmax} = P_d / I_u = 15 / 1,5 = 10 [V]$$

Se ne conclude che la caduta ai capi di uno stabilizzatore del tipo LM317 va da un minimo di 3V ad un massimo di 10 V.

Alimentatore duale



T1 trasformatore 220 V / 12V + 12V oppure 15 V + 15 V 0,5 A
RS1 ponte raddrizzatore 100 V 1 A

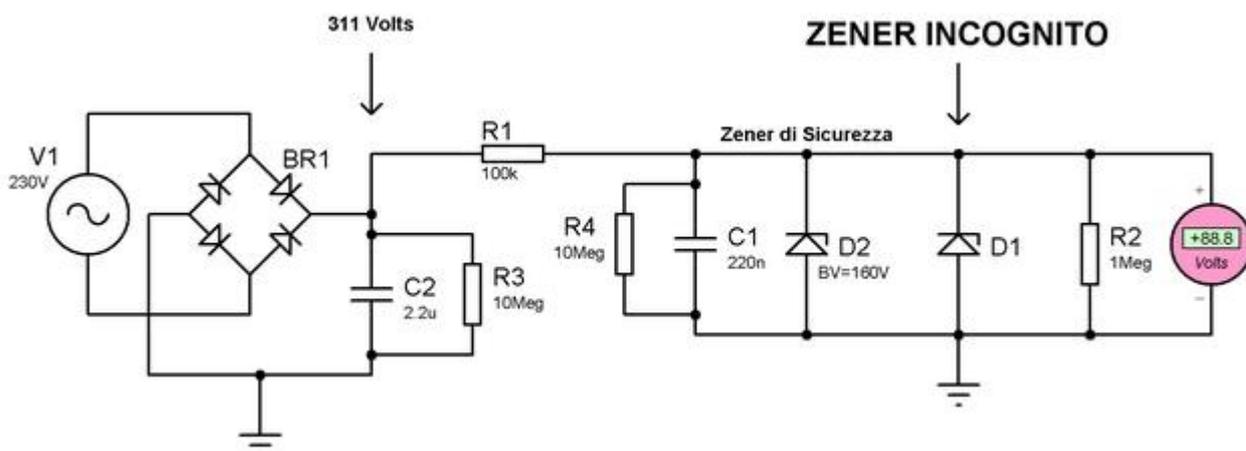
Figura 2

<http://radioclubtigullio.weebly.com/millivoltmetro-per-tensioni-alternate-in-bf-10-300khz.html>

A sinistra, lo schema di principio di un alimentatore lineare con trasformatore provvisto di prese intermedie sul secondario. Una logica di controllo commuta gli interruttori S1 - S2 - S3 (solo uno per volta ovviamente può essere chiuso) che in genere sono dei relè selezionando la tensione più conveniente rispetto a quella richiesta in uscita. In questo modo si minimizza la caduta di tensione sul regolatore e di conseguenza la potenza dissipata. Più sono le prese intermedie e meglio funziona il circuito, più è complicato progettarlo.

DA ALTA A BASSA TENSIONE SENZA TRASFORMATORE

Questo circuito non fa uso di trasformatore ed è collegato direttamente alla rete domestica di 230V. Occorre quindi prestare la massima attenzione sia nella costruzione che nel suo utilizzo.



Esaminiamo il principio di funzionamento di quest'altro schema elettrico. Il segnale è raddrizzato dal ponte di diodi, di un valore picco 325 Volt e livellata dal condensatore poliestere da 2,2

microfarad, da 630 VL. Si possono utilizzare anche più elementi in parallelo, in modo da aumentarne il valore capacitivo, l'importante è rispettare la tensione massima tollerabile. La tensione continua ottenuta, con una percentuale di ripple davvero contenuta e ininfluyente, è adesso inoltrata, tramite la resistenza di limitazione R1 (molto elevata e potenza di 2 W), ai capi del diodo Zener da misurare D1. Il secondo Zener D2, da almeno 100 Volt, serve esclusivamente da protezione, per evitare che il circuito raggiunga livelli di alimentazione preoccupanti, in assenza di Zener incognito.

