

GLI STABILIZZATORI *di* TENSIONE INTEGRATI

La realizzazione di circuiti che rendano disponibili una o più alimentazioni continue stabilizzate è una necessità ricorrente in qualunque circuito elettronico. In commercio esistono numerosi integrati utilizzabili allo scopo e tra questi gli integrati stabilizzatori a tre terminali restano certamente i più comuni e diffusi. In questo articolo ne analizzeremo le principali caratteristiche e le configurazioni circuitali più ricorrenti impiegate nella pratica comune

La realizzazione di circuiti che rendano disponibili alimentazioni continue stabilizzate è una necessità ricorrente in elettronica. In commercio esistono numerosi integrati mediante i quali è possibile progettare e realizzare, con l'aggiunta di pochi altri componenti, efficienti circuiti di alimentazione stabilizzata. Tra questi i più semplici ma anche i più diffusi sono gli integrati stabilizzatori a tre terminali, simili per dimensioni e package ai comuni transistor. Conoscere bene questi componenti è come conoscere l'abc dell'elettronica pratica. Nonostante tutto non sono pochi coloro che pur occupandosi di elettronica ignorano come questi semplici componenti possano essere impiegati in numerose ed interessanti configurazioni circuitali. Un 7805, per esempio, può essere impiegato non solo per generare una ten-

sione stabilizzata pari a +5V, partendo da una tensione continua adeguatamente superiore, ma anche per generare tensioni continue di diverso valore a seconda delle specifiche esigenze, a patto di impiegare configurazioni circuitali opportune. Un altro aspetto di fondamentale importanza che molti ignorano è che con un integrato stabilizzatore a tre terminali non si è limitati ad alimentare necessariamente circuiti che non superino la corrente massima che questo può fornire a patto di impiegarlo, ancora una volta, in opportune configurazioni che consentano di rinforzare la corrente erogabile. Di come poter ottenere tutto ciò e di altri numerosi aspetti ci occuperemo nel proseguo di questo articolo, evidenziando sia le motivazioni che sono alla base di specifiche configurazioni circuitali sia gli aspetti che riguardano il dimensionamento e l'impiego pratico di queste ultime.

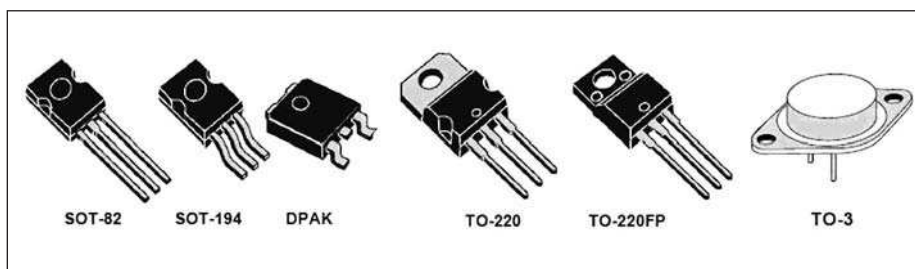


Figura 1: tipici package degli integrati regolatori a tre terminali.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L78M05C (refer to the test circuits, $T_J = 25^\circ\text{C}$, $V_i = 10\text{V}$, $I_o = 350\text{ mA}$, $C_i = 0.33\ \mu\text{F}$, $C_o = 0.1\ \mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage		4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to } 350\text{ mA}$ $V_i = 7\text{ to } 20\text{ V}$	4.75	5	5.25	V
V_d	Dropout Voltage			2		V

Figura 2: alcune caratteristiche dell'integrato L78M05C estratte dal relativo datasheet.

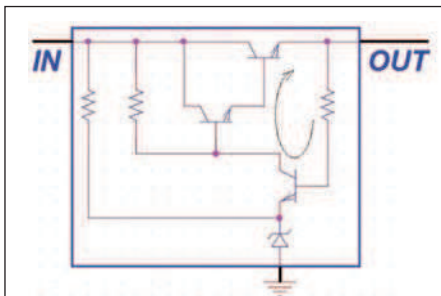


Figura 3: schema semplificato che mostra il principio di funzionamento di un regolatore di tensione a tre terminali.

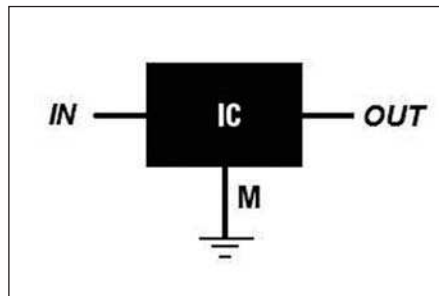


Figura 4: simbolo circuitale di un regolatore di tensione positiva a tre terminali.

fisse positive o negative dei valori più comuni in elettronica, tipicamente 5V e 12V nella maggior parte dei casi e 8V, 15V, 18V e 24V in casi un po' meno frequenti.

Anche se non è un argomento che tratteremo in questo articolo, occorre sottolineare che l'impiego di questi regolatori spesso necessita di appositi dissipatori che ne favoriscano il raffreddamento e quindi il funzionamento per una erogazione di corrente fino al valore nominale. Nel caso in cui non si impieghino dissipatori e si eroghi una corrente di valore prossimo a quello nominale il componente si riscalda rapidamente fino all'intervento, nei casi meno gravi, della protezione termica, generalmente integrata al suo interno o fino al vero e proprio deterioramento e distruzione del componente nei casi più gravi.

GLI INTEGRATI DELLA SERIE 78

Occorre fare alcune puntualizzazioni circa le sigle tecniche di questi componenti ed il loro significato. Gli integrati regolatori della serie 78 presentano una sigla del tipo 78XY dove il 78 indica il fatto che essi sono regolatori di tensioni positive mentre XY individua la tensione regolata in uscita. Se XY è pari a 05 la tensione di uscita è pari a 5V, se è 08 la tensione di uscita è pari a 8V, se 12 è pari a 12V e così via.

Occorre osservare che i dati riportati nel datasheet si devono considerare orientativi per quanto riguarda i valori di corrente; infatti, la corrente erogabile può variare da modello a modello anche in dipendenza della dissipazione termica. La serie 78M, per esempio, presenta corrente massima in uscita pari a 500 mA. Il package, inoltre, può anche essere differente dal classico e comune TO220.

In figura 1 sono riportati alcuni package tipici degli integrati regolatori di questa serie ma anche delle altre serie trattate in questo articolo.

Quando si parla di integrato regolatore si pensa ad una tensione di uscita stabile che presenta un ben preciso valore; va tuttavia osservato che ciò è vero solo entro certi limiti poiché tale valore può variare

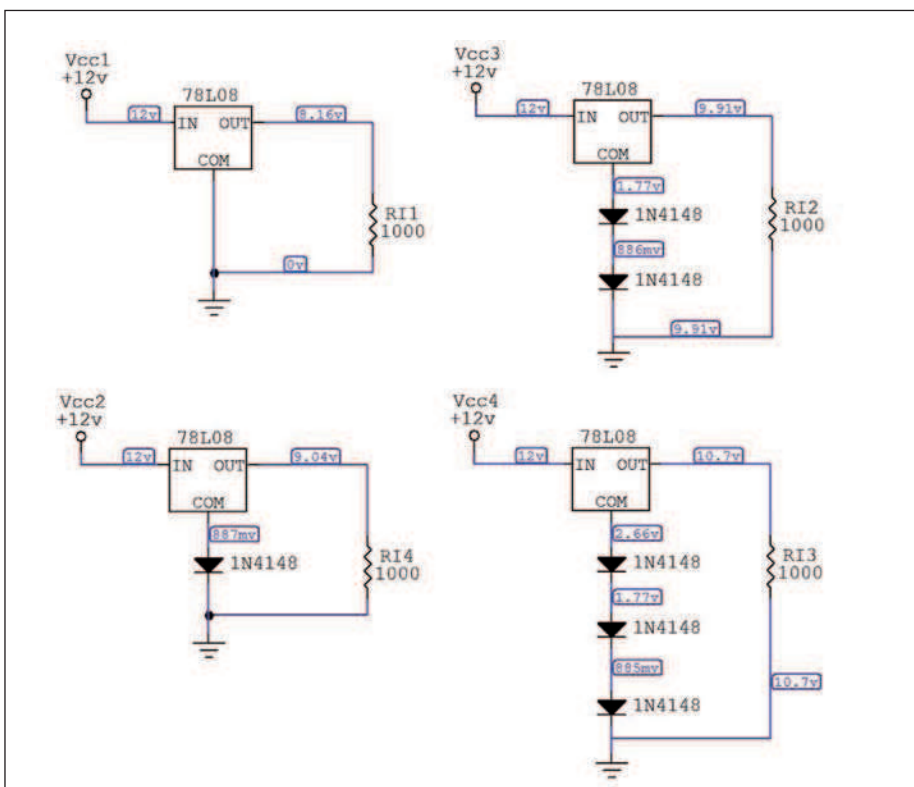


Figura 5: configurazione circuitale impiegante diodi in polarizzazione diretta per ottenere da un regolatore di tensione 78XY tensioni di uscita superiore a quelle standard ($V_{out}=V_R+nV_F$).

