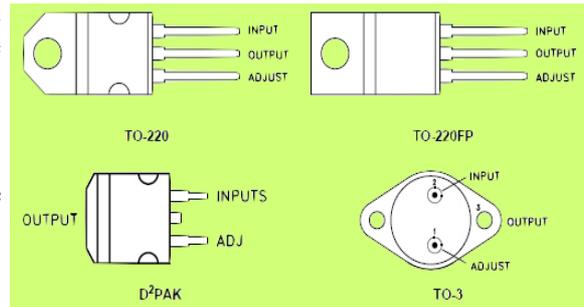


Tutto quello che avreste voluto sapere sull' LM317 ma che non avete mai osato chiedere

Ho trovato in soffitta uno mio studio sull' LM317 fatto quando andavo a scuola, sono ormai passati diversi anni da quando lo feci e per la sincerità di trattazione non so citarne le fonti, probabilmente datasheet, libri scolastici, riviste e appunti presi durante le lezioni.

Tutti gli schemi sono stati da me rifatti con fidocad ed elaborati poi con programmi di grafica, il matitocad acquisito con uno scanner non mi piaceva. Nelle figure sono indicate le caratteristiche elettriche del regolatore LM317 nonché i collegamenti dei vari contenitori con cui è commercializzato, le caratteristiche principali sono: massima corrente di uscita 1,5A : regolazione da 1,2 a 37V e dissipazione di 15W con dissipatore infinito. Bisogna soprattutto ricordarsi che questo componente per funzionare correttamente deve avere una corrente minima di carico che deve essere di 10mA. Se l'assorbimento fosse minore, non sarebbe possibile prevederne il funzionamento con gravi conseguenze (teoriche) del regolatore o dei circuiti ad esso



CARATTERISTICHE LM 317	
massima corrente di uscita	1,5 (2,2A Typ)
minima tensione di uscita	1,2V
regolazione per variazione di ingresso	0,01%
regolazione per variazione del carico	0,10%
limitazione corrente	SI
reiezione ondulazione	80dB
protezione termica	SI
massima tensione ingresso/uscita	40V
VREF : tensione di riferimento	1,25V Typ
minima corrente di carico	10mA
massima dissipazione	15W
massima caduta di tensione	3V

collegati. In genere questo assorbimento minimo è determinato dal partitore di tensione (**figura 2**).

Per il resto, questa piccola meraviglia di regolatore è ben protetta contro tutti gli eventuali danneggiamenti (dovuti a riscaldamento cortocircuito eccetera) . Questo circuito come altri regolatori del genere, ha tre piedini: ingresso, uscita e ADJ, che è il terminale di regolazione. La tensione di riferimento (1,25V) verrà prelevata tra l'uscita e il piedino ADJ.

Nella medesima figura è raffigurato il montaggio minimo, indispensabile per far funzionare correttamente l'integrato: consiste

solamente in un ponte di divisione in parallelo all'uscita. Il potenziale di riferimento è disponibile ai capi di R1. Poiché la corrente la corrente che esce dal terminale di ADJ è trascurabile, la relazione viene determinata solamente dalla legge di Ohm: $V_{out} = V_{ref} \times (R1+R2)/R1$. La corrente minima di carico di 10 mA determina il valore massimo di R1 a 120 ohm, altrimenti il regolatore rischia di funzionare a vuoto. In realtà tale valore può essere aumentato, se colleghiamo in maniera permanente ad un carico l'integrato, solo che in questo caso

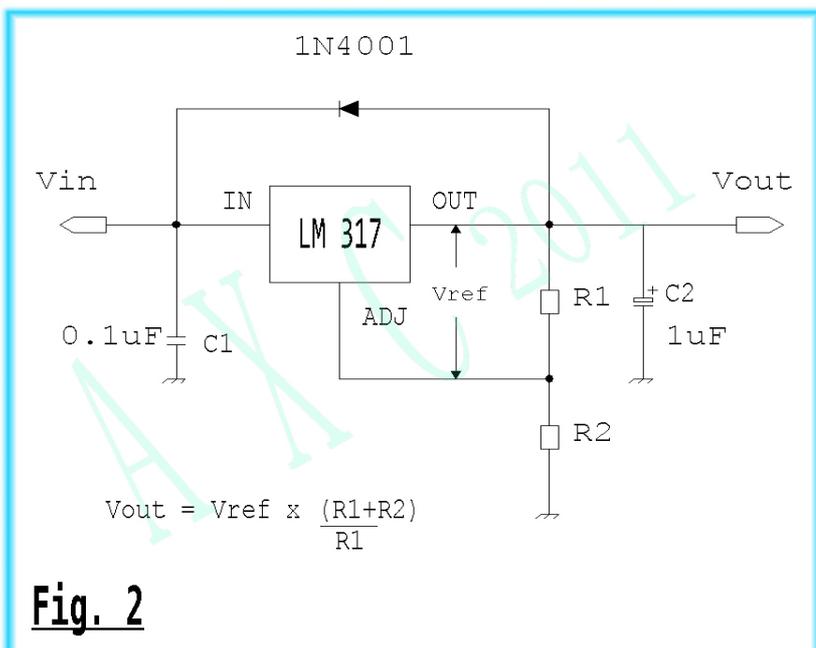
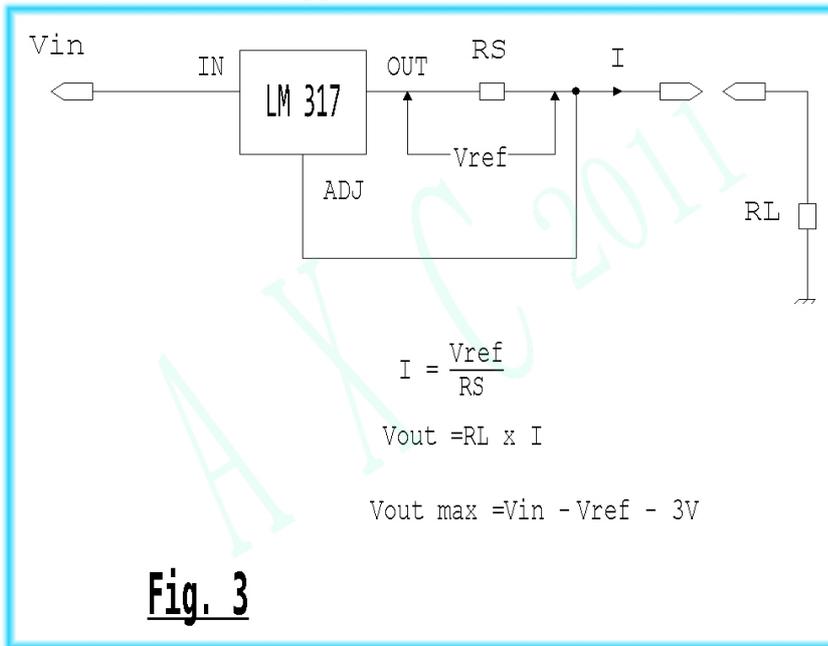


Fig. 2

bisogna sapere l'assorbimento minimo del circuito elettronico che andremo ad alimentare, in maniera da ridurre l'assorbimento a vuoto al minimo indispensabile.

Gli altri componenti sono ausiliari. C1 sarà montato molto vicino al regolatore, per disaccoppiare le oscillazioni parassite che avrebbero luogo in caso di collegamenti troppo lunghi verso Vin.

