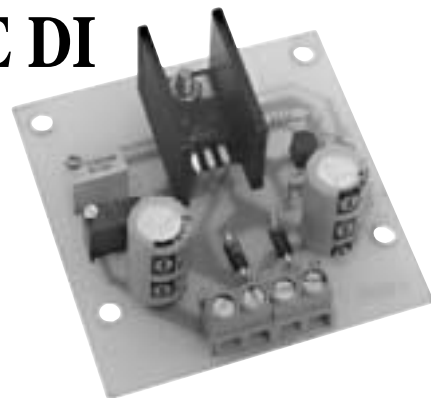


FT276

REGOLATORE DI CARICA UNIVERSALE



I pannelli solari costituiscono oggi il metodo più ecologico per generare energia elettrica, perché catturano quella del sole (fotoni...) senza alterare nulla nella struttura chimica e fisica dell'ambiente in cui si trovano, e con un impatto ambientale certamente nullo; meglio ancora delle centrali idroelettriche le quali, sebbene non producano inquinanti, per taluni non sono fonti d'energia del tutto naturali perché la deviazione dei corsi d'acqua e la creazione dei necessari bacini artificiali sono considerati interventi che di per sé producono cambiamenti ambientali e quindi conseguenze più o meno dannose. Per la loro struttura e grazie alla semplicità intrinseca i sistemi solari non sono indicati quando vi sia da generare corrente elettrica in spazi più o meno ridotti, ad esempio per far funzionare trasmettenti, apparecchi radio in generale, impianti d'allarme, piccoli computer portatili, strumenti di misura ed altro ancora, in quei luoghi dove non siano disponibili i 220 volt della rete di distribuzione domestica: è sufficiente un pannello composto da giunzioni di semplice silicio per disporre di una certa quantità di energia pronta ad essere immagazzinata, all'occorrenza, in accumulatori della giusta capienza per poterla poi prelevare quando serve o al calare della sera, quando il sole non può più, evidentemente, fornire la sua energia. Nel deserto, in aperta campagna o nel mare, a bordo di una barca a vela, l'energia luminosa diurna è sempre presente e sfruttarla oltretutto non costa nulla. L'utilizzo dei pannelli solari per quanto comodo ed economico pone una serie di problemi che, sebbene non rilevanti, vanno affrontati nel modo giusto: innanzitutto la tensione che producono varia sensibilmente al variare dell'intensità della radiazione solare. Dovendo alimentare con essi un dispositivo elettronico che richiede una tensione stabilizzata o quantomeno compresa entro uno stretto range è evidentemente necessario interporre un regolatore appropriato, capace di mantenere in uscita una differenza di potenziale indipendente dalle oscillazioni di quella all'ingresso. Questo è quanto fa il circuito pubblicato in queste pagine, uno stabilizzatore regolabile sia in tensione che in corrente, perciò universale e adatto non solo ad interfacciare i pannelli solari ma anche altri impianti di varia natura: ad esempio la possibilità di impostare un limite di assorbimento del carico lo rende utile per la carica a corrente costante delle batterie fino a 12 volt. Infatti una caratteristica degli accumulatori è proprio quella di

assorbire, a parità di tensione applicata, molto quando sono scarichi e poco verso la fine della ricarica. Sebbene nella maggior parte dei casi si limita l'intensità ponendo in serie una resistenza, il metodo migliore è senz'altro quello di regolare con precisione la corrente, abbassando opportunamente la differenza di potenziale alla quale vengono sottoposti gli elementi. Il nostro dispositivo stabilizzatore è molto semplice e consente la regolazione in uscita tra 1,4 e 37 volt, e fra 10 e 500 milliampère per quanto riguarda la corrente; all'ingresso si possono applicare da 5 a 40 V, ovviamente in continua. Può quindi essere usato per piccole batterie, ma anche come regolatore di tensione per alimentare piccole telecamere CCD, ricevitori radio, registratori, apparecchi da adoperare in auto, e appunto per il controllo dei pannelli solari di piccole dimensioni. Riguardo alla struttura circuitale lo schema elettrico di queste pagine è più eloquente di ogni altro discorso introduttivo; pertanto andiamo subito a descriverlo: i componenti che lo compongono sono ben pochi, dato che tutto si basa sul celebre integrato regolatore LM317T (in versione TO-220) in commercio ormai da qualche decennio e utilizzato in tutti quei casi dove occorre uno stabilizzatore lineare e preciso. Il nostro dispositivo permette di aggiustare finemente la differenza di potenziale presentata in uscita, entro un range compreso tra 1,25 e circa 37 volt, alimentato con un massimo di 40 V. Il chip di produzione National Semiconductors (ma anche Motorola, ST, ecc.) è sostanzialmente un regolatore positivo operante in continua facilmente gestibile in ogni circuito, la cui tensione d'uscita si imposta con un partitore resistivo secondo una formula fornita dalla Casa; servono poi un condensatore di filtro ed un diodo per proteggerlo da eventuali rientri di corrente, e un dissipatore di calore nel caso debba alimentare un carico che assorba molto. Esternamente si presenta in contenitore plastico/metallico TO-220 tale e quale quello dei transistor di potenza. I suoi tre piedini sono IN, OUT e ADJ: il primo riceve la tensione d'ingresso e il secondo fornisce quella stabilizzata al valore impostato mediante il potenziale applicato al terzo. Nel nostro circuito lavora nella tipica configurazione con riferimento determinato da R1, R6, e dalla resistenza dinamica introdotta dal transistor T1: quest'ultimo serve anche come limitatore di corrente perché interviene sull'ADJ chiudendolo letteralmente a massa quando si verifica un eccessivo assorbi-

