

Università degli studi di Padova
Facoltà di ingegneria
Indirizzo meccanica e mecatronica
Curriculum mecatronica

Sistema mobile di riconoscimento e localizzazione di colori lungo un percorso rettilineo

Mobile system for recognition and
localization of colors along a straight path

Relatore : Alessandro Sona

Studente : Francesco Crivellaro

Vicenza, 2011

Indice

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	6
3- Motoristica	8
3.1 I motori passo passo.....	8
3.1.1 Introduzione	8
3.1.2 Struttura.....	8
3.1.3 Vantaggi e svantaggi.....	9
3.1.4 Costruzione elettromagnetica.....	10
3.1.5 Campi di utilizzo.....	13
3.2 Il motore passo passo McLennan serie 42-M	14
3.2.1 Caratteristiche tecniche costruttive.....	14
3.2.2 Criteri di scelta.....	16
3.3 La scheda di acquisizione dati NI	17
3.3.1 Caratteristiche	17
3.3.2 Considerazioni	19

3.4	Circuiteria e cablaggio	20
3.4.1	Il circuito stampato	20
3.4.2	Il circuito di alimentazioni e controllo del motore.....	25
3.4.3	Il circuito di alimentazione dei finecorsa.....	28
3.4.4	Schema I/O complessivo.....	29
3.5	Software di controllo e comando	30
4-	Prove	33
4.1	Test “a vuoto”	33
4.2	I problemi.....	37
4.3	Caratterizzazione dei colori primari.....	40
4.4	Altri colori.....	43
4.5	Sistema di movimentazione	49
4.6	Considerazioni conclusive	50
5-	Guida al laboratorio.....	51
5.1	Premessa.....	51
5.2	Svolgimento dei test.....	53
5.3	Uno “sguardo” al futuro	57
	Bibliografia e sitografia	63
	Ringraziamenti	64

Introduzione

1.1 Contesto

Il progetto seguente è essenzialmente un'applicazione optoelettronica basata sull'impiego di una scheda di acquisizione NI6008 ed un sensore rgb per individuare differenti colori. Tale sensore è 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 è 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.

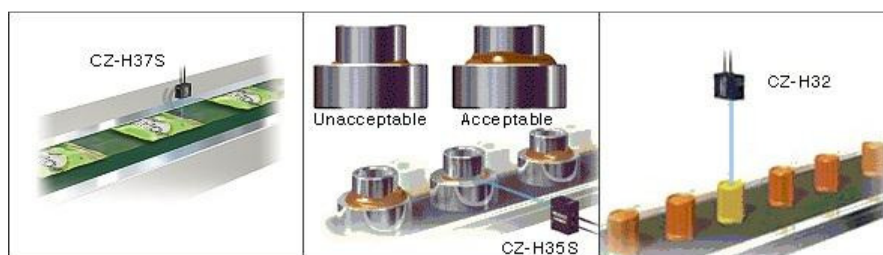
1.3 Utilizzo nell'industria

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, lettrascrittura, 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

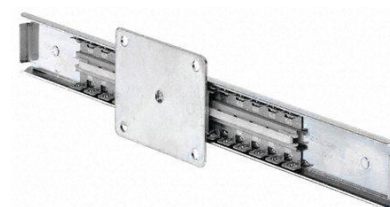
Durata garantita: 10000 cicli

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

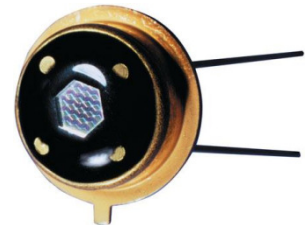
Sensore

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

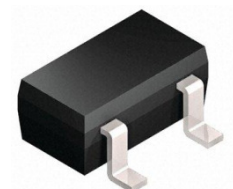
Tensione Drain-Source massima: 60V

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: 1°
Numero elementi: 4



Resistenze

Valore: 10K Ω
Tolleranza: $\pm 1\%$
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 due staffe ad L poste su una delle sue due facce e fissate mediante viti per garantire solidità e stabilità. Sulla faccia opposta 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 troverà alloggio la scheda pcb destinata al montaggio dell'apparato sensoristico, la quale sarà movimentata mediante l'ausilio di un motore step a sei fili alloggiato ad una delle estremità della guida e una trasmissione a cinghia dentata calettata su pulegge 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 fincorsa 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.



Fig.1 Puleggia condotta

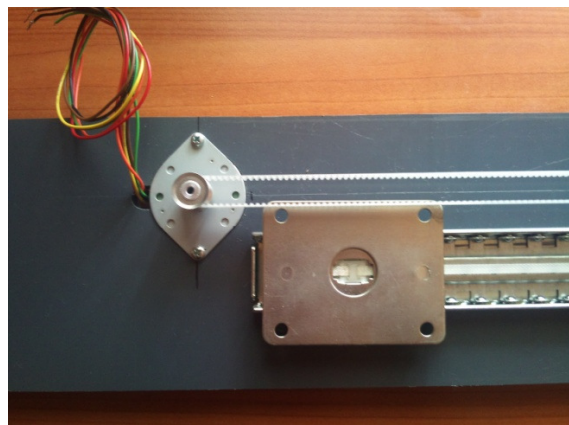


Fig.2 Motore e carrello

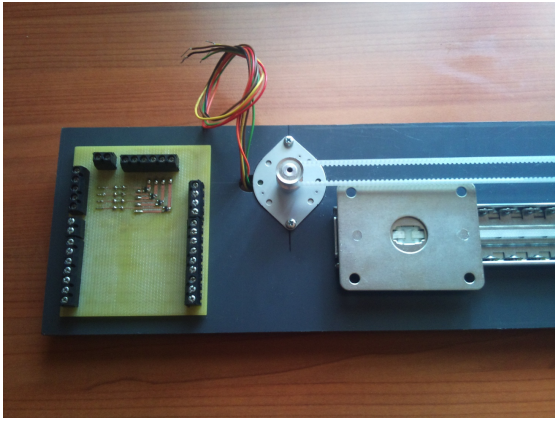


Fig.3 Pcb principale

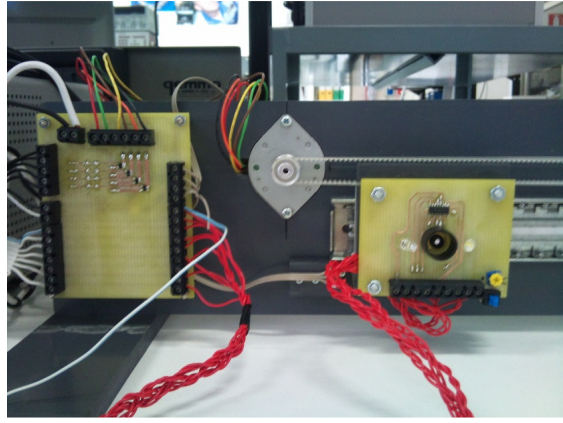


Fig.4 Pcb sensore



Fig.5 Guida lineare e basamento

3.1 I motori passo passo

3.1.1 Introduzione

I motori passo-passo, spesso chiamati step o steppers, sono motori elettrici sincroni in corrente continua senza spazzole la cui rotazione avviene attraverso un gran numero di passi (step) successivi. Tale principio di funzionamento permette posizionamenti accurati e precisi ed elevati valori di coppia. La posizione del rotore è ottenuta fornendo una tensione continua e costante in successione, per intervalli di tempi costanti, alle diverse fasi del motore.

3.1.2 Struttura

La figura sottostante mostra una rappresentazione semplificata di un motore passo passo a magneti permanenti.

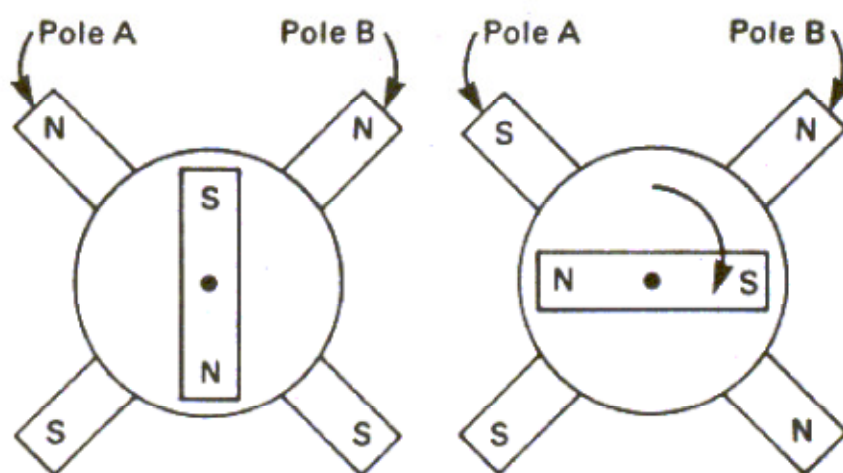


Fig.6 Struttura schematizzata di un motore passo passo

Il motore è costituito da due parti principali: il rotore che consiste in una serie di magneti permanenti distribuiti radialmente sull'albero di rotazione; lo statore costituito da elettromagneti di modo che, opportunamente alimentati, possano generare campi magnetici orientati. La rotazione dell'albero avviene poichè i magneti permanenti che lo costituiscono tendono ad allinearsi al campo magnetico generato dagli elettromagneti dello statore. In base all'avvolgimento statorico che viene percorso da corrente ed in base al verso di percorrenza della stessa, è possibile creare un campo magnetico statorico che può assumere (in questa semplificazione) quattro orientamenti spaziali che potremmo individuare come: alto, destra, basso, sinistra.

Il rotore nell'allinearsi al campo magnetico statorico compie una rotazione di una quantità detta "angolo di passo" o semplicemente "passo"; il permanere della rotazione del rotore si ottiene ripetendo la sequenza alto, destra, basso, sinistra. La velocità angolare del motore è facilmente gestibile agendo sull'intervallo temporale di applicazione delle tensioni per ciascuna fase mentre il verso di rotazione è determinato da quello adottato dalle tensioni degli avvolgimenti di statore.

Tali motori, a differenza di tutti gli altri, hanno come scopo quello di mantenere fermo l'albero in una posizione di equilibrio: se alimentati si limitano infatti a bloccarsi in una ben precisa posizione angolare.

Solo indirettamente è possibile ottenerne la rotazione; occorre infatti inviare al motore una serie di impulsi di corrente, secondo un'opportuna sequenza, in modo tale da far spostare, per scatti successivi, la posizione di equilibrio.

3.1.3 Vantaggi e svantaggi

Di seguito vengono elencati i principali vantaggi e svantaggi dei motori passo passo:

Vantaggi:

- È possibile realizzare azionamenti di precisione controllati da computer in catena aperta, cioè senza utilizzare sensori di posizione o di velocità. Sono quindi utilizzabili con relativa semplicità e senza richiedere particolare potenza di calcolo.

- E' facile far compiere all'albero piccole rotazioni angolari arbitrarie in ambedue i versi e bloccarlo in una determinata posizione.
- Hanno un'elevata robustezza meccanica ed elettrica: infatti non esistono contatti elettrici striscianti e, se necessario, possono essere realizzati anche in esecuzione completamente stagna.
- La velocità di rotazione può essere molto bassa anche senza l'uso di riduttori meccanici

Svantaggi:

- Difficilmente raggiungono velocità di rotazione elevate
- Richiedono sempre circuiti elettronici per il pilotaggio, in genere di tipo digitale
- Il loro rendimento energetico è basso e, in genere, la potenza meccanica è piccola
- Hanno un costo elevato, relativamente ad altri tipi di motore con analoghe prestazioni
- Hanno un funzionamento a scatti e con forti vibrazioni, soprattutto ai bassi regimi e se si adottano le tecniche di pilotaggio più semplici.

3.1.4 Costruzione elettromeccanica

I motori passo-passo si dividono tradizionalmente in tre grandi gruppi: motori a magnete permanente, motori a riluttanza variabile e motori ibridi. In realtà la quasi totalità di quelli oggi reperibili, sia sul mercato dell'usato che tra i materiali nuovi, sono del terzo tipo.

Un motore ibrido è costituito da un rotore e da uno statore:

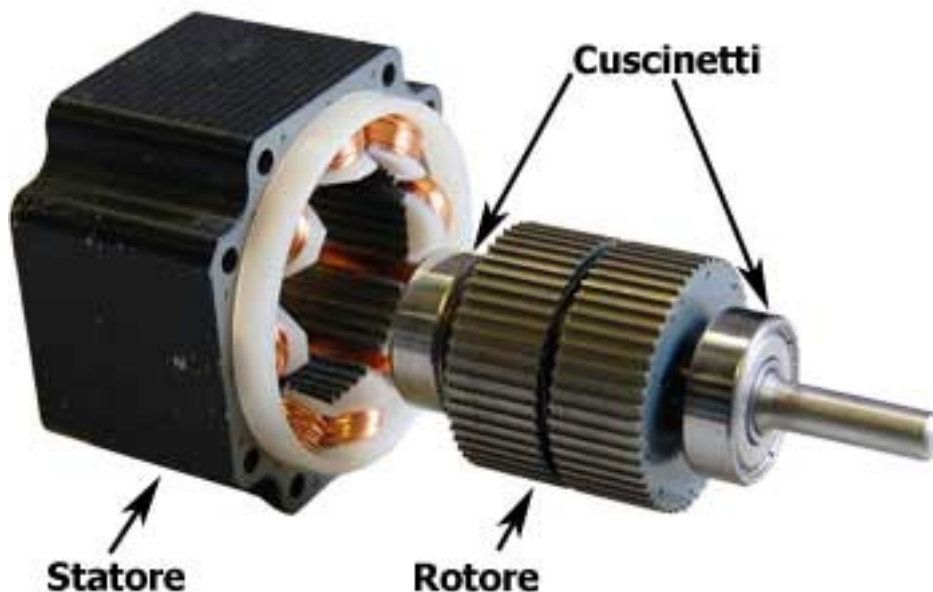


Fig.7 Struttura di un motore step ibrido

il rotore appare come una coppia di ruote dentate affiancate, di polarità apposta e solidali all'albero costituite da un nucleo magnetico e da un numero variabile di denti in materiale ferromagnetico (tipicamente 50). Tra le due ruote è presente uno sfasamento esattamente pari ad $\frac{1}{2}$ del passo dei denti, di modo che il dente di una delle due sezioni corrisponde alla valle dell'altra. Nel rotore non sono presenti fili elettrici e quindi manca completamente ogni connessione elettrica tra la parte in movimento e quella fissa. In genere il rotore è montato su cuscinetti a sfera ad alto scorrimento e in casi particolari a tenuta stagna.

Lo statore appare come il classico insieme di avvolgimenti il cui circuito magnetico è costituito da 4 o, più frequentemente, 8 "espansioni polari". All'interno dello statore sono presenti piccoli denti che si affacciano esattamente a quelli del rotore. O meglio, sono esattamente affacciati al rotore solo il gruppo di denti appartenenti ad una espansione polare e a quella opposta; le altre coppie sono sfalsate rispettivamente di $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ del passo dei denti. Avvolti intorno ai poli magnetici dello statore ci sono i fili che, opportunamente percorsi da corrente, generano il campo magnetico.

Nella pratica le fasi possono essere avvolte secondo due schemi:

a) Sono presenti due soli avvolgimenti (avvolti su più espansioni polari) e quindi all'esterno arrivano due sole coppie di fili: in questo caso si parla di **motori bipolari** in quanto la corrente dovrà percorrere le fasi nei due versi al fine di creare gli opportuni campi magnetici.

b) Sono presenti quattro avvolgimenti avvolti a coppie, in antiparallelo, sulle espansioni polari; all'esterno arrivano almeno cinque fili (spesso sono infatti presenti delle connessioni interne al motore tra le varie fasi). Si parla in questo caso di **motori unipolari** in quanto la corrente nella singola fase ha sempre lo stesso verso. E' possibile creare due campi magnetici opposti semplicemente scegliendo in quale dei fili debba passare la corrente.

Una tipologia particolare di motore passo-passo è utilizzabile sia in configurazione unipolare che bipolare: si tratta di quelli a 6 fili.

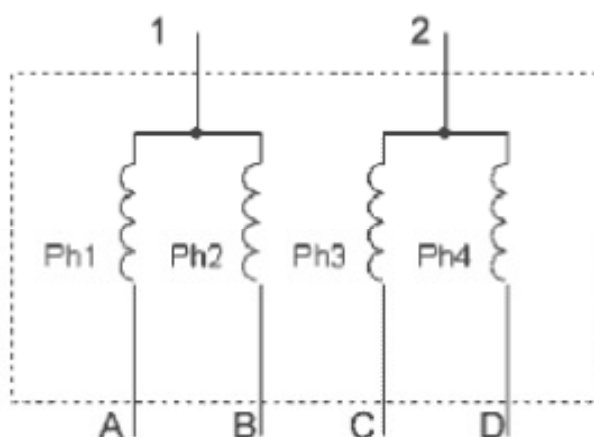


Fig.8 Collegamento elettrico delle fasi all'interno di un motore step

I due avvolgimenti Ph1 e Ph2 sono avvolti sullo stesso nucleo in modo tale che la corrente entrante dal terminale 1 crea due campi magnetici opposti a seconda che il terminale di uscita sia A oppure B. In questo caso abbiamo uno schema equivalente ad un motore unipolare. Se invece la corrente entra da A ed esce da B si crea un campo magnetico opposto al caso in cui la corrente entra da B ed esce da A; in questo caso, dal terminale 1 non passa corrente ed abbiamo un funzionamento come motore bipolare (ed infatti sono usati solo 4 fili: i terminali 1 e 2 non devono essere connessi).

La stessa cosa succede per Ph3 e Ph4.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per i rari motori a 8 fili.

Per distinguere i due tipi di motore, per i quali sono richieste tecniche di pilotaggio molto diverse, basta ovviamente contare i fili uscenti: se sono 4 abbiamo un motore bipolare, se sono 5 un unipolare, se sono 6 o 8 possiamo scegliere il tipo di pilotaggio più opportuno.

Il numero di differenti posizioni di equilibrio presenti in una rotazione completa dell'albero è in genere indicato come passi per giro e dipende del numero dei denti del rotore e dai poli dello statore, non dal numero di fili uscenti o dal numero delle fasi. Questo numero è spesso stampata sul contenitore ma in alternativa, a motore non alimentato, è possibile far ruotare lentamente e con molta delicatezza il rotore e contare il numero di "click" necessari per compiere un giro, possibilmente aiutandosi con una tacca di riferimento sull'albero per individuare la fine di un giro. Valori normali sono 16 (solo i motori più vecchi), 100, 200 "click" per giro, numeri che hanno tutti la proprietà di essere divisibile per quattro.

3.1.5 Campi di utilizzo

Oggigiorno i motori step sono impiegati in numerosi ambiti, ma principalmente nei sistemi di movimentazione di precisione; le moderne stampanti e plotter utilizzano sistemi motore step-cinghia per il movimento delle cartucce e dei carrelli. La maggior parte dei sistemi elettronici di lettura e scrittura sfruttano i vantaggi dei motori passo passo; a tale riguardo ne sono un esempio i lettori cd-dvd multimediali, le testine laser, i lettori VHS, ecc.. Per quel che riguarda invece l'ambito industriale, i motori step a media potenza sono impiegati principalmente in applicazioni robotiche, nelle teste rotanti e nella movimentazione assi.

Con il vertiginoso sviluppo della microelettronica degli ultimi anni e i progressi nella fabbricazione dei motori passo passo, essi hanno cominciato a diffondersi velocemente nei sistemi di montaggio, lavorazione e controllo che richiedano alti gradi di precisioni e stabilità.

Tutt'ora sono disponibili motori step economici che, con semplici circuiti di pilotaggio a basso costo, sono adatti a soddisfare molte delle esigenze degli hobbisti.

