

Università degli studi di Padova
Facoltà di ingegneria
Indirizzo meccanica mecatronica curriculum Meccatronica

Riconoscimento e localizzazione di colori lungo una linea mediante un sistema di acquisizione dati NI 6008

Detection and localization of colours along a line
through a NI 6008 data acquisition system

Relatore: Sona Alessandro

Studente: Dalla Santa Luca

Vicenza, 2011

Indice

Indice	i
1 Introduzione	1
1.1 Contesto	1
1.2 Obiettivi	1
1.3 Utilizzo nell'industria	1
2 Sistema	3
2.1 Materiale impiegato: Dati tecnici e dettagli	3
2.1.1 Motoristica e meccanica	3
2.1.2 Sensoristica ed elettronica	4
2.2 Struttura e assemblaggio del complessivo	5
3 Sensoristica	7
3.1 RGB, perché viene utilizzato e dove	7
3.2 Il DAQ	8
3.3 Il sensore	8
3.3.1 Principio di funzionamento	9
3.3.2 Uscite e curva caratteristica	9
3.3.3 Aspetto e modalità d'utilizzo	10
3.4 Il condizionamento	12
3.5 Schema elettrico	14
3.6 Il pcb	14
3.7 Le modifiche	15
4 Prove	19
4.1 Cablaggio	19
4.2 Il programma Labview	19
4.3 Le prove	21
4.3.1 L'interferenza dei led	21
4.3.2 I led colorati	28
4.3.3 Pennarelli e tempere	28
4.3.4 Scelta finale dei target	37
Bibliografia	41
Elenco delle figure	43

Introduzione

1.1 Contesto

Il progetto seguente é essenzialmente un'applicazione optoelettronica basata sull'impiego di una scheda di acquisizione NI6008 ed un sensore rgb per individuare differenti colori. Tale sensore é installato su un dispositivo mobile comandato dalla scheda stessa la quale, mediante interfacciamento grafico su monitor, permette di conteggiare il numero di oggetti del medesimo colore o effettuare un determinato posizionamento in corrispondenza di un colore definito dall'utente.

1.2 Obiettivi

Lo scopo principale di questo progetto é quello di valutare le capacità di un sensore RGB nell'identificazione e ricerca di colori, al fine di poter sviluppare un sistema ottico atto a operazioni di lettura simili a quelle attualmente utilizzate in ambito industriale. L'attenzione sarà rivolta soprattutto nell'osservare la variazione dei dati rilevati a seguito di interferenze luminose sul sensore, utilizzo di superfici riflettenti e variazione della risoluzione in bit del sistema di acquisizione utilizzato.

1.3 Utilizzo nell'industria

Tra i numerosi settori dell'elettronica tutt'oggi esistenti, ha visto una notevole crescita negli ultimi anni il settore detto optoelettronica, ossia l'impiego di sensori sensibili alle variazioni cromatiche e alle interazioni luminose, i quali permettono, tramite opportuni sistemi di condizionamento e interfacciamento, di fornire all'utente informazioni su caratteri o sequenze cromatiche analizzate (colori, codici a barre, codici luminosi ecc..) che, interpretate in base ai criteri adottati dall'operatore stesso, consentono operazioni quali conteggio, ricerca, posizionamento, verifica, confronto, regolazione, riconoscimento, taratura, lettura scrittura, all'interno di sistemi automatizzati. Tra i principali vantaggi nell'utilizzo dell'optoelettronica, oltre alle già citate capacità di elaborazione e comodità d'uso, si ricordano l'immunità ai disturbi elettromagnetici (molto importante in ambienti molto rumorosi come fabbriche, mezzi di trasporto ecc..), ampie larghezze di banda (anche dell'ordine di Tb/s), non interferenza tra segnali e raggi vicini, grandi possibilità di integrazione in singoli chip.

Di seguito vengono riportate alcune applicazioni optoelettroniche con un sensore rgb attualmente utilizzate dall'azienda Keyence.

Controllo di segni su borse colorate, controllo della presenza o assenza di grasso su componenti meccanici, individuazione di oggetti di colori diversi, per poi suddividerli.



Controllo di segni sui tubi, controllo della presenza del manuale di istruzioni all'interno della scatola di un prodotto e attraverso l'aggiunta di un materiale fluorescente nel grasso per la lubrificazione si verifica la presenza di grasso nei cuscinetti.



Infine si utilizzano sensori rgb per controllare le schede madri dei pc, controllare la presenza di o-ring e nella produzione di circuiti integrati sono utilizzati per controllare se i chip sono stati inseriti correttamente nei nastri da produzione.



Sistema

2.1 Materiale impiegato: Dati tecnici e dettagli

2.1.1 Motoristica e meccanica

Guida lineare

Marca e modello: Accuride serie 0115RS

Lunghezza: 711 mm

Modalità di movimentazione: tramite sfere di precisione

Resistenza per coppia di guide: carico orizzontale massimo 60 Kg; carico verticale massimo 50 Kg

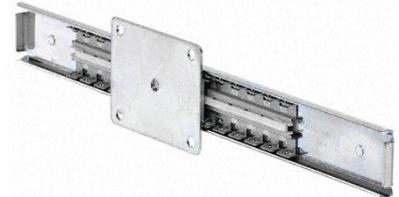
Durata garantita: 10000 cicli

Movimento lineare di precisione per tutta la corsa

Membro in movimento pienamente e costantemente supportato dai cuscinetti a sfera

Materiali: pattini in acciaio dolce laminato a freddo, fermi sfere in acciaio zincato laminato a freddo, cuscinetti a sfere in acciaio cromato al carbonio

Numero elementi: 1



Motore step

Marca e modello: McLennan Servo Supplies serie42M

Angolo di step: 7,5°

Coppia nominale: 66mNm

Tensione nominale: 5V

Corrente nominale: 550mA

Numero di fasi: 4

I motori della serie 42M possono essere utilizzati sia nella modalità unipolare sia bipolare

Questi motori passo-passo di potenza elevata offrono un livello di coppia superiore rispetto a molti motori simili, fino al 100% in più

Numero elementi: 1



Puleggia

Pulegge di fasatura per adattarsi a tutte le cinghie di distribuzione in poliuretano

Diametro: 20mm

Numero denti: 15

Passo: 2,5 mm

Materiale: alluminio

Numero elementi: 2



Cinghia

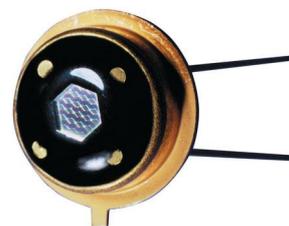
Costruttore: Contitech
Lunghezza: 1300 mm
Larghezza: 6 mm
Passo: 2,5 mm
Spessore: 1,3mm
Materiale: poliuretano
Numero elementi: 1



2.1.2 Sensoristica ed elettronica

Sensore

Produttore: Mazet
Tipo: sensore del colore MTCSICT
Caratteristiche aggiuntive: con blocco IR
Numero elementi: 1



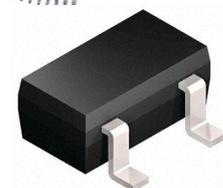
Condizionamento sensore

Produttore: Mazet
Tipo: amplificatore di transimpedenza MTI04cs



Transistor

Tipo: MOSFET a canale N smd
Tensione Drain-Source massima: 60V
Corrente di drain massima: 2,7A
Resistenza massima drain-source: 0,092Ω
Tempo di salita tipico: 6,3ns
Numero elementi: 4



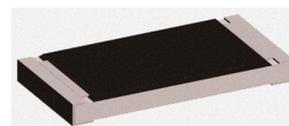
Diodi

Tipo: Schottky smd
Tensione massima: 50V
Corrente massima forward: 1A
Numero elementi: 4



Resistenze

Valore: 10KΩ
Tolleranza: ±1 %
Tecnologia: film spesso
Smalto metallico su ceramica di alta qualità
Smalto di rivestimento protettivo
Stabilità eccellente (Delta.R/R minore 1% per 1000 ore a 70 °C)



Contatti a saldare senza piombo su strato di nichel

Numero elementi: 2

Led

Tipo: bianco ad alta luminosità

Tensione nominale: 3,5V

Corrente massima: 35mA

Potenza nominale: 105mW

Angolo di visione: 15°

Intensità: 15500-44000mcd

Numero elementi: 2



Finecorsa

Tipo: meccanico on-off

Contatti striscianti placcati in argento SPDT

Temperature d'esercizio: da -25°C a +85°C

Numero elementi: 2



2.2 Struttura e assemblaggio del complessivo

L'architettura del sistema si compone di un profilato in plexiglass 100x12x1 cm sostenuto da delle T poste sotto il profilato principale. Sulla parte frontale del profilato è alloggiata una guida lineare di precisione in acciaio su cui può scorrere orizzontalmente, mediante sfere di accoppiamento ad alto scorrimento, una piastra di acciaio ad alta resistenza. Su tale piastra è alloggiata la scheda pcb destinata all'apparato sensoristico, la quale è movimentata mediante l'ausilio di un motore step a sei fili alloggiato ad una delle estremità della guida. La trasmissione è a cinghia dentata, calettata su puleggie dentate in alluminio. La puleggia condotta è installata su un dispositivo atto a fungere da tendicinghia, in modo da ottenere un tensionamento ottimale della cinghia. L'angolo di passo del motore step e il diametro della puleggia determinano lo spostamento lungo la guida lineare ad ogni passo del motore. Con una puleggia motrice del diametro di 20mm ed un motore con angolo di passo di 7,5 gradi si ottiene una traslazione di circa 1,31mm per ogni passo, traslazione che si dimezza nel caso di un pilotaggio del motore con tecnica half step. Sul medesimo basamento in plexiglass sono presenti inoltre due finecorsa meccanici on-off atti all'inversione del moto di avanzamento della guida o alla sua interruzione, e un secondo circuito stampato su cui convogliano tutti i cavi e i collegamenti tra la scheda di interfaccia NI6008 e l'apparato appena descritto, permettendo così il controllo via software dell'intero sistema. Il sistema motore e finecorsa è alimentato a 5V con un alimentatore da banco, mentre per il condizionamento si è preferito utilizzare la linea

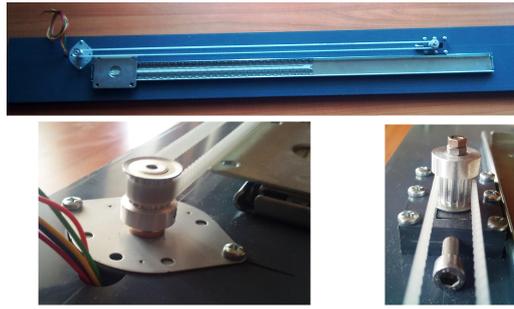


Figura 2.1: Carrello

a 5V della scheda NI6008 per diminuire i disturbi elettrici sul segnale in uscita.

