

# Studio e identificazione di modelli per la dinamica di un quadrirotore

Relatore:  
Prof. Paolo Valigi

Candidato:  
Giovanni Versiglioni

Correlatore:  
Ing. Mirko Leomanni

15/09/2023



# Sommario

## **1. Introduzione**

- Generalità sull'identificazione di sistema
- Obiettivi

## **2. Modello**

- Modello non lineare
- Manovre di controllo

## **3. Identificazione**

- Controllore di posizione e assetto
- Identificazione di tre funzioni di trasferimento disaccoppiate lungo gli assi X, Y e Z tramite l'applicativo MATLAB System Identification Toolbox

## **4. Implementazione dell'ambiente di simulazione in ROS**

## **5. Esperimenti**

## **6. Conclusioni e Sviluppi Futuri**

# 1. Introduzione

# 1. Introduzione

- **Identificazione di sistema:** costruzione di modelli matematici partendo da dati sperimentali
- Diverse tipologie di identificazione, a seconda del grado di conoscenza del sistema
- Necessità di modelli accurati per progettare e simulare leggi di controllo ad alte prestazioni

## **Obiettivi:**

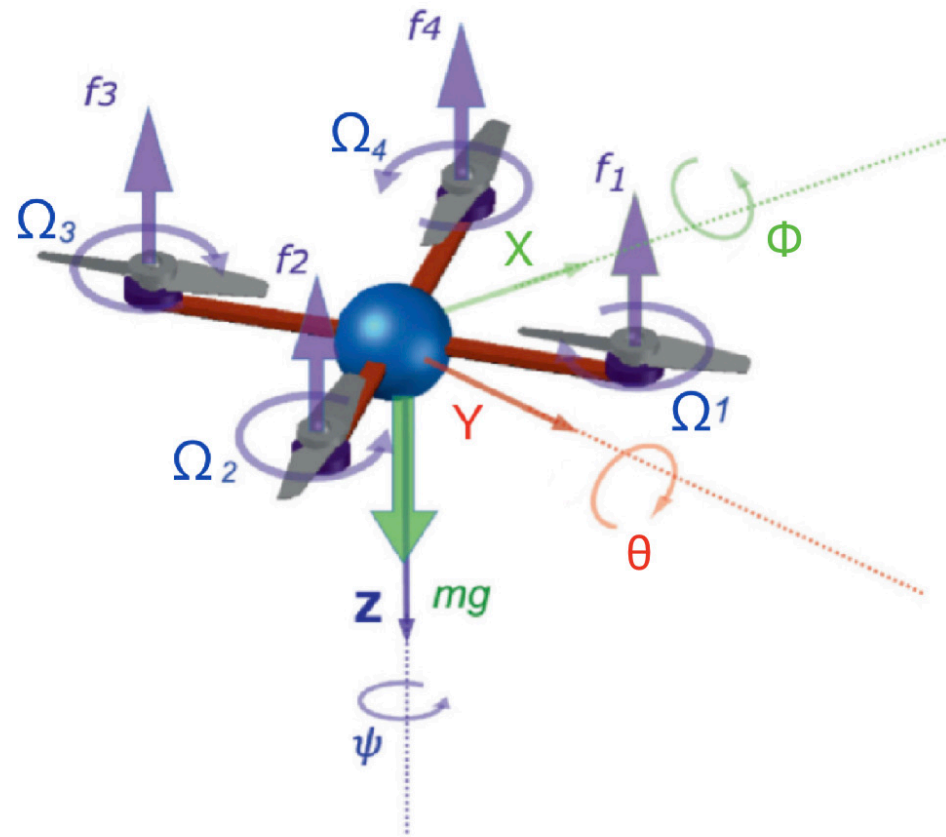
- Presentazione di un modello non lineare
- Implementazione di un sistema di simulazione in ROS dotato di controllo
- Identificazione di tre funzioni di trasferimento in grado di descrivere la dinamica lungo gli assi principali (X, Y, Z)