LE SERIE DI INTEGRATI STABILIZZATORI A TRE TERMINALI

Tra gli stabilizzatori di tensione integrati a tre terminali si distinguono due principali serie: una studiata per rendere disponibile tensioni stabilizzate positive (serie 78) ed una studiata per rendere disponibile tensioni stabilizzate negative (serie 79). A queste due serie si aggiungono altri regolatori stabilizzati a tre terminali, simili per package ma dotati di maggiore flessibilità applicativa in quanto capaci di fornire tensioni stabilizzate regolabili a piacimento, almeno entro certi limiti: si

tratta degli integrati LM317 ed LM337. Anche in questo caso i costruttori hanno pensato ad entrambe le esigenze applicative, cioè sia a quella di disporre di tensioni stabilizzate regolabili positive (serie LM117 / LM317) che di disporre di tensioni stabilizzate negative (LM137 / LM237 / LM337). Utilizzando opportunamente questi regolatori è anche possibile realizzare alimentazioni duali, sovente necessarie in elettronica. L'applicazione più comune degli integrati della serie 78 e 79 è quella che li vede impiegati per ottenere tensioni stabilizzate

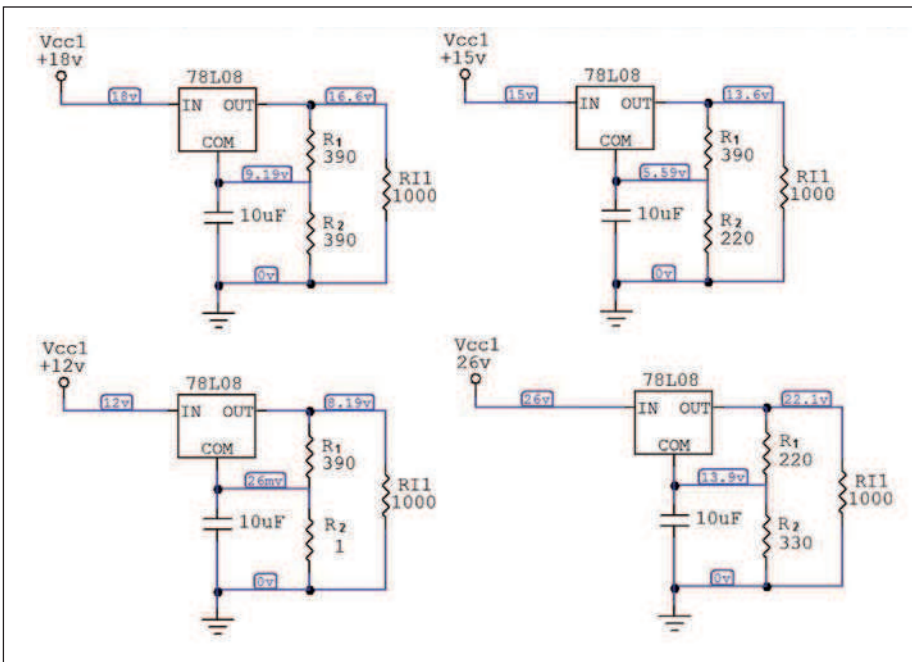


Figura 6: configurazione circuitale impiegante resistori per ottenere da un regolatore di tensione 78XY tensioni di uscita superiore a quelle standard ($V_{out}=V_r, st(1+R_2/R_1)$).

leggermente in funzione delle condizioni di lavoro (tensione di ingresso, corrente di carico, temperatura). Se per esempio si consulta il datasheet del regolatore L78M05C, cui si rimanda per maggiori dettagli, ci si accorge che nelle condizioni $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_i=10\text{V}$, $I_0=350\text{ mA}$, $C_i=0,33\text{ }\mu\text{F}$ e $C_o=0,1\text{ }\mu\text{F}$ la V_{out} può essere compresa tra 4,8V e 5,2V con valore tipico pari a 5V mentre se si allarga il campo operativo a correnti in uscita comprese tra 5mA e 350mA e tensione di ingresso compresa tra 7 e 20V la tensione in uscita risulta compresa tra 4,75V e 5,25V, ancora una volta con 5V come valore tipico (figura 2).

INTEGRATI DELLA SERIE 79

Gli integrati regolatori della serie 79 presentano sigla del tipo 79XY dove il 79 indica che si tratta di regolatori di tensioni negative mentre XY individua la tensione regolata in uscita. Se XY è pari a 05 la tensione di uscita è pari a -5V, se è pari a 08 la tensione di uscita è pari a -8V e così via esattamente come detto per la serie 78. La tensione in ingresso è ovviamente negativa come quella che si ottiene in uscita. Anche in questo caso, vale quanto detto per la serie 78 a proposito della corrente in uscita e del package.

IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO ED ALCUNE OSSERVAZIONI

Molto spesso tra le prime due cifre e le ultime due della sigla tecnica è presente una lettera che può indicare il valore di corrente del componente mentre l'intera sigla può essere preceduta da lettere come LM, MC o uA che sono indicative della casa costruttrice del componente, che in ogni caso è circuitalmente standard. Questi aspetti valgono, tanto per i componenti della serie 78 che stabilizzano tensioni positive quanto per i componenti della serie 79 che stabilizzano tensioni negative. Anche se le dimensioni degli esemplari di entrambe queste serie di stabilizzatori sono assai ridotte, come accade del resto per gli integrati LM317 ed LM337 che avremo modo di prendere in considerazione successivamente, al loro interno è sempre presente un complesso circuito elettronico composto da circa una ventina di transistor, una ventina di resistenze e qualche diodo zener.

Il circuito integrato all'interno di questi regolatori di tensione è quindi abbastanza più complesso di quanto molti potrebbero erroneamente pensare e la sua struttura circuitale non va confusa, a dispetto del package, con quella di un semplice e comune transistor. Più che esaminare nel dettaglio lo schema circuitale di questi regolatori (si rimanda alla lettura diretta di qualche datasheet per maggiori dettagli e approfondimenti specifici) è opportuno proporre uno schema interno semplificato (figura 3) che riduca all'essenziale il tutto con il fine di illustrare il principio su cui si basa il loro funzionamento.

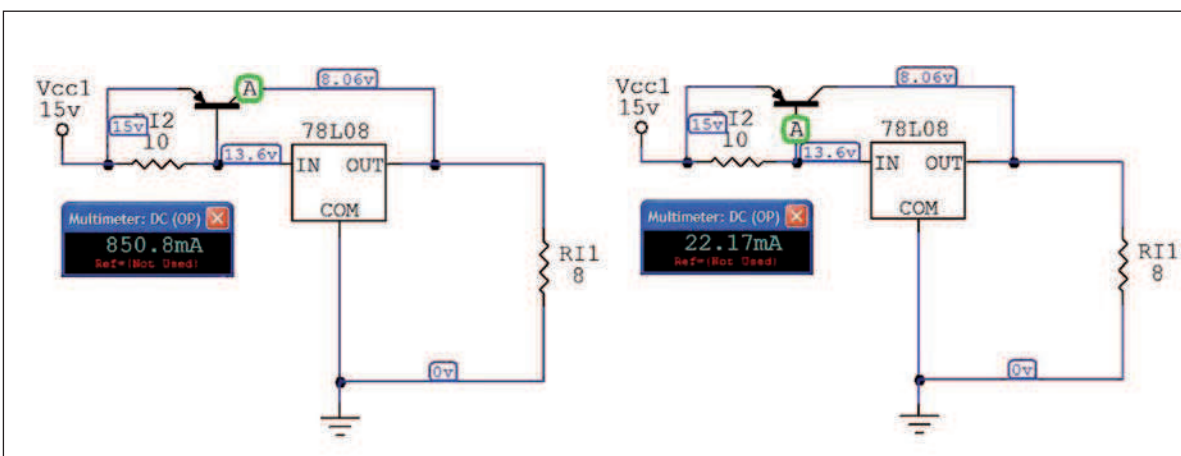


Figura 7: configurazione circuitale impiegante un transistor ($h_{fe}=40$) esterno per incrementare la corrente erogabile al carico.

Ciò che occorre notare è il percorso di reazione all'interno del circuito. Tale percorso si avvale del diodo zener per definire una tensione di riferimento che rientra nella logica di reazione utile a stabilizzare la tensione di uscita ad un valore di poco superiore a quella del diodo stesso. Se la tensione in ingresso aumentasse tanto da far aumentare la tensione in uscita, tenderebbe ad aumentare il livello di accensione del transistor in basso, di conseguenza tenderebbe ad esserci una diminuzione del livello di accensione degli altri due transistor e di conseguenza si avrebbe un aumento della tensione tra collettore ed emettitore del transistor in alto ed una nuova diminuzione del livello di tensione in uscita, da cui l'effetto stabi-

lizzante. Essendo la corrente assorbita dalla base del transistor in basso molto piccola, la tensione di uscita risulta circa uguale a quella di break-down dello zener più una V_{be} ; di conseguenza se si vuole modificare progettualmente il valore di tensione stabilizzata in uscita è necessario, per prima cosa, modificare la tensione di break-down del diodo zener. Ovviamente affinché si abbia il corretto funzionamento dello stabilizzatore appare chiaro che la tensione in ingresso debba essere maggiore rispetto alla tensione dello zener affinché questo possa accendersi, anzi deve essere sufficientemente superiore alla $V_z + V_{be}$ in modo da consentire al transistor in alto di essere acceso e fornire effettivamente corrente al

carico. Appare anche chiaro come la tensione in ingresso, qualora eccessivamente superiore rispetto a quella dello zener, possa arrecare gravi problemi termici al dispositivo, anche in presenza di corrente di carico limitato, a causa della maggiore corrente che interessa le due resistenze a sinistra ed il transistor in basso. Il calore che si sviluppa all'interno del dispositivo potrebbe essere eccessivo e tale da distruggere il dispositivo stesso. Per ovviare a questo problema spesso si impiegano opportuni dissipatori che possono essere applicati sull'integrato. Sebbene in forma semplificata, quanto esposto è sufficiente a comprendere sia il principio di funzionamento del regolatore, sia i principali limiti che lo caratterizzano. In particolare spiega come sia necessario che la tensione in ingresso non presenti un over-voltage rispetto al riferimento di zener eccessivamente piccolo, pena il mal-funzionamento del dispositivo, ma nemmeno troppo grande, pena l'eccessivo stress termico dello stesso dispositivo.

Chiudiamo questo paragrafo con alcune osservazioni. Vi è mai capitato di montare, per sbaglio, al contrario uno di questi regolatori? Se si avrete notato che sul lato IN, erroneamente impiegato come uscita, si trova ancora una tensione di valore vicino a quello atteso ma il circuito alimentato, generalmente, non funziona correttamente. Il circuito semplificato prima presentato spiega anche questo. Infatti dalla sua osservazione è facile verificare che attraverso la giunzione B-E del transistor in basso si polarizza lo zener e si ottiene la sua tensione di break-down sul lato IN impiegato erroneamente come uscita. E' chiaro, in ogni caso, che l'im-

piego non è corretto e non è tale da poter fornire in uscita la corrente necessaria.

