



# **VAB - Veicolo auto bilanciato**

## ***Relazione di progetto***

Laboratorio di Sistemi Meccatronici II  
Università degli Studi di Bergamo

*Kilometro rosso*

A.A. 2019/2020

CALEGARI ANDREA - 1041183  
PIFFARI MICHELE - 1040658

May 6, 2020



# Contents

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>I</b>	<b>Dinamica</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Scomposizione del VAB</b>	<b>5</b>
2.1	Considerazioni iniziali . . . . .	5
2.2	Grandezze di supporto . . . . .	5
2.3	Calcolo componenti dinamiche e potenziali per ogni corpo rigido del sistema . . . . .	6
<b>II</b>	<b>Controllo</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>OPC - UA</b>	<b>11</b>



# List of Figures

2.1	Baricentri dei singoli corpi rigidi . . . . .	6
2.2	Lunghezze di supporto . . . . .	6



# 1

## Introduzione

L'approccio seguito per la stesura del modello dinamico del veicolo autobilanciato ha da subito preso una via meno *tradizionale* rispetto al classico metodo risolutivo: abbiamo infatti preferito, data il nostro *background* informatico, approcciare il problema direttamente in ambiente Matlab, sfruttando sin da subito le potenzialità di calcolo offerte dal software di *Mathworks*.

Nello specifico, per la parte di stesura e definizione della dinamica, abbiamo inizialmente seguito una via risolutiva duale, portando avanti sia un'analisi letterale, sfruttando le potenzialità del **calcolo simbolico** messe a disposizione delle funzionalità di **live scripting**, sia uno studio numerico (considerando quindi le varie grandezze fisiche con i valori definiti delle specifiche di progetto).

In linea di massima lo sviluppo del progetto ha seguito un andamento a step gradualmente, cadenzati da incontri settimanali in cui poter confrontare e consolidare lo *stato di avanzamento dei lavori*: nello specifico, il lavoro ha seguito uno sviluppo in questa direzione, step by step, rappresentabile in linea di massima da queste *pietre miliari*:

- **Dinamica di ogni singolo corpo rigido**: abbiamo impostato il problema della dinamica andando a considerare il veicolo auto bilanciato come un insieme di corpi rigidi di cui poterne studiare la dinamica in maniera separata;
- **Dinamica completa del VAB**: siamo andati poi a considerare il sistema nella sua completezza, andando ad unire i contributi dei corpi rigidi considerati in prima battuta singolarmente;
- **Linearizzazione**: TODO
- **Definizione del controllo**: prima lineare poi non lineare TODO
- **Discretizzazione**: TOOD
- TODO altri step

TODO: note varie





Part I

**Dinamica**



## 2

# Scomposizione del VAB

## 2.1 Considerazioni iniziali

Per il calcolo delle equazioni dinamiche del sistema siamo andati a considerare ogni singolo corpo rigido componente il sistema, calcolandone le grandezze fisiche di posizione e velocità, seguendo un approccio cartesiano. Nello specifico abbiamo considerato il sistema composto da:

- Asta
- Utente a bordo dello chassis
- Chassis (nel corso della trattazione sarà chiamata talvolta anche base)
- Ruota (che poi sarà considerata con un contributo, essendo il VAB composto da due ruote)

Ognuno di questi corpi rigidi separati è individuato da un punto, che ne rappresenta il centro di massa (o baricentro del corpo stesso): avremo quindi questo insieme di punti caratterizzanti il sistema (figura 2.1)

- $P_a$
- $P_b$
- $P_c$
- $P_r$

## 2.2 Grandezze di supporto

Prima di andare a definire le componenti di energia potenziale e cinetica di ogni singolo corpo, siamo andati ad introdurre alcune grandezze geometriche di supporto che definiremo qui di seguito.

