Fotoresistenze

Sono dispositivi in cui l'informazione luminosa è tradotta direttamente in una variazione di resistenza. In genere sono costituite da un materiale semiconduttore di tipo N composto (solfuro di cadmio CdS o di piombo PbS), disposto in un sottile strato sinterizzato su cui sono depositati due elettrodi metallici a forma di pettine, per ottenere la massima superficie sensibile possibile (fig. 14 e 15).

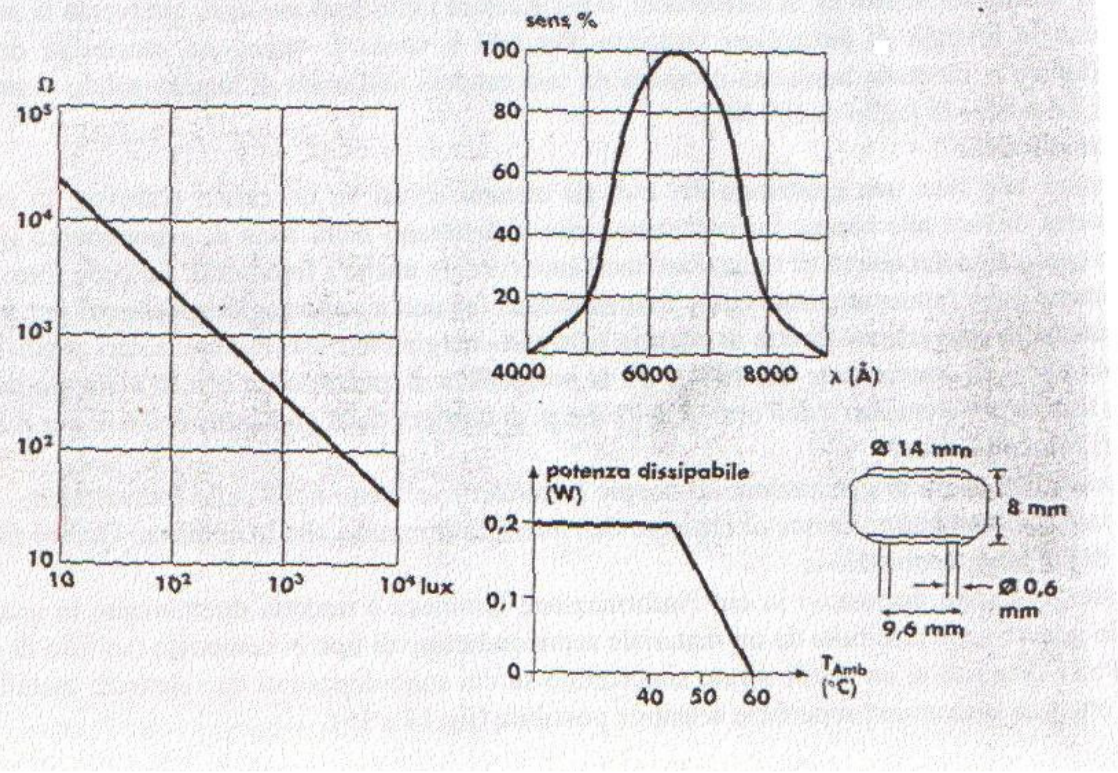
Prestazioni: le fotoresistenze sono robuste, economiche, possono essere alimentate anche in c.a. e hanno un'elevata sensibilità: la loro resistenza può variare da oltre 1 MΩ in oscurità a poche decine di Ω a 1000 lux. Possono inoltre dissipare potenze notevoli e si prestano perciò a pilotare direttamente carichi di media potenza (per esempio relè elettromeccanici). Il picco di sensibilità si ha intorno al rosso per le fotoresistenze al CdS, in quelle al PbS è spostato verso l'infrarosso.

Il difetto principale sta nella limitatissima banda passante (tempo di risposta elevato), dovuta soprattutto al tempo di ricombinazione delle coppie buca-elettrone, che è notevole nei materiali usati: una fotoresistenza al CdS può impiegare tempi dell'ordine dei secondo per ritornare al valore di oscurità (quelle al PbS sono più rapide). Ciò ovviamente preclude loro ogni applicazione "veloce", come per esempio nella trasmissione dati.

Per avere un'idea delle grandezze in gioco quando si parla di questi come di altri fotosensori, si tenga presente che una lampadina a incandescenza da 100 W senza riflettori né schermature determina, a una distanza di 30 cm, un'illuminamento di circa 1000 lux; alla distanza di 95 cm si scende a circa 10 lux.