## 2. Modello

## 2. Modello: modello non lineare

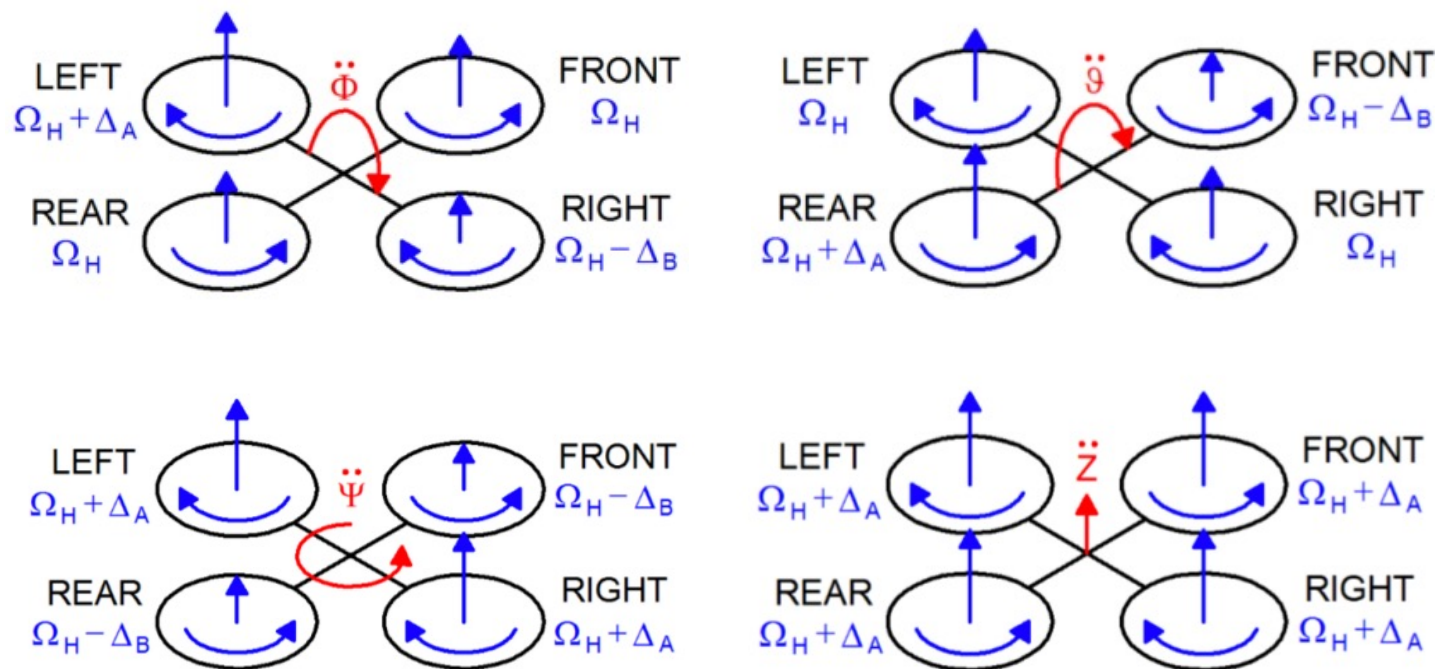
$$\begin{cases} \dot{u} = (vr - wq) + g \sin(\theta) \\ \dot{v} = (wp - ur) - g \cos(\theta) \sin(\phi) \\ \dot{w} = (uq - vp) - g \cos(\theta) \sin(\phi) + \frac{U_1}{m} \\ \dot{p} = \frac{I_{YY} - I_{ZZ}}{I_{XX}} qr + \frac{U_2}{I_{XX}} \\ \dot{q} = \frac{I_{ZZ} - I_{XX}}{I_{YY}} pr + \frac{U_3}{I_{YY}} \\ \dot{r} = \frac{I_{XX} - I_{YY}}{I_{ZZ}} pq + \frac{U_4}{I_{ZZ}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_1 = b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ U_2 = lb(-\Omega_2^2 + \Omega_4^2) \\ U_3 = lb(-\Omega_1^2 + \Omega_3^2) \\ U_4 = d(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \end{cases}$$



