

Area di progetto (generale)

Lo scopo principale del progetto che abbiamo portato a compimento a scuola, mirava alla realizzazione di un sistema di piccole dimensioni che fosse in grado di “raccolgere” oggetti di una determinata forma per posizionati in punti prestabiliti dopo averne riconosciuto il colore.

Quest’ultimo, inoltre, doveva essere visualizzato sul monitor del pc e descritto da proprio nome.

Il progetto prevede che il dispositivo capace di rilevare il colore dell’oggetto in esame(il cosiddetto “Trasduttore Cromatico”) sia fissato in una posizione predefinita.

Così facendo, il braccio meccanico, a seguito delle coordinate ricevute, può posizionare la scatola raccolta in precedenza sopra al sensore di colore che, a sua volta entrerà in funzione effettuando la scansione dell’oggetto.

Il braccio che ha il compito di raccogliere e spostare le scatole colorate, è situato su due carrelli che possono muoversi su altrettante rotaie nelle direzioni “Sinistra - Destra” e “Avanti - Indietro”.

Oltre a questi due possibilità motorie, il braccio, naturalmente, deve anche potersi avvicinare all’oggetto e raccoglierlo, perciò dovrà essere predisposto al movimento rotatorio dall’alto verso il basso e viceversa.

Tutti gli spostamenti previsti, come è facile intuire, sono stati resi possibili attraverso l’utilizzo di tre motori elettrici pilotabili in corrente continua.

Tutta la componente meccanica che abbiamo utilizzato è stata realizzata con il “LEGO DACTA”, una confezione didattica comprendente tutti i dispositivi meccanici ed elettromeccanici necessari per i nostri scopi.

I tre motori collegati al braccio ed ai due carrelli, sono pilotati da circuiti elettronici da noi progettati e che, a loro volta, sono gestiti via Software dal pc, interfacciato al progetto attraverso una speciale porta parallela.

Dato, infatti, il gran numero di segnali necessari al funzionamento del dispositivo, abbiamo utilizzato delle schede standard di Input/Output (I/O) parallelo da montare all’interno del PC, di facile reperibilità e basso costo, ognuna delle quali comprende 48 linee di I/O e un timer a 3 canali.

Il codice necessario al funzionamento del nostro sistema è stato diviso in due parti di cui una che controlla i singoli motori ed una che permette di rilevare il colore dell’oggetto.

Per quanto riguarda la il software relativo alla gestione dei motori e, di conseguenza, il movimento del braccio meccanico, ci era richiesto di realizzare due modalità di spostamento: Automatica e Manuale.

La prima, la modalità di funzionamento standard, permette lo spostamento del braccio in posizioni definite dalle coordinate immesse da codice e relative ai punti in cui si trovano gli oggetti che saranno poi raccolti, portati sopra al trasduttore cromatico e posizionati in aree prestabilite a seconda del colore rilevato.

La seconda, invece, consiste nel semplice spostamento manuale del braccio che avviene tramite la tastiera del pc ed è stata realizzata con lo scopo di poter testare in maniera più semplice il nostro progetto.

Il colore dell'oggetto in esame viene riconosciuto attraverso il principio della "Sintesi Additiva".

Questo concetto si basa sul fatto che i colori possono essere rilevati a seconda della percentuale di luce riflessa in riferimento ai tre colori base: Rosso, Verde e Blu.

Considerando perciò il fatto che il colore "Bianco" lo si vede così perché riflette al massimo ed in egual modo tutti e tre i colori primari, mentre il "Nero" non ne riflette nessuno, siamo riusciti a rilevare moltissimi colori individuandone l'intensità di luce rossa, verde e blu riflessa dall'oggetto e rilevata da un sensore di luce con uscita in tensione.

Naturalmente, per poter inviare i tre valori di tensione relativi alle singole componenti primarie al pc, questi dovranno essere convertiti in segnali digitali.

Una volta acquisiti, i dati verranno elaborati da un apposito software che li tradurrà in valori percentuali in base ai quali il colore verrà poi visualizzato sullo schermo ed identificato dal proprio nome.

Il trasduttore cromatico che abbiamo realizzato utilizza, come sensore di luce, un fotodiode.

Questo, infatti, viene spesso preferito all'utilizzo di un fototransistor o di una fotoresistenza per la sua migliore linearità.

Infatti, nonostante che il costo di questo componente sia maggiore rispetto agli altri sopra - citati, anche le sue caratteristiche di precisione e risposta spettrale, sono di gran lunga superiori a quelle degli altri dispositivi.

