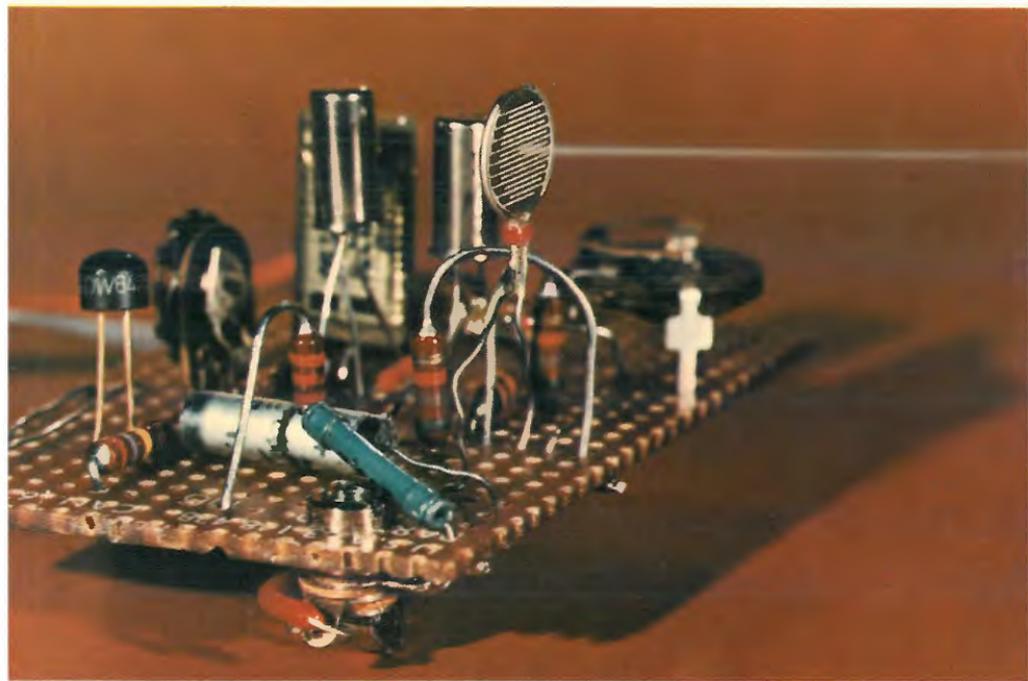


**biblioteca
tascabile
elettronica**

4

heinz richter

la luce in elettronica



franco muzzio & c. editore

**esperimenti
di fotoelettricità**

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

4

franco muzzio & c. editore

Heinz Richter

la luce in elettronica

Esperimenti
di fotoelettricità

Con 39 disegni nel testo
e 8 foto su 4 tavole

franco muzzio & c. editore

Copertina di Edgar Dambacher da una foto di Uwe Höch
39 disegni nel testo di Gabriele Dahouk
su indicazioni dell'autore

traduzione di Mauro Boscarol

© 1976 franco muzzio & c. editore
Piazza de Gasperi, 12 35100 Padova
© 1971, 1974 Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart
Finito di stampare dall'Industria Grafica Moderna S.p.A. - Verona nel mese di Aprile 1976
Tutti i diritti sono riservati

La luce in elettronica

1. Luce e corrente - parenti stretti	7
Cos'è la fotoelettronica?	7
Quello che ci serve	8
Cosa si può fare con la fotoelettronica	9
Gli elementi fotoelettronici	11
Un esperimento costoso	13
Il fotoresistore	17
2. Le barriere luminose - un aiuto utile e versatile	18
La tecnica di costruzione	19
Costruiamo una barriera luminosa elettronica	23
Senza corrente non va	26
La barriera luminosa - sempre pronta all'azione	29
Con la luce si può contare	35
Impianto automatico di illuminazione	37
3. Misuriamo la luce	38
Uno strumento di misura della luce	39
4. Dispositivi a luce pulsata	43
La luce pulsata: un concetto nuovo	43
Uno strumento a luce pulsata	44
Per gli automobilisti: un contagiri	49
La luce regola e sorveglia	53
5. Il raggio luminoso come pilota	57
La luce può comandare in modo continuo	57
Un circuito a comando luminoso con Triac	59
Dovunque strumenti a comando luminoso	64
6. Guida all'acquisto	65

7. Letture	66
8. Indice analitico	67

1. Luce e corrente - parenti stretti

Gli uomini sono ingegnosi e, appena scoperte, utilizzano le leggi della natura a loro vantaggio. Ciò vale anche per la fotoelettricità, cui è dedicato questo libro. Le sue utilizzazioni sono molteplici e recenti; la scoperta dei fondamenti, invece, risale al secolo scorso. Fu nel 1839 che il fisico Becquerel scoprì un effetto che doveva essere di origine elettroluminosa, e, circa un secolo fa, nel 1876, i ricercatori Adams e Day misero in luce la comparsa di fototensioni. Queste si basano sul cosiddetto effetto fotoelettrico interno, mentre fu il fisico Hallwachs che scoprì nel 1887 il cosiddetto effetto fotoelettrico esterno o fotoemissione.

Tutte queste scoperte rimasero nel cassetto per molte decine d'anni. Nella prima metà di questo secolo furono riportate alla luce, e di ciò si può essere grati ai grandi progressi della fisica e della tecnica. Comunque non ci interessa fare qui delle osservazioni storiche, bensì entrare subito nella pratica. Ci interesseremo brevemente a queste questioni: che cos'è propriamente la fotoelettronica, e, soprattutto, cosa si può farne. Il che ci porterà subito agli esperimenti, e tratteremo di ciò che ci serve per realizzarli. Un primo, semplice esperimento, ci introdurrà alla pratica.

Cos'è la fotoelettronica?

Con la parola fotoelettronica si indica un ramo speciale dell'elettronica, che si serve della stretta relazione tra luce ed elettricità. In poche parole, per mezzo della luce si possono generare correnti e tensioni elettriche, o, in qualche modo, influenzarle, e con tali correnti alimentare, comandare e regolare altri apparecchi elettrici. Poiché siamo uomini moderni ci si presenta immediatamente agli

occhi una utilizzazione fondamentale. In certi grandi edifici esistono delle porte che si aprono da sole, come spinte da una mano fantasma. Come sia possibile lo vedremo più avanti; di ciò siamo comunque debitori alla fotoelettronica. Ed ora ancora alcune parole introduttive che ci spieghino con che tipo di dispositivi avremo a che fare.

Gli intermediari fra luce ed elettricità sono degli elementi elettronici relativamente piccoli e modesti. Se ne possono distinguere due grandi gruppi, il primo dei quali lavora utilizzando l'effetto fotoelettrico esterno, il secondo quello interno. La nostra trattazione tralascerà completamente il primo gruppo poiché esso ha tuttora solo un interesse scientifico e storico. A questo appartengono per esempio le fotocelle (tavola 1, foto 1 e 2, sopra) per la cui utilizzazione sono necessarie alte tensioni e soprattutto amplificatori molto sensibili. Per noi sono poco pratiche e troppo poco efficienti. Anche fra tutti gli elementi che lavorano secondo l'effetto fotoelettrico interno ne scegliamo, per i nostri esperimenti pratici, uno solo: il fotoresistore. Esso, non solo è molto efficiente, ma ha anche un basso costo; ed inoltre permette di costruire circuiti semplici ma molto significativi. Come si è detto, basta questo elemento per costruire efficaci dispositivi fotoelettrici; serviranno inoltre alcune altre cose per costruire circuiti completi e apparecchi. Prima di addentrarci nella tecnica vogliamo quindi vedere cosa ci sarà necessario.

Quello che ci serve

Per i nostri esperimenti ed apparecchi avremo anzitutto bisogno di una qualsiasi sorgente di tensione. In molti casi sarà sufficiente una batteria da torcia elettrica; utili potranno essere le monocelle. Ambedue si possono trovare in un negozio di articoli elettrici. Inoltre, alla nostra attrezzatura di base apparirà senz'altro uno strumento di misura, meglio se universale, con il quale potremo misurare correnti e tensioni in scale diverse. L'offerta di tali stru-

menti è grande; basterà guardare la pubblicità di una rivista specializzata, oppure farsi arrivare i cataloghi delle ditte.

Oltre al tester universale e ad una sorgente di tensione — ambedue appartenenti alla nostra attrezzatura di base — avremo bisogno di diversi resistori e di alcuni — pochi — condensatori, oltre agli elementi propriamente fotoelettrici. Anche questi elementi li potremo trovare nei negozi specializzati, oppure acquistare per corrispondenza. A questo proposito si veda l'appendice. I valori appropriati di questi elementi sono elencati di volta in volta nelle descrizioni dei circuiti, sotto forma di elenco dei componenti, il che facilita molto l'ordinazione. Avremo bisogno anche di un po' di materiale di montaggio (per esempio di speciali piastrine conduttrici) e di alcuni attrezzi: un buon saldatore miniatura, un cacciavite, una cesoia, un paio di pinze piatte. Potrà essere utile pure un trapano a mano e alcune punte ad elica, un seghetto da traforo ed una lima. Chi, dei nostri lettori, ha già costruito ricevitori radio, potrà senz'altro utilizzare il materiale di cui è in possesso.

Se avremo esigenze maggiori potremo usare, come sorgente di tensione, la rete elettrica. La rete ha il vantaggio di fornire una energia molto a buon prezzo soprattutto se l'esercizio è di lunga durata. Sarà necessario collegarsi alla rete per mezzo di un rad-drizzatore, che è senz'altro più costoso di una batteria, ma il cui acquisto si compensa nel tempo, poiché il consumo delle batterie è a fondo perduto.

Cosa si può fare con la fotoelettronica

Se si pensa al principio fondamentale della fotoelettronica — l'attività o una qualsiasi influenza su apparecchi elettrici o non, causata da raggi luminosi — si arriva, dopo qualche riflessione, a concepirne un gran numero di possibili utilizzazioni. Qui possiamo solo accennarne qualcuna.

Supponiamo di dover salvaguardare un edificio dal pericolo d'incendio; incendio significa fumo, e fumo significa indebolimento di un raggio di luce: elettricamente può essere generato un

allarme. Naturalmente può essere la luminosità stessa dell'incendio a generare per via fotoelettrica l'allarme.

Un altro notevole campo d'applicazione è la sicurezza antifurto. Se per esempio uno scassinatore accende la luce in un ambiente buio, ciò può generare un allarme. Oppure l'allarme può essere generato dalla « rottura » di un raggio luminoso in un ambiente illuminato. Lo scassinatore in questo caso spezza una cosiddetta « barriera luminosa ».

Molto pratico ed importante è il cosiddetto interruttore di crepuscolo; esso causa l'inserimento di una illuminazione elettrica quando, alla sera, la luce solare scende al disotto di un determinato grado di luminosità. Questi interruttori di crepuscolo sono sempre più usati.

Agli apriporta automatici, che entrano in funzione quando viene interrotto un raggio luminoso, abbiamo già accennato all'inizio. Con la luce si può anche contare, per esempio facendo in modo che gli oggetti da contare spezzino periodicamente un raggio luminoso. Ogni volta che il raggio luminoso è interrotto si genera un impulso che fa avanzare un contatore di una cifra, col che si ottiene un contatore automatico: l'industria ne fa largo uso.

Si può utilizzare l'elettronica della luce anche per scegliere dei fogli stampati male: per esempio se si esegue una stampa in bianco e nero o a colori in modo sbagliato, l'errore si traduce in una quantità maggiore o minore di luce riflessa, per cui viene superato o non viene raggiunto il valore soglia di un elemento fotoelettronico.

Si possono utilizzare strumenti fotoelettrici anche per controllare pesi o imbottigliamenti. Per esempio si possono appendere ad un attacco elastico dei contenitori, che vengono riempiti sempre della stessa sostanza e sempre nella stessa misura. Quando i contenitori, passando su di un nastro trasportatore scorrevole superano una barriera formata da una fonte di luce ed uno strumento fotoelettrico, il raggio luminoso viene interrotto se si è superato il limite massimo di peso.

Ci sono numerosi altri esempi. L'accensione fotoelettrica di asciugatori per mani ad aria calda: in questo caso non è necessario toc-

care nulla per accendere l'apparecchio, e ciò molto pratico. Ricordiamo l'accensione fotoelettrica di un impianto d'illuminazione per vetrine, azionato da qualsiasi persona che vi si avvicini. Dal grande numero di possibili utilizzazioni, scegliamone solo alcune altre, piuttosto particolari.

Negli impianti di combustione ad olio, uno strumento fotoelettronico veglia sulla regolarità della combustione: infatti i processi di combustione nei quali la temperatura dipende dalla luminosità si possono controllare e regolare esattamente. Anche la scienza ha utilizzato la fotoelettronica: per esempio l'astronomia le è debitrice di nuove importanti conoscenze. Perfino i motori si possono comandare con raggi di luce. Si può misurare la trasparenza di sostanze fluide, o la lucentezza di altre.

Tutte queste utilizzazioni si possono trasferire nella casa, il che lasciamo alla fantasia dei nostri lettori.

Gli elementi fotoelettronici

La costruzione di apparecchi fotoelettrici costituisce un divertimento, ed è di utilità. Tuttavia in questa occasione si dovrebbero imparare, anche se in modo marginale, i fondamenti di questa nuova tecnica.

A noi interesseranno solo alcuni elementi elettronici, fondamentalmente i semiconduttori, che già conosciamo sotto forma di transistori e diodi. Tutti questi dispositivi lavorano secondo il cosiddetto effetto fotoelettrico interno per cui le particelle elettriche elementari restano all'interno del semiconduttore, senza fuoriuscirne. Si possono distinguere due grandi gruppi.

Il primo comprende tutti gli elementi che producono elettricità direttamente dalla luce. In questo caso si parla di fotoelementi: ne fanno parte anche i cosiddetti fotodiodi. Ricordiamo solo i seguenti semplici fatti: se la luce colpisce un tale fotoelemento (foto 1 tavola 1 in basso) ai terminali di quest'ultimo si genera una piccola tensione elettrica continua, che si può misurare. Ciò è

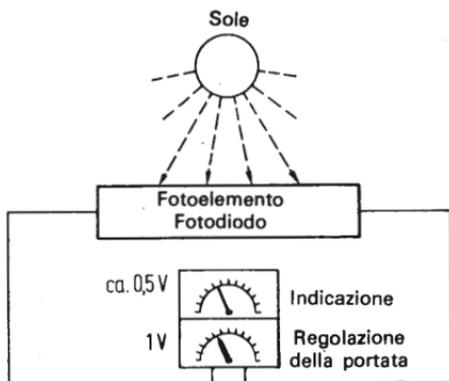


Fig. 1. La luce si trasforma in elettricità

illustrato in fig. 1: si collegano i terminali del fotoelemento con quelli di un tester, e si illumina il fotoelemento con una luce forte; lo strumento indicherà allora una tensione di circa $\frac{1}{2}$ V (tal-

volta anche molto meno). In questo caso quindi, la luce si è trasformata direttamente in elettricità.

Il secondo grande gruppo degli elementi fotoelettrici che qui ci interessano, comprende quei dispositivi coi quali si possono comandare, per mezzo della luce, delle correnti elettriche prodotte in altri modi. Il loro uso è spiegato in fig. 2. Ci serve un fotoresistore (anche i cosiddetti fototransistori o fototristori appartengono in senso lato a questa categoria). È essenziale il fatto che la corrente elettrica vera e propria deve essere prodotta da una sorgente ausiliaria di corrente, per esempio da una batteria. Da questa un filo conduce ad uno strumento di misura ed infine da questo, passando attraverso una resistenza di protezione, si arriva al fotoresistore. L'altro terminale del fotoresistore è collegato all'altro polo della batteria. Il tutto forma quindi un circuito elettrico. I fotoresistori hanno la notevole proprietà di avere una resistenza straordinariamente grande se si trovano al buio. Appena vengono colpiti dalla luce la loro resistenza diminuisce e ne consegue il passaggio di una corrente molto più intensa che non al buio: possiamo leggerne l'intensità su di uno strumento. In questo caso quindi una corrente elettrica prodotta in un altro modo viene comandata esclusivamente per mezzo di raggi luminosi, mentre nel caso della fig. 1 i raggi luminosi producono direttamente una tensione.