## 2. Modello: manovre di controllo

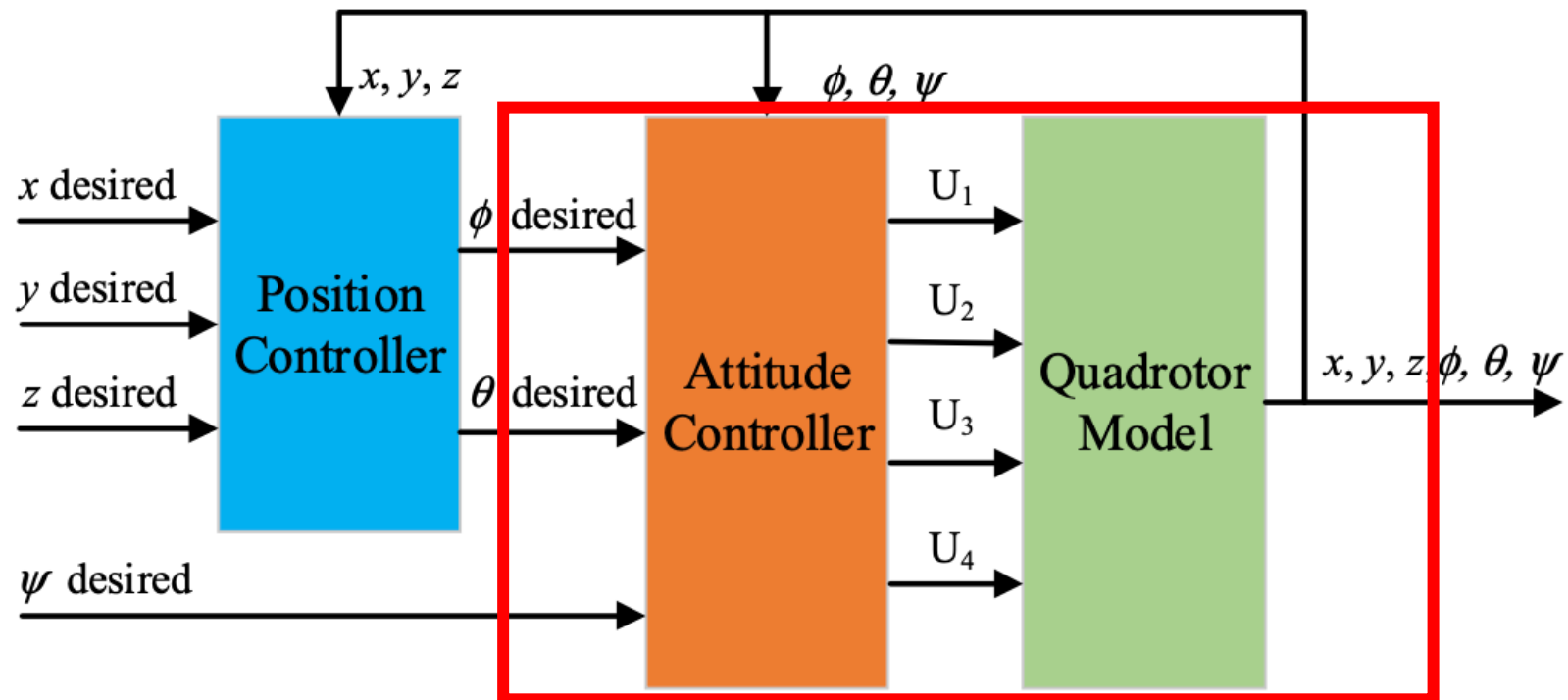
- Quattro possibili manovre: rollio, beccheggio, imbardata e spinta