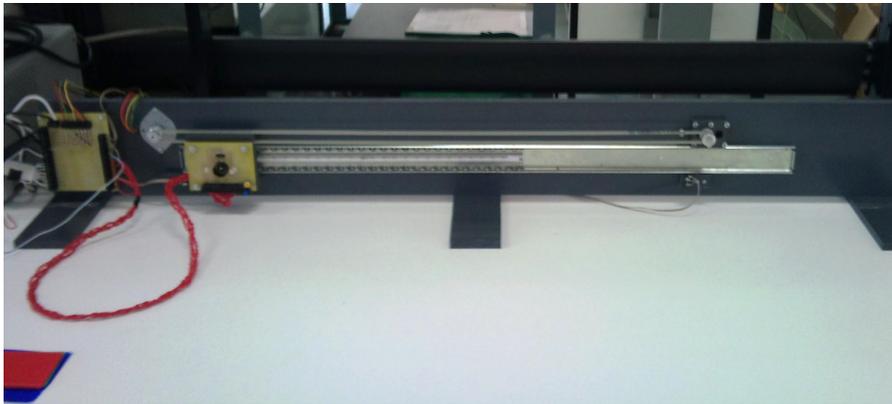


Figura 2.2: Struttura finale

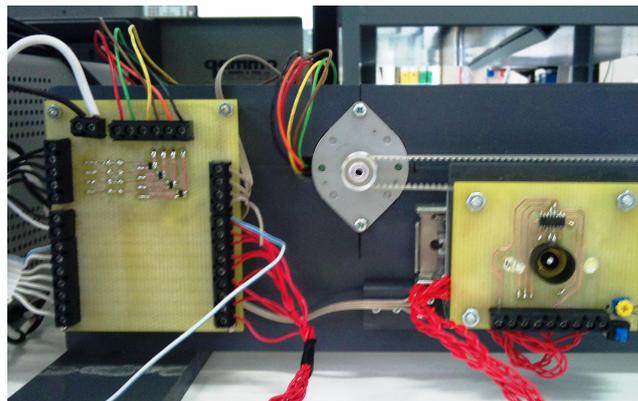


Figura 2.3: Particolare del dispositivo finale

Sensoristica

In questa sezione viene descritto il sensore ed il suo condizionamento.

3.1 RGB, perché viene utilizzato e dove

Il sistema rgb é il nome di un modello di colori le cui specifiche sono state descritte nel 1931 dalla CIE (commissione internazionale dell'illuminazione). Questo modello é di tipo additivo (e non sottrattivo come i colori primari) e si basa sulla composizione di tre colori, red, green e blue (rosso, verde, blu) da cui deriva il nome rgb. I tre colori principali sono stati definiti secondo delle determinate lunghezze d'onda: il rosso 700nm, il verde 546,1nm, il blu 455,8nm. Unendo l'intensità di questi tre colori si ottengono tutti i colori, e dando l'intensità massima ad ogni colore si ottiene il bianco. La scelta di questi colori primari é legata alla fisiologia ricettiva dell'occhio umano, cercando di massimizzare la risposta delle cellule della retina alle diverse tipologie di luce. Una applicazione molto comune e di elevato successo della tecnica additiva rgb é negli schermi lcd, in cui i singoli pixel sono costituiti da tre linee elementari di colore rosso, verde e blu, e di dimensioni molto ridotte. Combinando opportunamente la tensione su queste linee elementari, variando quindi l'intensità luminosa di ogni singolo colore rgb, l'occhio umano vede il pixel che assume il colore ottenuto componendo i colori elementari.

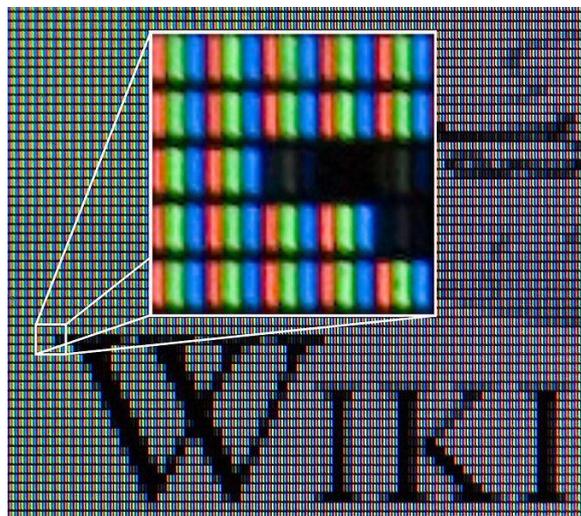


Figura 3.1: Ingrandimento di uno schermo lcd

Nell'immagine si può vedere come in uno schermo in realtà ogni pixel é suddiviso in tre subpixel dotati di un filtro rosso verde o blu; variando la luminosità di ogni sezione si può ottenere una vasta gamma di colori. Ogni colore rgb può essere rappresentato da un codice esadecimale, da una percentuale di ogni colore primario presente in

esso, o da tre numeri che rappresentano l'intensità di ogni colore. Consideriamo ad esempio un sistema di colori ad 8bit, cioè 256 valori possibili. Ogni colore assume un valore che va da 0, cioè intensità nulla, a 255 intensità massima. Combinando le intensità dei tre colori si ottengono tutti gli altri. Ad esempio un colore rappresentato come (0,0,0) è il nero; il colore (255,255,255) è il bianco; (255,0,0) è il rosso e così via. Attualmente si utilizzano schermi per pc con colori a 32bit. La tecnologia rgb viene utilizzata anche per i sensori di fotocamere digitali.

3.2 II DAQ

Il daq utilizzato è il dispositivo NI6008, un DAQ multifunzione a basso costo prodotto dalla National Instrument. Il dispositivo dispone di 8 ingressi analogici (4 in modalità differenziale), due uscite analogiche, dodici ingressi/uscite digitali. La velocità di campionamento massima è di 10Ks/sec con una risoluzione di 12bit in modalità differenziale. Inoltre in uscita fornisce una linea di alimentazione a 5V e una tensione di riferimento e 2,5V. Il tutto è collegato al pc con un cavo usb.



Figura 3.2: NI6008

3.3 Il sensore

IL sensore rgb è una tipologia di sensore in grado di rilevare le diverse gradazioni di colori.

3.3.1 Principio di funzionamento

Il sensore utilizzato é costituito da piú fotodiodi, esattamente 19 fotodiodi per colore, integrati in un unico chip. Questi fotodiodi costituiscono una struttura a matrice esagonale, visibile ad occhio nudo al centro del sensore.

Un fotodiodo é un diodo in cui la zona di giunzione é resa accessibile alla luce. La radiazione luminosa genera quindi, nella regione di svuotamento, un certo numero di coppie elettrone-lacuna, in quantitá proporzionale all'intensitá della radiazione stessa. Se il fotodiodo viene impiegato in polarizzazione inversa, le coppie elettrone-lacuna fotogenerate vengono accelerate dal campo elettrico, determinando una corrente inversa proporzionale all'intensitá luminosa. In figura 3.3 sono riportate le curve caratteristiche di un fotodiodo, da dove risulta la proporzionalitá fra corrente e illuminazione in polarizzazione inversa.

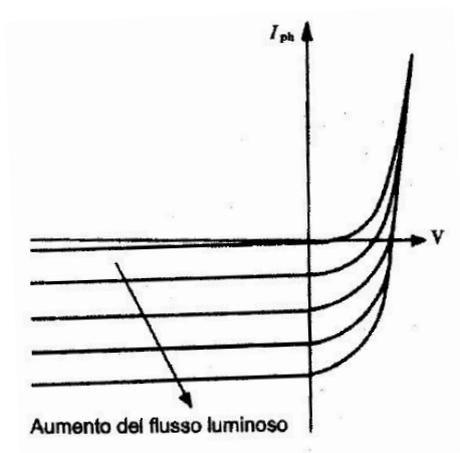


Figura 3.3: Curve caratteristiche di un fotodiodo

I fotodiodi hanno una risposta che varia al variare della lunghezza d'onda incidente. Questa dipende dal tipo di semiconduttore impiegato, dalla particolare tecnica utilizzata per la realizzazione della giunzione p-n e dal filtro ottico eventualmente inserito sulla superficie del fotodiodo.

3.3.2 Uscite e curva caratteristica

IL sensore utilizzato ha tre uscite in corrente, una per ogni colore rgb. Le principali caratteristiche generali sono: filtro anti-invecchiamento, elevata stabilitá alle elevate temperature, elevata trasmissione, segnale ad alta frequenza, dimensioni ridotte e conformitá RoHS. Di seguito sono riportate le principali caratteristiche elettriche riportate sul datasheet. L'intensitá di corrente in uscita é proporzionale all'intensitá della radiazione incidente.

Description	Symbol	Condition	min.	typ.	max.	Unit
Diameter of the light sensitivity area	D			2,0		mm
Light sensitivity area per single color array (19 diodes)	A			0,76		mm ²
Typical photo sensitivity of color ranges	S_{max}	$\lambda_z = 445 \text{ nm}$ $\lambda_y = 555 \text{ nm}$ $\lambda_{xk} = 445 \text{ nm}$ $\lambda_{xl} = 600 \text{ nm}$	0,21 0,30 0,11 0,31	0,23 0,33 0,12 0,35	0,25 0,36 0,13 0,38	A/W
Spectral tolerance of filter curve	$\Delta\lambda(\lambda)$				$<1\%*\lambda$	nm
Reverse voltage	V_R		0	0	2,5	V
Dark current	I_R	$V_R = 2,5V$			10	pA
Terminal capacitance	C	$V_R = 2V$			70	pF
Rise and fall time of the photo-current	t_r, t_f				2	μs
Noise equivalent power	NEP	$f_R = 100 \text{ Hz}$			$<10^{-13}$	W/\sqrt{Hz} z
Cross-talk					<1	%
Angle of incidence (see also chapter 11)	ϕ	$\Delta\lambda_{(Filter)} < 1\%*\lambda$			10	Grad
Standard Operating temperatures ³	T_{op}		-20		+100	°C
Storage temperature range	T_{st}		-40		+100	°C
Soldering temperature	T	5 sec			240	°C

Figura 3.4: caratteristiche elettriche

3.3.3 Aspetto e modalità d'utilizzo

Il sensore é composto da una zona fotosensibile, indirizzata verso la zona da analizzare, e da quattro pin. I pin di uscita sono uno per ogni colore rilevato (rosso, verde, blu) e uno per il riferimento. I led disposti ai lati del sensore illuminano l'oggetto da analizzare; l'oggetto in base al suo colore assorbe le radiazioni luminose e riflette le onde con la lunghezza d'onda corrispondente al colore della superficie. In questo

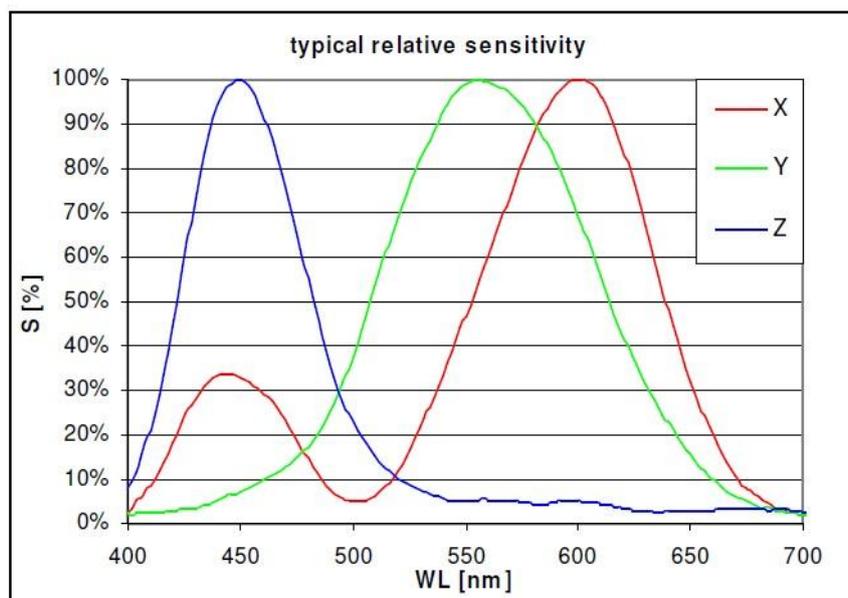


Figura 3.5: Caratteristica spettrale

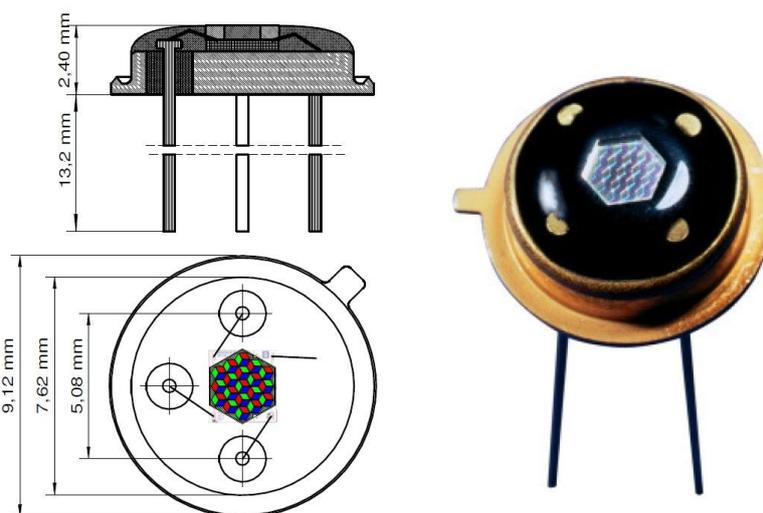


Figura 3.6: sensore rgb

modo il sensore viene irradiato principalmente dalla radiazione che ha la lunghezza d'onda del colore che deve essere rilevato, dando poi la possibilità di stimare il colore.

