



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA  
TOR VERGATA**

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELL'AUTOMAZIONE**

**A.A. 2020/2021**

**Tesi di Laurea**

---

Sviluppo di algoritmi di controllo delle correnti nelle bobine poloidali di macchine per la fusione Tokamak, con riguardo al design sistemico per la cooperazione tra sistemi embedded per l'attuazione, misurazione e centrali di controllo.

---

**RELATORE**

Daniele Carnevale

**CANDIDATO**

Emanuele Alfano

**CORRELATORI**

Marco Passeri

*Dedico questa tesi ai miei cari nonni.*

*Grazie per aver sempre creduto in me.*

# Indice

<b>Ringraziamenti</b>	<b>1</b>
<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>1 Hardware</b>	<b>4</b>
1.1 Trasformatore . . . . .	4
1.2 Driver di Corrente - IBT-2 . . . . .	4
1.2.1 Non linearità presenti . . . . .	5
1.3 Sensore di Corrente . . . . .	5
1.3.1 Metodo di acquisizione . . . . .	5
<b>2 Catena di Acquisizione</b>	<b>6</b>
2.1 Schema di acquisizione . . . . .	6
2.1.1 Sample and Hold alla frequenza di campionamento . . . . .	6
2.1.2 Storage su file delle informazioni . . . . .	6
2.2 Embedded Message Pack (EMP) . . . . .	6
2.2.1 Metodo di codifica . . . . .	6
2.2.2 Struttura del codice . . . . .	6
2.2.3 Benchmark . . . . .	6
2.3 Post Elaborazione con Matlab . . . . .	6

<b>3</b>	<b>Modello teorico</b>	<b>7</b>
3.1	Modellazione Fisica . . . . .	7
3.2	Funzione di trasferimento . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Controllo in Retroazione dall'uscita</b>	<b>8</b>
4.1	Modello di controllore . . . . .	8
4.2	Esperimenti . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Conclusioni e sviluppi futuri</b>	<b>9</b>
	<b>Appendice A - Codice Arduino</b>	<b>10</b>
	<b>Appendice B - Codice EMP</b>	<b>11</b>
	<b>Appendice C - Matlab Post Elaboration</b>	<b>12</b>
	<b>Elenco delle figure</b>	<b>13</b>

# Ringraziamenti

Questa tesi è stata resa possibile dal contributo nella mia vita di tante persone, che giorno per giorno mi hanno sempre dato il loro sostegno, a voi dedico questa mia Tesi.

Un ringraziamento speciale alla mia famiglia, in particolare a mia **Madre** e mio **Padre**: è grazie al vostro sostegno e incoraggiamento se oggi sono riuscito a raggiungere questo traguardo.

La forza di arrivare qui, oggi, però non è dovuta solo a loro, devo per forza ringraziare dell'affetto e il sostegno speciale da parte dei miei cari amici, che ogni giorno hanno condiviso con me gioie, sacrifici e successi, senza voltarmi mai le spalle, mi hanno dato la forza di arrivare a questo prezioso traguardo. **Filippo, Gabriele, Marta**, grazie di TUTTO.

Un pensiero in particolare vola verso la mia dolce **Nicoleta**, è sicuramente grazie all'affetto e le attenzioni che mi hai donato che sono riuscito a tenere dritto il timone ed arrivare qui oggi. Per terminare voglio ringraziare tutti i professori che negli ultimi 18 anni hanno guidato il mio cammino, loro che hanno sempre creduto in me e nelle mie capacità. Un ringraziamento più speciale va però alla mia professoressa e mentore **Beniamina Rauch** che fu la prima a vedere il mio potenziale e coltivarlo.

Oltre a lei ringrazio il mio relatore **Daniele Carnevale** che in questi anni universitari, da quando mi ha conosciuto, ha sempre creduto in me e mi ha permesso di fare esperienze che mai avevo immaginato.

Un sentito grazie a tutti voi.



# Introduzione

Il capitolo introduttivo è generalmente lungo tre pagine (almeno due). Una buona introduzione può essere preparata secondo il seguente schema caratterizzante tre blocchi consecutivi:

1. *Introduzione generale all'ambito in cui si colloca la tesi* (più o meno partendo da "caro amico").

Ad esempio: "La robotica nasce dall'esigenza di sostituire l'uomo in quei lavori che... " eccetera.

2. *Collocazione della tesi nell'ambito generale sopra descritto*. Ad esempio: "Questo lavoro di tesi si colloca nel contesto dell'automazione domestica. In particolare, con riferimento a quanto sopra accennato, l'esigenza di ....".