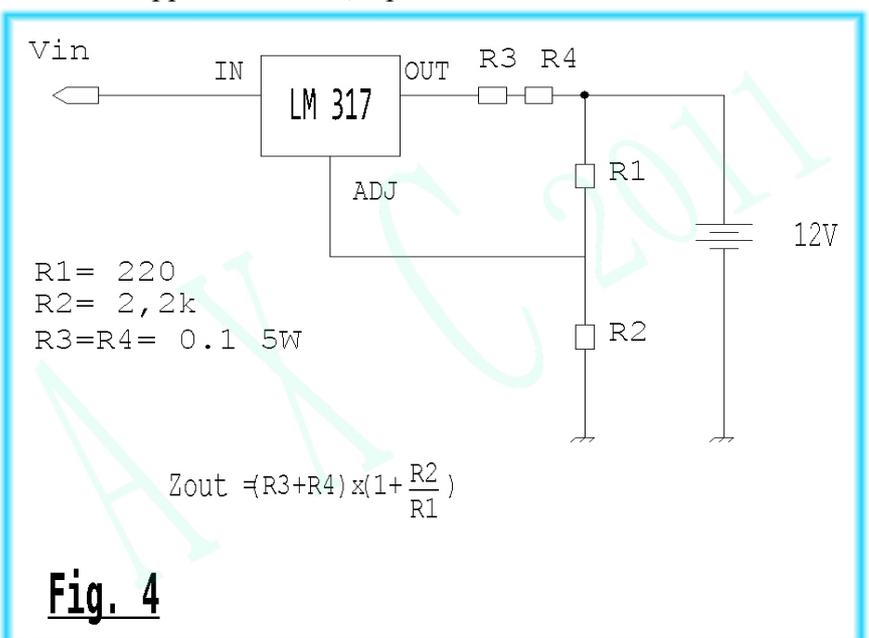
Il condensatore C2 eliminerà dall'uscita l'ondulazione residua ed eviterà che l'LM317 entri in autooscillazione. D1 protegge il regolatore nei confronti di un eventuale tensione applicata all'uscita; quando poi C2 è maggiore di 20 uF, questo è indispensabile perché il fenomeno si verifica ogni volta che viene tolta la tensione! Inoltre al conto della capacità vanno aggiunti i vari condensatori di disaccoppiamento disseminati nel circuito alimentato.



Il generatore di corrente costante, visibile in **figura 3**, illustra i vantaggi di applicare lo stabilizzatore LM317 derivante dalla bassa caduta di tensione ai capi di RS (Vref); la relazione è $I = V_{ref}/R_S$ e la tensione di uscita potrà variare tra 0 ad un massimo di $V_{in} - V_{ref} - 3V$ purché vengano rispettate le limitazioni di potenza massima dissipabile dal regolatore.

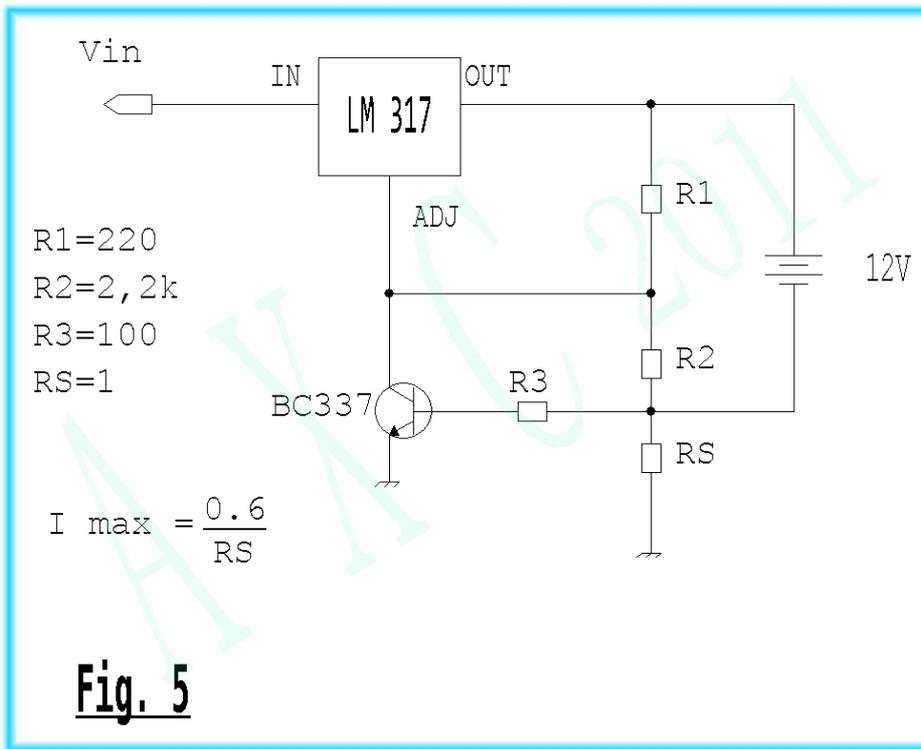
Partendo dal generatore di corrente costante appena descritto, è possibile realizzare un caricabatterie

visibile in **figura 4**, limitando la tensione massima di uscita. Allo scopo, si applica all'uscita un partitore di tensione per fissare il limite di tensione (allo stesso modo di quanto visto in figura 2). I resistori R1 ed R2 determinano la tensione di uscita, mentre R3 e R4 determina la corrente di carica delle batterie. Queste ultime due resistenze limitano anche la frequenza delle variazioni del carico quando la batteria viene caricata. R3 ed R4 dovranno essere resistori di potenza $(V_{ref} \times V_{ref}) / (R3 + R4)$: in questo caso dovranno dissipare in totale 8W. Per



sicurezza sono state utilizzate 2 resistenze da 5W ciascuna.

Lo schema di **figura 5** è un altro modo di risolvere il medesimo problema e cioè limitare la corrente di carica delle batterie. Se per un attimo trascuriamo R_s , R_3 e il transistor il circuito di base è lo

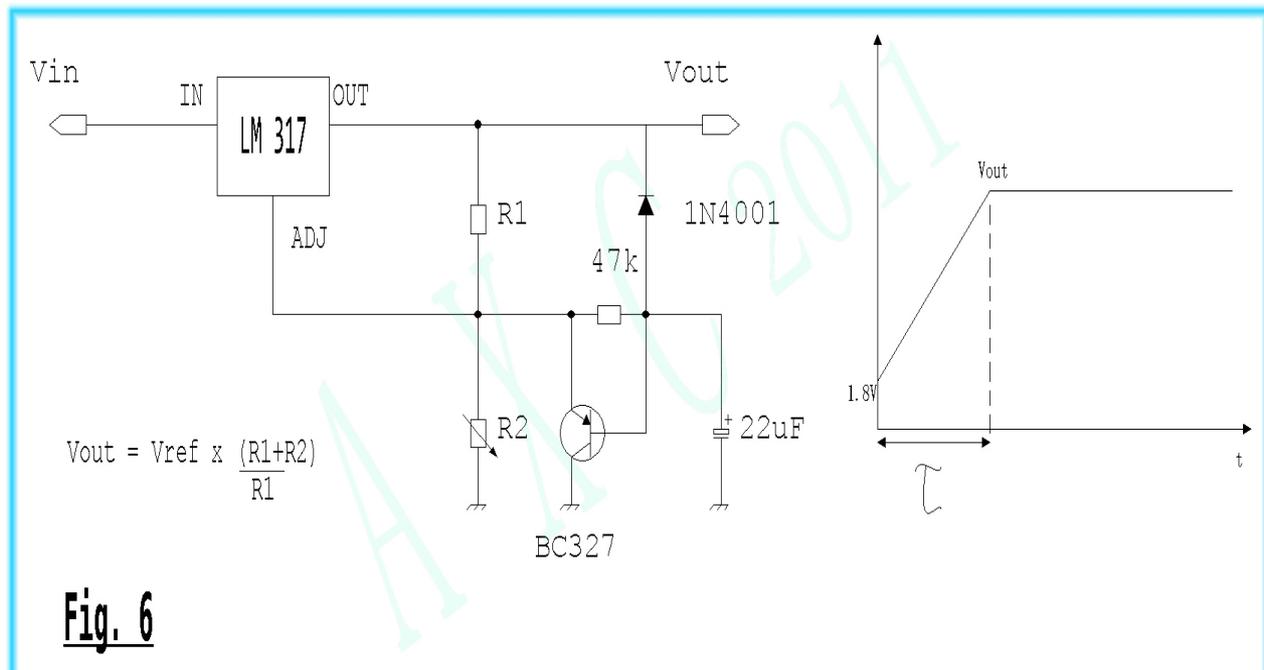


stesso di figura 2 il classico regolatore in cui i valori sono calcolati per avere in uscita 13,8V. Fintanto che la corrente di carica rimane sotto ai 600 mA il transistor è interdetto la resistenza R_3 non è percorsa da nessuna corrente e la R_s è trascurabile sul calcolo della tensione di uscita. Quando la corrente in R_s supera i 600 mA il transistor viene pilotato da R_3 che lo fa entrare in conduzione diminuendo il potenziale di ADJ diminuendo di conseguenza la tensione di uscita e la corrente di

carica. R_3 fissa la soglia limite della corrente a $I = 0,6V / R_S$.