Perciò, dato che per il nostro progetto il sensore deve "rispondere" in egual modo a tutte le lunghezze d'onda della luce visibile, abbiamo deciso di utilizzare uno dei migliori componenti presenti sul mercato, altrimenti i risultati ottenuti si sarebbero discostati troppo da quelli voluti.

Per quanto riguarda il movimento del carrello, come si è già detto precedentemente, è stato reso possibile dall'utilizzo di semplici motori in corrente continua, anch'essi compresi nella confezione LEGO DACTA, che ci semplificano molto il montaggio, essendo già predisposti per l'accoppiamento meccanico con le altre parti del LEGO.

Questi motori funzionano a 5V e per pilotarli abbiamo progettato alcune apposite schede di potenza.

Oltre ai vari componenti meccanici e non, nella confezione "Lego Dacta", vengono forniti anche degli "Encoder Ottici Incrementali", che ci hanno permesso di rilevare anche la velocità del motore.

Anche questi particolari componenti elettromeccanici, come il nostro trasduttore cromatico, basano il proprio funzionamento sul fatto che il colore bianco riflette la luce con il quale viene illuminato, mentre il nero no.

Questo dispositivo, infatti, rileva la luce riflessa da un particolare disco diviso in 8 settori (quattro bianchi e quattro neri e disposti alternativamente come in fig.1) che gira alla stessa velocità dell'albero motore.

Grazie alla diretta proporzionalità esistente fra il conteggio degli impulsi generati dai settori bianchi e neri e lo spostamento lineare del carrello, possiamo controllarne, in modo piuttosto semplice, la posizione istantanea e la sua velocità di moto, a sua volta proporzionale all frequenza degli impulsi.

Dato che, però, il nostro encoder è di tipo incrementale (non assoluto), può fornirci le indicazioni necessarie solo in relazione ad uno spostamento relativo del braccio.

Per questo motivo si è posto il problema di poter testare la posizione del carrello sulle rotaie che,

all'accensione, il sistema ignora.

Per risolvere la difficoltà incontrata, abbiamo pensato di resettare, al momento dell'innesco dell'avvio del progetto, la posizione dei carrelli e del braccio spostandoli verso un predeterminato estremo della rotaia dove è posto un interruttore normalmente aperto ad azionamento meccanico commercialmente denominato "MicroSwich".

Non appena il carrello raggiunge questo interruttore e lo aziona, generando appunto un segnale di fine corsa, viene segnalato al software di gestione che si è raggiunta una posizione voluta e che può azzerare i contatori che tengono traccia della posizione istantanea.

Così facendo possiamo definire, a partire da questa posizione e contando gli impulsi provenienti dall'encoder, tutte le altre posizioni in maniera assoluta.

I segnali provenienti dagli Encoder e dai fine-corsa, prima di essere inviati al PC, vengono trattati per eliminare eventuali disturbi e per renderli TTL compatibili (cioè segnali che possono assumere soltanto i valori di "Livello Logico Alto" che corrisponde a 5 Volt o "Livello Logico Basso" che corrisponde a 0 Volt).

COMPONENTI UTILIZZATI E SCHEMA A BLOCCHI

- a) scheda di I/O parallelo per PC SIOPPC (dentro il PC). Si collega all'esterno con 2 connettori a 40 poli per cavo FLAT. Su questi cavi transitano segnali TTL, sia di ingresso che di uscita. Alcuni sono di normale I/O parallelo (simili a quelli dello Z80 PIO), in numero di 48 ; altri sono i segnali dei 3 canali del timer (simili a quelli dello Z80 CTC), che verranno utilizzati per il conteggio degli impulsi provenienti dagli encoder.
- b) scheda di smistamento. Costituita essenzialmente da connettori, ha lo scopo di dirigere i segnali presenti sui due connettori a 40 poli della SIOPPC verso i vari connettori che vanno agli altri blocchi del sistema.
- c) A/D, convertitore analogico/digitale con 1 canale. All'ingresso il segnale analogico proveniente dal TC, sull'altro lato il segnale convertito in digitale che va verso la SIOPPC, e gli usuali segnali di controllo digitali necessari per il funzionamento di un ADC.
- d) blocco di condizionamento. Serve per adattare il segnale che viene dal TC all'ingresso dell'ADC, eliminando anche eventuali disturbi.
- e) Trasduttore Cromatico (TC). Per motivi che verranno esposti in seguito, oltre al fotodiodo comprende anche alcuni LED di vari colori, che illuminano l'oggetto in esame ; la luce riflessa colpisce il fotodiodo, che genera un segnale elettrico analogico proporzionale. Tre segnali di potenza di tipo ON/OFF pilotano i LED.
- f) Buffer, che serve ad amplificare la corrente dei segnali TTL provenienti dalla SIOPPC, in modo che possano pilotare i vari LED del TC.
- g) blocco di pilotaggio motori (Motor Driver). Serve per decodificare i segnali digitali provenienti dalla SIOPPC (per ogni motore si ha un segnale di ON/OFF e uno che indica la direzione di rotazione) in modo adatto per essere successivamente amplificati in potenza, così da poter pilotare dei motorini CC.
- h) motori, che hanno in ingresso la tensione di alimentazione, e producono uno spostamento dei vari organi meccanici. Se si desidera effettuare un controllo di velocità, sarà possibile variare il valor medio della tensione con una tecnica PWM, dato che il blocco pilotaggio motori accetta in ingresso solo 2