# 3. Identificazione



### 3. Identificazione: controllore di posizione e assetto



#### Ingressi:

- Angolo di rollio
- Angolo di beccheggio
- Forza di spinta

#### Uscite:

- Posizione asse X
- Posizione asse Y
- Posizione asse Z

## 4. Implementazione Simulazione

## 4. Implementazione Simulazione

### Gazebo

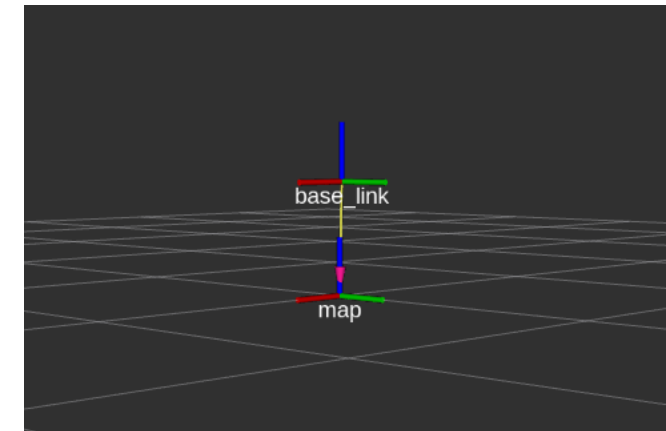
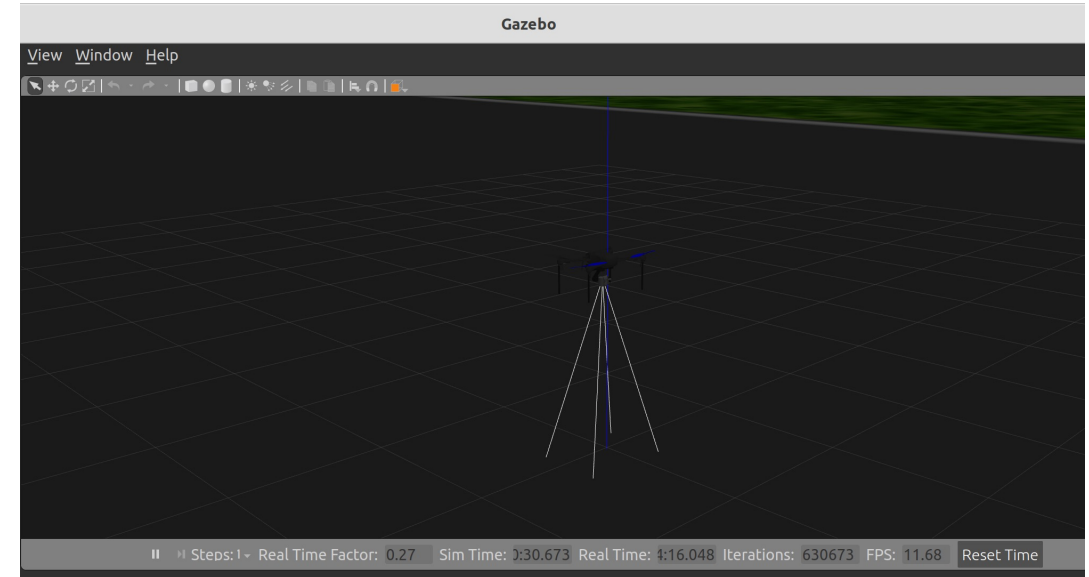
- Simulatore 3D, consente di visualizzare e testare il drone in un ambiente che emula la realtà
- Repository *iq\_sim* di Intelligent Quads

### ArduCopter

- Software di autopilotaggio
- Software In The Loop (SITL) consente di eseguire ArduCopter su computer, senza l'utilizzo di alcun hardware