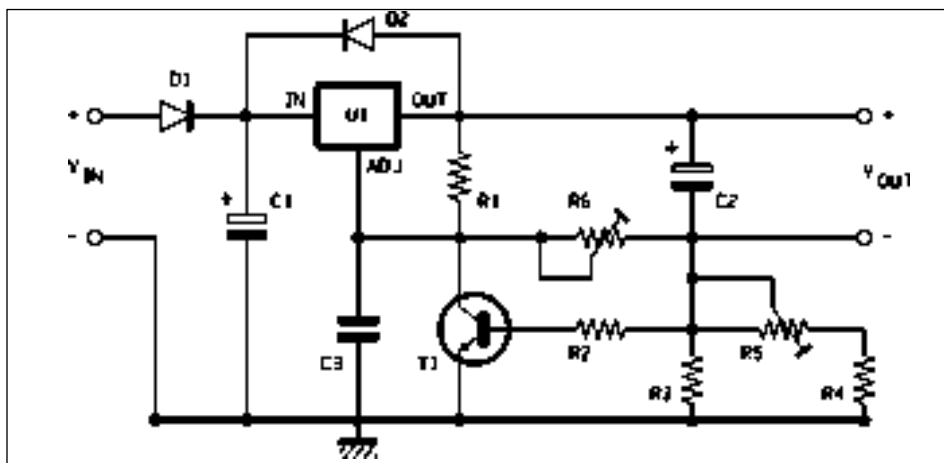
mento di corrente. Per comprendere il funzionamento del regolatore occorre prima di tutto considerare la formula principale che lega la tensione d'uscita (V_o) a quella interna (V_{ref}) ed agli altri parametri qui descritti:

$$V_o = V_{ref} \times (1 + R_2/R_1) + (I_{adj} \times R_2)$$

nella quale V_{ref} è una costante pari ad 1,25 V e costituisce il potenziale di riferimento ricavato internamente all'integrato, I_{adj} è la corrente relativa al terminale centrale ADJ, mentre R_1 ed R_2 sono rispettivamente la resistenza vista tra l'OUT e l'ADJ e tra quest'ultimo piedino e la massa d'ingresso. Il calcolo dà un risultato in volt se V_{ref} è in volt, I_{adj} in ampère, ed R_1 ed R_2 sono espresse in ohm. Per fare un esempio se imponiamo entrambe le resistenze pari a 10 Kohm vediamo che il componente fornisce:

$$\begin{aligned} V_o &= 1,25V \times (1 + 10K/10K) + \\ &\quad (100\mu A \times 10K) \\ &= 1,25V \times (1 + 1) + 1V \\ &= 2,5V + 1V = 3,5V \end{aligned}$$

Da questo rapido calcolo possiamo fare due osservazioni: innanzitutto la tensione in uscita dipende strettamente dal rapporto tra la resistenza ADJ-massa e quella OUT-ADJ, ovvero in modo rilevante da quest'ultima, che tanto è maggiore tanto più limita la V_o ; il valore della R_2 è invece molto influente sulla corrente del piedino ADJ ed una piccola variazione nel suo valore altera sensibilmente la tensione erogata dall'LM317T più di quanto possa la R_1 . Però nel circuito da noi proposto esiste praticamente solo quest'ultima resistenza, poiché R_2 non c'è ed al suo posto abbiamo una rete complessa facente capo al transistor T1: esso funziona da resistenza variabile ed interruttoro allo stato solido, provvedendo a forzare ogni volta il potenziale di riferimento che serve al terminale ADJ in base alla regolazione del trimmer R6 e mantenendo stabile il più possibile la V_{out} della scheda indipendentemente dalle variazioni del carico. Ma non solo, perché grazie al particolare collegamento della sua base permette di abbassare al minimo possibile (meno di 1,5 volt) la differenza di potenziale tra il +Vout e massa in caso di cortocircuito dei morsetti di uscita. Vediamo bene questa cosa riferendoci allo schema elettrico e valutando esclusivamente la parte responsabile della regolazione della tensione: una volta alimentato ai punti Vin l'LM317 produce tra il punto OUT e massa una differenza di potenziale determinata sostanzialmente dalla resistenza R1 (fissa) e da quella equivalente vista dal proprio piedino ADJ ed impostata mediante il trimmer R6. Pertanto tra i contatti Vout + e - si trova una tensione che deve restare stabile; tuttavia ciò non sarebbe possibile a causa della presenza della rete di protezione dal sovraccarico, la quale necessita di una resistenza tra il negativo e la massa per "sentire" la corrente erogata di volta in volta