L'inconveniente di questo circuito dall'isolamento dell'uscita rispetto alla massa.

E' talvolta utile disporre di una tensione che aumenta progressivamente a partire dalla chiusura del



circuito.

L'idea come si vede in **figura 6** consiste nel collegare un condensatore in parallelo ad R_2 . Quando viene data tensione questo condensatore è scarico e si carica lentamente tramite R_1 (in realtà, tramite R_1/R_2). Poiché la capacità del condensatore diventerebbe eccessiva, visti i valori di R_1 ed R_2 , è stato inserito un transistor in configurazione emitter follower (tensione di uscita uguale a V_{be}). La resistenza da 47K permetterà una carica lenta del condensatore da 22uF, (infatti tale

resistenza è molto maggiore di R1 ed R2) senza che i valori della capacità debbano essere troppo elevati. L'1N4001 presente nel circuito permetterà la scarica rapida del condensatore al momento in cui viene tolta tensione e proteggerà inoltre il regolatore. La variazione di tensione all'uscita parte da 1,8V (Vref + Vbe) e arriva al valore fissato dal partitore fissato da R1 ed R2.

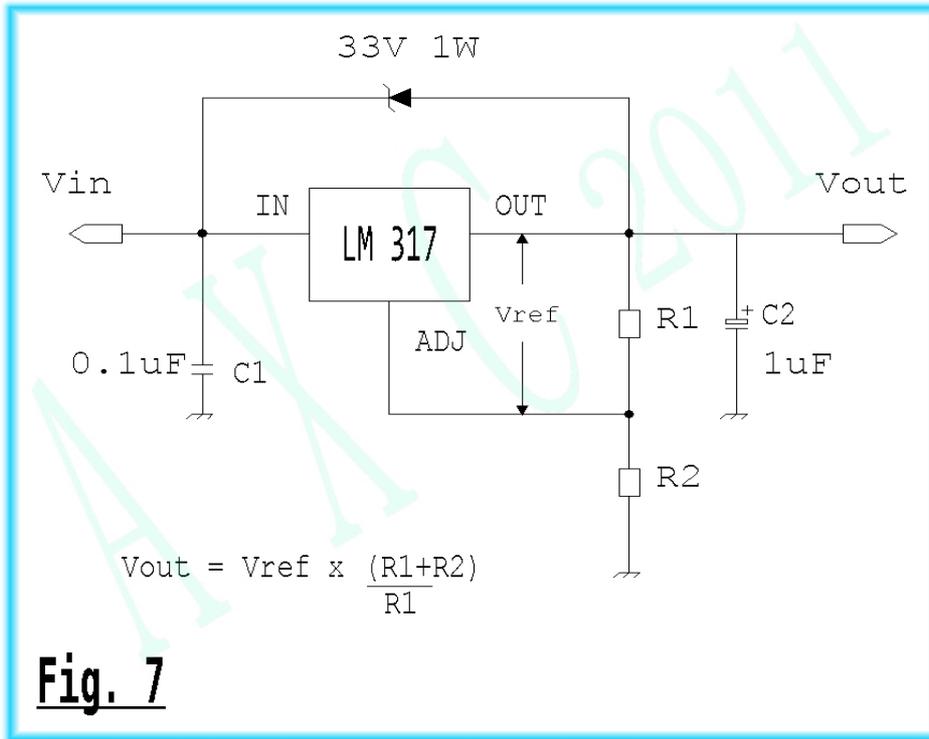


Fig. 7

Alto schema per stabilizzare le tensioni anodiche in applicazioni valvolari è quello di **figura 7**, si tratta di uno stabilizzatore per tensioni elevate in cui l'unico accorgimento è non superare la differenza di tensione tra ingresso e uscita di 33V pena la distruzione del componente. Lo zener ha la doppia funzione di limitare la tensione minima di uscita e di scaricare i condensatori di filtro a protezione dell'integrato quando manca la tensione in ingresso. Questo schema

di **figura 8** serve a ridurre l'ondulazione residua. Il tasso di reiezione dell'ondulazione residua meglio conosciuto come ripple viene aumentato da 77 dB tipici dello stabilizzatore a 80 dB.

Per questa ulteriore attenuazione si è disposto il condensatore C3 in parallelo ad R2, per disaccoppiarlo. Anche se 3dB possono sembrare pochi è pur sempre un dimezzamento della ampiezza del segnale di disturbo. La funzione svolta dal diodo in parallelo ad R1 è quella di scaricare C3 in caso di cortocircuito all'uscita, mentre l'altro diodo tra ingresso e uscita dell'integrato serve a proteggerlo in caso di rientro di tensioni da Vout o quando viene a mancare Vin.