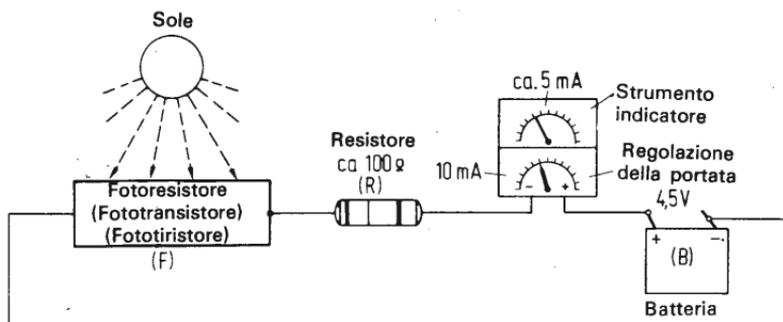


Fig. 2. La luce comanda l'elettricità

Chi non è ancora pratico di schemi di circuiti può osservare la fig. 3 e confrontarla con la 2. La fig. 3 mostra esattamente le stesse cose della fig. 2, cioè il circuito del fotoresistore assieme alle altre parti, sotto forma di simboli grafici. Tali schemi sono molto pratici se ci si desidera risparmiare un lavoro di disegno.

Ciò che singolarmente succede nei fotoelementi e nei fotoresistori è straordinariamente complicato dal punto di vista fisico. Comunque è possibile usarli in interessanti applicazioni anche senza doverne approfondire il funzionamento.

Basta solamente che accettiamo come dati i singoli fatti descritti. Ricordiamoci: i fotoelementi producono elettricità, i fotoresistori comandano, per mezzo dell'influsso della luce, correnti elettriche.

Un esperimento costoso

Indugiamo ancora un po' sui fotoelementi. Essi sono straordinariamente interessanti, ma per noi verosimilmente troppo cari. Un

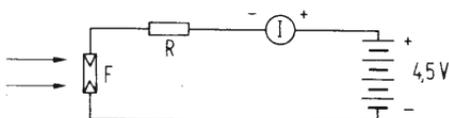


Fig. 3. Schema del circuito di fig. 2

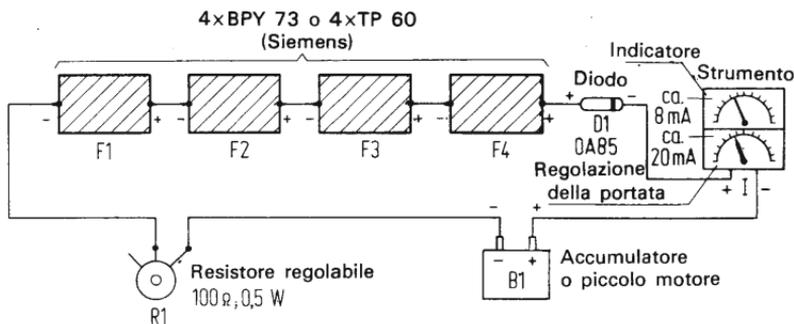


Fig. 4. Un esperimento costoso con l'energia solare

fotoelemento, che può fornire qualche milliwatt di tensione elettrica, costa in media sulle 6000 Lire, e questo è un prezzo abbastanza notevole. Nonostante ciò, chi è disposto a spendere circa 25000 Lire, può comparsi quattro di tali fotoelementi. Adatto è, per esempio, il tipo TP60 della Siemens, quattro pezzi del quale costano appunto sulle 25000 Lire. Essenzialmente più efficiente, ma anche sostanzialmente più caro è il tipo BPY73 sempre della Siemens, che viene usato perfino per la fornitura di energia elettrica nei satelliti. Del prezzo non ne parliamo.

La fig. 4 ci indica ora un esperimento abbastanza caro. Colleghiamo quattro fotoelementi come nella figura. Un fotoelemento ha due fili d'uscita con colori diversi: il filo con l'isolante rosso è il polo positivo. Colleghiamo il polo positivo del primo col polo negativo del secondo, il polo positivo del secondo col polo negativo del terzo e il polo positivo del terzo con quello negativo del quarto elemento. Se ora esponiamo alla luce questi fotoelementi, ognuno di essi fornisce una debole tensione, e in questo circuito le tensioni si sommano. Se quindi ogni elemento fornisce 0,5 V, al polo negativo e al polo positivo liberi, abbiamo una tensione di $0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 2,0$ V. Questa è una tensione sufficiente per caricare gratis, in un certo senso, un piccolo accumulatore. Qualcuno dei nostri lettori conoscerà quelle piccole celle

rotonde* presenti in molti apparecchi elettrici. Ognuna di queste celle ha una tensione di 1,5 V. Se è scarica, deve essere ricaricata: la fig. 4 indica come farlo con l'aiuto di fotoelementi. Il polo positivo libero viene collegato al polo positivo di un cosiddetto diodo, per esempio può andar bene il tipo OA85. Di qui un collegamento conduce allo strumento di misura I (con una gamma di circa 20 mA); l'altro attacco dello strumento è collegato al polo positivo dell'accumulatore da caricare. Per poter regolare la corrente di carica, è stato inserito inoltre un resistore regolabile, che sta tra il polo negativo dell'accumulatore ed il polo negativo libero della nostra catena di fotoelementi. Se abbiamo a disposizione una forte luce solare, facciamola cadere sui fotoelementi e vedremo che alcuni milliampere fluiscono nel circuito, caricando così l'accumulatore. Il diodo ha lo scopo di evitare che l'accumulatore si scarichi nel caso che la luce venga a mancare, in altre parole, la corrente può attraversare il diodo sempre solo in direzione dal più al meno, non al contrario, il che succederebbe se il diodo non fosse presente: in questo caso l'accumulatore spingerebbe una corrente attraverso i fotoelementi, e non si potrebbe parlare più di carica.

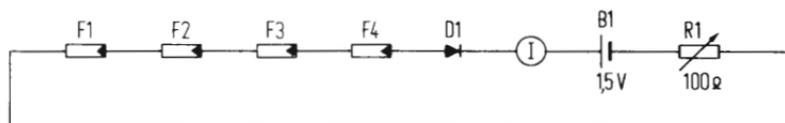


Fig. 5. Schema del circuito di fig. 4

Anche per questo circuito confrontiamo la fig. 5 che rappresenta il cosiddetto schema di circuito con la rappresentazione simbolica data in fig. 4. Lo schema è molto semplice e comporta pochissimo lavoro di disegno. Al posto dell'accumulatore potrebbe esserci un piccolo motore giocattolo: lo si trova in ogni negozio di hobbyistica e dovrebbe essere predisposto per lavorare con una tensione abbastanza piccola. Se abbiamo a disposizione una luce

* Piccoli accumulatori a forma di bottone al Nickel-Cadmio.

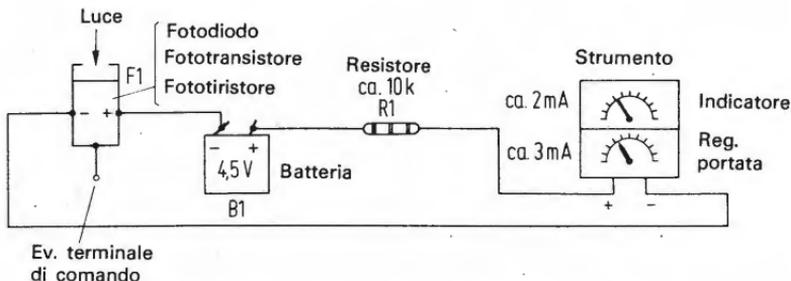


Fig. 6. Come si collegano fototransistori, fototiristori e fotodiodi

solare abbastanza forte, il motore camminerà senz'altro, specialmente se regoliamo il resistore sul valore più piccolo. Una prova più espressiva che la luce alla fin fine è energia non c'è. L'unico svantaggio di questo divertimento è che è caro.

La cosa diventa essenzialmente più a buon prezzo se ci procuriamo un fotodiodo. Il tipo BP100 della Siemens, per esempio, costa circa 3500 Lire. La fig. 6 ci indica come collegarlo: lo colleghiamo di nuovo con una batteria, un resistore ed uno strumento di misura, facendo attenzione che il polo positivo del fotodiodo sia collegato col polo negativo della batteria. Se ora il fotodiodo è colpito dalla luce, lo strumento I devia fortemente. Possiamo pure provare che un tale fotodiodo crea da solo una tensione. A questo scopo togliamo la batteria e colleghiamo assieme i due fili rimasti liberi. Illuminiamo la fotocella: lo strumento, anche se debolmente, si sposta. Questa è una dimostrazione che il diodo lavora come

fotoelemento, cioè che genera da solo una tensione. Analogamente vengono collegati i fototransistori e i fototiristori; ma di tali complicati elementi non ci vogliamo occupare. La fig. 7 ci mostra

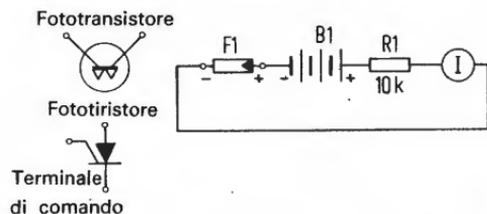


Fig. 7. Schema del circuito di fig. 6

nuovamente — serve per esercizio — lo schema del circuito di fig. 6. Dobbiamo ancora dire che non è necessario eseguire ad ogni costo i due precedenti esperimenti, poiché i nostri effettivi apparecchi sperimentali, li costruiremo con il componente più a buon prezzo che ci sia, il fotoresistore.

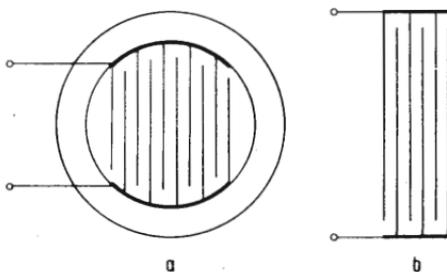


Fig. 8. Un fotoresistore è fatto così

Il fotoresistore

Sappiamo già come si comporta un fotoresistore: se viene colpito dalla luce, la sua resistenza elettrica varia. La fig. 8 e la foto 2 di tavola 1, sotto, mostrano come si presenta in pratica un fotoresistore. Si tratta di un dischetto grande come una moneta da 5 Lire, argentato sul dorso; ma questa parte non ci interessa. L'altra parte ha un rivestimento trasparente, e sotto questo si vedono delle strane linee, che appaiono come due pettini indentati. Tra i denti dei pettini si trova una sostanza grigia. Proprio questa materia è il vero e proprio fotoresistore; i « denti dei pettini » sono solo dei collegamenti tra i diversi tratti di « sostanza sensibile » e prendono il nome di elettrodo. La materia consiste di una speciale sostanza chimica. Di più sui fotoresistori non ci interessa sapere. Interessante è esclusivamente il buon prezzo: il tipo LDR 07, che è l'ideale per i nostri scopi, costa solo sulle 1500 Lire. È opportuno procurarsene due o tre pezzi.

Fino ad ora ci siamo dovuti rompere la testa con molta teoria, e quindi vogliamo addentrarci subito nella pratica.

2. Le barriere luminose - un aiuto utile e versatile

Conosciamo già le barriere luminose: consistono di una sorgente di luce, di un circuito fotoelettronico e della distanza tra la sorgente di luce e l'elemento fotoelettrico. Ogni volta che il raggio di luce viene interrotto, il circuito fotoelettrico genera un impulso. Ora, per poter azionare qualche utensile domestico con la luce, serve un dispositivo che, ricevendo in entrata una bassa tensione, proveniente dal nostro circuito che funziona con la luce, aziona un contatto ad alta tensione. Un tale dispositivo si chiama in generale relè. Consiste essenzialmente di una bobina con un perno centrale d'acciaio, e di un perno d'acciaio mobile, che apre o chiude un contatto ad alta tensione. Ora, se la corrente fluisce attraverso la bobina, il perno d'acciaio si magnetizza e attira il pezzo d'acciaio mobile che chiude o apre il contatto, a seconda del modo in cui è costruito il relè.

Con l'alta tensione non vogliamo avere a che fare: procuriamoci quindi un relè già pronto.

Ed ora il primo semplice esperimento, seguendo la fig. 9. Prendiamo il nostro fotoresistore e colleghiamo uno dei suoi attacchi ad uno dei conduttori della corrente debole del relè. L'altro conduttore a corrente debole del relè viene collegato ad una batteria di 6 V al minimo; da questa un altro collegamento

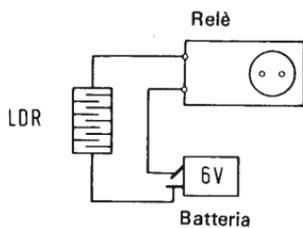


Fig. 9. Un esperimento fondamentale molto semplice

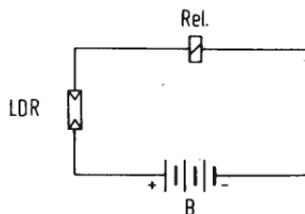


Fig. 10. Schema del circuito di fig. 9

porta all'altro attacco del fotoresistore. Questo è tutto. Collegando ora il relè con la presa di corrente di rete, e con un apparecchio, per esempio un ventilatore, quest'ultimo girerà quando sul resistore batterà una luce sufficientemente intensa, mentre resterà fermo se l'illuminazione non sarà sufficiente. La fig. 10 mostra lo schema di circuito relativo alla fig. 9.

Il nostro dispositivo a comando luminoso è in effetti molto semplice, però gli serve molta luce per essere azionato, ed inoltre la sua commutazione non è sicura, come desidereremmo. Costruiamoci quindi un apparecchio elettronico completo, che commuti il relè anche con poca luce. Prima di iniziare, alcune parole in generale sulla tecnica di costruzione.

La tecnica di costruzione

Oggigiorno la miniaturizzazione è molto diffusa. Chi si interessa a ciò troverà in altri libri i principi e le tecniche essenziali. Qui diremo solo ciò che serve per costruire con successo il nostro apparecchio.

Come piastra di montaggio usiamo una piastrina da esperimenti, di cui ci sono diverse versioni. Per noi sarà sufficiente la versione più semplice, cioè una piastrina che sulla parte anteriore presenta numerosi fori allineati, mentre sulla parte posteriore ha delle piste conduttrici metalliche, separate l'una dall'altra da un sottile bordo isolante. La distanza tra i fori è di 2,54 mm. mentre il loro diametro è di 1 mm. Una tale piastra costa circa 1000 Lire e si trova in dimensioni variabili; si può tagliare molto facilmente con un seghetto da traforo, poiché lo spessore è di circa $1\frac{1}{2}$ mm.

La fig. 11 mostra la piastrina dall'alto (le piste conduttrici sono indicate tratteggiate). Prima di iniziare la costruzione di un determinato apparecchio, occorrerà tagliarne un pezzo delle dimensioni volute. Se non si dispone di un seghetto da traforo, la piastrina potrà essere spezzata lungo una linea di fori lavorando attentamente con un paio di forbici (attenzione che non si scheggi). I

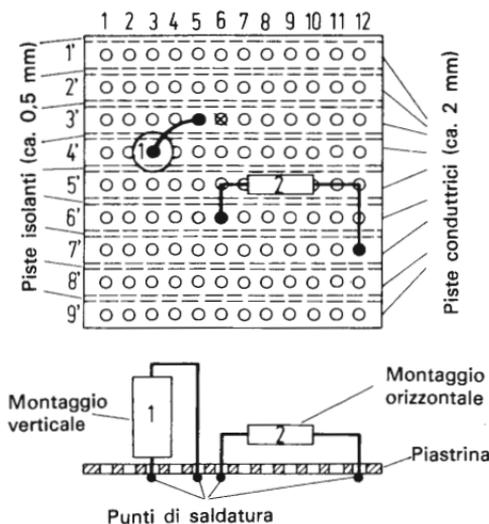


Fig. 11. La nostra tecnica di costruzione

bordi irregolari che ne risulteranno verranno levigati con una limetta.