3.4 Il condizionamento

Il sensore rgb ha una uscita in corrente. Nelle pratica si preferisce lavorare con le tensioni poiché si utilizzano gli adc per determinare le grandezze fisiche rilevate dal sensore. Per convertire l'uscita in corrente del sensore, in uscita in tensione si utilizza un amplificatore operazionale in configurazione invertente, in cui l'uscita in tensione è proporzionale alla corrente in ingresso amplificata o ridotta di un fattore determinato dalle resistenze della configurazione invertente. In questo caso è stato utilizzato un blocco di condizionamento costruito dalla stessa azienda produttrice del sensore. Le caratteristiche di questo blocco di condizionamento sono un guadagno dell'amplificatore in configurazione invertente impostabile attraverso tre bit con un ingresso di tipo digitale. Inoltre è possibile variare la capacità di retroazione per eliminare eventualmente dei segnali di disturbo.

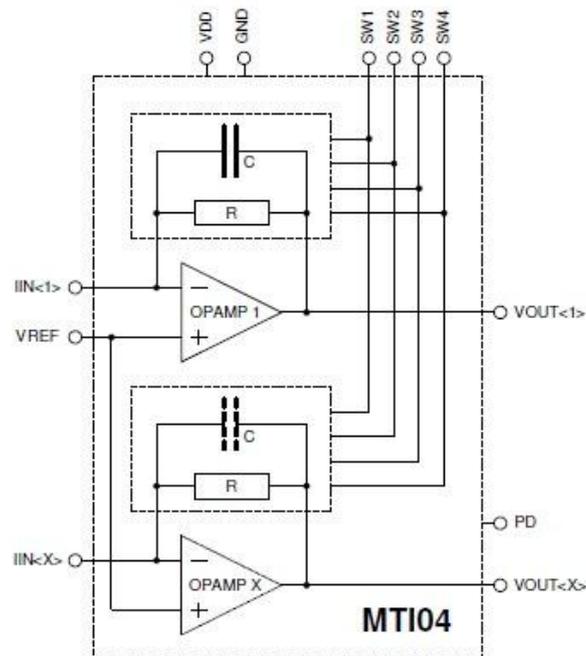


Figura 3.7: schema interno

Sono disponibili diverse resistenze di retroazione, che determinano poi il guadagno del condizionamento, impostabili attraverso dei pin appositi.

Viene riportata anche la posizione dei vari pin nei packages utilizzati.

settings of digital inputs			transimpedance R
SW1	SW2	SW3	
VDD	VDD	VDD	20M Ω – stage 1
GND	VDD	VDD	10M Ω – stage 2
GND	VDD	GND	5M Ω – stage 3
VDD	GND	VDD	2M Ω – stage 4
GND	GND	VDD	1M Ω – stage 5
VDD	GND	GND	500k Ω – stage 6
VDD	VDD	GND	100k Ω – stage 7
GND	GND	GND	25k Ω^b – stage 8

b.) default by pull down

settings of digital input	Allowed capacitance of photo-sensor
SW4	
VDD	< 5pF
GND	< 80pF ^c

c.) default by pull down

Figura 3.8: resistenza di retroazione e capacità

parameter	name	min.	typ.	max.	unit	condition
supply voltage	VDD	2.7	3 to 5	5.5	V	
bias current MT104	I(VDD)		2.5	4.0	mA	27°C, VDD=5.5V
bias current MT104	I(VDD)			8	μ A	PD=VDD
operating temperature	T _{OP}	-40	27	125	°C	
input high level	V _{IH}	0.7-VDD		VDD+0.3	V	
input low level	V _{IL}	-0.3		0.8	V	
reference voltage	VREF	0.4		VDD-0.4	V	

Figura 3.9: Condizioni operative

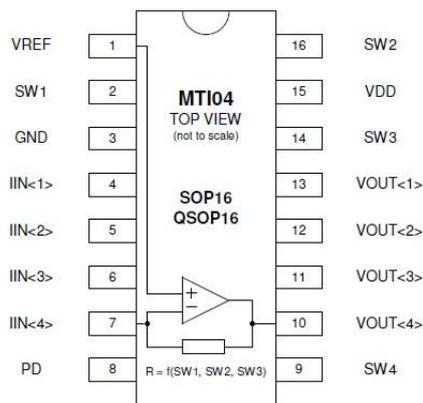


Figura 3.10: Configurazione pin

3.5 Schema elettrico

Lo schema elettrico utilizzato per il sistema di condizionamento é stato quello descritto nei datasheet del costruttore. Per i due led ad alta luminosità, con una alimentazione massima di 3,5V e 30mA, sono stati messi in serie due diodi per abbassare il livello di tensione ai capi del led onde evitare danneggiamenti.



Figura 3.11: Schema elettrico led

La tensione di riferimento per il blocco di condizionamento non é stata subito fissata ad un valore prestabilito, quindi é stato predisposto un pad per effettuare un collegamento in seguito. Questo anche per valutare con alcune prove la soluzione ottimale da adottare.

I selettori di ingresso per variare il guadagno dell'operazionale interno al condizionamento, poiché hanno un livello logico alto con tensioni comprese tra il valore della tensione di alimentazione meno 0,7V e tensione di alimentazione piú 0,3V, ed un livello logico basso tra 0,8V e -0,3V, sono stati collegati direttamente alle uscite digitali della scheda NI6008. Le uscite digitali della scheda non risentono del carico costituito dai pin di ingresso dei quattro selettori, poiché le correnti di ingresso tipiche vanno da 0,025uA a 20uA in base alla configurazione utilizzata.

3.6 Il pcb

Il sensore ed il suo condizionamento sono stati installati su un unico pcb. In questo pcb sono montati anche due led bianchi ad alta luminosità utilizzati per illuminare la superficie da analizzare. Nella progettazione del pcb sono stati utilizzati degli

accorgimenti per limitare i possibili disturbi elettromagnetici, quali curve delle piste a 45 gradi e non retti, collegamenti con piste di spessore non troppo sottile, utilizzo di pcb a due layer per limitare gli eventuali ponti per le intersezione di due piste.

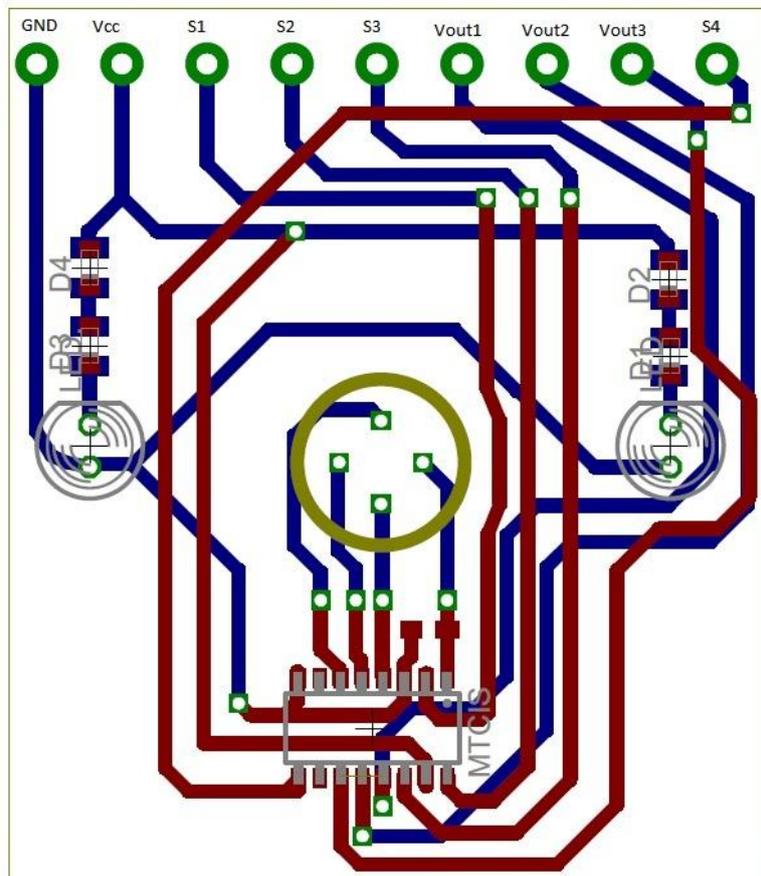


Figura 3.12: pcb

3.7 Le modifiche

Durante le prime fasi di collaudo sono state apportate delle modifiche allo schema originale. La tensione di riferimento del condizionamento è stata fissata alla tensione di alimentazione meno 0,6 volt, corrispondenti alla caduta di tensione su un diodo comune. Per generare la tensione di riferimento si è utilizzato un diodo 1n4007 in serie ad una resistenza da 10K Ω , poi collegata alla massa di riferimento del sistema. La tensione di riferimento del sistema è stata prelevata subito dopo il diodo e prima della resistenza. Una tensione di riferimento prossima al valore della tensione di alimentazione garantisce una escursione del segnale in tensione abbastanza elevata. L'amplificatore invertente del condizionamento ha in ingresso sul pin positivo la