segnali digitali per ogni motore (ON/OFF e direzione). I motori in realtà sono 3.

- i) parte meccanica, costituita da rotaie, carrelli, braccio, etc.
- j) 4 fine corsa, 1 per rotaia più 2 per il braccio che ruota in verticale (ne servono 2 perché il braccio non ha un encoder incrementale, e quindi possiamo conoscere solo le 2 posizioni agli estremi del movimento tramite 2 fine corsa).
- k) trigger di Schmitt per i fine-corsa. Dato che questi segnali provengono da fili lunghi oltre 1m, è bene trattarli con un trigger di Schmitt per ridurre i disturbi.
- l) 2 encoder incrementali (la scatola LEGO contiene solo 2 encoder)
- m) blocco di interfaccia encoder. I segnali che escono dagli encoder non sono TTL compatibili, e per di più provengono da cavi lunghi oltre 1m, perciò necessitano anche di essere «puliti» da disturbi : questi SONO gli scopi di questo blocco, che serve per entrambi gli encoder.

Occorre studiare delle soluzioni che permettano di alimentare tutto il circuito con la tensione necessaria ai circuiti logici, cioè +5V ; ciò permette di semplificare e rendere più economico il sistema, necessitando di un solo alimentatore. Fortunatamente, questa soluzione è possibile perché i motori del LEGO funzionano a 5V.

Software, strumentazione e apparecchiature necessarie.

Nella realizzazione di questo progetto sono stati utilizzati:

- 1- I programmi ORCAD SDT e PCB per realizzare disegni e cablaggi.
- 2- I vari strumenti del laboratorio per il montaggio vero e proprio.
- 3- Il kit didattico LEGO DACTA per la parte meccanica.
- 4- Il programma PASCAL, il PC e la sua scheda parallela per quanto riguarda la programmazione.
- 5- I banchi di prova, gli oscilloscopi, i tester e i generatori di funzione per la fase di collaudo dei circuiti.

Disegno topografico del sistema.

1- SCHEDA PARALLELA.

Fa da tramite fra il P.C. e il sistema.

Attraverso questa scheda viene acquisito il software necessario al funzionamento di tutto il progetto.

Sono presenti su questa scheda 2 integrati 8255, che funzionano da I/O paralleli (simili ai PIO Z80) ed un contatore 8253.

Questo ci sarà utile in seguito per sapere in che punto si trova il carrello tramite l' Encoder.

2- SCHEDE DI PROTEZIONE E VISUALIZZAZIONE.

Servono a proteggere la parallela da eventuali corto circuiti e da brusche variazioni di tensione dovute ai vari segnali.

3- SCHEDE DI INTERFACCIA ENCODER.

Vanno interposte tra gli Encoder e la scheda da smistamento.

Hanno il compito di ricevere i segnali dati dagli Encoder e renderli adatti al resto del sistema.

Gli Encoder sono dei semplici dischi a spicchi bianchi e neri.

Di fronte ad essi mettiamo un fototransistor, che conduce quando riconosce la luce (bianco), e non conduce nel caso contrario.

4- SCHEDE TRASDUTTORE CROMATICO.

E' formata da uno speciale led il cui diametro è di 20mm ed è commercialmente descritto dal nome "Led RGB" in quanto riesce a generare i tre colori primari (Red, Green e Blue).

Questo particolare componente è stato situato in una posizione molto prossima ad un fotodiodo, che rileva la luce riflessa e serve a comunicare al sistema il colore dell'oggetto in esame.

L' uscita di questa scheda si connette, tramite FLAT, al circuito di condizionamento.

5- SCHEDE DI CONDIZIONAMENTO.