Come colleghiamo i componenti elettronici su di questa piastrina? È molto semplice. La fig. 11 ci indica che i componenti vengono installati sulla piastrina dal

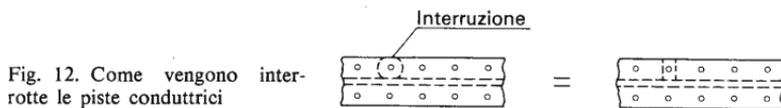
di sopra, in modo tale che i loro terminali passino attraverso i fori e sporgano al di sotto della piastrina. La disposizione può essere verticale, come per esempio per il componente 1: in tal modo si risparmia spazio. Ma di frequente dovranno essere collegati a ponte per mezzo dell'elemento dei punti lontani. Allora il componente viene montato orizzontalmente, come è stato fatto per il componente 2. I componenti possono appoggiare direttamente sulla piastra, ma possono anche essere leggermente sollevati. Ciò è necessario, per esempio, con tutti i componenti semiconduttori; quindi i terminali non possono essere accorciati a piacere. In caso contrario potrà succedere che una quantità eccessiva di calore durante la saldatura, passi all'interno dell'involucro e ciò potrebbe rovinare il componente.

Ora i terminali dei componenti sporgono dalla piastrina verso il basso. Per permettere la loro saldatura con la pista metallica dovranno essere tagliati, lasciando sporgere solo un pezzetto di alcuni millimetri che verrà piegato ad angolo retto. A questo scopo si tiene la piastrina con la parte posteriore rivolta verso l'alto, senza far cadere i componenti, eventualmente la si attacca

ad una piccola morsa o ad un morsetto a mano, e si inizia la saldatura. Le case costruttrici di piastrine raccomandano per questa operazione un saldatore da 16 W. Da un lato è sufficientemente potente per riuscire a fare saldature veloci, d'altra parte la quantità di calore è tale che le sottili piste conduttrici non possano venir danneggiate. Nel saldare occorre fare attenzione, poiché gli intervalli che separano le singole piste sono molto piccoli. Si pone lo stagno nel punto prestabilito di saldatura e si salda facendo in modo che lo stagno fluisca pulito e in giusta misura. Quindi il saldatore viene subito allontanato. Se il lavoro è fatto in modo grossolano può succedere che un po' di stagno passi sulla pista vicina. Si può allora nuovamente scaldare con attenzione il punto e raschiare lo stagno tra le due piste con un cacciavite sufficientemente piatto; lo stagno si separa senz'altro. Naturalmente è meglio non fare questi collegamenti: si raggiunge lo scopo usando poco stagno.

I nostri piani di costruzione portano ai lati della piastra delle numerazioni, come si vede in fig. 11. Con ciò la posizione di ogni foro viene univocamente determinata. Per esempio attraverso i dati 3'-6 viene univocamente fissato sulla piastra il foro segnato con x.

In molti casi una pista viene usata per diversi componenti del circuito che non devono essere collegati tra loro. La pista deve quindi venir interrotta in un determinato punto, come si vede in fig. 12. L'interruzione si ottiene molto facilmente facendo uso di una speciale fresa che si trova nei negozi specializzati, oppure si può usare un trapano con punta ad elica del diametro di 5 mm. La punta dell'interruttore di piste o del trapano viene infiltrata nel foro in corrispondenza del quale occorre interrompere la pista. Si aziona il trapano con attenzione fino a che tutt'attorno il metallo è sparito, e compare il materiale isolante. La fig. 12 mostra a



sinistra questo modo di procedere. Nei nostri disegni una interruzione verrà indicata con due segmenti tratteggiati a destra e a sinistra del foro, come si vede nella fig. 12 a destra.

In fig. 13 vediamo ancora la saldatura. Il filo, come si è detto, viene piegato; lo stagno in questo caso deve fluire a sinistra; per eseguire una saldatura impeccabile dovremo, da un lato saldare non troppo a lungo, per evitare un danneggiamento della piastra, ma d'altro canto non troppo poco, per far fluire la giusta quantità di stagno.

Con la tecnica descritta otterremo costruzioni piccole e pulite, assolutamente funzionanti. Raccomandiamo di controllare, dopo aver finito di saldare, tutta la piastra, pista per pista, con la lente d'ingrandimento, per essere sicuri che lo stagno non faccia contatto in punti indesiderati. Occorre anche controllare se le interruzioni delle piste sono state fatte accuratamente e nel punto giusto. In questo modo ci si salvaguarda da errori che, in certi casi, possono portare al danneggiamento dei componenti. Quando l'apparecchio è finito potremo, se vogliamo, metterlo in un contenitore adatto. In commercio esiste una gran scelta di involucri in plastica, metallo e anche trasparenti. È solo questione di gusto la scelta del tipo. La cosa migliore è di farsi una visione dell'offerta per mezzo dei cataloghi delle ditte specializzate. Se si usano involucri non trasparenti, occorre fare un foro in corrispondenza dell'elemento fotoelettrico, affinché possa battervi la luce. Il fissaggio della piastra di montaggio all'involucro avviene attraverso delle viti abbastanza lunghe, che fissiamo superiormente con un dado e inferiormente avvitiamo all'involucro, sempre per mezzo di un dado. Naturalmente sono possibili altri fissaggi. Ricordiamo che le ditte che producono piastre di montaggio forniscono anche i

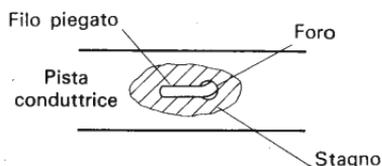


Fig. 13. Come si salda sulla pista conduttrice

cosiddetti connettori, in cui le piastrine si possono infilare facilmente, essendo assicurato un perfetto collegamento elettrico. Per i nostri piccoli apparecchi tale procedimento è troppo dispendioso; ha invece significato quando si vuole costruire un grande apparato composto di diverse piastrine. Il connettore viene montato all'interno dell'involucro e la piastra vi viene facilmente infilata. Riassumendo, puntualizziamo che l'arte di costruzione non è difficile da imparare. Importante è l'accuratezza e una esatta osservanza dei disegni di costruzione, poiché ogni differenza significa un errore, che porta ad un cattivo funzionamento dell'apparecchio. È raccomandabile perciò un doppio o triplice controllo delle saldature e dei collegamenti prima del primo funzionamento.

Costruiamo una barriera luminosa elettronica

Siamo arrivati alla costruzione del nostro primo apparecchio sperimentale. Il circuito è quello di fig. 14: non ci serve capirlo in tutti i suoi particolari, poiché è sufficiente collegare e saldare le varie

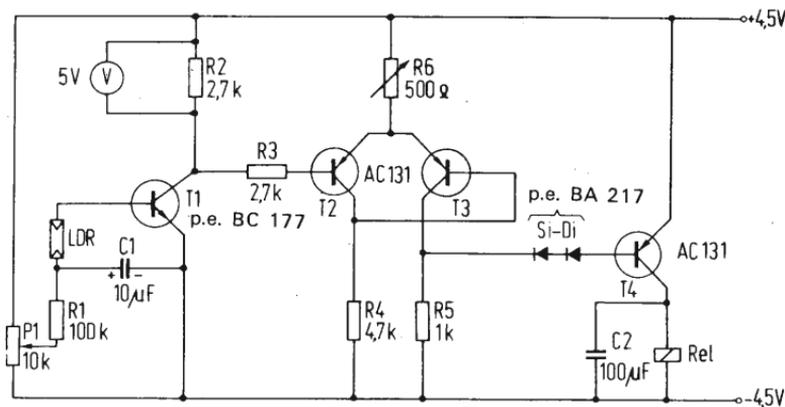


Fig. 14. La barriera luminosa

parti seguendo la fig. 15. Nonostante ciò diamo una breve occhiata al circuito, presupponendo che il lettore conosca il significato dei simboli.

Il transistor T1 amplifica la corrente fornita dal fotoresistore LDR esposto alla luce e con ciò si ottiene una caduta di tensione alla resistenza di collettore R2 che viene trasmessa attraverso R3 alla base del transistor T2. Questo transistor assieme a T3 forma un cosiddetto Trigger di Schmitt. In questa disposizione, o T2 o T3 è in conduzione e l'altro bloccato: dipende dalla tensione che arriva a T2. Il passaggio dall'uno all'altro stato avviene a causa dell'accoppiamento a reazione tra i transistori, molto veloce ed esatto. Con la commutazione si ha una caduta di tensione su R5, che viene portata attraverso i due diodi al silicio D1 e D2 alla base dell'ultimo transistor T4. Al collettore di quest'ultimo è collegato il relè, per mezzo del condensatore C2 che protegge il transistor.

Come si è detto, non ci serve capire il circuito in tutti i suoi particolari, ricordiamoci solo che il transistor T4 è in conduzione (e quindi attiva il relè), quando l'LDR viene colpito dalla luce. Col potenziometro P1 possiamo regolare la luminosità alla quale avviene la commutazione. La costruzione dell'apparecchio, fatta seguendo la fig. 15, è molto semplice. Ci si taglia un pezzo di piastra delle dimensioni 60×27 e si collocano i diversi componenti (le indicazioni seguono ovviamente quelle di fig. 14) dall'alto sulla piastra, in modo che tutti i terminali passino al di sotto. Come si è descritto nel precedente paragrafo, vengono piegati ad angolo retto per un tratto di alcuni millimetri; la parte rimanente viene tagliata con un tronchesino. Quindi si gira la piastra e si salda. Per finire si interrompono le piste, seguendo la fig. 15, dove occorre. Vi sono quattro piste conduttrici che conducono all'esterno della piastra: due all'alimentazione e due al relè. Dobbiamo procurarci un relè con una resistenza di circa 50Ω e che funzioni con una tensione di 4 V. Queste indicazioni basteranno al venditore per individuare un relè conveniente. Nella scelta dei transistori teniamo conto che quelli al germanio sono più a buon prezzo di quelli al silicio e, nei nostri circuiti, rendono in ugual

maniera; solo in un punto è previsto un transistor al silicio. Il circuito è pensato in modo da poter lavorare facilmente anche con tipi analoghi: le indicazioni dei tipi sono da prendersi come proposta. Le foto 3 e 4 della tavola 2 mostrano due viste del nostro apparecchio.

Elenco dei componenti:

P1	potenziometro 10 k Ω 0,5 W
R6	resistore a filo 500 Ω 0,5 W
R1	resistore 100 k Ω 0,5 W
R2	resistore 2,7 k Ω 0,5 W
R3	resistore 2,7 k Ω 0,5 W
R4	resistore 4,7 k Ω 0,5 W
R5	resistore 1 k Ω 0,5 W
C1	condensatore elettrolitico 10 μ F 6 V
C2	condensatore elettrolitico 100 μ F 6 V
T1	transistore silicio BC 177 o altri
T2	transistore germanio AC131 o altri
T3	come T2
T4	come T2
D1	diode silicio BA127 (Valvo) o altri
D2	come D1
LDR	fotoreistore LDR 07 (Valvo) o altri
Rel	relè 50 Ω 4 V
—	piastra forata 27 \times 60 mm.

Senza corrente non va

Come si è detto, ci serve una sorgente di tensione per l'azionamento del nostro apparecchio. Sarebbe già sufficiente una semplice batteria; poiché tuttavia vogliamo costruire degli strumenti durevoli, la tensione di rete è molto pratica e fa risparmiare. Ci serve quindi un apparecchio di collegamento alla rete. L'inesperto non dovrebbe occuparsi di alte tensioni, quindi consigliamo la costruzione dell'apparecchio che verrà descritto solo a chi è già un po' pratico d'elettrotecnica.

Rinunciamo ad uno schema elettrico e serviamoci della fig. 16. Anzitutto ci serve un trasformatore da rete; un tipo adatto è riportato in fig. 16. Colleghiamo la parte di rete, per mezzo di un fusibile di circa 0,2 A e di un interruttore alta tensione, con una spina,

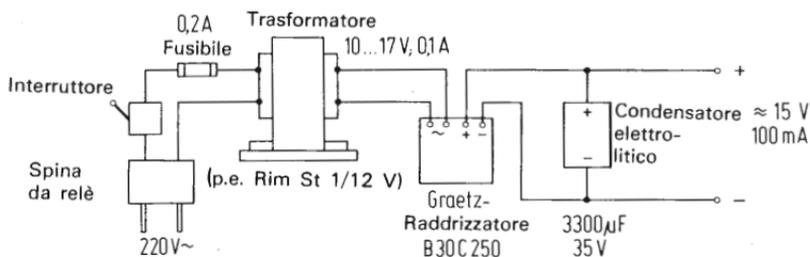


Fig. 16. Un collegamento a rete molto semplice

che verrà infilata nella presa. La parte d'uscita fornisce la tensione per l'alimentazione di un raddrizzatore, il cui tipo è pure dato. Questo raddrizzatore fornisce ora ai morsetti di uscita una tensione unidirezionale che livelliamo per mezzo di un condensatore elettrolitico che riduce le oscillazioni. La capacità e la tensione di lavoro sono riportate sempre in fig. 16. In questo modo otteniamo all'uscita una tensione di circa 15 V e possiamo prelevare una corrente fino a circa 100 mA, il che è del tutto sufficiente per i nostri scopi. La costruzione ed il collegamento delle singole parti è, per chiunque abbia già un po' d'esperienza, molto semplice. Chi non intende avvicinarsi alla rete elettrica, può procurarsi o farsi fare un apparecchio già completo.

Andiamo ancora un po' avanti. Le tensioni continue, come le fornisce un semplice raddrizzatore, sono, come dice il tecnico, « elettricamente instabili ». Con ciò si intende dire che variazioni di corrente in uscita variano in modo rilevante la tensione continua. Per i nostri apparecchi, questo è un guaio. Costruiamoci quindi un cosiddetto circuito stabilizzatore, che fornisce una tensione tra 4 e 5 V circa, che è ora insensibile alle variazioni di corrente e alle oscillazioni.

La fig. 17 mostra lo schema di tale circuito. Consiste solo di quattro elementi: un diodo Zener D1, un resistore R1 che riceve la tensione d'uscita del raddrizzatore, un resistore di protezione R2 e il transistor T1. Le parti sono collegate l'una con l'altra in modo che il transistor T1 agisca come regolatore elettronico, che for-

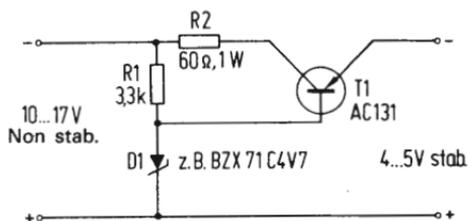


Fig. 17. Circuito stabilizzatore per l'apparecchio fotoelettronico

nisce una tensione d'uscita, che quasi non risente più delle oscillazioni della tensione di alimentazione o del carico. Anche questo circuito, non ci serve capirlo nei particolari; costruiamoci il piccolo apparecchio sulla base del piano di costruzione di fig. 18.

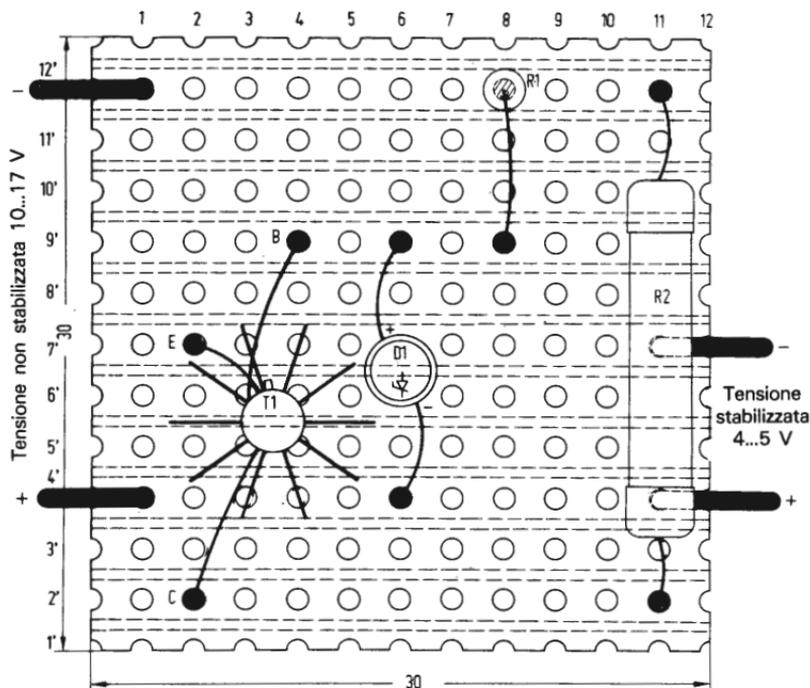


Fig. 18. Piano di costruzione dello stabilizzatore

A questo scopo tagliamo dalla piastra forata un pezzo delle dimensioni $30 \cdot 30$ e fissiamo gli elementi come è indicato nel disegno. Se c'è sottrazione di corrente il transistor viene caricato abbastanza fortemente, cosicché lo prevediamo con una cosiddetta stella raffreddatrice, affinché possa facilmente disperdere il calore nell'aria.

