

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica

Tesi di Laurea Magistrale

**Utilizzo di strumentazione virtuale  
per la calibrazione di sistemi  
complessi**



Relatore:  
Prof. Maurizio ZAMBONI

Candidata:  
Giulia NICOTRA

Ottobre 2018

# Ringraziamenti

# Indice

<b>Ringraziamenti</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>2 Impiantazione Ionica</b>	<b>3</b>
2.1 Scopo del processo . . . . .	3
2.2 Impiantatore Ionico . . . . .	3
2.2.1 Sorgente Ionica . . . . .	4
2.2.2 Magnete d'analisi . . . . .	4
2.2.3 Accelerazione . . . . .	5
2.2.4 Sistema di Scansione . . . . .	6
2.3 Sistema di generazione del fascio Ionico . . . . .	6
2.3.1 Sorgente di gas . . . . .	7
2.3.2 Sorgente ionica . . . . .	7
2.4 Estrazione del fascio ionico . . . . .	8
2.5 Focalizzazione del fascio ionico . . . . .	9
2.6 Scansione del fascio ionico . . . . .	9
<b>3 Lente elettrostatica</b>	<b>12</b>
3.1 Caratteristiche del sistema . . . . .	12
3.2 Impiantatore Varian E500HP . . . . .	13
3.2.1 Caratteristiche fondamentali . . . . .	13
3.2.2 Specifiche Impiantatore Varian E500HP . . . . .	14
3.2.3 Sicurezza . . . . .	15
3.3 Riasssemblaggio post-manutentivo . . . . .	16
3.3.1 Problemi . . . . .	16
3.3.2 Soluzioni . . . . .	16
3.4 Manipulator alignment tool . . . . .	17
3.4.1 Procedura . . . . .	17

<b>4</b>	<b>Strumentazione virtuale</b>	<b>20</b>
4.1	Software labview	20
4.1.1	Caratteristiche generali	20
4.2	Virtual Instrument VI	21
4.2.1	Front panel	21
4.2.2	Schema a blocchi	22
4.2.3	SUB VI	24
4.2.4	Costruzione di un VI	24
4.2.5	Tipi di dato e strutture	25
4.2.6	Gestione degli Errori	31
4.3	Uso della scheda DAQ	32
<b>5</b>	<b>Soluzioni e Hardware Usato</b>	<b>34</b>
5.1	Schema a blocchi generale	34
5.2	Scheda Daq NI USB 6009	35
5.2.1	Caratteristiche principali	35
5.2.2	Specifiche tecniche	36
5.2.3	Schema a blocchi del dispositivo	37
5.2.4	Ingressi Analogici	38
5.2.5	Uscite Analogiche	39
5.2.6	I/O	39
5.3	Evaluation Board VNH7070AS	40
5.3.1	Caratteristiche Hardware	40
5.3.2	Schema a blocchi della scheda	40
5.3.3	Pinout della scheda	42
5.4	Sensore di distanza Laser Panasonic HG-C1100-P	43
5.4.1	Principio di funzionamento di un sensore basato su triangolazione	43
5.4.2	Caratteristiche Hardware	44
5.5	Circuito di Generazione del PWM	45
5.5.1	PWM caratteristiche	45
5.5.2	ICM7555 TIMER	46
5.6	Pc del sistema di Controllo Intel NUC Board NUC5i3MYBE	47
5.7	Realizzazione del PCB	48
5.7.1	Software Design Spark	49
<b>6</b>	<b>Software Realizzato</b>	<b>52</b>
6.1	Descrizione Generale	52
6.2	Richieste	52
6.3	Flow Chart	53
6.3.1	Flow Chart Manual Mode	53
6.3.2	Home Position Mode	54

6.3.3	Automatic Mode . . . . .	57
6.3.4	Acquisition Sensor . . . . .	58
6.4	Virtual Instrument . . . . .	59
6.4.1	VI Manual Mode . . . . .	59
6.4.2	Home Position VI . . . . .	62
6.4.3	Automatic Mode VI . . . . .	63
6.4.4	Acquisition Sensor VI . . . . .	64
6.5	Problemi riscontrati e soluzioni . . . . .	67
<b>7</b>	<b>Conclusione</b>	<b>69</b>
7.1	Risultati Ottenuti e sviluppi futuri . . . . .	69
<b>A</b>	<b>Epilogo</b>	<b>71</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>73</b>

# Elenco delle figure

1.1	StMicroelectronics di Catania	1
2.1	[1] Impiantatore Ionico	4
2.2	[1] Blocco di accelerazione precedente al blocco di analisi	5
2.3	[1] Blocco di accelerazione successivo al blocco di analisi	6
2.4	[1] Sorgente ionica	7
2.5	[1] Elettrodi di estrazione	9
2.6	[1] Lente elettrostatica	10
2.7	[1] Scansione Elettrostatica	10
2.8	Scansione meccanica	11
3.1	Lente elettrostatica	12
3.2	[2] Struttura di un impiantatore ionico	13
3.3	Manipulator tool	17
3.4	Parte sotto manutenzione	19
4.1	[5] Esempio di Front Panel	22
4.2	Nodi e collegamenti	23
4.3	Icona e Connettore	24
4.4	Tools palette	25
4.5	Controls palette	26
4.6	Functions Palette	26
4.7	Tipi di collegamento	27
4.8	Ciclo for	27
4.9	Shift register	28
4.10	Ciclo While	28
4.11	Case Structure	29
4.12	Case Structure	29
4.13	Sequence Structure	30
4.14	Stacked sequence	30
4.15	Variabili locali	31
4.16	Daq Assistant	32
4.17	Daq task	33
5.1	Schema a blocchi	34

5.2	[7] Pinout della scheda . . . . .	37
5.3	[7] Schema a blocchi della scheda . . . . .	37
5.4	[7]I/O Digitali . . . . .	39
5.5	Pinout della scheda . . . . .	40
5.6	[9] Schema a blocchi . . . . .	41
5.7	[8] Pinout della scheda . . . . .	42
5.8	Verso correnti e tensioni . . . . .	43
5.9	Triangolazione laser . . . . .	44
5.10	[10] Sensore Laser . . . . .	45
5.11	[10] Schema Elettrico . . . . .	45
5.12	PWM . . . . .	46
5.13	ICM 7555 . . . . .	47
5.14	[11]Vista del PC Intel . . . . .	48
5.15	Vista planare del PCB . . . . .	50
5.16	Vista 3D PCB . . . . .	50
5.17	Prototipo della scheda . . . . .	51
6.1	Manual Controls . . . . .	54
6.2	Flow chart manual mode . . . . .	55
6.3	Flow Chart Home Position . . . . .	56
6.4	Automatic Flow Chart . . . . .	57
6.5	Flow Chart Acquisition sensor . . . . .	58
6.6	SubVI current . . . . .	60
6.7	Schema a blocchi SubVI current . . . . .	60
6.8	Grafico tensioni . . . . .	60
6.9	Sub VI Manual Mode . . . . .	61
6.10	Schema a blocchi SubVI Up Down . . . . .	61
6.11	SubVI Home UP DOWN . . . . .	62
6.12	Schema a blocchi SubVI home UP DOWN . . . . .	63
6.13	SubVI Automatic Up Down . . . . .	63
6.14	Schema a blocchi SubVI home position . . . . .	64
6.15	Grafico andamento corrente . . . . .	64
6.16	Timer durata Automatic Mode . . . . .	65
6.17	Schema a blocchi Acquisition Sensor . . . . .	65
6.18	SubVI dinamic vector . . . . .	65
6.19	Schema a blocchi Dinamic vector . . . . .	66
6.20	SubVI conversion . . . . .	66
6.21	Schema a blocchi SubVI conversion . . . . .	67
6.22	Grafici andamento posizione sensori . . . . .	67

# Capitolo 1

## Introduzione

Il tirocinio oggetto di questa tesi, è stato svolto presso l'STMicroelectronics di Catania e ha avuto una durata semestrale. STMicroelectronics conosciuta anche come ST fu creata nel 1987, è un'azienda franco italiana, specializzata nella produzione di componenti elettronici a semiconduttore, è diventata una delle più grandi aziende produttrici mondiali di componenti elettronici, usati soprattutto nell'elettronica di consumo, nell'automotive, nelle periferiche per computer, nella telefonia cellulare.



Figura 1.1: StMicroelectronics di Catania

Nel sito di Catania le principali attività sono:

- FEM(front end manufacturing): 6" (Si, SiC) e 8" (Si).
- Epitaxy: 6" e 8" wafers.

- Ricerca e sviluppo.
- Marketing.
- Qualità e Affidabilità .

Il reparto in cui ho svolto la attività di tesi e tirocinio è “l’Internal Repair Lab” presso il sito di M5, dove l’attività principale è la riparazione di sistemi elettronici complessi, presenti nelle attrezzature per la produzione di semiconduttori. Per testare tali apparecchiature, vengono approntati dei banchi di prova, con acquisizione ed attuazione dei segnali logici, A/D e D/A, tramite programmi basati su software Labview, i quali permettono di verificare la conformità dei sistemi dopo la riparazione o calibrazione. L’obiettivo del tirocinio è stato quello di realizzare un sistema di testing per validare il corretto riassettaggio post manutentivo di una lente elettrostatica focalizzatrice che si muove su 3 assi. Il presente lavoro di tesi ha lo scopo di superare i limiti delle precedenti tecniche di calibrazione usate dai manutentori dei vari dispositivi.

La tesi si articola in sei capitoli:

- Nel primo viene brevemente discussa la tecnica di impiantazione ionica, lo schema a blocchi di un impiantatore e le sue principali caratteristiche.
- Nel secondo viene descritto il dispositivo testato e le problematiche derivanti dai precedenti kit usati per la calibrazione.
- Il terzo descrive il software Labview usato per lo sviluppo del sistema di testing dell’apparecchiatura, con un approfondimento sulle varie funzionalità del programma.
- Il quarto analizza ampiamente la circuiteria utilizzata per l’interfacciamento con la macchina da testare.
- Il quinto rappresenta il fulcro del lavoro di tesi, poichè il capitolo descrive approfonditamente il programma realizzato e le diverse modalità di funzionamento in cui opera.
- Il sesto discute i risultati attesi e le applicazioni future che ne potranno derivare.

# Capitolo 2

## Impiantazione Ionica

### 2.1 Scopo del processo

La tecnica di impiantazione ionica si è affermata negli ultimi decenni come strumento privilegiato per la modifica dei materiali. È un processo di drogaggio dei semiconduttori che consiste nell'introdurre quantità controllate di impurezze di tipo N o P, nelle zone dei wafer precedentemente delineate con le operazioni di mascheratura. Gli atomi di drogante vengono prima ionizzati, poi accelerati ad una velocità tale da farli penetrare sulla superficie del wafer per poi depositarsi all'interno ad una certa profondità. L'introduzione di queste sostanze permette di alterare la resistività del materiale e di conseguenza si modifica il suo comportamento elettrico. Questa tecnica ha conosciuto un'enorme diffusione, grazie alle applicazioni nel campo della microelettronica e dei circuiti integrati dalle dimensioni sempre più ridotte.

### 2.2 Impiantatore Ionico

Un impiantatore è una macchina capace di fornire agli ioni un'energia tale da modificare le proprietà dei substrati sottoposti a tale processo. Centinaia di dispositivi vengono creati simultaneamente su un singolo wafer di silicio grazie a un impiantatore ionico, offrendo così una funzione di controllo delle specie ioniche, della profondità dell'impiantazione e dell'uniformità del drogaggio. Fondamentalmente, un impiantatore ionico è costituito dalle seguenti parti:

- Sorgente Ionica.
- Magnete d'analisi.
- Accelerazione.
- Sistema di scansione.

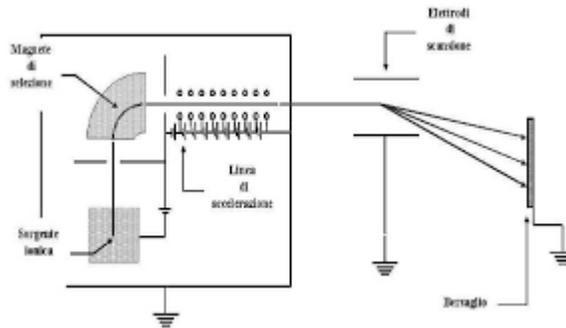


Figura 2.1: [1] Impiantatore Ionico

### 2.2.1 Sorgente Ionica

È la camera nella quale vengono ionizzati i gas o i vapori per ottenere ioni della specie drogante desiderata. Gli ioni si ottengono tramite l'impatto ad alta velocità di elettroni sul gas da ionizzare. Gli urti provocano la perdita di elettroni negli orbitali esterni del gas ionizzato.

### 2.2.2 Magnete d'analisi

Permette di analizzare e selezionare le varie specie di ioni, in modo tale che solo la specie ionica impostata possa essere impiantata sul wafer. Lo scopo viene raggiunto tramite un magnete che analizza la massa di ioni chiamato spettrometro di massa. Questo separatore utilizza un campo magnetico la cui intensità è regolata da una corrente di magnetizzazione che applicata a tutti gli ioni, li divide in diversi fasci differentemente deviati a seconda della loro massa. Il magnete di analisi seleziona gli atomi ionizzati sfruttando il loro diverso peso atomico.

### 2.2.3 Accelerazione

Questa parte della macchina fornisce agli ioni l'energia richiesta dal processo di impiantazione. Il fascio ionico entra in una colonna acceleratrice o in un sistema di elettrodi, che aumentano fortemente la velocità degli ioni per effetto dell'applicazione di un campo elettrico. La funzione accelerazione può essere posta prima o dopo il magnete di analisi. Questa è una delle differenze strutturali che distinguono un impiantatore da un altro.

- **Blocco di accelerazione precedente al blocco di analisi:** il fascio ionico, prodotto dalla sorgente, viene accelerato alle energie desiderate, e successivamente passa attraverso il magnete di analisi per la selezione della specie ionica. In questa struttura, solo la sorgente e i suoi alimentatori si trovano ad alto potenziale, e quindi le condizioni di accesso sono difficoltose. Tutta la linea del fascio è facilmente raggiungibile, e questo rende più semplici le operazioni di manutenzione.

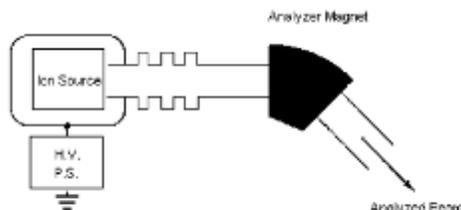


Figura 2.2: [1] Blocco di accelerazione precedente al blocco di analisi

- **Blocco di accelerazione successivo al blocco di analisi:** Dopo che il fascio ionico, prodotto dalla sorgente, è analizzato dal magnete per la selezione della specie ionica, viene accelerato alle energie desiderate.

Questa struttura offre diversi vantaggi:

- Peso e dimensioni minori dell'attrezzatura, poichè il magnete deve manipolare ioni che non sono accelerati alla massima energia e di conseguenza il suo peso e le sue dimensioni possono essere ridotti al minimo.

- Il valore della corrente di fascio è indipendente dall'energia applicata dal blocco di accelerazione. Questo permette di avere correnti costanti per differenti energie di accelerazione. Nel sistema descritto precedentemente la massima corrente è disponibile solo alla massima energia.

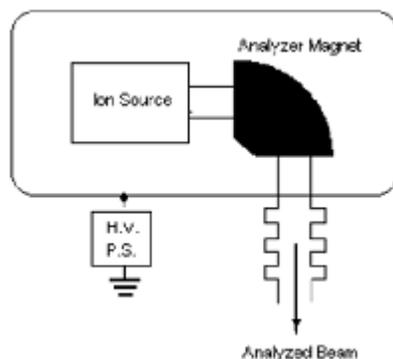


Figura 2.3: [1] Blocco di accelerazione successivo al blocco di analisi

## 2.2.4 Sistema di Scansione

Le dimensioni trasversali di un fascio ionico che colpiscono il wafer variano a seconda della macchina. Per ottenere un drogaggio uniforme, occorre che, ogni punto del wafer venga esposto al fascio, per lo stesso tempo. Questa condizione può essere ottenuta provocando un movimento relativo tra fascio e wafer in modo che il fascio descriva sul wafer una o più tracce parallele.

Il moto relativo tra fascio e wafer può essere ottenuto in due modi:

- **Scansione elettrostatica:** il fascio si muove nelle due direzioni e il wafer rimane fermo.
- **Scansione ibrida:** il fascio si muove in una direzione e il wafer nell'altra.

## 2.3 Sistema di generazione del fascio Ionico

La parte interessata alla generazione del fascio è costituita da due blocchi:

- Sorgente di gas.

- Sorgente ionica.

### 2.3.1 Sorgente di gas

La sorgente di gas è situata nella regione ad alta tensione; contiene le sostanze utilizzate per il drogaggio e contengono gas come fosfina, argon ecc. In alternativa può essere usato il vaporizzatore che permette alla sostanza drogante allo stato solido, l'emissione di gas tramite riscaldamento.

### 2.3.2 Sorgente ionica

I gas o i vapori vengono inviati in una camera rettangolare chiamata *Arc Chamber*, dove vengono ionizzati tramite bombardamento di elettroni, i quali vengono emessi, per effetto termico, da un filamento di Tungsteno o Tantalio. Come vediamo dalla figura 2.4, una tensione variabile tra i 60 e i 100 V è applicata tra le pareti dell'*Arc-Chamber* e il filamento.