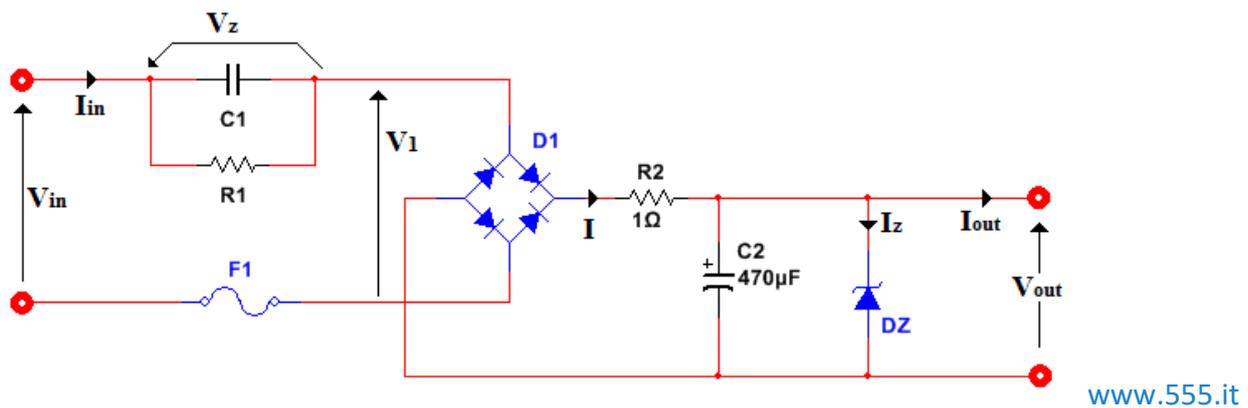
Il condensatore C1, sempre di tipo poliestere e con tensione massima di 630V, serve a livellare ulteriormente il segnale ma soprattutto a far innalzare il potenziale da misurare in modo graduale. Permette la dolce salita del potenziale sugli Zener, sebbene raggiunga il suo picco massimo in tempi rapidissimi.

Le resistenze R3 e R4 servono a scaricare i condensatori durante il periodo in cui il circuito non è alimentato.

La misura della tensione del diodo Zener è visualizzata direttamente sul display del tester, collegato all'uscita del circuito.

Esempio2: SCHEMA

Lo schema è molto semplice, sfrutta la caduta di tensione alternata su una resistenza e un condensatore per abbassare la tensione prima di raddrizzarla. Dopo essere stata raddrizzata la tensione viene filtrata e stabilizzata. Partendo da questa semplice considerazione lo schema che si ottiene è:



Vout e **Iout** sono rispettivamente la tensione e la corrente che si desidera in uscita.

Iz è la corrente assorbita dal diodo Zener, quindi la corrente totale assorbita, trascurando la corrente che fluisce nel condensatore e nel ponte di diodi, è data da:

$$1) \quad I = I_z + I_{out}$$

Iz solitamente si aggira intorno i 20mA, è possibile dal Datasheet trovare il valore preciso.

La corrente **I** coincide quindi con la corrente **Iin** solo che la prima è continua, la seconda è alternata, quindi bisogna considerare il suo valore massimo.

Si consiglia di non superare di circa 100mA la corrente in uscita, altrimenti serve un condensatore **C1** di valore molto elevato, oppure una resistenza **R1** piccola e di conseguenza di potenza elevata.

Per quanto riguarda il fusibile sia di un valore di circa 3 la corrente totale.

Lo schema qui presentato si basa sull'ipotesi che **R1=470Kohm** quindi trascurabile rispetto alla reattanza capacitiva di **C1**.

Se per il vostro scopo, servono correnti maggiori si può usare una resistenza **R1** di qualche Kohm con una potenza di circa 5W con un relativo aumento di ingombro del circuito.

Analizziamo il circuito con **R1=470Kohm**.