L'aver proposto questo circuito semplificato ci permetterà di proporre in modo critico, nel proseguo dell'articolo, una serie di circuiti impieganti i regolatori più comuni con il fine di ottenere tensioni stabilizzate differenti da quelle nomi-

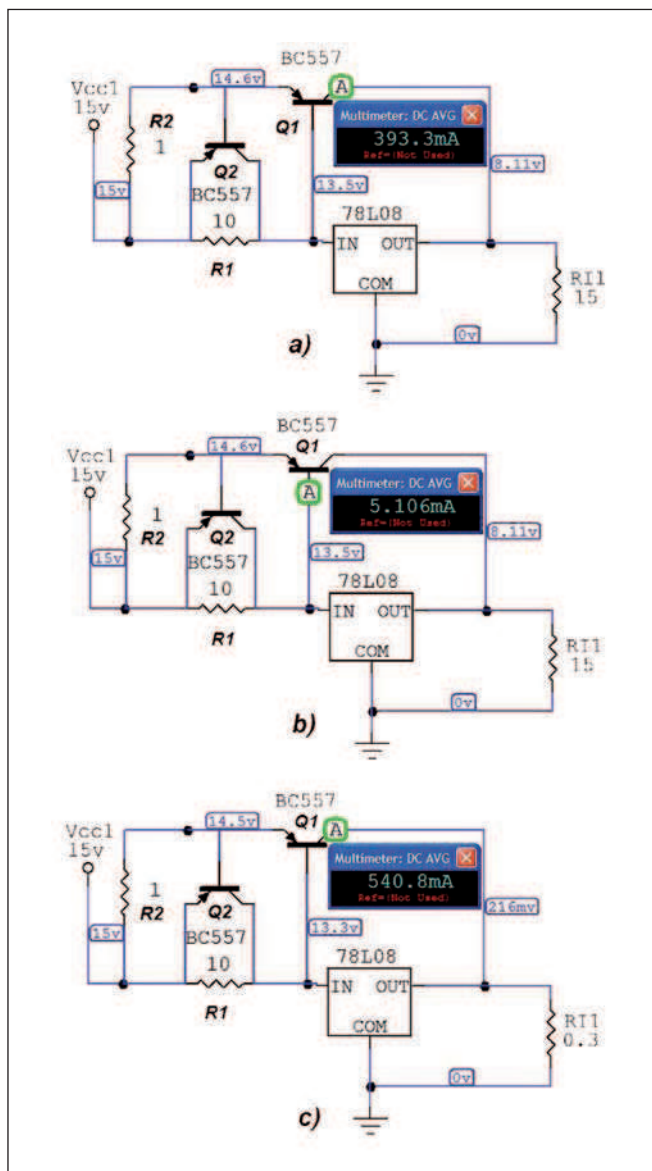
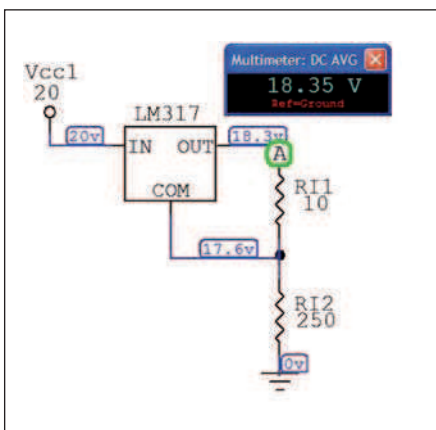
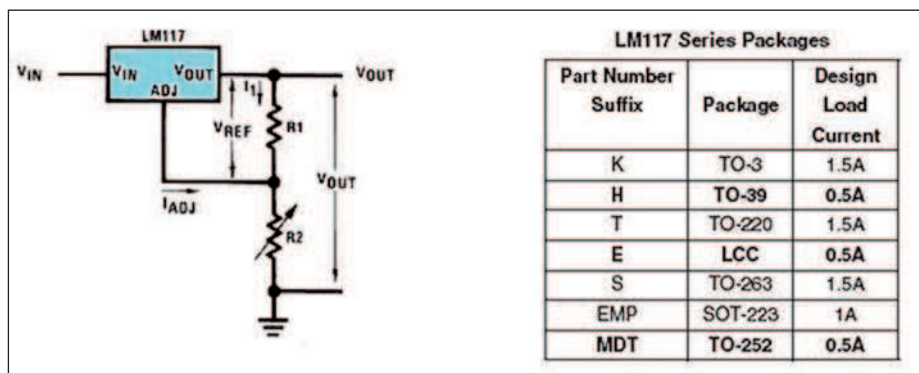


Figura 8: configurazione circuitale con incremento della corrente erogabile e protezione contro il corto circuito.

Figura 9: la tensione $V_{out,max}$ è sempre di poco inferiore a V_{in} .





LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A

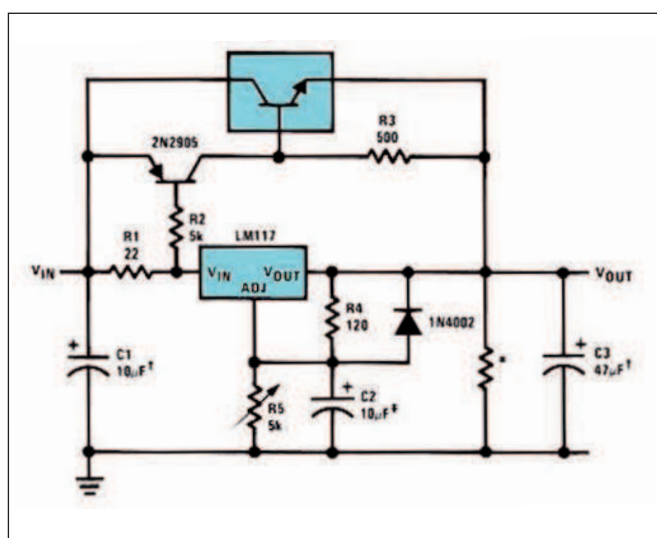


Figura 10: tipica configurazione circuitale per i regolatori della serie LM317/LM337 e relativi package.

Figura 11: circuito impiegante un LM117 in configurazione con incremento della corrente erogabile.

nali. Dall'analisi del circuito semplificato si è concluso che la tensione in ingresso deve sempre essere di valore sufficientemente maggiore rispetto al valore di tensione stabilizzata da ottenere in uscita per la quale il regolatore è stato costruito. Generalmente la tensione di ingresso è circa 1,4-1,5 volte la tensione da stabilizzare e difficilmente di valore superiore dato che a maggiore tensione di ingresso corrisponde anche maggiore stress termico del componente. Di conseguenza se si dispone di una tensione continua pari a 30V è ovvio impiegare un 7824 per ottenere 24V, da questa un 7818 per ottenere 18V e così via: è possibile cioè impiegare più regolatori in cascata. Da questo punto di vista occorre però tener conto del fatto che in ciascuno stadio la potenza in ingresso è in parte restituita in uscita e in parte dissipata in calore.

Come accennato in uno dei paragrafi precedenti, questi componenti forniscono la tensione stabilizzata in uscita con una certa tolleranza dipendente, in qual-

che misura, dal valore di tensione di ingresso e dalla corrente assorbita dal carico; di conseguenza non bisogna meravigliarsi se in uscita ad un 7805, per esempio, si rileva una tensione pari a 4,95V oppure 5,1V.

INTEGRATI DELLA SERIE 78L

Gli integrati regolatori della serie 78L presentano sigla 78LXY dove il 78 indica il fatto che si tratta di regolatori di tensioni positive in uscita mentre XY individua la tensione regolata in uscita. La lettera L indica che la corrente massima che il regolatore può fornire è pari a 100mA. Come si può osservare, il package è più piccolo del classico TO-220 e non presenta la parte metallica forata cui poter applicare il dissipatore (questo è uno degli aspetti che spiega la minore corrente che il regolatore 78L è in grado di fornire).

INTEGRATI DELLA SERIE 79L

Gli integrati regolatori della serie 79L presentano sigla 79LXY dove il 79 indica

che si tratta di regolatori di tensioni negative mentre XY individua la tensione regolata in uscita. La lettera L, come per la serie 78, indica che la corrente massima che il regolatore può fornire è pari a 100 mA.

CONNESSIONE ELETTRICA DELL'ALETTA DI RAFFREDDAMENTO

Il terminale M degli integrati 78 coincide elettricamente con l'aletta metallica forata del corpo cui si applica l'eventuale dissipatore termico. Occorre osservare, tuttavia, che negli integrati 79 non è il terminale M bensì il terminale IN ad essere connesso all'aletta metallica. In entrambi i casi si tratta comunque del terminale centrale.

Nel caso in cui il regolatore presenti a monte un ponte raddrizzatore è inoltre assolutamente opportuno prevedere in ingresso un condensatore. Spesso si è soliti dimensionare questa capacità al valore riportato sulle application notes all'interno del datasheet. Tuttavia è opportuno comprendere che tale condensatore va dimensionato in maniera tale che la sua scarica sia sufficientemente lenta tanto da consentire il sopraggiungere della successiva semionda di ricarica quando lo stesso è ancora carico. Il condensatore adottato, generalmente di tipo elettrolitico, deve inoltre presentare tensione nominale maggiore rispetto a quella massima di impiego di un fattore almeno pari ad 1,5. Ricordando che una semionda per alimentazioni di rete a 50Hz dura 10ms e supponendo il raddrizzatore a doppia semionda sarà necessario imporre una costante di tempo di scarica adeguatamente lunga, per esempio $RC=20ms$ dove approssimeremo R con V_{in}/I_{out} . In uscita è sufficiente un condensatore di valore più piccolo; inoltre sia in ingresso che in uscita è opportuno porre anche un condensatore di valore circa pari a 100n verso massa cioè verso il terminale M.

COME STABILIZZARE TENSIONI SUPERIORI O DIFFERENTI DA QUELLE STANDARD

Fornendo sul pin IN la tensione di ingresso (con un adeguato over-voltage rispetto alla tensione da stabilizzare) e ponendo il pin M a massa è possibile stabilizzare sul pin OUT la tensioni standard ti-

TELECAMERE PROFESSIONALI

Videosorveglianza continua, 24 ore su 24

TELECAMERA DAY & NIGHT CON ZOOM DIGITALE 10X E FUNZIONE PRIVACY ZONE

FR446
€ 299,00

Sensore 1/3" SONY SUPER HAD CCDII; risoluzione 600 linee TV colore; sensibilità 0,01 lux (F/1.2); ottica varifocal auto iris 3,5-16mm; funzione privacy zone (8 zone), mirror e motion detection; 70 LED IR per visione notturna fino a 70m; alimentazione 12Vdc o 24Vac; IP67; controllo tramite collegamento RS485. Staffa inclusa.