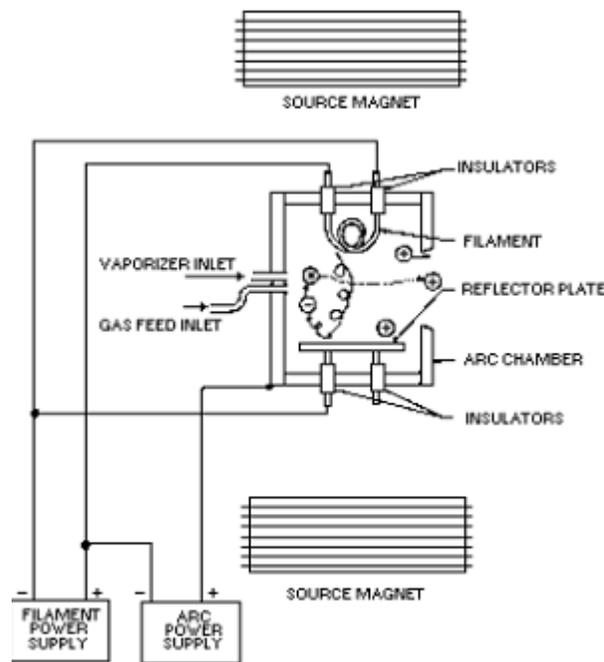


Figura 2.4: [1] Sorgente ionica

Gli elettroni emessi dal filamento, vengono attratti dalle pareti dell' *Arc-Chamber* e durante tale percorso collidono con le molecole di gas presenti, producendo più specie di ioni. Per aumentare il processo di ionizzazione, viene applicato un campo magnetico (*Source Magnet*) parallelo alle pareti dell' *Arc-Chamber*. Il campo magnetico imprime un percorso elicoidale agli elettroni, aumentando la probabilità di collisione con le molecole di gas. Gli elettroni emessi dal filamento, in parte urtano con le molecole di gas ionizzandole e in parte vanno a urtare contro il *Reflector Plate*. I cinque parametri della sorgente che determinano la ionizzazione del gas sono:

- *Corrente di filamento*: emissione elettronica da parte del filamento è direttamente proporzionale alla temperatura di quest'ultimo, e inoltre la temperatura dipende dalla corrente che lo attraversa.
- *Pressione del gas dell'Arc Chamber*: dipende dalla quantità di gas introdotto in camera.
- *Arc Voltage*: è la differenza di potenziale tra il filamento e le pareti della camera (Arc Chamber). Le pareti della camera si trovano a un potenziale positivo rispetto al filamento.
- *Source Magnet*: il campo magnetico aumenta la possibilità di collisioni tra elettroni e molecole di gas. L'applicazione di deboli campi magnetici permette quindi di aumentare l'efficienza della sorgente.
- *Arc Current*: questo parametro misura la corrente di arco che attraversa la camera di ionizzazione. Esso permette di fissare la corrente massima che deve passare attraverso il filamento per mantenere stabile la corrente di arco e quindi la corrente del fascio.

## 2.4 Estrazione del fascio ionico

Il blocco successivo alla sorgente ionica è costituito dagli elettrodi di estrazione. La funzione di questo blocco è quella di permettere l'estrazione del fascio ionico dalla sorgente. Per ottenere quanto detto, si utilizzano degli elettrodi posti ad un potenziale inferiore rispetto alla sorgente. Questa differenza di potenziale, guida gli

ioni prodotti fuori dall'*Arc-Chamber* accelerandoli, il funzionamento è mostrato in figura 2.5.

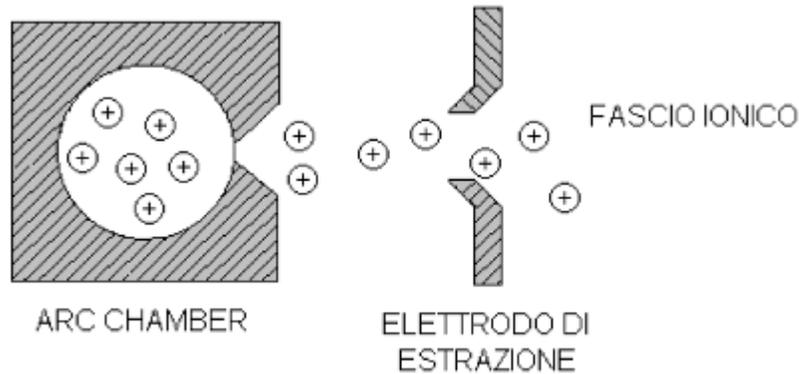


Figura 2.5: [1] Elettrodi di estrazione

## 2.5 Focalizzazione del fascio ionico

Prima di raggiungere il bersaglio, gli ioni devono percorrere distanze variabili a seconda del tipo di macchina usata. Il fascio percorrendo queste distanze, tende a perdere energia ed ad allargarsi a causa del moto trasversale degli ioni. Si ha quindi la necessità di controllare le dimensioni trasversali del fascio, al fine di non perdere corrente e risoluzione; ciò si può ottenere ponendo lungo la linea del fascio elementi di focalizzazione: le lenti elettrostatiche ???. Queste lenti sono formate da quattro elettrodi paralleli alla direzione di propagazione del fascio, e poste in modo che due elettrodi opposti abbiano un potenziale positivo (+V), e gli altri due potenziale negativo (-V).

## 2.6 Scansione del fascio ionico

Per ottenere un drogaggio uniforme occorre effettuare una scansione del fascio rispetto al wafer.

Esistono due tipi di scansione:

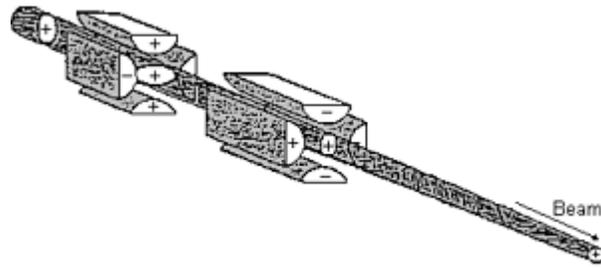


Figura 2.6: [1] Lente elettrostatica

**Scansione elettrostatica** (usato per impiantatori a media corrente): il fascio passa tra due elettrodi piani e paralleli soggetti ad un campo elettrico alternato di forma triangolare, il fascio oscillerà con la stessa frequenza del campo, spazzolando il wafer. Le frequenze di scansione verticale ed orizzontale non devono essere uguali tra loro o multiple l'una dell'altra, per evitare che il fascio vada a colpire, periodicamente, sempre lo stesso punto del wafer<sup>2.7</sup>.

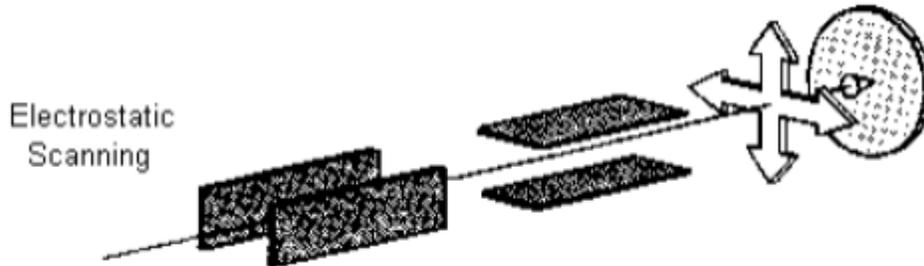


Figura 2.7: [1] Scansione Elettrostatica

**Scansione meccanica**(usato per impiantatori ad alta corrente): in cui i wafer sono montati su un disco, il quale viene sottoposto ad una rotazione che permette la scansione orizzontale del fascio <sup>2.8</sup>.

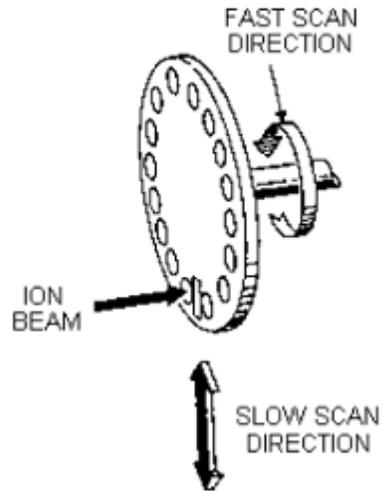


Figura 2.8: Scansione meccanica

# Capitolo 3

## Lente elettrostatica

### 3.1 Caratteristiche del sistema

La lente elettrostatica già brevemente discussa nel precedente capitolo, che in questo elaborato verrà denominata anche manipolatore elettronico, è sita all' interno dell'impiantatore ionico Varian E500HP. Il manipolatore grazie alla presenza di tre motori di tipo DC a spazzola, si muove su tre assi denominati X, Y, Z, come mostrato in figura 3.1.

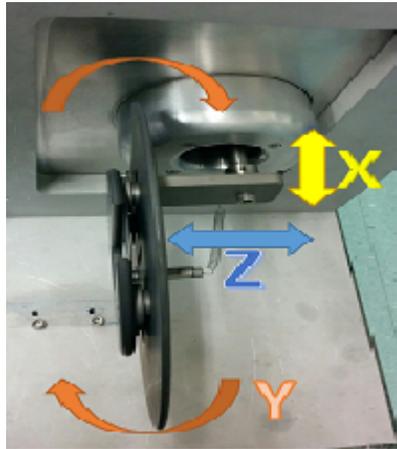


Figura 3.1: Lente elettrostatica

Il motore X è capace di far compiere al dispositivo una traslazione orizzontale, Y in grado di far compiere un movimento di rotazione delineando l'angolo di tilt, infine

il motore Z permette uno spostamento in avanti e indietro.

Per facilitare le operazioni di manutenzione spesso nell'ambito delle attrezzature di produzione dei semiconduttori si introduce il termine count per indicare l'unità elementare di misura, sia essa tensione, corrente, luminosità ecc. Questo deriva dalla conversione analogica digitale dei segnali elettrici dalle apparecchiature di controllo, quindi il count spesso rappresenta la risoluzione più piccola utile. Sul Varian E500HP, 1 volt corrisponde a 100 counts.

## 3.2 Impiantatore Varian E500HP

### 3.2.1 Caratteristiche fondamentali

L'impiantatore ionico Varian produce cariche ioniche che vengono analizzate, focalizzate nel fascio e accelerate. Il fascio ionico è scannerizzato elettrostaticamente nell'asse X mentre il wafer è analizzato meccanicamente nell'asse Y in modo tale da impiantare gli ioni in modo uniforme nel wafer. L'impiantatore Varian è altamente flessibile nel range di applicazione che può svolgere, per questo motivo è molto usato nelle applicazioni dove è necessaria energia elevata e alto drogaggio ovvero in CCD, ASIC/ROM.

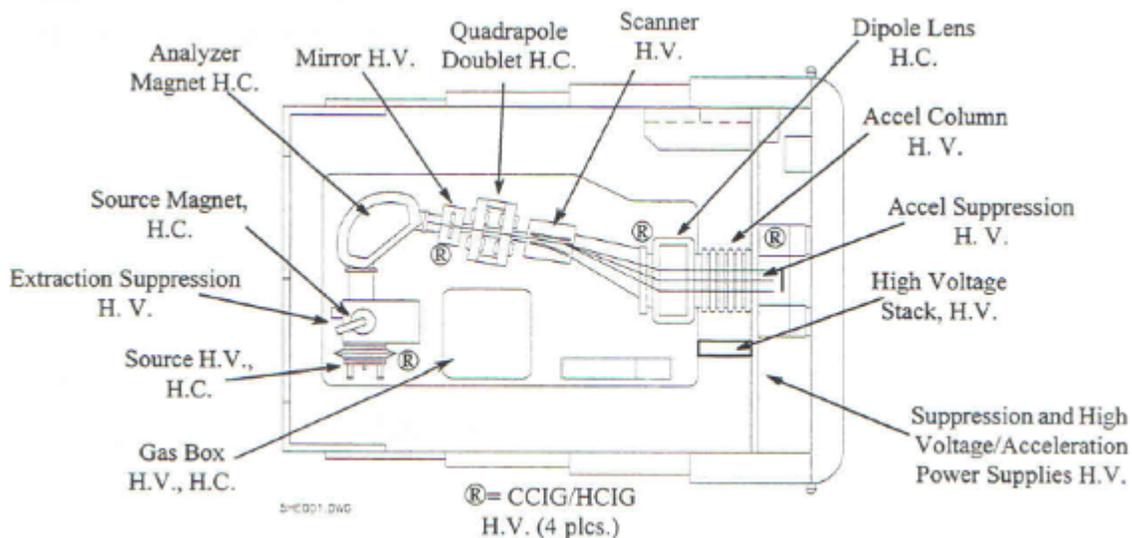


Figura 3.2: [2] Struttura di un impiantatore ionico

L'EHP è un impiantatore a media corrente realizzato per macchine altamente automatizzate. Può operare sia in modalità automatica che manuale supportato da un computer all'interno. La macchina usa una sorgente ionica di tipo Berna per generare gli ioni. Il fascio viene estratto dalla sorgente a una tensione superiore ai 70 kV, la massa è analizzata con un magnete, focalizzato e analizzato orizzontalmente da una coppia di deflettori. Il fascio ionico analizzato passa successivamente attraverso una lente dipolare creando un fascio parallelo. Infine la corrente ionica è accelerata con una certa energia finale fino a raggiungere il wafer. Prima dell'impiantazione vera e propria il fascio scannerizzato orizzontalmente è campionato con una coppa di Faraday, ossia un rivelatore la cui funzione è quella di catturare gli ioni o gli elettroni liberi nel vuoto. Durante l'impiantazione la stessa coppa di Faraday campiona il fascio scannerizzato e ha il compito di regolare l'uniformità lungo l'asse verticale. Il risultato finale è migliore dello 0.5% rispetto al risultato prima dell'impiantazione. Il caricamento dei wafer di silicio viene eseguito da un operatore, quest'ultimo per eseguire la corretta sequenza è aiutato dal sistema di controllo situato sotto ciascun wafer in modo tale da evitare ogni tipo di contaminazione. Il sistema di controllo si occupa di verificare la corretta condizione di interlock in modo da diminuire la possibilità che si verifichi un incidente che esponga radiazioni ionizzanti e a composti chimici velenosi. Il terminale della stazione di controllo assicura il trasferimento di tutti i wafer nella sezione ad alto vuoto con un sistema di posizionamento antirottura. Il sistema dell'EHP impiega un computer e una comunicazione con due fibre ottiche seriali in modo da permettere una completa conoscenza di tutte le informazioni della macchina.

### 3.2.2 Specifiche Impiantatore Varian E500HP

Le specifiche tecniche del dispositivo sono riassunte in tabella 3.1.

Si deve tenere in considerazione l'accuratezza della dose dell'impiantatore, il massimo range di energia, la ripetibilità, le dimensioni del wafer, il parallelismo del fascio ionico.

Un altro aspetto rilevante che caratterizza un impiantatore è dato dagli angoli di processo.

- Wafer tilt: 0 – 60.

Energy Range	5 – 260 keV+; 260 – 520 keV++; 520 – 780 keV+++
Dose Range	1E11 – 1E16
Uniformity	$\sigma < 0.5$ (per angoli di tilt < 60)
Repeatibility	$\sigma < 0.5$ (wafer to wafer)
Beam parallelism	$\sigma < 0.5$ (per tutte le dimensioni del wafer)
Ion Mass resolution	$M/\Delta M > 85$
Wafer sizes	100 mm; 125 mm; 150 mm; 200 mm
Throughput	100 mm; 125 mm; 150 mm; 200 mm

Tabella 3.1: Specifiche Impiantatore

- Wafer orientation: 0 – 360.

### 3.2.3 Sicurezza

Gli operatori e il personale di servizio devono essere a conoscenza di tutti gli hazard associati all’attrezzatura e devono anche cercare di prevenire le possibili condizioni che determinano il rischio che l’hazard si verifichi. Gli hazards più frequenti sono quelli elettrici causati dalle alte tensioni (fino a 260 kV) e alte correnti raggiunte dal manipolatore. Per prevenire rischi di accessi involontari in aree ad alta tensione, vi è un sistema di interlock di sicurezza, e barre per collegamento a massa. Un’altra comune tipologia di hazard è quella causata dalle radiazione ioniche, che creano un ampio spettro di raggi x ad una energia di 190 keV. Il massimo dosaggio di radiazione tollerabile per legge è di 0,06 mR/hour. Per limitare questo tipo di hazard ciascun impiantatore è provvisto di una schermatura integrale con pannelli di piombo in modo tale che alla massima energia e corrente con sorgenti ioniche diverse si ha un tasso inferiore al prescritto a una distanza di 5 cm dalla superficie esterna dell’impiantatore. I gas usati per generare le specie ioniche più comuni in un impiantatore Varian EHP500 sono:

- **Il Trifluorato di Boro(BF3)**: un gas corrosivo, non infiammabile, privo di colore che produce fumo bianco nell’aria, può irritare gli occhi e il naso.
- **Fosfina(PH3)**: un gas tossico altamente infiammabile e privo di colore; è molto facile da identificare poichè l’odore ricorda il pesce in decomposizione.

- **Arsina( $\text{AsH}_3$ ):** un gas tossico altamente infiammabile, è più difficile da identificare rispetto al precedente poiché non ha un odore distintivo.

## 3.3 Riassettaggio post-manutentivo

### 3.3.1 Problemi

La piena verifica funzionale dopo il riassettaggio post manutentivo di una lente elettrostatica è uno dei punti chiave di questo lavoro di tesi. Infatti l'obiettivo è quello di eliminare i problemi derivanti dalle tecniche usate precedentemente per la ricalibrazione del dispositivo.

Le principali difficoltà riscontrate dai manutentori dipendono da :

- **Scanner assembly:** dovuto a un problema di micro uniformità e all'aumento delle tolleranze nell'assemblaggio della parte;
- **Montaggio dello specchio:** uno scorretto allineamento dell'elettrodo dello specchio causa problemi di orientamento del fascio;
- **Estrazione del manipolatore:** causato da uno scorretto riposizionamento dei potenziometri di X, Y, Z dopo l'estrazione, ed è quindi necessario trovare le nuove posizioni corrette. Questo problema causa un deterioramento della lente, un fermo attrezzatura anticipato e consumo anomalo delle specie da impiantare.

### 3.3.2 Soluzioni

Per risolvere i problemi sopracitati, si procede con l'utilizzo di differenti tools che permettono il corretto allineamento e la corretta ricalibrazione del dispositivo.

1. **SCAN ALIGNMENT TOOL:** offre diversi vantaggi, è un buon indicatore a finestra per misurare le dimensioni critiche, risolve i problemi riguardanti l'ottica del fascio, inoltre il tool standardizzerà il modo in cui sono costruiti i vari assemblaggi dello scanner.

2. **MIRROR ALIGNMENT TOOL:** offre una più veloce ricostruzione dello specchio.
3. **MANIPULATOR ALIGNMENT TOOL:** offre diversi vantaggi tra cui la capacità di controllare e regolare tutte le posizioni dei potenziometri e realizzare gli allineamenti necessari, esso rende gli allineamenti e le calibrazioni più semplici possibili.