i dati principali

Tensione d'ingresso.....	4,5÷40 Vcc
Tensione d'uscita.....	1,4÷37 Vcc
Corrente d'uscita (max).....	500 mA
Soglia di corrente (protezione).....	10÷500 mA

Le regolazioni si effettuano tramite i due trimmer presenti sul circuito collegando all'uscita un semplice tester.

Fare attenzione al raffreddamento, l'aletta utilizzata risulta dimensionata per una tensione di ingresso massima di 20 Vcc.

all'utilizzatore. Inevitabilmente si avrebbe una caduta direttamente proporzionale all'assorbimento, e tale da far perdere la prerogativa di regolazione del circuito. Per evitare tale inconveniente abbiamo studiato una soluzione che consente ancora il rilevamento del sovraccarico, garantendo però la compensazione della perdita di potenziale grazie ad una circuitazione dinamica che sfrutta proprio l'elemento di protezione; una volta fissato il valore di uscita a vuoto mediante il trimmer R6 lo si può così mantenere anche a pieno carico (500 milliampère). Se avete dubbi seguite questa breve spiegazione: supponiamo di aver impostato il circuito affinché tra + e - Vout vi siano 10 volt a vuoto, poi colleghiamo un carico da 100 ohm e vediamo che vengono erogati 100 mA, i quali determinano una certa caduta nella rete di resistenze formata da R3 in parallelo ad R4+R5 e perciò portano ad un innalzamento del potenziale del negativo e ad una conseguente riduzione dei 10 V desiderati. In questo caso il trimmer R6 (collegato come reostato) riporta l'aumento facendo crescere la tensione applicata al terminale ADJ e quindi quella erogata dall'OUT, cosicché la caduta viene compensata ed il regolatore può mantenere in uscita il valore prefissato. Se nel carico si verifica una riduzione dell'assorbimento abbiamo un calo del potenziale del -Vout, ed ancora la R6 lo riporta all'integrato facendo abbassare la tensione sull'ADJ e quindi quella tra +Vout e la massa. Per l'uso ricordate che ruotando il cursore del trimmer R6 verso l'uscita si ottiene un aumento della Vout,

mentre portandolo in senso opposto (dalla parte del terminale ADJ...) la stessa cala. Chiarito il funzionamento dello stabilizzatore vediamo quello della rete limitatrice di corrente, responsabile involontaria dell'intervento della parte di compensazione appena descritta. E' realizzata con il transistor T1, la cui resistenza presentata tra collettore ed emettitore interviene nella determinazione del potenziale del terminale ADJ dell'U1 insieme ad R1 ed R6, nonché da R2, R3, R4 e dal trimmer R5: la corrente erogata al carico rientra verso massa dal -Vout attraverso il parallelo tra R3 e la serie di R4 ed R5 che costituiscono un resistore equivalente regolabile entro certi limiti e sul quale cade una certa tensione direttamente proporzionale al valore della corrente stessa. Un incremento nell'assorbimento all'uscita porta ad un aumento della caduta, e quindi ad una maggiore polarizzazione della base del transistor, la cui Ic (corrente di collettore) cresce riducendo sensibilmente la corrente nel piedino ADJ, ovvero abbassando il potenziale applicato ad esso da R1 ed R6: ciò forza una riduzione della Vout del regolatore, ovvero del potenziale del morsetto +Vout, contribuendo a ridurre la corrente erogata al carico. Chiaramente l'intervento della protezione avviene superando la soglia impostata con il trimmer R5, che in base ai componenti utilizzati è regolabile tra 10 e 500 milliampère: il limite inferiore (10 mA) corrisponde ad avere il cursore tutto verso il punto -Vout (massima resistenza "sensore") e quello superiore è invece ottenuto dalla parte della R4 (minima resistenza