TELECAMERA DAY & NIGHT CON FUNZIONE PRIVACY ZONE

FR445
€ 199,00

Sensore 1/3" SONY SUPER HAD CCDII; risoluzione 600 linee TV colore (680 B/N); sensibilità 0,01 lux (F/1.2); ottica varifocal 4-9mm; funzione privacy zone (4 zone), mirror e motion detection; 40 LED IR per visione notturna fino a 40m; alimentazione 12Vdc o 24 Vac; IP67. Staffa inclusa.



TELECAMERA DAY & NIGHT CON ZOOM OTTICO 22X

FR440
€ 142,00

Sensore CCD 1/4" SONY; risoluzione 480 linee TV; sensibilità 0,5 lux; ottica 3,9-85,8mm; messa a fuoco automatica; controllo delle funzioni tramite telecomando IR (compreso), pannello comandi o cavo (RS485); alimentazione 12Vdc.



Tutti i prezzi sono da intendersi IVA inclusa.

**FUTURA
ELETTRONICA**

Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331/799775 • Fax. 0331/792287

Maggiori informazioni su questi prodotti e su tutte le altre apparecchiature sono disponibili sul sito www.futurashop.it tramite il quale è anche possibile effettuare acquisti on-line.

CODICE MIP 2779600

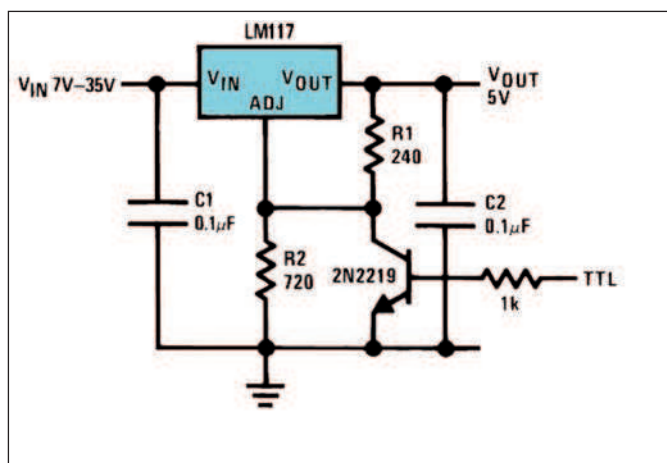


Figura 12: regolatore di tensione con LM117 pilotabile digitalmente.

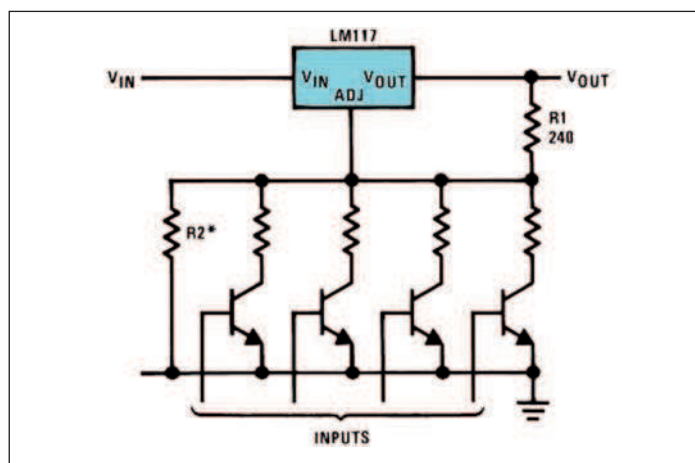


Figura 13: regolatore di tensione con controllo digitale della tensione di uscita.

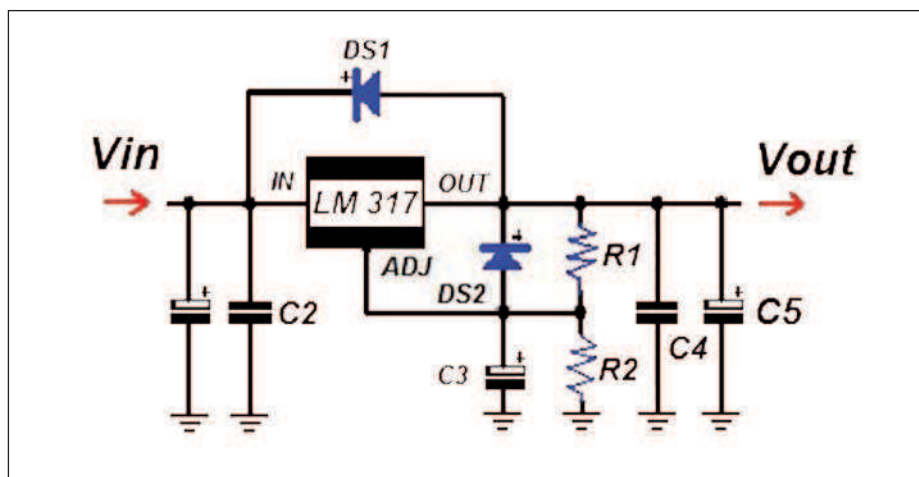


Figura 14: schema generale di regolatore di tensione con LM317.

pica del regolatore in oggetto. Questo è anche giustificato dal fatto che queste tensioni (5-8-12-15-18-24 volt) e tra esse soprattutto quelle pari a 5, 12 e 24V sono quelle più comunemente impiegate in elettronica. Nonostante ciò è lecito chiedersi in che modo sia possibile operare se si vuol disporre di una tensione differente da queste, per esempio pari a 9V oppure 11V o 21V. In realtà non esistono integrati regolatori a tre terminali per ottenere queste tensioni. Tuttavia impiegando opportunamente gli stessi integrati stabilizzatori fin qui presentati è possibile ottenere, grazie ad opportune configurazioni circuitali, tensioni opportunamente maggiori e differenti rispetto quelle standard secondo le specifiche esigenze del caso. Impiego di diodi. Mostrando la configurazione circuitale interna semplificata dei

regolatori a tre terminali si è detto che la tensione stabilizzata in uscita è di poco superiore al valore della tensione di breakdown del diodo zener interno che si trova sul pin M. Questo diodo rappresenta cioè, a tutti gli effetti, un riferimento; di conseguenza se sul pin M, esternamente al componente poniamo un altro diodo, per esempio un diodo al silicio polarizzato direttamente, la tensione di riferimento aumenta di un valore pari alla tensione diretta VF di quest'ultimo. In altre parole, la tensione di entrata in conduzione della serie zener più diodo esterno è pari alla somma di $V_{bdz} + VF$ e quindi è come avere un diodo zener equivalente la cui tensione di breakdown è pari alla somma delle due suddette tensioni. Se l'integrato è un LM7805, essendo la VF per un diodo al silicio tipicamente pari a 0,7V, si avrà in uscita una tensione stabilizzata

pari a 5,7V, se si usa un 7808 si avrà 8,7V e così via per gli altri regolatori della serie 78. In generale se VR è la tensione stabilizzata standard si avrà come tensione stabilizzata $VR + VF$. Appare ovvio iterare il ragionamento e ottenere $VR + 2VF$ di tensione stabilizzata se si impiegano due diodi al silicio in serie e in generale $VR + nVF$ se se ne impiegano n. In figura 5 si riportano alcune simulazioni circuitali che mostrano quanto detto. Sottolineiamo che, ovviamente, l'over-voltage minimo della tensione in ingresso in questi casi non deve più essere riferito alla tensione di riferimento standard, tipica del componente, ma a quella incrementata mediante l'ausilio dei diodi che può essere vista come una tensione di riferimento equivalente.

Appare ovvio, inoltre, estendere quanto detto agli altri integrati della serie 78. Le stesse configurazioni circuitali possono essere ripetute per gli integrati della serie 79 invertendo la polarità con cui sono inseriti i diodi all'interno del circuito. L'alimentazione, ovviamente, sarà con segno negativo e stessa cosa dicasi per la tensione regolata in uscita.

La gamma di tensioni stabilizzate ottenibili può essere enormemente ampliata considerando l'impiego di diodi zener polarizzati in inversa e disposti sul polo M del componente. La tensione stabilizzata diventa in questo modo pari a $VR + VZ$. Ovviamente il diodo zener va polarizzato con il polo + verso M e quello - verso la massa del circuito nel caso di tensioni positive (serie 78), in modo opposto nel caso di impiego dei regolatori negativi

(serie 79XY). In figura 5 sono riportati i risultati di alcune simulazioni circuitali che mostrano quanto esposto.

Impiego di riferimenti di altro tipo. In **figura 6** è riportata un'altra configurazione circuitali all'interno della quale è possibile impiegare un regolatore 78XY. Al posto dei diodi si impiega un partitore per creare un riferimento di tensione da applicare sul pin M in maniera da aumentare dello stesso valore la tensione da stabilizzare. Evidentemente tra il terminale di uscita ed il terminale M troveremo ancora una tensione pari a quella standard dell'integrato VR; di conseguenza se imponiamo il valore di corrente che vogliamo far scorrere nella resistenza R1, per esempio $I1=20\text{mA}$ possiamo dimensionare la stessa resistenza assegnandole il valore

$$R1=VR/I1$$

Se vogliamo che la stessa corrente I1 circoli nella resistenza R2 è necessario imporre:

$$R2=(Vout -VR)/I1$$

In conclusione, mediante le precedenti relazioni, fissato I1 ed il valore di Vout che si intende ottenere, è immediato calcolare sia R1 che R2, cioè dimensionare il circuito di regolazione. Analogamente è possibile affermare che se il circuito è stato dimensionato secondo questa logica, allora vale la seguente relazione per la tensione di uscita.

$$Vout=R2*I1+VR=R2*(VR/R1)+VR=VR(1+R2/R1)$$

Nei quattro casi proposti nelle simulazioni circuitali raffigurate in **figura 6** si ha pertanto rispettivamente:

$$Vout=8V*(1+390\Omega/390\Omega)=16V;$$

$$Vout=8V*(1+220\Omega/390\Omega)=12,51V;$$

$$Vout=8V*(1+1\Omega/390\Omega)=8,02V;$$

$$Vout=8V*(1+330\Omega/220\Omega)=20V$$

Ovviamente, sia nel caso in cui si adoperi la configurazione circuitali di **figura 5** che quella di **figura 6** è necessario che la tensione di ingresso presenti sempre un certo over-voltage rispetto alla tensione da stabilizzare in uscita. Inoltre, come è lecito attendersi, tra i valori calcolati e quelli reali vi sarà sempre una certa differenza anche in dipendenza delle specifiche condizioni operative.