Per quanto riguarda le lunghezze d'onda (misurate in Å = 10^{-10} m), un termine ovvio di paragone è la sensibilità dell'occhio umano, che è massima intorno ai 5500 Å (tra il verde e il giallo); quella di una fotoresistenza al CdS è abbondantemente spostata verso lunghezze d'onda maggiori (oltre il rosso).

FIG. 15 Curve caratteristiche di una fotoresistenza a CdS per usi generali.



Fotodiodi

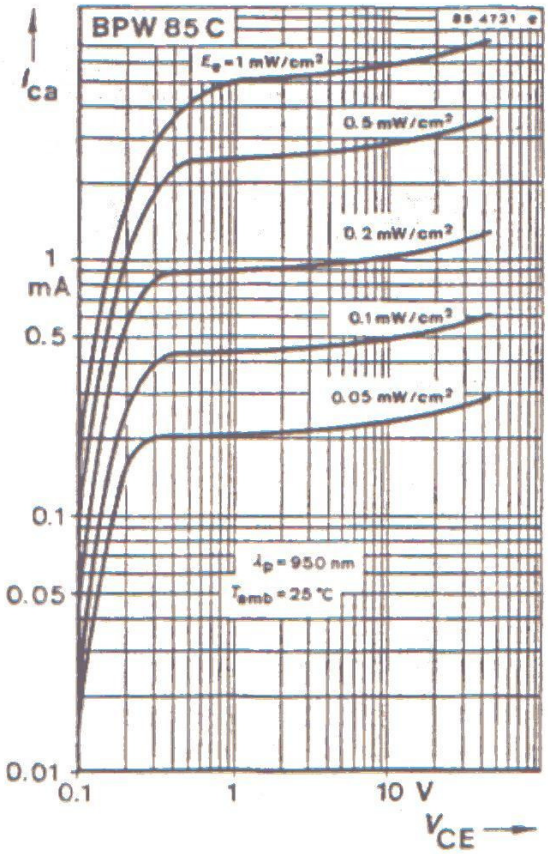
Si immagini di illuminare una giunzione PN polarizzata inversamente: la radiazione genera nella zona di svuotamento coppie buca-elettrone in numero proporzionale all'apporto energetico, cioè all'intensità luminosa incidente. I componenti minoritari di tali coppie (buche in N ed elettroni in P) passano la barriera di potenziale, che è diretta nel senso di accelerarle attraverso la giunzione. Ne risulta che alla corrente inversa tipica di un diodo si somma un termine che varia pressoché linearmente con il flusso luminoso. Per V = 0 si ha solo la corrente generata per conversione diretta di energia radiante in energia elettrica: è esattamente lo stesso meccanismo sfruttato nelle celle solari fotovoltaiche.

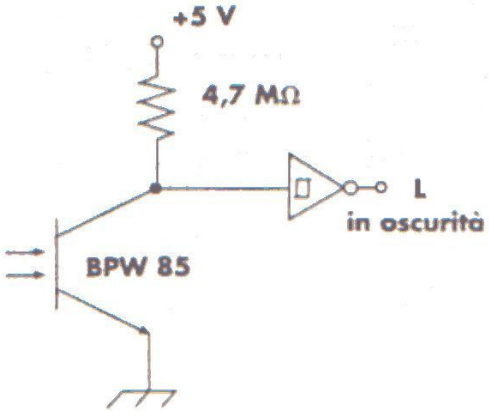
I fotodiodi sono appunto diodi in cui la zona di giunzione è resa accessibile alla radiazione luminosa. Essi possono essere utilizzati come fotosensori sia lavorando in polarizzazione inversa, sia come elementi fotovoltaici in cortocircuito.

Sono piuttosto sensibili, anche se i bassi valori di corrente richiedono opportune circuiterie di condizionamento del segnale. e sono abbastanza veloci (frequenze di taglio che arrivano ai MHz, ma esistono fotodiodi a effetto valanga che arrivano a frequenze molto più alte), tanto da essere, per esempio, estensivamente usati come rivelatori in sistemi di trasmissione dati su fibra ottica. La risposta in frequenza migliora aumentando la polarizzazione inversa, perché ciò allarga la zona di svuotamento, diminuendo la capacità di giunzione; c'è però un limite. dovuto all'incremento del rumore di fluttuazione e della corrente di dispersione. che degradano le caratteristiche del sensore.

I fotodiodi al Ge sono più sensibili all'infrarosso, quelli al Si alla luce visibile.

FIG. 16 Curve tipiche di un fototransistor e circuito base per il pilotaggio TTL.