3.2 Il motore passo passo McLennan serie 42-M

3.2.1 Caratteristiche tecniche costruttive



Fig.9 Motore passo passo McLennan serie 42-M

Part Number	42M048C1U-N
DC Operating Voltage	5
Resistance per Winding (ohms)	9.1
Inductance per Winding (mH)	8.1
Holding Torque* (mNm/oz-in)	66.2 / 9.4
Rotor Moment of Inertia (g.m ²)	12.5 x 10 ⁻⁴
Detent Torque (mNm/oz-in)	12.7 / 1.80
Step Angle	7.5°
Step Angle Tolerance*	± 0.5°
Steps per Revolution*	48
Max. Operating Temperature	100°C
Ambient Temperature Range	
Operating	-20°C to 70°C
Storage	-40°C to 85°C
Bearing Type	Sintered bronze sleeve
Insulation Resistance at 500Vdc	100 megohms
Dielectric Withstanding Voltage	650 ± 50 VRMS, 2 sec
Weight (g/oz)	145 / 5.1
Leadwires	26 AWG, UL Style 1430

Fig. 10 Dati tecnici motore passo passo McLennan serie 42-M

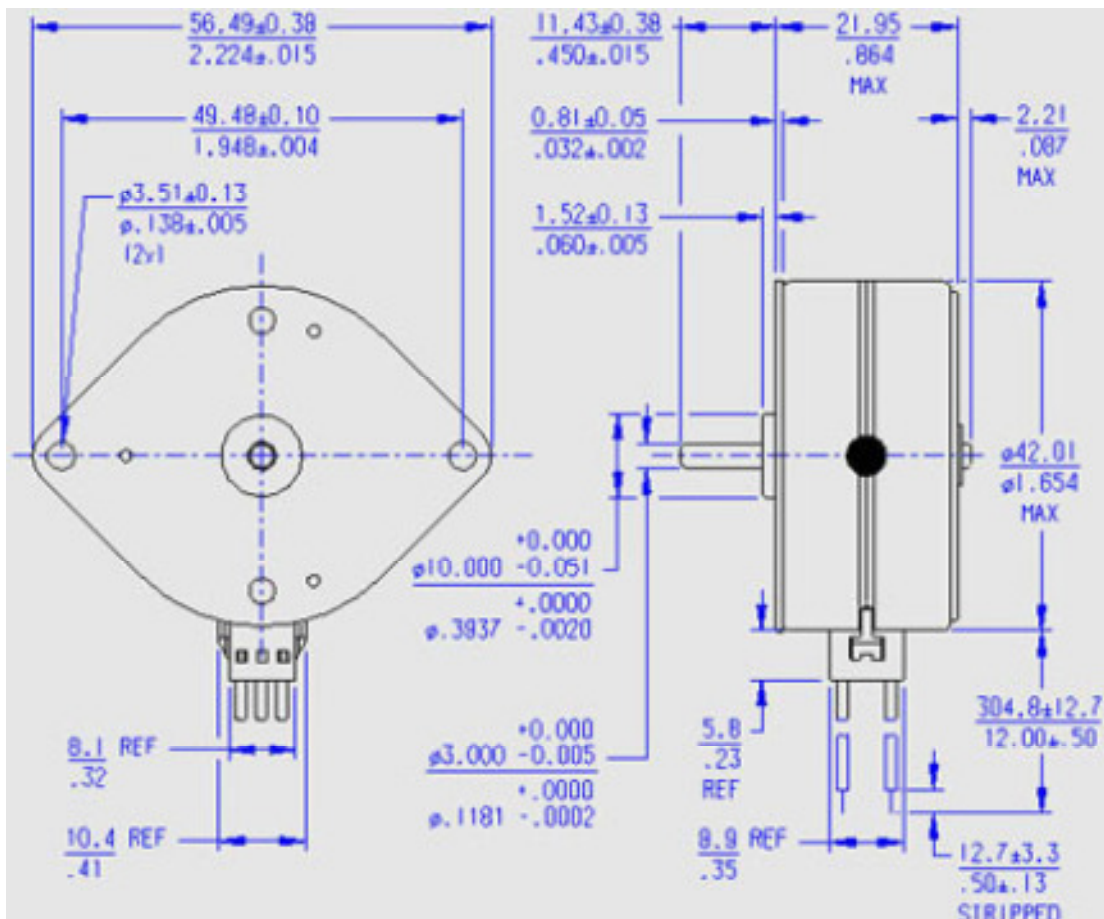


Fig.11 Forma e dimensioni del motore passo passo McLennan serie 42-M

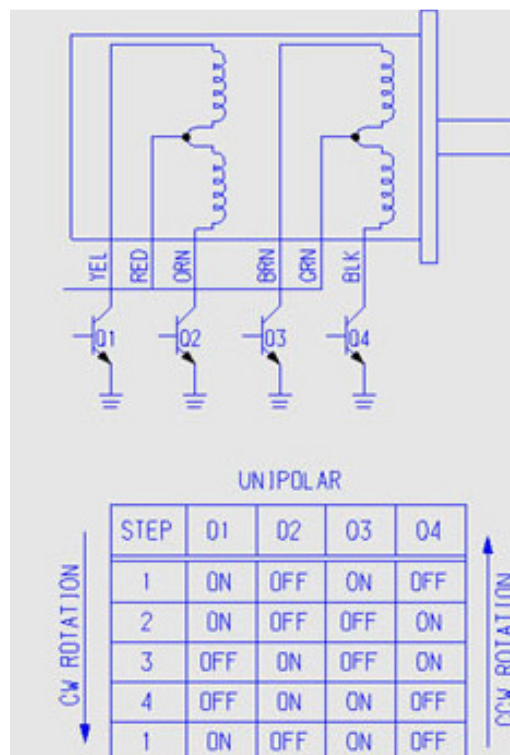


Fig. 12 Collegamenti elettrici interni del motore passo passo McLennan serie 42-M

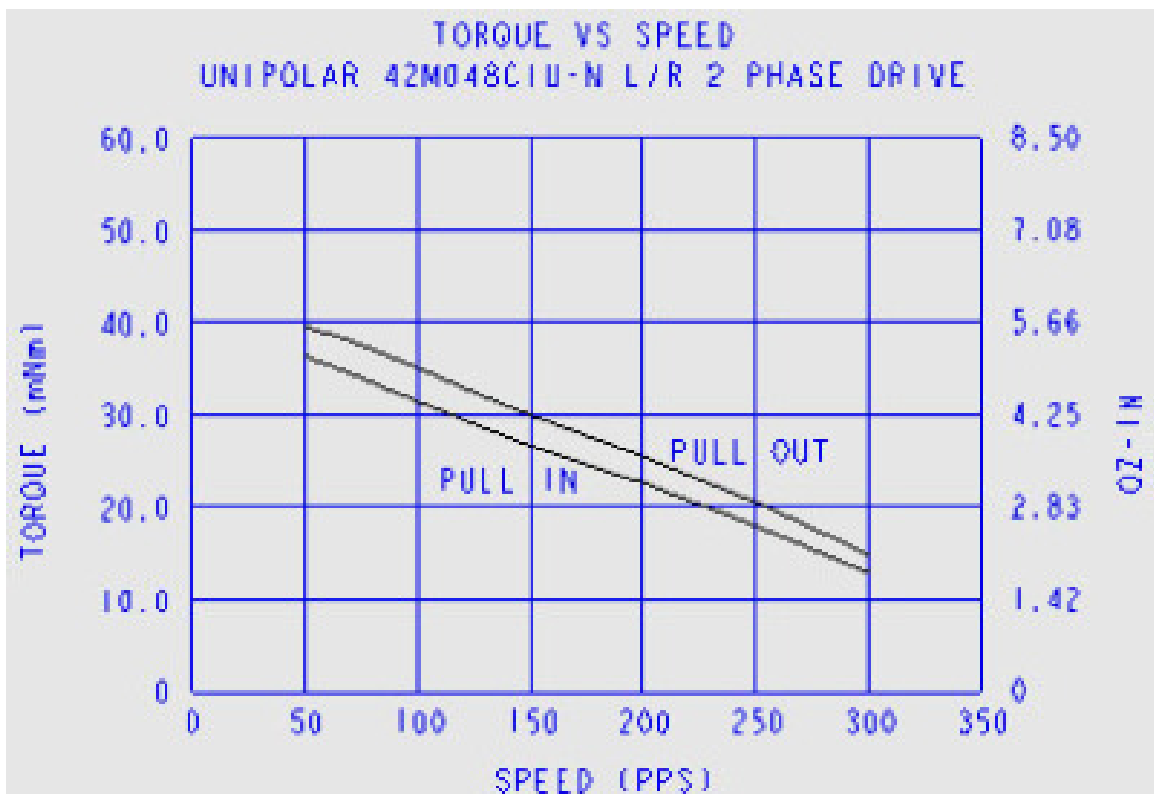


Fig. 13 Caratteristica coppia-velocità del motore passo passo McLennan serie 42-M

3.2.2 Criteri di scelta

I motivi che hanno spinto ad adottare questa tipologia di motore corrispondono essenzialmente ai vantaggi stessi di questo motore e sono riassumibili nei seguenti:

- Velocità di esecuzione richieste non elevate
- Coppia motrice e di mantenimento sufficientemente elevate
- Precisione nel posizionamento
- Nessuna necessità di riduttori meccanici
- Tensione di esercizio contenuta
- Pilotaggio digitale tramite software
- Bassi regimi di rotazione del motore (maggiore sicurezza e minori vibrazioni)
- Non necessita di manutenzione particolare ed è adatto all'ambiente industriale
- Dimensioni contenute
- Possibilità di adottare tecniche di pilotaggio differenti per effettuare la medesima operazione(half stepping, microstepping,...)

3.3 La scheda di acquisizione dati NI

3.3.1 Caratteristiche



Fig.14 Scheda NI 6008 USB

+5 V	34	33	PFI 0
D GND	32	31	P1.3
P1.2	30	29	P1.1
P1.0	28	27	P0.7
P0.6	26	25	P0.5
P0.4	24	23	P0.3
P0.2	22	21	P0.1
P0.0	20	19	D GND
LED	18	17	D+
VBUS	16	15	D-
AI GND	14	13	AI GND
AI 4 (AI 0-)	12	11	AI 0 (AI 0+)
AI 5 (AI 1-)	10	9	AI 1 (AI 1+)
AI 6 (AI 2-)	8	7	AI 2 (AI 2+)
AI 7 (AI 3-)	6	5	AI 3 (AI 3+)
AI GND	4	3	AI GND
AO 1	2	1	AO 0

Fig.15 Tabella delle porte di IO della scheda NI 6008

Product Name USB-6008
Product Family Multifunction Data Acquisition
Form Factor USB
Part Number 779051-01
Operating System/Target Linux , Mac OS , Pocket PC , Windows
DAQ Product Family B Series
Measurement Type Voltage
RoHS Compliant Yes
Analog Input Channels 4 , 8
Single-Ended Channels 8
Differential Channels 4
Resolution 12 bits
Sample Rate 10 kS/s
Throughput (All Channels) 10 kS/s
Max Voltage 10 V
Maximum Voltage Range -10 V , 10 V
Maximum Voltage Range Accuracy 138 mV
Minimum Voltage Range -1 V , 1 V
Minimum Voltage Range Accuracy 37.5 mV
Number of Ranges 8
Simultaneous Sampling No
On-Board Memory 512 B
Analog Output Channels 2
Resolution 12 bits
Max Voltage 5 V
Maximum Voltage Range 0 V , 5 V
Maximum Voltage Range Accuracy 7 mV
Minimum Voltage Range 0 V , 5 V
Minimum Voltage Range Accuracy 7 mV
Update Rate 150 S/s
Current Drive Single 5 mA
Current Drive All 10 mA
Digital I/O Bidirectional Channels 12
Input-Only Channels 0
Output-Only Channels 0
Number of Channels 0 , 12
Timing Software
Logic Levels TTL
Input Current Flow Sinking , Sourcing
Output Current Flow Sinking , Sourcing
Current Drive Single 8.5 mA
Current Drive All 102 mA
Maximum Input Range 0 V , 5 V
Maximum Output Range 0 V , 5 V
Counter/Timers Counters 1
Maximum Range 0 V , 5 V
Max Source Frequency 5 MHz
Minimum Input Pulse Width 100 ns
Pulse Generation No **Resolution** 32 bits
Timebase Stability 50 ppm
Logic Levels TTL

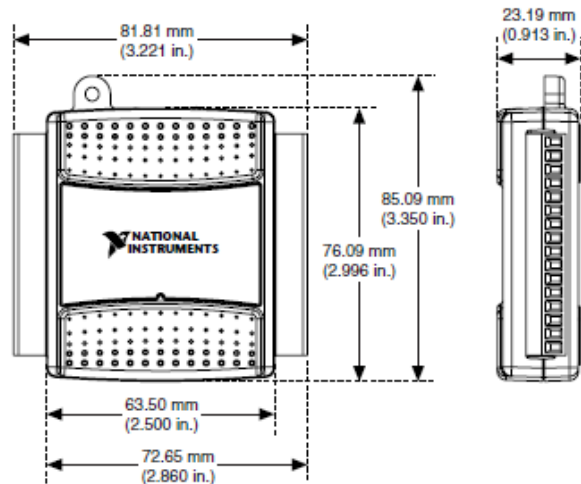
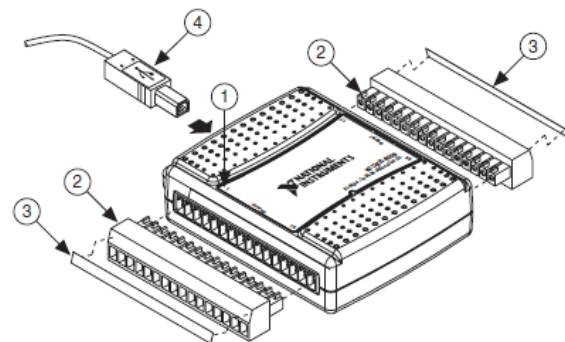


Fig.16 Dimensioni e forma della scheda NI 6008 USB



- | | |
|---|-----------------|
| 1 Overlay Label with Pin Orientation Guides | 3 Signal Labels |
| 2 Combicon Jack | 4 USB Cable |

Fig.17 Morsettiera e collegamento tramite cavo USB

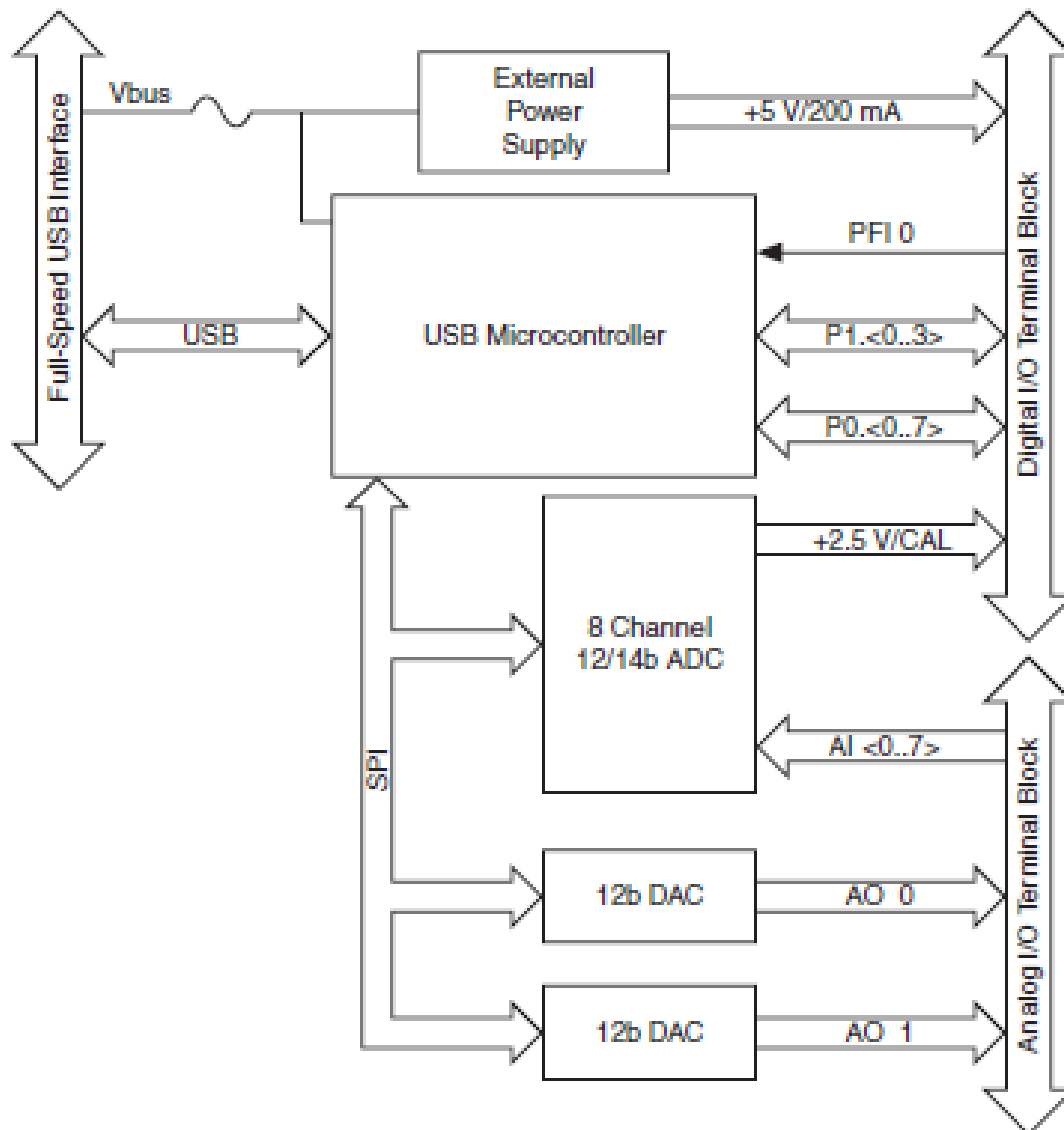


Fig.18 Schema a blocchi della struttura interna della scheda NI 6008

3.3.2 Considerazioni

La scheda NI impiegata in questo progetto appartiene alla fascia economica della categoria; le caratteristiche in termine di velocità di campionamento e numero di bit sono limitate ma in linea con il moderato prezzo a cui è disponibile (intorno ai 160 euro). Nonostante ciò, i risultati sono stati apprezzabili e il DAQ si è rivelato sufficientemente adeguato per gli scopi per cui si intendeva utilizzarlo. In un ambito più esteso e mirato alla precisione, all'accuratezza e alla sensibilità al rumore e ai disturbi elettrici, l'uso di schede di acquisizioni NI di fascia più alta sono sicuramente in grado di fornire dati più accurati e adatti ad un uso più professionale e industriale. Ciò, abbinato a sensori e condizionamenti di alta-media categoria, dovrebbe essere in grado di offrire prestazioni eccellenti anche in applicazioni veloci, senza rinunciare ai requisiti di accuratezza.

3.4 Circuiteria e cablaggio

3.4.1 Il circuito stampato

La PCB, acronimo di printed circuit board, è stata ottenuta usando una macchina fresatrice-foratrice di precisione. La scheda risulta essere dual layer, in modo tale da poter separare i circuiti destinati ad applicazioni diverse e contenere le dimensioni finali dello stampato. Le “piste” colorate in blu corrispondono al layer inferiore, ossia quello relativo al sensore e ai finecorsa, mentre quello in bordo rappresenta il layer superiore, destinato all'alimentazione del motore.