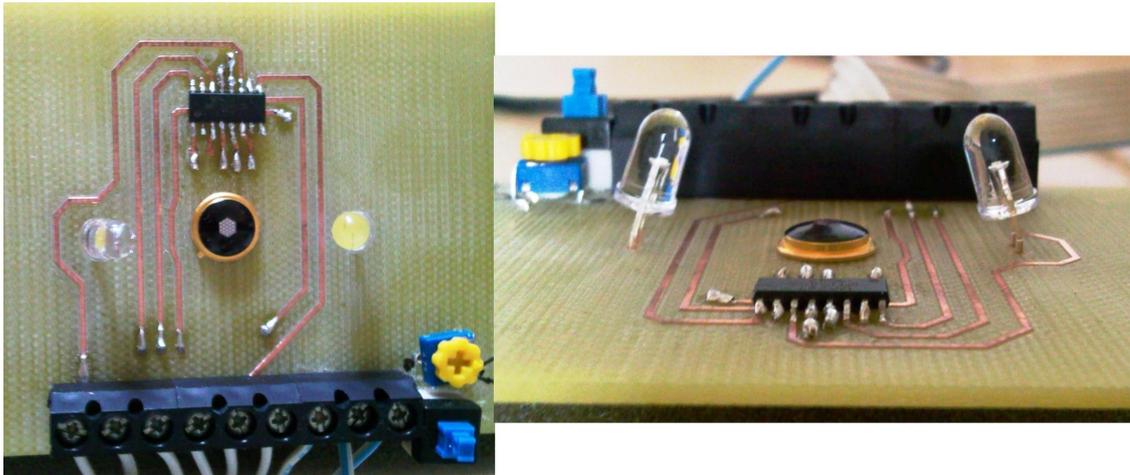


Figura 3.13: Pcb con le modifiche

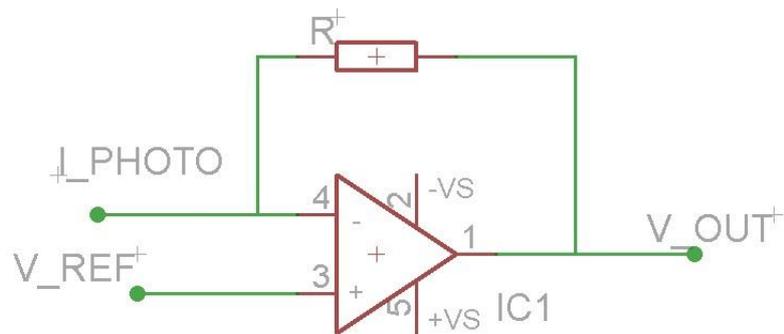


Figura 3.14: Amplificatore invertente

tensione di riferimento, e sul pin negativo la corrente generata dal sensore moltiplicata per il valore della resistenza di retroazione. La tensione di uscita risulta quindi $V_{out} = V_{ref} - I_{photo} * R$. Tracciando la caratteristica v-i si può vedere che nel caso di assenza di luce, quindi la corrente generata dal sensore è nulla, la tensione in uscita è pari alla tensione di riferimento. Nel caso in cui l'intensità della radiazione incidente sia molto elevata, o che il guadagno e quindi la resistenza di retroazione sia elevata, la tensione in uscita è nulla.

Una ulteriore modifica ha riguardato il circuito di illuminazione composto dai due led. Inizialmente era stato previsto di tenere i led sempre attivi, mentre poi è stato installato un interruttore in serie all'alimentazione dei led per disattivarli; inoltre è stato inserito un trimmer da 470Ω , per regolare la luminosità dei led. In serie al trimmer è stata installata anche una resistenza da 27Ω , per far sì che nel caso in cui il trimmer sia girato in modo da fornire l'illuminazione massima, quindi la sua resistenza è nulla, la tensione sui led non ecceda il valore nominale.

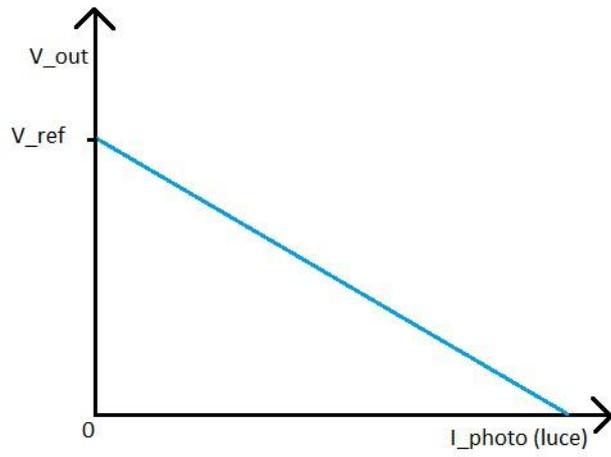


Figura 3.15: Caratteristica V-I

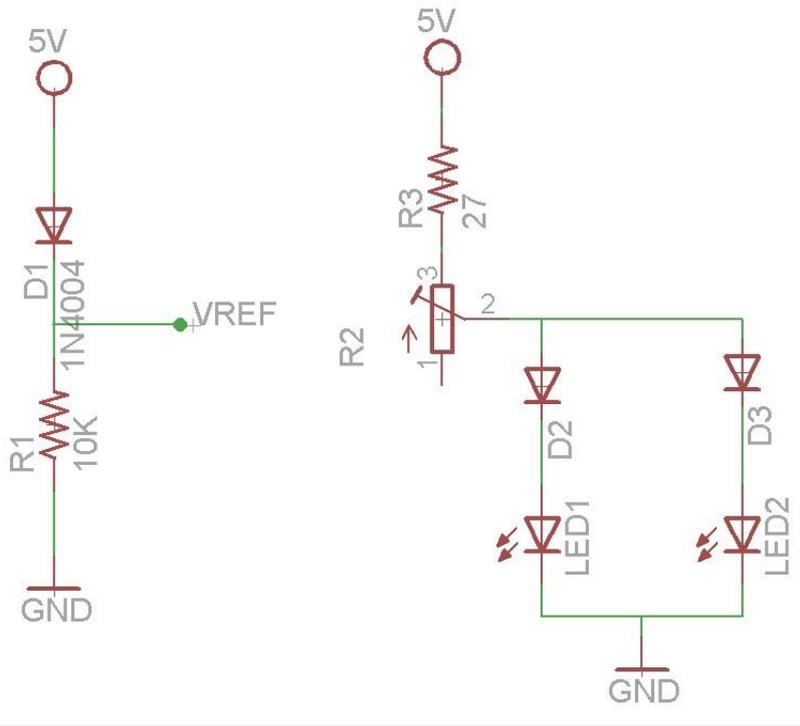


Figura 3.16: Schema modifiche

Prove

Di seguito vengono illustrati il programma Labview e i diversi target utilizzati per valutare le prestazioni del sensore e del suo condizionamento.

4.1 Cablaggio

Per testare il sensore ed il suo condizionamento sono state eseguite delle prove utilizzando solo il pcb del blocco sensore. L'alimentazione del condizionamento e dei led è stata prelevata dalla porta a 5V della scheda NI6008, in grado di erogare fino a 200mA di corrente. Le quattro uscite digitali per impostare la resistenza e la capacità di retroazione sono state collegate direttamente al morsetto corrispondente sul pcb. Le tensioni di uscita sono state acquisite in modalità differenziale, per avere a disposizione 12bit, fra il morsetto di uscita corrispondente e il dngnd della scheda NI6008. Inoltre è stato predisposto un collegamento su un morsetto mobile per poter inserire led di differenti colori, per testare poi il sensore.

4.2 Il programma Labview

Il programma labview si compone principalmente di un daq in modalità differenziale su tre canali, in modo da rilevare le tensioni in uscita. Poiché vengono utilizzati tre canali la velocità di campionamento massima per ogni canale è di 3333 Sample/sec; in questo caso è impostata a 3KS/sec, con una acquisizione di 300 campioni, per un tempo di campionamento di 100ms. Il range d'ingresso dell'adc è stato impostato tra -100mV e 5V, valutando opportunamente il range di escursione del segnale e per ottimizzare l'utilizzo dei 12bit disponibili.

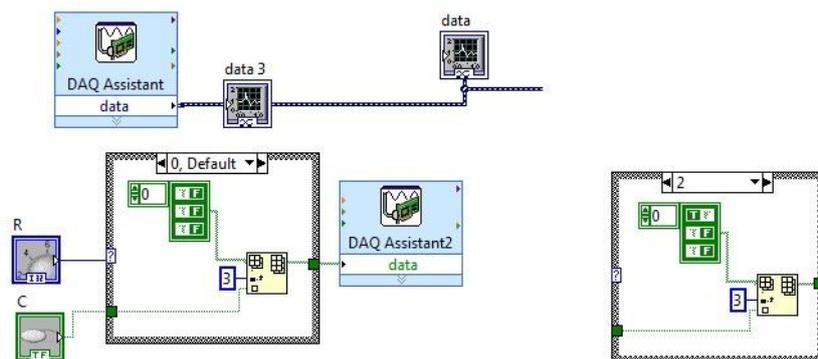


Figura 4.1: Sezione di acquisizione del software

La parte di programma atto alla regolazione della resistenza e capacità di retroazione del sistema di condizionamento è costituito da un controllo che in base al valore

di resistenza selezionato imposta la configurazione di uscita delle tre linee digitali in modo opportuno. Un semplice switch booleano invece é utilizzato per gestire il valore della capacità. In seguito i tre valori digitali per impostare la resistenza, ed il valore per impostare la capacità vengono uniti in un unico array di elementi booleani, per poi comandare l'uscita digitale su quattro linee.

Dopo aver acquisito le tensioni sulle tre linee d'ingresso, i segnali vengono divisi, e viene calcolato il valore medio, valore usato poi per determinare la componente luminosa di maggiore intensità ed eseguire altre operazioni. Nel software é presente un semplice controllo della componente con maggiore intensità, attivando il led corrispondente a quel colore; inoltre é stato implementato un sistema approssimativo per determinare che colore é stato rilevato dal sensore. Il sistema rgb utilizzato é a 256 colori; viene determinato il valore percentuale di tensione di ogni singolo colore rispetto alla sua escursione massima (da 4,5V a 0V), ed in seguito diviso per cento e moltiplicato per 255, calcolando il valore di luminosità di quel colore su una scala da 0 a 255. Il sistema é approssimativo poiché assume che con le impostazioni in quel momento selezionate e con i target luminosi che si utilizzano, il colore bianco viene rilevato con 0V su tutte e tre le linee. Se ad esempio il guadagno é basso, potrebbe succedere che il colore bianco é rilevato con tre tensioni attorno ai 2V, ottenendo un colore stimato dal software non corrispondente a quello reale.

Nello stesso programma é stato predisposto anche un sistema di conteggio, da utiliz-

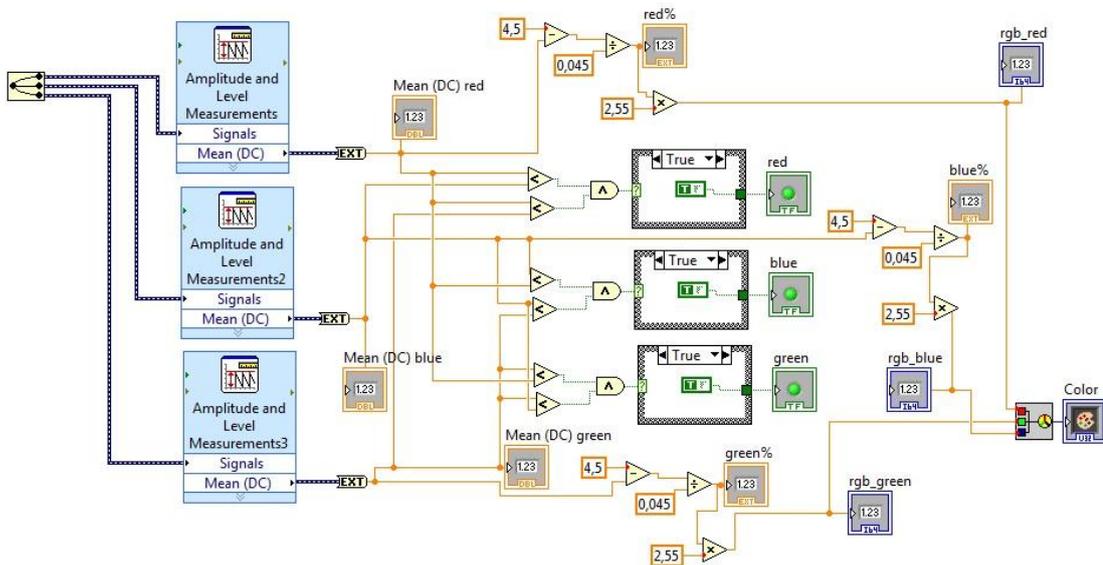


Figura 4.2: Parte software di analisi e stima del colore

zare poi per il conteggio del numero di elementi di un determinato colore. Il software controlla qual é il colore dominante, poi esegue un controllo se il valore di tensione é inferiore ad un certo valore di soglia e viene attivato un contatore. Il valore di

soglia é necessario poiché se ad esempio ci si trova in condizioni di riposo, quindi con illuminazione del sensore quasi nulla, si ha comunque una che una tensione delle tre é inferiore alle altre, attivando il conteggio. Il valore di soglia scelto é di 4V, valore che garantisce una situazione di riposo stabile, ma anche un inizio del conteggio anche con guadagni non elevati.