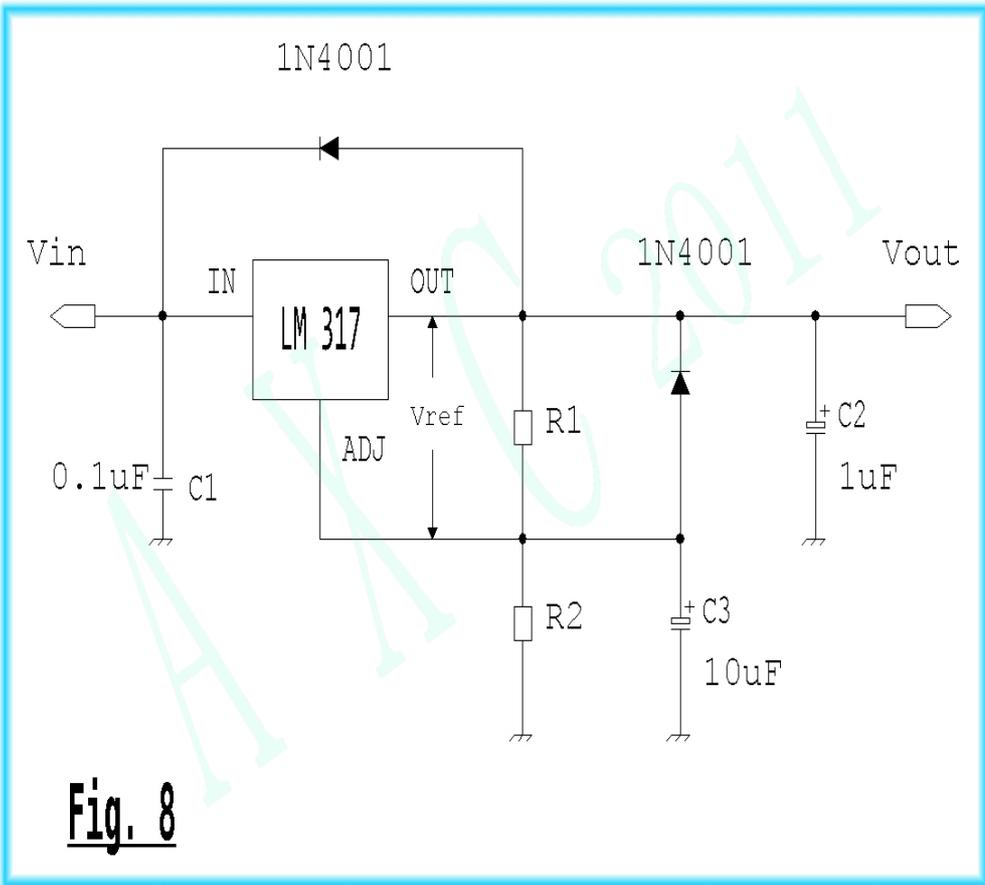


Fig. 8

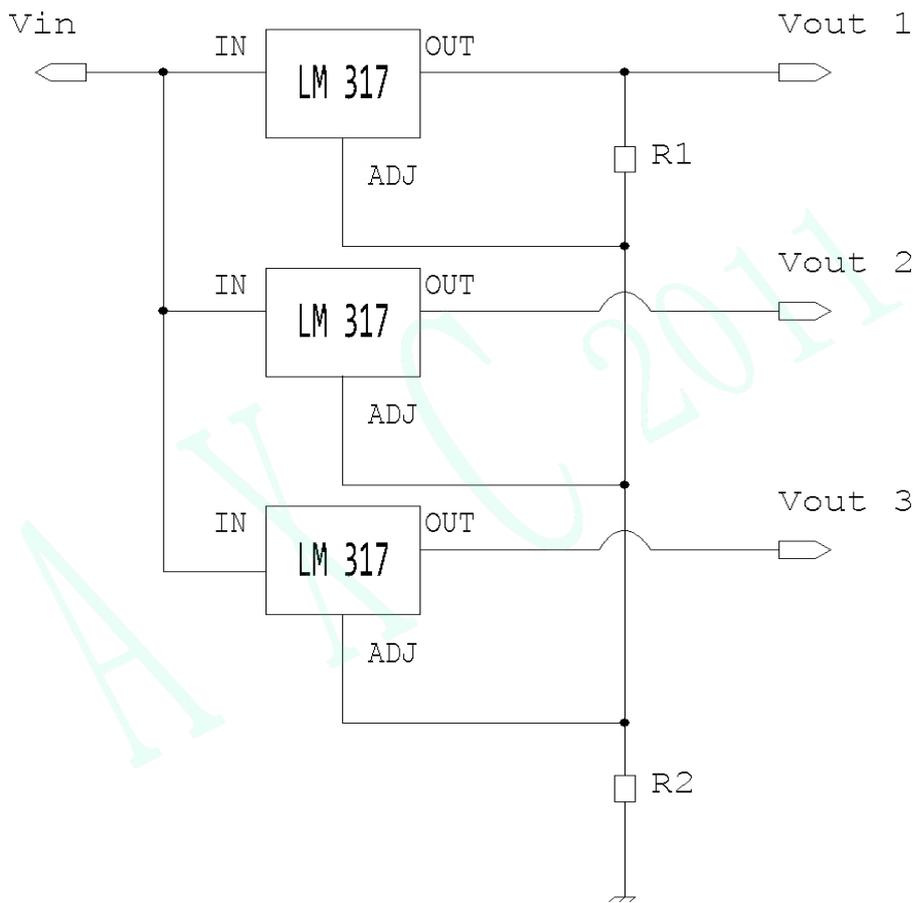


Fig. 9

E' talvolta necessario avere a disposizione alcune uscite con la medesima tensione ma indipendenti, (vedi **figura 9**), per evitare l'iterazione vicendevole tra i diversi stadi, il caso più lampante è il pilotaggio di stadi di potenza con i PIC in cui i disturbi possono far inchiodare il programma del PIC stesso. Utilizzando pertanto un regolatore per stadio si attenua di molto il problema. Per evitare di regolare singolarmente ogni regolatore, i piedini ADJ vengono collegati tutti tra loro e poi portati al classico partitore R1, R2. Data la piccola differenza tra le tensioni di riferimento dei diversi

stabilizzatori, le tensioni saranno identiche. Si utilizzerà così un'unica regolazione per fissare le tre tensioni di uscita al valore desiderato.

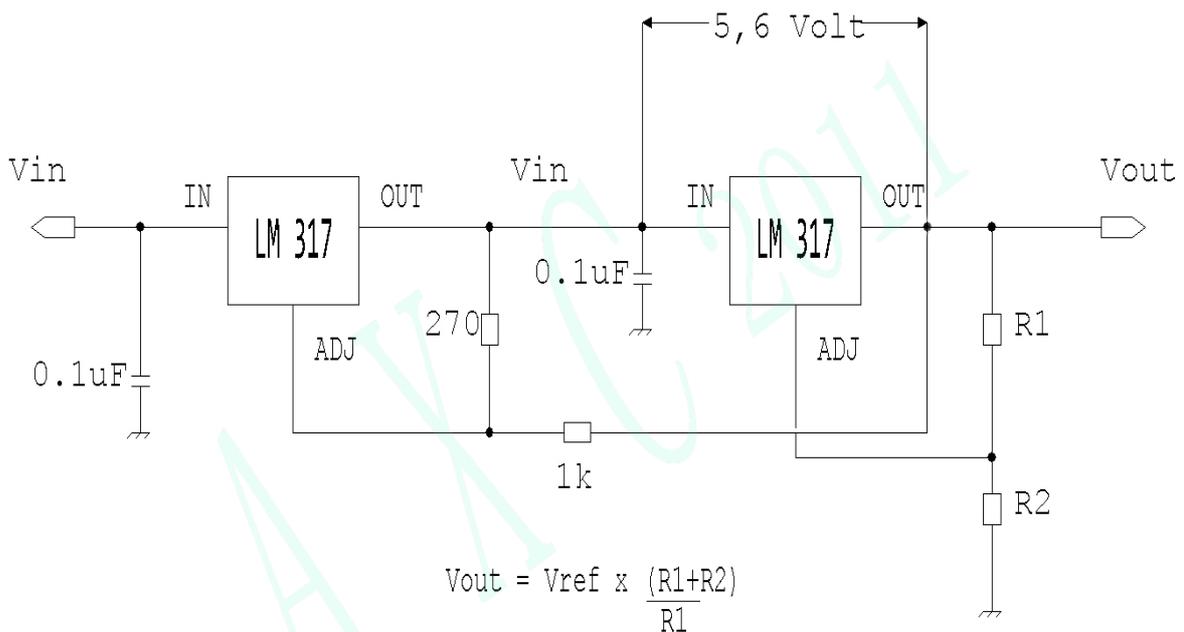


Fig. 10

$$V_{in \max} = 40 + 5,6 + V_{out \min}$$

Come avviene con i regolatori fissi, quando la tensione d'ingresso è elevata è necessario limitare quella applicata tra i morsetti di ingresso ed uscita del secondo regolatore, effettuando una pre-regolazione. Nell'esempio illustrato in **figura 10**, il primo regolatore ha il compito di limitare a 5,6V questa differenza di tensione, con le due resistenze da 270 e 1 Kohm. Tra i due regolatori si potrà inserire un condensatore di disaccoppiamento, come pure uno in ingresso se l'alimentazione o i regolatori si trovano distanti tra loro.

Sullo schema di **figura 11** si riconosce la struttura di un regolatore con transistor esterno, già visto nei regolatori a tensione fissa. Aggiungere R1 ed R2, per fissare la tensione di uscita. Collegare un transistor (T2) in parallelo ad R1. Questo transistor andrà in conduzione se la tensione ai terminali di R è maggiore di 0,6V, cioè se la corrente di uscita si approssima a I_m ($I_m = 0,6V/R$). Se T2 è in conduzione annulla la caduta di tensione ai capi di R1 ($V_{ref} - V_{be}$), bloccando di conseguenza il regolatore (facendo entrare in azione le

