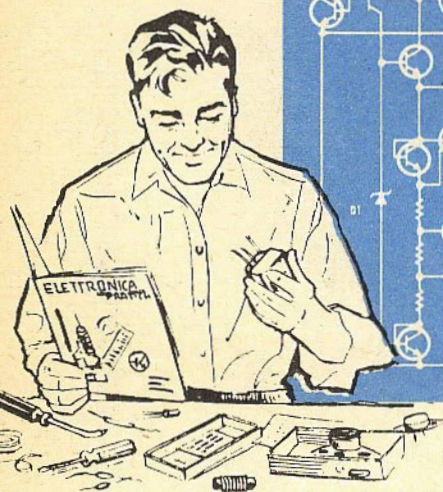


I PRIMI PASSI

Rubrica dell'aspirante elettronico

ELEMENTI DI PRATICA CON LE CELLULE SOLARI



Queste pagine sono principalmente dedicate agli aspiranti elettronici, cioè a coloro che si rivolgono a noi per chiederci una mano amica e sicura nella guida attraverso l'affascinante mondo dell'elettronica. Per questa particolare categoria di lettori citeremo, di volta in volta, mensilmente, le nozioni più elementari, quelle che potrebbero sembrare banali, senza esserlo, e che molti hanno già acquisito, automaticamente, durante l'esercizio pratico.

E' capitato altre volte di argomentare su particolari componenti elettronici sensibili alla luce. Continuiamo ora in questa panoramica, presentando un componente di cui certamente i nostri lettori avranno più volte sentito parlare a proposito delle esplorazioni spaziali, ma che raramente viene utilizzato nelle pratiche applicazioni dilettantistiche: la cellula solare.

Purtroppo, nel mondo dei dilettanti, regna una certa confusione in materia di componenti elettronici sensibili alla luce: molto facilmente vengono confuse tra loro le cellule solari, le fotocelle e le fotoresistenze. E tale confusione è giustificata dal fatto che questi componenti non vengono mai esaurientemente trattati nella letteratura tecnica dilettantistica, soltanto perché ritenuti di scarso interesse.

Cercheremo dunque di ovviare a questa ingui-

sta deficienza di informazione, cercando di interpretare il più possibile, e facendo anche ricorso ad alcuni esempi di pratica applicazione, il principio di funzionamento, la composizione e le applicazioni delle cellule solari che, nel settore delle telecomunicazioni spaziali, assumono un ruolo di notevolissima importanza.

UN COMPONENTE ALLO STATO SOLIDO

La cellula solare è un particolare dispositivo, allo stato solido, in grado di convertire l'energia luminosa (generalmente la luce solare) in energia elettrica, in modo che questa possa essere impiegata per le più svariate applicazioni.

Allo stato attuale della tecnica, soltanto il 14% dell'energia solare incidente su una cellula viene

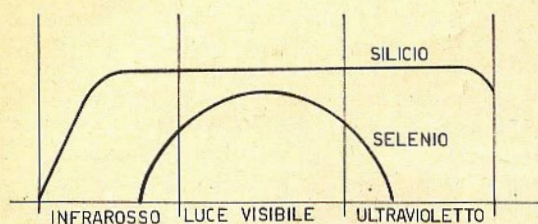


Fig. 1 - La cellula solare risulta diversamente sensibile alla luce, a seconda che si tratti di cellula al silicio o al selenio. Quelle al selenio risultano sensibili, per la maggior parte, alla sola luce visibile; le cellule al silicio estendono la loro sensibilità, in forma assai più lineare, dalla zona dell'infrarosso a quella dell'ultravioletto.

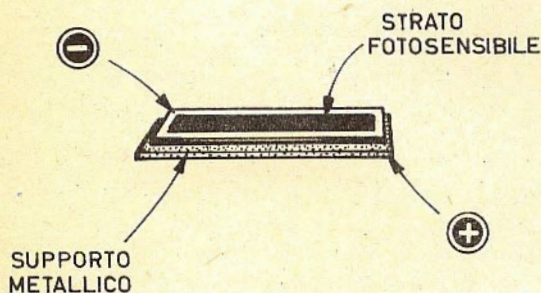


Fig. 2 - La cellula solare è composta da un supporto metallico, che funge da elettrodo positivo. Su questo vengono sistemati due strati di materiale semiconduttore, rispettivamente di tipo P e di tipo N; il materiale di tipo P è di spessore più grosso e si trova a diretto contatto con il supporto metallico; quello di tipo N, assai più sottile, è sistemato sopra lo strato P. La sovrapposizione dei due strati crea una zona di giunzione simile a quella dei diodi a semiconduttore.