Nello specifico abbiamo introdotto i seguenti parametri, specificati anche in figura 2.2:

- $l_a$ : rappresenta la congiungente tra il centro del sistema di riferimento e il centro dell'asta, utilizzata appunto come manubrio, che abbiamo individuato come

$$\sqrt{\left(\frac{h_a}{2} + \frac{h_b}{2}\right)^2 + \left(\frac{w_b}{2}\right)^2}$$

- $l_c$ : (TODO: check) questa grandezza invece rappresenta per noi l'altezza del baricentro del corpo dell'utente, la quale ovviamente andrà a dipendere dal valore di inclinazione del corpo stesso. Considerando il corpo inizialmente in posizione verticale, avremo che questa grandezza corrisponde alla congiungente dal centro del sistema di riferimento al punto  $P_c$ , che equivale a dire che

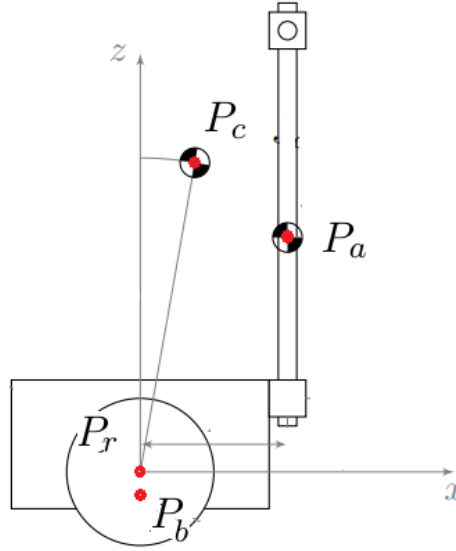


Figure 2.1: Baricentri dei singoli corpi rigidi

$$l_c = 0.55 \bullet h_c + \frac{h_b}{2}$$

- $l_b$ : spostamento verso il basso, lungo l'asse  $z$ , del baricentro dello chassis. Da specifiche del progetto sappiamo che questa grandezza ha valore (con segno negativo) di:

$$l_b = 0.1m$$

- $\beta$ : angolo formato con la verticale dalla congiungente tra il centro del sistema di riferimento e il punto  $P_a$ . Si ricava, con un semplice approccio trigonometrico, che l'angolo in questione ha questa forma

$$\arctan\left(\frac{\frac{w_b}{2}}{\frac{h_a}{2} + \frac{h_b}{2}}\right)$$

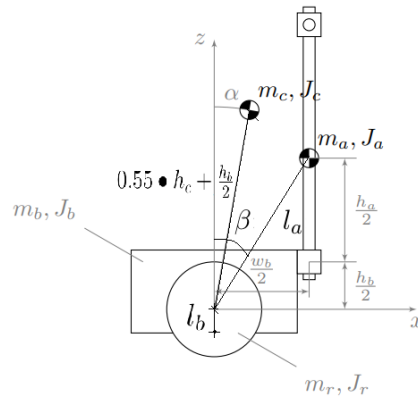


Figure 2.2: Lunghezze di supporto

## 2.3 Calcolo componenti dinamiche e potenziali per ogni corpo rigido del sistema

Per ognuno dei corpi rigidi definiti in precedenza siamo andati appunto a calcolare:

- **Coordinate spaziali  $\mathbf{P}$**  espresse nel sistema di riferimento XZ. A queste due coordinate cartesiane ne va aggiunta una terza, relativa alle coordinate angolari (per poter tener così conto dei contributi inerziali);
- **Vettore delle velocità  $\mathbf{V}$**   $\rightarrow$  vettore  $3 \times 1$
- **Matrice delle masse  $\mathbf{M}$**   $\rightarrow$  matrice  $3 \times 3$
- **Energia cinetica  $\mathbf{T}$**   $\rightarrow \frac{1}{2} \bullet \mathbf{V}^T \bullet \mathbf{M} \bullet \mathbf{V}$
- **Energia potenziale  $\mathbf{U}$**
- **Lagrangiana *parziale*  $\mathbf{L}$**

#### 2.3.1 Asta

#### 2.3.2 Chassis

#### 2.3.3 Utente

#### 2.3.4 Ruota



# **Part II**

## **Controllo**





**3**

**OPC - UA**



# Bibliography

[1] *bla bla bla* blablabla