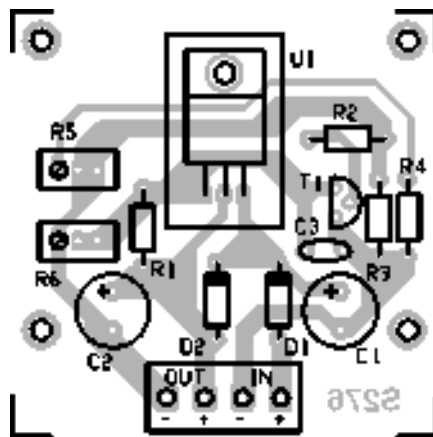
inserita = massima corrente). In caso di cortocircuito l'assorbimento sale subito oltre la soglia e la protezione interviene bruscamente per mantenerlo entro valori accettabili: in pratica il piedino ADJ dell'LM317 viene posto ad un potenziale prossimo a quello di massa, e comunque uguale a quello determinato, dalla corrente di cortocircuito, sul -Vout. Il dispositivo è così protetto contro ogni sovraccarico e non può danneggiarsi in alcun modo. Applicando questi concetti al caso del pannello solare utilizzato per la ricarica di una batteria, il nostro regolatore consente di fissare la tensione di fine carica ed anche la massima corrente erogabile: l'utilità è indiscutibile perché notoriamente gli accumulatori elettrici quando sono scarichi assorbono una forte corrente, tanto alta quanto più grande è la differenza tra il potenziale applicatogli e quello residuo tra i loro morsetti. Bene, ciò detto ci sembra di aver spiegato nel modo più adatto lo schema elettrico, quindi passiamo alla descrizione della costruzione del regolatore: la prima cosa da fare è saldare le resistenze e i due diodi (rispettando il verso indicato nel piano di cablaggio); dopo è la volta dei due trimmer e dei condensatori, prestando la dovuta attenzione alla polarità degli elettrolitici. Inserite anche il transistor T1, da posizionare come mostrato nel disegno di disposizione componenti. Il regolatore LM317T deve essere montato sdraiato avendo cura di appoggiare la parte metallica ad un piccolo dissipatore in alluminio profilato ad "U" fissando entrambi con vite e dado. Per terminare la costruzione inserite e saldate due morsettiere bipolari a passo 5 mm in corrispondenza dei fori riservati ad ingresso ed uscita. Da adesso il vostro apparecchio è pronto per l'uso: per provarlo potete alimentarlo ai morsetti Vin con una batteria a 12 volt o con l'uscita di un alimentatore non stabilizzato e comunque dandogli un massimo di 40 Vcc: ovviamente la polarità è positiva sul +Vin e negativa a massa (-Vin) ma comunque non preoccupatevi più di tanto perché il diodo D1 protegge tutto il circuito. Prendete poi un tester disposto alla misura di tensioni in continua con fondo scala di 40 volt e collegatene il puntale positivo al +Vout ed il negativo al -Vout, quindi leggete l'indicazione e provate a ruotare con un piccolo cacciavite a lama il cursore del trimmer R6: la tensione deve variare, fermandosi a 15 volt o comunque, se alimentate la schedina con meno di 18 V, a 3 volt meno di quanto fornito ai capi Vin. Per l'impiego del regolatore ricordate sempre che qualunque sia la Vout che volete ottenere la tensione d'ingresso deve superarla di almeno 3 V. Provate dunque la limitazione della corrente staccando un puntale del multimetro dall'uscita e disponendo lo strumento alla misura di correnti continue fino a 1 ampère o più, poi riattaccate il puntale e leggete cosa indica il quadrante; agendo sul trimmer R5 notate che si può regolare facilmente il valore di cortocircuito tra 10 e 500 milliampère, fissandolo al punto che desiderate. Se ad esempio dovete caricare una batteria limitando la corrente a 0,2 A registrate il cursore dell'R5 fino a leggere 200 milliampère: sarete così certi che nell'uso tale soglia non verrà mai superata. Ovviamente, oltre a questo, è necessario tarare R6 in modo da far uscire dal circuito una tensione leggermente maggiore (il 15 % in più basta...) di quella nominale dell'accumulatore: se questi è da 6 volt impostate circa 7 V, se è da 12 V dategliene poco meno di 14, ecc. Naturalmente la registrazione dell'R6 va sempre fatta a vuoto, cioè con l'uscita scollegata.

COMPONENTI

- R1:** 270 Ohm
- R2:** 100 Ohm
- R3:** 330 Ohm
- R4:** 1 Ohm
- R5:** 500 Ohm trimmer multigiro
- R6:** 10 Kohm trimmer multigiro
- C1:** 470 µF 35VL elettrolitico
- C2:** 470 µF 35VL elettrolitico
- C3:** 100 nF multistrato
- D1:** Diodo 1N4007
- D2:** Diodo 1N4007
- U1:** LM317T
- T1:** BC547B transistor NPN

Varie:

- morsettiera 2 poli (2 pz.);
- dissipatore per TO220;
- stampato cod. S276.



L'articolo completo è stato pubblicato su Elettronica In n. 38 Aprile '99