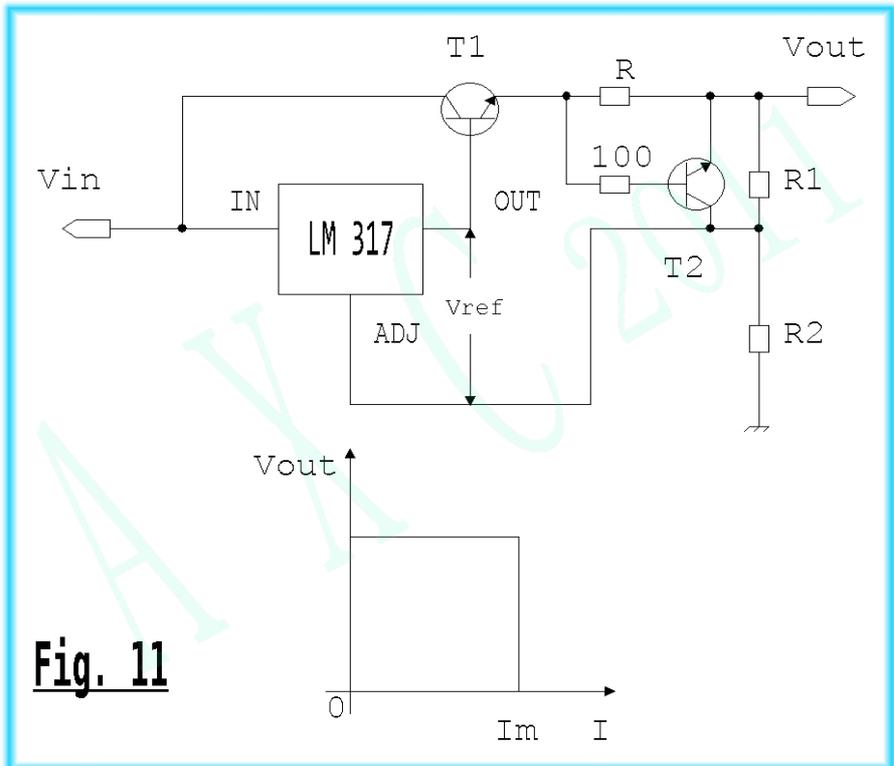


Fig. 11

protezioni interne al regolatore stesso). La tensione di uscita diminuisce fino a raggiungere il livello di 0V, ad una velocità dipendente dal carico applicato. Da porre molta attenzione in fase di dimensionamento dei componenti alla dissipazione di T1 e del regolatore. Per limitare questa

dissipazione, in caso di corto circuito all'uscita ($P_d = V_{in} * I_m$) si usa il circuito di **figura 12** detto "fold back" (ripiegato). La corrente limite sarà I_m , ma diminuirà con la tensione di uscita fino a raggiungere il valore fissato I_o quando $V_{out} = 0$ (cortocircuito) secondo le seguenti formule :

$$I_m = V_{beT2} * (R3 + R4) + V_{out} * R3 / (R * R4)$$

$I_o = I_m$ per $V_{out} = 0$ quindi $I_o = V_{beT2} * (R3 + R4) / (R * R4)$. La formula è un po complessa ma è stata semplificata al massimo (figuriamoci come era prima)

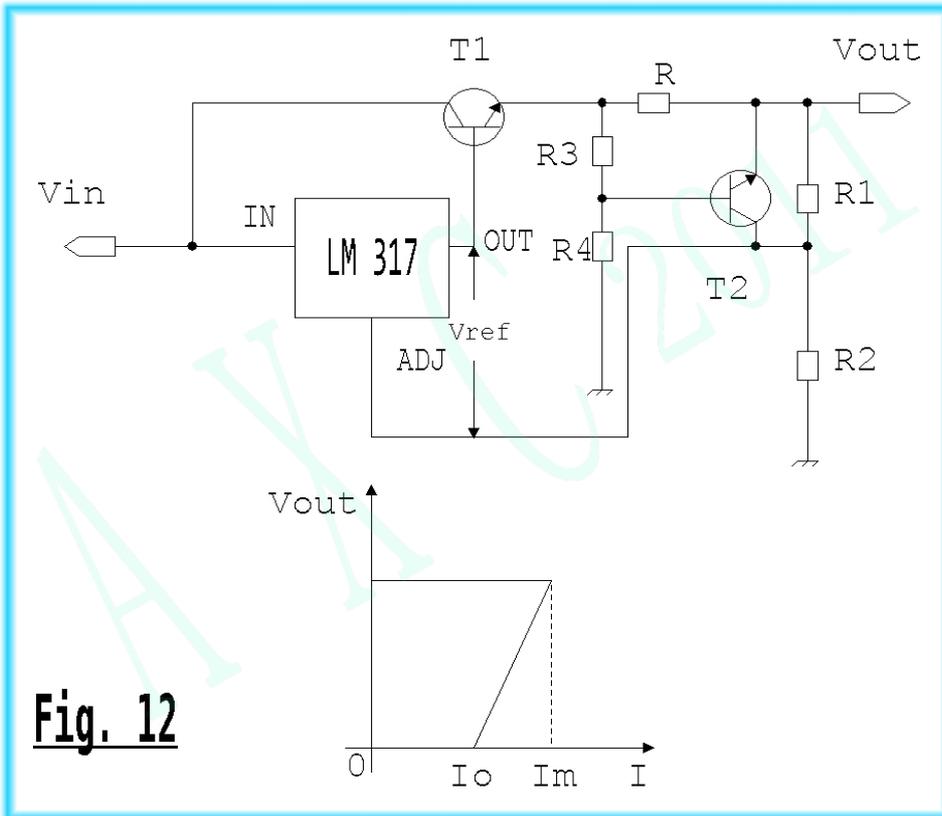


Fig. 12

Per ottenere una maggior potenza di uscita senza dover utilizzare un transistor di potenza, bisogna collegare diversi regolatori in parallelo, ognuno provvisto della sua brava resistenza in serie da 0,22 ohm, per compensare le inevitabili differenze della tensione di uscita degli stabilizzatori. L'assenza di dette resistenze porterebbe a lavorare quasi esclusivamente il solo stabilizzatore che ha un'uscita leggermente superiore agli altri compromettendo il funzionamento ottimale. Per questo tipo di circuito visibile in **figura 13**, limitare a 10 il numero dei regolatori, nella determinazione di