convertito in energia elettrica. E ciò significa che da una singola cellula non si possono ottenere potenze elettriche notevoli. Tuttavia, collegando opportunamente in serie-parallelo alcune migliaia di cellule solari, si possono realizzare dei « pannelli » in grado di erogare una potenza elettrica di alcune centinaia di watt.

Il più noto esempio di utilizzazione di pannelli solari ci è pervenuto recentemente dalla missione SKYLAB, nella quale le cellule solari hanno fornito l'energia sufficiente a far funzionare le

apparecchiature di bordo di un intero laboratorio orbitante per vari mesi, senza impiego di accumulatori.

Famosi esperimenti con le cellule solari sono stati condotti anche per alimentare i motori di piccole automobili elettriche. Ma al di fuori di queste applicazioni fantascientifiche l'uso delle cellule solari viene fatto per alimentare piccoli apparati elettronici come, ad esempio, ricevitori radio, oscillatori, carica-accumulatori di emergenza, ecc.

Su queste semplici applicazioni della cellula solare ci occuperemo più avanti, mentre riteniamo utile intrattenerci per ora sulla costituzione e sul principio di funzionamento del componente.

COSTITUZIONE E FUNZIONAMENTO DELLA CELLULA SOLARE

Le cellule solari, attualmente prodotte dall'industria, sono di due tipi: quelle al silicio e quelle al selenio, che sono sempre le meno costose ma con una più limitata risposta spettrale.

Come risulta dal diagramma riportato in figura 1, la cellula solare risulta sensibile alla luce in modo diverso, a seconda che si tratti di cellula al silicio o al selenio.

Le cellule al selenio risultano sensibili nella massima parte alla luce visibile; quelle al silicio estendono la loro sensibilità dalla zona dell'infrarosso a quella dell'ultravioletto in maniera assai più lineare.

La cellula solare è un dispositivo a giunzione P-N, di ampie dimensioni, anche se molto sottile. Su un supporto metallico, che funge da elettrodo positivo, vengono sistemati due strati di materiale semiconduttore, rispettivamente di tipo P e di tipo N; il materiale di tipo P è di spessore più grosso e si trova a diretto contatto con il supporto metallico; quello di tipo N, molto sottile, è sistemato sopra lo strato P. Con tale sovrapposizione si crea una zona di giunzione paragonabile a quella di tutti i diodi a semiconduttore.

Quando una radiazione luminosa, di opportuna lunghezza d'onda, cioè con fotoni sufficientemente potenti, colpisce la cellula solare, parte della radiazione viene riflessa, causando una perdita di energia, ma un'altra parte riesce a penetrare attraverso il sottilissimo strato di materiale semiconduttore di tipo N, raggiungendo la zona della giunzione. Qui può verificarsi la collisione con un atomo e, se il fotone è sufficientemente potente, può verificarsi la scissione dell'atomo in un elettrone e in un atomo ionizzato positivamente, chiamato « buca ».

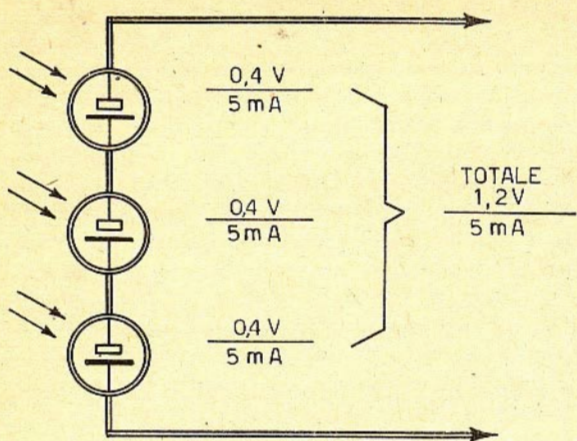


Fig. 3 - Le cellule solari possono essere collegate in serie o in parallelo, oppure in collegamento misto serie-parallelo. In questo schema si interpreta il collegamento in serie di tre cellule solari. La tensione risultante è pari alla somma delle singole tensioni generate da ciascuna cellula, mentre la corrente è quella di una singola cellula.