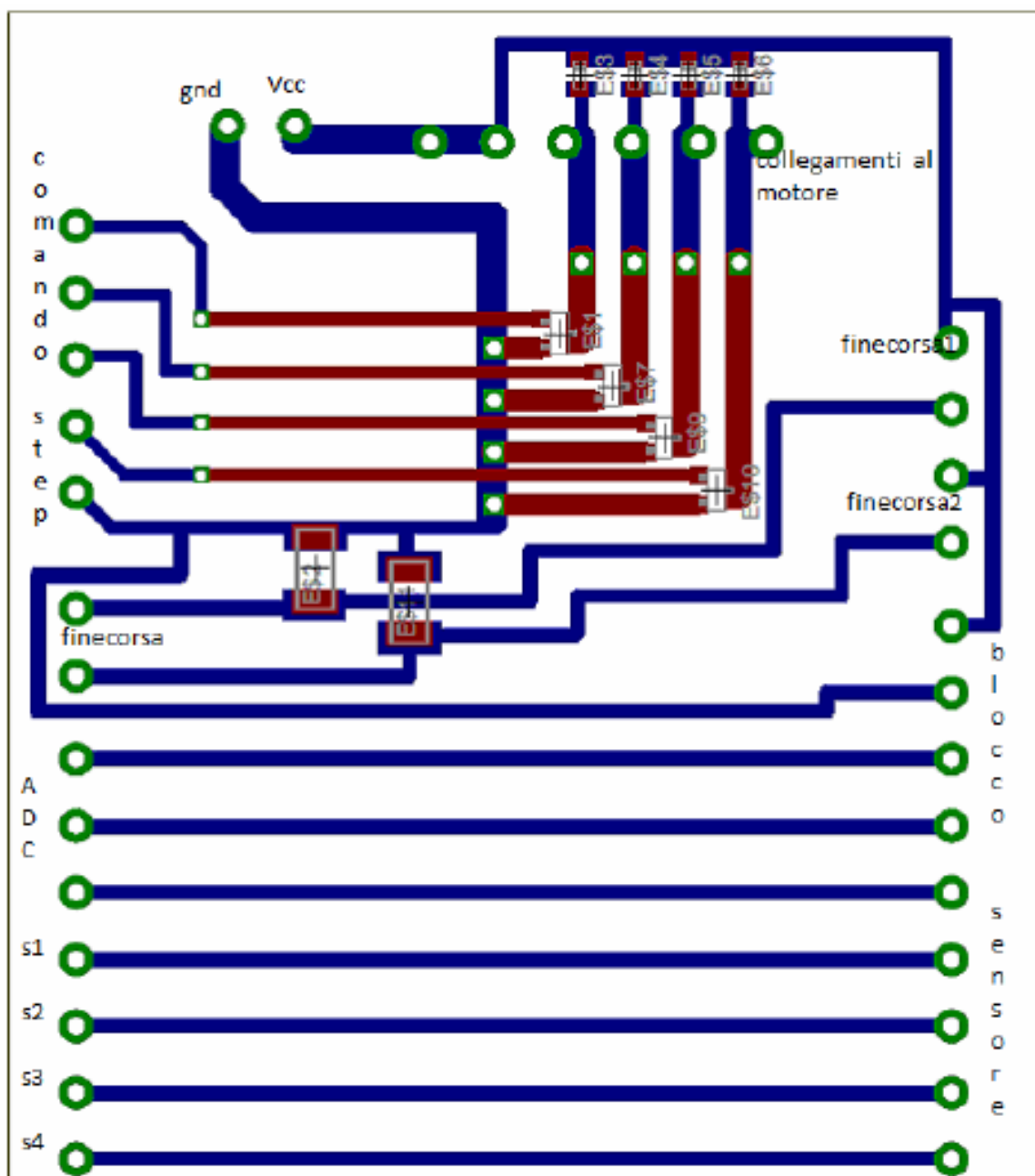


Fig.19 Circuito elettrico stampato del pcb principale: prima versione

Come si nota dallo schema, tutte le curve risultano raccordate e gli spigoli smussati; questo accorgimento consente minori perdite elettriche in quanto la corrente effettua un percorso meno “tortuoso”. Per comprendere più efficacemente questo aspetto, lo si può paragonare ad un flusso di liquido all’interno di una sezione tubolare: le perdite di carico sono direttamente proporzionali al numero di spigoli, raccordi, intersezioni che esso incontra nel percorso. Un'altra caratteristica che si denota dallo schema, riguarda le larghezze delle piste stesse, più strette per piccole correnti transitanti, più larghe per correnti rilevanti. Generalmente, ciò permette di distinguere le alimentazioni e i circuiti destinati ad applicazioni di potenza (attuatori in genere) dai circuiti destinati invece alla sensoristica e alla diagnostica. Per quanto riguarda l’aspetto di “layout” della scheda, si è cercato il più possibile di raggruppare tra loro le uscite destinate al medesimo componente, inserendo opportune distanze tra i vari blocchi in modo da evitare qualsiasi tipo di interazione dannosa. La parte inferiore è caratterizzata dai morsetti di ingresso e uscita per il sensore e il relativo condizionamento, mentre la parte superiore è dedicata ai morsetti dello step e dei finecorsa.

Durante i primi test del dispositivo, è stato diagnosticato un problema elettrico che impediva al software di percepire i segnali provenienti dai finecorsa. La struttura elettrica della porta di ingresso del DAQ, unita alla rete esterna del finecorsa risultava:

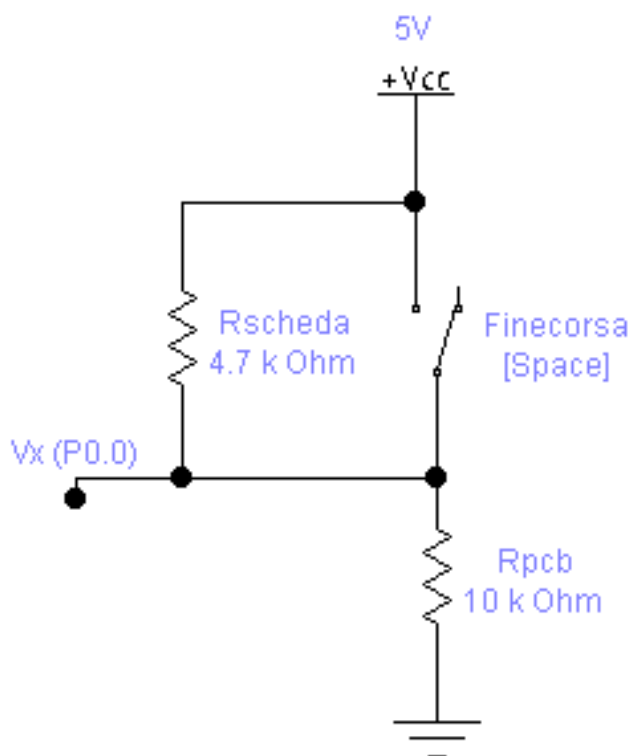


Fig.20 Circuito elettrico dei finecorsa meccanici: prima configurazione

In tale configurazione, ad interruttore non premuto risulta per la regola del partitore:

$$V_x = V_{cc} * R_{pcb} / (R_{scheda} + R_{pcb}) = 3,4 \text{ V}$$

Ad interruttore premuto invece:

$$V_x = V_{cc} = 5 \text{ V}$$

Considerando che:

“0 logico” = 0 - 0,8 V

“1 logico” = 2 - 5 V

la scheda NI e il software riconosceva il valore logico alto per entrambe le configurazioni.

E' stato quindi necessario operare a livello circuitale apportando la seguente modifica:

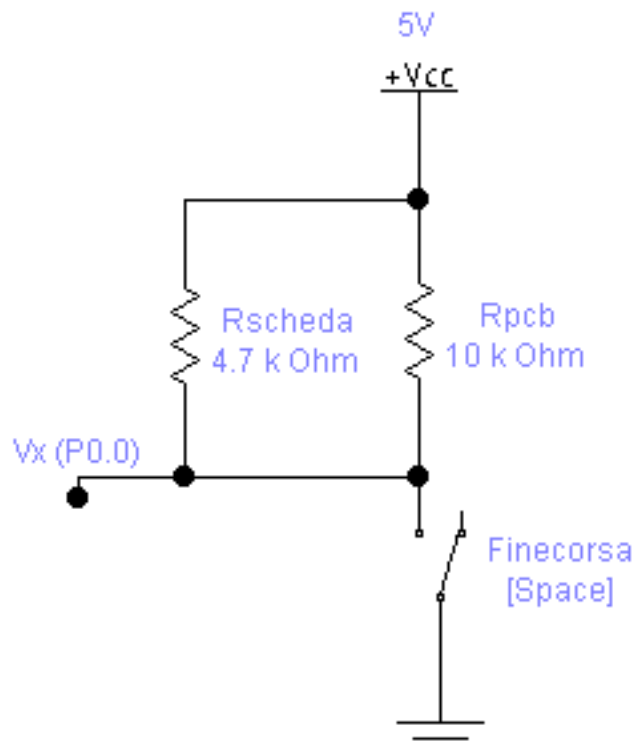


Fig.21 Circuito elettrico dei finecorsa meccanici: configurazione corretta

Per il nuovo circuito vale allora:

$V_x = 5\text{ V}$ ad interruttore non premuto

$V_x = 0\text{ V}$ ad interruttore premuto

Tale modifica è stata effettuata basandosi sullo schema circuitale interno della porta della scheda NI, disponibile da datasheet National Instruments.

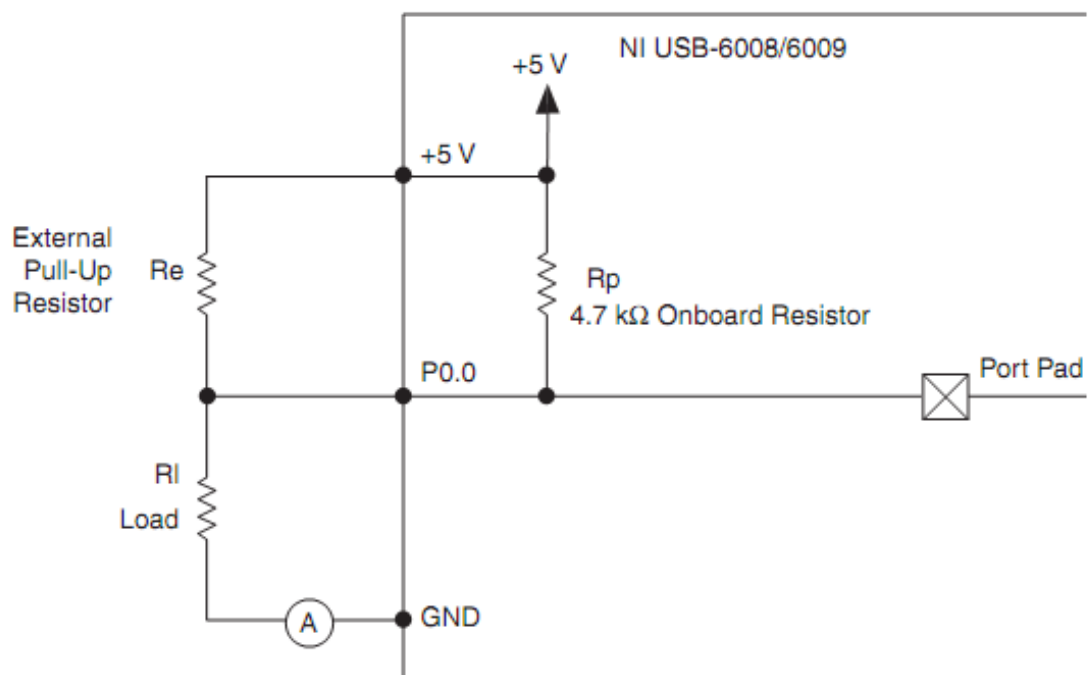


Fig.22 Circuito elettrico equivalente all'ingresso delle porte digitali delle scheda NI 6008

Lo schema che segue illustra le modifiche da effettuare sul circuito stampato per ovviare al problema sopra citato:

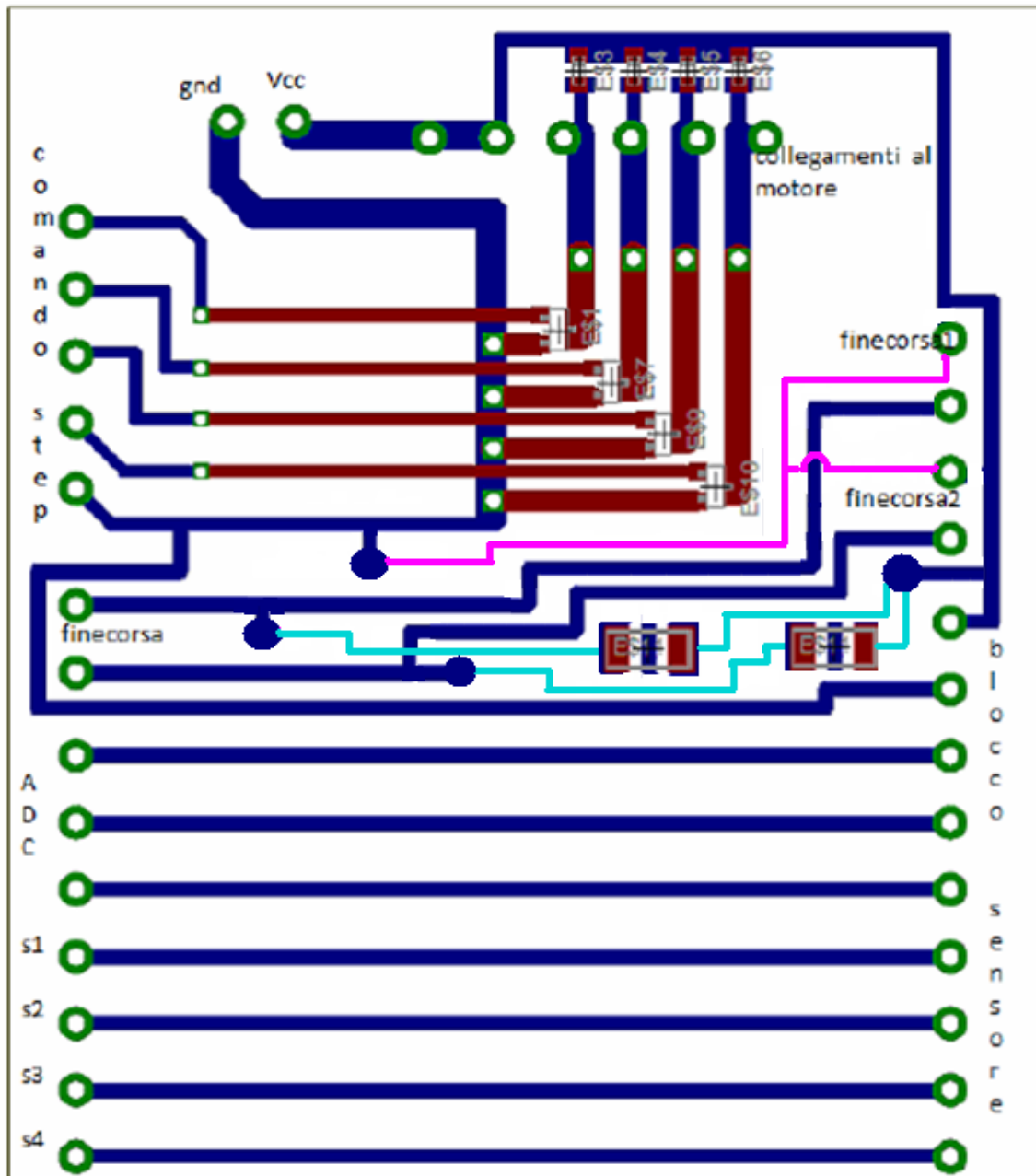


Fig.23 Circuito elettrico stampato del pcb principale: versione modificata

3.4.2 Il circuito di alimentazione e controllo del motore step

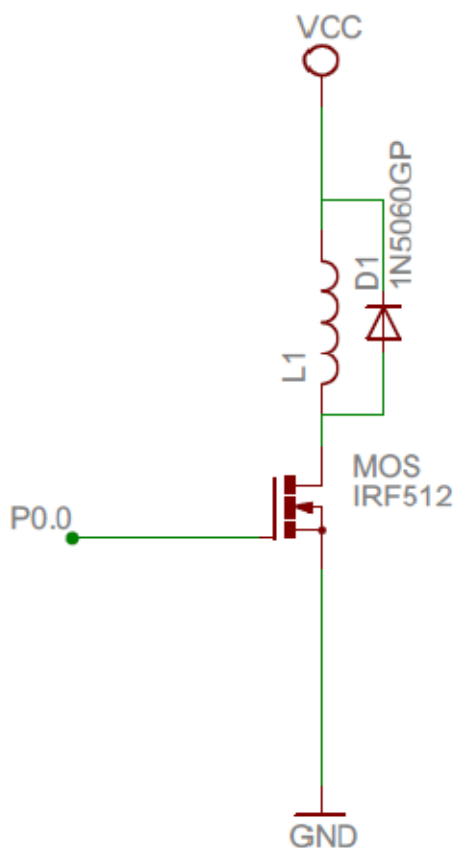


Fig.24 Circuito elettrico di pilotaggio delle fasi del motore step

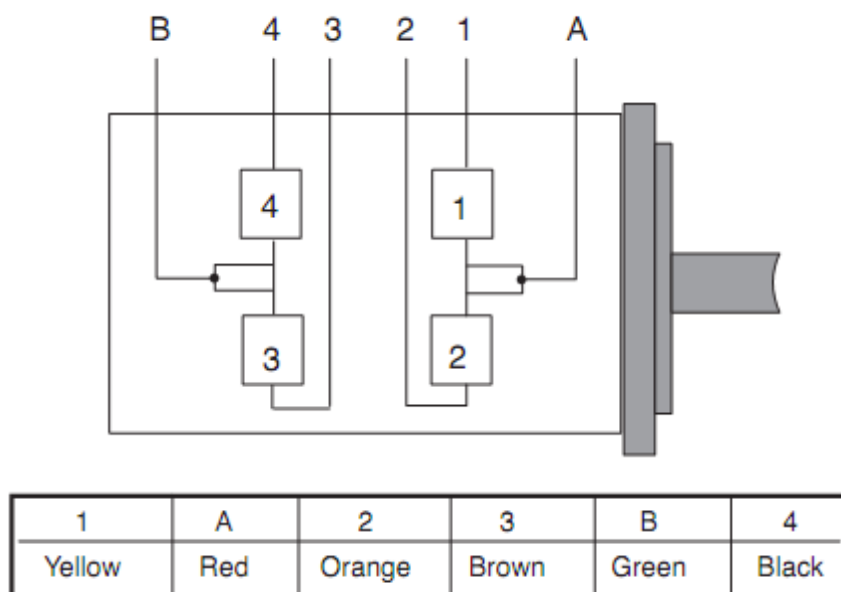


Fig.25 Identificazione dei colorazioni dei fili elettrici relativi alle fasi e all'alimentazione del motore passo passo

Come già accennato nella sezione riguardante il principio di funzionamento dei motori passo passo, essi richiedono, per il movimento, l'applicazione di una tensione costante ad uno dei capi degli avvolgimenti e una sequenza di impulsi che colleghino a massa (GND) ,una per volta, tutte le rimanenti fasi in una successione ordinata e temporalmente costante. Il collegamento a massa di una fase determina la chiusura del circuito e consente quindi il passaggio di una corrente nell'avvolgimento del motore, proporzionale all'impedenza dell'avvolgimento stesso. Tale corrente, come già detto, induce un campo magnetico che interagendo con i magneti del rotore, determina uno spostamento di quest'ultimo di una quantità detta "passo".

Il susseguirsi di ulteriori eccitazioni delle successive fasi, si ottiene un moto rotatorio composto da un elevato numero di "passi". Il circuito riferito ad una singola fase è visibile nella foto; V_{cc} è la tensione disponibile al capo dell'avvolgimento e quella disponibile per l'intero sistema (5V dc), L1 rappresenta l'avvolgimento, tipicamente con caratteristiche di tipo induttivo, collegato alla massa tramite un transistor di tipo MOS.

Il gate di tale transistor è collegato alla porta digitale della scheda NI6008 interfacciata dal software tramite pc; ciò permette di comandare l'apertura o la chiusura del transistor e di conseguenza abilitare il collegamento a massa e il passaggio della corrente nella fase dello step.

Tramite LabView è infatti possibile comandare una porta digitale mediante degli operatori booleani (true o false) e fornire in un uscita un valore logico alto (5V) o uno basso (0V) . Nel primo caso, tale tensione al gate consente al transistor di entrare nella regione di saturazione e comportarsi quindi da circuito chiuso permettendo così l'eccitazione della bobina della fase. Nel secondo caso invece, lo zero logico mantiene il MOS in regime di interdizione ($V_{gs} < V_{th}$,dove V_{th} = tensione di soglia) e il circuito si trova in condizioni di riposo (corrente nulla).

Uno dei vantaggi dei transistor MOS è rappresentato dall'elevato valore della resistenza di ingresso al gate che impedisce qualsiasi interazione dannosa tra la tensione del gate e il collegamento di massa al source (cortocircuito) e consente di risparmiare l'inserzione di una resistenza aggiuntiva nel gate. Alcuni transistor MOS commerciali sono infatti in grado di fornire valori di resistenza d'ingresso dell'ordine delle decine di $K\Omega$. Inoltre, i moderni MOS presentano fronti di salita ripidi e di conseguenza tempi di commutazione molto ridotti, consentendo così minori dissipazioni di potenza e buone efficienze anche a basse tensioni.