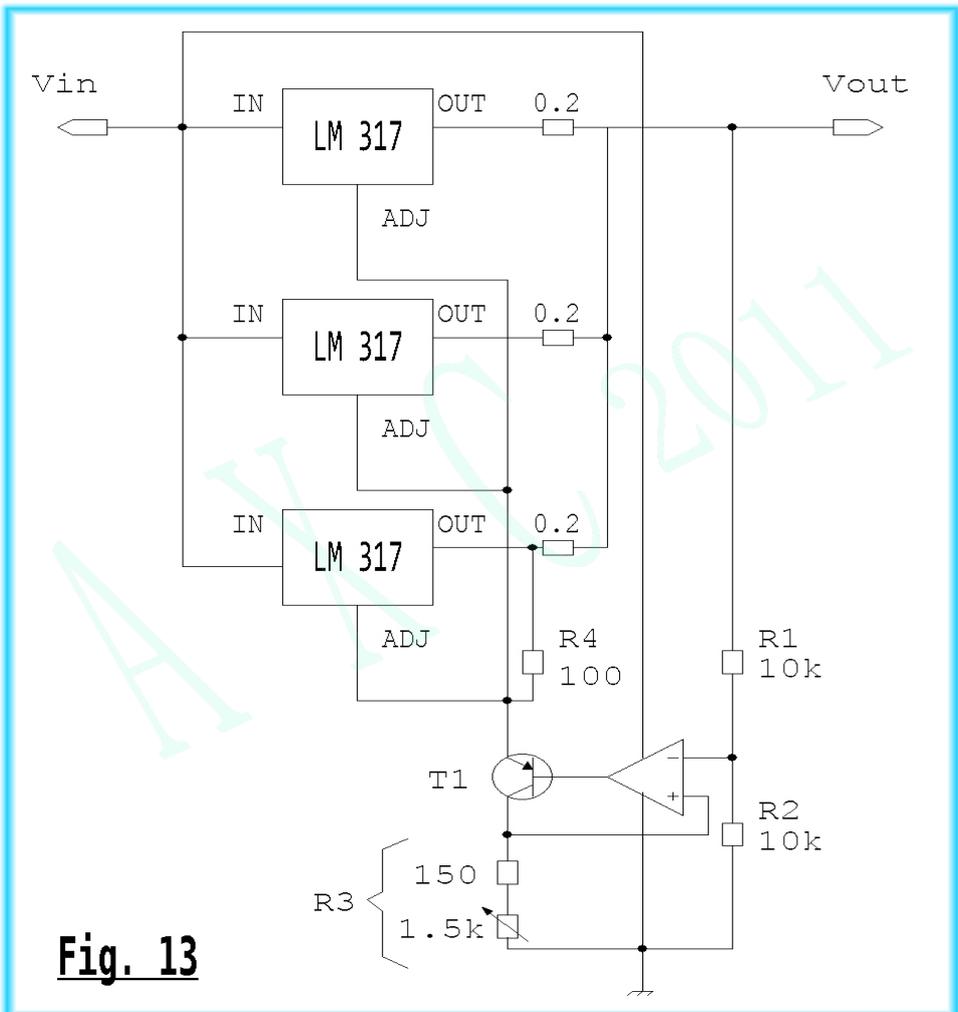
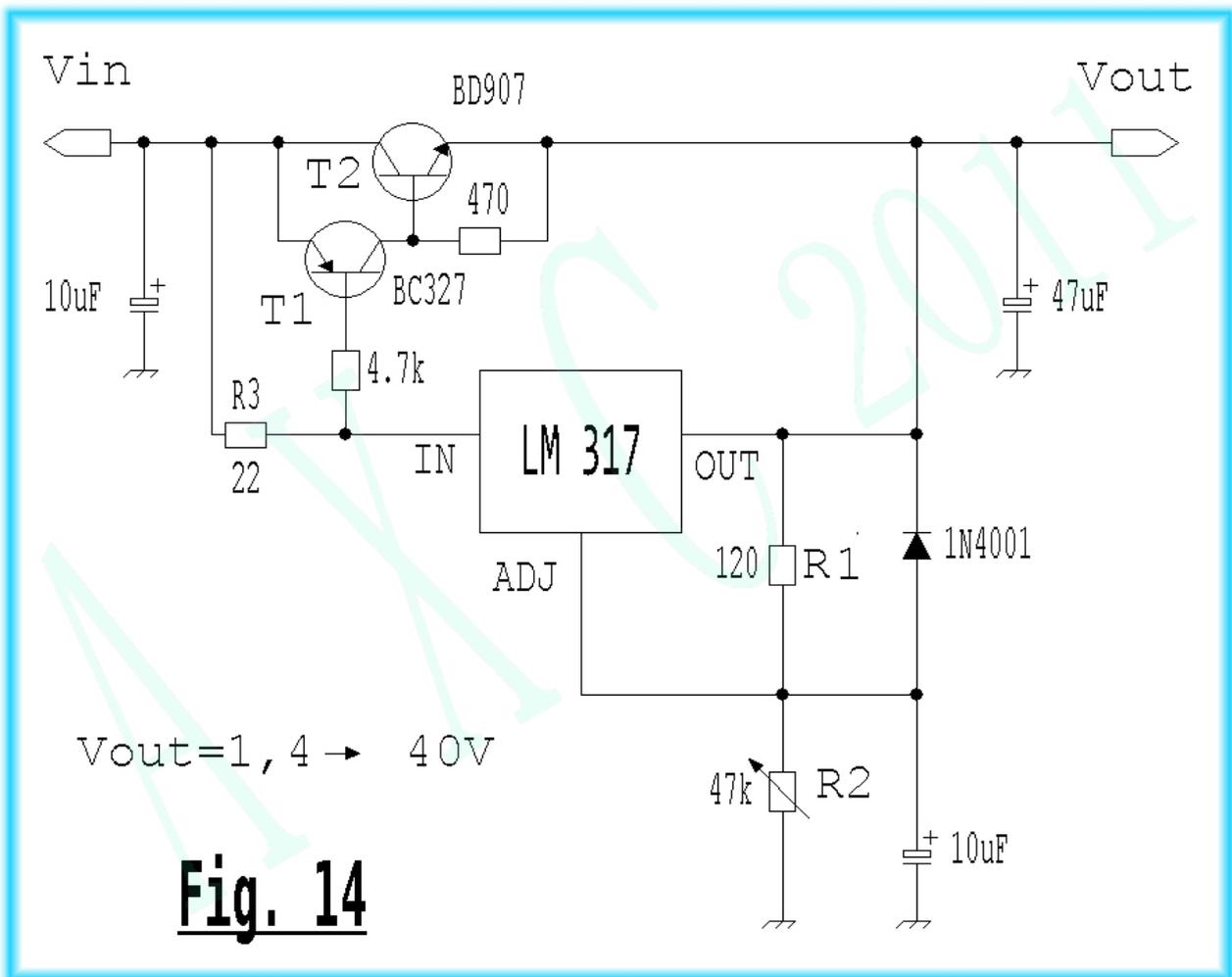


Fig. 13

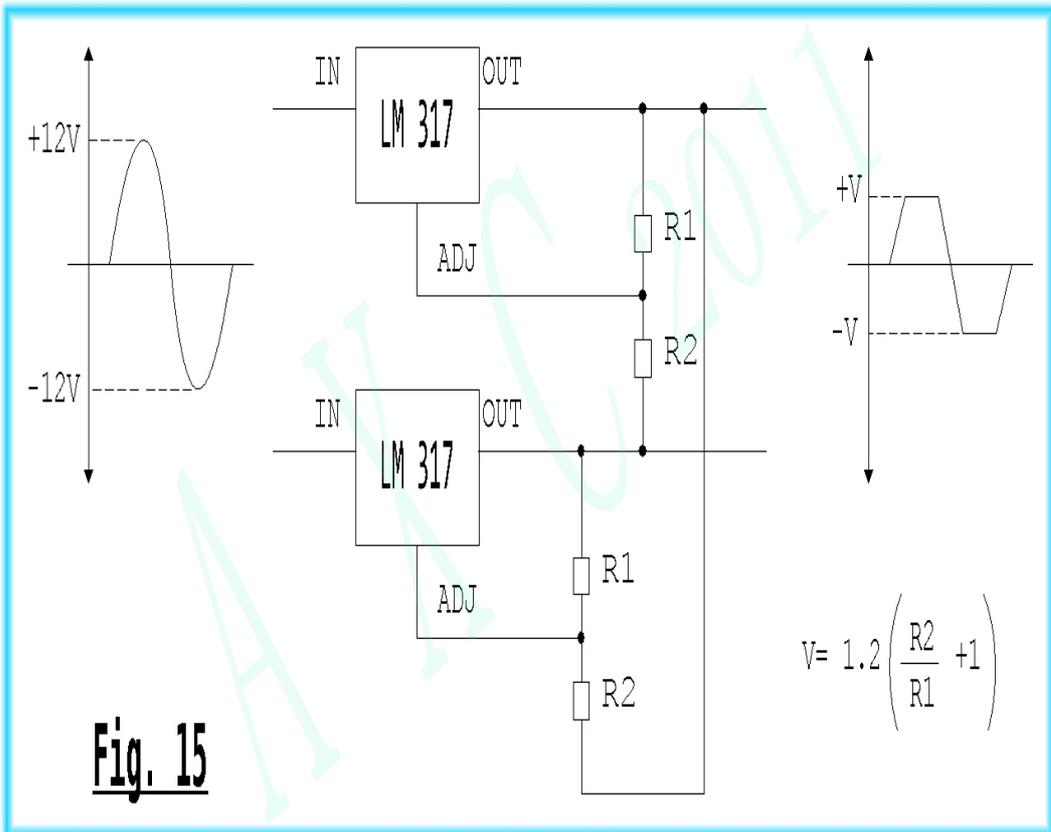
tale numero basta fare $N=I_{out}/1,2A$, questo numero contiene già un margine di sicurezza. La regolazione della tensione di uscita è leggermente modificato rispetto all'usuale. Il piedino ADJ è polarizzato da T1, R3 ed R4. IC1, montato come comparatore, pilota la conduzione di T1. La tensione di uscita sarà proporzionale alla regolazione di R3. Con i suddetti valori il campo di variazione di Vout si estende da 4,5V a 25V con una tensione di ingresso di 30V ed una corrente di uscita che si avvicina ai 4A.