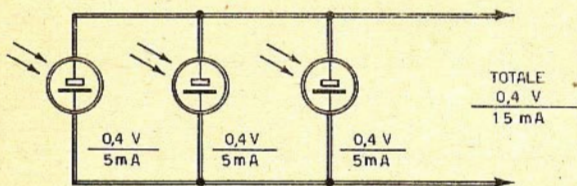


Fig. 4 - Collegando in parallelo le cellule solari, aumenta il valore della corrente, mentre rimane costante il valore della tensione. In questo esempio la tensione risultante è pari a quella generata da una singola cellula, mentre la corrente è pari alla somma delle correnti erogate da ogni cellula.

Tale fenomeno non deve assolutamente confondersi con quello, assai più noto, della « fissione nucleare », che consiste nella scissione del nucleo dell'atomo con liberazione di notevole quantità di energia.

A causa dell'urto con il fotone, si generano due cariche: elettrone (negativa) e buca (positiva). Se la cellula solare è collegata con una resistenza di carico, si verifica il passaggio di una debole corrente elettrica a spese del... sole.

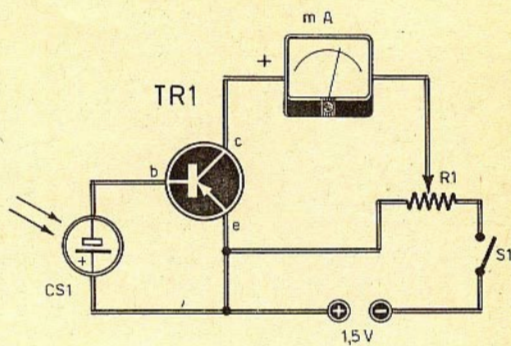


Fig. 5 - Esempio di pratica applicazione di una cellula solare in funzione di elemento alimentatore di un circuito misuratore dell'intensità luminosa. La pila supplementare a 1,5 V permette di incrementare la corrente prodotta dalla cellula solare. Il Potenziometro R1 regola, al valore desiderato, la sensibilità dello strumento.

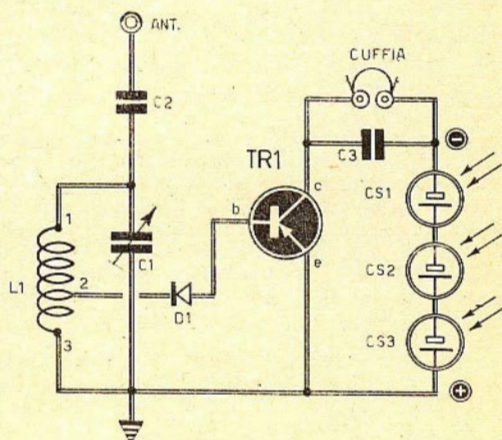


Fig. 6 - Progetto di ricevitore radio, per onde medie e con ascolto in cuffia, alimentato con cellule solari. Queste possono essere al massimo in numero di 5. Nel caso si dovesse notare una certa instabilità del valore della tensione di alimentazione, si dovrà collegare, tra il morsetto positivo e quello negativo, un condensatore elettrolitico da 1.000 μ F - 6 V, che provvederà a stabilizzare notevolmente il circuito.

COME AUMENTARE LA POTENZA ELETTRICA

La potenza elettrica, erogabile da una cellula solare, è direttamente proporzionale al guadagno di conversione di cui ci siamo già occupati, ed è anche direttamente proporzionale alla superficie interessata dalla radiazione luminosa. Ciò significa che una cellula solare con superficie di 2 cm² potrà fornire una potenza doppia rispetto ad una cellula con superficie di 1 cm².

Quando si vuol realizzare una batteria solare, oltre che della potenza, ci si deve preoccupare anche della tensione, o della corrente, che si desidera ottenere.