Rende applicabili al resto del progetto i segnali provenienti dal fotodiodo, tramite traslatori di livello e circuiti simili.

Su questa scheda mettiamo anche il convertitore A/D e il buffer che ci consente di avere correnti più alte e utili al nostro scopo.

6- SCHEDE DI CONTROLLO MOTORE.

Serve per pilotare il motore e per dargli la direzione in cui deve ruotare. E' composto fondamentalmente da BJT e si collega alla scheda di smistamento tramite FLAT.

7- SCHEDE DI SMISTAMENTO.

E' la parte fondamentale di tutto il sistema.

Smista i segnali, è dotata di 3 connettori per i motori, ad essa vanno collegate tutte le schede finora elencate.

Importante è il fatto che ci va collegato il segnale proveniente dagli interruttori di fine corsa, dopo essere

stato filtrato e triggerato. La scheda poi manderà questo segnale al PIO.

Descrizione dei Trasduttori Fotoelettrici

Trasduttori ottici

I trasduttori ottici o fotoelettrici sono particolari dispositivi in grado di operare la conversione di una grandezza ottica in una grandezza elettrica.

Uno dei primi problemi che ci siamo posti durante fase progettuale del nostro sistema, è stato quello di scegliere il trasduttore ottico che meglio potesse riscontrarsi con le nostre esigenze di progetto.

I trasduttori ottici esistenti sul mercato sono principalmente di tre tipi:

1. Fotoresistenze;
2. Fotodiodi;
3. Fototransistor.

La Fotoresistenza è probabilmente il primo componente elettronico inventato che basa il proprio principio di funzionamento sull'intensità della luce.

Come si può ben comprendere anche dal nome stesso, questa particolare resistenza varia il proprio valore resistivo al variare dell'intensità luminosa: maggiore è l'intensità della luce, minore è la resistenza ai capi del componente.

Infatti, da un punto di vista costruttivo, i fotoni che compongono la luce, colpiscono il componente in esame liberando così gli elettroni più esterni degli atomi e, di conseguenza, aumentando il passaggio di corrente.

Nonostante la semplicità concettuale che ha, la fotoresistenza varia il proprio valore resistivo senza seguire un andamento perfettamente proporzionale all'intensità luminosa, ed è proprio per questo motivo che in progetti che necessitano di componenti lineari e piuttosto stabili, non è consigliabile l'utilizzo di questo componente.

I Fotodiodi, invece, sono diodi di forma pressoché identica a quella dei comunissimi led, la cui giunzione è esposta alla luce.

I Fotodiodi sono originali componenti che hanno la particolarità di poter funzionare in polarizzazione diretta (fig.1) o inversa (fig.2).

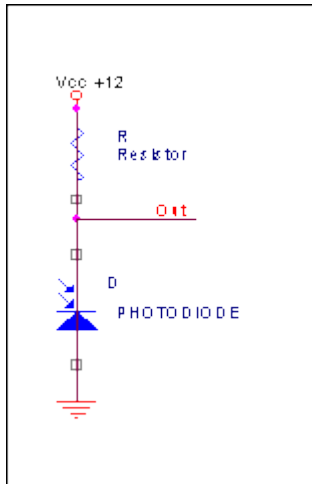


Fig.1

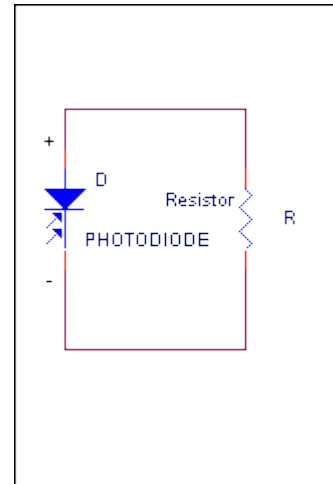


Fig.2

Nella configurazione di polarizzazione inversa, il fotodiode presenta una piccolissima corrente di polarizzazione inversa, detta corrente di buio, che aumenta in maniera direttamente proporzionale all'intensità luminosa.

Inoltre questo componente presenta anche una notevole velocità di risposta che lo fa spesso prediligere agli altri.

In polarizzazione diretta, invece, il fotodiode si comporta come una cella fotovoltaica, cioè se la giunzione P-N del diode viene "eccitata" dai fotoni della luce, questo componente si comporta esattamente come un generatore di tensione o di corrente.

Questo particolare componente, inoltre, gode anche di una estrema linearità al confronto con gli altri della sua "famiglia", ed anche la sensibilità alla luce è piuttosto accettabile.