3. *Descrizione schematica della struttura della relazione* (un paragrafo o poco più). Ad esempio:

"La tesi è strutturata come segue: nel Capitolo ?? viene discussa una ...,

# Capitolo 1

## Hardware

*Se lo si desidera, utilizzare questo spazio per inserire un breve riassunto di ciò che verrà detto in questo capitolo. Inserire solo i punti salienti.*

### 1.1 Trasformatore

La tesi va scritta usando la terza persona, per quanto possibile, tranne casi veramente eccezionale. In inglese è piuttosto standard usare la prima persona (plurale) in testi tecnici. In italiano no.

### 1.2 Driver di Corrente - IBT-2

Per l’attuazione del controllo di corrente nella bobina primaria del trasformatore, è stato usato il driver di corrente **IBT-2** [1] .

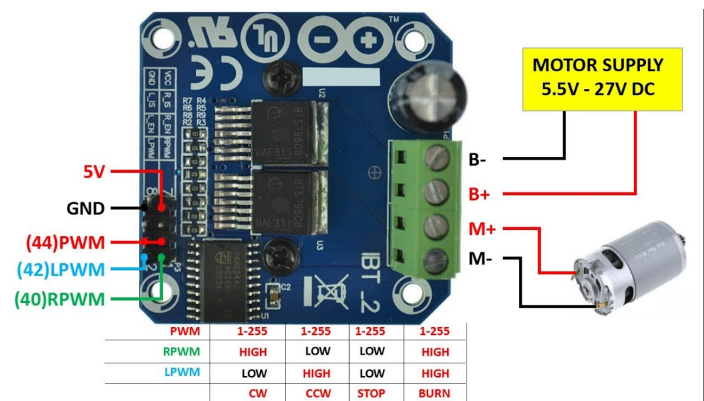


Figura 1.1: IBT-2 TopView.



Esso non è un comune Ponte-H, è composto da 2 Half-Bridge collegati insieme mediante una opportuna logica.

Questo schema di controllo permette di ottenere prestazioni interessanti dal punto di vista della potenza gestibile:

1. Power Input Voltage: 6 - 27V
2. Peak current: 43 A
3. Massima Frequenza di PWM: 25 kHz
4. Protezione Sovra Tensioni
5. Disaccoppiamento Ingresso di Potenza/Logica di controllo

### **1.2.1 Non linearità presenti**

asdasdasd

## **1.3 Sensore di Corrente**

In questa sezione vengono commentate alcune questioni estetiche e di forma legate alla tesi.

### **1.3.1 Metodo di acquisizione**

asdasd

## Capitolo 2

# Catena di Acquisizione

*Se lo si desidera, utilizzare questo spazio per inserire un breve riassunto di ciò che verrà detto in questo capitolo. Inserire solo i punti salienti.*

In cosa consiste la catena di acquisizione

### 2.1 Schema di acquisizione

#### 2.1.1 Sample and Hold alla frequenza di campionamento

Descrivivo come a ogni tic i dati vengono catturati e inviati al computer

#### 2.1.2 Storage su file delle informazioni

### 2.2 Embedded Message Pack (EMP)

#### 2.2.1 Metodo di codifica

#### 2.2.2 Struttura del codice

#### 2.2.3 Benchmark

### 2.3 Post Elaborazione con Matlab

## Capitolo 3

# Modello teorico

*Se lo si desidera, utilizzare questo spazio per inserire un breve riassunto di ciò che verrà detto in questo capitolo. Inserire solo i punti salienti.*

### 3.1 Modellazione Fisica

### 3.2 Funzione di trasferimento

## Capitolo 4

# Controllo in Retroazione dall'uscita

*Se lo si desidera, utilizzare questo spazio per inserire un breve riassunto di ciò che verrà detto in questo capitolo. Inserire solo i punti salienti.*

### 4.1 Modello di controllore

### 4.2 Esperimenti

## Capitolo 5

# Conclusioni e sviluppi futuri

Inserire qui le conclusioni trovate con la tesi, ed eventualmente eventuali idee per sviluppi futuri.

# Appendice A

## Arduino Code

# Appendice B

## EMP Code

# Appendice C

## Matlab Post Elaborazione



# Elenco delle figure

1.1	Driver Motori IBT-2 TopView & PinOut . . . . .	4
-----	--	---

# Bibliografia

- [1] Handsontec. *BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver*. Datasheet. Handson Technology, 18 Sep 2019. URL: <https://www.handsontec.com/dataspecs/module/BTS7960%20Motor%20Driver.pdf>.