Facciamo un esempio. Supponiamo di utilizzare delle cellule solari al selenio della International Rectifier tipo S0510E6, che sono caratterizzate da una superficie utile di 0,4 cm² e da una efficienza di conversione del 6%, in grado di fornire una corrente di 5 mA circa con una tensione di 0,4 V. Volendo ottenere una tensione più elevata di quella ottenibile con una singola cellula, si dovranno collegare più componenti in serie sino ad ottenere il valore di tensione desiderato. Nello schema di figura 3 è dimostrato come 3 elementi, collegati in serie, siano in grado di erogare una tensione di valore pari a $0,4 \text{ V} \times 3 = 1,2 \text{ V}$, con un assorbimento massimo di corrente di 5 mA.

Per incrementare invece il valore della corrente, si dovrà realizzare il circuito riportato in figura 4, collegando, in parallelo fra loro, più cellule solari. In questo secondo esempio di collegamento la tensione di uscita rimane costante (0,4 V).

E' ovvio che, volendo ottenere valori di tensione e corrente più elevati, si dovrà provvedere al collegamento in serie-parallelo di molti elementi, così da ottenere le caratteristiche richieste. Si dovranno cioè comporre dei veri e propri pannelli solari.

MISURA DELL'INTENSITA' LUMINOSA

Una delle più naturali applicazioni, cui si presta la cellula solare, è il suo impiego in qualità di strumento per la misura dell'intensità luminosa. A tale scopo è sufficiente collegare sui terminali della cellula solare una resistenza di alcune centinaia di ohm, misurando, con uno strumentino, la tensione che si viene a produrre. Su questo principio vengono costruiti taluni esposimetri incorporati nelle macchine fotografiche.

Volendo ottenere uno strumento di maggiore sensibilità, si può ricorrere alla realizzazione di un amplificatore transistorizzato, come quello riportato in figura 5. Questo progetto utilizza una pila supplementare a 1,5 V ed un transistor che permette di incrementare la corrente prodotta dalla cellula solare. Alla resistenza variabile R1 viene affidato il compito di regolare, al valore desiderato, la sensibilità dello strumento.

IL RICEVITORE PERPETUO

La cellula solare può sostituire le normali pile di alimentazione in piccoli apparati elettronici a basso consumo di energia.

In figura 6 presentiamo il progetto di un semplice ricevitore radio, a rivelazione a diodo, alimentato da tre cellule solari collegate in serie. E' evidente che il funzionamento di questo ricevitore radio rimane condizionato alla presenza della luce.

Il progetto rappresentato in figura 6 è adatto per l'ascolto in cuffia delle onde medie. Esso è composto dal circuito di sintonia, dal diodo rivelatore, dal transistor amplificatore di bassa frequenza e dal trasduttore acustico rappresentato da una cuffia da 500-2.000 ohm.

Il circuito di sintonia è composto dalla bobina L1 e dal condensatore variabile C1. Il transistor TR1 è di tipo PNP. Il suo carico può essere rappresentato da una cuffia dinamica con impedenza non superiore ai 2.000 ohm circa. Coloro che avessero a disposizione una cuffia piezoelettrica potranno utilizzare questo componente collegando, in parallelo ad esso, una resistenza da 2.000 ohm, tenendo conto che un maggior valore di questa resistenza determina un maggior guadagno dello stadio amplificatore di bassa frequenza.

Nel progetto di figura 6 risultano collegate tre cellule solari (CS1 - CS2 - CS3), ma queste possono essere anche in numero superiore (5 al massimo). Nel nostro prototipo sono state montate tre cellule solari di tipo B3M, ma si possono montare cellule solari di qualsiasi tipo.

COMPONENTI

- C1 = 350 pF (variabile)
- C2 = 100 pF
- C3 = 2.000 pF
- TR1 = AC126
- L1 = bobina sintonia (vedi testo)
- Cuffia = 500 - 2.000 ohm
- CS1 - CS2 - CS3 = cellule solari (B3M)