Ci si soffermerà in particolare sul terzo tool, riguardante l'estrazione del manipolatore, infatti si è cercato grazie allo sviluppo del programma in labview di superare le problematiche riscontrate con questo tool di calibrazione.

La soluzione proposta prevede un banco di calibrazione composto da hardware e software che semplifica il corretto riassettaggio e allineamento della lente elettrostatica, agevolando il setting dei potenziometri.

## 3.4 Manipulator alignment tool

### 3.4.1 Procedura

Questa procedura è stata sviluppata per aiutare a mantenere una ripetibilità delle prestazioni della macchina dopo manutenzioni multiple sul manipolatore dell'attrezzatura, specialmente in seguito a una manutenzione preventiva del dispositivo.

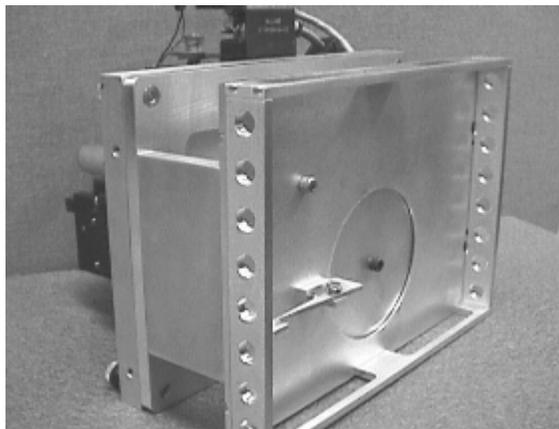


Figura 3.3: Manipulator tool

Di seguito verrà brevemente discussa la procedura evidenziando i punti chiave a cui verrà sottoposta la parte in manutenzione. Prima di tutto occorre centrare l'asse X in maniera opportuna, la posizione ottimale è quella in cui il fascio di corrente ha il picco nella *Setup Cup*. Se la posizione raggiunta è al di fuori della finestra  $500 \pm 75$  counts occorrerà portarsi in questo range tramite l'utilizzo di un software parametrico.

I passi fondamentali della *Manipulator Alignment tool* sono i seguenti:

1. Tramite il monitor touchscreen procedere allo spegnimento della sorgente ionica e al settaggio della macchina in modalità idle-standby, è inoltre richiesto il backup dei file.
2. Usare il potenziometro per portare la posizione di lettura dell'asse Z a 999 counts, Y a 500 counts e X a 500 counts.
3. Identificare il potenziometro posto in mezzo alla parte elettromeccanica del manipolatore (potenziometro in blu come mostrato in figura 3.4 e girare la manopola con la scanalatura da 5/64 di pollici. Il potenziometro è agganciato al manipolatore mediante due viti da 7/64 che devono essere rimosse. In seguito girare la manopola del potenziometro in un verso o nell'altro, l'attuale posizione dell'asse X può essere cambiata non modificando i valori del programma.
4. Utilizzando questo metodo di regolazione, bisogna prestare attenzione alla barra verticale nera appena a destra del potenziometro. Il motore dell'asse X è collegato a questa barra che funge da finecorsa per l'asse X. Quando la parte interna della barra dista 0,120 pollici dal suo punto di contatto, l'asse X è al punto centrale della sua corsa.
5. A questo punto le parti possono essere riassemblate, quindi è possibile reinstallare le due viti 7/64 che fissano la staffa in posizione.
6. Infine si esegue un test per valutare l'esito della calibrazione.

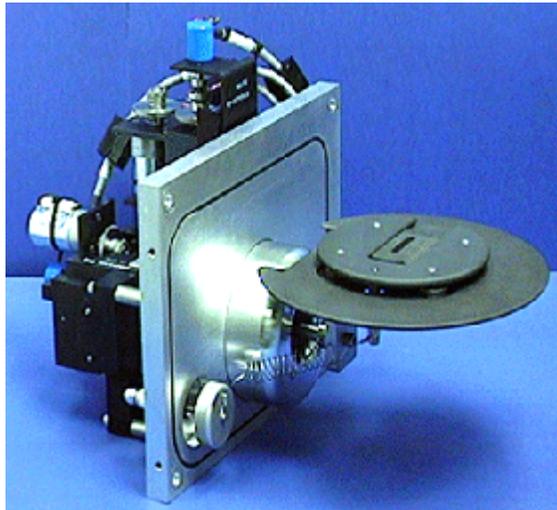


Figura 3.4: Parte sotto manutenzione

# Capitolo 4

## Strumentazione virtuale

### 4.1 Software labview

#### 4.1.1 Caratteristiche generali

Per la realizzazione del programma di acquisizione dati si è scelto di utilizzare il software LabVIEW della National Instruments. LabVIEW è un linguaggio di programmazione grafico anche noto come linguaggio G, che utilizza le icone anziché le righe di testo per generare il programma, nel quale il codice sorgente è molto simile a un diagramma di flusso. Esso infatti utilizza la programmazione a flusso di dati, in cui sono i dati a determinare l'ordine di esecuzione delle istruzioni. Il linguaggio G conserva molte similitudini con gli ambienti di programmazione tradizionali, tra le quali:

- tipi di dati e operatori di uso comune.
- strutture di controllo del flusso di programma.
- metodi di debug.
- funzioni di libreria.

Mediante l'utilizzo di LabVIEW, è possibile programmare in modo veloce la strumentazione di misura, l'acquisizione di dati e i sistemi di controllo. LabVIEW è completamente integrato per la comunicazione con l'hardware tipo GPIB, VXI,

PXI, RS-232, RS-485 e dispositivi DAQ plug-in. Con schede DAQ si può trasformare un PC in un completo e flessibile strumento di misura. Tramite rete locale o internet è possibile, inoltre, controllare apparecchiature ubicate in località remote.

## 4.2 Virtual Instrument VI

I programmi in LabVIEW prendono il nome di Virtual Instrument (VI), “virtual” indica che l’iterazione avviene con un programma in esecuzione e non con un dispositivo fisico reale, “instrument” invece dipende dal fatto che durante l’esecuzione i programmi si presentano all’utente con un’interfaccia analoga a quella degli strumenti di misura. Gli elementi di cui si compone un VI sono i seguenti:

- **Front Panel:** ha la funzione di interfaccia utente.
- **Schema a blocchi:** contiene il codice sorgente grafico del VI che ne definisce le funzionalità.
- **SubVI:** identifica un certo VI in modo da consentirne l’utilizzo all’interno di un altro VI. In questo caso si parla di SubVI, che corrisponde a una subroutine nei linguaggi di programmazione basati sul testo. La natura gerarchica di labview aiuta a gestire le modifiche e a verificare facilmente il corretto funzionamento del sistema.

### 4.2.1 Front panel

Il pannello frontale è costituito dai controlli e dagli indicatori che permettono di costruire l’interfaccia utente come mostrato in figura 4.1.

- *Controlli:* rappresentano una variabile di ingresso che può essere modificata dall’utente agendo sul pannello frontale;
- *Indicatori:* rappresentano una variabile di uscita il cui valore è modificato dal programma in esecuzione e non dall’utente.

Il front panel è costituito da:

- Display, indicatori a lancette o a barre.

- Manopole, interruttori, led.
- Display, visualizzatori di tipo X-Y.
- Elementi grafici.
- Menu interattivi.

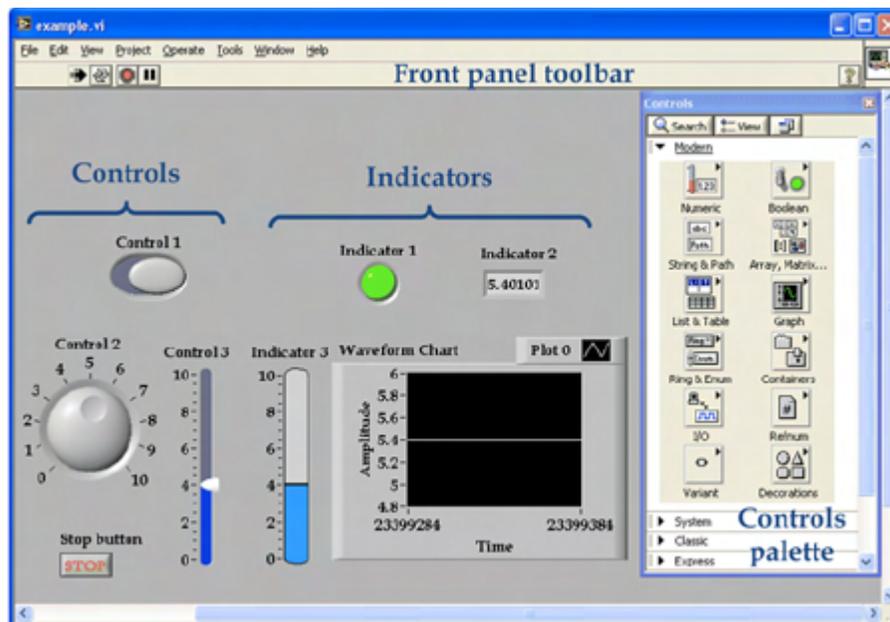


Figura 4.1: [5] Esempio di Front Panel

Ciascuno di questi elementi può essere affiancato da una breve descrizione, visualizzata in un'apposita finestra denominata *Context Help*, che ne accresce la fruibilità da parte dell'utente.

### 4.2.2 Schema a blocchi

Lo schema a blocchi è costituito, invece, da un insieme di rappresentazioni grafiche di funzioni elementari, che gestiscono gli oggetti del pannello frontale. I vari blocchi sono interconnessi tra di loro in modo da permettere il passaggio dei dati dall'uno all'altro. Per facilità i blocchi vengono disposti in modo che il flusso avvenga da sinistra verso destra.

Nel diagramma a blocchi sono presenti le seguenti entità distinte:

- *Nodi*: sono gli elementi di elaborazione elementare che effettuano le varie operazioni richieste dal programma e sono rappresentati sotto forma di icone;
- *Collegamenti*: si presentano come dei fili che uniscono i vari nodi e permettono lo scambio di informazione ovvero il flusso dei dati.

In pratica, il diagramma a blocchi sarà costituito da un insieme di nodi e collegamenti che definiscono il codice del programma 4.2.

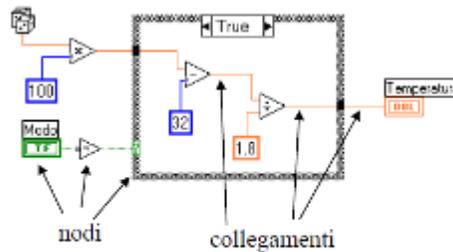


Figura 4.2: Nodi e collegamenti

Sono previsti tutti i costrutti della programmazione tradizionale (cicli for, if-then, case etc.). I blocchi possono essere prelevati dalle librerie in cui sono classificati per tipologia di funzione svolta. LabVIEW è fornito da esaurienti librerie contenenti moltissime funzioni per la raccolta, l'analisi, la presentazione e la memorizzazione dei dati, e comprende inoltre le strutture tradizionali per lo sviluppo dei programmi. Ogni controllo o indicatore presente nel pannello frontale ha un corrispondente terminale nello schema a blocchi. Ciascuno di questi terminali può essere collegato ad una specifica funzione mediante apposite linee di connessione, quindi complessivamente lo schema a blocchi ha l'aspetto di un diagramma di flusso. Quando viene eseguito il programma, i dati impostati dall'utente attraverso i controlli del pannello frontale vengono inviati ai corrispondenti terminali nello schema a blocchi e rappresentano le variabili d'ingresso per le funzioni cui sono applicati. Affinché una funzione possa essere eseguita, è necessario che siano disponibili tutti i suoi ingressi. I risultati prodotti da ciascuna funzione, a seguito dell'esecuzione del programma, possono essere trasferiti all'ingresso della funzione successiva nel diagramma di flusso, oppure

inviati agli indicatori del pannello frontale, attraverso i terminali corrispondenti, per potere essere visualizzati dall'utente.

### 4.2.3 SUB VI

Un programma può essere trasformato in un oggetto che può essere impiegato all'interno di un altro programma VI, diventando così un sottoprogramma detto SubVI. L'icona è un simbolo grafico di piccole dimensioni che rappresenta in modo sintetico il VI stesso. Quando un VI viene impiegato all'interno di un altro programma come SubVI, esso appare nel nuovo diagramma a blocchi con l'icona che lo identifica. L'icona può essere personalizzata dal programmatore. Per poter collegare il SubVI all'interno del nuovo diagramma a blocchi, è necessario conoscere la corrispondenza tra le aree dell'icona e degli elementi di ingresso uscita del pannello frontale associato al SubVI. Questa corrispondenza è determinata dal connettore 4.3. Pertanto, il connettore determina la corrispondenza tra i terminali presenti nell'icona e le variabili di ingresso e uscita del programma.

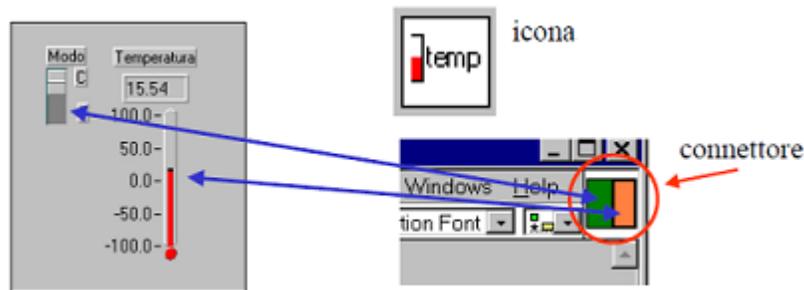


Figura 4.3: Icona e Connettore

### 4.2.4 Costruzione di un VI

Per la costruzione di un programma VI sono necessari tre passi fondamentali:

1. Costruzione del pannello frontale.
2. Costruzione del diagramma a blocchi;
3. Definizione dell'icona connettore.

Per compiere queste operazioni LabVIEW mette a disposizione una serie di strumenti raccolti in tre palette:

- **Tools palette:** la tools palette viene mostrata sia quando è attiva la finestra del pannello frontale sia quando è attiva la finestra del diagramma a blocchi. In questa palette sono disponibili vari tools che consentono di selezionare, spostare, collegare i vari oggetti nonché introdurre delle sonde per agevolare il debug del programma. Come mostrato in figura 4.4 a ogni casella corrisponde una specifica funzionalità.



Figura 4.4: Tools palette

- **Controls palette:** la controls palette può essere mostrata solo quando è attiva la finestra del pannello frontale. Dalla figura 4.5 si può vedere che la controls palette mette a disposizione una serie di controllori ed indicatori simili a quelli presenti in uno strumento reale (manopole, interruttori, indicatori analogici e digitali) nonché oggetti di tipo grafico per simulare il display di uno strumento.
- **Functions palette:** Essa mette a disposizione una serie di strutture e funzioni predefinite necessarie per la realizzazione del codice sorgente. Le varie funzioni, tra cui quelle matematiche, statistiche, logiche, acquisizione dati, colloquio con le periferiche, appaiono sotto forma di icona 4.6.

### 4.2.5 Tipi di dato e strutture

LabVIEW mette a disposizione un'ampia gamma di tipologie di dati. Ad ogni tipo di dato è associato uno specifico colore come mostrato nella seguente tabella.



Figura 4.5: Controls palette

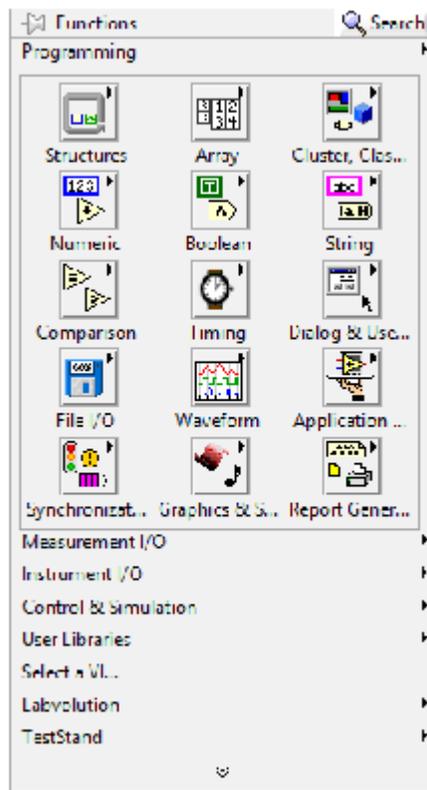


Figura 4.6: Functions Palette

Tipo di dato	Colore
Booleano	verde
Interi	blue
Double	arancione

Tabella 4.1: Tipi di dato in Labview

I vari dati si possono a loro volta organizzare in matrici, vettori o Cluster (un insieme eterogeneo di dati). I dati possono essere trasferiti tra diversi oggetti tramite i collegamenti, questi ultimi hanno differenti colori, stili e spessori in funzione del dato che trasportano come in figura 4.7

Tipo di collegamento	Scalare	Array 1D	Array 2D	Colore
Numerico				Arancione (virgola mobile), Blu (intero)
Booleano				Verde
Stringa				Rosa

Figura 4.7: Tipi di collegamento

Oltre ai vari tipi di dato in LabVIEW sono presenti anche diversi tipi di strutture, molto simili ai cicli dei linguaggi testuali, sfruttabili dall'utente per la programmazione. Si descrivono brevemente i principali tipi di strutture:

- **Ciclo for:** è una struttura di controllo che esegue iterativamente una porzione di programma per un numero di volte stabilito dall'utente.

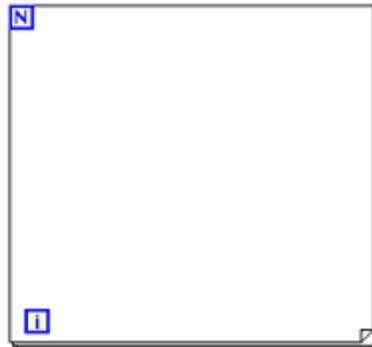


Figura 4.8: Ciclo for

Esso si distingue dalle altre strutture per mezzo dei terminali N e i chiamati rispettivamente *Count Terminal*, indicante il numero di iterazioni da eseguire e quindi variabile d'ingresso, e *Iteration Terminal*, indicante il numero di iterazioni completate e quindi variabile d'uscita. Per trasferire il valore assunto da una variabile da una iterazione a quella successiva si utilizzano gli shift register 4.9.