Questo circuito stabilizzatore è molto sicuro da cortocircuiti perché, se, per una svista, colleghiamo l'uno all'altro i due fili d'uscita (si dice cortocircuitare) il resistore R2 protegge il transistor. A dire il vero in questo modo il resistore si riscalda molto; dovremmo quindi evitare tali cortocircuiti.

Le foto 5 e 6 della tavola 3 mostrano due viste dell'apparecchio. Colleghiamo ora gli attacchi per la tensione non stabilizzata, con l'uscita del raddrizzatore, mentre gli attacchi per la tensione stabilizzata saranno due morsetti. A questi potremo collegare gli attacchi del nostro apparecchio comandato dalla luce (fotoelettrico) facendo attenzione che il positivo vada al positivo e il negativo al negativo, altrimenti il circuito funziona male.

Elenco dei componenti:

R1	Resistore $3,3 \text{ k}\Omega$ 0,5 W
R2	resistore $3,3 \text{ k}\Omega$ 0,5 W
D1	diodo Zener, per esempio BCX79C4V7
T1	transistore germanio AC131 o altri
-	piastrina $30 \cdot 30 \text{ mm}$

Ed ora vediamo cosa fare coi nostri dispositivi.

La barriera luminosa - sempre pronta all'azione

Abbiamo già parlato dei fondamenti di una barriera luminosa. Essa è sempre pronta ad entrare in azione, generando, attraverso la rottura di un raggio luminoso, un impulso in un circuito, che attiva poi un altro apparecchio. La fig. 19 ci mostra chiaramente la disposizione di tutti gli apparecchi. Utilizziamo tutti i circuiti

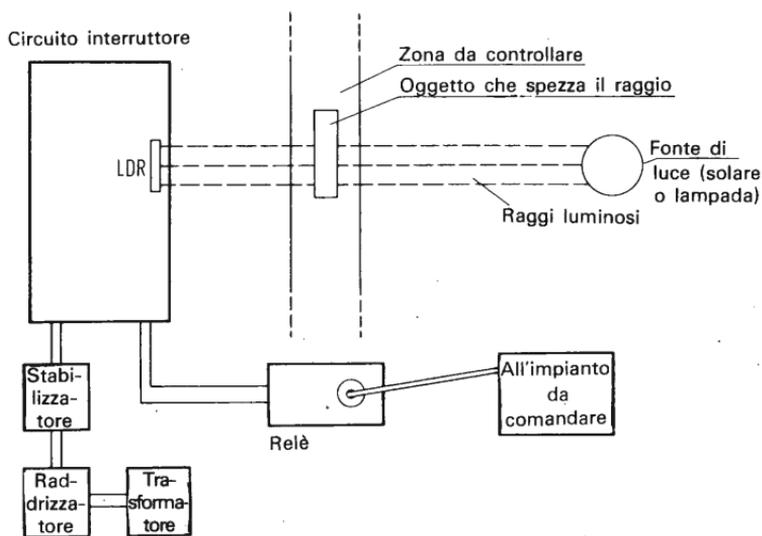


Fig. 19. Una barriera luminosa universale

che abbiamo descritto, disponendoli in modo che la parte sensibile alla luce del fotoresistore (cioè la parte con i pettini a forma di meandro) sia in direzione della barriera. A destra è installata, ad una determinata distanza, una sorgente di luce. È adatta sia la luce artificiale sia quella solare, benché sia da preferire quella artificiale che emana una luminosità costante. Questa barriera luminosa è così sensibile che è sufficiente una lampadina di 25 W ad una distanza di parecchi metri per provocare l'innesto. Naturalmente è possibile usare anche una lampada luminescente. Con riferimento alla fig. 14 posizioniamo R6 all'incirca sul primo terzo del valore di resistenza, e P1 in modo che il circuito reagisca con sicurezza alla data sorgente di luce. Per determinare la posizione di P1 occorrerà un collaudo preventivo. Tra il circuito e la sorgente di luce si ponga ora la zona da controllare.

Fino a che non si trova alcun oggetto tra il circuito e la lampada, la luce di questa può incontrare senza ostacoli il fotoresistore e il relè rimane in stato di riposo. Nel momento in cui la barriera viene

interrotta da un qualsiasi oggetto — può trattarsi di persone, ma anche di altri oggetti come automobili o altri veicoli — la luce sul fotoresistore viene interrotta e quindi il relè commuta. Perciò con una simile barriera, possiamo provocare solo un impulso. Più tardi vedremo come sia possibile anche una commutazione.

La barriera luminosa verrà ora unita agli altri dispositivi già descritti. Tra questi l'alimentatore a rete, costituito dal trasformatore, da un raddrizzatore con filtro e da uno stabilizzatore, tutti apparecchi che hanno la funzione di fornire corrente.

Delle numerose possibilità di utilizzazione della barriera abbiamo già parlato. Vorremmo ancora dare alcune istruzioni per l'uso nell'abitazione. La più importante è senza dubbio la protezione dal furto, molto utile soprattutto quando durante le vacanze l'appartamento è incustodito. Si disporrà la barriera con una lampada ad incandescenza in modo tale da sorvegliare la porta di ingresso. Collocandola abilmente è possibile sorvegliare tutto l'appartamento. Per questo occorrerà una serie di specchi coi quali deviare i raggi luminosi in modo da sorvegliare non solo un lato, ma tutto il profilo della stanza o dell'appartamento.

Altre possibilità di utilizzazione possono trovarsi come dispositivo avvisatore di incendio. Abbiamo già visto come funziona tale apparecchio. Potremo per esempio portare la barriera e tutti gli accessori in cucina. In questo modo sarà sufficiente una minima luminosità oltre il normale, derivante da un incendio, per il funzionamento della barriera, ed è possibile generare un allarme. In questo caso non serve alcuna sorgente luminosa addizionale: la luce proveniente dall'incendio porta in ogni caso all'azionamento del relè, il che provoca l'inserimento del segnale d'allarme.

Altre utilizzazioni domestiche sono quelle che riguardano la misurazione dell'offuscamento dei fluidi. La casalinga ha spesso certi succhi di frutta o altri fluidi che non possono superare un determinato grado di torbidità. Si prende perciò un bicchiere con un liquido garantito e lo si colloca tra lampada e circuito. Il potenziometro P1 (fig. 14) verrà posizionato in modo che il circuito commuti appena. Ponendo ora un liquido più torbido sul percorso del raggio luminoso, l'intensità della luce non sarà più sufficiente per

la commutazione. Da ciò si potrà capire che il liquido è appunto troppo torbido.

Se in casa ci sono dei bambini piccoli li si può efficacemente sorvegliare con una barriera luminosa. Anche se si raccomanda loro di non praticare luoghi pericolosi della casa non si è mai sicuri che queste raccomandazioni vengano osservate. Sorvegliando invece con una barriera i luoghi pericolosi l'allarme suonerà subito se il bambino raggiungerà, nonostante i divieti, il luogo proibito.

Se siete possessori di un garage con la porta ad apertura elettrica, è possibile azionare il motorino con la barriera. Questa dovrà essere collocata al di sopra della porta in modo tale che, per quanto possibile, non venga disturbata da luce estranea. È possibile per esempio rivestire il fotoresistore con un cilindro nero abbastanza lungo che impedisca alla luce diurna di incontrare lo strato sensibile alla luce: solo illuminando con una torcia mirata si genererà un impulso (occorrerà posizionare opportunamente il potenziometro). Tutto ciò mette in condizione di azionare il motorino direttamente dall'automobile, senza dover scendere, semplicemente facendo lampeggiare i fari.

Accanto agli esempi citati ve ne sono ancora numerosi altri che possono rendere più confortevole la vita. La fantasia praticamente non ha limiti.

Forse ci può sembrare limitativo il fatto che i contatti ad alta tensione (per esempio del relè) scattino solo quando la luce incontra il fotoresistore: magari si desidererebbe azionare il contatto quando la luce viene interrotta. In questo caso è necessario un relè con contatti ad alta tensione un po' più complicato, come si vede in fig. 20. Il gruppo dei contatti è costituito da un contatto libero e da

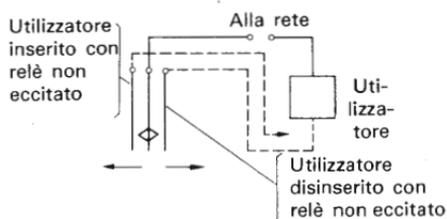


Fig. 20. Relè con contatti di riposo e di lavoro



Foto 1. Una fotocellula (sopra) e tre fotoelementi (sotto)

Tavola 1

Foto 2. Una fotocellula confrontata con dei fotoresistori



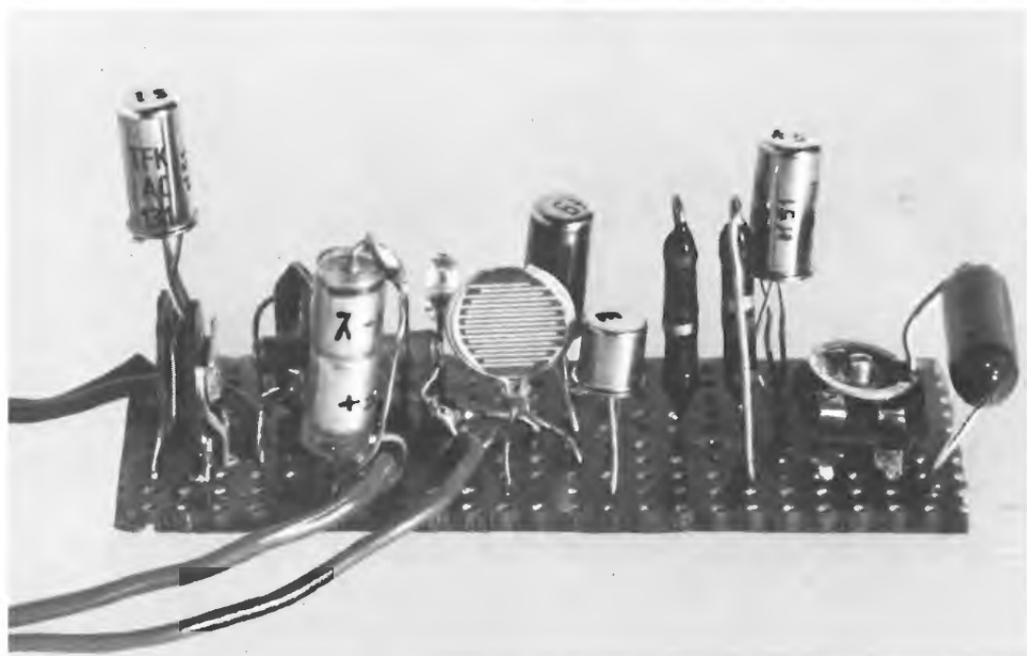
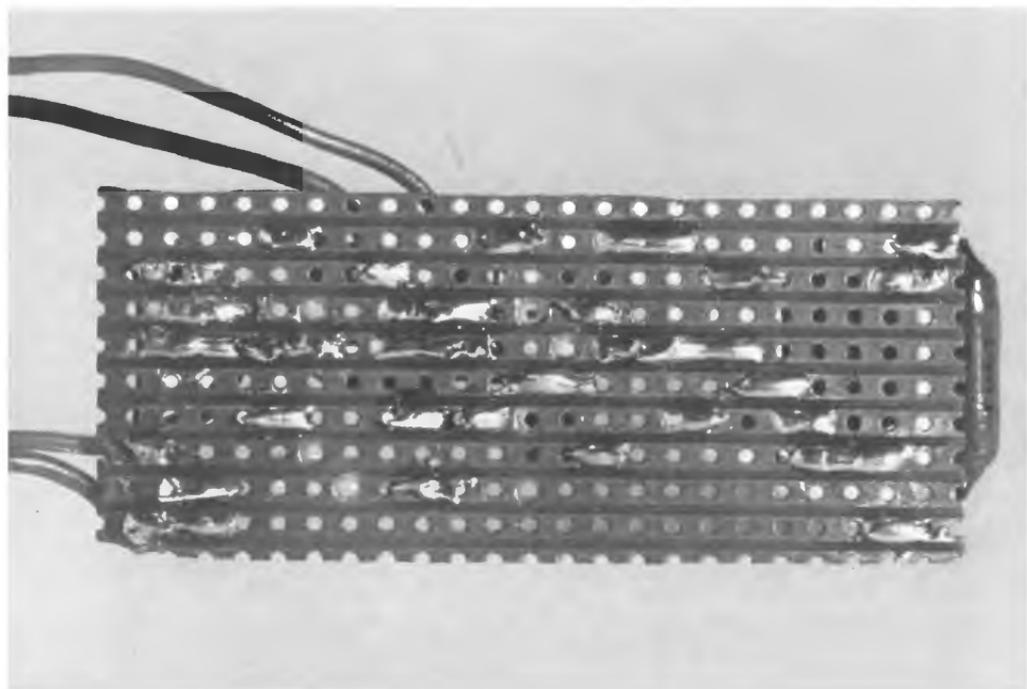


Foto 3. Vista del circuito della barriera luminosa

Tavola 2

Foto 4. La parte inferiore della piastrina



due fissi. In stato di riposo, quando cioè la bobina del relè non è attraversata da corrente, il contatto centrale è collegato a quello sinistro fisso. Utilizzando quindi questo contatto l'apparecchio utilizzatore si innesta quando sul fotore resistore non cade luce. Un tale contatto viene detto « contatto di riposo ». Appena la luce batte sul fotore sistore il relè commuta e si apre il collegamento tra il contatto centrale e quello di sinistra; l'apparecchio viene quindi staccato. In modo diverso si comporta il « contatto di lavoro », costituito dal contatto fisso di destra. Se non cade luce sul fotore sistore l'apparecchio utilizzatore è scollegato. Se invece la luce vi batte, l'apparecchio utilizzatore viene inserito.

Con la luce si può contare

Si hanno altre interessanti utilizzazioni contando il numero degli impulsi luminosi o delle interruzioni. La cosa migliore a questo scopo è usare un piccolo contatore elettromeccanico a bassa tensione.

Generalmente per fare lavorare questo contatore si usa una tensione di circa 12 V. La fig. 21 ci mostra come deve essere collegato. Questa volta useremo il contatto del relè non per inserire un circuito ad alta tensione, bensì il contatore. A tal scopo il contatto viene collegato in serie con l'uscita del raddrizzatore ai terminali del contatore. Ogni volta che il contatto del relè scatta, il contatore procede di un posto e avviene quindi il conteggio.

Ora siamo in grado di effettuare fotoelettronicamente qualsiasi conteggio: è sufficiente posizionare il circuito in modo idoneo. In

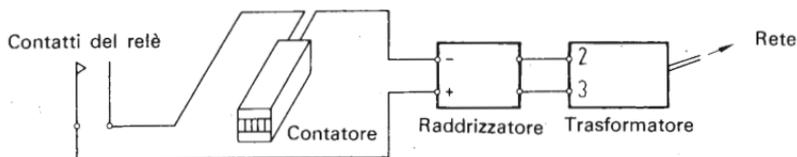


Fig. 21. Contare con la luce

ambienti molto frequentati, per esempio negli studi di avvocati o medici, può interessare quante persone al giorno varcano la soglia d'ingresso. Ciò è possibile con l'aiuto della barriera luminosa collegata al contatore appena descritto. Al mattino si esegue una lettura del contatore, che verrà ripetuta la sera: dal confronto delle due letture si otterrà il numero delle persone che hanno varcato la soglia. Vi sono anche contatori con riposizionamento, che quindi ogni volta possono essere riportati a zero. I contatori più a buon prezzo sono però quelli che tornano a zero solo dopo aver raggiunto il maggior numero possibile, simili cioè ai contachilometri delle automobili.