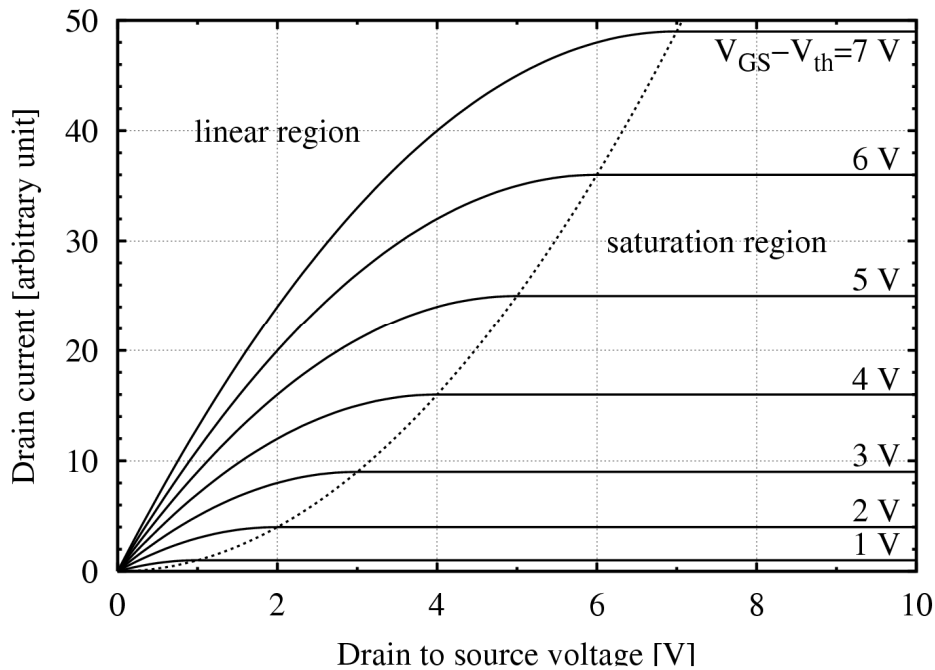


Fig.26 Curva tensione-corrente tipica di un transistor MOS

In antiparallelo all'avvolgimento L1, vi è collocato un diodo Schottky, la cui funzione è quella di proteggere il transistor, durante gli istanti di transizione, dalle tensioni che si generano a causa della repentina diminuzione o aumento della corrente (chiusura e apertura del MOS) dovuta al comportamento induttivo della fase, le quali, in assenza di tale accorgimento, raggiungerebbero valori elevati e pericolosi per la componentistica stessa. Tale diodo fornisce un percorso alternativo alla corrente e prende pertanto il nome di diodo di ricircolo. La scelta di utilizzare un diodo Schottky è basata essenzialmente su requisiti riguardo le velocità di commutazione piuttosto elevate (tempi di recovery brevi) rispetto ad un diodo tradizionale e livelli di soglia inferiori (0,35 V invece che 0,6-0,7 V).

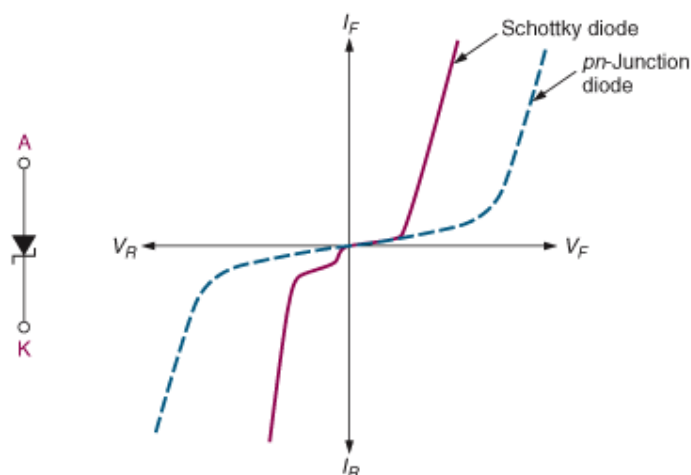


Fig.27 Grafico comparativo delle curve caratteristiche di un diodo Schottky e un diodo comune

3.4.3 Il circuito di alimentazione e controllo dei finecorsa

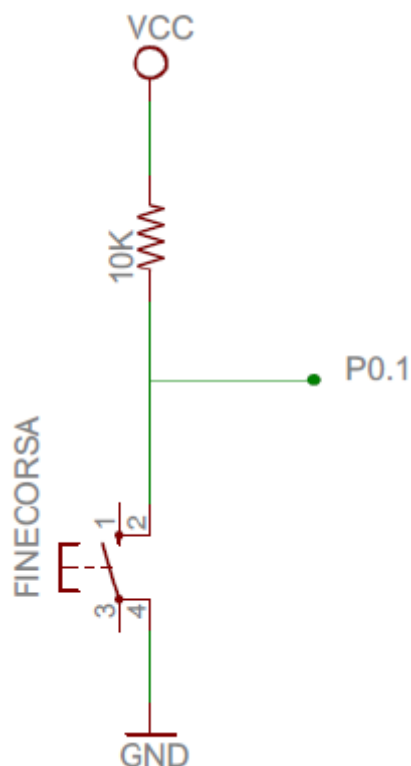


Fig.28 Circuito elettrico di pilotaggio dei finecorsa meccanici

La funzione dei due finecorsa impiegati è essenzialmente quello di fornire un segnale elettrico di tipo digitale (on-off) alla scheda NI e al software per consentire a quest'ultimo di conoscere la posizione del carrello e provvedere all'inversione del moto di avanzamento qualora esso raggiunga una delle estremità della guida. Al momento della chiusura di uno dei due finecorsa, il DAQ rileva una tensione maggiore di zero alla relativa porta e il software provvede quindi all'inversione del moto del carrello, agendo sul verso della sequenza di eccitazione.

3.4.4 Schema I/O complessivo

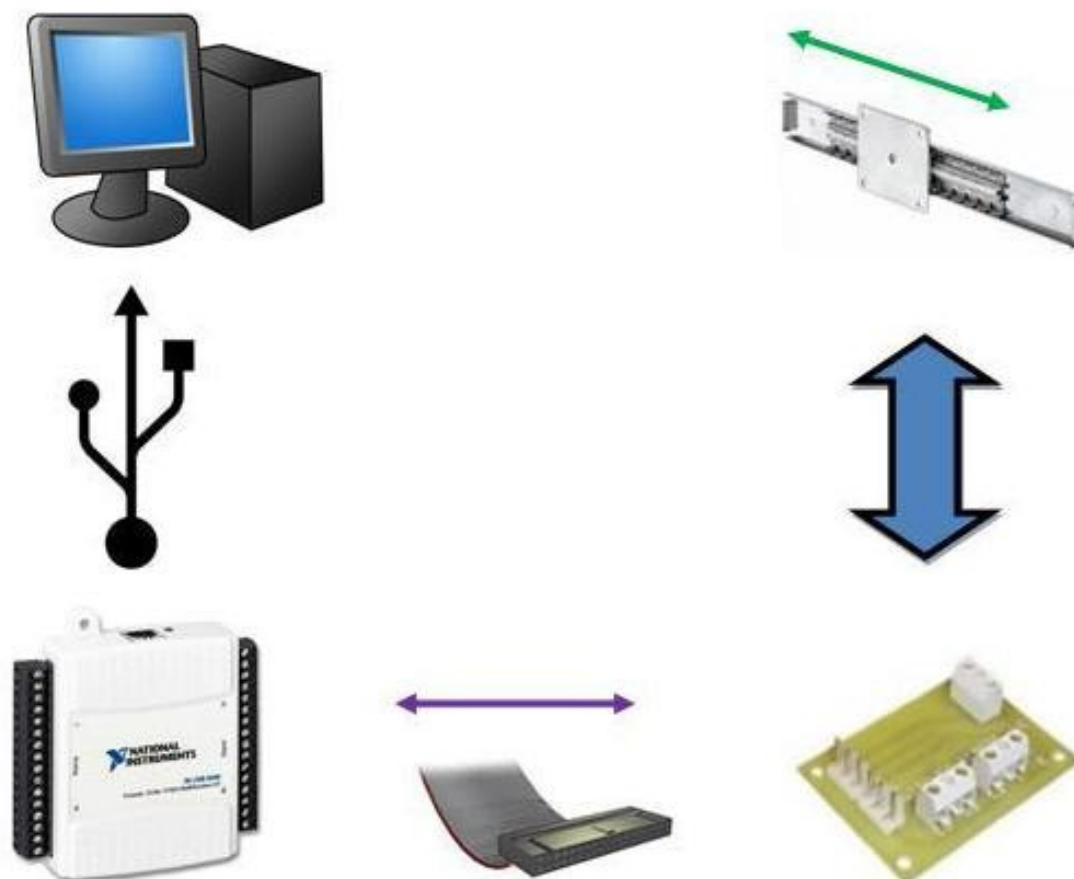


Fig.29 Schema della struttura generale e dei collegamenti tra i vari blocchi

Come è possibile notare dallo schema, l'utilizzo del prototipo di lettura dei colori presuppone la presenza di un elaboratore nelle immediate vicinanze. In ambito industriale, molto spesso questo requisito non è soddisfatto, in quanto i macchinari sono usualmente separati dai reparti ove è possibile reperire un computer. In vista quindi di un'applicazione pratica, sarà utile e necessario valutare la possibilità di avvalersi di un'unità wireless, nel caso di ambienti poco disturbati e distanze ridotte, o, in alternativa, di sostituire l'insieme "DAQ-PC" con un modulo integrato programmabile, in grado di gestire autonomamente l'intera sequenza di riconoscimento dei colori e di provvedere all'esecuzione delle operazioni richieste al seguito.

3.5 Software di controllo e comando

Che cos'è LabVIEW?

LabVIEW è un ambiente di programmazione grafica che include collegamenti e icone grafiche per lo sviluppo di un'ampia gamma di sistemi avanzati di controllo, misura e test. LabVIEW è compatibile con migliaia di dispositivi hardware e include librerie per analisi avanzate e per la visualizzazione dei dati. La piattaforma di LabVIEW è scalabile su target multipli e sistemi operativi ed è uno standard per la programmazione grafica fin dal 1986.

Le funzioni principali e i vantaggi sono:

- Programmazione più veloce
- Integrazione hardware in LabVIEW
- Analisi avanzate ed elaborazione del segnale
- Data Display e UI
- Target multipli e OS
- Approcci diversi alla programmazione
- Programmazione multicore
- Memorizzazione dei dati e reportistica
- Supporto, formazione e servizi software
- Collabora e condividi i file con gli utenti di LabVIEW di tutto il mondo

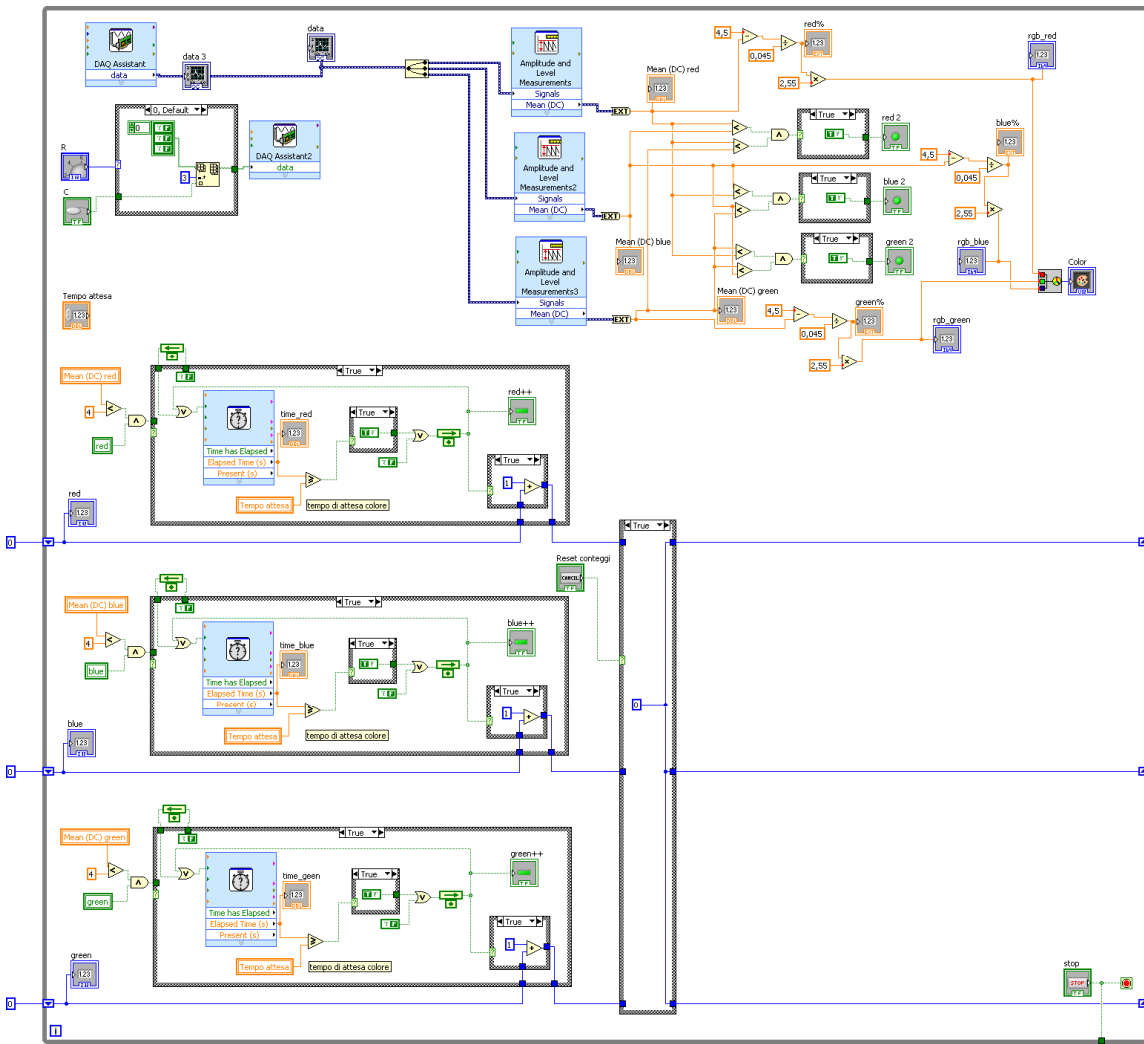
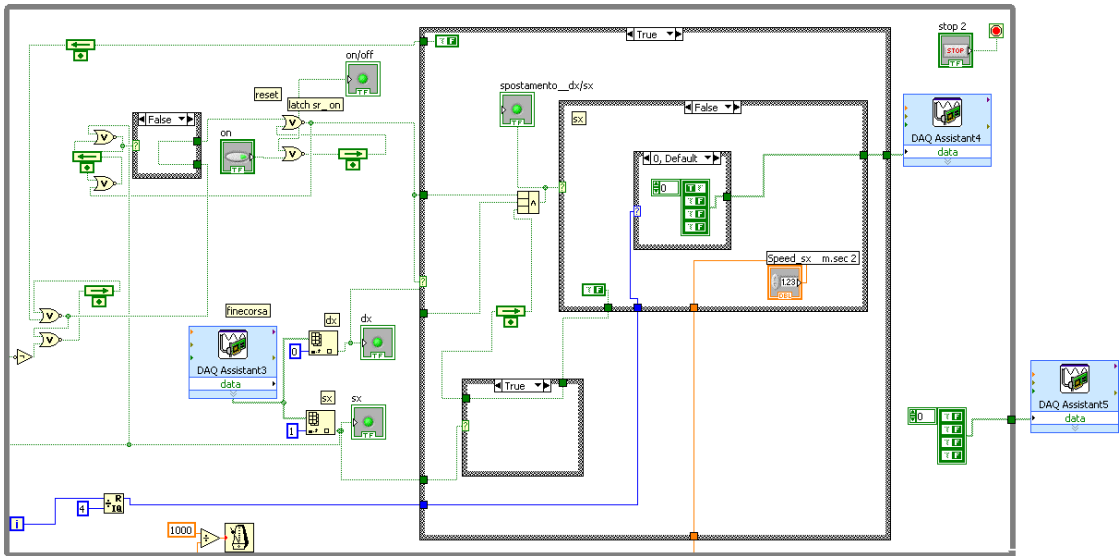


Fig.30 Software: Block diagram motore e sensore

In questa sezione verranno riportati e analizzati i risultati di numerosi test effettuati direttamente sul dispositivo in condizioni e configurazioni diverse al fine di mettere in luce i pregi e difetti della struttura stessa e degli accorgimenti adottati.

Tutti i casi più interessanti saranno accompagnati dalle relative immagine catturate da schermo per renderne più agevole la comprensione; le prove sono state eseguite in un ambiente chiuso a temperatura di circa 22°, provvisto di luce naturale e artificiale alogena.

4.1 Test “a vuoto”

Prima di cominciare l’analisi con target di diversi colori e materiali, vediamo come si comporta il sensore in assenza di colore, con la sola influenza delle condizioni luminose esterne.

In condizioni di assenza totale di luce, il sensore rileva una gradazione scura e riporta in uscita il colore nero, sia con led spenti che accesi. Si nota un leggero sfarfallio delle tracce di tensione sul grafico nel caso di led in funzione, con un leggero abbassamento del verde e del rosso.

Questo fatto può essere spiegato considerando che la luce, in particolare quella artificiale, presenta una tendenza al giallognolo, ossia a una frequenza che si avvicina maggiormente alle frequenze del rosso e del verde(vicine tra loro) ed escludendo invece quella del blu, decisamente di valore inferiore.

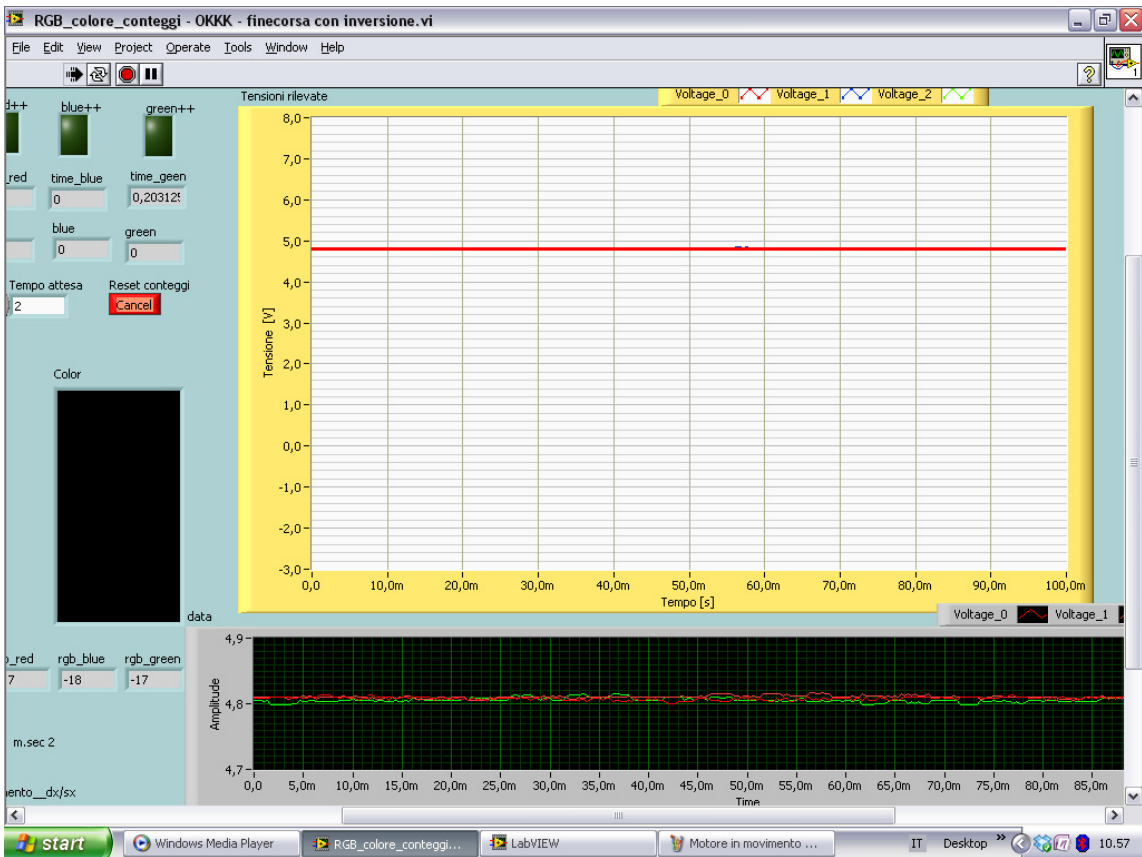


Fig.32 Test a vuoto- Assenza di luce ambientale e led off

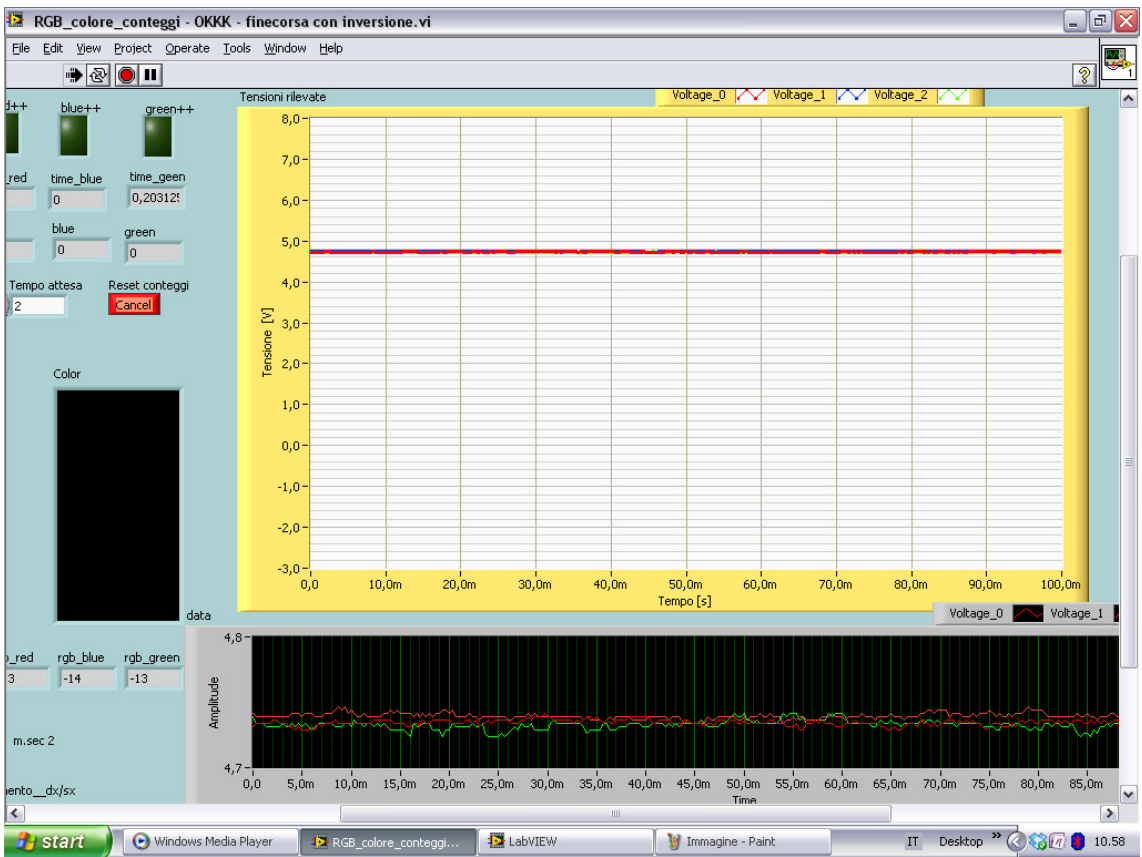


Fig.33 Test a vuoto-Assenza di luce ambientale e led on

A piena luce, invece, viene rilevata una gradazione chiara, tendente all'ocra, ed è presente il medesimo problema di oscillazione delle tracce di tensione in presenza di led allo stato on.