Fototransistor.
Rappresentano un'evoluzione naturale dei fotodiodi; sono essenzialmente dei transistor a giunzione (BJT), polarizzati normalmente ma con il circuito di base in genere aperto, la cui giunzione BC è esposta alla luce. In tale giunzione, polarizzata inversamente, si genera una corrente inversa proporzionale all'illuminamento, in modo del tutto analogo a quanto avviene in un fotodiodo. Tale corrente si aggiunge alla corrente inversa propria del transistor, dando luogo a una corrente di collettore variabile con la luminosità (fig. 16).
L'effetto di amplificazione risultante permette di ottenere sensibilità molto elevate, la risposta in frequenza è buona, il rumore in generale minore di quello presentato da un fotodiodo.
L'alta sensibilità in particolare permette di usare i fototransistor per comandare direttamente dispositivi logici, specie se il comando è costituito da sorgenti luminose concentrate e vicine; per questa ragione sono molto utilizzati nel sensori di posizione (tipicamente gli encoder) e nei lettori di schede a nastri perforati.

Lettore a raggio laser
I lettori a raggio laser consentono una scansione automatica, sia dell'emissione luminosa che della lettura (con fotodiodi), che permette di ottenere più scansioni al secondo con basso tasso di errore (fig. 17). La sorgente laser è costituita da un tubo He-Ne a bassa potenza (<1mW). Costruttivamente i lettori laser possono assumere la forma portatile (con 50 scansioni al secondo) o fissa, con distanza di lettura fino a 700mm e 200 scansioni al secondo. La lettura ottica dei codici a barre incontra limitazioni negli ambienti polverosi o con vapore.

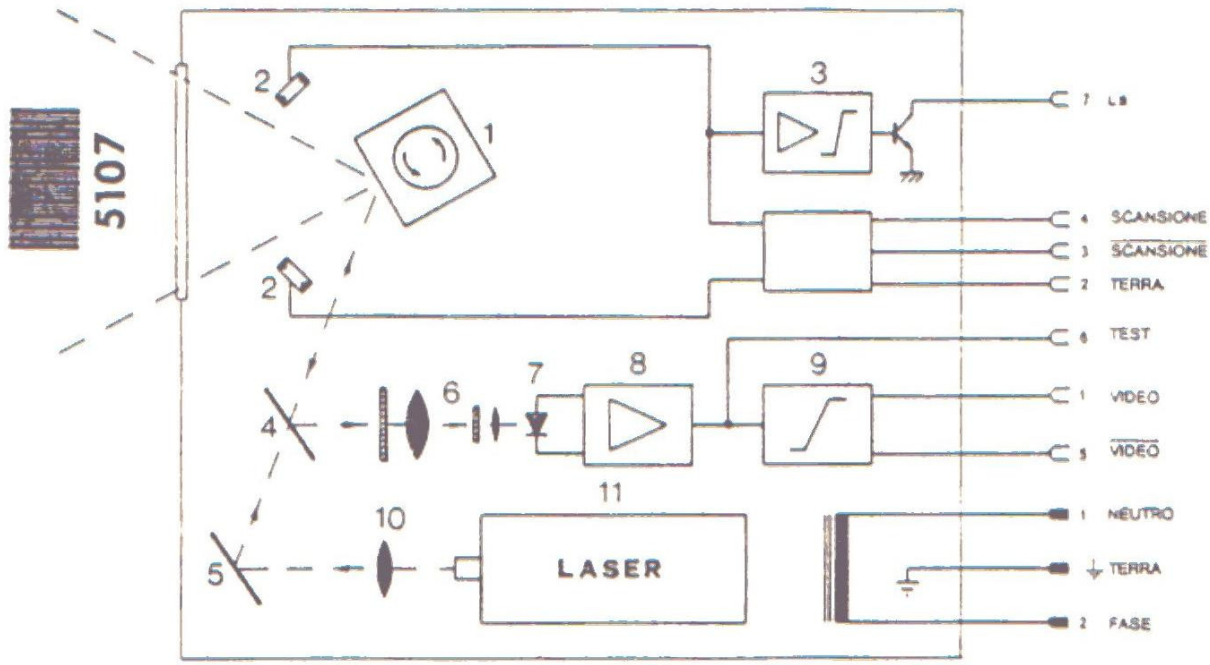


Fig. 17 - Schema interno di un lettore di codice a barre con raggio laser.

1 - specchietto rotante a 4 facce;
2 - fotodiodi di inizio/fine scansione;
3 - controllo elettronico della scansione;
4 - specchietto con foro centrale;
5 - specchietto emettitore;
6 - ottica ricevitore;
7 - elemento fotosensibile;
8 - amplificatore;
9 - convertitore analogico/digitale;
10 - ottica emettitore;
11 - laser elio-neon.