Il Fototransistor (in fig.3 e 4) è un componente che, come si può' notare deriva direttamente dal fotodiode.

Questo tipo di componente ha la caratteristica di essere più sensibile di un fotodiode, in quanto la sensibilità di quest'ultimo viene "moltiplicata" con il parametro hFE del Bjt, aumentando notevolmente.

In compenso, il fatto che sia composto da un Bjt, ne limita sensibilmente la linearità, in quanto, come sappiamo, il transistor ha la caratteristica intrinseca di essere poco lineare, come si può' notare in figura 5 che lega il guadagno di corrente (hFE) con la corrente di collettore.

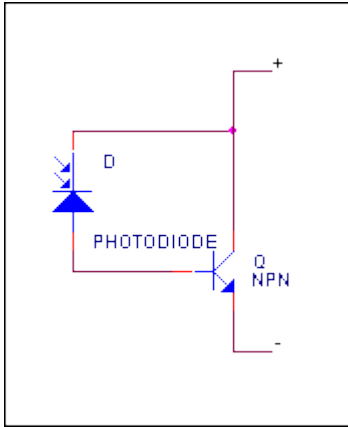


Fig. 4

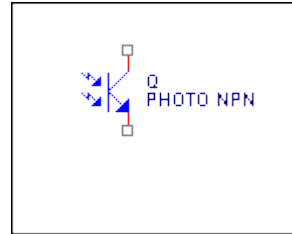
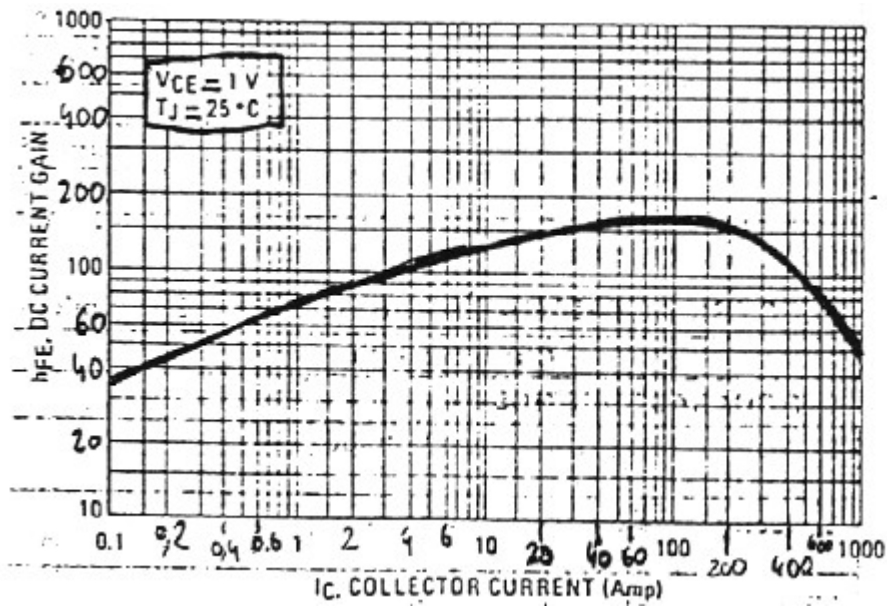


Fig.3

Fig. 5



Fatte queste considerazioni riguardo ai componenti che avremmo potuto utilizzare per il nostro scopo, siamo giunti alla conclusione che il miglior componente per la realizzazione dell'area di progetto è senza dubbio il Fotodiode.

Infatti per la nostra esperienza, abbiamo bisogno di un componente che dia sostanzialmente la stessa risposta alla luce rossa, blu e verde, mentre le fotoresistenze ed i fototransistor di tipo più comune sono nettamente più sensibili all'infrarosso, ed inoltre una caratteristica che non può assolutamente mancare è la linearità.

Il Fotodiodo che useremo è un componente della Siemens ed è contrassegnato dalla sigla: BPW21.

Si tratta di un dispositivo di costo accettabile e che viene consigliato dal costruttore proprio per il nostro tipo di applicazione.

I trasduttori fotoelettrici sono particolari dispositivi in grado di operare la conversione di una grandezza ottica in una grandezza elettrica e viceversa.

Nell'ambito dell'area di progetto e' stato utile l'utilizzo di un trasduttore fotoelettrico nel sistema per l'acquisizione del colore.

Qui di seguito e' riportata la descrizione, le caratteristiche e il criterio di funzionamento dei tre trasduttori che meglio si prestano ad effettuare la funzione richiesta dal nostro progetto.