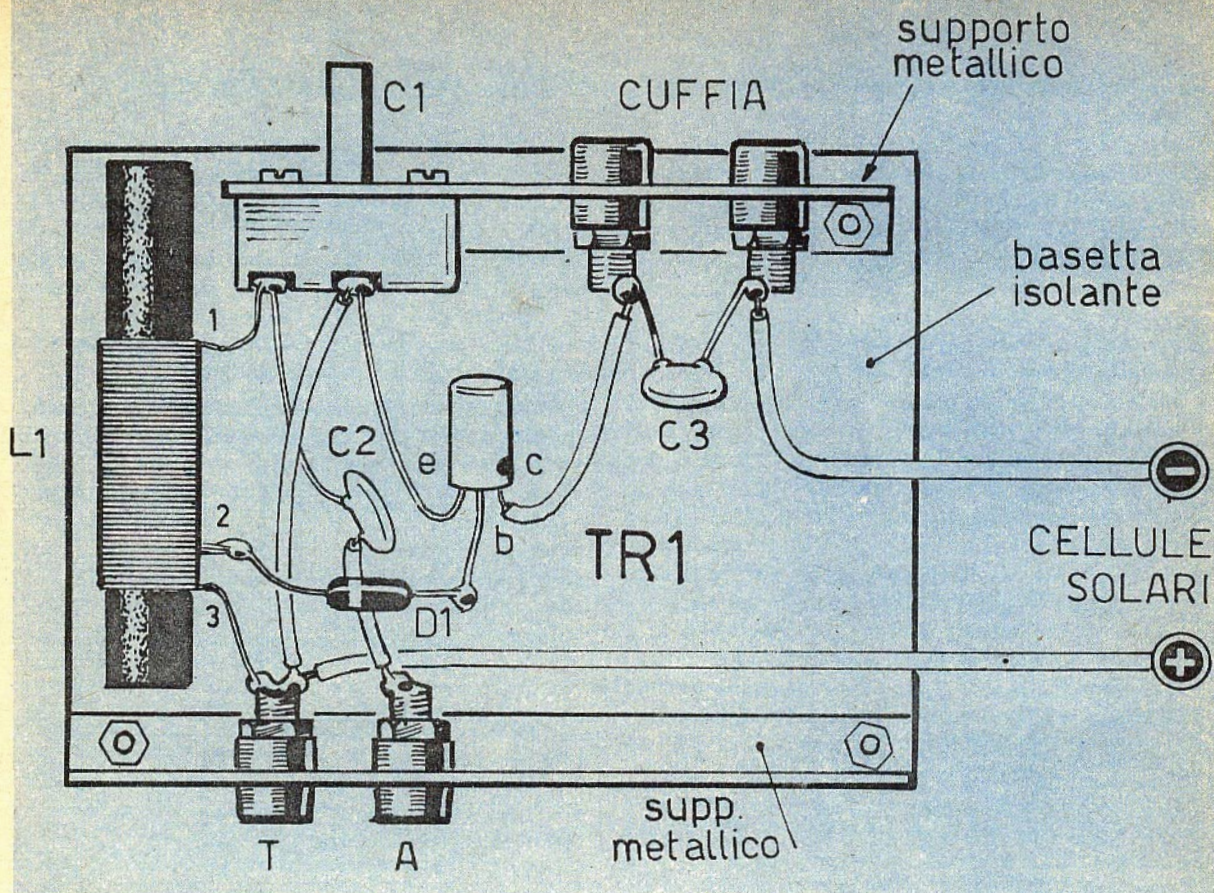


Fig. 7 - Cablaggio del ricevitore per onde medie alimentato con cellule solari. Volendo far funzionare il ricevitore in assenza di luce naturale, l'alimentazione verrà ottenuta con una pila da 1,5 o 3 V. Il buon funzionamento di questo apparato, adatto per l'ascolto delle sole emittenti locali, rimane condizionato all'efficiacia dell'antenna e alla qualità del circuito di terra.