Altre possibilità di utilizzazione si trovano per esempio nei contagocce. Il fascio luminoso deve in tal caso essere così sottile da poter essere facilmente e totalmente interrotto da una goccia. Ciò si può ottenere ad esempio con diaframmi. Il fluido di cui si vogliono contare le gocce deve naturalmente essere opaco. Allo stesso modo si possono contare piccoli oggetti solidi, ad esempio fagioli piselli o altro.

Con gli stessi principi si può costruire un calendario, sfruttando la diversa luminosità del giorno e della notte. Regolando il circuito su di un determinato valore di luminosità, il relè fa scattare il contatore al mattino o alla sera, a seconda che si tratti di un relè con contatto di riposo o di lavoro. Un contatto di lavoro provoca lo scatto al mattino, un contatto di riposo alla sera. In tal modo, i giorni vengono contati automaticamente. Con un contatore appositamente realizzato è possibile contare le settimane e i mesi. È importante un esatto posizionamento di sensibilità, cioè il potenziometro dell'impianto a luce deve essere regolato in modo che il circuito possa essere azionato con sicurezza anche in giornate nuvolose o in inverno. Questo comunque è sempre possibile, poiché lo strumento è molto sensibile.

L'interruttore luminoso si rivela utile anche ai fotoamatori. Per esempio se si hanno due flash e si vuole farli agire quasi simultaneamente, si collega il contatto di funzionamento di uno dei due apparecchi con l'impianto a luce. Quando il flash, azionato a mano, del primo apparecchio colpisce il fotoresistore, il relè

azione contemporaneamente il secondo apparecchio. Le utilizzazioni sono straordinariamente numerose. Con l'aiuto del contatore si può ad esempio anche prendere nota del numero di fotografie scattate.

Impianto automatico d'illuminazione

Il circuito dell'impianto luminoso è fatto in modo che ad un determinato valore di luminosità scatti con sicurezza, per cui è particolarmente adatto come « interruttore di crepuscolo ». A questo scopo si può installarlo vicino al davanzale della finestra, utilizzando un relè con contatto di riposo. Finché dura la luce del giorno, il relè è a riposo e il circuito d'illuminazione dell'ambiente, collegato col relè, è senza corrente. Appena la luminosità scende fino ad un determinato valore, il relè scatta, il contatto di riposo entra in azione e automaticamente accende la luce nella stanza. Il contrario avviene al mattino, quando la luminosità diurna è sufficiente a commutare nuovamente l'interruttore a luce e la luce automaticamente si spegne. Un tale dispositivo, non solo è comodo, ma serve anche come difesa dai furti, ad esempio utilizzandolo per accendere e spegnere l'illuminazione esterna di una casa. Quando cala l'oscurità, l'illuminazione automaticamente si accende e gli scassinatori vengono distolti dai loro propositi.

Le persone con molta fantasia troveranno ancora molte altre utilizzazioni domestiche di questo circuito.

3. Misuriamo la luce

Ad occhio nudo non si può valutare l'intensità di una sorgente luminosa, poiché l'occhio umano è molto « adattabile ». Esso dispone — capolavoro della natura — di un diaframma automatico, fatto in modo tale che la pupilla tanto più si restringe quanto più intensa è la luce che la colpisce. Quindi, quanto più aumenta l'intensità della luce, tanto meno sensibile diventa l'occhio, per cui differenze di luminosità, che obiettivamente sono molto grandi, soggettivamente vengono appena registrate. Questo fatto è molto importante nella vita quotidiana, in primo luogo perché l'occhio si difende da solo dai danni provocati da una luce troppo forte, e in secondo luogo perché le oscillazioni della luce non infastidiscono l'occhio.

Ma proprio questo fatto rende l'occhio poco attendibile per un giudizio obiettivo di intensità di luce, come alcuni fotoamatori avranno, con dispiacere, già constatato. Con mezzi fisici molto semplici si ottengono risultati notevolmente migliori. La tecnica di misura della luce, in sé è cosa molto vecchia: era già conosciuta molto tempo prima che si pensasse all'utilizzazione pratica di elementi fotoelettrici. Per esempio, da tempo esisteva il cosiddetto banco fotometrico, col quale si potevano confrontare le intensità di due sorgenti luminose. Il cosiddetto fotometro a macchia d'olio, lavora in modo che un pezzo di carta con una macchia d'olio sia illuminato da sinistra e da destra da due sorgenti luminose. Se queste sono uguali, la macchia d'olio non è visibile all'occhio. In questo modo si possono confrontare diverse fonti di luce.

La fotoelettronica rende la cosa molto più semplice ed esatta. Descriveremo ora uno strumento di misura della luce del tutto soddisfacente per i nostri scopi.

Uno strumento di misura della luce

Lo strumento di misura che descriviamo è costituito solo da quattro componenti, come si può vedere dalla fig. 22.

Si tagli una piastrina delle dimensioni $60 \cdot 40$ mm. Ci serve una piccola batteria da 1,5 V, un amperometro con 1 mA di portata, il noto fotoresistore e una resistenza fissa da $0,5 \text{ k}\Omega$. La fig. 22 mostra come montare questi componenti. Le misure dei fori non sono date esattamente, poiché il circuito è molto semplice. Lo schema del circuito è in fig. 23. Anche il funzionamento è semplicissimo: quando il fotoresistore si trova in piena oscurità la resistenza ha un valore di molti $\text{M}\Omega$, la corrente non può scorrere in quantità degna di nota, e il nostro strumento non devia. Appena la luce colpisce il fotoresistore, la resistenza si abbassa, la corrente diventa misurabile, e lo strumento devia. La deviazione è tanto più grande quanto più intensa è la luce, cosicché tra intensità della luce e deviazione dello strumento vi è una dipendenza diretta.

Rigorosamente parlando la cosiddetta intensità di illuminazione viene misurata in unità Lux. Esistono dei Luxmetri, e, potendo procurarcene uno, sarà molto semplice tarare lo strumento di misura. Si illumini la finestrella del Luxmetro con la stessa luce con cui si illumina il fotoresistore, variando l'intensità della sorgente. Ciò si ottiene facilmente o avvicinando più o meno la sorgente ai due strumenti o collegando al conduttore della lampada una resistenza, eventualmente anche un tiristore, e facendo così variare l'intensità. Ora è sufficiente leggere di volta in volta sia sul Luxmetro che sul miliamperometro: si ottengono così coppie di valori corrispondenti, che riporteremo in una tabella e infine da questa sarà possibile costruire

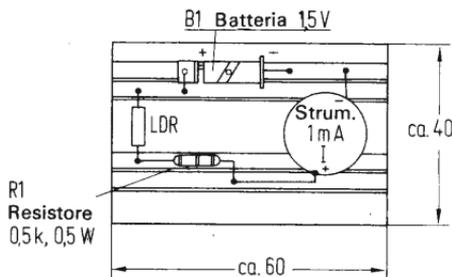


Fig. 22. Un misuratore di luce molto semplice

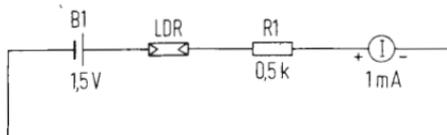


Fig. 23. Lo schema del circuito di fig. 22

una « curva di taratura » del nostro strumento, semplicemente riportando sull'asse orizzontale di un foglio millimetrato i valori in Lux e su quello verticale le corrispondenti deviazioni del nostro strumento di misura, unendo con un tratto i punti ottenuti. Ora il Luxmetro non ci serve più; possiamo infatti ricavare direttamente l'intensità della luce dalla deviazione dello strumento. Per esempio se un milliamperometro indica 0,4 mA, ci cerchiamo questo valore dell'asse verticale e leggiamo in corrispondenza sull'asse orizzontale il valore in Lux. Più semplice di così si muore.

Per la costruzione, diamo ancora alcuni consigli. Si fissi la piccola batteria da 1,5 V sulla parte superiore della piastrina, meglio se con due piccoli angoli metallici avvitati alla piastrina. Ad un lato della batteria si collochi un contatto. Occorre naturalmente fare attenzione che le viti di fissaggio non incontrino una pista conduttrice, producendo un cortocircuito. In ogni caso la pista conduttrice incontrata verrà interrotta al centro, come mostra la fig. 22. Per installare lo strumento occorre fare un foro abbastanza grande. Il fissaggio dello strumento si effettua con 4 viti. Il collegamento non presenta difficoltà, poiché sono necessarie solo poche connessioni.

Anche in casa la utilizzazione di uno strumento simile sono numerose. È noto, per esempio, che le usuali lampadine ad incandescenza invecchiano molto velocemente, poiché con l'andare del tempo all'interno del bulbo si forma uno strato più o meno opaco, a causa della sublimazione del filamento, e tale strato non lascia passare buona parte della luce. Per stabilire se le lampadine di casa sono ancora usabili, ci serve una lampadina nuova di ugual potenza. Essa viene montata ad una certa distanza dallo strumento di misura, e viene osservata l'indicazione. Si installi ora la lampadina vecchia alla stessa distanza. Tanto più vecchia è la lam-

padina, tanto più piccola sarà l'indicazione, e si potrà decidere se sostituirla.

Un'altra applicazione interessante è l'osservazione sistematica dell'intensità della luce diurna. A questo scopo occorre solo installare lo strumento sul davanzale della finestra e fare delle letture. Si può vedere, per esempio, quanto grande sia la differenza di luminosità tra mattino, mezzogiorno e sera, quale effetto producano le nubi di passaggio, quale influsso abbia lo scorrere delle stagioni e così via. Queste interessanti applicazioni rendono possibile una conoscenza più profonda della natura.

Al giorno d'oggi si dà gran rilievo ad una buona e sufficiente illuminazione del posto di lavoro. Nell'industria, per esempio, sono prescritte intensità minime di illuminazione per non affaticare gli occhi dei lavoratori. Nulla è più semplice della determinazione dell'intensità di illuminazione del posto di lavoro, con questo strumento. Basta installarlo e leggere il valore. Per i lavori più grossolani sono sufficienti alcune centinaia di Lux, mentre quelli più fini possono richiedere molte migliaia di Lux. È meglio che noi stessi decidiamo se la luce del nostro posto di lavoro è sufficiente. Annotiamo il valore di Lux che ci sembrano necessari, e cerchiamo di mantenerlo allo stesso livello in tutti i posti in cui lavoriamo.

Anche i fotografi possono trarre profitto da un tale strumento di misura della luce. Volendo, per esempio, fare delle copie, si fissa una determinata luminosità e si trova il tempo d'esposizione necessario per una stampa perfetta. Nelle successive copie, si possono ogni volta riottenere le medesime condizioni, regolando la sorgente luminosa in modo che lo strumento di misura indichi sempre lo stesso valore, a condizione che il negativo abbia sempre la stessa densità. Esistono anche strumenti di misura della luce che danno automaticamente il tempo d'esposizione in funzione dello spessore del negativo. Questi apparecchi sono però abbastanza complicati da costruire: si può trovare la descrizione di uno di essi nel volume: *H.P. Siebert - L'elettronica e la fotografia*, della stessa serie di questo volume.

Lo strumento descritto può senz'altro essere usato come misuratore di illuminazione per le fotografie stesse. Si dovranno fare

alcune fotografie di prova, alle quali corrisponderanno determinati valori sullo strumento. Ogni fotografia verrà fatta con un diverso tempo di esposizione. Questo è il procedimento più grossolano. Si può anche tarare lo strumento, determinando quale tempo di esposizione è necessario per diversi valori dello strumento di misura. Questo richiede alcuni tentativi, però ne vale la pena.

Gli strumenti di misura della luce possono servire inoltre anche a determinare l'intorbidamento dei fluidi, la lucentezza dei metalli e così via. Nel primo caso si pone tra lo strumento di misura e una sorgente luminosa il fluido da esaminare, nel secondo caso si deve provvedere a che la luce riflessa dal metallo cada sul fotoresistore. Quanto meno torbido è il fluido, e quanto più riflette il metallo, tanto più devierà il nostro strumento. In questo modo non è possibile determinare un valore assoluto, però anche i confronti di valori sono spesso utili. Così si può ad esempio determinare se un fluido, all'inizio trasparente, si intorbida col passare del tempo, cosa che lo strumento permette di stabilire con grande sicurezza. Per finire occorre ancora dire che nello strumento di misura l'uso di una piccola batteria è molto pratico, ma presenta lo svantaggio che la sua tensione cala col tempo e l'uso. La tensione dello strumento non è determinata solo dalla luce sul fotoresistore, ma anche dalla tensione della batteria. Se questa tensione muta, la taratura non è più esatta. Perciò si raccomanda di utilizzare eventualmente l'alimentatore da rete collegato con il circuito stabilizzatore di figg. 17 e 18. La tensione è però di circa tre volte maggiore di quella di una monocella. La preresistenza deve quindi essere anch'essa tre volte più grande, $1\frac{1}{2}$ k Ω . A questo punto lo strumento è completamente indipendente dalla tensione, e la taratura è sempre esatta.

4. Dispositivi a luce pulsata

Finora abbiamo lavorato con sorgenti luminose del tutto costanti, la cui luminosità rimane sempre uguale. Ad esempio la luce del giorno o la luce di una lampada incandescenza alimentata da corrente continua pura è assolutamente costante. Si tratta di luce continua. Ma si può lavorare anche con luce pulsata. Il discorso a questo proposito sarà breve. Vedremo anche che l'utilizzazione di luce alternata porta con sé determinati vantaggi negli esperimenti e negli strumenti fotoelettronici.

La luce pulsata: un concetto nuovo

Se non si è molto abili il circuito di figura 14 e 15 ha un grosso svantaggio. Vale a dire che esso reagisce ad ogni sorgente luminosa, sia che si tratti di una sorgente giusta che di una sbagliata. Così per esempio un sistema antifurto, montato in un ambiente illuminato da luce diurna, ha poco valore. Il fotoelemento, non viene costantemente colpito solo dal raggio luminoso della barriera, ma anche dalla luce del giorno. Se questa è sufficientemente intensa, l'interruzione del raggio luminoso provocata da un ladro, non è sufficiente ad azionare il circuito di comando. Ciò viene impedito dalla luce diurna, comunque presente e proveniente da ogni direzione.

Si può ovviare a questo inconveniente montando un tubo davanti al fotoresistore, come è stato già brevemente spiegato, che schermi la luce di disturbo. Ciononostante questo rimane un espediente, e sarebbe bene avere uno strumento che non reagisca assolutamente a sorgenti luminose estranee, ma solo alla luce prevista per azionare il circuito.

Vi si può por rimedio lavorando con luce pulsata. Con ciò si intendono raggi luminosi la cui intensità oscilla ad intervalli più o meno uniformi. Una tale luce oscillante è fornita, per quanto sembri strano, da ogni lampadina ad incandescenza alimentata dalla rete a corrente alternata. Quando la tensione alternata raggiunge i suoi valori più alti, la luce è più intensa; quando attraversa il punto neutro è più debole. Questo avanti e indietro succede 100 volte al secondo, così velocemente che il nostro occhio non registra alcun tremolio: si pensa di vedere una luce costante, mentre in effetti la lampadina ad incandescenza emette luce pulsata.

Gli strumenti fotoelettronici sono senz'altro in grado di distinguere se una lampada ad incandescenza emette luce continua o pulsata. Se si ha uno strumento che rivela solo luce pulsata, si può usare come fonte luminosa una sorgente di luce pulsata: il dispositivo reagirà solo a questa; la luce diurna di disturbo, essendo continua, non entrerà più in gioco. Si può per esempio sorvegliare un ambiente con una barriera luminosa, anche se questo è illuminato da luce diurna. Esistono numerose altre possibilità di utilizzazione.

Il circuito si può anche costruire in modo che emetta un segnale elettrico tanto più forte, quanto più velocemente oscilla la luce. Per questo si può per esempio misurare quale « frequenza » presenta la luce pulsata. Per una via indiretta, che più avanti descriveremo esattamente, si può, in questo modo, determinare esattamente persino il numero di giri di macchine, di motori, di auto, eccetera. Vale quindi la pena di costruire uno strumento a luce pulsata.