Lo schema di **figura 14** è una variante del precedente, R1 ed R2 determinano la tensione di uscita; il condensatore da 10uF in parallelo ad R2 diminuisce l'ondulazione residua all'uscita ed il condensatore da 47uF garantisce il disaccoppiamento finale; R3 determina la corrente di conduzione dello stadio finale di potenza. Con i valori suddetti, è stata utilizzata un'alimentazione con tensione regolabile tra 1,2V e 40V, con la corrente limitata dalle caratteristiche (I_c, P_d eccetera) del falso Darlington costituito da R1 ed R2.



Per limitare i picchi di un segnale di bassa potenza si utilizzano di norma due diodi zener montati in antiparallelo con le relative resistenze di limitazione in serie. Quando la Corrente è elevata si ricorre al circuito di **figura 15**, che ha il vantaggio di poter variare la limitazione dei picchi solamente modificando i valori di R1 ed R2.

Nell'utilizzare questo schema bisogna fare attenzione alla potenza dissipata dai regolatori!



Una lampadina (**figura 16**) fornisce un'emissione luminosa (proporzionale alla tensione di

alimentazione) che non è costante nel tempo e varia ad un modello all'altro oltre alla polvere che vi si accumula sopra con il tempo anche dalla luminosità ambientale. Per conservare una luminosità costante, in questo circuito, l'energia luminosa viene captata dal fototransistore. La sua resistenza diminuirà quando aumenta l'intensità luminosa, facendo diminuire la tensione ai capi della lampadina, fino

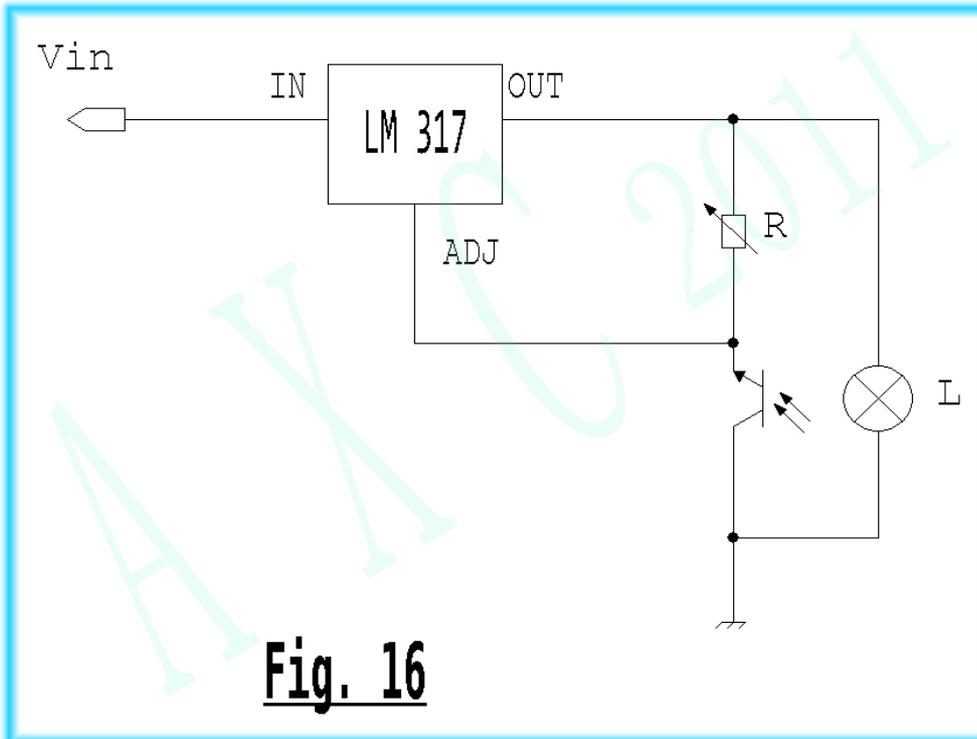


Fig. 16

raggiungere l'equilibrio. Modificando il valore di R, varierà anche questa condizione di equilibrio per impostare la luminosità desiderata. Si può anche sostituire il transistor con una fotoresistenza o anche con un fotodiode.

E' possibile programmare molto facilmente la tensione di uscita mediante un'informazione logica (PIC), codificata su diversi bit (**figura 17**): basta commutare diversi valori di R2. La selezione viene effettuata mediante transistori che potranno essere saturati o interdetti. I diversi valori di R2 vanno scelti in funzione della tensione di uscita desiderata. La resistenza sotto ad R1 va scelta per determinare la tensione massima quando nessuna degli ingressi TTL è attivo. Al calcolo della tensione di uscita va

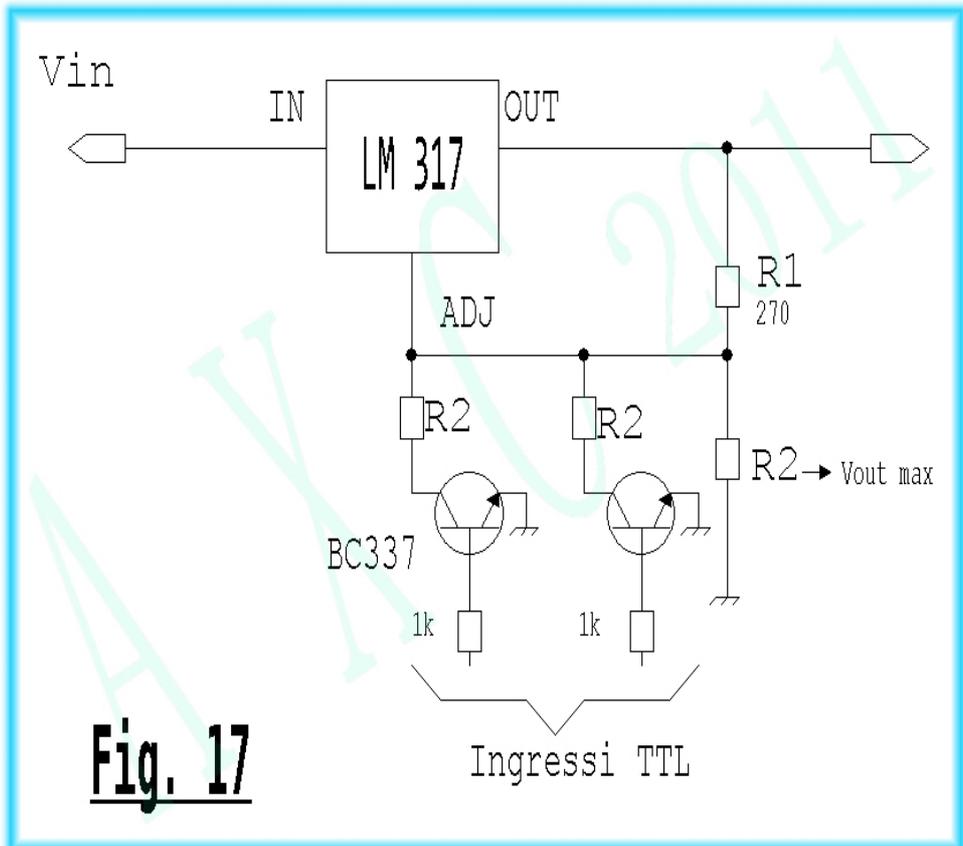


Fig. 17

preso in considerazione la VCE di saturazione dei transistor con in parallelo la resistenza che determina la tensione massima.