Lettore ad ultrasuoni

Un'alternativa ai problemi precedenti può essere costituita da un sistema di lettura ad ultrasuoni. La targhetta a barre ottiche è sostituita con una placchetta di alluminio sagomata (fig. 18). La testina di lettura è costituita da due trasduttori ad ultrasuoni in ceramica piezoelettrica, con la medesima frequenza di risonanza: uno funge da emettitore del segnale e l'altro da ricevitore. Questo sistema può rilevare spostamenti, velocità ed accelerazioni con cui si muove l'elemento portatore del codice.

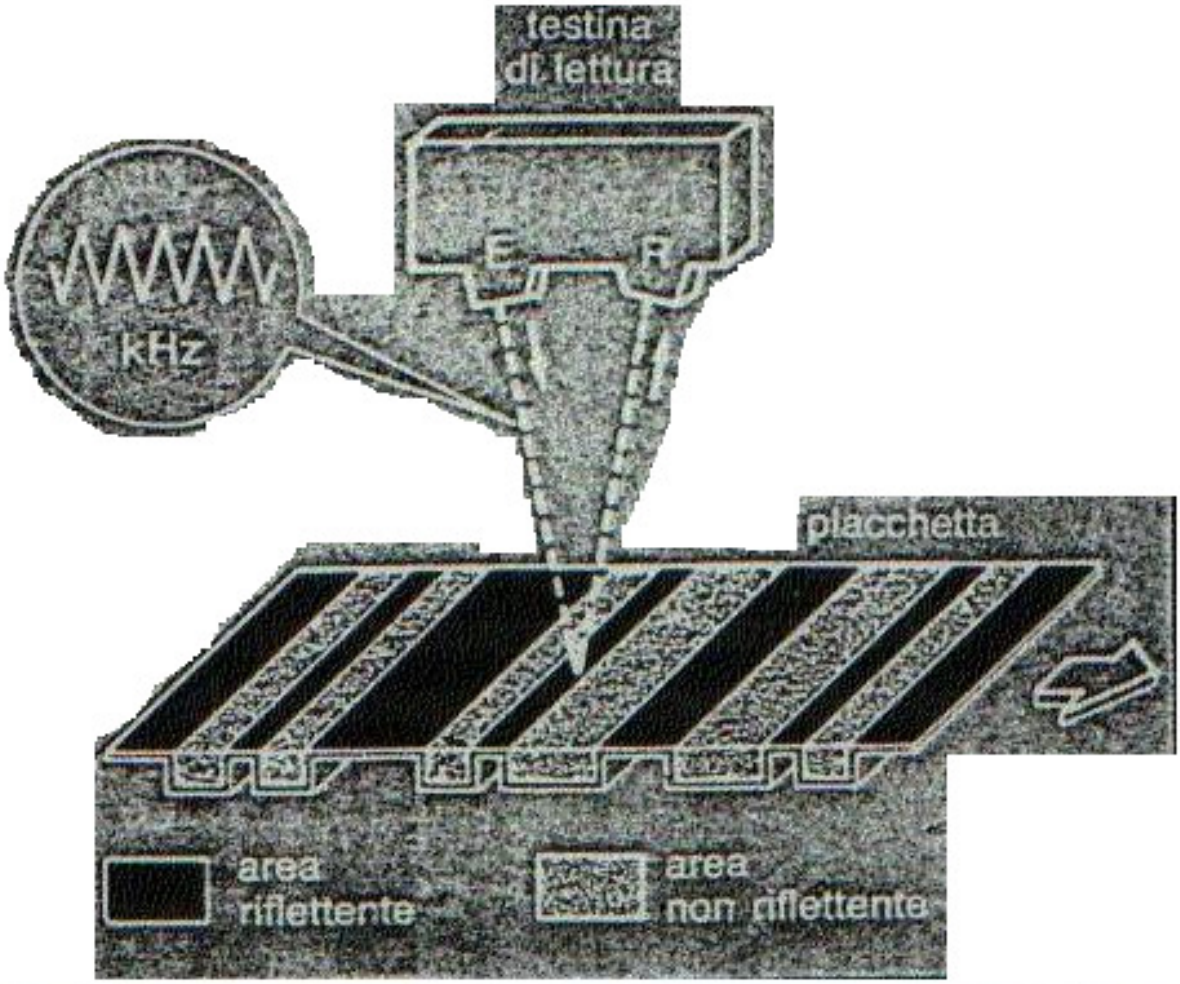


Fig. 18 - Lettura tramite ultrasuoni di un codice a barre modellato su placchetta di alluminio a profilo variabile. Il codice può anche essere bidirezionale, con placca leggibile in entrambi i sensi di spostamento.