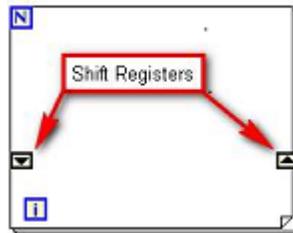


Figura 4.9: Shift register

Uno shift register è costituito da una coppia di terminali opposti posizionati sul bordo verticale della struttura: il terminale di destra memorizza il valore assunto al termine di una iterazione della variabile ad esso collegata, mentre quello di sinistra rende disponibile tale valore all'iterazione successiva.

- **Ciclo While:** esegue il programma contenuto al suo interno fino a quando il terminale condizionale non riceve uno specifico valore booleano.



Figura 4.10: Ciclo While

Un valore booleano true in ingresso al terminale condizionale *Stop if true* arresta l'esecuzione del programma contenuto all'interno del while loop 4.10.

Nel caso di terminale condizionale *Continue if true* l'esecuzione del ciclo viene interrotta quando riceve in ingresso un valore booleano *false*. Il terminale di iterazione, rappresentato in figura quadrato in blu con dentro una *i*, è un terminale di uscita che restituisce il numero di iterazioni effettuate dal *while* loop.

- **Case o if:** eseguono una parte di codice piuttosto che un'altra a seconda del valore assunto dalla variabile di controllo detta *Selector Terminal* (il punto interrogativo a sinistra). Se il valore del controllo booleano collegato al terminale di selezione è *true* viene eseguito il sottoprogramma contenuto nel caso *true*, viceversa se il valore del controllo booleano collegato al terminale di selezione è *false* viene eseguito il sottoprogramma contenuto nel caso *false*. Le condizioni (casi) possono essere di tipo booleano, numerico o stringa. Nelle figure 4.11, 4.12 sono mostrati dei case con diverse condizioni.

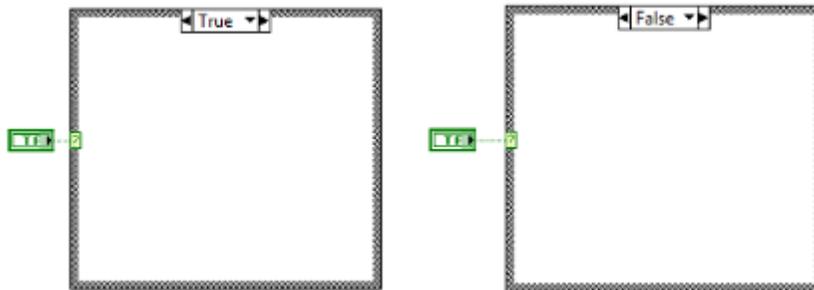


Figura 4.11: Case Structure

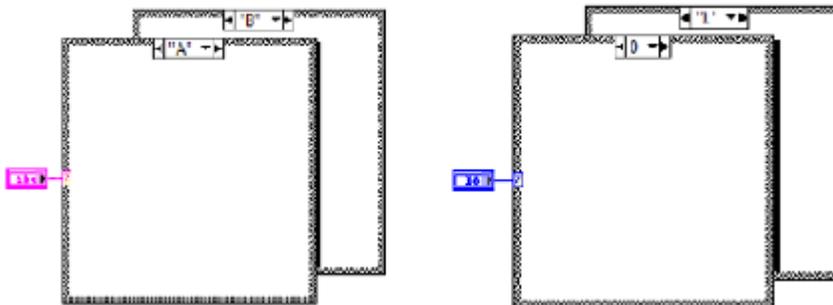


Figura 4.12: Case Structure

- **Sequence:** la struttura sequence permette l'elaborazione di uno o più sub-diagrammi in ordine sequenziale. I vari sub-diagrammi vengono chiamati frame e appaiono come i fotogrammi di una pellicola. LabVIEW mette a disposizione due diverse tipologie di strutture sequence:

1. *Flat sequence:* i fotogrammi sono affiancati l'uno all'altro [4.13](#). e vengono eseguiti in sequenza temporale da sinistra a destra e ciascun frame può essere eseguito se i suoi ingressi sono disponibili; le uscite di ciascun frame sono disponibili appena l'esecuzione del frame stesso si è conclusa; che consente l'esecuzione sequenziale di un programma. Ogni sequenza viene chiamata frame, la struttura in [figura 4.13](#) è composta da tre frame.

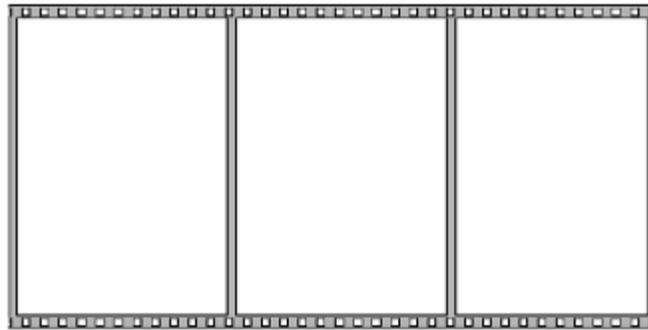


Figura 4.13: Sequence Structure

2. *Stacked sequence:* i fotogrammi sono impilati e ciascuno è individuato dal proprio numero d'ordine a partire da zero. I frame sono eseguiti in

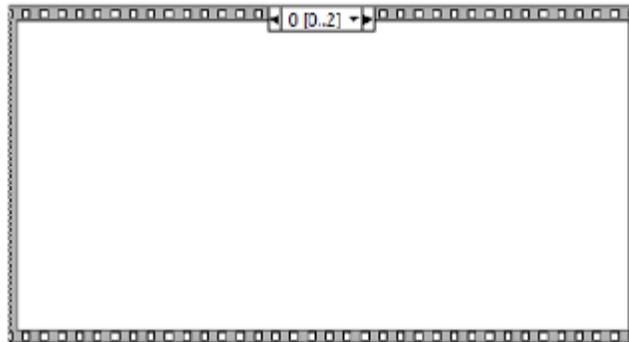


Figura 4.14: Stacked sequence

sequenza dal primo e l'esecuzione della struttura può iniziare solo quando tutti gli ingressi necessari a ciascun frame sono disponibili; le uscite dei vari frame saranno disponibili solo quando l'esecuzione di tutta la sequenza si sarà conclusa. Una struttura stacked sequence è mostrata nella figura 4.14.

Durante la programmazione può essere utile interagire con i vari oggetti del pannello frontale da qualsiasi locazione del diagramma a blocchi; gli oggetti che consentono questo tipo di operazione sono le variabili locali. Una variabile locale può essere utilizzata in scrittura write local o in lettura read local. Quando una variabile locale viene letta o scritta automaticamente si aggiorna lo stato dell'oggetto ad essa associato. Sullo schema a blocchi è possibile distinguere i tipi di variabili locali come indicato in figura 4.15. Così come per i controlli o gli indicatori, anche le



Figura 4.15: Variabili locali

variabili possono essere di tipo booleano, stringa o numerico. Per poter utilizzare una variabile all'interno di qualsiasi VI o subVI si deve ricorrere all'utilizzo delle variabili globali. Le variabili globali sono definite sotto forma di controlli o indicatori su un VI dotato del solo pannello frontale. L'utilizzo delle variabili globali è di fondamentale importanza se l'applicazione che si sta realizzando ha una struttura modulare e contiene molti subVI con cui scambiare informazioni.

## 4.2.6 Gestione degli Errori

LabVIEW gestisce automaticamente ogni errore quando un VI è in esecuzione, infatti sospende l'esecuzione ed evidenzia la funzione in cui è avvenuto l'errore. La gestione degli errori è il meccanismo di anticipazione, individuazione e risoluzione di warning ed errori, senza di essa si possono osservare comportamenti inattesi e non riuscire a trovare l'origine del problema. Le funzioni presentano un terminale di error in a sinistra e uno di error out a destra per implementare una buona gestione degli

errori. Così da poter collegare il cluster di error out del primo nodo con il cluster error in del nodo successivo, in modo tale da determinare le azioni da intraprendere quando si verifica un errore in qualsiasi punto dell'applicazione.

### 4.3 Uso della scheda DAQ

Le schede di acquisizione di National Instruments possiedono drivers che permettono la comunicazione tra la scheda e l'ambiente di sviluppo software. Ci sono due differenti tipi di driver che supportano diversi dispositivi:

- Ni-DAQmx;
- Traditional Ni-DAQ;

I driver DAQmx sviluppati da National Instruments permettono di configurare le schede di acquisizione di tipo DAQ utilizzando specifici VI chiamati Express VI, ossia degli strumenti personalizzabili che aiutano passo passo l'utente in fase di programmazione. L'Express VI maggiormente utilizzato in questo lavoro di tesi è il DAQ Assistant mostrato in figura 4.16. Il DAQ assistant consente la configurazione



Figura 4.16: Daq Assistant

di tutti i canali della scheda di acquisizione DAQ. Una volta inserito il DAQ assistant all'interno del VI si aprirà una finestra in cui si potrà scegliere se acquisire un segnale o generare un segnale, come mostrato in figura 4.17.

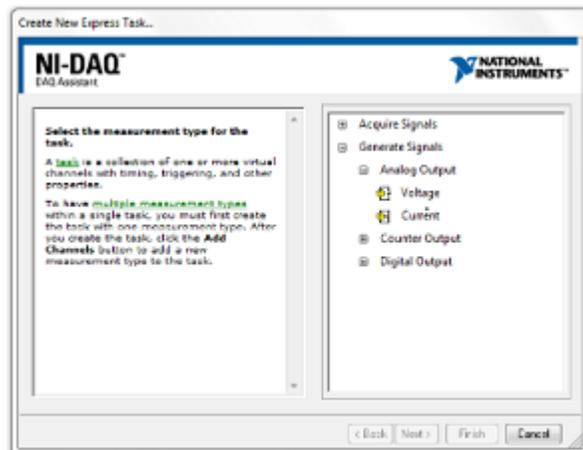


Figura 4.17: Daq task

# Capitolo 5

## Soluzioni e Hardware Usato

### 5.1 Schema a blocchi generale

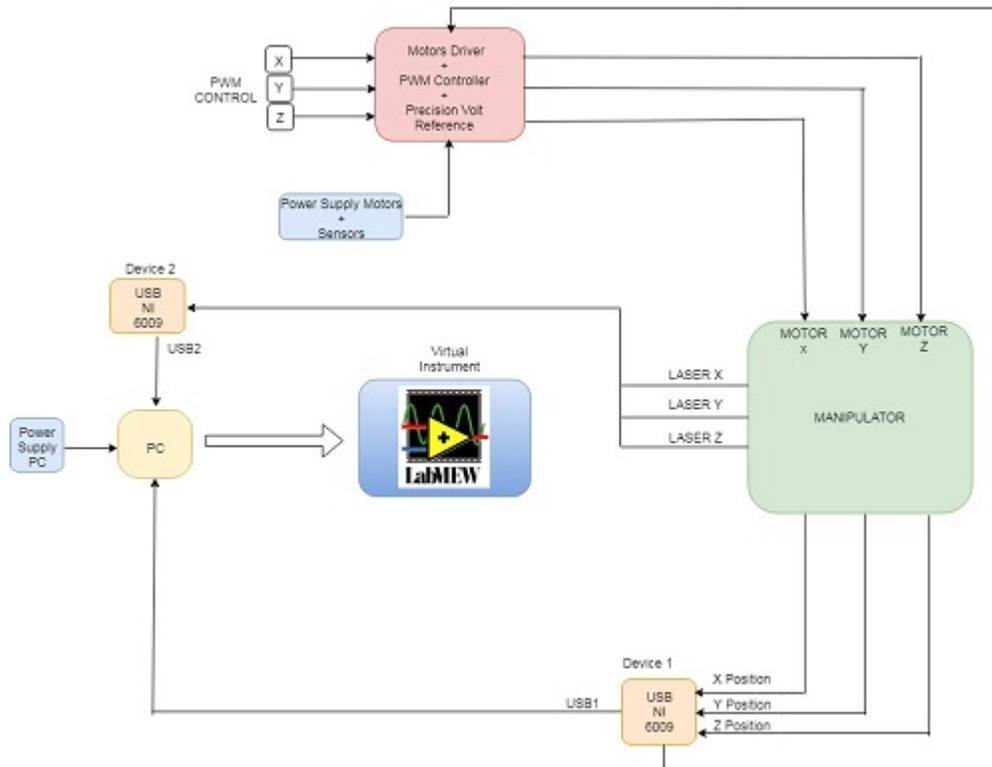


Figura 5.1: Schema a blocchi

Uno dei punti di partenza da cui iniziare è quello di capire come interfacciare le varie parti hardware presenti.

La soluzione proposta in figura 5.1 prevede l'utilizzo di:

- 3 chip *STVNH7070AS*, che permettono di pilotare differenti tipologie di motori elettrici a spazzole.
- 3 circuiti di generazione del PWM.
- 3 sensori Laser *panasonic HG-C1100*, per identificare la posizione precisa del punto illuminato.
- 2 schede di acquisizione dati del tipo *NI USB 6009*, che generano e acquisiscono segnali per interagire con l'hardware.
- PC *Intel NUCi3MYBE* che esegue il VI generato in Labview.

## 5.2 Scheda Daq NI USB 6009

### 5.2.1 Caratteristiche principali

Un sistema di acquisizione dati DAQ utilizza una scheda di acquisizione per passare da un segnale elettrico condizionato ad un computer per l'analisi software e la memorizzazione dati. Un tipico sistema DAQ ha tre componenti di base:

- **Morsettiera:** fornisce la possibilità di collegare i cavi che trasportano i segnali da acquisire o generare. Le morsettiere possono essere a vite o a scatto, schermate o no, e possono avere diversi terminali a seconda del numero di segnali che devono essere collegati.
- **Cavo:** ha il compito di trasportare il segnale dalla morsettiera al dispositivo DAQ. La scelta dei cavi da usare dipende dalla morsettiera e dal dispositivo DAQ scelto.
- **Dispositivo DAQ:** trasferisce al computer il segnale che viene misurato tramite diversi bus. Il dispositivo DAQ possiede diversi elementi tra cui I/O analogici, I/O digitali e contatori.

Questa combinazione hardware caratterizzata dai componenti citati sopra può trasformare un computer standard in un sistema automatico di misura. LabVIEW comprende un insieme di VI che consentono di configurare, acquisire e inviare dati su dispositivi DAQ. Spesso, un dispositivo può svolgere diverse funzioni; conversione analogico-digitale (A/D), conversione digitale-analogica (D/A), I/O digitale e operazioni di conteggio e temporizzazione. Ogni dispositivo DAQ è realizzato per specifiche piattaforme hardware e sistemi operativi. Il compito fondamentale di un sistema DAQ è di misurare o generare segnali fisici reali. Prima che un sistema basato su computer possa misurare un segnale fisico, un sensore o trasduttore deve convertire il segnale fisico in uno elettrico, come tensione o corrente.

## 5.2.2 Specifiche tecniche

La USB-6009 è un dispositivo di Data Acquisition (DAQ) multifunzione di fascia economica, ma che offre un completo sistema I/O analogico e digitale e un counter a 32 bit con un sample rate non elevato, adeguato a trattare segnali lentamente variabili nel tempo. La scheda USB-6009 fornisce funzionalità di acquisizione dati di base per applicazioni di data logging, misure portatili ed esperimenti di laboratorio. Inoltre il driver NI-DAQmx semplifica le operazioni di misura e configurazione via software. Il pinout della scheda è mostrato in figura 5.2.

La scheda possiede:

- 8 canali di ingresso analogici (AI);
- 2 canali di uscita digitali(AO);
- 12 canali digitali di ingresso/uscita (DIO);
- 1 contatori a 32 bit.

Il dispositivo presenta un sampling rate massimo di 48kS/s. Il grande vantaggio nell'utilizzare questi dispositivi è la possibilità di impostarne la configurazione e quindi di gestirne l'acquisizione o generazione dati tramite un computer grazie al software LabVIEW.

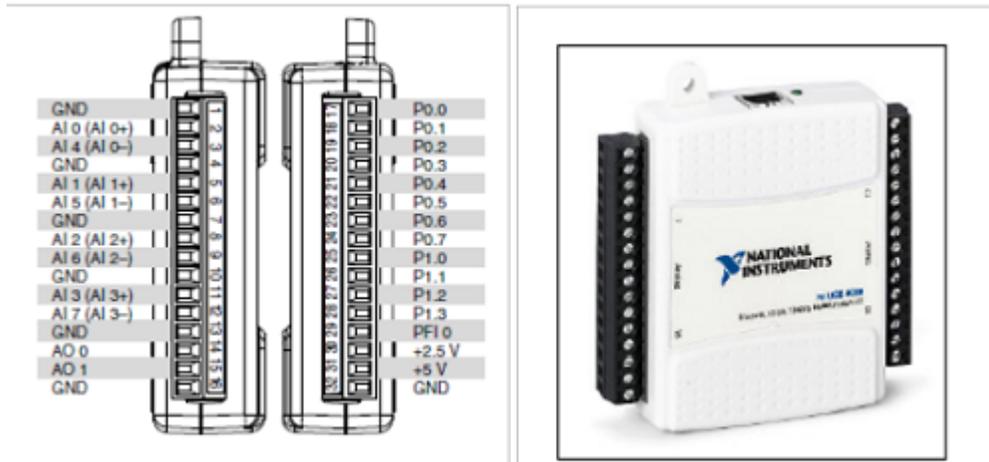


Figura 5.2: [7] Pinout della scheda

### 5.2.3 Schema a blocchi del dispositivo

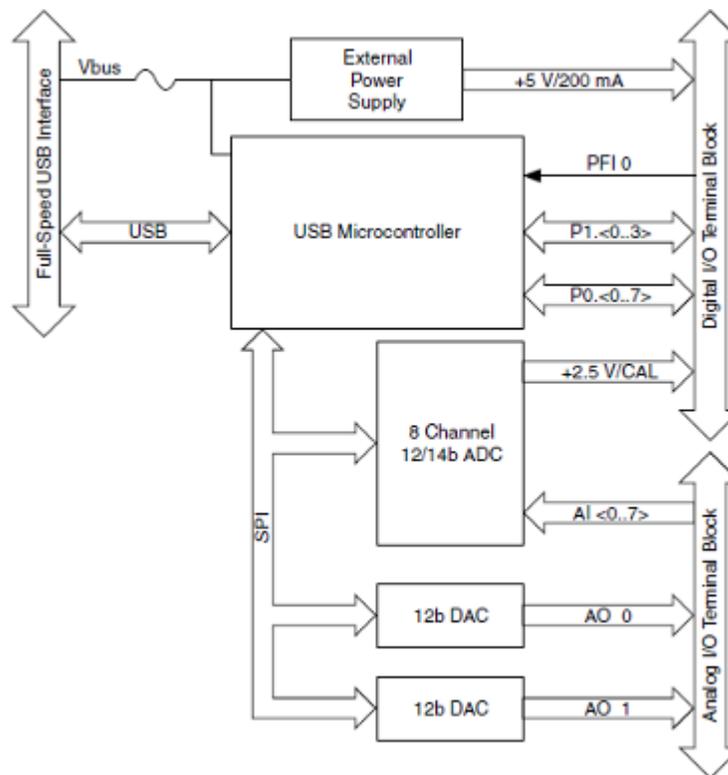


Figura 5.3: [7] Schema a blocchi della scheda

Dallo schema a blocchi 5.3 si può vedere che la scheda DAQ viene alimentata tramite un'interfaccia USB, quindi nel caso di interfacciamento ad un computer, sarà quest'ultimo a fornire l'alimentazione necessaria al funzionamento del dispositivo. La scheda mette a disposizione due riferimenti di tensione ricavati dall'alimentazione USB, uno a 2.5V e l'altro a 5V; il riferimento a 5V è utile nel caso fosse necessario alimentare componenti esterni, in questo caso la massima corrente erogabile sarà 200 mA. Sono presenti anche due convertitori digitale-analogico (DAC) per i due canali analogici di uscita ed un convertitore analogico-digitale (ADC) ad approssimazioni successive per i canali analogici di ingresso.