L'incremento del conteggio degli elementi di quel colore viene eseguito solo se il tempo di persistenza di quel colore raggiunge un certo valore minimo di tempo selezionabile; questo per evitare che si effettuino dei conteggi anche durante fasi di transizione. In questa parte di software sono presenti numerosi operatori booleani per resettare il conteggio quando é stato eseguito un incremento, oppure quando non é stato raggiunto il tempo limite per l'incremento. Il sistema di conteggio é replicato ovviamente per tutte e tre le linee. Il valore attuale del conteggio di ogni colore viene memorizzato in uno shift register, che può essere facilmente incrementato. Inoltre é stato predisposto un pulsante di reset per azzerare tutti i conteggi.

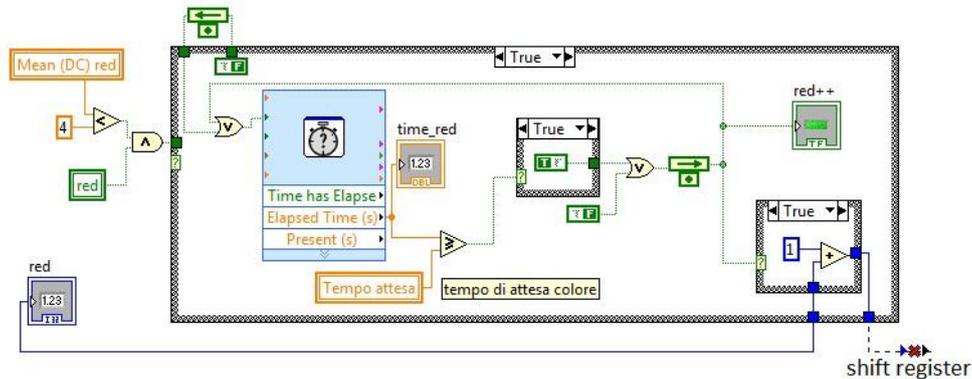


Figura 4.3: Parte software per il conteggio

4.3 Le prove

Dopo aver realizzato il pcb, stagnato i componenti ed effettuato le prime prove c'è stata una fase di analisi della sensibilità del sensore. Le prove inizialmente sono state effettuate con dei led ad alta luminosità di colori diversi. Successivamente si é passato a dei target colorati costituiti da fogli di carta colorati con evidenziatori, pennarelli, tempere.

4.3.1 L'interferenza dei led

I led utilizzati per illuminare i target hanno un angolo di illuminazione di 15 gradi. Se la loro intensità luminosa non é elevata non ci sono problemi, invece se si utilizza

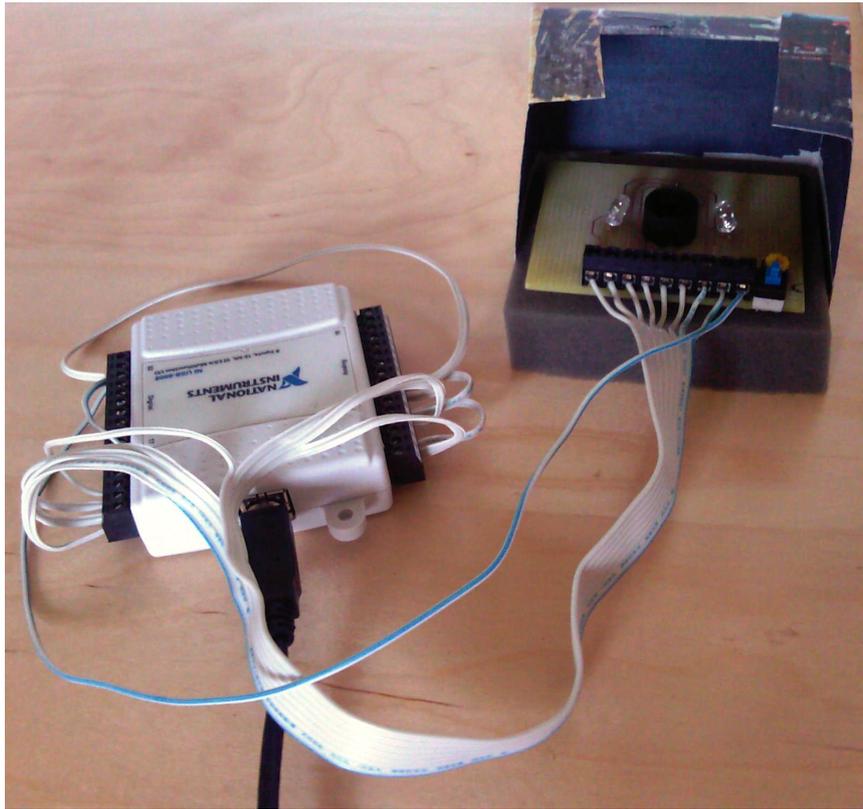


Figura 4.4: Sistema utilizzato per le prove del sensore

una intensità di luce elevata si riscontrano delle interferenze sul sensore. Per risolvere questo problema è stato utilizzato un pezzo di tubo nero posizionato attorno al sensore in modo da bloccare almeno in parte la luce che giunge ai fotodiodi non perpendicolare a quest'ultimi.

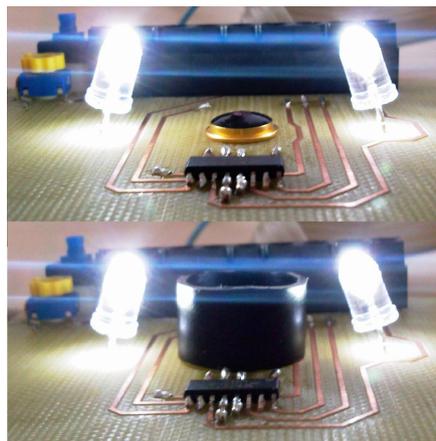


Figura 4.5: Interferenza dei led

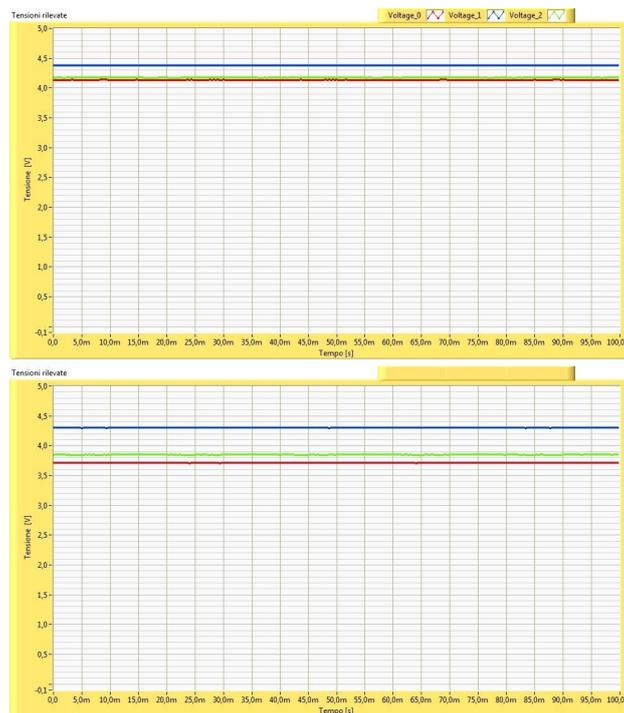


Figura 4.6: Tensioni di offset rilevate con led spenti, ed accesi (senza il tubo)

La distanza tra il sensore e i target colorati, quando si utilizzano i led per illuminare l'oggetto, é un parametro da considerare. Infatti l'oggetto da analizzare dovrebbe essere posto preferibilmente sul punto in cui i fasci luminosi dei led si incontrano. In questa posizione si ha la massima luce incidente in un punto, e quindi la luce riflessa verso il sensore é nelle condizioni ottimali. Se si aumenta la distanza si osserva che la luce riflessa verso il sensore cala di intensitá, mentre se ci si avvicina al sensore i led danno origine a due fuochi luminosi, e la luce riflessa verso il sensore non rappresentá in maniera ottimale il colore originale. In condizioni di vicinanza massima con alcuni tipi di colori e materiali puó succedere che il colore rilevato sia diverso dal colore dell'oggetto. Nell'immagine a seguire (figura 4.8) si puó vedere come, posizionando l'oggetto alla distanza ottimale, la luce riflessa verso il sensore e sul circuito circostante ha un colore con una tonalitá prossima a quella del colore dell'oggetto.

Le tensioni di offset nelle diverse condizioni operative sono state rilevate nelle stesse condizioni ambientali per tutte le prove, principalmente con la stessa intensitá di luce esterna e stesso angolo di incidenza.

Durante le prove inoltre é stata osservata una strana interferenza sul segnale acquisito. Questo tipo di interferenza, che inserisce un rumore nel segnale acquisito, si manifesta solo quando l'intensitá luminosa dei led viene portata al massimo. Per verificare questa supposizione si é utilizzato il daq per acquisire la tensione in uscita sulla linea a 5V. La velocitá di campionamento é stata impostata al valore massimo (10Ks/sec) per cercare di rilevare nel miglior modo il segnale. Con alcune prove si é



Figura 4.7: Tensioni di offset rilevate con led spenti, ed accesi (con il tubo)

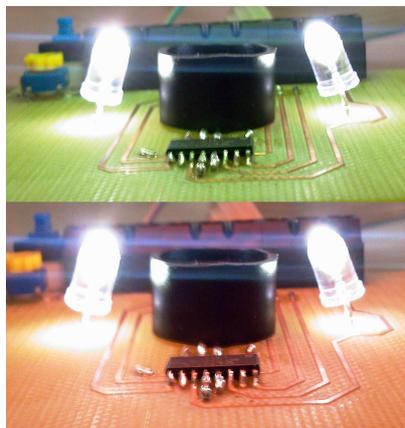


Figura 4.8: Rilevazione dei colori

osservato che il disturbo sul segnale in uscita é dovuto ad un disturbo sulla linea di alimentazione. Infatti per luminosita ridotte dei led la tensione di alimentazione ha un valore pressoché costante, mentre invece ha un andamento irregolare quando i led richiedono la massima corrente. Questo disturbo sulla linea di alimentazione molto probabilmente si propaga attraverso il blocco di condizionamento presentandosi poi sul segnale in uscita. La linea a 5V é in grado di erogare anche piú di 200mA, quindi é in grado di alimentare i due led (60mA) ed il condizionamento (2,5mA).