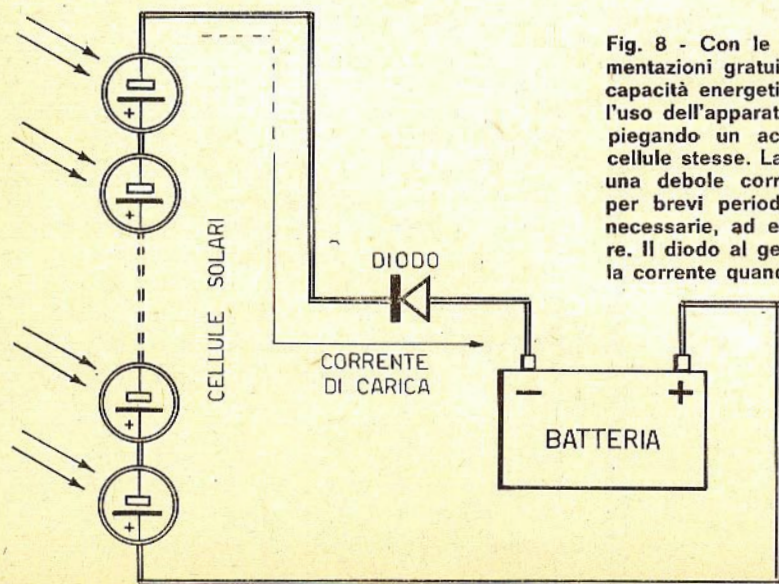


Fig. 8 - Con le cellule solari si possono ottenere alimentazioni gratuite di apparati di notevole potenza. La capacità energetica delle cellule viene sfruttata durante l'uso dell'apparato e durante tutto il periodo solare, impiegando un accumulatore ricaricabile collegato alle cellule stesse. La ricarica avviene in continuazione, con una debole corrente e l'accumulatore, all'occorrenza, per brevi periodi, può fornire potenze anche elevate necessarie, ad esempio, per alimentare un trasmettitore. Il diodo al germanio impedisce il flusso inverso della corrente quando manca la luce solare.



Fig. 9 - Esempio di cellula solare al selenio, di attuale produzione e già montata in contenitore di plastica. Si tratta del modello B3M.

Se si dovesse notare una certa instabilità del valore della tensione di alimentazione, allora converrà collegare, tra il morsetto positivo e quello negativo, un condensatore elettrolitico da 1.000 μF - 6 V, che provvederà a stabilizzare notevolmente il circuito.

REALIZZAZIONE PRATICA

In figura 7 proponiamo ai lettori un tipo di cablaggio del semplice ricevitore per onde medie alimentato con cellule solari.

La bobina L1 dovrà essere realizzata avvolgendo, su un supporto di ferrite (spezzone di ferrite), di forma cilindrica e del diametro di 8 mm, 70 spire compatte di filo di rame smaltato da 0,2 mm di diametro. Lo spezzone di ferrite dovrà misurare una lunghezza di 140 mm. Durante la realizzazione dell'avvolgimento occorrerà ricordarsi di ricavare una presa intermedia alla venticinquesima spira, a partire dal lato freddo (massa). Riepilogando: l'avvolgimento contrassegnato con i numeri 1-2 dovrà essere composto da 45 spire, mentre quello contrassegnato con i numeri 2-3 dovrà essere composto da 25 spire.

Il transistor amplificatore di bassa frequenza TR1 non è un componente critico; qualsiasi transistor al germanio, adatto per l'amplificazione di bassa frequenza, come il comunissimo AC126, potrà

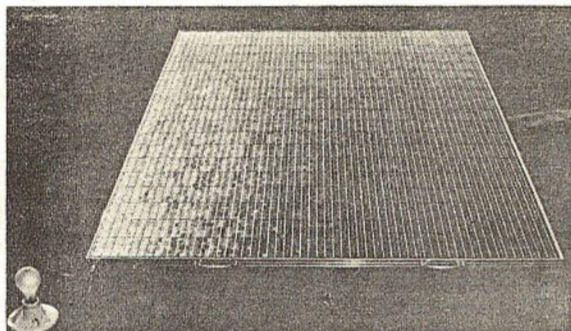


Fig. 10 - Ecco un pannello di cellule solari al silicio prodotto dalla International Rectifier. Con questo pannello, nel quale sono montate cellule con rendimento del 10-12%, è possibile ottenere una potenza elettrica complessiva superiore ai 200 watt, in grado, come mostra la foto, di accendere una normale lampada elettrica.

andar bene per lo scopo prefissato; eventualmente si potranno usare anche i vecchi e gloriosi OC70 - OC71, che certamente ogni dilettante conserverà nel cassetto del proprio rudimentale laboratorio, in attesa di una possibile... riesumazione. Ricordiamo ancora che il montaggio del ricevitore potrà essere comunque realizzato, perché il cablaggio da noi proposto in figura 7 vuol essere soltanto un elemento indicativo.