### 5.2.4 Ingressi Analogici

La scheda dispone di 8 canali di ingresso analogici, che possono essere configurati in modo da effettuare sia misure differenziali sia single-ended.

- **Differenziali:** si misura la differenza di potenziale tra due terminali.
- **RSE Referenced Single-Ended:** viene misurato il potenziale di un terminale rispetto alla massa.

Le principali specifiche degli ingressi analogici sono sintetizzate nella seguente tabella 5.1

Differential Input	4
Single ended Input	8
Differential Input resolution	14 bits
Single Ended Input Resolution	13 bits
Maximum Sample Rate	48 kS/s
Input Range Differential	$\pm 10V; \pm 5V; \pm 4V; \pm 2.5V; \pm 2V; \pm 1.5V; \pm 1V$
Input Range Single Ended	$\pm 10V$
Working Voltage	$\pm 10V$
Input Impedance	$\pm 144k\Omega$

Tabella 5.1: Specifiche ingressi analogici

### 5.2.5 Uscite Analogiche

La scheda DAQ NI-6009 USB ha due canali di uscita analogici indipendenti tra loro, denominati AO0 e AO1. Ogni canale è in grado di generare segnali nel range  $[0, 5]V$  e di erogare correnti fino ad un massimo di 5mA. Nella tabella 5.2 sono elencate le principali specifiche riguardanti le uscite analogiche

Output Definition	12bits
Maximum Update Rate	150 Hz
Output Range	0V to 5V bits
Output Impedance	$50\Omega$
Output Current Drive	5 mA

Tabella 5.2: Specifiche uscite analogiche

### 5.2.6 I/O

La scheda DAQ NI-6009 mette a disposizione 12 linee digitali con logica TTL (0–5V) che possono essere configurate sia come ingressi sia come uscite. Si osservano in

GND	+5V	+2.5V	PF10	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0

Figura 5.4: [7]I/O Digitali

particolare le 12 linee di ingresso/uscita P0. < 0..7 > e P1. < 0..3 >, la linea di massa GND e i due riferimenti di tensione a 2.5V e a 5V. Il pin PF10 non ha la funzione di linea di input/output, ma può essere configurato per realizzare un contatore a 32 bits oppure per funzionare da trigger.

I/O LINES P0 < 0, 7 >	8 lines
I/O LINES P1 < 0, 3 >	4 lines
ABSOLUTE MAXIMUM VOLTAGE RANGE	0.5V to 5.8V respect to GND
PULL-UP RESISTOR	$4.7k\Omega$ to $5k\Omega$

Tabella 5.3: Specifiche I/O digitali

## 5.3 Evaluation Board VNH7070AS

### 5.3.1 Caratteristiche Hardware

Il chip ST VNH7070AS è un completo motor driver per un ampio range di applicazioni automotive. Il device è costituito da due driver high side e da due low-side switches. È un dispositivo completamente simmetrico e permette di pilotare varie tipologie di motori elettrici a spazzole e a magneti permanenti. I segnali di ingresso  $INA$  e  $INB$  permettono l'interfacciamento con un microcontrollore per selezionare la direzione di rotazione del motore e la condizione di frenatura. Il pin Sel0 è disponibile per indirizzare l'informazione disponibile nel *MultiSense* al microcontrollore. Il pin multiSense fornisce funzione di autoprotezione e permette di monitorare la corrente proporzionale erogata sul carico.

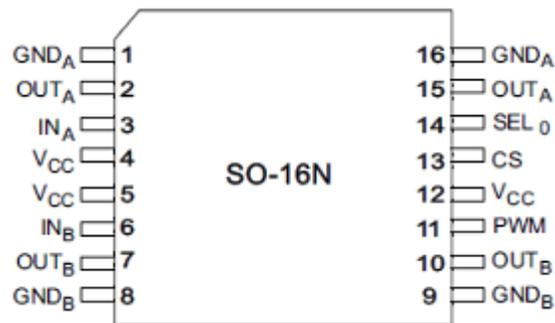


Figura 5.5: Pinout della scheda

### 5.3.2 Schema a blocchi della scheda

Dallo schema a blocchi del dispositivo ST VNH7070AS, si possono distinguere diversi sotto-blocchi.

- **Logica di Controllo:** permette di accendere o spegnere l'high-side e il low-side in accordo con la tabella della verità.
- **High-Side e Low-Side clamp voltage:** protegge l'high side e il low side switch dall'alta tensione.

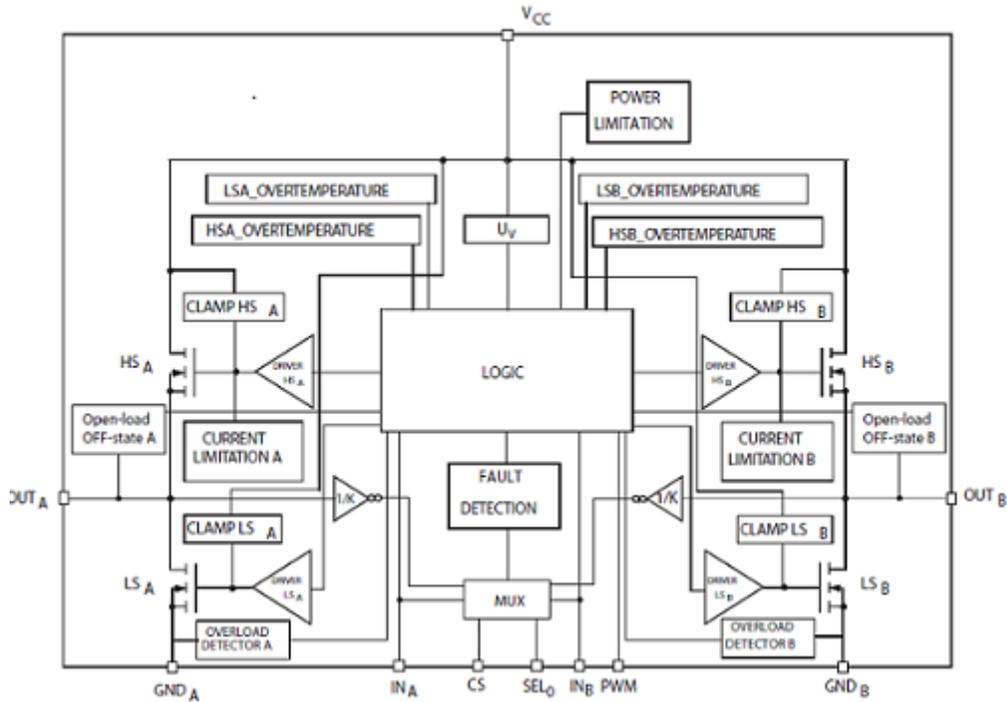


Figura 5.6: [9] Schema a blocchi

- **High-Side e Low-Side** : pilota il gate del corrispettivo switch.
- **Current Limitation**: limita la corrente del motore in caso di corto circuito.
- **High-side and low-side overtemperature protection**: spegne il driver in caso di corto circuito causato dall'aumento della temperature di giunzione per prevenire la degradazione e la protezione del dispositivo.
- **Low-side overload detector** : controlla quando la corrente del low-side supera la corrente di spegnimento e spegne il corrispettivo low-side.
- **Fault detection**: segnala un insolito comportamento dello switch attraverso il pin Cs (Current Sense).
- **Power Limitation**: limita la potenza dissipata dell'high side in maniera tale da rimanere in uno specifico range di sicurezza.

### 5.3.3 Pinout della scheda

Per facilitare la manutenzione del sistema, nel progetto sono state usate 3 evaluation boards ST VN7070AS in modo da pilotare i 3 motori della lente focalizzatrice.

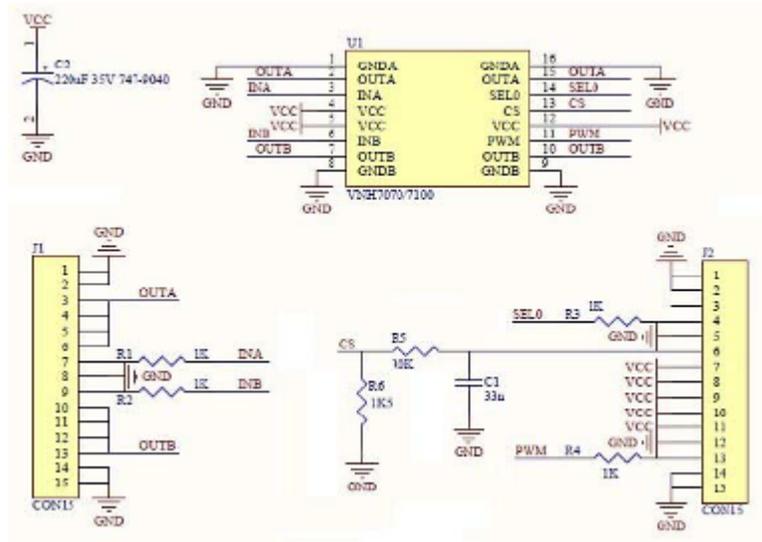


Figura 5.7: [8] Pinout della scheda

Nella figura 5.7 si vedono in dettaglio le configurazioni dei pin:

- **IN A**: Ingresso orario.
- **GNDA**: source del low-side A.
- **OUTA**: source/drain del low-side A.
- **IN B**: ingresso antiorario.
- **GNDB**: source del low-side B.
- **OUTB**: source/drain del low-side B.
- **VCC**: alimentazione.
- **PWM**: tensione controllata del pin in ingresso.
- **CS (current sense)**: pin di uscita analogica che fornisce una corrente proporzionale alla corrente del motore.

- **SEL0**: indirizza le informazioni del current sense in accordo con la tabella della verità.

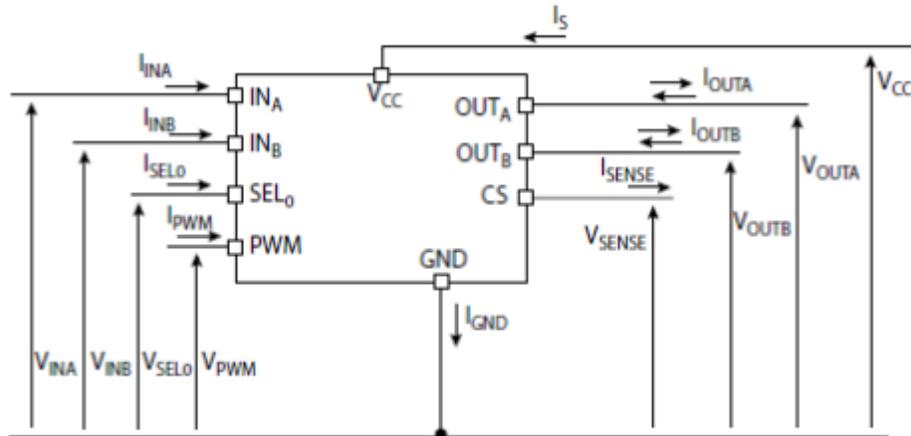


Figura 5.8: Verso correnti e tensioni

Un parametro importante è  $k$  definito come il rapporto tra la corrente in uscita e la corrente in uscita del pin CS.

## 5.4 Sensore di distanza Laser Panasonic HG-C1100-P

### 5.4.1 Principio di funzionamento di un sensore basato su triangolazione

Il principio di funzionamento di un sistema di acquisizione basato su triangolazione laser è mostrato in figura 5.9. Per triangolazione si intende la rivelazione di un oggetto da due punti di vista differenti ad una distanza nota l'uno dall'altro. Il fascio dell'illuminatore laser viene proiettato sull'oggetto da osservare da una determinata posizione, mentre un sensore rileva la componente riflessa. Conoscendo le posizioni relative e gli orientamenti del sensore e del laser insieme al modello geometrico si riesce a stabilire la corretta posizione del punto illuminato.

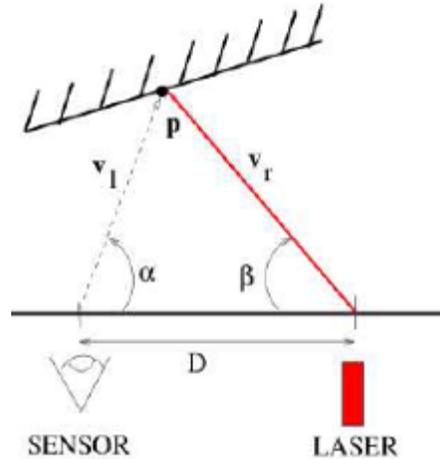


Figura 5.9: Triangolazione laser

### 5.4.2 Caratteristiche Hardware

I parametri da tenere in considerazione per valutare la precisione e l'affidabilità di un sensore sono diversi:

- La linearità che indica il massimo scostamento espresso in percentuale di fondo scala tra la curva di calibrazione e una linea retta di riferimento.
- L'accuratezza che rappresenta l'errore massimo tra la grandezza reale e quella misurata.
- La ripetibilità che esprime l'attitudine di un sensore a fornire valori in uscita poco diversi tra loro a parità di segnale di ingresso e nelle stesse condizioni di lavoro.

Il PANASONIC HG-C1100-P presenta le seguenti caratteristiche:

- Linearità:  $\pm 0,1$  F.S.
- Ripetibilità:  $10mm$ .
- Dimensioni: larghezza =  $20mm$ ; altezza =  $44mm$ ; spessore =  $25mm$ .
- Peso:  $85$  g.



Figura 5.10: [10] Sensore Laser

- Alimentazione: 12 a 24VDC  $\pm 10$ .

Il sensore non solo indica il valore della misura in millimetri ma produce anche uscite analogiche. Lo schema circuitale è il seguente:

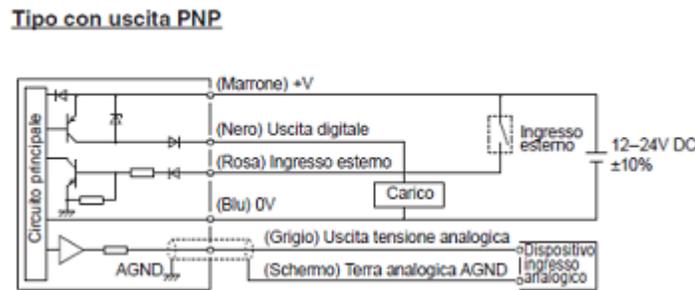


Figura 5.11: [10] Schema Elettrico

## 5.5 Circuito di Generazione del PWM

### 5.5.1 PWM caratteristiche

La modulazione della larghezza di impulso (Pulse Width Modulation) è un tipo di modulazione che permette di ottenere una tensione media variabile dipendente dal rapporto tra la durata dell'impulso negativo e quello positivo (duty cycle).

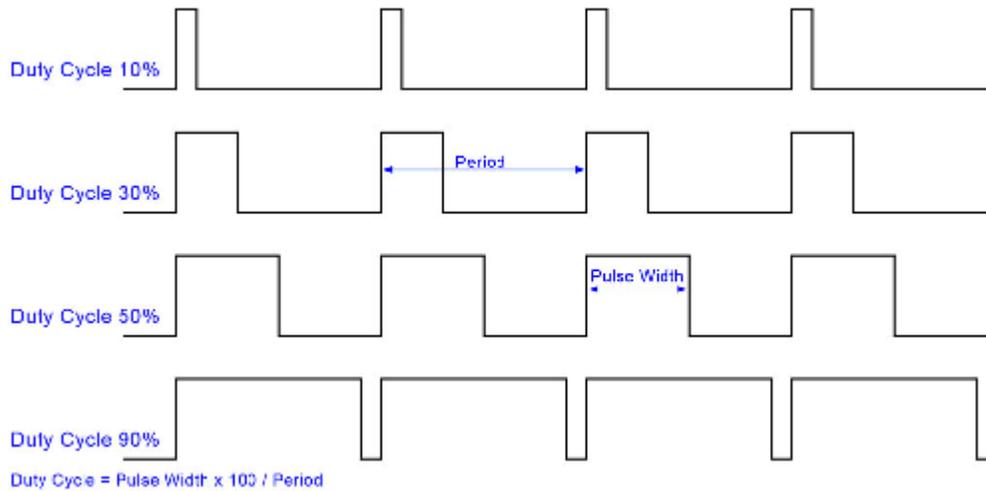


Figura 5.12: PWM

Un segnale PWM come mostrato in figura può essere rappresentato con un'onda quadra dalla frequenza fissa e dal duty cycle variabile.