Figura 4.9: Tensioni di offset con i led alla massima intensità (con il tubo)

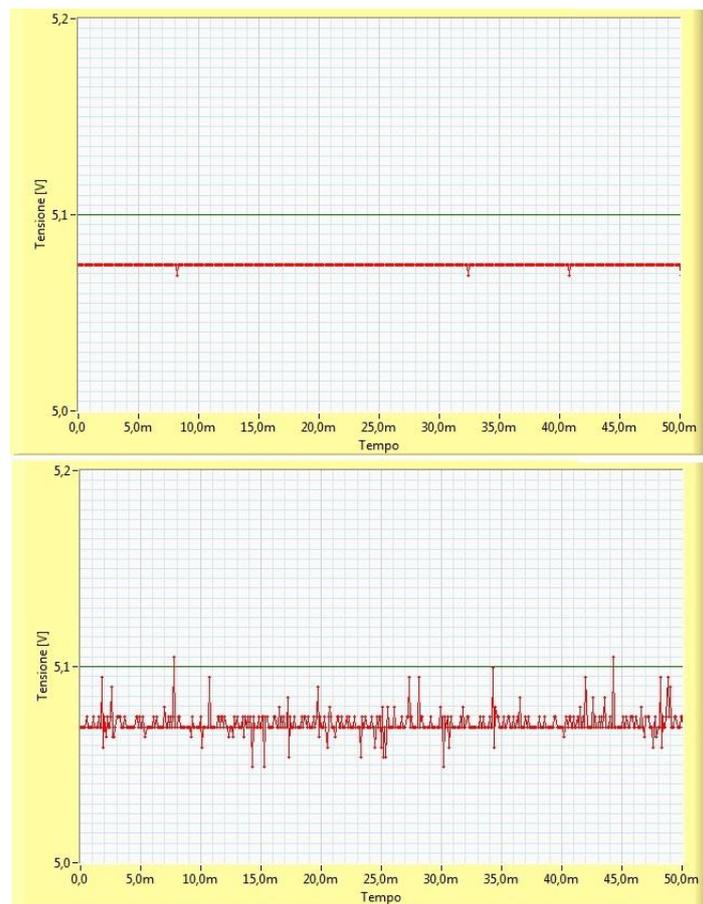


Figura 4.10: Disturbo sulla linea di alimentazione

Il disturbo nella linea di alimentazione

Per studiare piú a fondo il problema dell'interferenza sulla linea di alimentazione sono state eseguite delle prove. Il circuito di prova consiste in un collegamento in parallelo di piú rami costituiti dalla serie di una resistenza da 100Ω e di un led bianco ad alta luminosità. Lo scopo é quello di creare un carico che richieda sempre piú corrente, operazione eseguita collegando progressivamente i vari rami con i led. Inoltre é stata eseguita una acquisizione ai capi di una resistenza per determinare la corrente complessiva che circola nel circuito, ed una misurazione della tensione picco-picco della linea di alimentazione. La scheda NI6008 é stata collegata ad una porta usb3.0 del computer, porta in grado di erogare 150mA con picchi di 900mA (a differenza della 2.0 in grado di erogare 100mA con picchi di 500mA). Si é osservato come il

N° Led	Corrente (mA)	Tensione picco-picco(mV)
1	19,4	5
2	38,8	5
3	58,2	45-56
4	77,6	66-71
5	97	61
6	116,4	66

Figura 4.11: Risultati della prova



Figura 4.12: Vcc con 1 e 2 led

disturbo aumenta all'augmentare della richiesta di corrente da parte del carico, andando poi a stabilizzarsi anche per valori di corrente superiori a quella assorbita da sei led.



Figura 4.13: Vcc con 3 e 4 led



Figura 4.14: Vcc con 5 e 6 led

L'oscillazione di tensione ha un valore massimo attorno allo 0,5% del valore nominale della tensione di alimentazione, e secondo i tecnici della National Instrument la causa è dovuta alla porta usb che non garantisce una uscita perfettamente stabile. Per risolvere il problema viene consigliato di usare una linea di alimentazione esterna o l'utilizzo di un filtro RC per stabilizzare la tensione.

4.3.2 I led colorati

Una prima fase di prove é stata effettuata utilizzando dei led ad alta luminosità colorati. Questo per vedere il comportamento generale del sensore poiché utilizzando una fonte di illuminazione esterna si é sicuri che la radiazione che riceve il sensore ha la colorazione desiderata. In questa tipologia di prove si é visto come il livello di tensione che scendeva maggiormente era quello corrispondente al colore del led incidente, come ci si aspettava, ed inoltre se il sensore viene irradiato da una luce di intensità elevata tutti e tre i livelli di tensione si annullano. Il colore che manda prima in saturazione i tre livelli di tensione é naturalmente il colore bianco. Si puo vedere

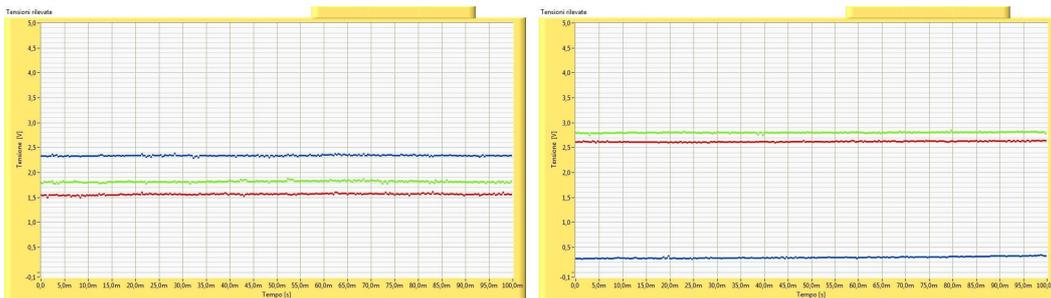


Figura 4.15: Led bianco e blu

come la luce bianca contenente tutte le lunghezze d'onda fa scendere le tensioni di un valore simile tra loro, a differenza della luce blu, rossa o verde cha fanno scendere maggiormente la tensione legata al corrispondente colore. La luce gialla si vede che

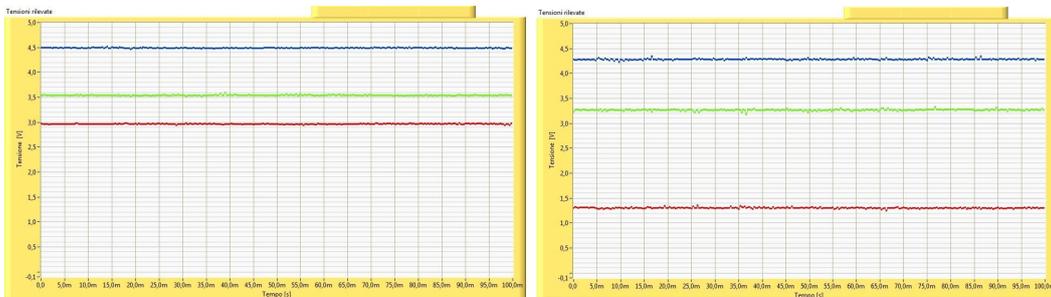


Figura 4.16: Led giallo e rosso

é composta maggiormente da rosso e verde, mentre la luce uv, di colore violaceo, coinvolge principalmente il blu ed il rosso.

4.3.3 Pennarelli e tempere

In questa fase si é cercato di studiare quale fosse il supporto ed il tipo di colore ottimale da utilizzare poi nel prototipo finale. Sono stati utilizzati supporti di plastica, carta e

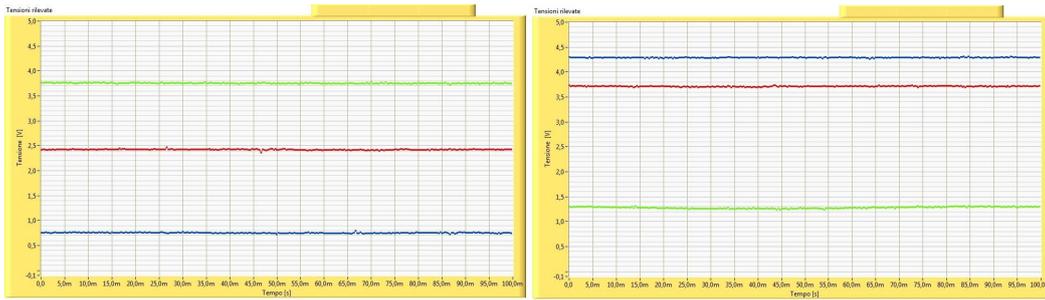


Figura 4.17: Led uv e verde

colori a tempere e pennarelli. Il colore che ha dato maggiori problematiche é stato il blu. Le componenti di colore rosso e verdi vengono rilevate abbastanza agevolmente, mentre il blu se non ha una certa capacità riflettente non viene rilevato correttamente. Il colore che ha dato maggiore successo nel riconoscimento del blu é stato il colore tempera. Le prove sono state eseguite nelle medesime condizioni di luce esterna, con la stessa intensità dei led per illuminare i target e tenendo tutti i target alla stessa distanza dal sensore, condizioni ottenute utilizzando un supporto per i target che garantiva inoltre l'isolamento dalla luce esterna.

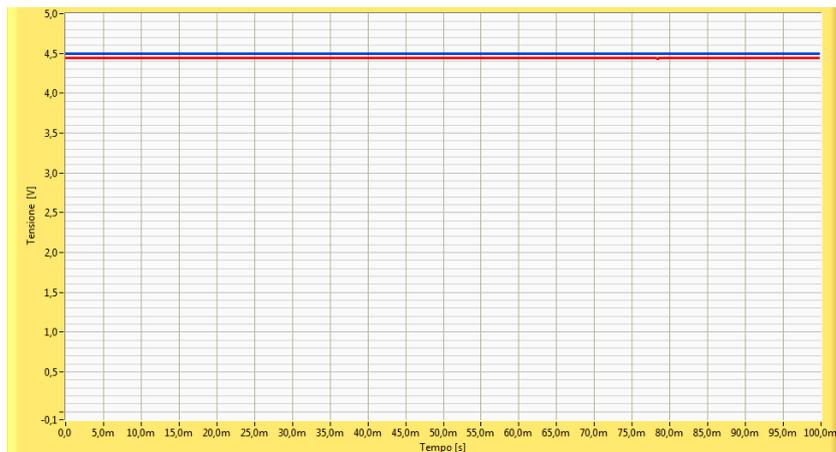


Figura 4.18: Tensioni di offset

Nero

Il colore nero é il colore neutro per il sistema, che non genera rilevanti variazioni di tensione. Confrontando i risultati tra il nero pennarello ed il nero tempera si può vedere come il colore tempera essendo maggiormente coprente ed uniforme riesce a generare una uscita in tensione molto più pulita rispetto alla colorazione a pennarello.

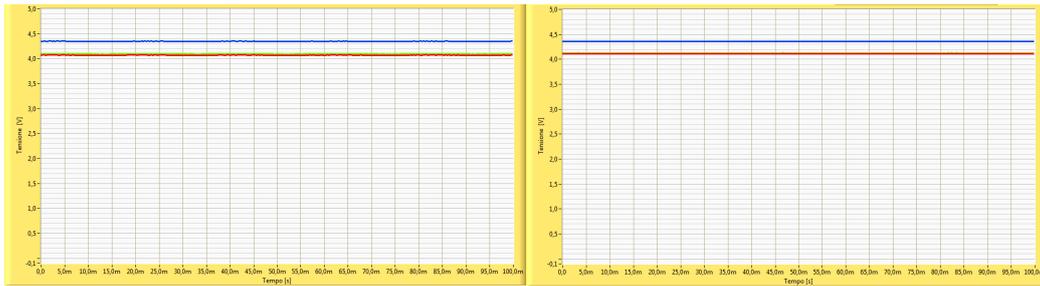


Figura 4.19: Tensioni con nero pennarello e tempera

Bianco

Il colore bianco é stato utilizzato anche come riferimento per il guadagno nelle diverse condizioni ambientali. Infatti con il colore bianco le tre tensioni rilevate, per come é stata poi sviluppata la stima del colore, devono essere nulle o prossime al valore nullo. Bisogna comunque rilevare che con il colore bianco le tensioni del rosso e verde scendono a valori prossimi allo zero, o a zero, mentre la tensione del blu non si avvicina a valori prossimi allo zero. Dalla figura si puó vedere come il bianco di un

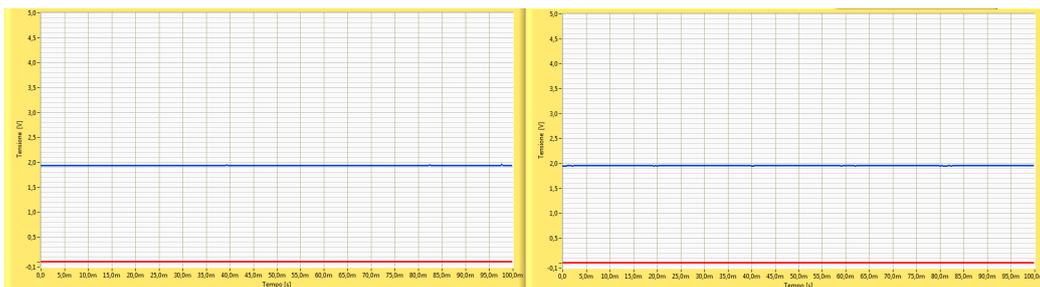


Figura 4.20: Tensioni con bianco foglio e tempera

foglio e il bianco tempera originano una risposta quasi uguale da parte del sensore.