Fotodiodi

Una giunzione P-N, polarizzata inversamente, se colpita da energia luminosa, può emettere una corrente uscente dall'anodo all'incirca proporzionale all'energia luminosa che la investe.

Questo è il principio di funzionamento del fotodiodo.

I fotodiodi sono formati da un materiale semiconduttore sul quale si trova una giunzione P-N, attorno alla quale, nel caso di polarizzazione inversa, si forma uno strato di svuotamento, che se colpito da energia luminosa a livello sufficiente porta alla generazione di coppie elettrone-lacuna.

Le due cariche appena formate vengono subito rimosse dalla zona di svuotamento a causa del campo elettrico presente che farà sì che gli elettroni si dirigano verso il catodo e le lacune verso l'anodo, producendo una corrente che, andando a sommarsi alla concorde corrente inversa del diodo in oscurità, genererà la « fotocorrente », che sarà quindi dipendente dall'energia luminosa incidente.

Per la piena efficienza del fotodiodo bisogna far sì che l'energia luminosa colpisca la zona prossima alla giunzione altrimenti gli elettroni e le lacune avrebbero la possibilità di ricombinarsi.

Per ridurre il fenomeno sopradescritto viene realizzata un'ampia regione di svuotamento affiancata ad una stretta zona P. Tra le due zone può essere inoltre inserito uno strato di materiale semiconduttore puro con la funzione di creare un'ampia zona di svuotamento nel caso di funzionamento inverso del dispositivo.

La sensibilità spettrale varia a seconda del materiale utilizzato. La larghezza della banda di efficienza può essere variata tramite filtri. La risposta in frequenza migliora aumentando la polarizzazione inversa, perché ciò allarga la zona di svuotamento.

Il fotodiode presenta tempi di salita e di discesa molto bassi, compresi tra 1 e 100 nS, molto inferiori rispetto a quelli dei fotoresistori.

I fotodiode inoltre presentano un'area di esposizione alla luce minore rispetto a quella dei fotoresistori che hanno quindi un peggior funzionamento come rilevatori di posizione, in quanto con quest'ultimi l'oggetto in questione può essere rilevato nella posizione voluta quando oscura una porzione imprecisata della grande superficie del rilevatore, dando quindi un'informazione molto approssimata.

Fotoresistori

I fotoresistori sono un particolare tipo di trasduttori fotoelettrici in grado di variare la loro resistenza al variare dell'energia luminosa che gli investe.

Il funzionamento di questi componenti è basato sull' *effetto fotoconduttivo* che consiste nell'aumento della conducibilità all'aumentare dell'energia raggiante.

I fotoresistori sono infatti costituiti da materiali semiconduttori la cui conducibilità è dovuta ai portatori di carica presenti.

Se il materiale viene colpito da energia luminosa, essa provoca un aumento dei legami sciolti e la formazione di nuove coppie di cariche libere elettrone-lacuna che portano ad un aumento della conducibilità e quindi ad una diminuzione della resistenza.

Quando il componente viene riportato alle condizioni di oscurità le cariche libere si ricombinano e la conducibilità torna al valore iniziale.

Il valore della loro resistenza può variare da oltre 1 Mohm in caso di oscurità a qualche ohm in caso di una luminosità all'incirca di 1000 lux.

L'energia necessaria per effettuare la rottura dei legami varia a seconda del materiale utilizzato.

Il fotoresistore ha il difetto di essere lento nell'adeguare il valore di resistenza in risposta alle variazioni di luminosità soprattutto nel passaggio da luce ad oscurità, può però dissipare potenze notevoli. Il difetto principale è però la limitatissima banda passante.

È realizzato ponendo il materiale su uno strato di ceramica, il tutto viene poi racchiuso da un contenitore di protezione di vetro.

Fototransistor

Il fototransistor è un dispositivo in grado di emettere una corrente dipendente dal valore di energia raggiante che lo investe.

La sua funzione è in pratica quella di un fotodiodo abbinato ad un circuito di amplificazione.

Il fotodiodo è in pratica la giunzione base-collettore, di un BJT, polarizzata inversamente.

Se la giunzione viene esposta all'energia luminosa, per l'effetto fotoconduttivo, circola una corrente pari alla corrente di saturazione inversa del BJT alla quale va a sommarsi una corrente proporzionale all'illuminamento. Nel caso di connessione ad emettitore comune la corrente viene amplificata del fattore h_{FE} e costituisce la corrente di collettore dipendente anch'essa dall'intensità dell'energia luminosa.

Il fototransistor può essere quindi pensato come un BJT a base aperta con un fotodiodo collegato tra base e collettore.