Il duty cycle è definito come il rapporto tra il tempo in cui l'onda quadra assume valore alto e il periodo  $T$ . La durata di ciascun impulso può essere espressa in rapporto al periodo tra due impulsi successivi. Tra le varie applicazioni, un generatore PWM può essere utilizzato per variare la velocità di un motore elettrico in corrente continua, infatti il motore al variare del duty cycle, potrà essere fermo, funzionare a velocità costante, accelerare o decelerare. Vi è la possibilità di utilizzare i transistor come interruttori in grado di accendere e spegnere continuamente i circuiti connessi ai morsetti del motore in modo da regolarne la velocità. L'uso di un controllo a interruttore consente, nelle fasi di non utilizzo di non consumare energia per il controllo del movimento.

### 5.5.2 ICM7555 TIMER

Per implementare un generatore PWM si possono impiegare molteplici alternative, la soluzione più semplice da realizzare con un buon rapporto prezzo/prestazione, impiega un timer ICM7555. Esso è un circuito integrato lineare contenente all'interno un multivibratore, che con l'aggiunta di resistenze e capacità può essere configurato come multivibratore astabile, bistabile o monostabile che garantisce precisione e

stabilità. Lo schema circuitale del timer è mostrato nella seguente figura 5.13.

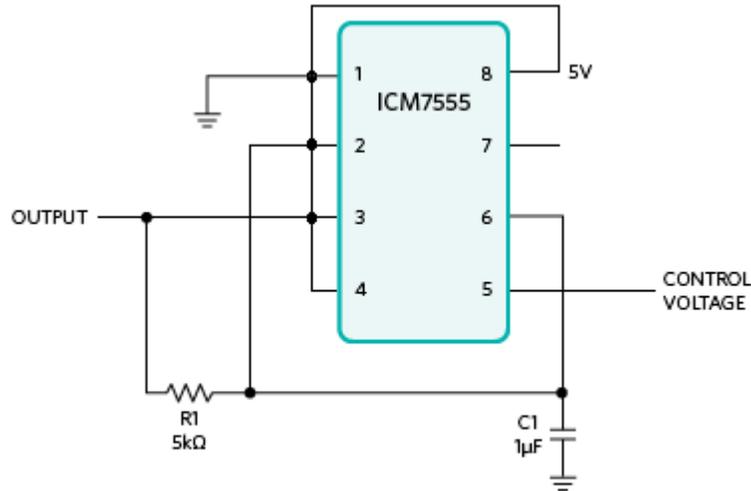


Figura 5.13: ICM 7555

L'ampiezza della pulsazione è modulata da una tensione di controllo applicata al pin 5 tramite un sistema a potenziometro. Il segnale di uscita dal circuito dipende dalle costanti di tempo con cui avvengono la carica e la scarica del condensatore C1, la tensione di controllo applicata cambia la tensione di soglia dei due comparatori interni e questo processo altera l'ampiezza di pulsazione della forma d'onda di uscita.

## 5.6 Pc del sistema di Controllo Intel NUC Board NUC5i3MYBE

Il software di controllo, una volta compilato, verrà eseguito su una scheda PC di produzione Intel, la NUC5i3MYBE. La scelta è ricaduta su questo prodotto poichè è compatto, economico, con adeguata potenza di elaborazione e soprattutto alimentabile con lo stesse tensioni usate per gli altri sottosistemi presenti. La scelta del sistema operativo è ricaduta su Windows 10 per permettere la totale compatibilità dei software accessori (MS OFFICE, Adobe Acrobat e vari di National Instruments) con gli altri PC usati all'interno dell'azienda.

Di seguito sono elencate le principali caratteristiche della scheda PC:

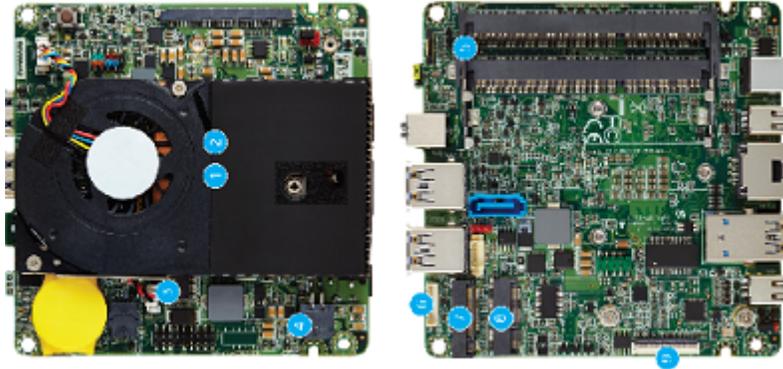


Figura 5.14: [11] Vista del PC Intel

- Processore: Intel Core i3-5010U dual-core.
- Dimensione memoria massima: 16 Gbyte.
- Voltaggio di input DC supportato: 12-19 VDC.
- Potenza massima assorbita: 22 W.
- Dimensioni: 101,6 x 101,6 x 28mm .

Al pc inoltre è stato aggiunto un modulo di memoria Ram da 4 GB KingSton KVR16LS11/4 e un hard-disk a stato solido HG6 Series con memoria Nand flash che richiede tipicamente una potenza di 3W.

## 5.7 Realizzazione del PCB

Per semplificare e rendere facilmente intuitivo lo schema circuitale finale, si è proceduto alla realizzazione di un PCB (Printed Circuit Board) per interconnettere tra di loro i vari componenti elettronici di un circuito tramite piste conduttive, in particolare serve a connettere tra loro i motor drivers ST VN7070AS, i generatori PWM e il riferimento di tensione, usato per migliorare l'accuratezza del sistema. I PCB vengono realizzati assemblando sottili strati di dielettrico isolante con strati di materiale elettricamente conduttivo. Un PCB e' costituito da:

- Uno o più substrati rigidi o flessibili (core) che fungono da isolante;

- Piste di rame su più livelli(layers) che permettono la creazione di connessioni elettriche;
- Fori conduttori (vias) che collegano piste di layers diversi.
- Una vernice superficiale usata per proteggere le lista dalla ossidazione e per facilitare la saldatura(Solder);
- Serigrafia(Silkscreen) per segnare la posizione dei componenti sulla scheda.

### 5.7.1 Software Design Spark

In una prima fase per realizzare il layout del circuito si è utilizzato il software *Design Spark*. Esso è un potente strumento cad per la realizzazione e progettazione di un PCB, ed è un software di modellazione 3d focalizzato sulla facilità d'uso. È basato sulla tecnologia direct modelling e permette all'utente di creare geometrie complesse attraverso tecniche di modellazione. La vista planare e 3d del circuito realizzato sono mostrate in figura [5.15](#), [5.16](#). Tramite l'utilizzo di una fresatrice a controllo numerico di tipo LPKF photomat E44 è stato realizzato il prototipo della scheda [5.17](#).

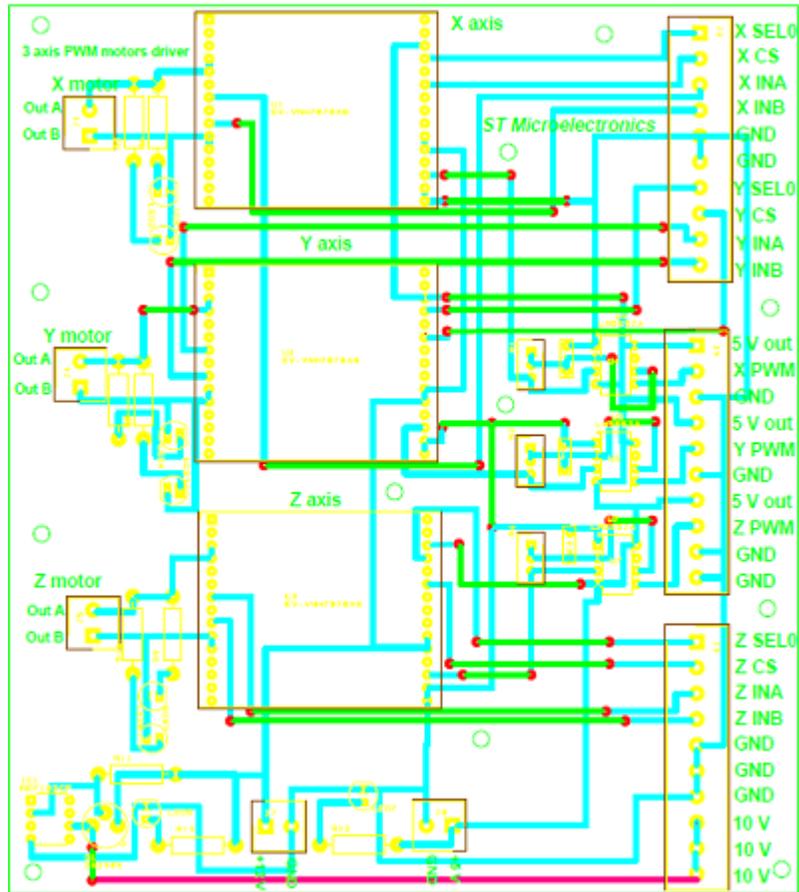


Figura 5.15: Vista planare del PCB

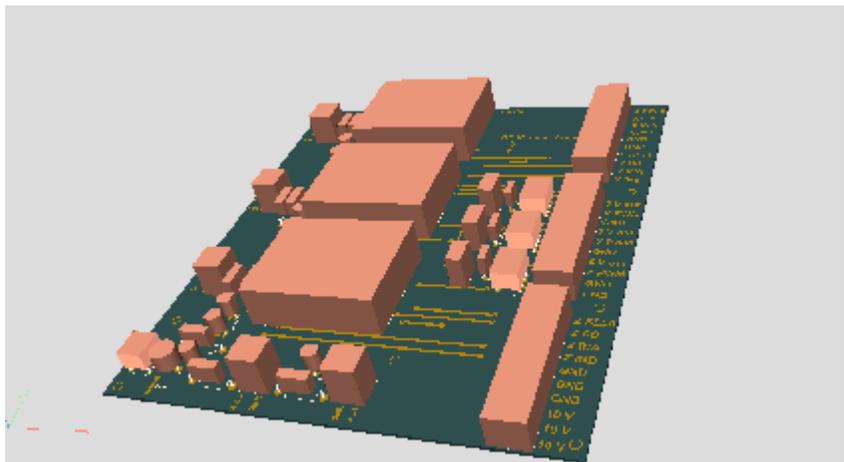


Figura 5.16: Vista 3D PCB

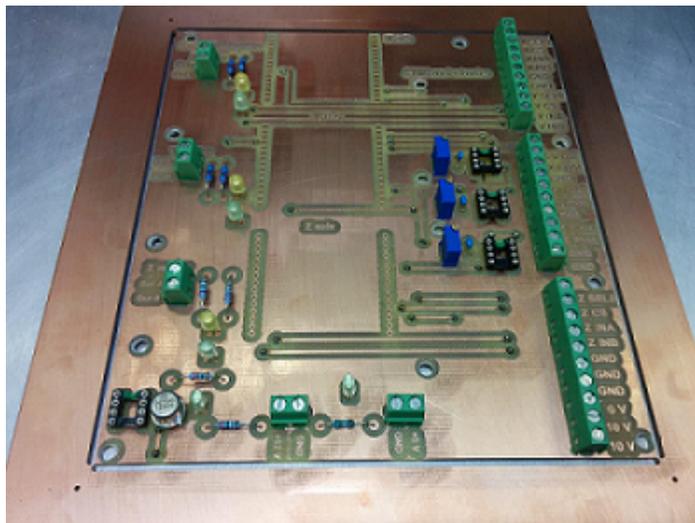


Figura 5.17: Prototipo della scheda

# Capitolo 6

## Software Realizzato

### 6.1 Descrizione Generale

Il programma creato, che realizza il test della lente elettrostatica utilizza la struttura flat sequence al cui interno troviamo più strutture case annidate, tutto posto all'interno di un while loop globale. Infatti Labview come detto in precedenza è estremamente versatile, e permette l'inserimento di strutture diverse, le une dentro le altre. Con programmi di questo tipo, si realizza un'interfaccia grafica che permette all'utente una veloce e precisa lettura dei dati in tempo reale oltre che un'alta flessibilità tra utente e hardware controllato.

L'obiettivo è quello di fornire, ove possibile, una risposta pronta ed efficace sui segnali elaborati.

### 6.2 Richieste

Il programma realizzato deve soddisfare diverse richieste fornite dal gruppo di tecnici che lavorano alla manutenzione della lente elettrostatica. In particolare il *Virtual Instrument* deve prevedere tre modalità di funzionamento, infatti l'utente, tramite alcuni tasti virtuali previsti nel software sceglie se usare la modalità manuale, automatica o la modalità home. Le funzionalità di ciascuna modalità verranno in dettaglio discusse successivamente.

Al fine di soddisfare le richieste degli operatori utenti si necessita di:

- Impostare la modalità del programma all'avvio in manuale.
- Un pulsante di START and STOP della sequenza automatica.
- L'indicazione di warning quando vi è una lettura di tensione corrente superiore a un certo limite.
- Impostare la modalità del programma all'avvio in manuale.
- Un pulsante di START and STOP della sequenza automatica.
- Un pulsante in grado di uscire dalla modalità manuale per passare al funzionamento in home.
- Esecuzione di una routine di un numero di cicli definiti dal tecnico (automatic mode), che prevederà l'escursione dei 3 assi tra i limiti inferiori e superiori.
- A fine ciclo, apertura di una finestra che chiederà all'utente se ricominciare o se terminare l'esecuzione del programma.

## 6.3 Flow Chart

Per rappresentare graficamente l'algoritmo si realizzano dei flow chart in modo da descrivere in maniera dettagliata il flusso del software. Il software prevede tre modalità di funzionamento, ciascuna di essa realizzata con costrutti e funzioni costruite in maniera opportuna per raggiungere l'obiettivo prefissato.

Naturalmente i flow chart descritti saranno tutti ad alto livello, i singoli sottoblocchi saranno illustrati in seguito.

### 6.3.1 Flow Chart Manual Mode

La modalità manuale permetterà all'utente di far muovere i motori del manipolatore secondo un preciso range di escursione, tramite dei tasti specifici presenti nella *front panel*, *forward* per consentire il movimento in avanti e *backward* indietro di ciascun asse. Inoltre grazie all'utilizzo di elementi grafici in tutte le modalità previste dal software è possibile visualizzare l'andamento delle correnti e tensioni



Figura 6.1: Manual Controls

in correlazione al movimento dei motori. Prima di realizzare i costrutti necessari a fornire lo spostamento dei motori, si parte dalla realizzazione del flusso di operazioni necessarie per eseguire l'algoritmo. Al comando di start dell'eseguibile di Labview, si parte dalla modalità manuale come richiesto dai tecnici del dispositivo. In un primo momento vengono dichiarati gli ingressi analogici della scheda d'acquisizione *National Instruments* dai quali vengono lette le tensioni e le correnti di ciascun asse, e prima di visualizzare le forme d'onde ottenute viene eseguita una conversione da Volt a Count. Vengono dichiarati gli ingressi della scheda ST VN7070AS, la cui combinazione secondo la tabella della verità permette il movimento dei motori in senso orario e antiorario. In particolare se:

- $INA = 0, INB = 1, SEL0 = 0$  il motore va avanti.
- $INA = 0, INB = 0, SEL0 = 1$  il motore va indietro.

Se non vengono assunte queste posizioni il dispositivo rimane in una condizione di IDLE che rimane tale finchè non cambia una determinata condizione. Una volta che il movimento avviene e si arriva alla posizione desiderata, il dispositivo viene resettato e si può scegliere se reiterare la sequenza o passare alla modalità successiva.

### 6.3.2 Home Position Mode

L'obiettivo della modalità *HOME POSITION* è quello di portare ciascun asse a un prestabilito valore in count corrispondente alla posizione di riposo del manipolatore. Come già visto nella sezione dedicata al *Manipulator Alignment tool* la posizione di

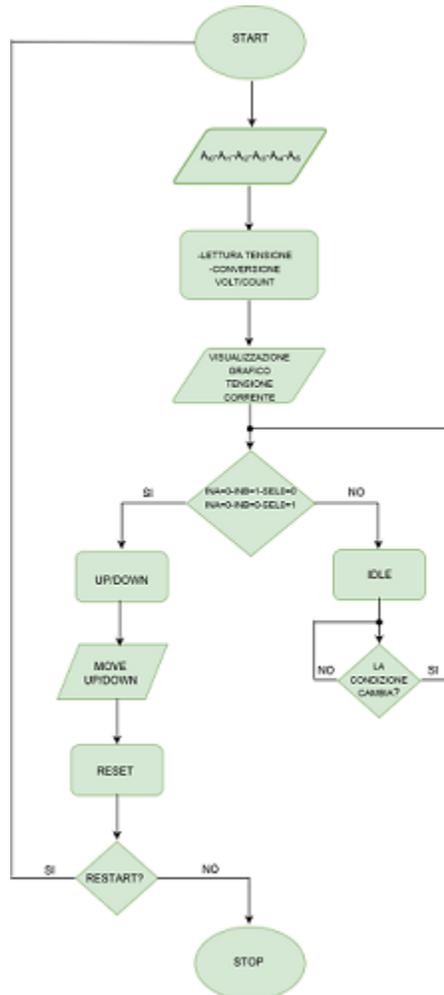


Figura 6.2: Flow chart manual mode

lettura dell'asse Z deve essere portata a 999 counts e quella di X e Y a 500 counts. Per capire meglio il flusso del frame, viene implementato anche in questo caso un Flow diagram 6.3. Il primo passo da eseguire è quello di leggere i valori di tensione dai canali Analogici della scheda Daq NI 60009, viene calcolata una media tra le tensioni lette, il risultato ottenuto viene convertito in count e successivamente viene confrontato con due valori costanti (Upper Limit, Lower Limit).