Rosso

Il colore rosso ha dato dei buoni risultati in tutte le prove. Il rosso che ha dato la

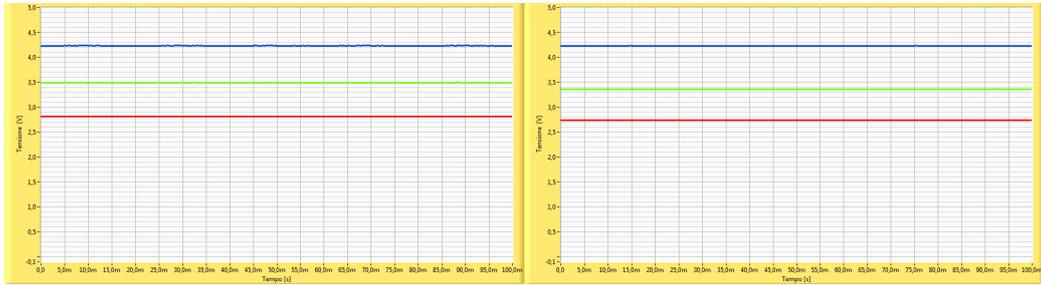


Figura 4.21: Tensioni con rosso pennarello e stampante

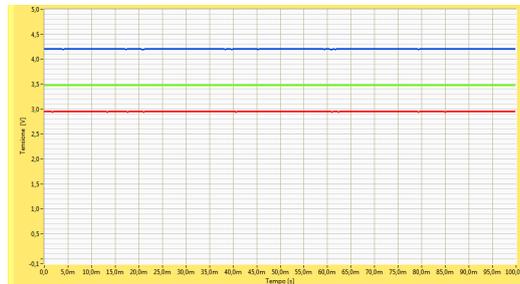


Figura 4.22: Tensioni con rosso plastica

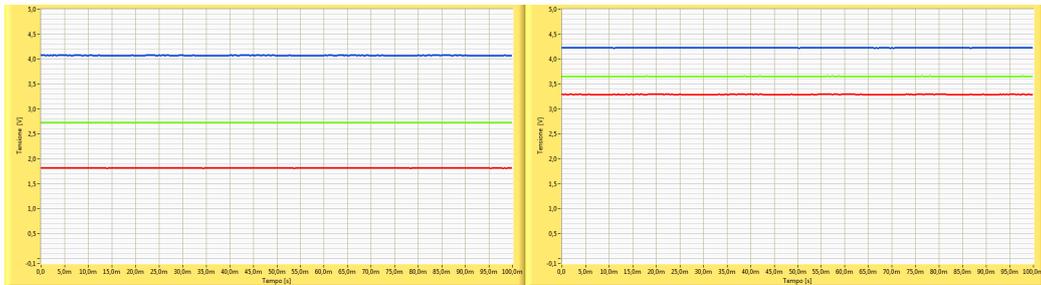


Figura 4.23: Tensioni con rosso postit e tempera

maggiore discesa in tensione é stato il rosso di un foglio di carta tipo postit. Una ulteriore osservazione puó essere fatta riguardo la tonalitá del colore, infatti colori troppo scuri determinano una escursione in tensione minore, mentre colori piú chiari danno origine ad una variazione maggiore (tipo il caso del postit).

Verde

Anche il colore verde, come in precedenza il rosso, ha dato delle risposte in tensione positive per tutte le tipologie di oggetti colorati utilizzati. Il verde pennarello e postit

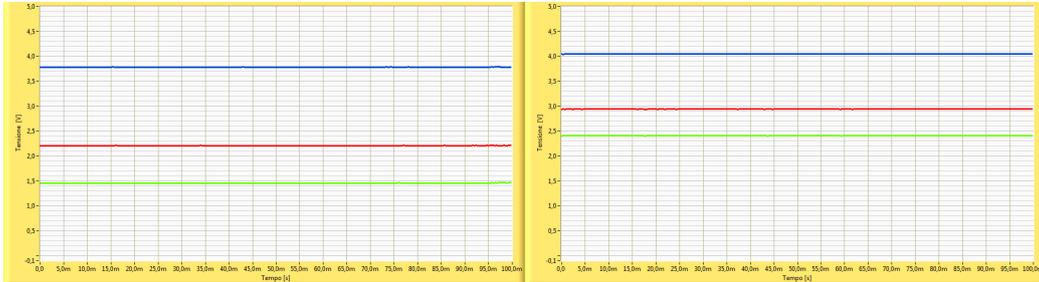


Figura 4.24: Tensioni con verde pennarello e stampante

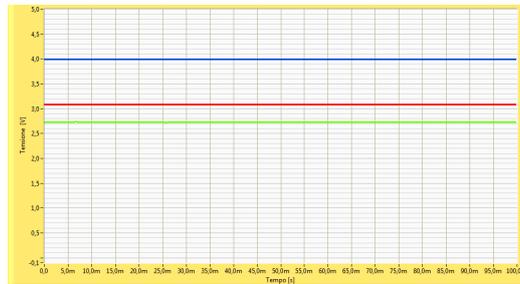


Figura 4.25: Tensioni con verde plastica

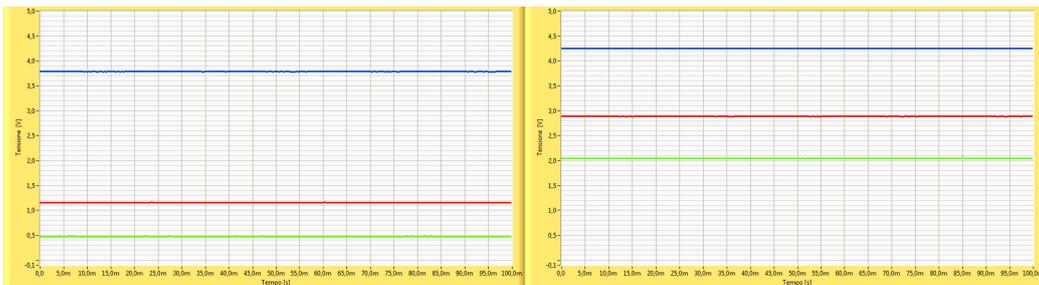


Figura 4.26: Tensioni con verde postit e tempera

hanno dato le maggiori escursioni in tensione, dovute anche al fatto che il colore di questi elementi aveva una tonalità di verde piú chiaro.

Blu

Il colore blu é quello che ha dato la maggior parte dei problemi poich  con la tipologia di oggetti utilizzati non riesce ad avere una notevole prevalenza sugli altri colori a differenza delle prova con il led blu.

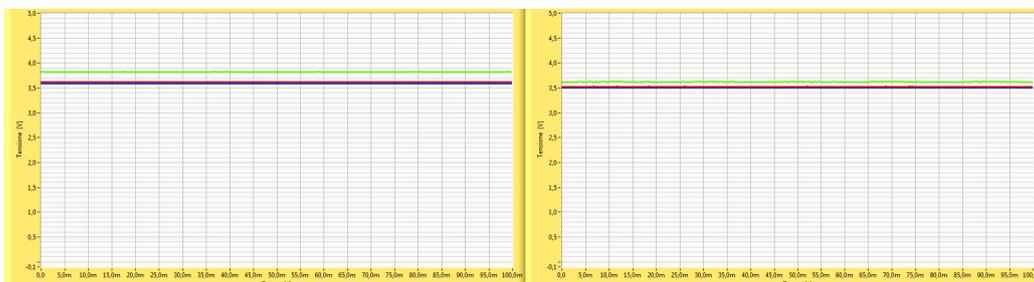


Figura 4.27: Tensioni con blu pennarello e stampante

Con i colori blu pennarello e blu stampante si sono ottenuti dei grafici in cui sono scese maggiormente le tensioni del blu e rosso, rimanendo molto vicine, mentre la tensione rappresentante il verde   rimasta ad un valore leggermente pi  elevato.

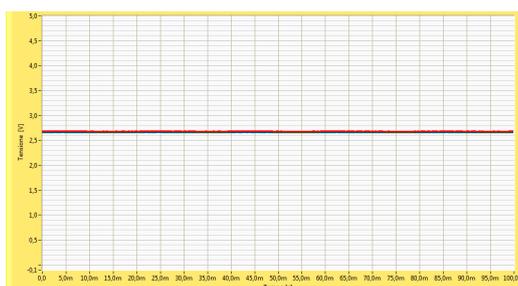


Figura 4.28: Tensioni con blu plastica

Con il target in plastica le tre tensioni sono scese tutte vicine ad un medesimo livello di tensione. Il colore tempera   il colore che ha dato i migliori risultati con la tonalit 

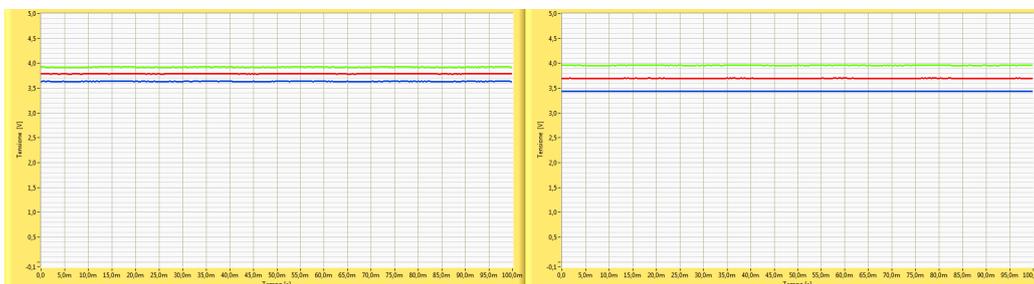


Figura 4.29: Tensioni con blu tempera di due tonalit  differenti

di colore blu. Sono state usate due tonalit  di blu: prima un blu pi  opaco e scuro,

e successivamente un blu piú brillante con alcune tonalità sul violaceo. La seconda tonalità di blu ha generato tre tensioni in uscita dal condizionamento nettamente distinte, dando cosí la possibilità di individuare agevolmente che il target selezionato é di colore blu.