Uno strumento a luce pulsata

Anzitutto esponiamo brevemente il principio: quando la luce pulsata colpisce il fotoelemento, questo viene illuminato una volta più intensamente, una volta meno e con lo stesso ritmo oscilla la corrente che fluisce attraverso il fotoelemento. Se si inserisce una resistenza nel conduttore, si sviluppa una debole tensione, una ten-

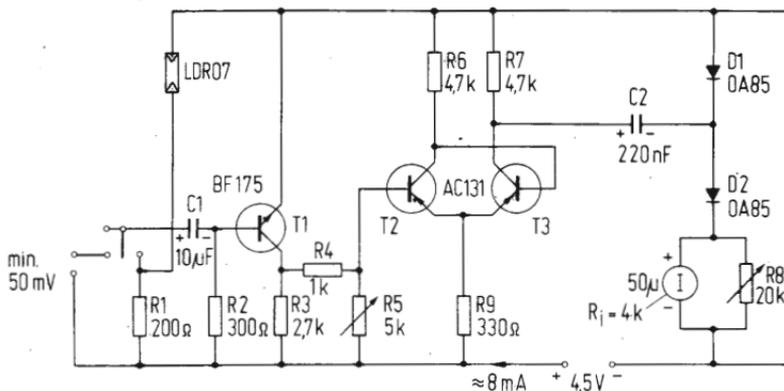


Fig. 24. Questo circuito reagisce solo a luce pulsata

sione alternata sovrapposta ad una continua. Si può facilmente separare la corrente alternata con l'aiuto di un condensatore, che non lascia passare correnti continue, e si ottiene una corrente alternata pura. Questa viene amplificata in un amplificatore accoppiato a condensatori. Come ciò succeda si vede dallo schema del circuito dello strumento di fig. 24.

Ecco una spiegazione a grandi linee. Il fotoresistore è montato in serie con la resistenza R1 già menzionata, sulla quale si produce la tensione oscillante. Questa arriva, attraverso C1, alla base del transistor T1, che amplifica la tensione oscillante. La tensione amplificata viene raccolta su R3 e arriva attraverso R4 al trigger di Schmitt T2 e T3, che, come in fig. 14, funziona esattamente come un interruttore elettronico. A dire il vero questo interruttore non rimane mai o solo aperto o solo chiuso, ma viene per così dire continuamente aperto e chiuso, perché la tensione alternata all'entrata è ora grande e poi nuovamente piccola. Questo interrompere e collegare produce degli impulsi di tensione che entrano di preferenza nella resistenza R7. Questi hanno il grande vantaggio che la loro altezza è sempre indipendente dall'intensità della luce che colpisce il fotoresistore.

Portiamo questi impulsi al condensatore C2. A destra di questo vediamo un circuito costituito da 2 diodi D1 e D2 e da uno strumento di misura I. Se ora la luce oscilla molto velocemente, ha cioè una alta frequenza, allora anche la frequenza della corrente dell'interruttore elettronico è alta, e il condensatore C2 si carica e scarica molto velocemente sui diodi. Nell'unità di tempo scorrono cioè molti elettroni, cioè la corrente è tanto più intensa quanto più grande è la frequenza di oscillazione della luce. Si misura questa corrente con lo strumento I, tarato direttamente nella frequenza della luce alternata. Il circuito permette quindi non solo di stabilire che è presente luce alternata, ma contemporaneamente dà informazioni sulla sua frequenza, cosa molto importante in pratica. Ora passiamo alla costruzione, che sarà molto facile, seguendo la fig. 25. Si tagli una piastrina delle misure $45 \cdot 62$ mm e si dispongano i singoli elementi come è spiegato nello schema. Come strumento di misura è meglio usare uno strumento molteplice, con una portata di $50 \mu\text{A}$, e una resistenza interna di circa $4 \text{ k}\Omega$. I singoli elementi vengono inseriti nei fori previsti, i terminali vengono piegati e saldati. Non si devono dimenticare le interruzioni delle piste conduttrici, come si vede chiaramente in fig. 25. Quando tutto è stato saldato e i terminali sono stati tagliati, servono due conduttori per lo strumento e due per il generatore di tensione. L'impianto è già pronto a lavorare e può senz'altro venir azionato dallo strumento a rete con circuito stabilizzatore. Le foto 7 e 8 della tavola 4 mostrano lo strumento dal davanti e dal dietro. Alcuni consigli per il collegamento. Inserita la tensione d'esercizio, lo strumento non viene deviato fino a quando la luce alternata non colpisce il fotoresistore. Ora si monta una lampada di circa 60 W alimentata dalla rete a corrente alternata a circa 30 cm di distanza dal fotoresistore e si osserva lo strumento ruotando con attenzione R5 verso sinistra e destra. Ad una determinata posizione lo strumento improvvisamente devia, raggiungendo talvolta la deviazione massima. In questo caso si allontana la lampada dal fotore-

Fig. 25. Come si costruisce il circuito

sistore e si regola R5 fino a quando dà una buona deviazione. Continuiamo ad aumentare la distanza fra lampada e fotoresistore, fino a quando non si ottiene più alcun miglioramento. Infine si regola R8 in modo che lo strumento devii completamente.

A questo punto lo strumento, non solo è pronto per l'esercizio, ma è anche tarato. La ragione è la seguente.

L'LDR dà una frequenza di 100 Hz esatti, poiché la luce oscilla 100 volte al secondo. Perciò la deviazione finale dello strumento corrisponde esattamente ad una frequenza di 100 Hz, e i valori intermedi si possono leggere direttamente, poiché questi e la frequenza della luce sono in corrispondenza.

La deviazione perciò non potrà mutare sia che l'LDR venga illuminato debolmente o intensamente. Solo se l'illuminazione sarà troppo debole lo strumento tornerà sullo zero. In questo modo le misurazioni sono completamente indipendenti dall'intensità di illuminazione, se non si rimane al di sotto di un certo valore.

Con questo strumento abbiamo un dispositivo che reagisce solo a luce pulsata e non a luce continua e quindi possiede tutti i vantaggi cui si accennava prima. Ora si dirà quante cose si possono fare con esso. Si fissi la boccola S alla piastrina e si uniscano i contatti in modo che, infilando la relativa spina miniatura, il condensatore C1 si trovi ai terminali della spina. La resistenza R1 e l'LDR devono essere separati. I terminali giusti si trovano facilmente con un Ohmmetro. Si unisca la spina miniatura con due terminali lunghi a piacere, per ulteriori esperimenti.

Elenco dei componenti:

R1	resistore 200 Ω 0,5 W
R2	resistore 300 k Ω 0,5 W
R3	resistore 2,7 k Ω 0,5 W
R4	resistore 1 k Ω 0,5 W
R5	resistore variabile 5 k Ω 0,5 W
R6	resistore 4,7 k Ω 0,5 W
R7	resistore 4,7 k Ω 0,5 W
R8	resistore variabile 20 k Ω 0,5 W

R9	resistore 330 Ω 0,5 W
C1	condensatore elettrolitico 10 μ F, 12 V
C2	condensatore 220 nF, 12 V
D1	diode al germanio OA85 (Valvo)
D2	come D1
T1	transistore al silicio BF175
T2	transistore al germanio AC131
T3	come T2
I	strumento di misura 50 μ A, 4 k Ω
LDR	fotoreistore LDR 07 (Valvo)

Per gli automobilisti: un contagiri

Con la luce si può misurare persino il numero dei giri. Come ciò sia possibile lo dimostra un bell'esperimento, che facciamo con il nostro strumento a luce pulsata. Si irraggi il fotoreistore con luce continua, cioè con luce diurna chiara o con la luce di una lampada ad incandescenza alimentata da una batteria d'auto. Lo strumento rimane sullo zero, poiché non viene generata alcuna tensione alterata.

Ora poniamo sulla traiettoria dei raggi un ventilatore, in modo che le sue eliche opache interrompano il raggio luminoso. Accendendo il ventilatore, l'indicatore dello strumento comincerà a salire, diventerà sempre più alto all'aumentare del numero dei giri, e si fermerà ad un determinato valore. Quante più eliche ha il ventilatore, tanto maggiore sarà l'indicazione, che, a volte, sarà persino più grande di quella che si ottiene con l'irraggiamento di luce alternata di una lampada ad incandescenza. La frequenza ottenuta spezzettando il raggio luminoso può quindi essere addirittura più alta della frequenza di rete, dipendendo dal numero di eliche del ventilatore e dal numero di giri dello stesso.

Numero di giri! Con ciò siamo arrivati al punto cruciale. È chiaro che col nostro strumento si possono contare anche i giri, e quale appassionato automobilista non desidera possedere un contagiri sulla sua vettura? Occorre solo collegare lo strumento col motore

dell'automobile, cosa facilmente effettuabile seguendo lo schema di fig. 26. Apriamo il cofano del motore e fissiamo alla puleggia del ventilatore o sull'albero a gomito un piccolo pezzo di vetro di circa 1 cm². Davanti alla puleggia collochiamo una sorgente luminosa, a breve distanza dalla quale viene fissato lo strumento a luce alternata in modo tale che riceva la luce riflessa dallo specchietto. Ora, accendendo il motore dell'auto, lo specchio manderà lampi di luce sul fotoresistore, tanto più frequenti quanto più velocemente gira il motore. Con ciò il contagiri è praticamente finito. Come è possibile determinare l'esatto numero di giri? Lo strumento è tarato per una deviazione massima di 100 Hz. Se il motore fa 100 giri al secondo, corrispondenti a $60 \cdot 100 = 6000$ giri al minuto, si raggiunge la deviazione massima. Ora possiamo leggere qualsiasi numero di giri sulla scala dello strumento, poiché, come già detto, la dipendenza tra indicazione e frequenza è del tutto lineare. Se l'indicatore ad esempio sta al centro, il numero di giri è 3000 e così via. Chi è particolarmente abile potrà fissare la lampada, naturalmente alimentata dalla batteria dell'auto, e il relativo circuito di misura, in modo tale che gli scossoni del motore non disturbino affatto. Per questo è necessario solo portare un semplice filo conduttore

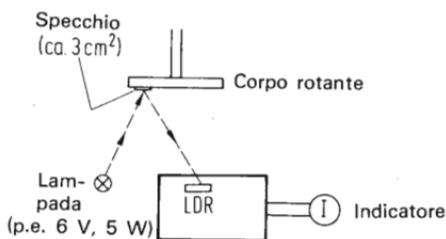


Fig. 26. Come si misura il numero di giri con i raggi luminosi

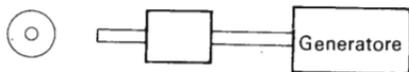


Fig. 27. Il nostro apparecchio come misuratore di frequenze

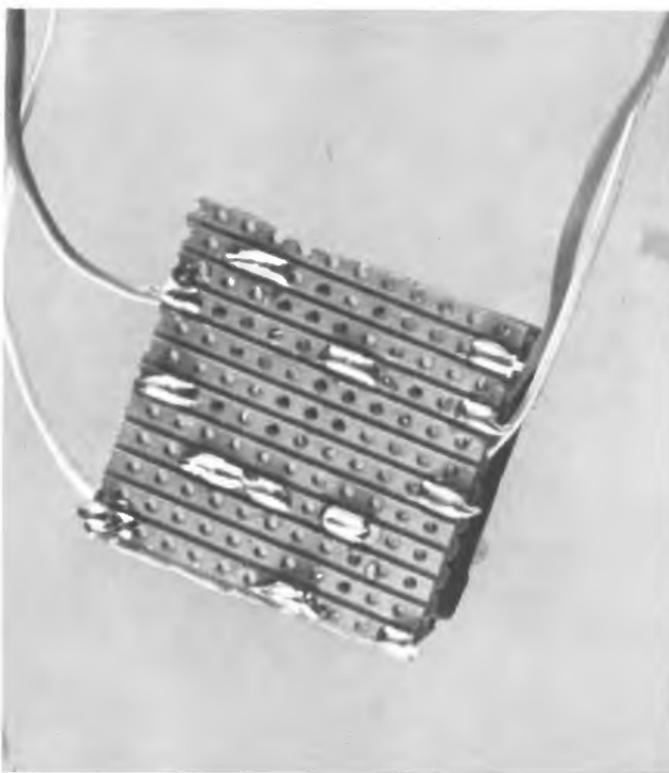
bipolare al cruscotto, collegato con lo strumento di misura, installato nel posto che si preferisce. Possiamo senz'altro alimentare lo strumento con la batteria dell'auto, però tra questa e lo strumento sarà opportuno inserire un piccolo circuito stabilizzatore, che renda la tensione indipendente dalla batteria dell'auto. Ciò è assolutamente necessario

Foto 5. Vista del circuito dello stabilizzatore

Tavola 3



Foto 6. Parte inferiore dello stabilizzatore



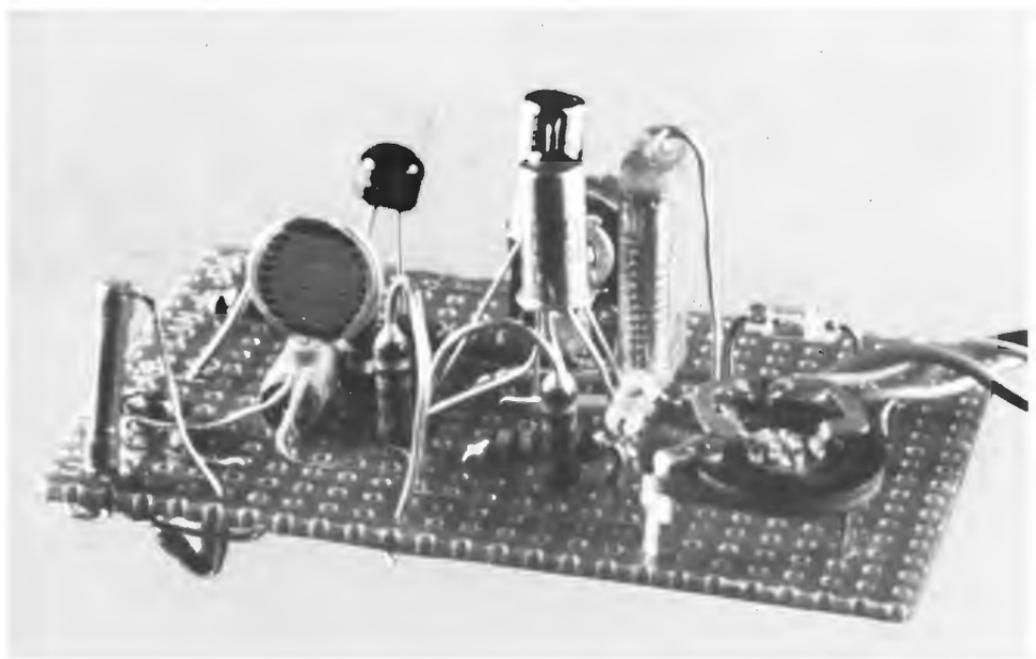
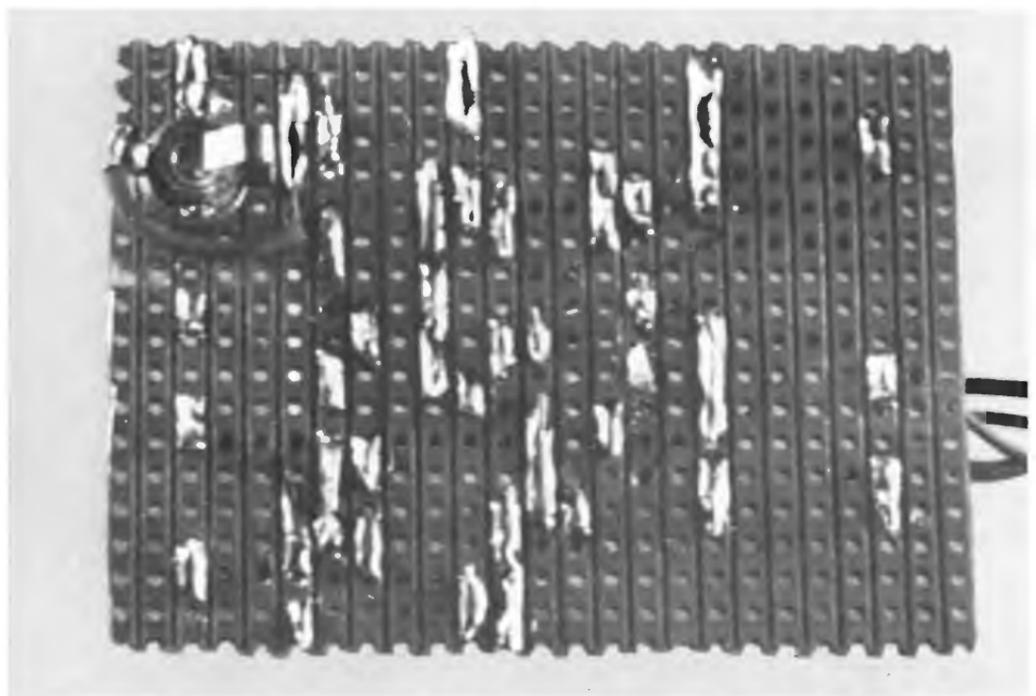


Foto 7. Vista dell'apparecchio a luce pulsata

Tavola 4

Foto 8. Parte inferiore della piastrina



per batterie da 12 V. Ricordiamo che il nostro strumento è un ottimo misuratore di frequenze. Si deve solo collegare la tensione di cui si vuole misurare la frequenza con i due terminali della spina miniatura. La tensione non dovrebbe essere minore di circa 50 mV. Ora si può leggere la frequenza sulla scala, se non è maggiore di 50 Hz. Si possono facilmente raggiungere frequenze più alte, con altri valori del condensatore C2. Per esempio, utilizzando 22 μF , la deviazione finale raggiunge un kHz; con 2,2 μF si avranno 10 kHz. Con ciò si raggiunge il più importante campo di frequenze, quelle sonore. Gli amatori dell'Hi-Fi che vogliono valutare il loro impianto, possono determinare in questo modo l'esatta frequenza della sorgente sonora. Un misuratore di frequenze di questo genere è utile anche per altri scopi in officina o in laboratorio. La fig. 27 chiarisce quanto questo circuito sia semplice.