Per portare i motori in HOME position deve valere che:

$$Lower_{limit} < V_{letta} < Upper_{limit}$$

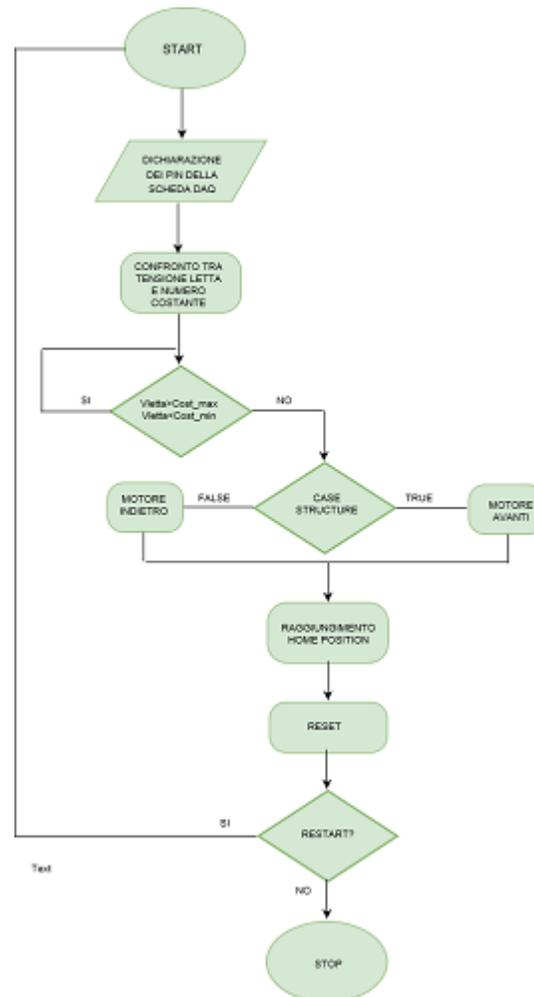


Figura 6.3: Flow Chart Home Position

Se il risultato del confronto soddisfa la precedente equazione si procede alla scrittura nei canali digitali delle combinazioni corrette in modo tale da effettuare il movimento dei motori, e raggiungere le posizioni di riposo:

$$X = 500counts, Y = 500counts, Z = 999counts.$$

Una volta raggiunto l'obiettivo, si può decidere se fermare l'esecuzione del programma, o procedere al frame successivo che è quello che esegue il movimento dei motori in automatico.

### 6.3.3 Automatic Mode

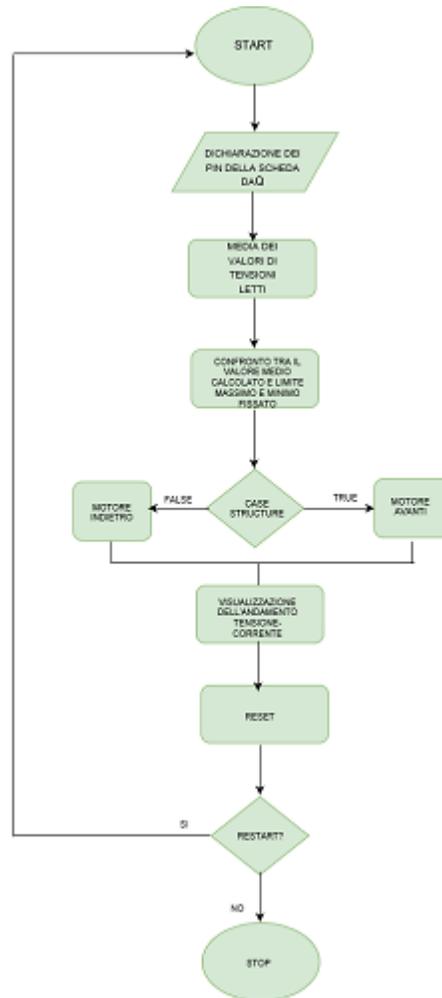


Figura 6.4: Automatic Flow Chart

L'obiettivo della modalità automatica è di eseguire uno stress-test del dispositivo, fissato un limite superiore e inferiore per ciascun asse, è possibile far eseguire ai motori un movimento continuo il cosiddetto stress-test in un preciso range temporale che l'utente del programma potrà definire.

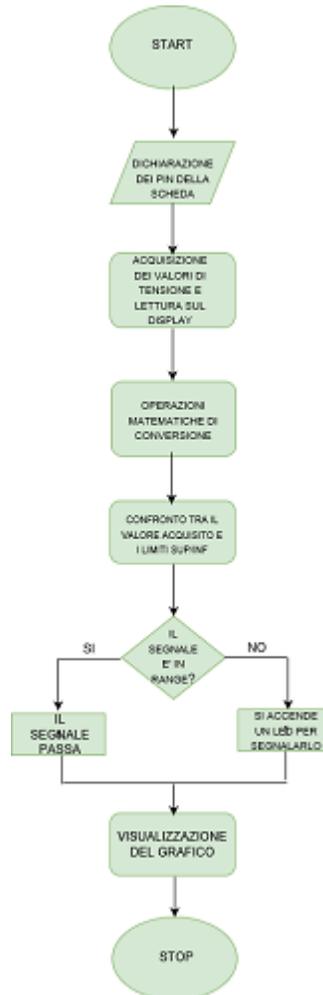


Figura 6.5: Flow Chart Acquisition sensor

### 6.3.4 Acquisition Sensor

La parte di codice che permette l’acquisizione dei valori di posizione dei sensori laser è molto semplice da realizzare dal punto di vista software, ma come fatto in precedenza per comprendere meglio il flusso del programma viene realizzato il flow chart 6.5. Per prima cosa al comando di start, vengono acquisite le tensioni analogiche di ciascun Sensore mediante l’utilizzo degli ingressi analogici della scheda DAQ, si è usato un altro dispositivo DAQ chiamato device 2, poichè la scheda, come approfondito nel capitolo 4 possiede solo 8 canali analogici. Dopo aver letto le tensioni, queste ultime tramite un display virtuale vengono mostrate sullo schermo.

Successivamente, tramite un blocchetto che esegue operazioni di conversione, viene confrontato il risultato in counts del posizionamento del sensore, con una finestra delimitata da un limite superiore e inferiore. Il segnale letto può trovarsi nel range delimitato dai limiti (scelti dall'utente), in caso contrario, nel front panel si accenderà un led virtuale per evidenziare eventuali anomalie.

## 6.4 Virtual Instrument

In questa sezione verranno descritte passo passo le varie strutture flat sequence realizzate all'interno di un while loop, descrivendo ampiamente le funzioni impiegate in ciascuna modalità, il front panel finale e il block diagram saranno presentati in appendice.

### 6.4.1 VI Manual Mode

Partendo da sinistra a destra, la parte iniziale del primo frame è dedicata all'acquisizione dei dati, il tool M.A.X(Measurement and Automation Explorer) facilita l'impostazione dei parametri e il range di tensione da acquisire. I parametri caratteristici dell'acquisizione dei segnali sono la frequenza di campionamento e il numero di campioni acquisiti, si sceglie una frequenza di campionamento pari a 100 Sample al secondo acquisendo 10 campioni relativi a ciascun segnale analogico proveniente dai potenziometri. Grazie al blocchetto VI DAQmx Read vengono lette le tensioni da sei diversi ingressi analogici ( $Ai_0, Ai_1, Ai_2, Ai_3, Ai_4, Ai_5$ ) della scheda, due per ciascun asse, in particolare dai canali  $Ai_0, Ai_1$  e  $Ai_4$  vengono lette le tensioni relative agli assi X, Y, Z, dalle restanti tre grazie alla presenza di una resistenza nella board, delle correnti in modo tale da capire la presenza o meno di assorbimenti anomali di corrente nei motori. A tal proposito è presente un blocchetto racchiuso in un SubVI, che viene reiterato per ciascun asse, esso si occupa di misurare l'assorbimento di corrente e far scattare un allarme qualora si superi un certo valore di corrente fissato. L'icona del blocco è mostrata in figura 6.6. Dallo schema a blocchi 6.7, è possibile vedere che prima viene calcolata una media dei dati di corrente letti dalla scheda DAQ, che vengono poi confrontati con un valore pari al limite massimo fissato, se tale valore viene superato, comparirà un allarme, all'utente, il quale verificherà la

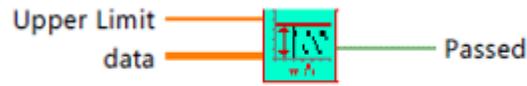


Figura 6.6: SubVI current

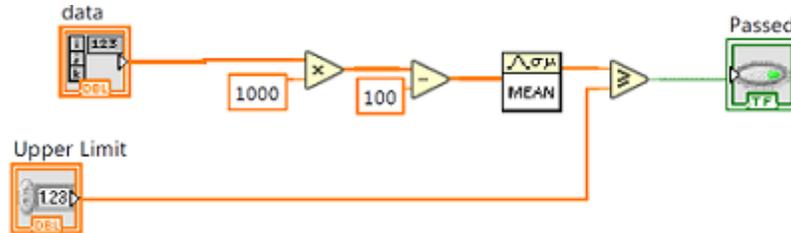


Figura 6.7: Schema a blocchi SubVI current

presenza o meno di guasti o anomalie nel sistema.

Per quanto riguarda le tensioni, una volta lette, il valore in volt viene convertito in counts, e tramite l'utilizzo di un blocco di output grafico vengono mostrate nel front panel le forme d'onda 6.8 relative al movimento della lente per ciascuno dei tre assi che verranno rappresentati con tre colori diversi.

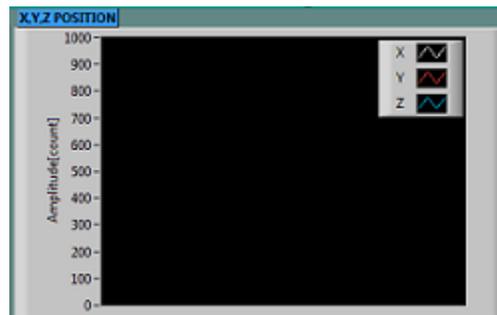


Figura 6.8: Grafico tensioni

Focalizzando adesso l'attenzione sul movimento dei motori, il passo da fare è quello di scrivere, mediante l'ausilio della tabella della verità, le combinazioni corrette sui pin digitali della scheda VNH7070AS interessati al movimento orario e antiorario dei motori. Viene usato nuovamente il blocco di acquisizione, associando gli ingressi digitali della scheda DAQ ai pin dell'integrato. In particolar modo, vengono usati dei segnali dell'integrato usato, si considera:

- INA.
- INB.
- SEL0.



Figura 6.9: Sub VI Manual Mode

Viene reiterato il procedimento per ciascuno dei tre assi, e per semplicità il blocco che si occupa del movimento dei motori in maniera automatica viene incapsulato in un SubVI [6.10](#).

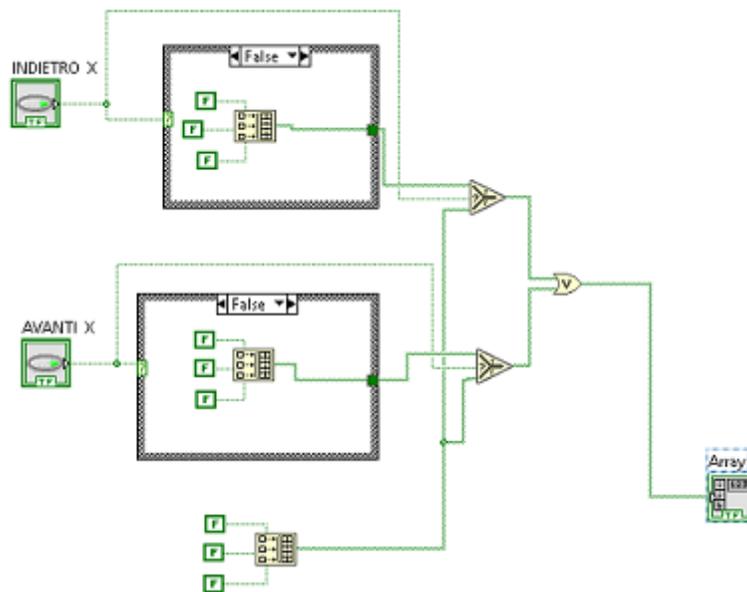


Figura 6.10: Schema a blocchi SubVI Up Down

I pulsanti booleani *Avanti* e *Indietro* sono collegati al connettore di selezione dei case. In questo SubVI troviamo due case-structure:

- **CASE FALSE:**  $INA = 0; INB = 0; SEL0 = 0$ , secondo queste combinazioni booleane i motori della lente elettrostatica eseguono un movimento antiorario.
- **CASE TRUE:**  $INA = 0; INB = 0; SEL0 = 1$ , secondo queste combinazioni booleane invece i motori della lente elettrostatica eseguono un movimento orario.

### 6.4.2 Home Position VI

Il blocco relativo alla lettura dai canali analogici, viene riutilizzato anche in questo frame con le specifiche precedenti, solo che in questo caso vengono lette solo tre tensioni (dai canali  $Ai_0, Ai_1$  e  $Ai_4$ ), una per ogni asse. Ciascuna tensione letta va come ingresso a un blocchetto che ha il compito di portare i motori alla posizione home, si impiega un ulteriore SubVI semplificando ulteriormente il codice generale. All'in-

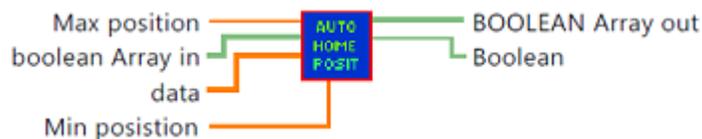


Figura 6.11: SubVI Home UP DOWN

terno del SubVI sono presenti diverse funzioni e strutture tra cui un ulteriore SubVI per compattare ulteriormente il codice, riducendo il tempo di implementazione del software.

Viene calcolata la media tra i campioni di tensione letti (convertiti in counts) che vengono confrontati con due valori costanti (posizione minima e massima).

- $Posx_{max} = 502$  counts e  $Posx_{min} = 498$  counts;
- $Posy_{max} = 502$  counts e  $Posy_{min} = 498$  counts;
- $Posz_{max} = 999$  counts e  $Posz_{min} = 1005$  counts;

Se il valore letto dalla scheda DAQ si trova all'esterno del range, il dato passa e aziona il movimento dei motori per portarsi a quella determinata posizione. L'azionamento dei motori è garantito grazie alla presenza di un altro SubVI Auto-Up-DOWN.

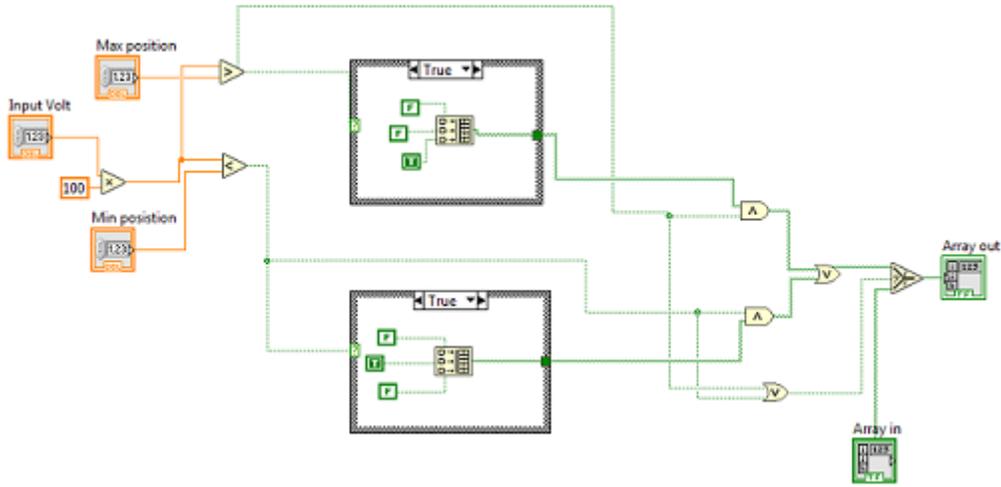


Figura 6.12: Schema a blocchi SubVI home UP DOWN

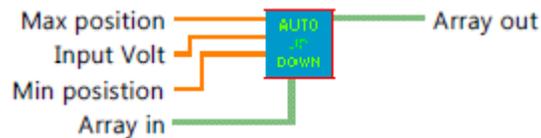


Figura 6.13: SubVI Automatic Up Down

Simile al blocco che si è visto nella modalità manuale, grazie alla presenza di strutture case consente la scrittura dei valori booleani relativi ai pin della scheda VNH7070AS nei canali digitali della scheda DAQ. Tramite confronti e usando una logica adeguata, ottenuta con porte digitali si assicura il movimento in maniera automatica dei motori per raggiungere la posizione desiderata. Una volta raggiunta, i motori rimarranno in una condizione di IDLE finché l'utente non decide se fermare l'esecuzione del programma o passare ad una modalità di test diversa.

### 6.4.3 Automatic Mode VI

Il frame in questione è molto simile alla modalità HOME POSITION, i costrutti sono uguali al caso precedente, con la differenza che in questo caso viene fatta un'analisi anche sugli assorbimenti di corrente, infatti dal DAQ reader vengono acquisite le correnti e su un grafico vengono mostrate le forme d'onda relative, l'utente avrà la possibilità di capire se vi sono anomalie o guasti tramite dei led presenti in alto a

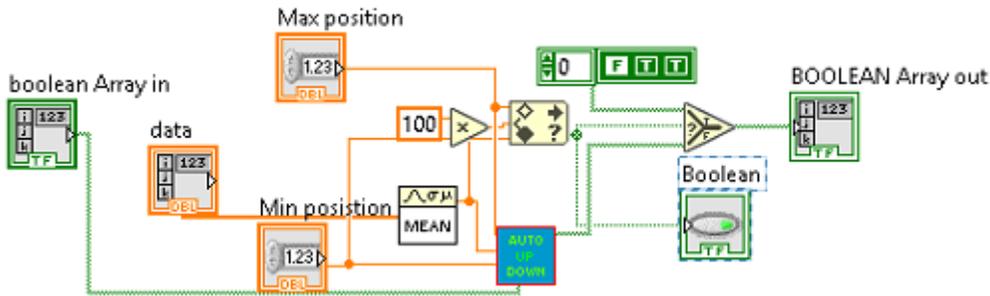


Figura 6.14: Schema a blocchi SubVI home position

destra del grafico in 6.15 Un'altra differenza con la modalità home è che in questo

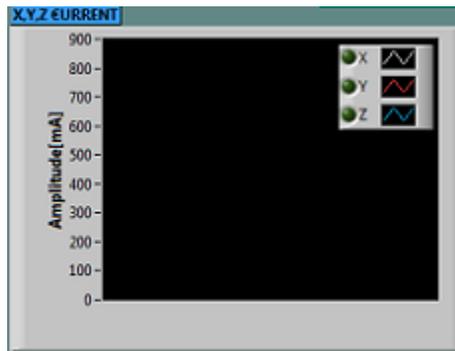


Figura 6.15: Grafico andamento corrente

caso avviene un confronto tra il valore letto dai potenziometri, convertito in count, e due limiti fissati che corrispondono al valore di finecorsa massimo e minimo del motore. Il SubVI Automatic Up-Down effettuerà lo stress-test del dispositivo, eseguendo un movimento continuo dei motori in avanti e indietro. L'utente nel front panel potrà decidere per quanto tempo far durare lo stress-test del dispositivo (nella figura 6.16 si vede che *l'elapsed time* è impostato in questo caso a 10 secondi).