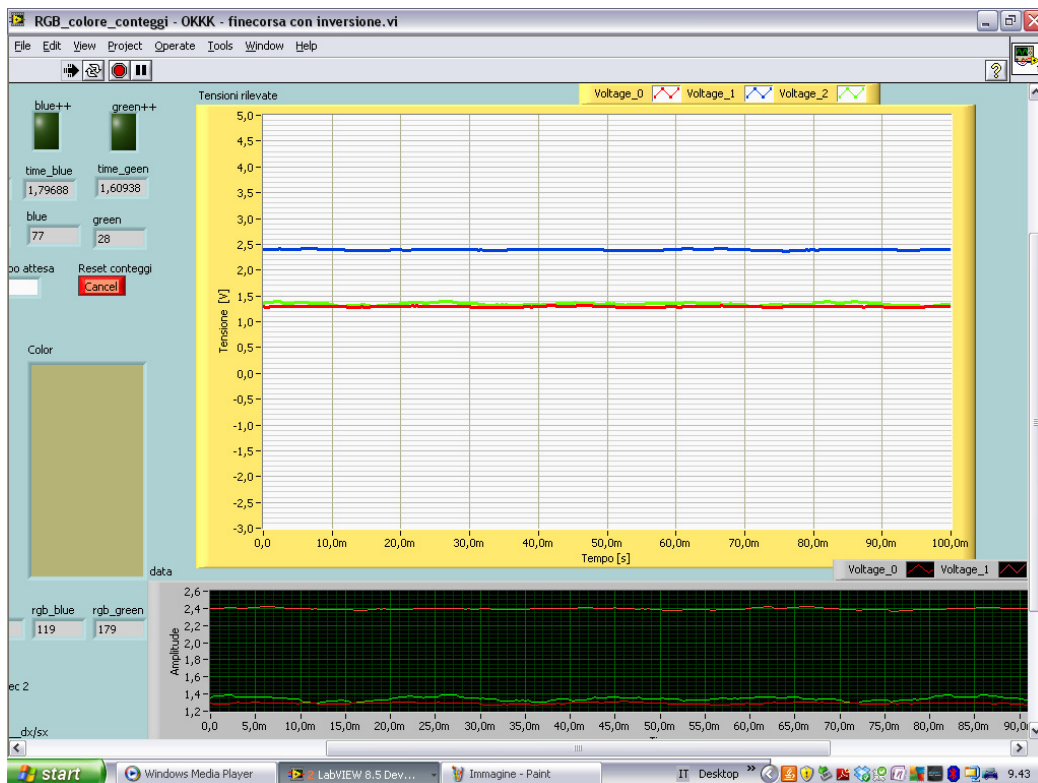


Fig.34 Test a vuoto- Luce ambientale e led off

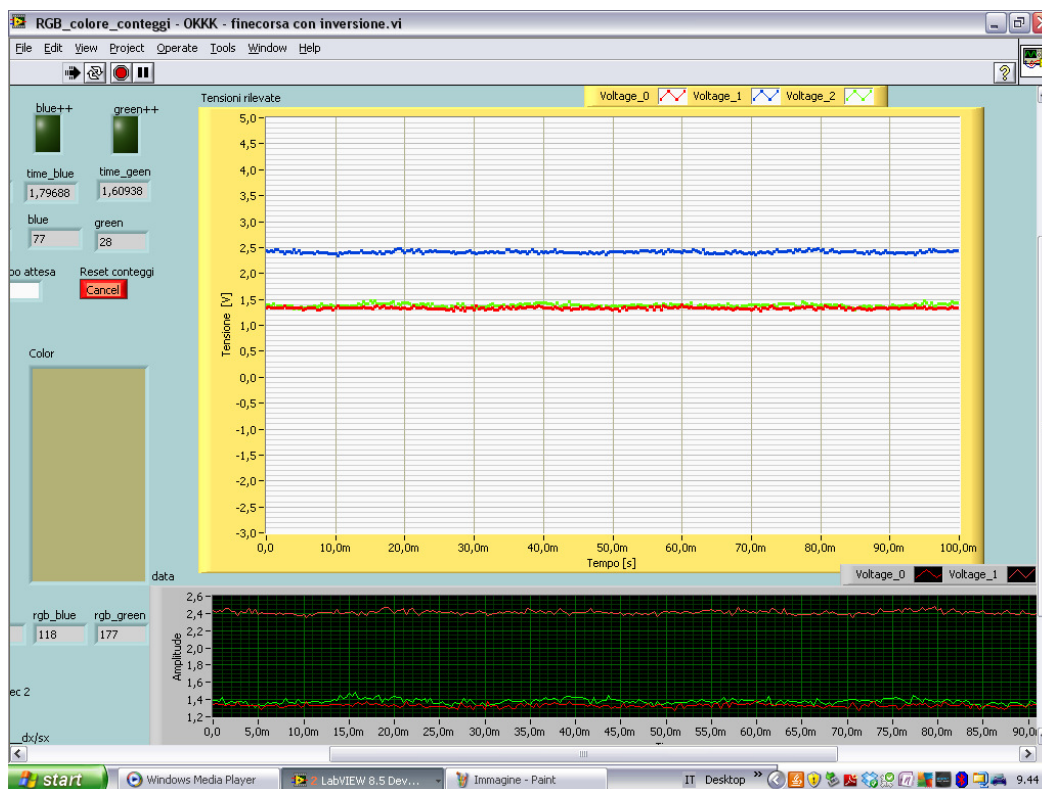


Fig.35 Test a vuoto-Luce ambientale e led on

Come ultimo caso della prima serie di test a vuoto, è risultato interessante notare gli effetti di un qualunque disturbo luminoso affacciato al sensore. Tale disturbo nella realtà è rappresentato da una luce a incandescenza, con una potenza di circa 40 Watt, posta ad una distanza di circa mezzo metro dal sensore e con un angolatura di circa 60° rispetto all'asse del sensore. La figura mostra l'influenza del disturbo sulle tensioni rilevate; tale valore risulta sempre maggiore via via che si aumenta il fattore di amplificazione del blocco di condizionamento del sensore, secondo la nota relazione $y=k*x$, dove y è il valore di tensione in uscita dovuta al disturbo, k il fattore di amplificazione del condizionamento e x il disturbo stesso.

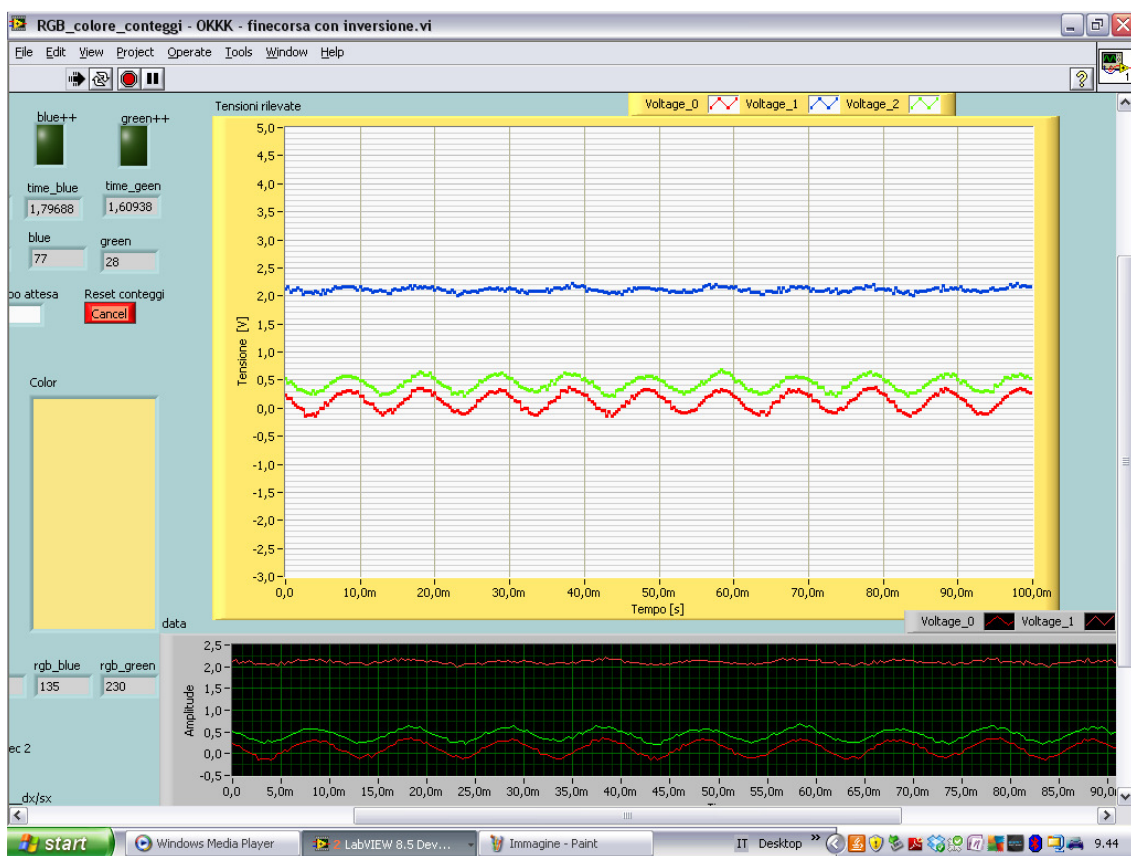


Fig.36 Test a vuoto-Luce ambientale e disturbo luminoso

4.2 I problemi

Durante i primi test di collaudo della struttura, è sorto un problema che ha costretto ad una “revisione” del circuito elettrico e di alcune modifiche fisiche. Tale problema derivava dal fatto che, in sede di progetto, era stato deciso di utilizzare una singola presa di alimentazione per alimentare l'intero dispositivo, ossia motore step e sensore, di modo tale da risparmiare componenti e rendere i collegamenti più semplici e intuitivi. In seguito ci si è resi conto che, a causa delle proprietà induttive-capacitive degli avvolgimenti del motore e l'assenza di filtri di linea, creava notevoli oscillazioni e interferenze sulla linea di alimentazione; tali distorsioni, per come era strutturato il circuito elettrico, interagivano anche sul sensore e sul blocco di condizionamento mostrando a monitor tracce variabili, disturbate e con molti spigoli. Tali armoniche inoltre non risultavano costanti né di ampiezza né di forma al variare della velocità del motore.

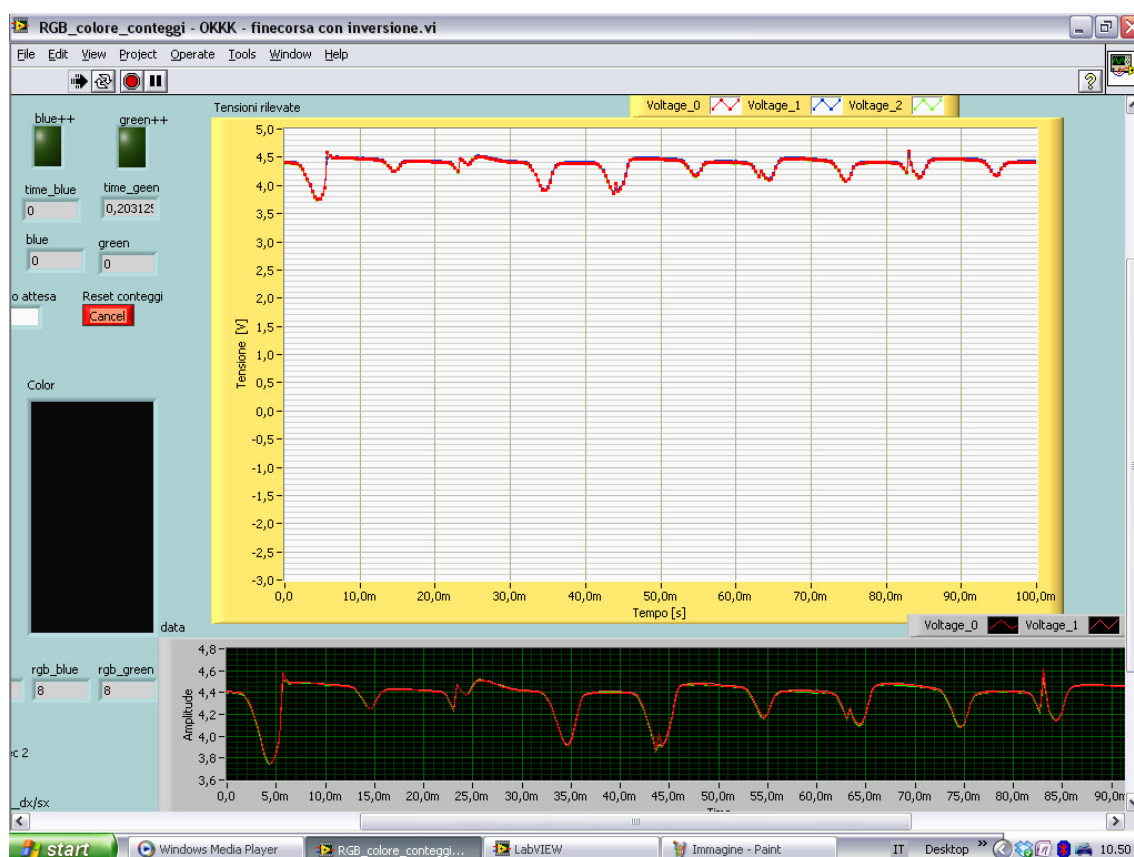


Fig.37 Oscillazioni dei livelli di tensione del sensore a cause dell'azionamento del motore step

All'aumentare della velocità la situazione diventa:



Fig.38 Oscillazioni dei livelli di tensione del sensore a cause dell'azionamento del motore step ad alte velocità

Non potendo quindi agire via software con semplicità, è stato deciso di separare l'alimentazione del motore step da quella dell'apparato sensoristico, in modo da evitare interazioni dannose. Per rendere il più stabile possibile le condizioni di alimentazione del sensore, la tensione è stata prelevata dalla porta a 5V della scheda NI, come da figura:

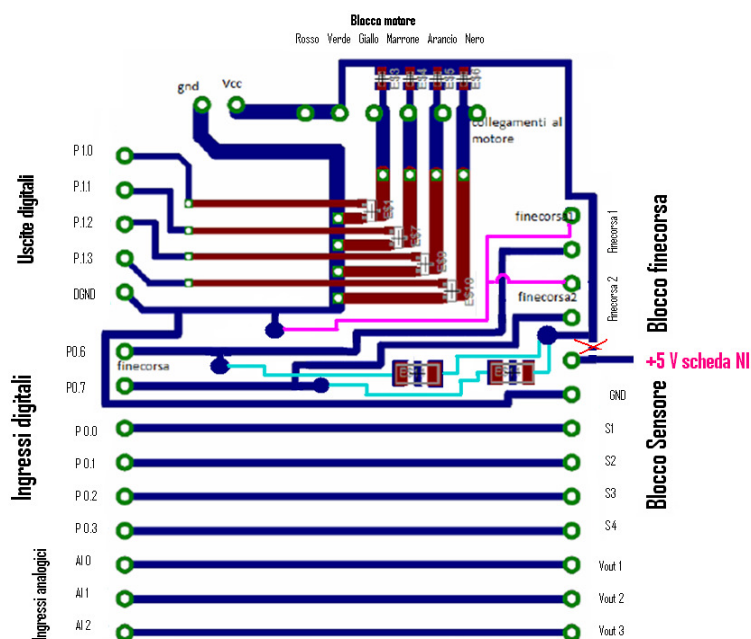


Fig.39 Pcb principale dopo modifiche

Il risultato è stato ottimo e anche a motore in moto, le tracce risultavano molto più pulite rispetto alla configurazione precedente. La modifica è stata comunque limitata e non ha influenzato negativamente la struttura né il numero di componenti.