ESEMPI DI DIMENSIONAMENTO

Tornando alla configurazione circuitali di **figura 6** è didatticamente interessante mostrare esplicitamente con un esempio come la rete resistiva venga dimensionata. Se vogliamo ottenere 10,5V impiegando un 7808, imponendo $I1=20\text{mA}$ si ottiene $R1=8V/20\text{mA}=400\Omega$ per cui in base a quanto detto prima $R2=(10,5V-8V)/20\text{mA}=125\Omega$. A conferma della correttezza del calcolo usiamo la formula inversa che restituisce il valore di $Vout=VR(1+R2/R1)=8V*(1+125\Omega/400\Omega)=10,5V$. Dovendo impiegare resistenze standard si sceglierà per esempio $R1,eff=390\Omega$ ed $R2,eff=120\Omega$ valori in presenza dei quali l'effettiva Vout risulta $Vout,eff=VR(1+R2/R1)=8V*(1+120\Omega/390\Omega)=10,46V$. Ovviamente è anche possibile imporre la corrente I1 in modo tale che il valore R1 sia pari ad un valore standard. Per esem-

pio imponendo R1 pari esattamente a 390Ω , $I1=8V/390\Omega=20,51\text{mA}$. Ovviamente a questo punto si calcola R2 e si sceglie il valore standard più vicino. Se si vuole tarare perfettamente la tensione in uscita è allora necessario utilizzare al posto di R2 un trimmer. Questa esigenza, tuttavia non è molto comune in quanto se un circuito deve funzionare a 15V, generalmente funziona correttamente anche a 13,6V oppure a 16V e potrebbe essere utile solo se si necessita di realizzare un circuito stabilizzatore con tensione di uscita non fissa. Per esempio, se al posto della resistenza da 120 ohm si impiega un trimmer da 120 ohm la tensione in uscita potrà variare tra:

$$Vout=VR(1+R2/R1)=8V*(1+120\Omega/390\Omega)=10,46V$$

$$\text{e } Vout=VR(1+R2/R1)=8V*(1+0\Omega/390\Omega)=8V.$$

Volendo far cadere il valore desiderato di Vout al centro dell'escursione sarà sufficiente aumentare leggermente il valore del trimmer portandolo per esempio a 220Ω . In queste condizioni $Vout,max=VR(1+R2max/R1)=8*(1+220\Omega/390\Omega)=12,51V$ e $Vout,min=8V$.

Va sottolineato che il fatto di aver proposto esempi applicativi e di dimensionamento riferiti all'integrato 7808 non lede la generalità dei ragionamenti, in quanto le stesse configurazioni e calcoli analoghi possono essere riproposti per gli altri integrati della serie 78 con l'unica differenza di avere un diverso valore di tensione standard VR e per gli integrati della serie 79 con l'unica differenza di invertire la polarità dei diodi nella configurazione di **figura 5** e quella della tensione applicata in ingresso.

INCREMENTO DELLA CORRENTE IN USCITA

Come abbiamo visto è piuttosto semplice, impiegando un regolatore della serie 78 o della serie 79 ottenere valori di tensione stabilizzata superiori e differenti da quelli standard per cui gli stessi regolatori sono stati costruiti. Appare ovvio chiedersi, allora, se esistono anche configurazioni circuitali che permettano di aumentare la corrente che il circuito stabilizzatore può fornire rispetto a quella nominale dell'integrato regolatore. Configurazioni circuitali di questo tipo esistono e consistono nell'impiegare un transistor esterno di potenza che partecipi nel fornire la

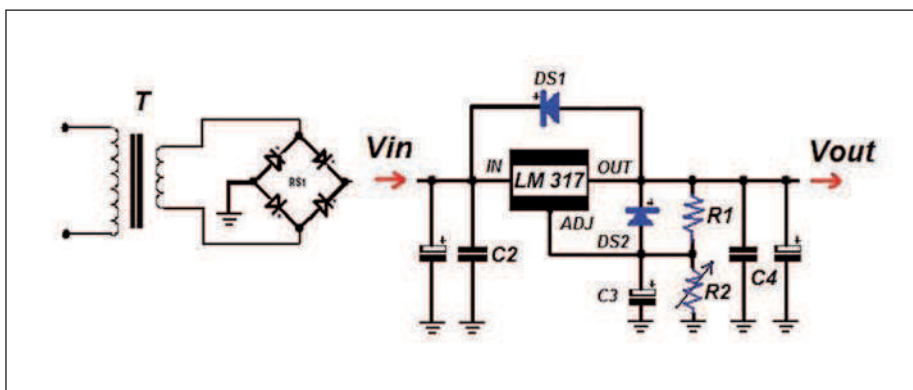


Figura 15: circuito raddrizzatore e regolatore variabile con impiego di LM317.

corrente erogata al carico insieme al transistor interno al regolatore. In **figura 7** si riporta una simulazione della configurazione circuitale tipicamente impiegata per la serie 78 (in cui è necessario impiegare un transistor esterno PNP). La stessa configurazione circuitale può essere adottata per i regolatori della serie 79 con l'unica differenza di impiegare nella medesima posizione un transistor NPN invece che un PNP, facendo attenzione a rivolgere ancora una volta il collettore verso l'uscita e l'emettitore verso l'ingresso. Il dimensionamento del circuito si effettua imponendo la quota di corrente che deve essere direttamente erogata dal regolatore e quella che invece deve essere erogata dal transistor di potenza esterno. Generalmente si impone che quasi tutta la corrente sia erogata dal transistor esterno. Se per esempio vogliamo 2,5A ad 8V di tensione stabilizzata impiegheremo lo schema circuitale di **figura 7** con un transistor PNP di cui sia noto il guadagno hfe. Imponendo che dei 2,5A, 0,2A siano forniti dal regolatore e 2,3A dal transistor esterno è possibile dedurre che sulla base di questo debba scorrere una corrente pari a: $I_B = 2,3A/hfe$. Se per esempio $hfe=40$ otteniamo $I_B=57,5mA$. Di conseguenza in R scorre la corrente $I_R=0,2A+57,5mA=142,5mA$. Ovviamente il transistor esterno deve risultare acceso, pertanto è necessario imporre $V_{be}=0,7V$ e quindi $R=0,7V/0,142A=4,93\ \Omega$. Volendo impiegare resistenze standard potremo, per esempio, impiegare due resistenze da $10\ \Omega$ in parallelo facendo attenzione al dimensionamento termico. In altre parole due resistenze in parallelo da 10 ohm dovranno dissipare una potenza pari a $P_{R2}=5\ \Omega \cdot (0,142)^2=0,1W$ (in questo caso sono sufficienti anche semplici resistenze da 1/4W). Chiaramente il transistor

esterno dovrà essere in grado di erogare i 2,3A previsti e probabilmente sarà necessario dotarlo di un adeguato dissipatore. Avendo ridotto al minimo invece la corrente direttamente fornita al carico dal regolatore questo potrebbe non necessitare di un dissipatore o necessitare di un dissipatore di ridotte dimensioni. Con riferimento all'esempio di **figura 7** invece il calcolo da eseguire è il seguente:

- avendo un carico di 8 ohm da alimentare ad 8V è necessario che il circuito di regolazione fornisca $I_{out}=8V/8\ \Omega =1A$. Imponendo che 150 mA corrente siano forniti direttamente dal regolatore 7808 e che i restanti 850mA siano forniti dal transistor esterno con hfe circa uguale a 40 segue che $I_B=850mA/40=21,25mA$;
- di conseguenza $I_R = 150mA+21,25mA =171,25mA$;
- da cui segue $R=V_{be}/171,25mA$.

Uno degli interrogativi che il progettista deve però porsi nel dimensionare un circuito di questo tipo è cosa accade nel caso in cui per un guasto si debba sostituire il transistor esterno o se si devono produrre molti esemplari del circuito. Infatti due transistor anche dello stesso tipo presentano sempre una certa differenza tra i valori di hfe. Se un esemplare di transistor ha un hfe più piccolo della media diventa necessaria una I_B maggiore e quindi una I_R minore e quindi una R maggiore. Di conseguenza conviene sempre sovradimensionare un po' la resistenza R. In questo modo, al più si avrà l'effetto di far passare una porzione ancora più grande di corrente nel transistor esterno ed una ancora più piccola nel regolatore salvaguardando ulteriormente quest'ultimo. Questo spiega perchè in generale sia una scelta saggia quella di imporre che quasi l'intera corrente necessaria al carico sia fornita dal transistor esterno. Ap-

pare anche evidente che se si deve, per esempio, fornire al carico 2A, di fatto conviene scegliere un transistor con corrente nominale adeguatamente superiore, per esempio 4A.

PROTEZIONE CONTRO I CORTOCIRCUITI

E'interessante chiedersi se un circuito stabilizzatore come quello proposto nel precedente paragrafo per incrementare la corrente erogabile da un regolatore sia o meno protetto contro i corto-circuiti. La risposta è ovviamente no; infatti se sul carico si genera un corto circuito il transistor esterno ne fa certamente le spese surriscaldandosi e rischiando di bruciarsi se non si disalimenta prontamente il circuito stesso. La configurazione mostrata in **figura 8**, in cui si aggiunge al circuito un secondo transistor ed una seconda resistenza, consente di realizzare un'efficiente protezione contro i corto-circuiti. Il dimensionamento della resistenza R2 è fondamentale allo scopo. E' necessario imporre la relazione $0,7V=R2 \cdot I$ dove I è la corrente massima per la quale è stato dimensionato il transistor Q1. In queste condizioni, infatti, la corrente I_{Q1} non potrà superare tale valore in quanto appena raggiunto questo valore si ha l'accensione del transistor Q2 il che equivale ad imporre la V_{be} e quindi una limitazione sulla corrente I_{R2} e quindi su I_{Q1} . Ovviamente la R2 va scelta non solo di valore ohmico opportuno ma anche di potenza adeguata. In figura 8 sono mostrati due situazioni di lavoro che mostrano quanto detto. In **figura a** (corrente di collettore) e **figura b** (corrente di base) è mostrata la condizione di normale funzionamento in cui i 393 mA che percorrono il transistor Q1 sono insufficienti ad accendere attraverso la R2 il transistor Q2. Se si simula un corto-circuito sull'uscita invece, la condizione operativa è assimilabile a quella della figura C. Se ammettessimo che in uscita si continui ad avere 8V dovremmo anche ammettere una corrente in Q1 pari a $8V/0,3\ \Omega =26,7A$. In realtà questo non accade in quanto con il dimensionamento imposto è sufficiente che la corrente aumenti di soli 50-100mA perchè il transistor Q2 si accenda. In realtà, allora, sul carico non può essere erogata da Q1 una corrente superiore a

PER approfondire...