Terminato lo stress test, comparirà una schermata e l'utente deciderà se terminare l'esecuzione o ripartire dal MANUAL MODE.

#### 6.4.4 Acquisition Sensor VI

La porzione di codice che si occupa di gestire l'acquisizione del sensore laser è replicata in tutte le modalità di funzionamento, poichè uno degli obiettivi del lavoro di



Figura 6.16: Timer durata Automatic Mode

tesi è proprio quello di avere una corrispondenza univoca della posizione acquisita dal sensore laser e la posizione acquisita dal motore nel range di funzionamento desiderato. Il primo blocco presente 6.17, a partire da sinistra è il DAQ assistant da cui vengono scelti i pin della scheda National da cui leggere le tensioni del sensore laser; in questo caso gli ingressi analogici da considerare sono tre; uno per ogni sensore.

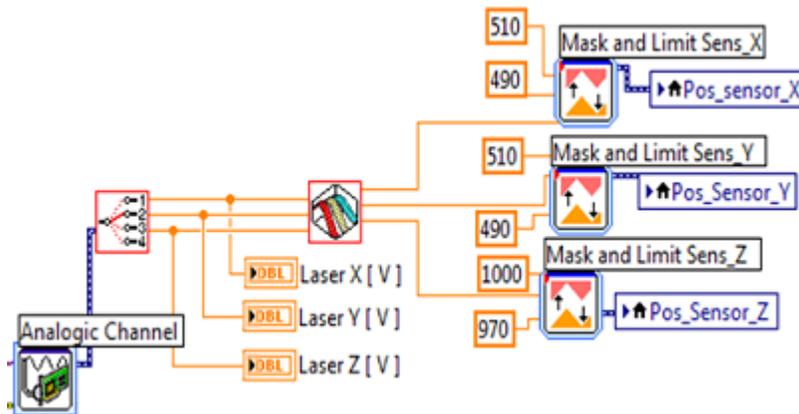


Figura 6.17: Schema a blocchi Acquisition Sensor

Per evitare di avere collegamenti superflui e per semplificare il flusso del programma anche in questo caso vengono usati dei SubVI. Il primo subVI 6.18, ha il compito di estrapolare tramite un array i valori di tensione dei sensori laser di X, Y, Z convertiti in counts e tramite un display virtuale mostrarli sul front panel.



Figura 6.18: SubVI dinamic vector

Il cui schema a blocchi è mostrato in 6.19: Successivamente viene interfacciato a

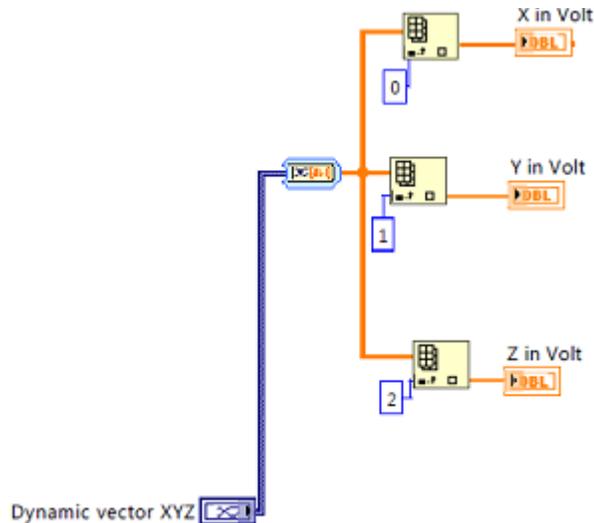


Figura 6.19: Schema a blocchi Dinamic vector

esso un nuovo SubVI che ha il compito di eseguire le conversioni necessarie in modo tale da permettere il confronto tra il valore del laser di X, Y, Z e il valore in counts corrispondente alla posizione della lente elettrostatica. Il simbolo del SubVI e il print screen del suo schema a blocchi vengono mostrati nelle seguenti figure 6.20, 6.21. Il valore della posizione del laser convertita in counts va all'interno di una

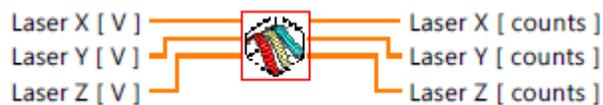


Figura 6.20: SubVI conversion

funzione in Labview chiamata *Mask and Limit*. Il blocco ha come ingresso il segnale che proviene dall'uscita del blocco precedente, viene creata una finestra di controllo caratterizzata da un'estremo superiore *Upper Limit* e da uno inferiore *Lower Limit* (definiti dall'user) con cui il *signals* in ingresso viene confrontato, e produce in uscita un *Tested Signal* che fornisce il limite superiore, inferiore, il segnale di ingresso e gli eventuali errori, in particolare nel caso in questione viene collegato un led in uscita che si accende qualora il segnale di ingresso superi l'upper limit o il lower limit. Nel

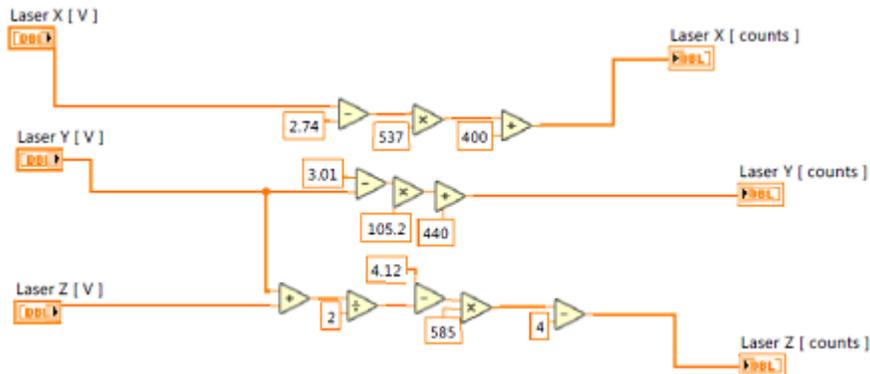


Figura 6.21: Schema a blocchi SubVI conversion

front panel del programma saranno mostrati i grafici inerenti a ciascun sensore laser X, Y, Z [6.22](#)

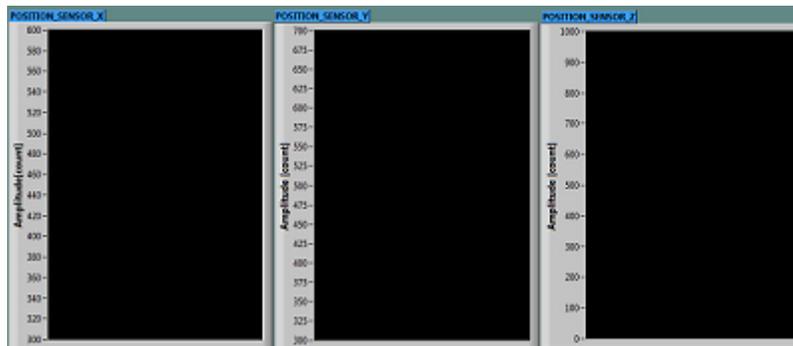


Figura 6.22: Grafici andamento posizione sensori

## 6.5 Problemi riscontrati e soluzioni

Durante la creazione del software, sono stati riscontrati numerosi problemi di rallentamento del programma dovuto all'impiego ripetuto della funzione ad alto livello DAQ Assistant. Il problema è stato risolto mediante l'utilizzo di blocchi elementari per acquisire gli ingressi analogici, e scrivere sulle uscite digitali. Tutte le funzioni di I/O restituiscono informazioni di errori, uno strumento interessante per capire effettivamente dove è presente l'errore nel codice, è quello che impiega l'utilizzo di

catene di errori. Per facilitare la gestione degli errori per un SubVI o per una funzione in un VI, è opportuno collegare il parametro *Error in* di una funzione con quello di *Error out* della successiva. Quando il VI è in esecuzione, Labview verifica se ci sono errori in ogni nodo di esecuzione. Se Labview non trova errori, il nodo viene eseguito normalmente altrimenti passa al nodo successivo senza eseguire quella parte di codice. La catena di errori viene anche usata per sequenziare l'esecuzione del programma.

# Capitolo 7

## Conclusione

### 7.1 Risultati Ottenuti e sviluppi futuri

Il software realizzato nell'ambito della tesi introduce nell'attività di manutenzione preventiva dell'impiantatore ionico un sistema di testing del dispositivo in esame, permettendo l'implementazione di un collaudo automatico della funzionalità della lente di focalizzazione. In dettaglio, l'utente, una volta eseguita la manutenzione del dispositivo, ne verifica il corretto assemblaggio misurando in maniera accurata e ripetibile la posizione corretta degli assi premendo solo dei tasti virtuali sullo schermo del PC. La realizzazione di questo progetto ha permesso di standardizzare una procedura di calibrazione che in passato era fortemente influenzata dall'operatore che la eseguiva. Quanto sopra si traduce in sostanziali miglioramenti nella gestione dell'attrezzatura, ed in particolare:

- Miglioramento della produttività tramite la riduzione del fermo macchina.
- Miglioramento della efficienza dell'attrezzatura con conseguente riduzione del tempo di setup delle ricette di impianto. Questo aspetto minimizza l'intervento umano per modificare i parametri di processo e recuperare le interruzioni di produzione dovute a parametri hardware non allineati
- Ottimizzazione delle operazioni di calibrazione con minore impiego di risorse per eseguire il collaudo e conseguente riduzione di costi.

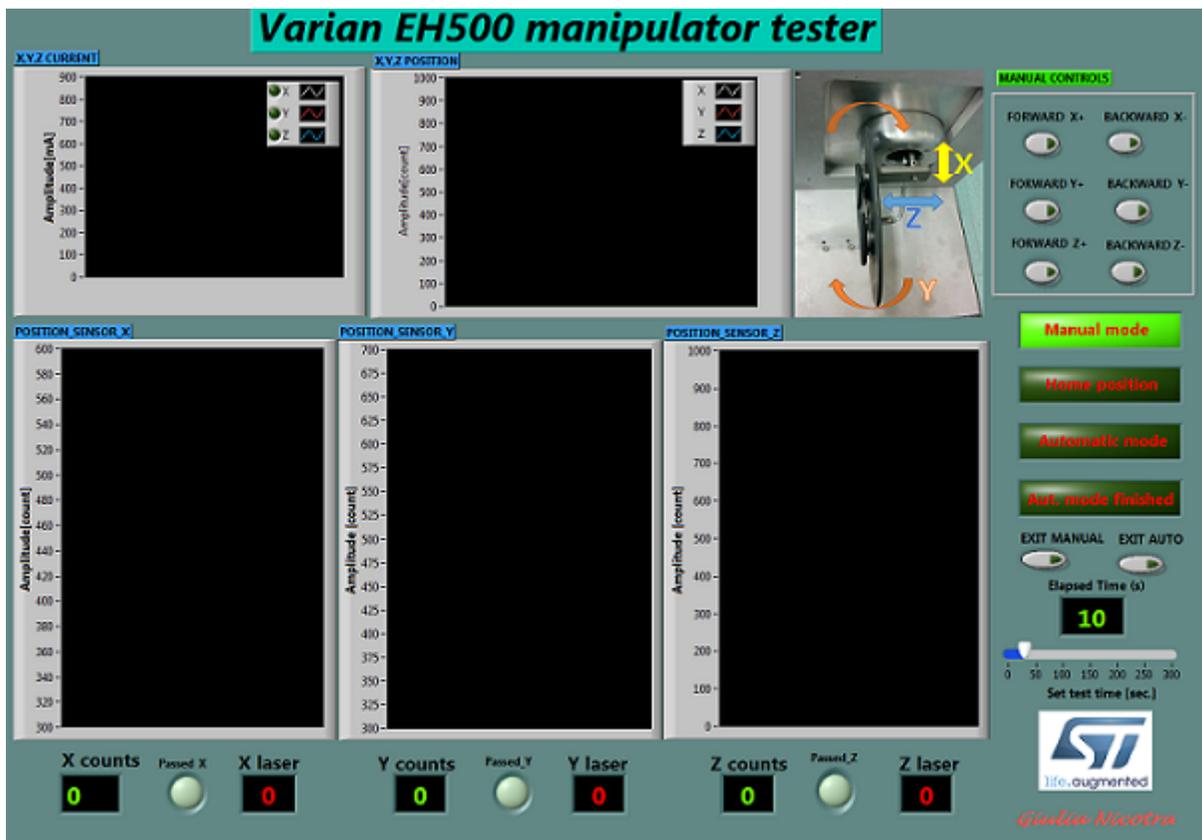
- Impatto sulla sicurezza tramite la riduzione di energia irradiata dovuta all'allineamento ottimale della lente.
- Minor consumo di parti di ricambio.
- Maggiore accuratezza della misura dovuta ai sensori laser.

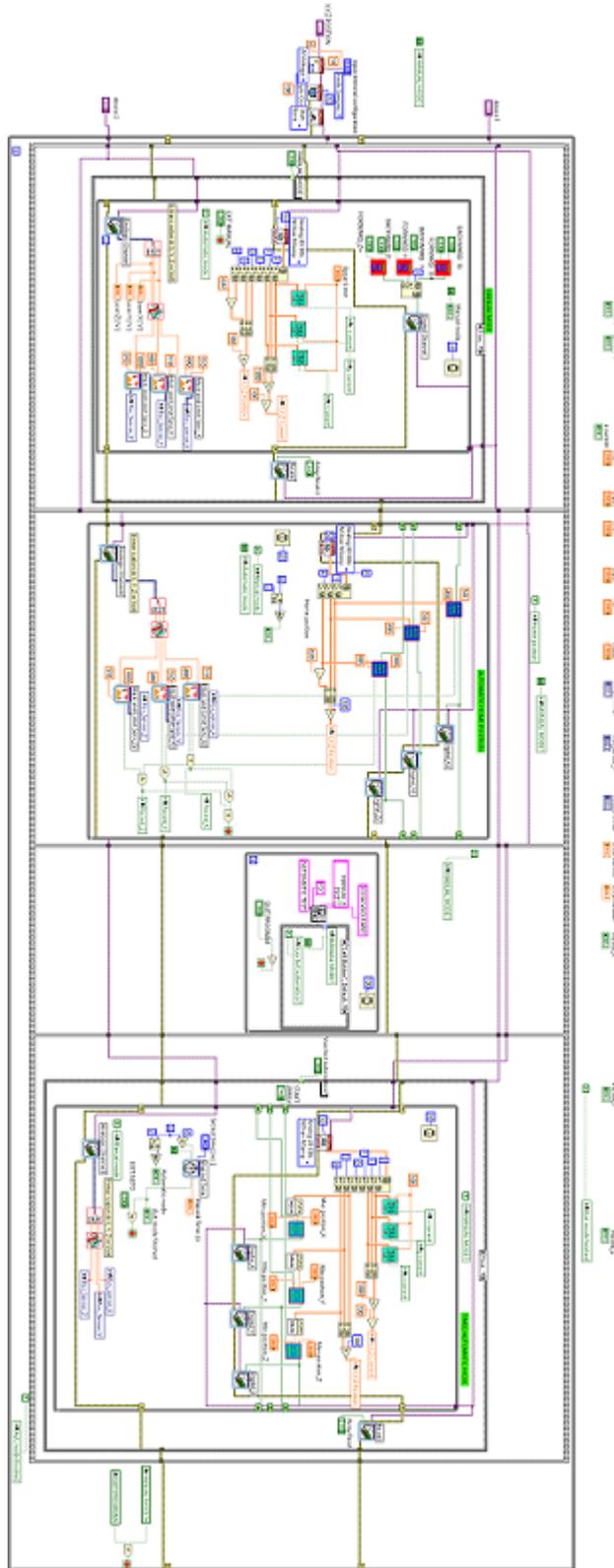
Questo lavoro di tesi ha sicuramente evidenziato le potenzialità di software come LabView per creare sistemi di testing automatici per moduli complessi che rendono difficoltoso e soprattutto non standard il collaudo con gli strumenti tradizionali. Si potranno certamente estendere queste tecniche ad altre applicazioni simili in modo da garantire la qualità e l'affidabilità richiesta in ambito industriale.

# Appendice A

## Epilogo

In questa sezione verranno allegati gli screen del front panel e dello schema a blocchi dell'intero programma.





# Bibliografia

- [1] A.Bartilotti *“Ion Implantation Training Handbook”*, STMicroElectronics, 1998.
- [2] R.Appel *“E220/E500 Extraction Manipulator Calibration Procedure”*, Varian, Gloucester(USA), 1994.
- [3] Mike Rocha *“E220HP / E500HP Beamline Alignment Tools Kit 9900001310”*, Varian, Gloucester(USA), 1998.
- [4] *“E220HP / E500HP Medium Current Ion Implanter Maintenance Manual*, 2000.
- [5] National Instruments Corporation *“Labview Corso Base 1”*, 2001.
- [6] M.Bertocco *“Introduzione a Labview”*, 2001.
- [7] National Instruments *“User Guide NI USB-6008, 6009”*, 2004.
- [8] St Microelectronics *“AN1794 Application Note, PractiSPIN evaluation system configuration and set up guide”*, 2008.
- [9] St Microelectronics *“ST VNH7070AS Datasheet”*, 2016.
- [10] Panasonic *“Micro Laser Distance Sensor CMOS type HG-CSERIES datasheet”*, 2016.
- [11] Intel *“Intel NUC Board NUC5i3MYBE Technical Product Specification”*, 2017.