La luce regola e sorveglia

Finora lo strumento a luce pulsata ha messo in funzione solo uno strumento di misura. Se però lo utilizziamo collegandolo con l'interruttore di figure 14 e 15, il campo delle utilizzazioni si amplia notevolmente. La fig. 28 mostra cosa si intende dire. Occorre collegare l'uscita del contagiri con la base del transistor T1 del circuito di fig. 14. Il collegamento non può essere diretto,

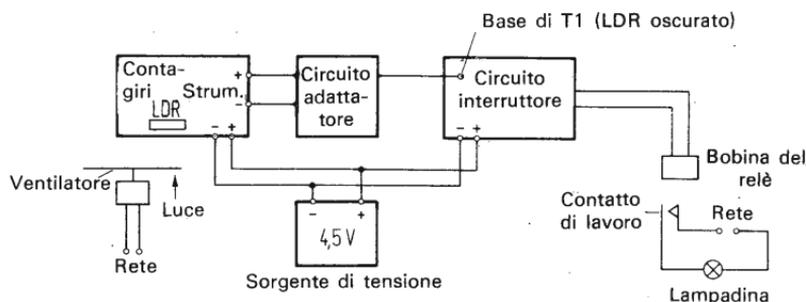


Fig. 28. Un impianto d'allarme

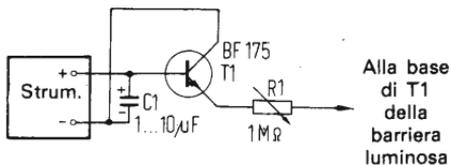


Fig. 29. Il circuito adattatore

ma avviene tramite il circuito adattatore mostrato in fig. 29. In questa realizzazione il fotoresistore del circuito di fig. 14 deve essere completamente oscurato, per esempio avvolgendolo con del nastro isolante nero, poiché il segnale che comanda il transistore T1 proviene dal contagiri. L'uscita del circuito interruttore eccita un relè che tramite un contatto chiude un circuito di potenza in grado di azionare un avvisatore acustico o luminoso.

Ora descriviamo brevemente il circuito adattatore. Come si vede in fig. 29, esso è semplicemente costituito da tre elementi, il condensatore C1, il transistore T1 e la resistenza variabile R1. Questi tre componenti si possono facilmente montare su di una piastrina 15 · 10 mm, come indicato in fig. 30. Questo circuito ha lo scopo di adattare la tensione d'uscita del contagiri all'entrata dell'interruttore; perciò T1 lavora nel circuito a collettore comune. Installati i pochi elementi sulla piastrina e saldati i punti d'unione, si può inserire l'adattatore, come descritto in fig. 28, e l'impianto è finito. A cosa può servire?

Anzitutto ripetiamo l'esperimento col ventilatore, che girando ad alta velocità provoca una tensione all'uscita costantemente in aumento. Questa viene ora portata tramite il circuito adattatore, all'entrata dell'interruttore. Appena la tensione raggiunge un certo valore minimo, il relè si eccita, la lampada si accende, oppure il

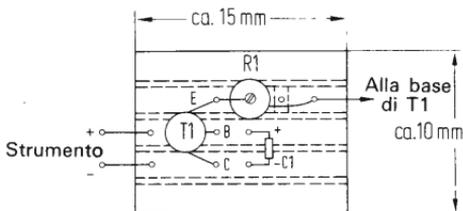


Fig. 30. Come si costruisce il circuito adattatore

segnalatore acustico entra in azione. Mediante il potenziometro P1 di fig. 14 si riesce a regolare il numero di giri che aziona questo segnale. Si tratta dunque di un circuito d'allarme, che aziona un segnale quando viene superato un determinato numero massimo di giri in una macchina. Un tale impianto potrebbe per esempio avvisare i macchinisti dei treni, quando le locomotive superano la velocità massima consentita. E questo è solo un esempio.

In questo modo non solo è possibile misurare il numero dei giri di tutti gli elettrodomestici di uso casalingo, ma anche farci avvisare se per un qualsiasi motivo minacciano di rompersi. La regolazione dell'allarme può avvenire anche mediante la resistenza R1 del circuito di fig. 29. Quanto più grande è tale resistenza, tanto più velocemente può girare il motore, prima che il circuito azioni il segnale d'allarme.

Ora la cosa si fa particolarmente interessante: integriamo il circuito di comando con un cosiddetto circuito regolatore automatico. A questo scopo inseriamo al posto della lampada o del segnalatore acustico di fig. 31, il ventilatore di fig. 28, in modo che il ventilatore venga inserito o disinserito dai contatti del relè. Colleghiamo il circuito, in modo che il ventilatore cominci a girare. Ad un determinato numero di giri, il circuito interruttore eccita il relè che interrompe il circuito di riposo e il ventilatore viene spento. Il numero dei giri diminuisce fino a quando l'interruttore diseccita il relè per cui il ventilatore viene di nuovo acceso, aumenta il numero dei giri, viene spento un'altra volta e così via. Il tutto si regola da sé e il numero dei giri dipende dal posizionamento della resistenza R1.

Ci siamo occupati di uno stabilizzatore automatico di numero di giri, che fa in modo che il numero dei giri oscilli sempre di poco

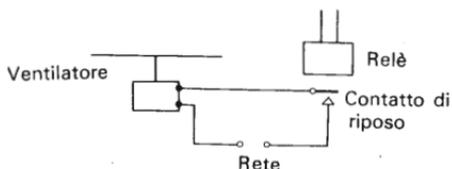


Fig. 31. Il numero dei giri viene regolato automaticamente

attorno ad un determinato valore. Il ventilatore girerà tanto più lentamente quanto più piccola sarà la resistenza R1, cioè quanto prima l'interruttore spegnerà il ventilatore. In questo modo si possono mantenere costanti non solo i numeri di giri dei ventilatori, ma anche di altre parti di macchine rotanti. Naturalmente il circuito è un po' grossolano e non può essere utilizzato per applicazioni che richiedano una certa precisione; comunque esso ci mostra chiaramente il principio fotoelettronico utilizzato, e può servire per la messa a punto di apparecchi rotanti.

Lo strumento a luce pulsata, come abbiamo visto, può essere d'aiuto in molteplici casi. Non solo possiamo costruire barriere luminose indipendentemente dalla luce diurna, o da altre luci estranee, ma anche contare i giri e persino regolare macchine. Tanto può dunque la fotoelettronica.

Elenco dei componenti:

C1	Condensatore elettrolitico 1-10 μ F, 12 V
R1	Resistore regolabile 1 M Ω , 0,5 W
T1	Transistore al silicio BF175
-	Piastrina 15 · 10 mm

5. Il raggio luminoso come pilota

Nel capitolo 4 abbiamo conosciuto un processo di regolazione automatico, influenzato dalla luce. Esso era però abbastanza grossolano, in quanto lo strumento elettronico collegato doveva venir sempre completamente collegato o scollegato a brevi intervalli, il che naturalmente significa oscillazioni non irrilevanti attorno al valor medio. Meglio sarebbe una regolazione continua. Per questo esistono alcune possibilità, delle quali la più moderna è l'utilizzazione dei tiristori o dei Triacs. Non ci serve capire esattamente questi nuovi elementi, che usano il principio dei semiconduttori, ma considereremo solo le cose più importanti.

La luce può comandare in modo continuo

I tiristori e i Triacs sono elementi semiconduttori contenuti in piccoli involucri metallici. Alcuni involucri sembrano come quelli dei transistori di potenza; utilizzeremo, per il prossimo circuito sperimentale, proprio uno di questi tipi.

Anzitutto parlano del tiristore. Questo elemento possiede tre terminali, due dei quali, anodo e catodo, rappresentano un interruttore elettronico molto efficiente, che in posizione « aperto » ha una resistenza quasi infinitamente grande, in posizione « chiuso » invece, una resistenza quasi infinitamente piccola. Il passaggio dall'uno all'altro stato ha luogo per mezzo del terzo elettrodo, l'elettrodo di comando o di accensione. Se gli si dà un breve impulso, l'interruttore scatta. Se si interrompe il circuito di potenza (a-k), la sua resistenza diventa molto grande e un impulso positivo all'elettrodo di accensione provoca una nuova accensione.

Tutto questo processo avviene molto velocemente, e si può mantenere aperto e chiuso per diversi intervalli un tale tiristore, all'interno di un periodo della tensione alternata. Quanto più a lungo rimane aperto entro un periodo, tanto più grande è la corrente media attraverso il tratto di corrente principale, e viceversa. Per l'accensione, le correnti e tensioni necessarie sono molto piccole: esse possono venir generate, come vedremo, da un circuito a luce. Un particolare tipo di tiristore è il Triac. Esso contiene in un involucro due tiristori comandati in senso contrario l'uno rispetto all'altro, in modo da poter provocare l'accensione sia nell'una che nell'altra semionda. Con ciò si ottiene all'uscita, ancora una corrente alternata, che è però più o meno spezzettata. Un tale Triac è particolarmente utile per i nostri scopi, e quindi ce ne serviremo. Ora descriviamo brevemente gli importanti circuiti fondamentali di figg. 32, 33 e 34.

In fig. 32 il circuito di potenza del Triac Tc è in serie con una lampada ad incandescenza e la tensione di rete. Affinché l'accensione si svolga meglio, il Triac contiene nel suo interno un diodo speciale, che da una normale tensione alternata produce brevi impulsi. Da qui un conduttore va al condensatore C1 e R1. Parallelalemente a C1 è posto il fotoresistore LDR. Quando questo non è illuminato, attraverso R1 passa una corrente che carica molto veloce-

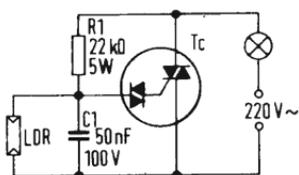


Fig. 32. Un Triac con diodo Trigger

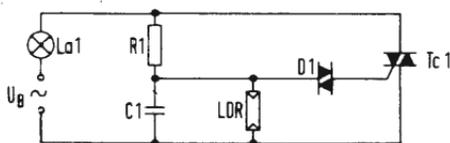


Fig. 33. La corrente di Triac aumenta con l'illuminazione

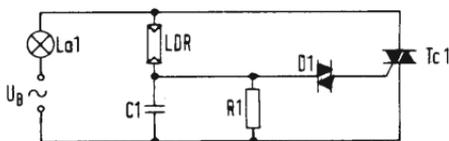


Fig. 34. La corrente di Triac diminuisce con l'illuminazione

mente C1, e con ciò si creano le condizioni per l'accensione del tratto. Il Triac conduce per la maggior parte del periodo, e la lampadina brilla molto chiaramente. Se ora l'LDR è illuminato, questo forma una derivazione a C1 e la carica ha luogo molto più lentamente. Il Triac si accende più tardi, la corrente media diventa più piccola e la lampadina brilla di meno. Tutto ciò avviene quasi continuamente, cosicché possiamo regolare completamente a piacere la luminosità della lampada ad alta tensione per mezzo di un raggio di luce più o meno chiaro.

Al contrario funziona il circuito di fig. 33. La grande resistenza dell'LDR all'oscuro, carica C1 lentamente, per cui la lampadina ad alta tensione brilla meno. Se l'LDR viene illuminato più intensamente, la carica di C1 avviene più velocemente, il Triac si accende prima e la lampada brilla più chiara. In questo circuito abbiamo inoltre un Triac Tc1 che all'interno non ha nessun diodo interruttore, deve perciò essere comandato dall'esterno. Ciò vale anche per la fig. 34, che praticamente corrisponde alla fig. 32 e che perciò agisce allo stesso modo. Qui diminuisce quindi la luminosità della lampada ad alta tensione quando l'LDR viene illuminato più intensamente.

Un circuito a comando luminoso con Triac

Passiamo subito alla costruzione. Il circuito utilizzato è quello di fig. 35; le figure 36 e 37 contengono ulteriori indicazioni per la

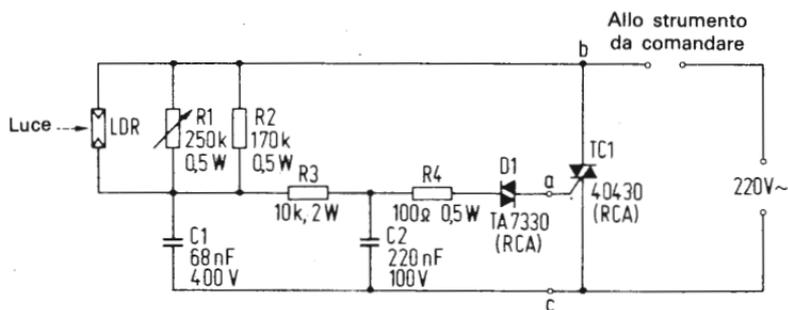


Fig. 35. Circuito a Triacs

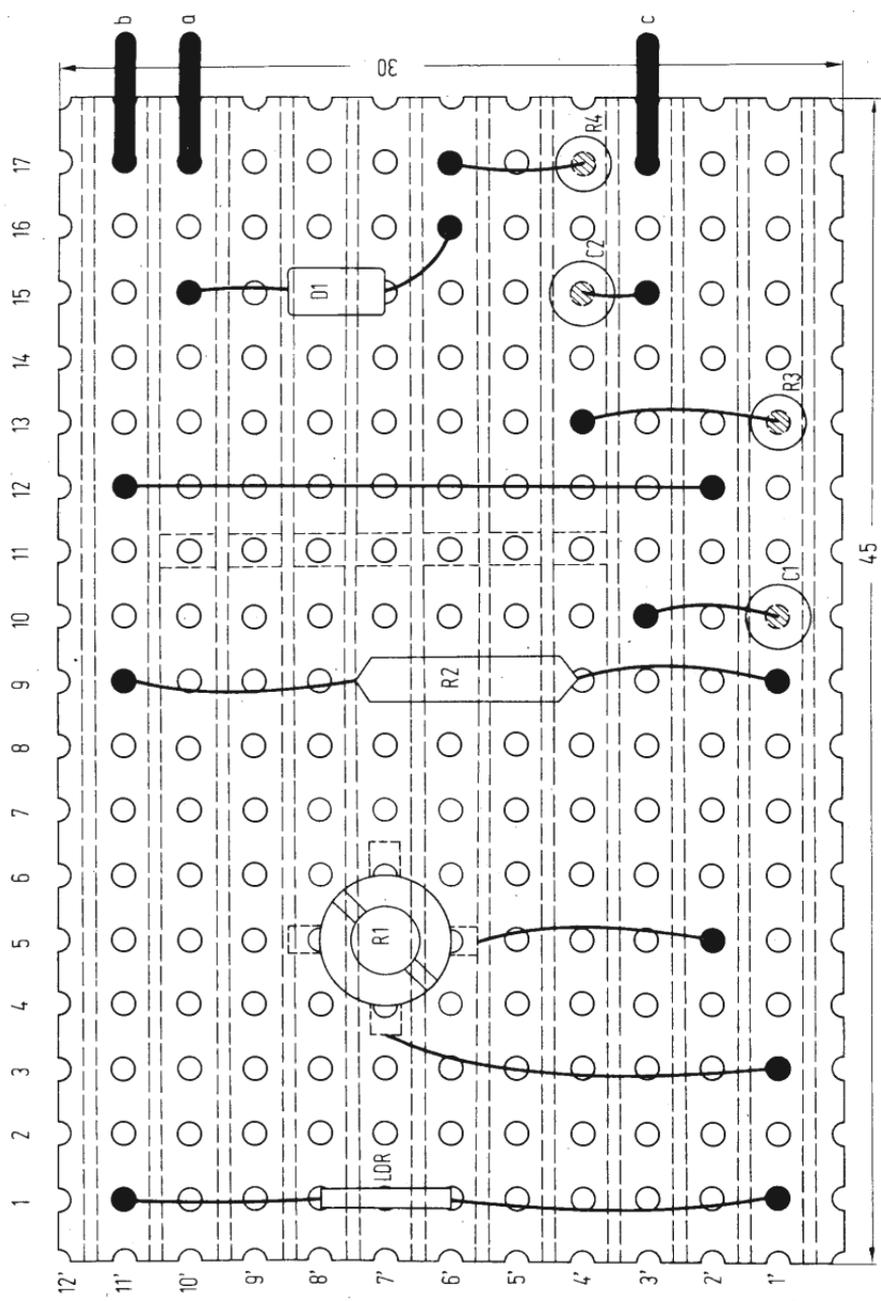


Fig. 36. Come si costruisce il circuito a Triacs

costruzione. In principio, questo circuito corrisponde a quello della fig. 33, cioè aumentando l'illuminazione del fotoreistore, la corrente del Triac diventa più grande. Parallelamante al fotoreistore sta la resistenza regolabile R1 e una resistenza fissa R2. Con R1 si regola la corrente di carica di C1 in modo che il Triac si innesca subito, anche se il fotoreistore viene illuminato molto debolmente. La tensione d'innesco prodotta su C1 tramite la resistenza R3, carica C2. Questo doppio circuito RC rende possibile una regolazione della corrente del Triac entro limiti molto ampi. Attraverso la resistenza di protezione R4 la tensione d'innesco arriva al diodo d'accensione D1 e da qui all'elettrodo d'accensione a del Triac Tc1.