- L7800 Series-Positive Voltage Regulators (<http://www.st.com>)
- LM117/LM317A/LM3173-Terminal Adjustable Regulator (www.national.com)
- Three terminal Negative Voltage Regulators (MC7900 Series) (www.AllDataSheet.com)
- LM137/LM237/LM337-Three terminal adjustable negative voltage regulators (www.st.com)

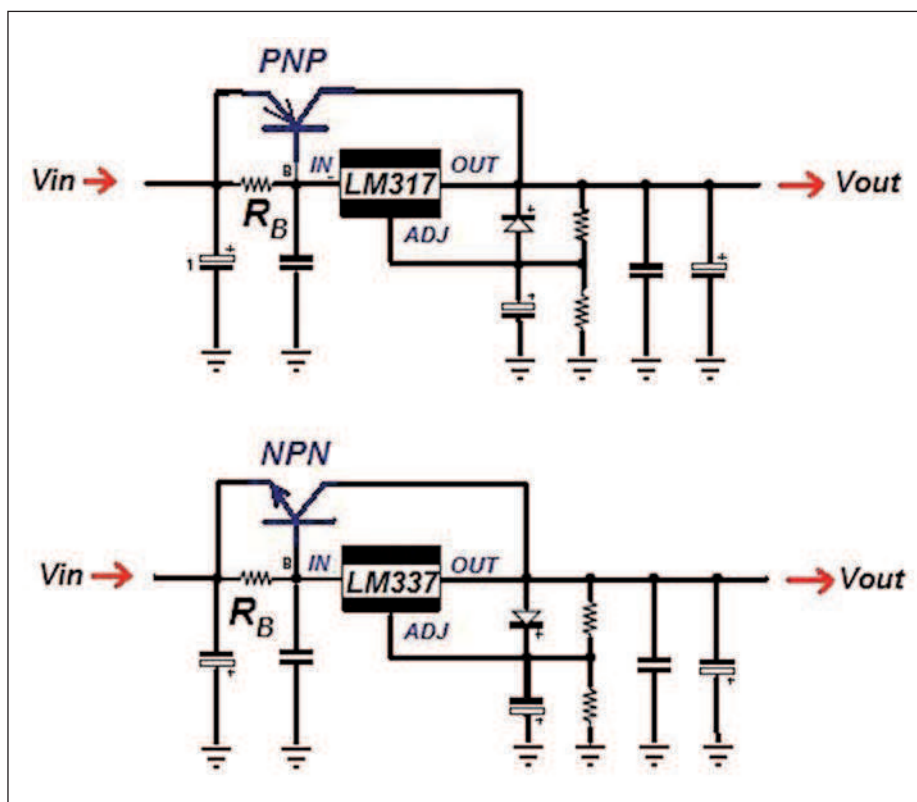


Figura 16: configurazione circuitale impiegante un transistor esterno per incrementare la corrente erogabile al carico da un circuito regolatore impiegante un integrato LM317 o LM337.

V_{be2}/R_2 come la simulazione di figura 8 C mostra chiaramente.

E' superfluo puntualizzare che la configurazione circuitale con protezione contro il corto-circuito, opportunamente dimensionata, può essere impiegata in maniera analoga per tutti i regolatori della serie 78 e sostituendo i transistor PNP con analoghi NPN per tutti i regolatori della serie 79.

GLI INTEGRATI DI TENSIONE VARIABILE LM317 ED LM337

Abbiamo fin qui visto che impiegando opportunamente gli integrati della serie 78 e quelli della serie 79 è possibile:

- stabilizzare le rispettive tensioni standard;
- stabilizzare tensioni di valore superiore mediante configurazioni circuitali che prevedono l'impiego di diodi oppure reti resistive sul morsetto M;
- aumentare la corrente erogabile mediante impiego di transistor esterni;
- introdurre protezioni contro il corto-circuito al circuito di regolazione.

Tra i regolatori di tensione integrati a tre

terminali ne esistono altri particolarmente flessibili ed utili specie per realizzare circuiti stabilizzatori a tensione non fissa con ampio range di variazione della tensione di uscita stabilizzata. Si tratta degli integrati LM117/LM317 impiegati per stabilizzare tensioni positive e degli integrati LM137/LM237/LM337 impiegati per stabilizzare tensioni negative. Sia gli uni che gli altri presentano package del tutto simili a quelli visti per gli integrati della serie 78 e della serie 79.

Ancora una volta indicheremo con IN il morsetto su cui viene applicata la tensione in ingresso e con OUT quello dal quale viene prelevata la tensione stabilizzata di uscita. Il terzo terminale è generalmente indicato con la sigla ADJ che sta per "adjust" ed è quello sul quale si agisce per operare la regolazione della tensione.

Spesso si considera necessario non applicare in ingresso all'integrato una tensione maggiore di 40V, prassi che certamente non danneggia il componente, tuttavia si tratta di una precauzione spesso eccessiva in quanto la limitazione non è da

intendere sulla tensione di ingresso bensì sulla differenza tra le tensioni rispettivamente presenti in ingresso ed in uscita. Questo significa che se applichiamo 45V in ingresso non potremo stabilizzare tensioni inferiori a $50-40=10V$ in uscita sebbene l'integrato sia potenzialmente in grado di fornire tensioni inferiori (fino a 1,25V). Se in ingresso applichiamo una tensione pari a V_{in} in uscita potremo prelevare una tensione il cui valore assoluto cada nel range $[V_{min}, V_{max}]$ dove $V_{min}=V_{in}-40$ se tale valore supera 1,25 V ed 1,25V negli altri casi mentre $V_{max}=V_{in}$. Questo aspetto è mostrato nella simulazione di figura 9 in cui si nota chiaramente come pur essendo 1,25V $(1+R_2/R_1)=32,25V$ (si veda il proseguo per dettagli su questa relazione) la tensione di uscita non superi una tensione di poco inferiore a V_{in} .

Questi dispositivi integrano una limitazione automatica interna della corrente in uscita nel caso in questa dovesse essere tale da surriscaldare eccessivamente il dispositivo stesso. In questo caso, infatti, la protezione interna determina un abbassamento della tensione fornita in uscita che in tal modo non risulta più adeguata ad alimentare il carico. Ovviamente come per i dispositivi della serie 78 e 79 anche per quelli della serie 317 e 337 è opportuno applicare al dispositivo una adeguata aletta di raffreddamento senza la quale è impossibile che esso possa erogare la massima corrente per il quale è progettato senza che si surriscaldi. In linea di massima, nell'impiego di questi dispositivi è in altre parole necessario non solo non superare la massima tensione ingresso/uscita e la massima corrente di uscita, ma anche non superare la massima potenza $((V_{in}-V_{out}) \cdot I_{out} < 15W)$. La rete esterna normalmente impiegata con i regolatori LM117/317 (tensioni positive) ed LM137/LM237/LM337 (tensioni negative) per fissarne il valore di tensione in uscita è composta da due sole resistenze.

La configurazione circuitale è mostrata in figura 10 che è di validità generale per questi componenti.

Nella stessa figura sono riportati i package nei quali sono solitamente disponibili questi dispositivi con le relative correnti di uscita.

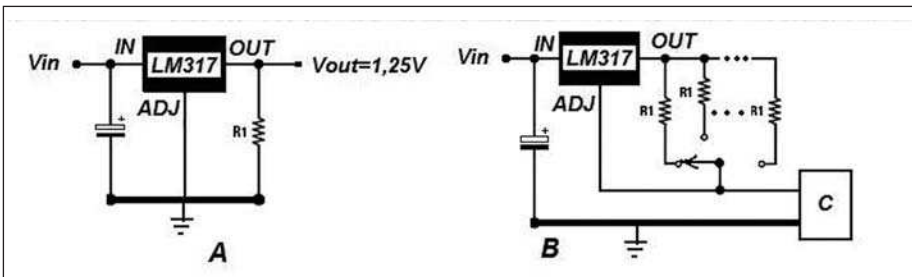


Figura 17: se $R_2=0$ $V_{out}=1,25V$ da cui $I=1,25V/R_1$.

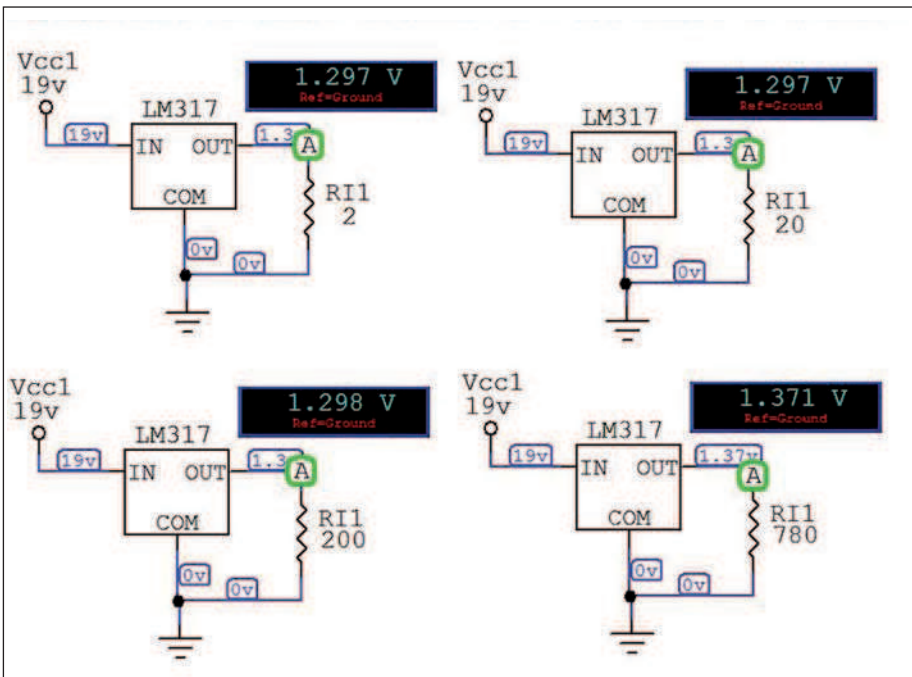


Figura 18: imponendo $R_2=0$ la tensione in uscita è, entro certi limiti, indipendente dal valore di R_1 .