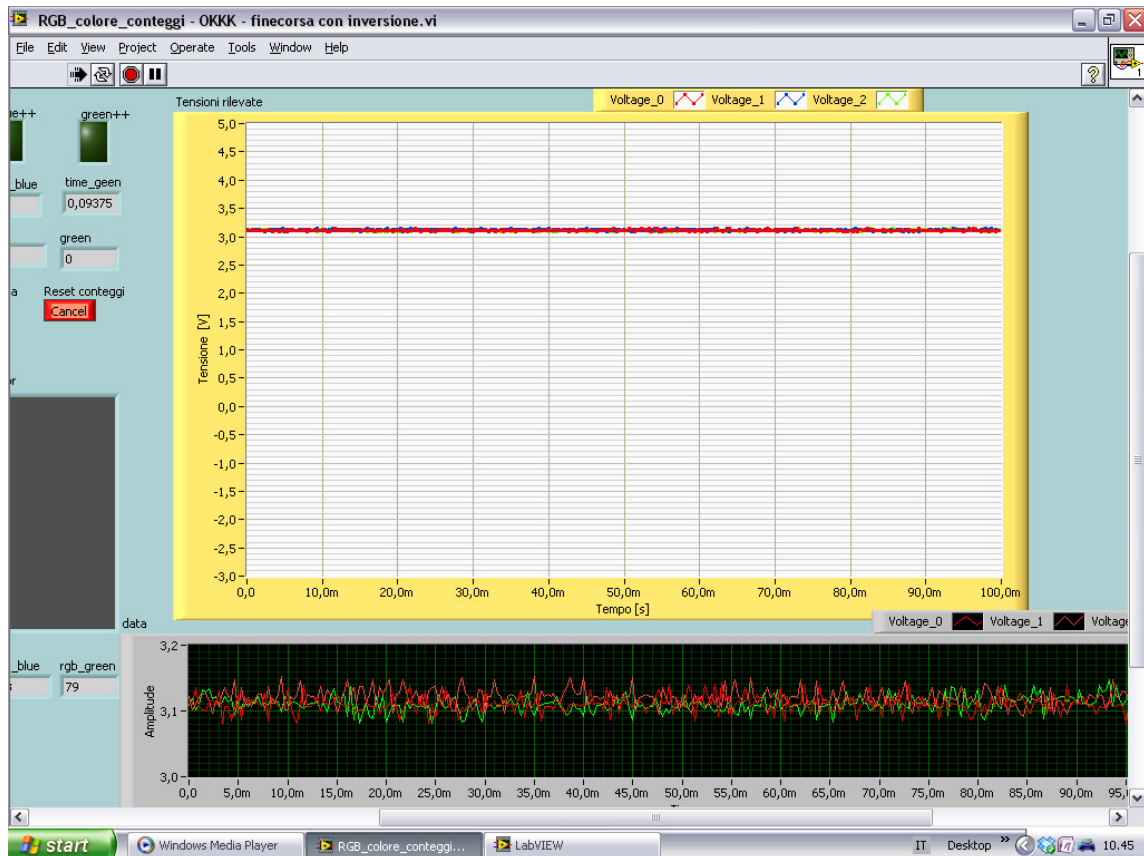


Fig.40 Stabilità delle tracce di tensione del sensore dopo modifiche all'alimentazione

4.3 Caratterizzazione dei colori primari

Rosso

I test effettuati utilizzando diversi target di colore rosso hanno dimostrato la difficoltà del sensore nell'identificare con sufficiente precisione la gradazione del colore, fornendo così dei risultati non del tutto soddisfacenti. Bisogna ricordare però che la luce esterna e la luce dei led del sensore, come già detto, influenzano principalmente le frequenze del verde e del rosso. Potrebbe essere quindi anche questa una delle cause del decadimento del colore, presente nella totalità dei target rossi analizzati. Tale causa ha influenzato anche le distanze minime e massime al quale il sistema è in grado di riconoscere la presenza di una determinata gradazione cromatica:

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Rosso	Sempre visibile	Sempre visibile

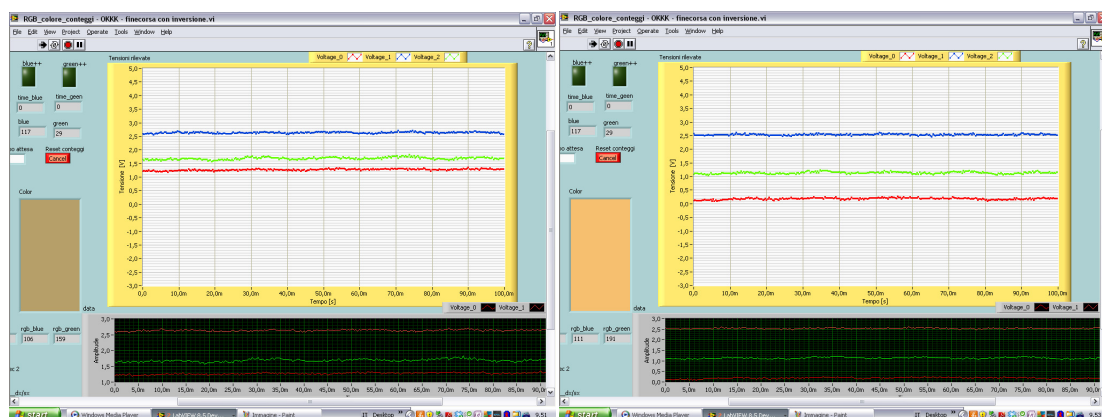


Fig.41a Rosso lucido

Fig.41b Rosso matita

Verde

I risultati ottenuti invece in questo caso sono stati più soddisfacenti e il colore virtuale ottenuto da monitor si è avvicinato molto al colore reale. I risultati migliori sono stati ottenuti con i target verde pennarello, mentre quello lucido ha dimostrato una tendenza all'ingiallimento.

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Verde	Sempre visibile	15

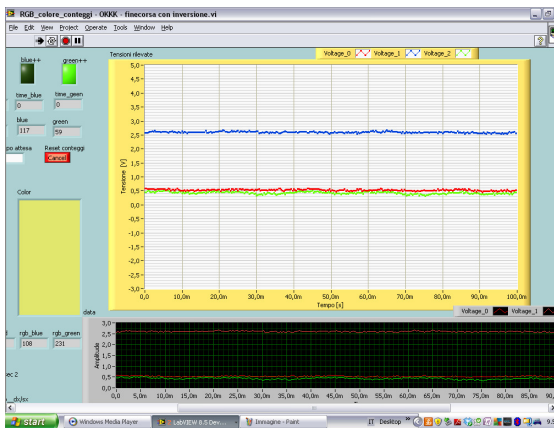


Fig.42a Verde cartoncino

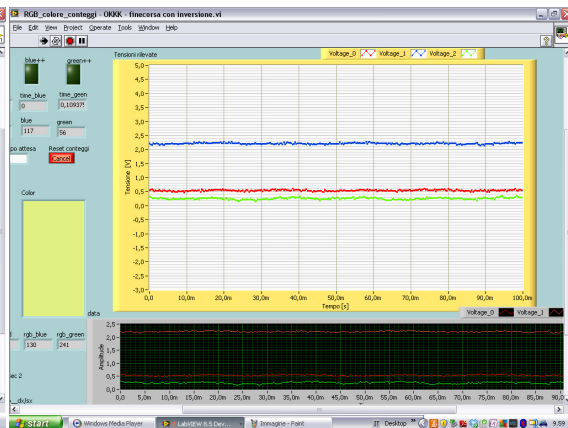


Fig.42b Verde lucido

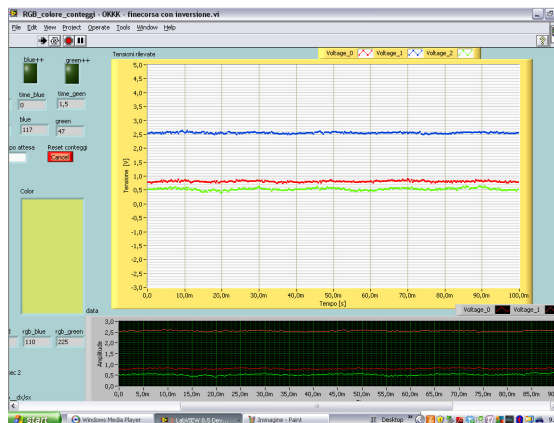


Fig.43a Verde matita

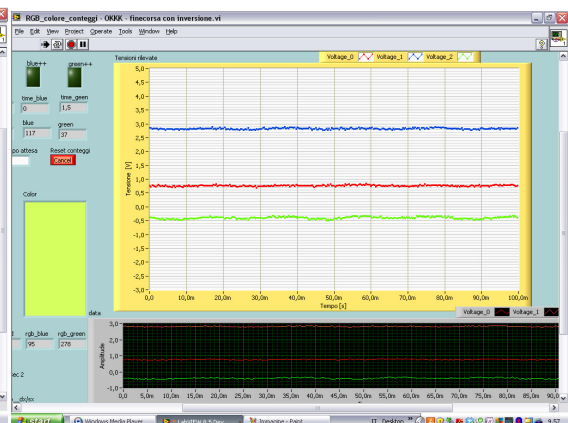


Fig.43b Verde pennarello

Blu

Per quanto riguarda l'ultimo dei colori primari, è stato interessante notare come solo il blu pennarello è stato in grado di sollecitare il sensore alla giusta frequenza, mentre il blu matita/lucido/cartoncino addirittura hanno fornito valori tendenti al chiaro, come visibile dalle figure.

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Blu	3	9,5

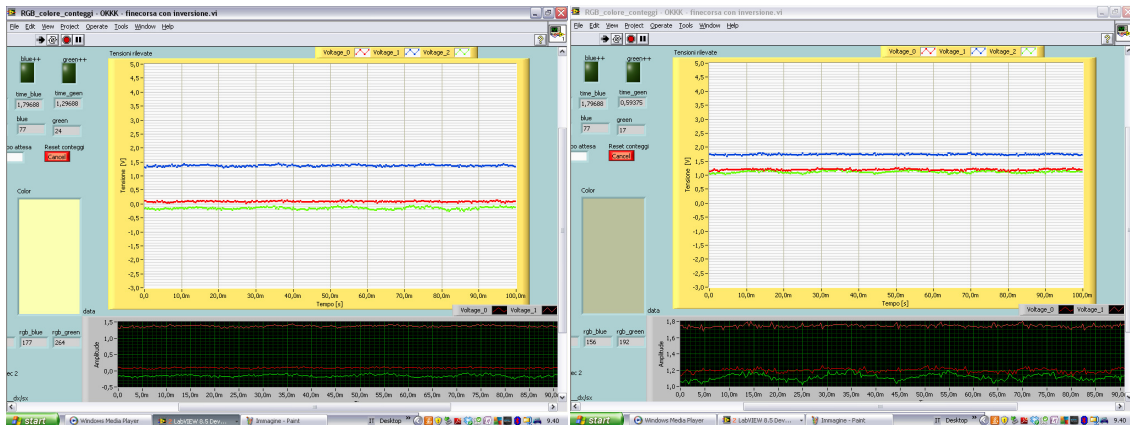


Fig.44a Blu cartoncino

Fig.44b Blu lucido

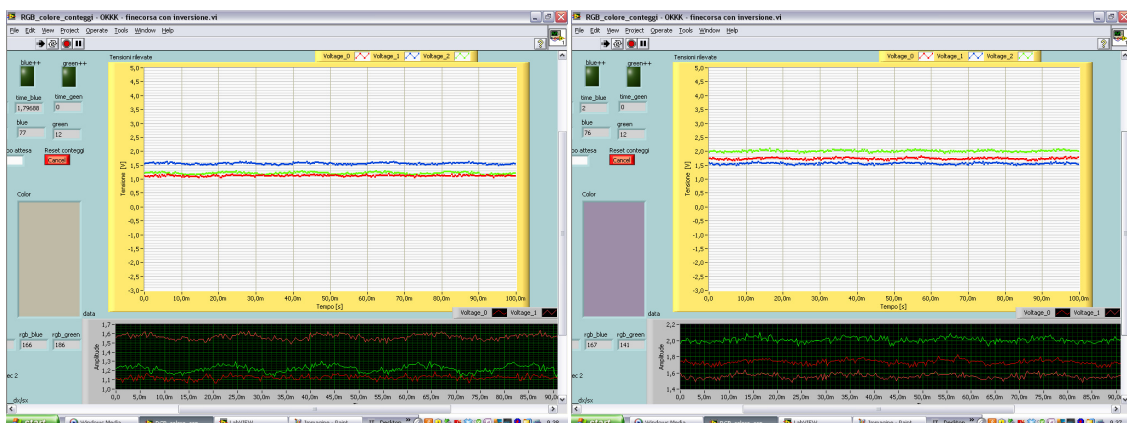


Fig.45a Blu matita

Fig.45b Blu pennarello

4.4 Altri colori

Nel seguito, come esempi, verranno considerate le prestazioni del sensore anche in presenza di colori non primari, ottenuti per combinazione di rosso, blu e verde.

Giallo

Il giallo è probabilmente tra tutti i colori analizzati, quello che meglio viene riconosciuto e riprodotto. Tutti i target analizzati hanno mostrato ottime caratteristiche e i risultati sono stati pressoché identici anche al variare del tipo di colorazione. E' stato inoltre possibile notare come tale colore porti rapidamente alla saturazione delle tensioni corrispondenti al verde e al rosso rendendo così il sensore molto sensibile. Possiamo quindi classificare il giallo come un punto di forza per questo sensore.

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Giallo	Visibile sempre	6

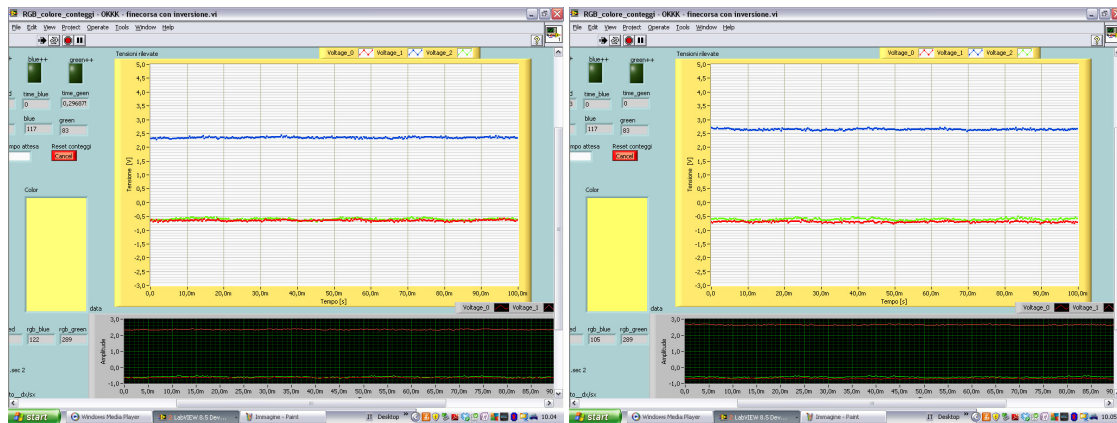


Fig.46a Giallo cartoncino

Fig.46b Giallo lucido

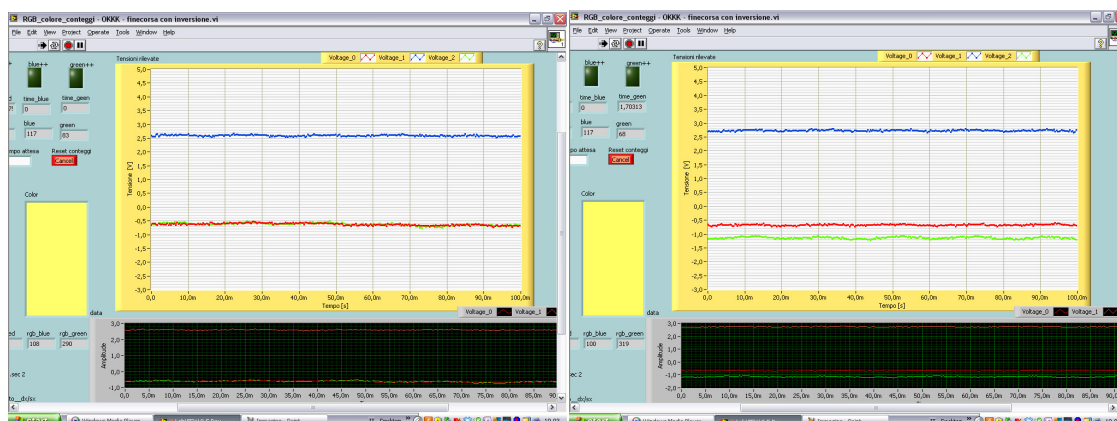


Fig.47a Giallo matita

Fig.47b Giallo pennarello

Marrone

In questo caso i risultati sono stati nel complesso soddisfacenti anche se sono risultate molto marcate le differenze a riguardo del tipo di colore. Il lucido e il pennarello sono risultati di tonalità più scura, mentre la matita più chiara, con tendenza all'beige. La matita e il lucido inoltre hanno una tendenza all'ingiallimento maggiore rispetto al pennarello al diminuire della distanza.

Un'altra considerazione importante e interessante riguarda appunto la distanza dal sensore del target: partendo da una distanza di circa 5 cm e avvicinando il target sempre più al carrello si vede che il colore schiarisce sempre più fino a diventare quasi completamente giallo ocra. Raggiunta poi il cono cilindrico del sensore, il colore stranamente ritorna più scuro, riprendendo così le sembianze di un marrone.

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Marrone	Visibile sempre	5

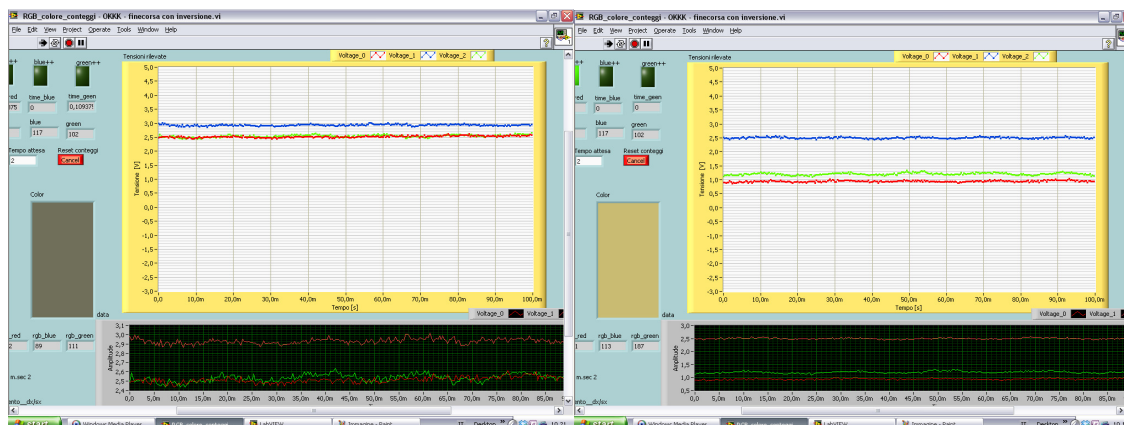


Fig.48a Marrone lucido

Fig.48b Marrone matita

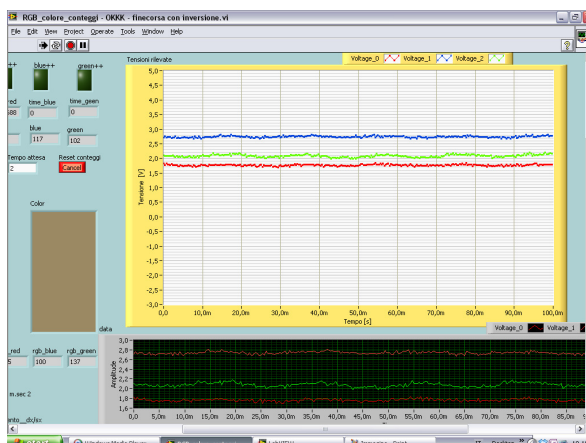


Fig.49 Marrone pennarello

Rosa

Un comportamento simile al marrone è stato mostrato dal rosa, molto influenzato dal tipo di target e dalla distanza dal sensore. Come il marrone, esso tende rapidamente al giallo se avvicinato troppo e addirittura tra i 4cm fino a quasi il contatto con il sensore, appare bianco per poi tornare rosa se posto completamente a contatto con esso. Il fenomeno è simile a quello riscontrato con il marrone ma sembra più accentuato in questo caso. Le figure seguenti illustrano meglio il fenomeno:

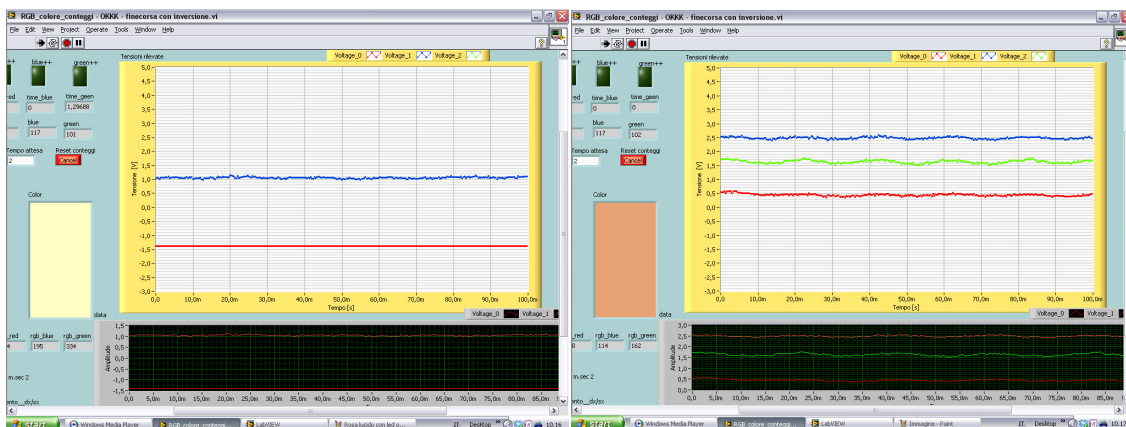


Fig.50a Rosa tra 4 e 0 cm di distanza dal sensore

Fig.50b- Rosa a diretto contatto del sensore

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Marrone	Tra 4 e 0,5 non visibile, ma visibile a stretto contatto	5