Trascurando la caduta di tensione su **R2** la tensione in uscita vale:

$$2) \quad V_{out} = (V_1 - 1.4) \times 1.41$$

dove **1.4** è la caduta di tensione dovuta ai diodi del raddrizzatore e **1.41 (efficace)** deriva dal passaggio da corrente alternata a quella continua. Conosciamo **Vout** ma non **V1**, ricaviamola dalla formula sottostante:

$$3) \quad V_1 = 1.4 + V_{out} / 1.41$$

Conoscendo **V1** e la tensione di ingresso, che in Italia è 230V possiamo conoscere la tensione che deve cadere sul condensatore:

$$4) \quad V_z = V_{in} - V_1 = 230 - V_1$$

Conoscendo tensione e corrente su un elemento passivo, grazie alla legge di Ohm possiamo calcolare la reattanza capacitiva desiderata:

$$5) \quad Z_{capd} = V_z / (1.41 \times I)$$

La reattanza capacitiva di un condensatore vale:

$$6) \quad Z_{cap} = 1 / (\omega \times C) \rightarrow 7) \quad C = 1 / (\omega \times Z_{cap})$$

dove **C** è la capacità del condensatore ed ω è uguale a $2 \times \pi \times f$ dove **f** è la frequenza e in Italia vale **50Hz**, quindi $\omega=315$. Visto che la **Zcapd** deve essere tale da abbassare la tensione ai capi del ponte di diodi il suo valore è dato dalla formula (5). Quindi per concludere le due formule principali sono:

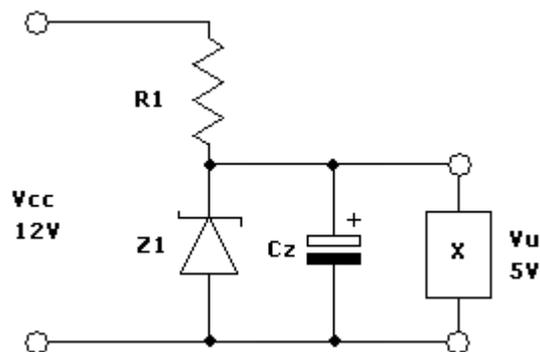
$$1^{**}) \quad Z_{capd} = [V_{in} - (1.4 + V_{out} / 1.41)] / (1.41 \times I)$$

$$2^{***}) \quad C = 1 / (\omega \times Z_{capd})$$

Esercizi

Utilizzare un diodo zener per ottenere 5V di tensione dalla batteria dell'auto

Il circuito che ci troveremo di fronte, in un caso del genere sarà :



In questo circuito l'unica cosa da calcolare è la **R1**, detta molto spesso resistenza di zener, i parametri dovrebbero essere noti avendo, **Vcc 12V**, **Vu 5V**, **Iu 40 mA**.

Il diodo Zener da assumere, considerando i valori commerciali, sarà da **5,1 V**, applicheremo quindi la formula :

$$R1 = (V_{cc} - V_z) / (I_z + I_u)$$

uno dei parametri da definire ora è la **Iz**, che rappresenta la corrente di Zener, imposta solitamente ad 1/10 della corrente max sopportabile dal Diodo, ed è il valore minimo affinché il diodo svolga il suo compito di stabilizzatore, supponendo il diodo di **1W** avremo:

$$I_{zmax} = P_z / V_z$$

$$I_{zmax} = 1W / 5.1V = 0.196 A$$

da cui I_z

$$I_z = I_{zmax}/10 = 0.0196 \text{ A}$$

la nostra R_1 sarà quindi :

$$R_1 = (12 - 5.1) / (0.0196 + 0.04) = 115,7 \text{ Ohm}$$

un valore di 120 Ohm sarà ben tollerato. La sua potenza sarà

$$PR_1 = (V_{cc} - V_z) \times (I_z + I_u) = 6.9 \times 0.0596 = 0.41 \text{ W}$$

in questo caso, sceglieremo una R_1 da 1/2 Watt ... resta da introdurre il condensatore $C_z=10$ microF, il quale si rende necessario in caso di piccoli disturbi che uno Zener può generare .

FONTI:

<https://www.ne555.it/da-alta-a-bassa-tensione-senza-trsformatore/>

<https://cfpmanfredini.wordpress.com/2014/11/27/gli-alimentatori/>

<http://www.antoniosantoro.com/duale.htm>

<http://www.antoniosantoro.com/alduale.htm>