La relazione generale che esprime la tensione di uscita è la seguente:

$$V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2$$

dove il secondo termine a destra dell'uguale può essere generalmente trascurato. La tensione indicata con 1,25V nella precedente formula è la tensione di riferimento VR. In pratica la VR è impressa grazie alla resistenza R1. In ogni caso il valore di IADJ è molto contenuto da cui consegue l'approssimazione prima menzionata. Come riportato in alcuni datasheet, il valore di R1 si aggira tipicamente intorno a 240Ω.

Attraverso questo componente è possibile realizzare facilmente un regolatore di tensioni per correnti di uscita elevate come

mostrato nello schema di figura 11 in cui il transistor in alto può anche essere sostituito da più transistor in parallelo in modo da incrementarne ulteriormente la corrente erogabile.

Analogamente è possibile costruire un regolatore di tensione che possa essere interdetto digitalmente (figura 12). Infatti se il livello TTL è un livello basso il transistor equivale a tutti gli effetti ad un interruttore aperto e di conseguenza la tensione di uscita è pari a quella fornita dalla relazione generale prima esposta (5V nell'esempio di figura); se invece il livello di tensione TTL è alto il transistor è portato in saturazione e la resistenza R2 è di fatto messa in corto; di conseguenza la tensione in uscita si riduce al valore di circa 1,25V che corrisponde allo shutdown del circuito.

Un altro circuito di regolazione della tensione particolarmente interessante è quello riportato in figura 13 in cui il guadagno è controllato digitalmente attraverso gli ingressi TTL che chiudono verso massa la relativa resistenza. Ne consegue, che essendo 4 i rami di regolazione, la parola di comando può essere settata in 16 differenti modi per cui altrettanti sono i valori di tensione che è possibile ottenere in uscita.

All'interno dei datasheet di questi componenti è possibile trovare molti altri schemi circuitali di impiego utili ad ottenere sia regolatori di tensione che generatori di corrente (carica batteria), con protezione da sovraccarico o senza e persino in configurazioni che permettono di ottenere regolatori switching. Ad essi si rimanda per maggiori approfondimenti.

In figura 14 riportiamo lo schema generale di un alimentatore in grado di fornire una tensione stabilizzata fissa in uscita mediante l'impiego di un LM317. Generalmente è opportuno che la tensione in ingresso sia compresa tra 1,2Vout ed 1,4Vout.

Il valore della resistenza R1 è invece tipicamente fissato a qualche centinaio di ohm, per esempio 220 o 330 Ω; conseguentemente rimane fissato anche il valore di $R_2=[(V_{out}/1,25)-1]*R_1$ dove appare chiaro che nel caso in cui si voglia $V_{out}=1,25V$, che è il valore minimo ottenibile, è necessario imporre $R_2=0$.

All'interno del circuito è consigliabile impiegare dei diodi connessi come in figura 14: DS1 collegato tra il pin di ingresso e quello di uscita è utile quando l'integrato viene disalimentato in ingresso, in quanto impedisce che il condensatore C5 si scarichi sull'uscita dello stesso integrato danneggiandolo. Il condensatore C5 infatti in questo modo si scarica sull'ingresso IN dell'integrato senza conseguenze.

Il diodo DS2 permette invece la scarica del condensatore C3 nel caso in cui l'uscita dell'integrato si trovi accidentalmente in corto-circuito, evitando che tra ADJ e OUT si instauri una tensione positiva. Per dimensionare correttamente il circuito, fissata la tensione di uscita, calcoleremo la tensione in ingresso che è necessario applicare, facendola cadere tra 1,2 Vout ed 1,5 Vout, quindi imporranno il

valore di R1, per esempio R1=220Ω oppure 330Ω ed applicheremo la relazione inversa di:

$$V_{OUT} = 1,25 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

per il calcolo della R2 cioè la relazione seguente:

$$R_2 = \left(\frac{V_{OUT}}{1,25} - 1 \right) R_1$$

Lo stesso schema può essere utilizzato per l'integrato LM337 (tensioni negative) con l'unico accorgimento di invertire le polarità dei diodi e dei condensatori polarizzati. Il circuito generale di **figura 14** può essere preceduto da un ponte raddrizzatore a diodi e prima ancora da un opportuno trasformatore con ingresso 220Vac ed uscita con tensione 15-16Vac (**figura 15**) in modo da ottenere il valore di tensione stabilizzata desiderata in uscita agendo sul trimmer R2, ovviamente

nei limiti di corrente e potenza imposti dal regolatore, valori che dovranno essere tenuti i conto anche nel dimensionamento del trasformatore in ingresso. OSSERVAZIONE: Facciamo notare che la configurazione circuitale impiegante l'LM317 e l'LM337 è analoga a quella mostrata in **figura 6** per la serie 78 e 79. Gli impieghi di questi integrati in questa configurazione non sono tuttavia equivalenti ed il principale motivo di questa affermazione sta nel fatto che con un LM317 o un LM337, per esempio, è possibile stabilizzare tensioni più basse (fino ad 1,25V) di quelle ottenibili con gli integrati della serie 78 e 79. Con un 7805 per esempio è possibile stabilizzare tensioni non inferiori a 5V, con un 7812 tensioni non inferiori a 12V e così via; ne consegue che se avete un circuito da alimentare a 3,33V, per esempio, ed avete come unica sorgente una tensione a 9V è immediato pensare all'impiego di un LM317 (nel rispetto, ovviamente, dei valori di corrente che gli integrati in questione sono in grado di fornire).

INCREMENTO DELLA CORRENTE IN USCITA

Come visto per gli integrati della serie 78 e della serie 79 anche per circuiti regolatori impieganti gli integrati LM317 ed LM337 è possibile aumentare la corrente erogabile al carico aggiungendo allo schema circuitale un transistor di potenza (transistor di potenza PNP congiuntamente all'integrato LM317, transistor NPN congiuntamente all'integrato LM337-**figura 16**). Anche in questo caso come abbiamo mostrato nel caso della serie 78 e della serie 79 è possibile dimensionare il circuito in maniera tale che l'integrato eroghi poche centinaia di milliampere e che la restante parte della corrente sia fornita al carico dal transistor esterno. Fissata la corrente che deve essere fornita dal transistor esterno e noto il valore del suo hfe è necessario calcolare la corrente di base dello stesso transistor $I_B = I_{TR} / h_{fe}$. Possiamo allora imporre $I_{RB} = I_{LM} - I_B$ e di conseguenza è possibile calcolare $R_B = 0,7V / I_{RB}$, dove 0,7V è la tensione necessaria sulla giunzione b-e del transistor per portare lo stesso in conduzione

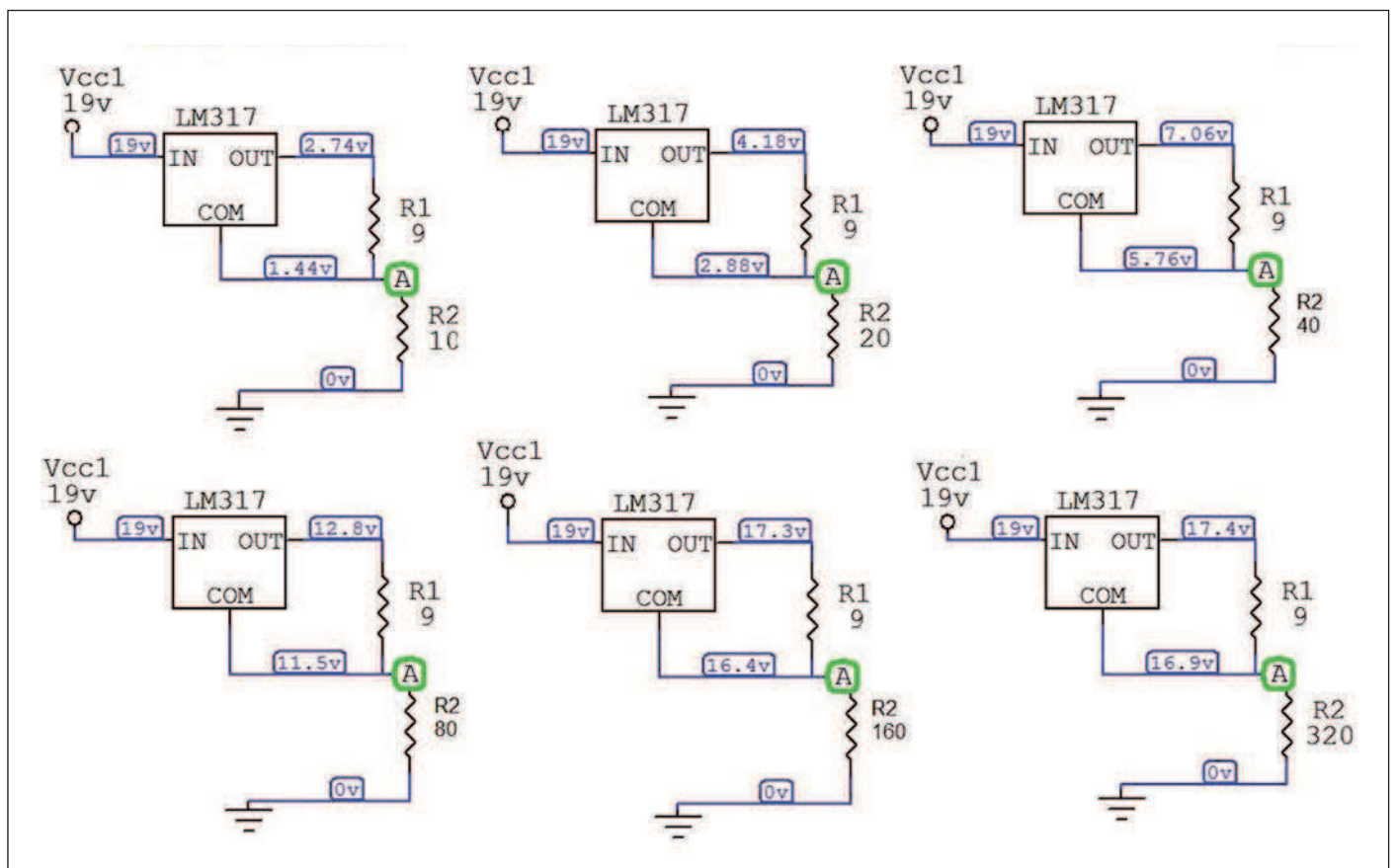


Figura 19: fissata R1 la corrente di carico è, entro certi limiti di variazione del carico R2, indipendente dal valore dello stesso carico (generatore di corrente).

