

POLITECNICO DI TORINO

---

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea

# **Dimensionamento di un braccio robotico a 6 assi**

Progetto rover Trinity - Team DIANA



**Relatore**  
prof. Stefano Pastorelli

**Laureando**  
Luigi DI RADO  
matricola: 204427

---

ANNO ACCADEMICO 2019 – 2020

# Ringraziamenti

# Indice

<b>1</b>	<b>Rover Esplorativi e di Assistenza: Scenari di missione</b>	<b>5</b>
1.1	Dall'esplorazione robotica all'assistenza di equipaggi . . . . .	5
1.2	Rover Challenge Series: regolamento e requisiti nelle competizioni tra Rover	5
1.3	Scenari affrontati nelle competizioni e ruolo di un manipolatore robotico .	5
1.3.1	Manutenzione . . . . .	5
1.3.2	Raccolta di campioni scientifici . . . . .	5
1.3.3	Scenario Fetch and Collect . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Analisi preliminare dei requisiti</b>	<b>7</b>
2.1	Tabella dei requisiti derivati dal progetto e dal regolamento . . . . .	7
2.2	Workspace necessario . . . . .	7
2.3	Confronto con i robot industriali a 6 gradi di libertà . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Design di un manipolatore a 6 gradi di libertà</b>	<b>9</b>
3.1	Task di manipolazione e destrezza: Worst case . . . . .	9
3.2	Modello multicorpo . . . . .	9
3.3	Descrizione del modello di Robot scelto . . . . .	9
3.3.1	Link: elenco e carichi strutturali stimati . . . . .	9
3.3.2	Joints: elenco e potenze meccaniche necessarie . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Attuatori per un progetto di robotica low-cost</b>	<b>11</b>
4.1	Motoriduttori Passo-Passo . . . . .	11
4.1.1	Trasmissione del Moto e componenti utilizzati . . . . .	11
4.1.2	Cenni di controllo ad anello aperto . . . . .	11
4.2	Attuatori Lineari . . . . .	11
4.2.1	Dimensionamento del cinematismo Joint 3 . . . . .	11
4.3	Servomotori digitali: Dynamixel MX160 . . . . .	11
4.3.1	Scelta ed integrazione, i vantaggi di un attuatore specifico per im- piego robotico . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Polso sferico, design e scelte progettuali</b>	<b>13</b>
5.0.1	Descrizione . . . . .	13
5.0.2	Ingombri ed integrazione . . . . .	13
5.0.3	Scelta dei Cuscinetti . . . . .	13

<b>6</b>	<b>Trasmissione del moto, analisi e dimensionamento dei cinematismi utilizzati</b>	<b>15</b>
6.0.1	Metodo di Lewis . . . . .	15
6.0.2	Riduzione del numero minimo di denti: ingranamento elicoidale . .	15
6.0.3	Dimensionamento di un rotismo stampato in 3D, compromessi e assunzioni . . . . .	15
6.0.4	Risultati ottenuti dal dimensionamento . . . . .	15
6.0.5	Compromesso tra dimensionamento e ingombri . . . . .	15
<b>7</b>	<b>Costruzione mediante manifattura additiva e assemblaggio</b>	<b>17</b>
7.0.1	Studio del materiale da stampa ABSPlus P430 . . . . .	17
7.0.2	Produzione dei componenti . . . . .	17
7.0.3	Assemblaggio . . . . .	17
<b>8</b>	<b>Risultati attesi ed ottenuti dal Robot realizzato</b>	<b>19</b>
8.0.1	Test e collaudo del Robot assemblato . . . . .	19
8.0.2	Carichi massimi applicati e precisione ottenuta . . . . .	19
8.0.3	Risultati nelle Competizioni studentesche . . . . .	19
	<b>Disegni ed elaborati tecnici</b>	<b>21</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>22</b>

# Capitolo 1

## Rover Esplorativi e di Assistenza: Scenari di missione

- 1.1 Dall'esplorazione robotica all'assistenza di equipaggi
- 1.2 Rover Challenge Series: regolamento e requisiti nelle competizioni tra Rover
- 1.3 Scenari affrontati nelle competizioni e ruolo di un manipolatore robotico
  - 1.3.1 Manutenzione
  - 1.3.2 Raccolta di campioni scientifici
  - 1.3.3 Scenario Fetch and Collect



## Capitolo 2

# Analisi preliminare dei requisiti

- 2.1 Tabella dei requisiti derivati dal progetto e dal regolamento
- 2.2 Workspace necessario
- 2.3 Confronto con i robot industriali a 6 gradi di libertà





## Capitolo 3

# Design di un manipolatore a 6 gradi di libertà

3.1 Task di manipolazione e destrezza: Worst case

3.2 Modello multicorpo

3.3 Descrizione del modello di Robot scelto

3.3.1 Link: elenco e carichi strutturali stimati

3.3.2 Joints: elenco e potenze meccaniche necessarie



## Capitolo 4

# Attuatori per un progetto di robotica low-cost

### 4.1 Motoriduttori Passo-Passo

#### 4.1.1 Trasmissione del Moto e componenti utilizzati

Joint 1

Joint 2

#### 4.1.2 Cenni di controllo ad anello aperto

### 4.2 Attuatori Lineari

#### 4.2.1 Dimensionamento del cinematismo Joint 3

### 4.3 Servomotori digitali: Dynamixel MX160

#### 4.3.1 Scelta ed integrazione, i vantaggi di un attuatore specifico per impiego robotico

Controllo in coppia



## Capitolo 5

# Polso sferico, design e scelte progettuali

5.0.1 Descrizione

5.0.2 Ingombri ed integrazione

5.0.3 Scelta dei Cuscinetti



## Capitolo 6

# Trasmissione del moto, analisi e dimensionamento dei cinematismi utilizzati

- 6.0.1 Metodo di Lewis
- 6.0.2 Riduzione del numero minimo di denti: ingranamento elicoidale
- 6.0.3 Dimensionamento di un rotismo stampato in 3D, compromessi e assunzioni
- 6.0.4 Risultati ottenuti dal dimensionamento
- 6.0.5 Compromesso tra dimensionamento e ingombri





## Capitolo 7

# Costruzione mediante manifattura additiva e assemblaggio

7.0.1 Studio del materiale da stampa ABSPlus P430

7.0.2 Produzione dei componenti

7.0.3 Assemblaggio



## Capitolo 8

# Risultati attesi ed ottenuti dal Robot realizzato

- 8.0.1 Test e collaudo del Robot assemblato
- 8.0.2 Carichi massimi applicati e precisione ottenuta
- 8.0.3 Risultati nelle Competizioni studentesche



# Disegni ed elaborati tecnici

# Bibliografia

- [1] G. Galilei, *Nuovi studii sugli astri medicei*, Manuzio, Venetia, 1612.
- [2] E. Torricelli, in “La pressione barometrica”, *Strumenti Moderni*, Il Porcellino, Firenze, 1606.
- [3] E. Torricelli e A. Vasari, in “Delle misure”, *Atti Nuovo Cimento*, vol. III, n. 2 (feb. 1607), p. 27–31.
- [4] Duane J.T., *Learning Curve Approach To Reliability Monitoring*, IEEE Transactions on Aerospace, Vol. 2, pp. 563-566, 1964