Da questo semplice ricevitore il lettore non dovrà aspettarsi dei... miracoli, perché, pur dotando il circuito di ottimi impianti di antenna e di terra, le emittenti radiofoniche che si potranno ascoltare saranno soltanto quelle locali.

Nelle ore serali e in quelle diurne in cui manca il sole il funzionamento potrà essere ottenuto tramite una pila da 1,5 o 3 V.

CARICABATTERIA

A questo punto il lettore potrà chiedersi se, con qualche artificio, sia possibile raggiungere una alimentazione gratuita anche per apparati di notevole potenza, senza dover necessariamente ricorrere ad enormi pannelli di cellule solari che, in ogni caso, risulterebbero molto costosi.

La soluzione a questo problema esiste ed è quella normalmente usata in tutte le applicazioni di una certa importanza. Si tratta infatti di sfruttare la capacità energetica delle cellule solari non soltanto durante l'uso dell'apparato, ma durante tutto il periodo « solare », impiegando un accumulatore ricaricabile collegato alle cellule solari. Così facendo, le cellule ricaricano in conti-

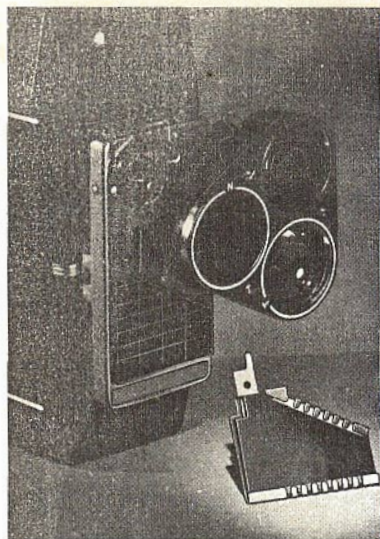


Fig. 11 - Le cellule solari trovano attuale applicazione nel settore fotografico, in cui vengono normalmente utilizzate in qualità di « occhio elettronico » per il controllo automatico della velocità di esposizione e della apertura del diaframma.

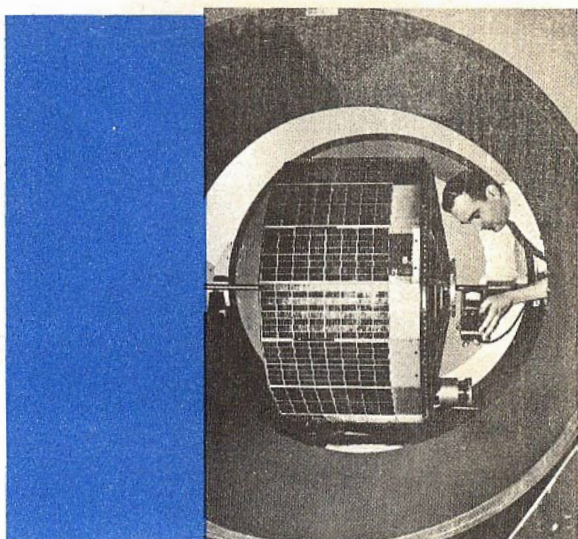


Fig. 12 - L'attuale successo delle cellule solari è dovuto in gran parte alla loro applicazione nel settore delle esplorazioni spaziali. In questa foto è rappresentato il satellite metereologico TIROS, che fu il primo ad essere equipaggiato con ben 9.000 cellule solari al silicio.

nuazione, con una debole corrente, l'accumulatore che, all'occorrenza, per brevi periodi, può fornire potenze anche elevate, necessarie, ad esempio, per l'alimentazione di un trasmettitore di emergenza.

Un esempio in tal senso è rappresentato in figura 8. Come si può notare, oltre all'impiego delle cellule solari, il circuito utilizza anche un diodo, preferibilmente al germanio in virtù della sua

bassa caduta di tensione. Il diodo al germanio impedisce il flusso inverso della corrente quando le cellule solari non vengono colpite dalla luce.

Ma per vincere la caduta di tensione, provocata dal diodo al germanio, occorre progettare un pannello di cellule solari in grado di fornire la tensione di 0,3 V superiore a quella della batteria.

Il nostro indirizzo è

**ELETTRONICA
PRATICA**

Via Zuretti 52 - 20125 Milano - Tel. 671945