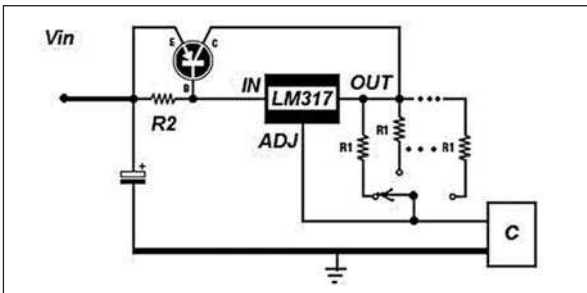
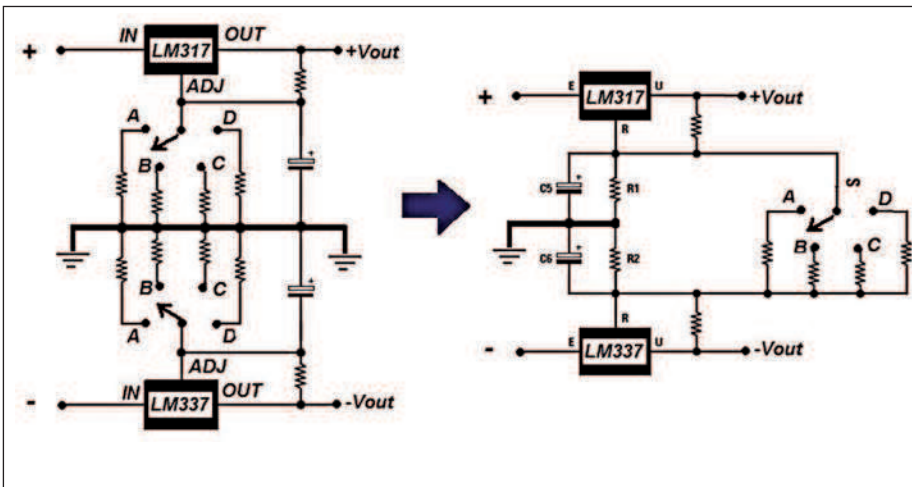


Figura 20: configurazione a generatore di corrente con incremento della corrente erogata (transistor esterno).

Figura 21: principio di realizzazione di un circuito di regolazione duale a tensione variabile.



ALIMENTATORE STABILIZZATO VARIABILE CON LM317 ED LM337

Gli integrati LM317 ed LM337 si prestano molto bene alla realizzazione di circuiti di alimentazione a tensione variabile da un minimo di pochi volt ad un massimo di qualche decina di volt. Allo scopo è sufficiente, in base a quanto esposto fino ad ora, utilizzare, in sostituzione della resistenza R2, un opportuno potenziometro lineare. In generale, per ottenere la tensione massima Vmax in uscita dovremo applicare sul terminale di ingresso una tensione non inferiore a circa: $V_{out,max} \times 1,2$. Fissato il valore di R1 a circa 220 o 330Ω calcoleremo il valore della R2 secondo la nota relazione $R2 = [(V_{out}/1,25) - 1] \times R1$. Analogamente è necessario calcolare il valore da assegnare alla resistenza R2 affinché si ottenga in uscita il valore Vout,min. Dei due valori di resistenza il più piccolo (Rmin) è quello che ci consente di ottenere il valore minimo di tensione in uscita, mentre il più grande Rmax è quello che ci permette di ottenere il valore di tensione massimo. Di conseguenza porremo al posto di R2 una serie composta da una resistenza di valore Rmin e da un potenziometro di valore

$R_{pot} = R_{max} - R_{min}$. Ovviamente, i valori resistivi che derivano dai calcoli non corrispondono, generalmente, a quelli disponibili in commercio, pertanto dovremo sostituire i valori teorici con quelli standard commerciali più vicini o impiegare serie e paralleli di resistenze per avvicinarci maggiormente al soddisfacimento della situazione teorica derivata dai calcoli.

STABILIZZATORE DI CORRENTE CON L'INTEGRATO LM317

L'integrato LM317 mostrato nell'impiego come stabilizzatore di tensione può essere impiegato anche per realizzare un efficiente stabilizzatore di corrente cioè un circuito capace di fornire una data corrente in uscita indipendentemente dal valore di tensione che troviamo sul carico (generatore di corrente costante). Si tratta di circuiti spesso impiegati nel ricaricare pile al nichel-cadmio o al piombo. Se consideriamo il circuito di figura 17a, in base a quanto detto fino ad ora sull'integrato LM317, è possibile dedurre che il valore di tensione in uscita è pari ad 1,25V indipendentemente dal valore di R1 (trascuriamo la modesta corrente IADJ). In altre parole inserendo tra il terminale OUT ed ADJ una resistenza di qualsiasi

valore, ai suoi capi ritroviamo una tensione pari ad 1,25V. Se modifichiamo il circuito in quello di figura 17b, nel carico scorrerà la stessa corrente che scorreva precedentemente nella resistenza R1 che di conseguenza diventa l'elemento che fissa la corrente erogata da questo generatore di corrente. Dalla relazione iniziale si evince che:

$$V_o = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$V_{R2} = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1,25 \frac{R_2}{R_1}$$

$$I_{OUT} = \frac{1,25}{R_1}$$

e quindi che il dimensionamento del circuito si basa semplicemente sulla seguente relazione $R1 = 1,25 / I_{out}$ dove Iout è la corrente che vogliamo erogare al carico. Nella realtà dovremo tener conto che quanto detto è una approssimazione vera solo entro certi limiti della resistenza di carico come le simulazioni di figura 18 e 19 mostrano chiaramente. In figura 19, in particolare, si osserva come raddoppiando via via il valore della resistenza di carico in uscita si abbia ogni volta una tensione di carico anch'essa raddoppiata, a conferma del fatto che la corrente di carico resta invariata, almeno fino a che non si giunge ad una condizione in cui la tensione in uscita comincia ad avvicinarsi al valore dell'ingresso, condizione nella quale la precedente affermazione non è più vera. Molti piccoli generatori di corrente costante impiegano per ricaricare pile nichel-cadmio circuiti di questo tipo. Volendo realizzare un carica-batterie con corrente di uscita maggiore rispetto a quella che è in grado di fornire l'LM317 è possibile impiegare la solita configurazione con transistor esterno (figura 20).

ALIMENTATORE DUALE

Nella realizzazione degli alimentatori duali si impiegano, tipicamente, due regolatori, uno per la tensione positiva (serie 78) ed un secondo per la tensione negativa (serie 79). Nel caso in cui si voglia realizzare una alimentazione duale con selettore ±5, ±9, ±12, ±15 si impiegherà, invece, un integrato LM317 per la tensione positiva e un integrato LM337 per la ten-

sione negativa ed un selettore come in **figura 21**. Il secondo circuito mostrato nella suddetta figura è sostanzialmente equivalente al primo (lo si comprende se si scompone ciascuna resistenza sul selettore in due semiresistenze) ma risulta di più semplice realizzazione. In base a quanto fin qui esposto dovrete essere in grado di dimensionare il circuito autonomamente per cui non ci dilunghiamo ulteriormente sull'argomento.

CONCLUSIONI

L'argomento trattato è stato focalizzato volutamente sui regolatori di tensione sia positiva che negativa integrati a tre terminali e quindi essenzialmente sulla serie 78XY e 79XY oltre che sugli integrati della famiglia LM317 ed LM337. Mediante l'impiego di questi regolatori è possibile rispondere all'esigenza di alimentazione di numerosi circuiti. Ovviamente essi permettono di ri-

cavare tensioni regolate a partire da valori di tensioni maggiori ma sempre continue e che garantiscano un certo drop-out. Quando la sorgente primaria di alimentazione sia AC è ovviamente necessario impiegare, a monte di essi, il classico stadio rappresentato da trasformatore e raddrizzatore a ponte. Segnaliamo che lo stesso integrato regolatore può presentare sigla leggermente diversa a seconda della casa costruttrice. Per esempio i componenti MC7905 ed MC7912, altro non sono che rispettivamente un 7905 ed un 7912; MC individua semplicemente che trattasi di componenti di costruzione Motorola. La serie MC7900 in altre parole è semplicemente la serie di regolatori standard a tensione negativa (-5V, -8V, -12V, -15V, -18V, -24V) di costruzione Motorola. Concludiamo segnalando che nell'ambito alimentazione esistono anche altri tipi di integrati tra i quali citiamo l'ICL7660 in grado di fornire

una tensione negativa a partire da una tensione positiva. All'interno dei datasheet di questi componenti (alcuni dei quali indicati nei riferimenti bibliografici) è possibile trovare molti dettagli e molte application notes alla cui analisi si rimanda per approfondire l'argomento. D'altronde la necessità in elettronica di disporre di sorgenti di tensione di potenza adeguata, di dimensioni contenute, con protezioni integrate, oppure con isolamento ingresso/uscita, o alta efficienza ha portato a sviluppare numerosi componenti anche in package differenti da quelli delle serie qui trattate e non a tre terminali compresi i chip switching regulator impiegati per costruire alimentatori switching. Evidentemente l'argomento sugli stabilizzatori a tre terminali, qui trattato è solo uno dei tanti che riguardano direttamente l'alimentazione dei circuiti elettronici. □

CODICE MIP 2771740

CODICE MIP 2785391



41 Ustronna Str., 93-350 Lodz, Poland, tel. +48 42 645 54 44, fax +48 42 645 54 70, e-mail: export@tme.eu, www.tme.eu



tanti prodotti,
tanti produttori,
un'unica fonte
di fornitura completa

www.tme.eu

automatics@tme.eu ■ control@tme.eu

Transfer Multisort Elektronik