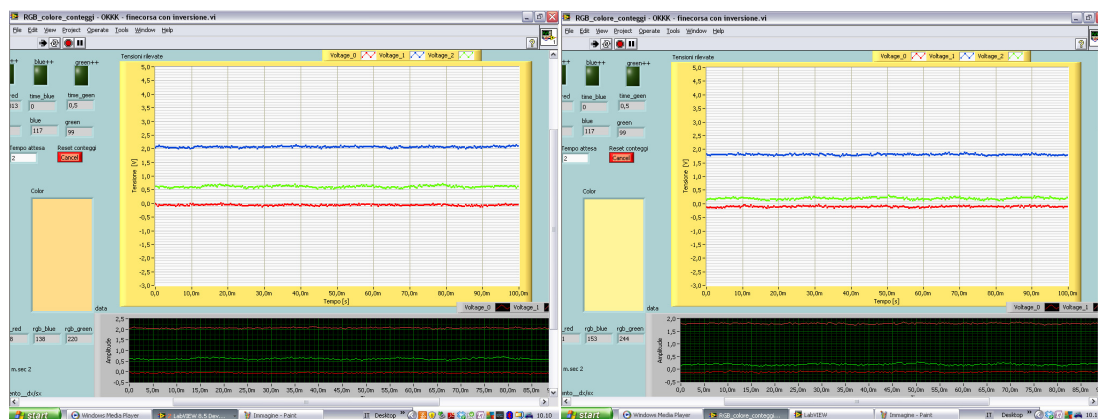


Fig.51a Rosa cartoncino

Fig.51a Rosa lucido

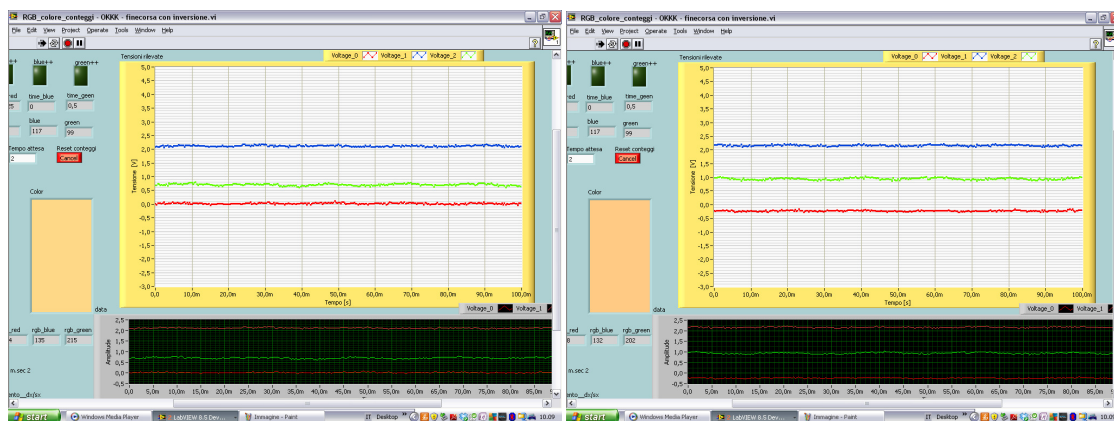


Fig.52a Rosa matita

Fig.52b Rosa pennarello

Nero

Rappresenta probabilmente il punto debole del sensore in quanto risulta impossibile definirlo e individuarlo in quanto il colore che ne risulta dall'acquisizione è addirittura tendente al bianco. Questo fatto è dovuto alla luce bianca dei led del sensore che vengono riflessi dal nero del target e determinano un effetto alone chiaro che va ad intaccare i valori di tensioni fornendo risultati completamente privi di senso. Spegnendo infatti i led, il colore acquisito torna infatti ad essere più scuro e più simile a un grigio-nero, ma questo comportamento è stato riscontrato anche con altri colori ed è determinato dalla scarsità di luce che non permette al sensore di raggiungere il valore minimo per mostrare una minima sollecitazione.. Concludiamo quindi dicendo che il nero è impossibile da rilevare con uno strumento di questo tipo e sembrano non esserci soluzioni possibile, se non la completa adozione di un sistema differente.

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Nero	N.D	N.D

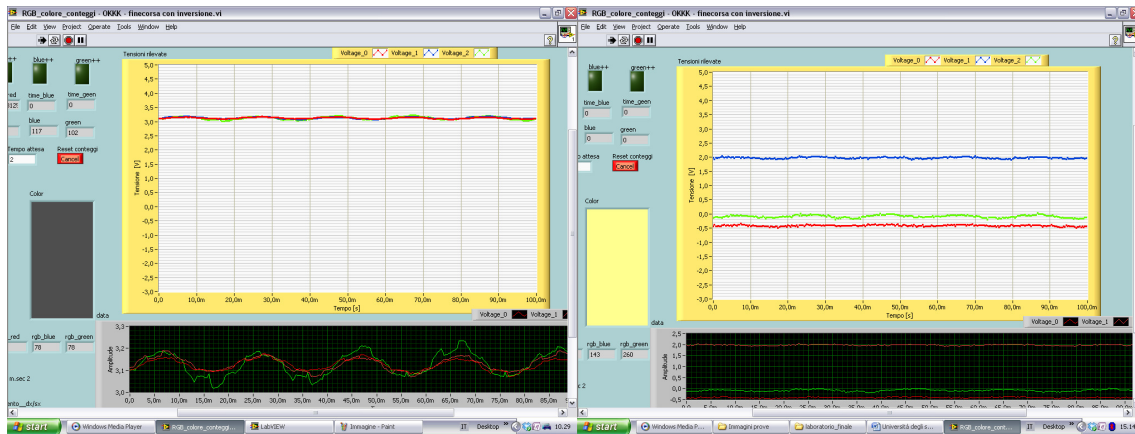


Fig.53a Nero con led off

Fig.53b Nero con led on

Bianco

In questo caso il bianco è ben riconoscibile con tutti i tipi di materiali e tipologia di colorazione. L'unico accorgimento è quello di non avvicinarsi più di 1 cm dal sensore, pena l'ingiallimento del colore rappresentato. Anche in questo caso, come nel giallo, si è soggetti ad una forte saturazione delle componenti verde e rosso.

Colore	Distanza minima dal sensore [cm]	Distanza massima dal sensore [cm]
Bianco	1	4

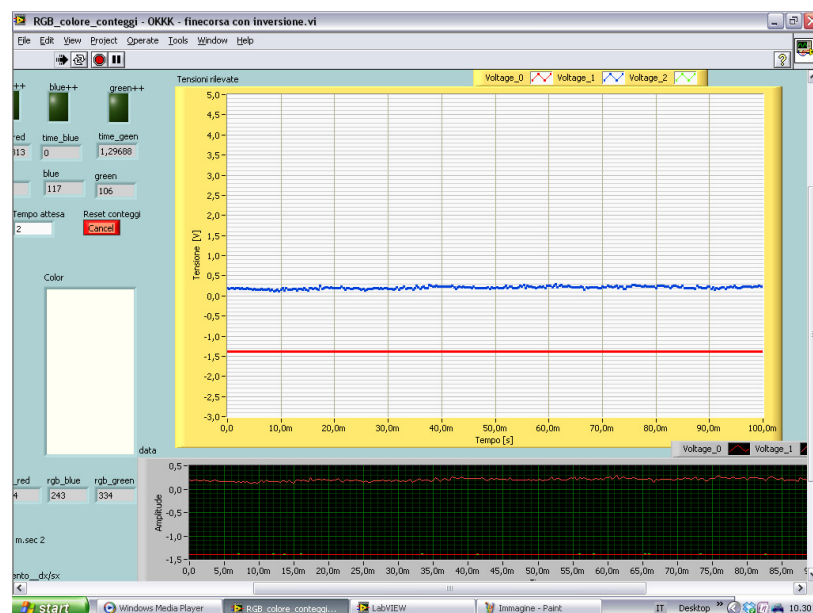


Fig.54 Bianco con led off

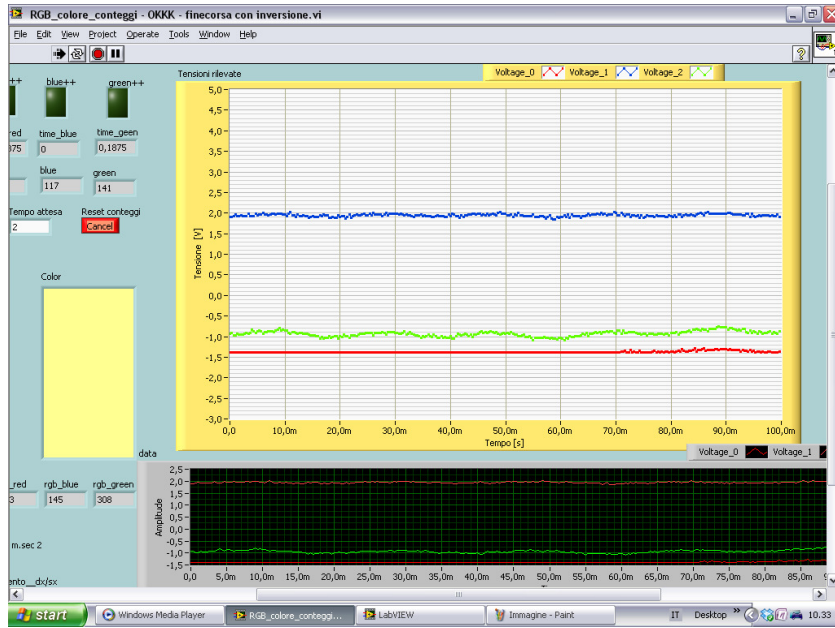


Fig.55 Bianco con led on

4.5 Sistema di movimentazione

In merito alle prestazioni dinamiche del dispositivo, è importante evidenziare alcuni aspetti che ne influenzano le prestazioni.

In primo luogo, il moto del motore anche a basse velocità risulta essere leggermente rumoroso e ricco di vibrazioni, indotte probabilmente dallo step stesso e dalla scorrevolezza della guida. Ad alte velocità questo fenomeno diventa molto invasivo e il motore sembra avere delle incertezze, le quali determinano un andamento molto scattoso e impreciso che limita la velocità massima del motore. Per tempi di comando della sequenza delle fasi inferiori a 10mS (ovvero impostando 100 come valore di velocità nel front panel), il motore è di fatto inutilizzabile. Il tempo minimo di pilotaggio può quindi essere considerato circa 11ms, corrispondente ad impostare 90 sul front panel.

Il motivo di questi problemi può senz'altro essere imputabile, oltre al motore stesso, anche alla tipologia di trasmissione adottata. Il sistema cinghia-puleggia presenta infatti una bassa inerzia e il fatto di non avere riduttori tra motore e carico, fa sì che ogni minima vibrazione o variazione di velocità venga istantaneamente trasmessa al carrello, con conseguente peggioramento della qualità della traslazione. Servirebbe un cosiddetto "effetto volano" per fornire un assorbimento delle vibrazioni e regolarizzare il moto. Essendo questa una soluzione poco pratica, le alternative possibili possono essere quelle di sostituire il motore step con un motore in cc o ac, i quali possiedono una rotazione più fluida, veloce ed esente da scatti, tipici del motore step. Di contro tali motori non presentano una coppia di tenuta e a parità di coppia nominale, possono avere dimensioni superiori ai corrispettivi motori passo passo, nonché possibili circuiti di pilotaggio più complessi e costosi.

Altra alternativa potrebbe essere quella di operare a livello della trasmissione, sostituendo il sistema cinghia-puleggia con uno di tipo a cremagliera, più silenzioso e "lineare". In tal caso il motore dovrebbe essere montato direttamente sul carrello mobile e la guida sarebbe fornita di una pista dentata. Il fatto di avere il motore in moto con il carrello, aumenta il peso di quest'ultimo e comporta quindi:

- Maggiore potenza in quanto il motore deve muovere anche il proprio peso
- Maggiore inerzia e moto meno scattoso e minore trasferimento di vibrazioni e possibilità di maggiori velocità di avanzamento
- Maggior numero di cavi di collegamento a dispositivi mobili

4.6 Considerazioni conclusive

Al termine dei test effettuati, è possibile evidenziare alcune particolarità del dispositivo e trarre alcune conclusioni , utili come riferimento per successive prove.

Motoristica

- **Motore step molto “scattoso”**
- **Rumorosità durante gli avanzamenti**
- **Trasmissione non idonea allo smorzamento di vibrazioni e alla “linearizzazione“ del moto**
- **Limite alla velocità massima di avanzamento**
- **Buon funzionamento automatizzato (finecorsa)**

Sensoristica

- **Buone prestazioni generali del sensore**
- **Effetto “alone luminoso” su target lucidi a causa del sistema di illuminazione a led**
- **Eccessiva tendenza al riconoscimento di una tonalità rossa/gialla anche in assenza di target (solo luce ambientale)**
- **Difficoltà nell’identificazione di colori di tonalità scura**
- **Il funzionamento avviene solo in condizioni di illuminazione diretta del target**

Target

- **I materiali lucidi risultano meno riconoscibili nella giusta gradazione cromatica (problemi di riflessioni luminose)**
- **I materiali più spessi e corposi sono più adatti a fornire risultati accurati in quanto non permettono alcun effetto di trasparenza, riscontrabile invece utilizzando carta comune**
- **La saturazione e il contrasto del tonalità cromatica incrementano il grado di riproducibilità a monitor del colore (il pennarello ha fornito risultati migliori rispetto alla matita)**

Guida al laboratorio

5.1 Premessa

La seguente guida rappresenta un esempio di prova svolgibile in un laboratorio per testare e valutare le capacità del dispositivo, in particolare analizzare i punti forti e quelli deboli dell'insieme sensore-motore, in vista di utilizzi futuri in ambiti più professionali

Materiale necessario

- Sistema mobile
- Alimentatore DC (5V)
- Scheda NI 6008 o superiore
- Computer
- Software NI LabView8 o superiore
- Cacciavite a taglio
- Cavi elettrici (preferibilmente un bus)
- Cartoncini colorati (preferibilmente di materiali diversi, sia lucidi che opachi)

Obiettivi

- Testare le prestazioni del sensore rgb in diverse condizioni di funzionamento
- Testare le prestazioni del motore passo passo e della trasmissione meccanica a regimi di funzionamento diversi
- Testare, valutare e commentare le tipologie differenti di “target” impiegati
- Formulare un “resoconto” finale riguardo:
 - a) i risultati ottenuti per i singoli elementi, confrontandoli con i dati tecnici dei costruttori ed evidenziandone le differenze e gli scostamenti principali
 - b) le prestazioni globali del dispositivo complessivo, le reali funzionalità, i possibili miglioramenti e le future applicazioni

Schema illustrativo dei collegamenti scheda pcb

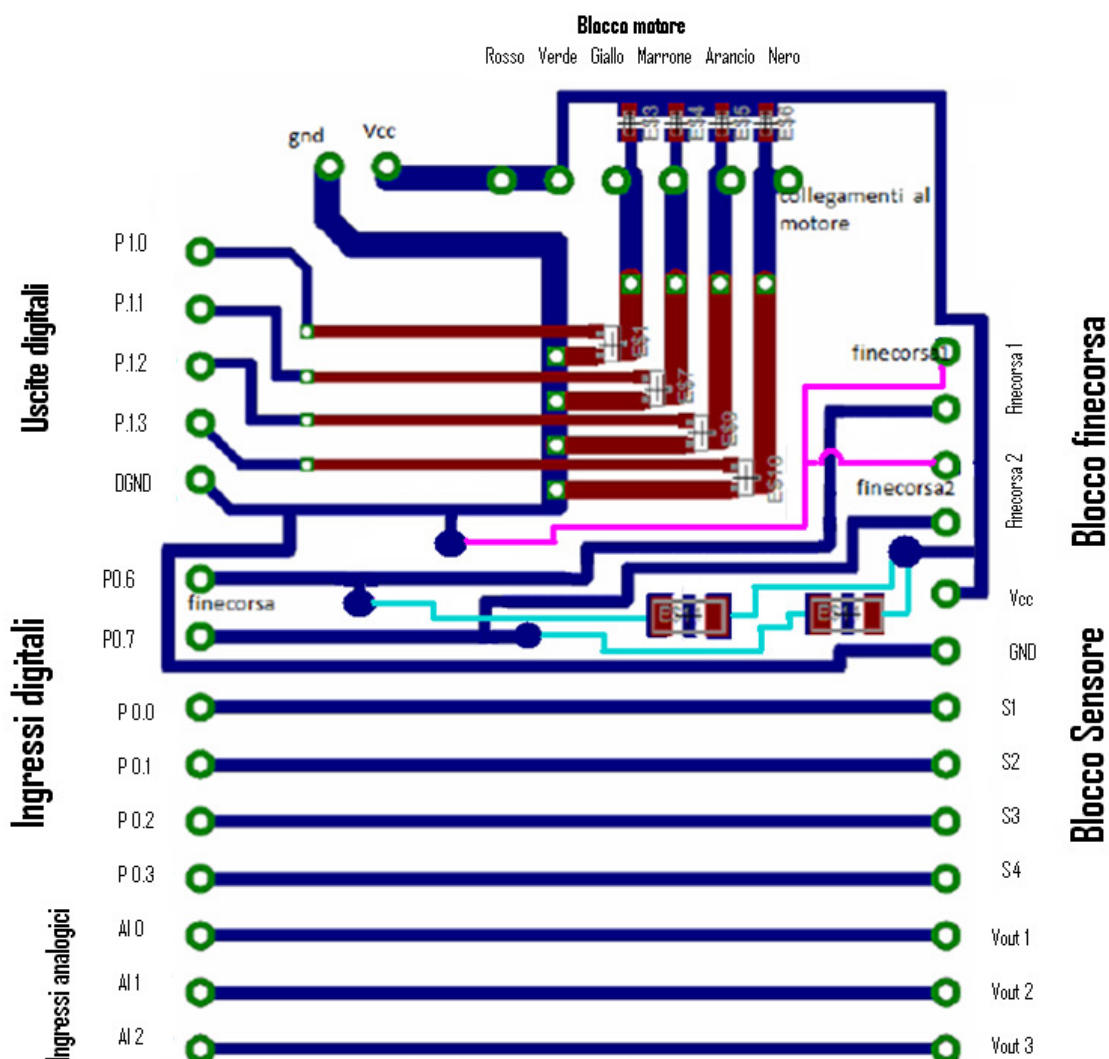


Fig.56 Collegamenti scheda-pcb e pcb-componenti

Gli ingressi e le uscite della parte di sinistra della scheda stampata andranno collegate alle relative porte della scheda NI 6008, indicate a fianco di ogni morsetto; la parte di destra invece si interfacerà al bus di cavi proveniente dal pcb del sensore e dai finecorsa. Nella parte superiore, trovano spazio invece i sei morsetti per l'alimentazione e il controllo del motore step, nonché gli ingressi Vcc e GND dell'alimentatore. Terminati tutti i collegamenti elettrici, attivati tutti i dispositivi e lanciato il programma Labview, siete pronti per testare il sistema.

5.2 Svolgimento dei test

Prove statiche

Per i primi test, mantenete fisso il carrello ed effettuate delle prime prove statiche del sensore per valutare da prima possibili errori di offset o distorsioni del segnale dovute a condizioni ambientali differenti o sfavorevoli.

A tale riguardo, lanciate il programma mediante il tasto “run” in alto a sinistra del front panel e avvicinate dei foglietti di carta o cartoncino colorati alla faccia del sensore, verificando sul monitor i colori acquisiti; provate poi ad avvicinare e allontanare tali foglietti dal sensore verificando il comportamento di quest’ultimo e il campo di visibilità in funzione della distanza dal target. Avvalendosi di un righello, cercate di misurare la distanza minima e massima del target dal sensore per un corretto riconoscimento del colore e cominciate a compilare la tabella che trovate nella pagina seguente.

Si ripeta poi la prova, azionando questa volta i due led montati sui lati del sensore e si verifichi se sono riscontrabili miglioramenti o peggioramenti nella rilevazione delle gradazioni cromatiche e annotate nuovamente i dati in tabella.

Per quanto riguarda la regolazione fine, si ricorda che è possibile agire sull’interfaccia grafica del programma per variare alcuni parametri di interesse quali il guadagno del condizionamento del sensore e il valore del condensatore di retroazione atto alla soppressione dei disturbi. Variando questi parametri si dovrebbero osservare variazioni anche notevoli sui comportamenti dei livelli di tensioni delle frequenze dei colori primari rosso, verde e blu. Nel caso quindi l’acquisizione risultasse scarsa e i risultati precari o per puro interesse, si effettuino ulteriori prove agendo su di questi parametri.