Il fototransistor risulterà quindi più sensibile del fotodiodo ma avrà una velocità di risposta più bassa, la risposta in frequenza è buona. La corrente di collettore dipende sia dall'energia luminosa sia dal guadagno statico.

Per ottenere correnti più elevate si ricorre quindi ai fotoDarlington che presentano però una velocità di risposta ancora peggiore.

I fototransistor sono usati in particolare per comandare direttamente dispositivi logici ed in caso di sorgenti luminose vicine e concentrate. Sono molto utilizzati in sensori di posizione.

Dopo aver analizzato le caratteristiche dei componenti sopra riportati, per l'utilizzo nel nostro sistema, abbiamo optato per l'utilizzo di un fotodiodo soprattutto per la sua migliore linearità rispetto agli altri due componenti.

SILICON PHOTODIODE BPW21

Il fotodiodo BPW21 è un trasduttore fotoelettrico in grado di effettuare la conversione di una grandezza ottica in una grandezza elettrica.

Più precisamente questo componente eroga una corrente proporzionale all'intensità luminosa che riceve.

La proporzionalità tra corrente e luce è regolata da particolari caratteristiche visibili nei data book della Siemens e riportate in questa relazione.

Questo tipo di fotodiodo è stato scelto per le ottime caratteristiche di linearità e di sensibilità, ma soprattutto per la capacità di assimilare la luce in tutto il range di spettro visibile (350 nm-820 nm).

Quest'ultima caratteristica è resa possibile grazie all'utilizzo di uno speciale filtro ottico incorporato che permette di escludere dalla ricezione gli ultravioletti e gli infrarossi.

Analizzando i grafici che legano la corrente con la luce, si nota che questo componente presenta una buona linearità nel range compreso da 10^{-2} lux a 10^5 lux.

Questa condizione risulta fondamentale per il corretto riconoscimento dei colori perché, il funzionamento del sistema, dipende sostanzialmente dalla corrente che il fotodiode genera.

Se la corrente non fosse proporzionale all'intensità luminosa qualsiasi tipo di calcolo risulterebbe vano e la buona riuscita dell'esperienza.

Alla buona linearità si aggiunge una fotosensibilità non indifferente ($5.5 < S < 10$ nA/lx con tensione di polarizzazione inversa $V_T = 5V$).

Questo parametro consente al fotodiode di migliorare le proprie prestazioni in termini di erogazione della corrente in funzione dell'intensità luminosa, infatti, la sensibilità è espressa come il rapporto tra la variazione dell'uscita in funzione della variazione dell'ingresso, quindi maggiore è la sensibilità migliore risulta il componente.

Se si guarda il grafico inerente alla fotosensibilità in funzione del range spettrale si nota che varia in termini accettabili nel range di luce visibile con picco massimo alla lunghezza d'onda di circa 580nm.

Il fotodiode BPW21 presenta una corrente di buio (Dark Current) che come si nota dal grafico aumenta all'aumentare della tensione; per esempio, assume il valore di 2nA con una tensione di 5V.

Nel nostro caso il fotodiode lavora in polarizzazione nulla cioè con una tensione ai suoi capi di 0V e quindi presenta una corrente di buio intorno agli 8pA.

Nei confronti della temperatura la corrente di buio rimane pressoché nulla fino ad una temperatura di 20°C poi cresce linearmente con un picco massimo di 1microA a circa 70°C.

La temperatura influisce anche sulla corrente erogata dal fotodiode per ogni grado Kelvin la corrente aumenta dello 0,12%.

Questo dato si può riscontrare sui data book alla voce Temperature Coefficient I_s (TC1).

Sempre dal manuale si osserva che, se il fotodiode è scollegato, illuminandolo con una luce di 1000lx, ed applicando un voltmetro ai suoi capi, quest'ultimo genera una tensione nominale di 400mV e comunque al minimo di 320mV.

Come è possibile vedere, dal Data book, questo fotodiode risulta particolarmente adatto per le funzioni da noi richieste, infatti, è indicato soprattutto per la rilevazione ed analisi dei colori.

Principio di funzionamento del sistema per il Riconoscimento dei colori.

Il sistema da noi scelto per la nostra area di progetto prevede anche un dispositivo in grado di riconoscere il colore di un oggetto.

Avremmo potuto adottare una soluzione ormai largamente diffusa in ambito industriale (filtri ottici credo), ma questa ci causava delle complicazioni dovute ai costi e al reperimento di alcuni componenti. Abbiamo quindi optato per una soluzione diversa ma ugualmente valida ed adatta ai nostri scopi.