Nel circuito anodo-catodo del Triac vi è ora la tensione di rete e lo strumento elettrico da comandare. Il Triac qui utilizzato permette di collegare strumenti con potenza fino a 1,3 kW, si possono quindi regolare quasi tutti i normali elettrodomestici. Tutte le singole parti, ad eccezione del Triac vengono montate sulla piastrina base come in fig. 36. La piastrina ha le dimensioni 45 · 30 mm, ed è quindi molto piccola.

Sono esattamente indicati i punti dove devono essere posizionati i relativi componenti, e saldati, per cui è impossibile sbagliare. In ogni caso non ci si deve scordare di interrompere le piste conduttrici nei punti indicati.

Poiché in esercizio il Triac diventa abbastanza caldo, dobbiamo montarlo su di una piastrina raffreddante di metallo. La fig. 37 indica come. Si

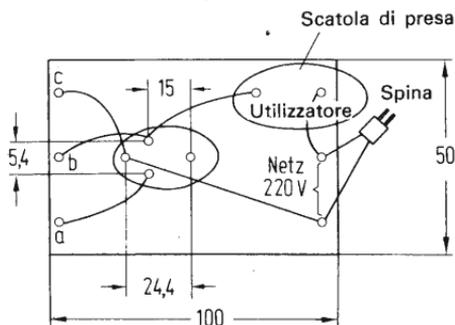
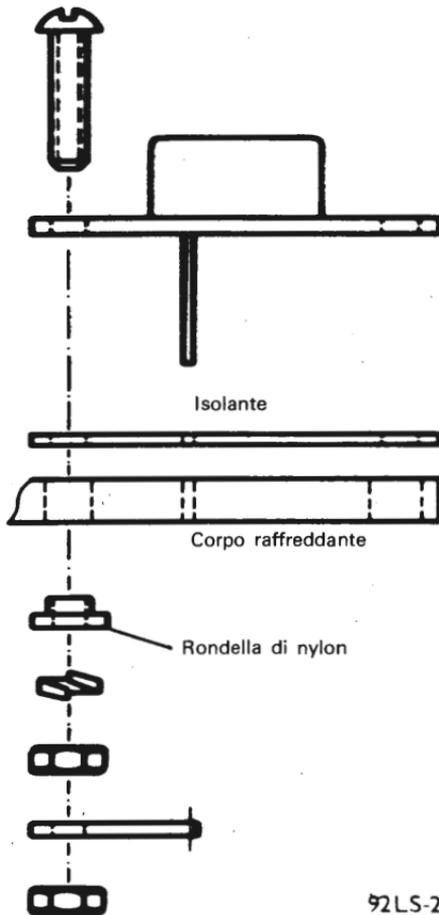


Fig. 37. La piastra di raffreddamento per il Triac

Fig. 38. Montaggio di un Triac



92LS-2130

taglia una piastra di alluminio di circa 2 mm di spessore e con dimensioni 100 · 50 mm, e si monta il Triac nel punto indicato, senza dimenticare di isolarlo, per mezzo di una lamina di mica, come indicato in fig. 38. I fori devono essere eseguiti con buona precisione, in modo che poi tutto coincida. Le misure sono date in fig. 37. È importante che la piastrina metallica sia perfettamente piana, per non danneggiare la sottile lamina di mica. Anche le viti di fissaggio dovranno

essere isolate; la ditta produttrice del Triac fornisce anche speciali involucri isolanti. La fig. 38 è così chiara che è impossibile sbagliare. Sulla piastrina metallica si montano anche i terminali di rete e dell'utilizzatore. Sia per la rete che per l'utilizzatore occorre prevedere una presa di corrente con contatto di terra, conformemente alle norme di sicurezza. Sono indicati i collegamenti necessari. I punti a, b e c corrispondono a quelli di fig. 35. La piastrina con-

duttrice verrà montata accanto alla piastra metallica. Montandole prese di corrente all'esterno, si ottiene un pratico strumento d'uso universale, col quale è possibile fare molte cose.

Per prima cosa proviamo ad installare, come utilizzatore, una lampada ad alte tensione, colleghiamo la tensione di rete, e osserviamo la luminosità della lampada, oscurando preventivamente il fotoresistore. Ora regoliamo R1 in modo che la lampada brilli ancora visibilmente. Poi illuminiamo l'LDR, la luminosità aumenterà notevolmente e diventerà tanto più intensa, quanto più intensamente sarà illuminato il fotoresistore. Se questo esperimento riesce, lo strumento è pronto al lavoro, e, come vedremo, lo potremo utilizzare in vari modi.

Se vogliamo una corrente più debole dell'utilizzatore, dobbiamo solo liberare il terminale superiore del fotoresistore in fig. 35 e collegarlo al terminale inferiore di C1. Ora l'impianto funziona al contrario, cioè aumentando l'intensità di illuminazione del fotoresistore, la corrente dell'utilizzatore diventa sempre più debole.

Elenco dei componenti:

C1	condensatore 68 nF 400 V
C2	condensatore 220 nF 100 V
R1	resistenza variabile 250 k Ω 0,5 W
R2	resistenza 170 k Ω 0,5 W
R3	resistenza 10 k Ω 2 W
R4	resistenza 100 Ω 0,5 W
LDR	fotoresistenza LDR 07 (Valvo)
D1	diodo trigger TA 7330 (RCA)
Tc1	triac 40430 (RCA)

Dovunque strumenti a comando luminoso

Con questo strumento è ora possibile regolare, per mezzo di raggi luminosi in modo semplicissimo tutti gli impianti elettrici pensabili, che non hanno bisogno di più di 1,3 kW. Così possiamo fare andare più velocemente o più lentamente macchine lavatrici o aspirapolvere, regolare il numero di giri di trapani a mano, adattare l'intensità luminosa dell'illuminazione di un ambiente alle condizioni esterne, e così via.

Ventilatori, climatizzatori, lucidatrici, utensili elettrici, asciugacapelli, congelatori, impianti per il controllo della temperatura, sono altri esempi presi dall'uso domestico. È sempre importante che le correnti dell'utilizzatore, spesso molto grandi, vengano regolate quasi senza potenza, poiché le potenze di comando sono molto piccole. Inoltre possiamo regolare le correnti anche a mano, oscurando completamente l'LDR. In questo caso si regola a mano la resistenza regolabile R1 di fig. 35 e si possono ottenere gli stessi risultati che col fotoresistore. Particolarmente interessante è l'adattamento automatico della illuminazione ambiente alla luce diurna; in questo caso si colloca il fotoresistore alla luce diurna e si regola corrispondentemente la resistenza regolabile R1. Con ciò si può fare in modo che la luce dell'ambiente rimanga sempre costante: se la luce diurna cala, la lampada diventa corrispondentemente più luminosa, ed ha un effetto equilibratore.

Le possibilità di utilizzazione in casa sono tanto numerose, che qui abbiamo potuto solo accenarle.

6. Guida all'acquisto

Distinguiamo tre grandi canali per l'acquisto di attrezzatura, strumenti e componenti. Il primo è quello dei negozi specializzati, il secondo è quello delle organizzazioni che effettuano la vendita per corrispondenza, il terzo è la vendita attraverso le riviste.

Di quest'ultimo si veda nelle « Letture »; in ogni caso chi volesse saperne di più si rivolga direttamente ad esse; ricordiamo comunque che le riviste, a parte la strumentazione, l'attrezzatura ed altri prodotti di base (piastrine, kit per circuiti stampati) forniscono solo i componenti dei circuiti che presentano.

Per quanto riguarda invece la vendita per corrispondenza, la maggiore ditta italiana specializzata nel settore è la *Marcucci - Via Bronzetti 37 - Milano*. Scrivendo una cartolina postale a questo indirizzo è possibile ricevere gratuitamente i cataloghi disponibili e contenenti, tra l'altro, tutte le modalità per ricevere, per corrispondenza, i prodotti desiderati.

Altre ditte effettuano la vendita per corrispondenza. Per maggiori informazioni ci si rivolga a questi indirizzi.

GBC Italiana - Cinisello Balsamo - Milano

ACEI - Viale E. Martini, 9 - Milano

KIT SHOP - Corso Vittorio Emanuele, 15 - Milano

ELETTROMECCANICA RICCI - Via Palestro, 93 - Cislago (VA)

LEM - Via Digione, 3 - Milano

MOELLER - Via Castellini, 23 - Como

ELETTRONICA CORNO - Via Col di Lana, 8 - Milano

ELETTRONICA AMBROSIANA - Via Cuzzi, 4 - Milano

7. Letture

Diversi altri esperimenti con apparati luce si possono trovare negli altri libretti di questa serie

– *H.P. Siebert - L'elettronica e la fotografia - Franco Muzzio & C.*

– *R. Zierl - Come si lavora con i transistori 1 - Franco Muzzio & C.*

Per la terminologia si può consultare

– *Handel - Dizionario di elettronica - Zanichelli*

che riporta i significati dei vari termini e i rispettivi corrispondenti in inglese.

– *H. Piraux - Dizionario Inglese/Italiano dei termini d'elettronica ed elettronica - Signorelli*

che non riporta però i significati dei termini. Un altro dizionario, molto più ricco e costoso, contenente termini in inglese, francese tedesco e russo è

– *Neidhardt - Technical dictionary of electronics - Pergamon.*

Tutti e tre questi dizionari saranno utili per interpretare schemi di circuiti che si possono trovare su riviste. Il più economico è l'Handel. Il Neidhardt è invece consigliabile consultarlo nelle biblioteche meglio fornite.

Per le riviste, tralasciando quelle specializzate in campi diversi da quello di cui ci occupiamo noi, e occupandoci di quelle che si rivolgono in special modo (anche se non esclusivamente) agli hobbysti, ne tracciamo un piccolo panorama.

Sperimentare è una rivista dedicata agli hobbysti. Presenta numerosi circuiti facili da realizzare, ed è ricca di informazioni e articoli divulgativi. Una sua caratteristica è quella di presentare in ogni numero la descrizione di apparecchi reperibili anche in scatole di montaggio.

Onda quadra è una rivista d'elettronica in generale. Il suo pubblico è molto vasto, andando dai principianti ai professionisti. Presenta numerosi articoli scientifici e divulgativi. Di molti circuiti presentati, la rivista offre i componenti per realizzarli. Offre inoltre alcuni altri prodotti necessari all'hobbysta, come kit per circuiti stampati, piastrine e altro.

Elettronica pratica è una rivista dedicata agli hobbysti. Presenta numerosi circuiti, e di ognuno fornisce i componenti per realizzarlo. Offre inoltre strumenti, attrezzi, kit e penne per circuiti stampati.

Radio elettronica è una rivista d'elettronica generale. Presenta numerosi articoli divulgativi e scientifici, oltre a schemi di circuiti e indicazioni sulla reperibilità dei componenti. Talvolta, in collaborazione con ditte specializzate, mette a disposizione i componenti per la loro realizzazione.

Indirizzi:

Sperimentare

Direttore: Ruben Castelfranchi

Edizioni JCE - Via Pelizza da Volpedo, 1 - Cinisello B. (MI)

Onda Quadra

Direttore: Antonio Marizzoli

Via C. Menotti, 28 - Milano

Elettronica Pratica

Direttore: Zefferino de Sanctis

Via Zuretti, 52 - Milano

Radio Elettronica

Direttore: Mario Magrone

Edizioni ETL - Via Visconti di Modrone, 38 - Milano

8. Indice analitico

- Accumulatore 14, 15
- Barriera luminosa 18
- Componente fotoelettrico 8
- Contatore 35
- Contatto di lavoro 35
- Contatto di riposo 35
- Effetto fotoelettrico 7
- Flash 36
- Fotocellula 8
- Fotodiodo 11
- Fotoelemento 11
- Fotoelettronica 7
- Fotometro a macchia d'olio 38
- Fototensione 7
- Fototiristore 16
- Fotoresistore 17
- Fototransistore 16
- Impulso 29
- Interruttore di crepuscolo 37
- Interruzione di piste conduttrici 21
- Luce pulsata 44
- Luxmetro 39
- Misuratore di frequenze 50
- Misuratore di luce 39
- Piastrina 19
- Piste conduttrici metalliche 21
- Protezione antifurto 43
- Raddrizzatore 27
- Rete elettrica 26
- Saldatura 22
- Stabilizzatore 29
- Tiristore 57
- Transistore al germanio 24
- Transistore al silicio 25
- Trasformatore 27
- Triac 57

biblioteca tascabile elettronica

la luce in elettronica

La fotoelettricità, nei suoi aspetti più evidenti, è una tecnica molto nota al giorno d'oggi. Questo libro ha lo scopo di esemplificare le numerose applicazioni della fotoelettricità, servendosi di esperimenti fatti con componenti di facile reperibilità e tuttavia dalle caratteristiche significative. La prima parte è destinata ad una trattazione teorica dei fondamenti della fotoelettricità, con indicazioni per l'esecuzione di alcuni esperimenti che illuminano sul significato del legame tra luce ed energia. La seconda parte tratta di semplici ed interessanti esperimenti che portano alla realizzazione di molto utili strumenti: barriere luminose, contagiri elettronici, regolatori automatici, e molti altri.

- | | | |
|-----|---------------------|---|
| 1 | Hanns-Peter Siebert | L'elettronica e la fotografia
Strumenti elettronici per la
fotografia e la camera oscura |
| 2 | Richard Zierl | Come si lavora con i transistori
Prima parte: i collegamenti |
| 3 | Heinrich Stöckle | Come si costruisce un circuito
elettronico
Dai componenti elettronici
ai circuiti stampati |
| 4 | Heinz Richter | La luce in elettronica
Esperimenti di fotoelettricità |
| * 5 | Richard Zierl | Come si costruisce un
ricevitore radio
Dal circuito oscillante
al ricevitore OC |
| * 6 | Richard Zierl | Come si lavora con i transistori
Seconda parte: l'amplificazione |

* Volumi in corso di pubblicazione