	Rosso plastica	
	Rosso pennarello	
	Rosso postit	
	Rosso stampante	
	Rosso tempera	
	Rosso tempera	
	Blu plastica	
	Blu pennarello	
	Blu stampante	
	Blu postit	
	Blu tempera2	
	Blu tempera1	
	Verde plastica	
	Verde chiaro pennarello	
	Verde scuro pennarello	
	Verde postit	
	Verde stampante	
	Verde tempera scuro	
	Verde tempera chiaro	

	Nero pennarello	
	Nero tempera	
	Giallo tempera	
	Marrone chiaro tempera	
	Marrone scuro tempera	
	Magenta tempera	
	Verde scuro tempera	
	Blu-rosso tempera	
	Azzurro tempera	
	Azzurro chiaro tempera	
	Blu chiaro tempera	
	Bianco foglio	
	Bianco tempera	
	Verde evidenziatore	
	Magenta postit	
	Giallo postit	
	Viola evidenziatore	
	Giallo evidenziatore	
	Arancione evidenziatore	

Figura 4.30: Colori dei target e corrispondente stimato dal software

Altri colori

Sono state eseguite ulteriori prove utilizzando colori come il giallo, il magenta, il marrone. Confrontando i dati ottenuti con il giallo si vede come in entrambi i casi le tensioni relative al rosso e al verde si annullano, mentre quella relativa al blu scende di una quantità inferiore quando il colore giallo é del tipo a tempera.

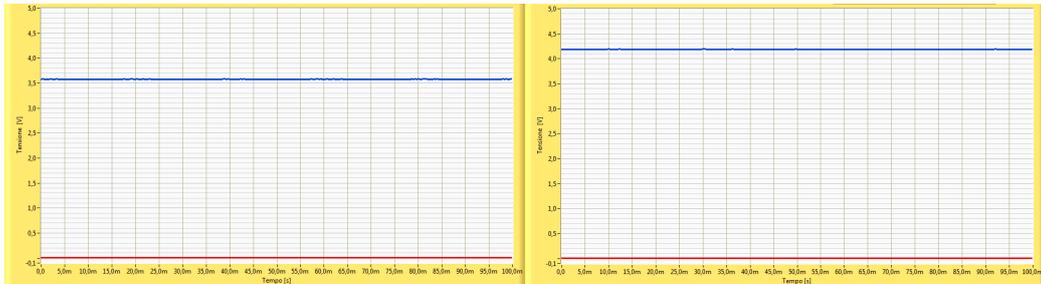


Figura 4.31: Tensioni con giallo postit e tempera

I colori magenta e marrone chiaro a tempera hanno dato origine a delle uscite in tensione intermedie, infatti sono composte da piú componenti dei colori rgb.



Figura 4.32: Tensioni con magenta tempera



Figura 4.33: Tensioni con marrone chiaro tempera

Sono state effettuate anche delle prove con i colori giallo, verde, arancione e viola evidenziatore su carta. Questi colori, particolarmente luminosi, hanno dato delle

uscite in tensione con elevate escursioni poiché viene riflessa una maggiore quantità di luce rispetto al corrispondente colore pennarello o tempera; come conseguenza si ha che il colore poi stimato non rappresenta bene il colore reale, infatti le componenti rosso e verde vengono sovrastimate.

Considerazioni

Osservando i grafici ottenuti nelle prove con illuminazione diretta da parte dei led si può imputare la lieve oscillazione di tensione al fatto che i led sono stati puntati e mantenuti sul sensore manualmente, quindi una piccola oscillazione della mano porta ad una variazione della tensione in uscita.

Nelle prove effettuate utilizzando i colori rosso, verde, blu si è visto come diversi materiali e colori reagiscono con modalità e di conseguenza tensioni differenti. In generale si può vedere che i colori su supporto plastico, poiché si ha una leggera trasparenza del materiale, hanno una variazione in tensione inferiore alle altre tipologie di colore. I colori tempera, invece, essendo maggiormente coprenti generano variazioni di tensione che permettono di rilevare il colore con maggiore precisione. I fogli colorati (tipo postit) avendo una tonalità di colore più chiara generano escursioni in tensione maggiori. Non è stato riportato il grafico della risposta in tensione del sistema sottoposto ad un target del tipo postit azzurro poiché nella rilevazione dell'azzurro le tensioni dominanti erano quelle del verde e rosso, mentre l'escursione della tensione indicante il colore blu non era apprezzabile.

Osservando la figura 4.30 si possono fare delle osservazioni riguardo i colori dei vari target ed il colore stimato dal software. Si può vedere come tutti i colori di tonalità rossa vengono stimati con dei colori sulla tonalità marrone poiché l'escursione in tensione del rosso non è elevata. I colori di tonalità blu vengono stimati con colori violacei a causa della tensione rappresentante il blu che non manifesta elevate variazioni. Bisogna comunque riportare che i colori reali dei target non sono esattamente quelli riportati nella tabella, soprattutto i colori del tipo evidenziatore. Questo perché lo scanner utilizzato ha un sensore di tipo cis (cioè utilizza dei led rgb per illuminare l'immagine da scannerizzare), che permette una maggiore integrazione dei componenti ma ha come svantaggio una minore fedeltà dei colori e della luminosità acquisiti rispetto ai valori reali (anche se usa colori a 48bit); per ottenere una maggiore fedeltà dei colori bisognerebbe usare un sensore ccd (tipo quello utilizzato nella maggior parte delle fotocamere digitali). In ogni caso si osserva come i colori particolarmente luminosi (evidenziatori) hanno una risposta del sensore con la componente del giallo (verde e rosso) che va in saturazione, stimando di conseguenza colori errati.

4.3.4 Scelta finale dei target

Dopo aver effettuato varie prove e utilizzato diverse tipologie di colore e supporti si é visto come il colore tempera ha dato dei buoni risultati in particolare con il blu. Inoltre si puó utilizzare il colore tempera sui target in materiale plastico, ottenendo una risposta del sensore come nel caso della tempera, e la praticitá di usare target rigidi e non foglietti di carta.

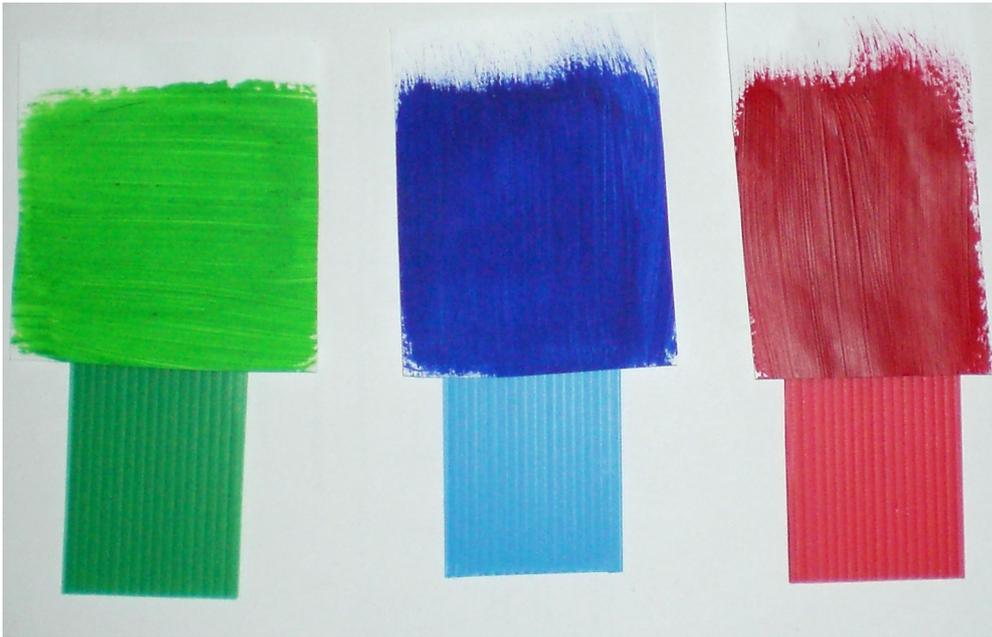


Figura 4.34: Target

Nell'immagine si puó vedere il tipo di supporto plastico individuato per i target e la tipologia di colore a tempera utilizzato per le prove.

Sviluppi futuri

Dopo aver effettuato le prime prove con il sistema completamente assemblato, prove in cui si muoveva automaticamente il carrello avanti ed indietro conteggiando il numero di target per colore (sempre colori rgb) sono stati pensati alcuni sviluppi e prove da fare un futuro. Le prove più immediate potrebbero essere l'analisi della variazione delle tensioni rilevate avvicinando o allontanando i target, oppure variando la velocità di avanzamento del carrello. Si potrebbero effettuare ulteriori osservazioni collegando l'alimentazione del condizionamento alla stessa linea del motore, ed osservando le tensioni in uscita con il motore spento, bloccato in coppia o durante il funzionamento. Un'ulteriore prova può essere realizzata variando i bit di risoluzione dell'adc, ed analizzando poi le tensioni rilevate, ed in particolare se viene rilevato il colore corretto anche quando i livelli di quantizzazione sono pochi e le tre tensioni hanno valori non molto distaccati. Durante le prime prove è stato osservato anche che le lampade fluorescenti provocano una ondulazione delle tensioni a causa della loro tecnologia costruttiva, infatti sono lampade a scarica dove la radiazione elettromagnetica viene emessa a seguito di una scarica elettrica. Uno sviluppo potrebbe consistere nel provocare una interferenza luminosa di questo tipo, e cercare di minimizzarne l'effetto sulle tensioni rilevate mediante software.

Bibliografia

Titolo: Tecnologia disegno e progettazione (in ambiente Labview)

Autore: Enrico Purchi

Editore: Edizioni Cupido

Sito web Mazet, azienda produttrice del sensore e condizionamento

Sito web RS, per i dettagli dei componenti

Sito web National Instrument e assistenza tecnica NI

Elenco delle figure

2.1	Carrello	6
2.2	Struttura finale	6
2.3	Particolare del dispositivo finale	6
3.1	Ingrandimento di uno schermo led	7
3.2	NI6008	8
3.3	Curve caratteristiche di un fotodiiodo	9
3.4	caratteristiche elettriche	10
3.5	Caratteristica spettrale	11
3.6	sensore rgb	11
3.7	schema interno	12
3.8	resistenza di retroazione e capacità	13
3.9	Condizioni operative	13
3.10	Configurazione pin	13
3.11	Schema elettrico led	14
3.12	pcb	15
3.13	Pcb con le modifiche	16
3.14	Amplificatore invertente	16
3.15	Caratteristica V-I	17
3.16	Schema modifiche	17
4.1	Sezione di acquisizione del software	19
4.2	Parte software di analisi e stima del colore	20
4.3	Parte software per il conteggio	21
4.4	Sistema utilizzato per le prove del sensore	22
4.5	Interferenza dei led	22
4.6	Tensioni di offset rilevate con led spenti, ed accesi (senza il tubo)	23
4.7	Tensioni di offset rilevate con led spenti, ed accesi (con il tubo)	24
4.8	Rilevazione dei colori	24
4.9	Tensioni di offset con i led alla massima intensità (con il tubo)	25
4.10	Disturbo sulla linea di alimentazione	25
4.11	Risultati della prova	26
4.12	Vcc con 1 e 2 led	26
4.13	Vcc con 3 e 4 led	27
4.14	Vcc con 5 e 6 led	27
4.15	Led bianco e blu	28
4.16	Led giallo e rosso	28
4.17	Led uv e verde	29
4.18	Tensioni di offset	29

4.19	Tensioni con nero pennarello e tempera	30
4.20	Tensioni con bianco foglio e tempera	30
4.21	Tensioni con rosso pennarello e stampante	31
4.22	Tensioni con rosso plastica	31
4.23	Tensioni con rosso postit e tempera	31
4.24	Tensioni con verde pennarello e stampante	32
4.25	Tensioni con verde plastica	32
4.26	Tensioni con verde postit e tempera	32
4.27	Tensioni con blu pennarello e stampante	33
4.28	Tensioni con blu plastica	33
4.29	Tensioni con blu tempera di due tonalità differenti	33
4.30	Colori dei target e corrispondente stimato dal software	34
4.31	Tensioni con giallo postit e tempera	35
4.32	Tensioni con magenta tempera	35
4.33	Tensioni con marrone chiaro tempera	35
4.34	Target	37