Il sistema di riconoscimento cromatico si basa essenzialmente sulla sintesi additiva (quella usata nei TVcolor) la quale ci permette di ottenere tutti i colori miscelando in maniera opportuna i tre colori primari (rosso, verde e blu). Ci basterà quindi conoscere, per mezzo di tre trasduttori ottici, le percentuali di ognuno dei tre colori riflesse dal nostro oggetto per capirne il colore.

In un sistema industriale i tre trasduttori usati sono dei fotodiodi con dei filtri ottici speciali, in grado di dare in uscita una corrente proporzionale alla quantità di colore riflessa dall'oggetto. Essi hanno dunque una risposta spettrale molto selettiva, in modo da catturare solo la luce rossa, verde o blu.

La soluzione da noi adottata si basa essenzialmente sullo stesso principio della sintesi additiva ma non avendo i tre filtri sopra descritti si è ricorso ad un artificio.

La nostra tecnica consiste nell'illuminare l'oggetto posto in esame con tre led, prima con uno rosso, poi con uno verde, e poi con uno blu, in maniera ciclica.

Con un fotodiodo, che risponde in tutto lo spettro visibile, rileviamo la quantità di luce riflessa dall'oggetto ottenendo una corrente proporzionale ad essa.

In altre parole, se l'oggetto è blu quando verrà illuminato con il led blu avremo una corrente alta mentre, illuminandolo con gli altri led avremo una corrente nulla, se l'oggetto è bianco avremo una corrente alta per tutti e tre i led, mentre se l'oggetto è nero avremo una corrente nulla per tutti e tre i led.

Per illuminare il nostro oggetto utilizzeremo: un led rosso ad alta intensità; uno o due led verde-smeraldo a media intensità e vari led blu, in quanto uno led blu solo dà una luce debole (i led verde-smeraldo e quelli blu ad alta intensità hanno un costo esagerato e sono poco reperibili).

Si renderà inoltre necessario fare una taratura dei colori in quanto dando i tre tipi di led potenze diverse si avranno intensità di luce riflessa distinte anche in corrispondenza di massima riflessione del colore (oggetto bianco). Per ovviare a questo problema si farà quindi una prova sperimentale con in esame un oggetto bianco. Il bianco riflette tutti e tre i colori in ugual modo per cui si memorizzeranno via software i tre valori, rilevati dal trasduttore ottico, come valori massimi. Questi ci saranno utili per fare le proporzioni e capire la percentuale di colore riflessa.

Scelta del trasduttore

Potevamo scegliere tre tipi di trasduttori per il rilevamento di luminosità: il fotodiodo, il fototransistor, e la fotoresistenza.

La nostra scelta è stata condizionata dalle loro caratteristiche e in relazione alle nostre esigenze. I principali parametri presi in considerazione sono la linearità, la sensibilità, la precisione, il costo e soprattutto la risposta spettrale in quanto doveva avere un andamento lineare per tutta la gamma delle frequenze visibili.

Possiamo sintetizzare le varie differenze nella seguente tabella riferita ai componenti di tipo comune reperibili nel laboratorio della scuola.

	Fotodiodo	Fototransistor	Fotoresistenza
Linearità	Buona	Scarsa	Scarsa
Sensibilità	Bassa	Alta	Media
Precisione *	Buona	Scarsa	Scarsa
Costo	Alto (L10000)	Basso(L1000)	Medio(L2000)
Risposta	Buona	Scarsa	Media

Spettrale			
-----------	--	--	--

* Con precisione si intende la proprietà che indica di quanto può differire la sensibilità effettiva da quella nominale.

In base alle seguenti caratteristiche abbiamo scelto il fotodiode.

Per quanto riguarda la bassa sensibilità possiamo rimediare grazie alla amplificazione di un operazionale inserito nel circuito di condizionamento.

Obiettivi tecnici del Progetto

Realizzazione di un'apparecchiatura dotata di movimento su 3 assi, capace di manipolare piccoli oggetti disposti in posizioni note, di individuarne il colore e di riposizionarli in base al colore individuato.

Il sistema è costituito essenzialmente da:

1. un blocco di rilevazione dati contenente il trasduttore cromatico
2. un blocco che consente il movimento su 3 assi e la trasduzione di posizione degli oggetti manipolati
3. un blocco di elaborazione dati costituito da un personal computer
4. il programma che gestisce la rilevazione dei dati, la loro presentazione sul monitor del computer, e il movimento delle parti meccaniche.
5. la parte meccanica, realizzata utilizzando le scatole didattiche LEGO.