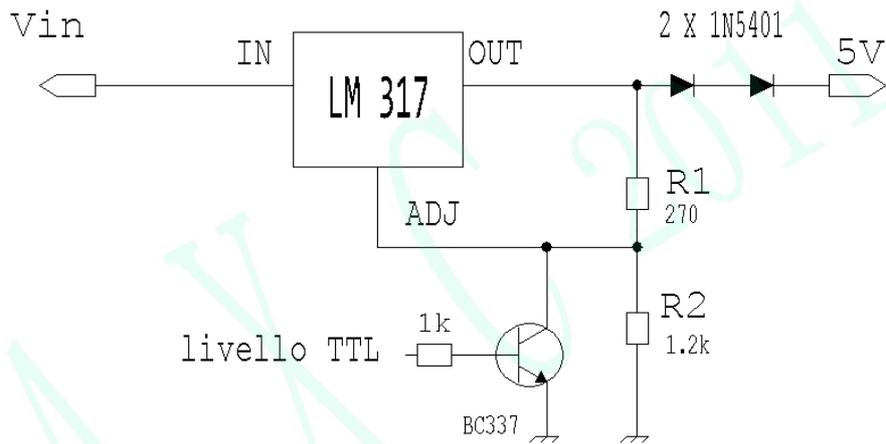


Fig. 18

Partendo dall'idea del circuito precedente, è possibile bloccare la tensione di uscita di un regolatore. Facendo riferimento al circuito di **figura 18** R1 ed R2 insieme ai due diodi determinano la tensione di uscita, a +5V con i valori numerici dati. Se il transistor è interdetto il circuito è quello classico: $V_{out} = V_{ref} \times (R1 + R2) / R1$. Se il transistor è saturato, il piedino ADJ risulterà collegato ad un potenziale prossimo allo zero. V_{out} avrà allora il valore di

V_{ref} , cioè +1,2V, siccome in serie ci sono i due diodi con una caduta di tensione superiore alla tensione di uscita del regolatore portando la tensione di uscita a zero volt. Volendo eliminare i diodi di uscita si può polarizzare il transistor con una tensione di emettitore di -1,2V e rivedere l'interfaccia di comando.

Insieme all'LM317 che è un regolatore a tensione positiva, esiste il fratello LM337 che viene usato per tensioni negative. Nello schema di **figura 19** in cui LM317 è montato in maniera classica. La tensione di uscita è determinata di valori di R1 ed R2. Il regolatore negativo LM337 è montato con riferimento fluttuante. Il piedino ADJ è pilotato da un op. amp. (collegato come comparatore) in modo da ottenere zero volt al punto centrale delle due R3. Poiché i due resistori sono identici e collegati alle uscite, positiva e negativa, l'amplificatore varierà la sua uscita e di conseguenza al valore di ADJ in maniera da portare i due regolatori ad un valore assoluto uguale.

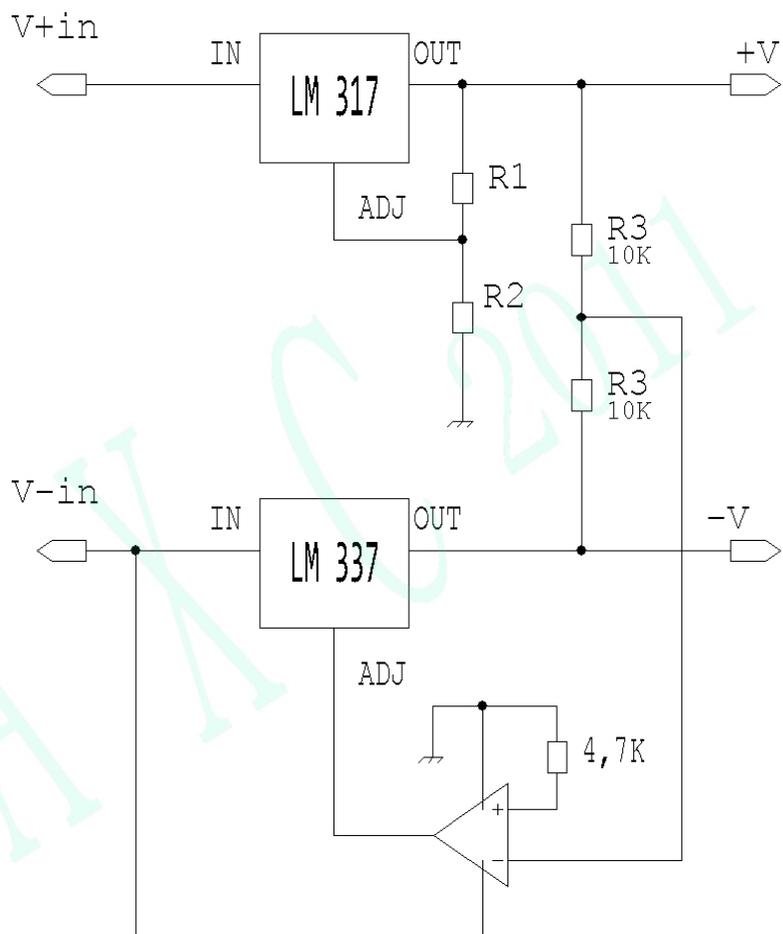
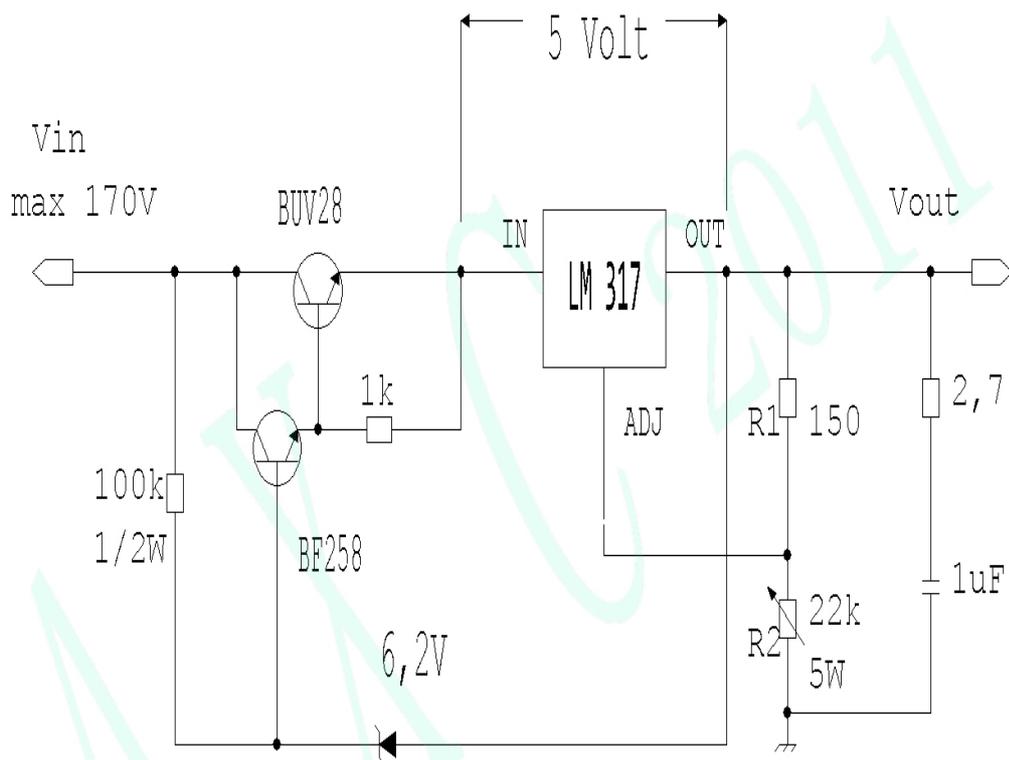


Fig. 19



Vout = da 1.2V
a Vin max - 10V

Fig. 20

Le caratteristiche elettriche dello integrato LM317 limitano tra +1,2V e +37V il range di variazione delle tensioni di uscita. Questo circuito (**figura 20**) permette di ottenere una tensione massima più elevata. Effettuando una nuova limitazione del rapporto fra le tensioni di ingresso e uscita del regolatore, con l'aiuto dei due transistor BUV28 e BF258 ed il diodo zener. Questa scelta è necessaria a causa della tensione di ingresso (170V) e della potenza dissipata dal transistor BUV28. Il

rapporto tra le tensioni di ingresso ed uscita è limitato a 5V. R1 ed R2 determinano la tensione di uscita. In questo caso R2 è un resistore di potenza.