Nota: Il sensore rgb basa il suo comportamento sull’intercettazione delle frequenze delle onde luminose riflesse dagli oggetti; questo fatto fa sì che la presenza di luci esterne o elementi luminosi interferisca nella corretta esecuzione, portando da errori anche non banali. Di conseguenza, per fini di uno svolgimento corretto e il più possibile preciso della prova, è necessario che prestiate attenzione alla qualità e all’intensità della luce ambientale, eventuali riverberi od ombre nell’intorno del banco di prova. Nelle prove effettuate durante i collaudi per esempio, sono stati riscontrati

disturbi elettrici nella linea, dovuti all'interferenza delle frequenze dei neon di illuminazione ambientale.

Per concludere la prima parte dei test, è interessante valutare anche le performance dei target, ovvero ripetere le prove già citate variando le caratteristiche dei target. In particolare:

- Tipologia del colore: tempera, matita, pennarello ecc..
- Tipologia di materiale: carta sottile, carta spessa, cartone, plastica ecc..
- Tipologia superficie: lucida, opaca, liscia, ruvida ecc..

Noterete come tali caratteristiche influenzino in modo differente nei diversi colori, il che rende difficile determinare il migliore tipo di target per questo tipo di applicazione.

Accoppiate quindi i target del medesimo colore ma di materiale diverso o colorati con colori differenti e riefettuate tutti i test precedentemente fatti.

Colore	Tipo colore (matita, pennarello, tempera..)	Tipo materiale (carta, cartoncino, plastica..)	Distanze dal sensore con led OFF [cm]		Distanze dal sensore con led ON [cm]	
			Min.	Max.	Min.	Max.

Tab.1 Prove statiche

Prove dinamiche

E' utile ora analizzare anche la parte più strettamente legata al movimento, fino ad ora non considerata. Agendo tramite il front panel è possibile azionare il movimento del carrello che per semplicità è stato affidato ad una sequenza che compie una corsa di andata e di ritorno in modo automatico, grazie all'ausilio dei due finecorsa alle estremità della guida. L'attenzione ora è rivolta principalmente alla lettura in movimento, immaginando come futura applicazione, la lettura sequenziale di target affiancati.

Azionate il motore step mediante il pulsante on sul front panel; servitevi dei riquadri "speed dx" e "speed sx" per variare la velocità di entrambe le corse (andata e ritorno). Le prove consistono quindi nel porre i target lungo il percorso ed effettuando più acquisizioni variando la velocità del carrello e osservando i dati. Al termine non dovrebbe risultare difficile stabilire la velocità massima al quale il carrello riesce a identificare il colore in maniera sufficientemente precisa; tale valore, abbinato ai dati relativi alla distanza dei target dal sensore ottenuti nelle prove statiche, dovrebbe fornire una caratterizzazione adeguata in merito alle reali prestazioni del sensore rgb.

Armatevi dei soliti target colorati e posizionateli al centro della guida lineare ad una distanza frontale dal sensore circa uguale al valore medio tra la distanze minima e massima determinate nella prova statica. Potete tenerli in mano o se preferiti potete attaccarli con del nastro adesivo ad una superficie più grande (es. scatola di cartone, quaderno ecc..) che poi posizionerete dinanzi il sensore. Effettuate quindi una prima prova impostando come velocità 30 e successivamente incrementando tale valore ad intervalli di 10 fino al valore massimo (velocità limite) per cui ritenete che il sistema sia in grado di identificare sufficientemente bene il colore. Ripetete nuovamente questo test per alcuni altri colori e verificate se vi sono delle differenze in termini di velocità. Completato il tutto, compilate la tabella sottostante.

Colore	Tipo colore (matita, pennarello, tempera..)	Tipo materiale (carta, cartoncino, plastica..)	Velocità massima di lettura [m/s]

Tab.2 Prove dinamiche

Nota 1: potrebbe verificarsi che il limite superiore di velocità vari al variare dei colori, in modo tale da non consentire di stabilire una velocità limite assoluta. In tal caso si potrà adottare una velocità di compromesso tra i vari casi o, nella situazione più cautelativa, scegliere la minore tra tutte.

Nota 2: durante i collaudi, sono state riscontrate delle vibrazioni e delle incertezze durante il movimento del carrello lungo la guida; questo problema limita il campo di variazione di velocità del sensore lungo la linea di colori. Tale problema potrebbe essere legato maggiormente alla tipologia di trasmissione meccanica adottata (cinghia-puleggia), combinata alla scorrevolezza del carrello sulla guida lineare. Sarà quindi interessante considerare anche questo fattore durante lo svolgimento dei test dinamici, di modo tale da consentire di valutare anche il fattore meccanico del dispositivo ed eventualmente riportare degli accorgimenti in merito per successive realizzazioni.

Al termine di tutto, dovrete essere in grado di “stendere” un datasheet “pratico”, ossia affiancare ai dati tecnici teorici del costruttore, dei dati pratici ottenuti con diverse prove e con diversi parametri, al fine di classificare il sensore in merito alla tipologia di applicazione che è stata adottata in questo progetto. Esponete quindi le vostre conclusioni in merito al sistema nel suo complesso e ai singoli elementi, evidenziandone i punti di forza e quelli di debolezza, nonché eventuali suggerimenti e consigli mirati ad un miglioramento e perfezionamento del dispositivo e alle sue funzioni.

5.3 Uno “sguardo” al futuro

Al seguito della progettazione, costruzione, assemblaggio, collaudo e analisi del dispositivo nella sua interezza, risulta interessante ora dedicare maggiori sforzi allo sviluppo software, per permettere alla struttura di ricoprire compiti più ampi e complessi, utili sia dal punto di vista professionale sia da quello didattico. Tra le numerose idee e possibili azioni svolgibili, ne verrà a breve esposta una che permetterà all'insieme motore-sensore di svolgere vere e proprie funzioni di ricerca e posizionamento automatizzato, opportunamente regolate da fenomeni e variabili esterne (disturbi, rumore, numero di bit ecc..).

“L’idea”

Essenzialmente, essa consiste nel sfruttare l'intera lunghezza della guida lineare, considerando una corsa di andata e una di ritorno, differenziate oltre che dal verso di percorrenza, anche e soprattutto dalle funzioni svolte da ciascuna di esse. L'obiettivo della corsa di andata è quello di percorrere l'intero tragitto utile (da finecorsa a finecorsa), riconoscendo e acquisendo la colorazione e la posizione dei target posizionati lungo di esso. Tali target saranno scelti anche in base ai risultati dei test precedentemente effettuati, che hanno messo in luce i vantaggi e svantaggi dell'utilizzo di diversi materiali e diversi tipi di colori. La fase di andata assumerà pertanto una funzione di “lettura, memorizzazione e taratura”, permettendo al software di ottenere dei valori numerici digitali che gli permettono di conoscere e caratterizzare il percorso compiuto. La fase di ritorno invece consente, tramite scelta dell'utente, di ricondurre il sensore su di un determinato target e di fermarsi su di esso. Come già annunciato, tale operazioni potranno essere meglio studiate e analizzate, anche per fini didattici, con l'aggiunta di disturbi e rumori esterni, o variando parametri di interesse quali risoluzione dimensionale e quindi numero di bit impiegati nella conversione analogico-digitale.

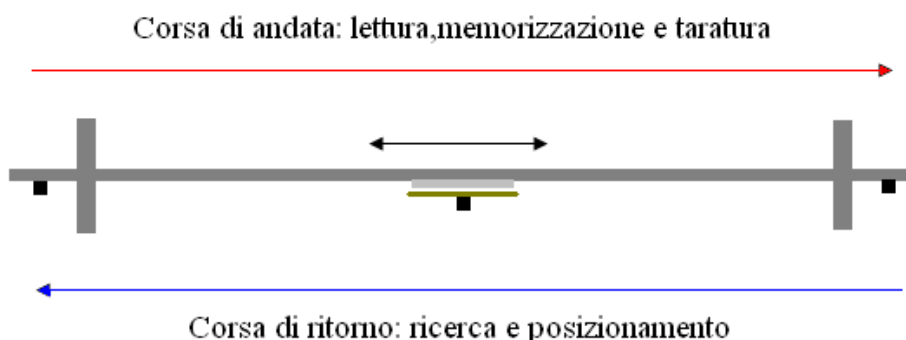
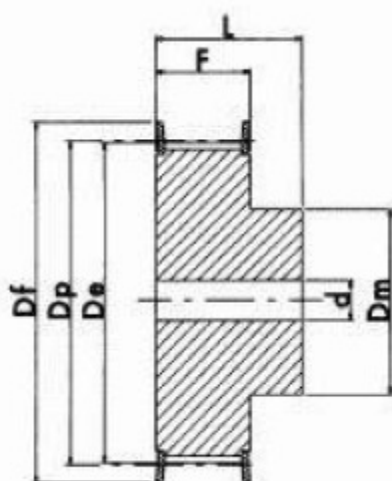


Fig.57 Concetto di "doppia corsa"

“L’approccio”

L’idea esposta prevede due criteri di identificazione e posizionamento, il primo mediante corrispondenza di colore, il secondo mediante analisi posizionale. Dal punto di vista elettrico, ciò presuppone la disponibilità di un sensore di colore, nel primo caso, e di posizione, nel secondo.

Il primo, di tipo RGB, è già presente nella struttura mentre il secondo risulta assente, in quanto per i precedenti test ci siamo serviti solamente di due finecorsa alle estremità della guida per invertire il moto e fornire una sicurezza al dispositivo. Senza dover aggiungere alcun componente e penalizzare quindi il lato economico e dover apportare modifiche fisiche al sistema, è possibile agire via software, valutando i parametri dinamici del motore e della trasmissione, fino a risalire allo spostamento per giro compiuto e di conseguenza ottenere una precisa stima della posizione istantanea del carrello.



Df=15mm
Dp=12mm
De=11.4mm
Dm=15mm
d=3mm
F=9mm
L=16mm

Fig.58 Puleggia motore quotata

Conoscendo l’angolo di passo del motore step e ipotizzando un funzionamento di tipo single step, si è in grado di stimare il numero di passi e di conseguenza il numero di impulsi elettrici necessari a compiere una rivoluzione completa:

$$n^{\circ}\text{passi-giro} = 360^{\circ} / \text{angolo di passo}$$

Essendo la puleggia solidalmente vincolata all’albero motore, una rivoluzione completa di quest’ultimo determina uno spostamento pari alla lunghezza della circonferenza della puleggia motrice:

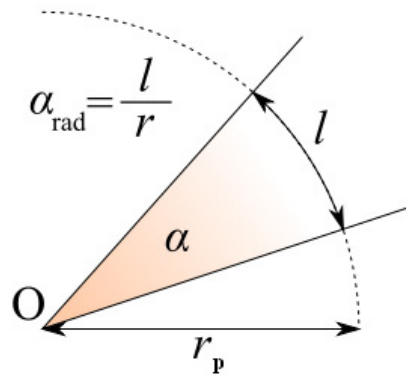


Fig.59 Relazione angolo-arco in funzione del raggio

$$l = 2 * \pi * (D_p/2)$$

A questo punto, risulta facile ottenere determinare la lunghezza percorsa ad ogni passo del motore:

$$L_{passo} = L / n^{\circ} \text{passi-giro}$$

Conteggiando quindi via software il numero di impulsi di comando alle fasi generati, è possibile stabile lo spostamento compiuto dalla slitta e dal sensore stesso. Variando la tecnica di pilotaggio dello step (half step, microstepping ecc..), sarà possibile inoltre migliorare o peggiorare l'ampiezza del passo e di conseguenza l'accuratezza del posizionamento. Nota quindi la posizione assoluta via software, il sistema memorizzerà, nella corsa di andata, la posizione e la colorazione di tutti i target individuati lungo il percorso, concedendo all'utente la scelta delle operazioni da compiere nella successiva fase di ritorno.

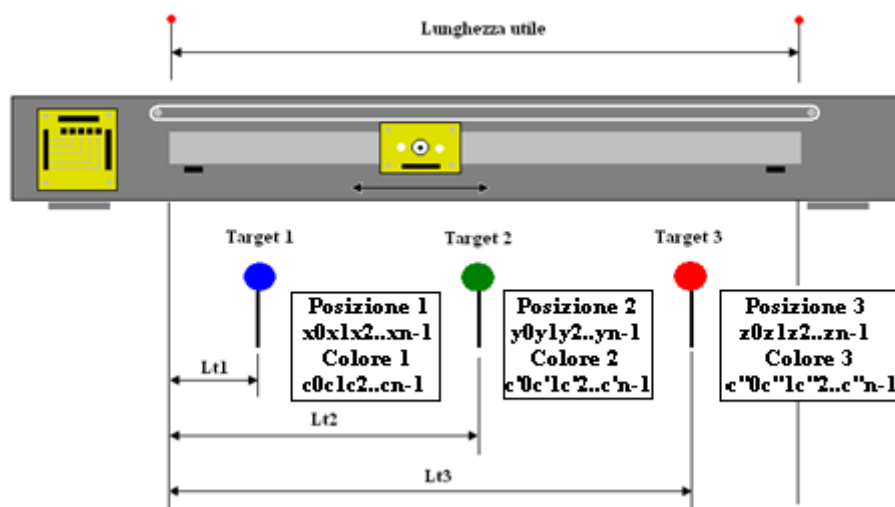


Fig.60 Schematizzazione della struttura

Sarà possibile adottare due criteri per il posizionamento del sensore:

- posizionamento in base alla **colorazione** scelta tra quelle individuate
- posizionamento in base alla **posizione** scelta tra quelle individuate

Il primo criterio ha il vantaggio di localizzare il target scelto anche nel caso la posizione individuata nella corsa di andata non corrisponda con quella del ritorno, ovvero nel caso di target mobili. Lo svantaggio principale risiede invece nel fatto che una variazione di luminosità tra una corsa e l'altra può comportare un errore o addirittura un fallimento nel riposizionamento del carrello. Il secondo invece è adatto solo nel caso di target fissi ma svincola la corretta esecuzione da possibili influenze luminose o disturbi. Addirittura, con questo criterio sarebbe possibile effettuare il riposizionamento anche con completa mancanza di luce in quanto esso dipende solamente da variabili spaziali.

Questo tipo di funzionamento, molto pratico ed adatto ad applicazioni di tipo automatico e di movimentazione, può essere ulteriormente analizzato e impiegato per visualizzare gli effetti reali provocati da variazioni dei parametri fondamentali dei componenti responsabili dell'acquisizione, conversione e manipolazione dei dati, quali blocchi di condizionamenti, filtri, ADC, DAC ecc..

A tale riguardo, si potrebbe valutare la possibilità di implementare sul software un sistema di gestione del numero di bit relativi ai dati di posizione e colorazione, facilmente modificabili tramite una manopola nel front panel.

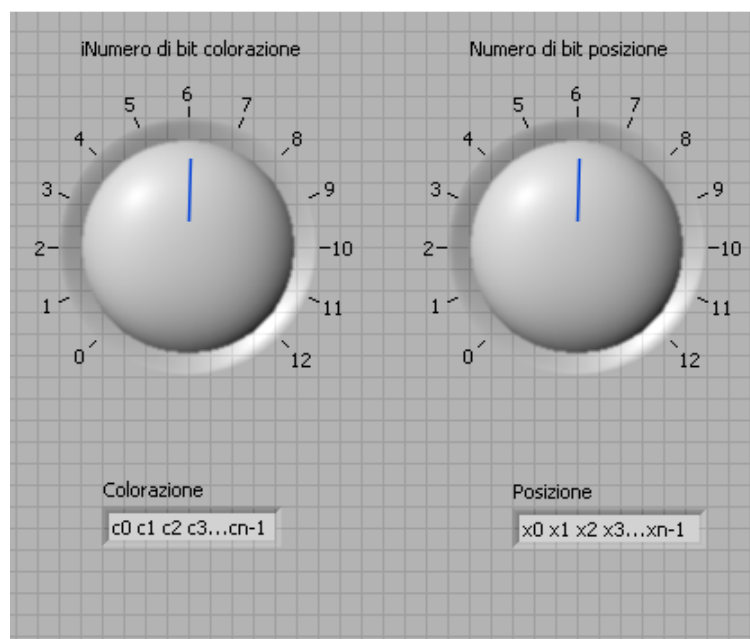


Fig.61 Selettori del numero di bit relativi alla posizione e alla colorazione

Al variare di questi parametri, l'utente potrà accorgersi di come essi influenzino la qualità del risultato, in particolare l'accuratezza del posizionamento. Esso sarà infatti tanto migliore quanto maggiore è il numero di bit, ossia alla risoluzione dimensionale dell'ADC utilizzato per la conversione dei dati in digitale. Si potranno così eseguire numerosi test variando tale parametro e determinando caso per caso il relativo errore di posizione, compilando così una tabella e costruendo un grafico numero di bit-errore di posizione esplicitivo della caratteristica, valutando poi la loro relazione matematica.

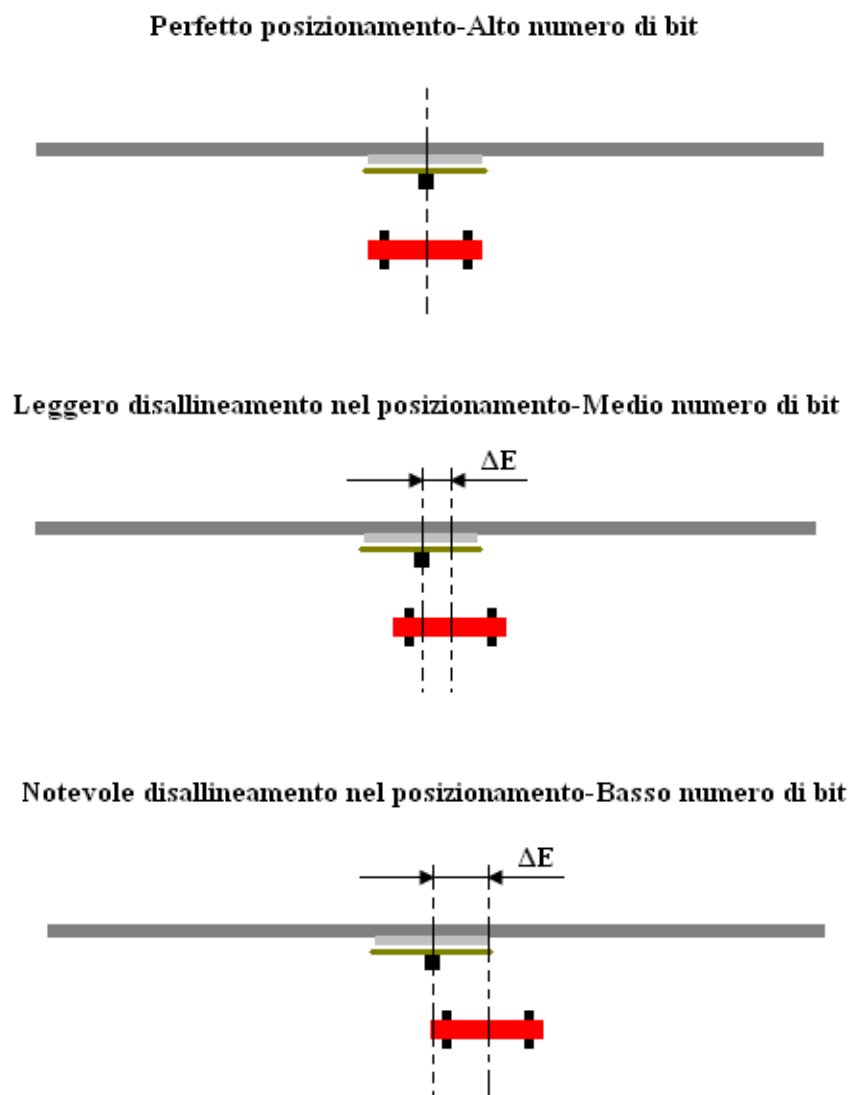


Fig.62 Effetti visibili della variazione del numero di bit



Fig.63 Possibili andamenti dell'errore di posizionamento in relazione al numero di bit

Bibliografia

Tecnologia disegno e progettazione in ambiente LabView, Enrico Purchi,Cupido editore,2002

Dispense di macchine e azionamenti elettrici – Motore step

Sitografia

McLennan Servo Supplies- Serie42M step motor

<http://www.mclennan.co.uk>

National Instruments- DAQ NI 6008 USB

<http://www.ni.com/>

RS components

<http://it.rs-online.com/web/>

I motori passo-passo - Tutorial

<http://www.vincenzov.net/tutorial/passopasso/stepper.htm>

Ringraziamenti

- Prof. Alessandro Sona per la completa disponibilità e supporto al progetto
- Losco Roberto per l'acquisto dei componenti e del materiale e la realizzazione fisica del prototipo
- Università degli studi di Padova per il supporto economico alla realizzazione del progetto
- Luca Dalla Santa per aver partecipato all'intera attività di tesi