### MAVROS

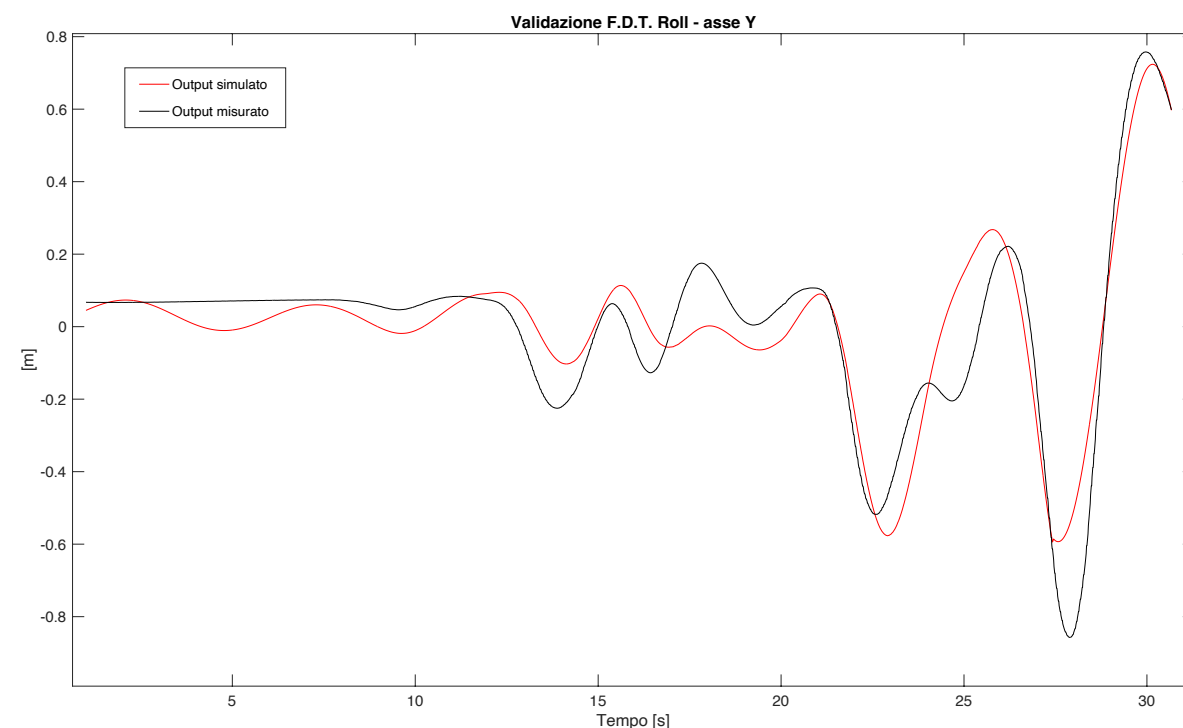
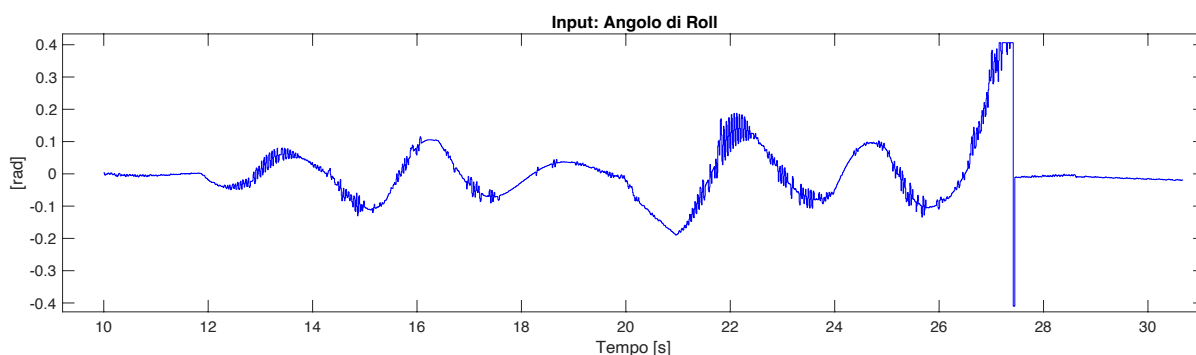
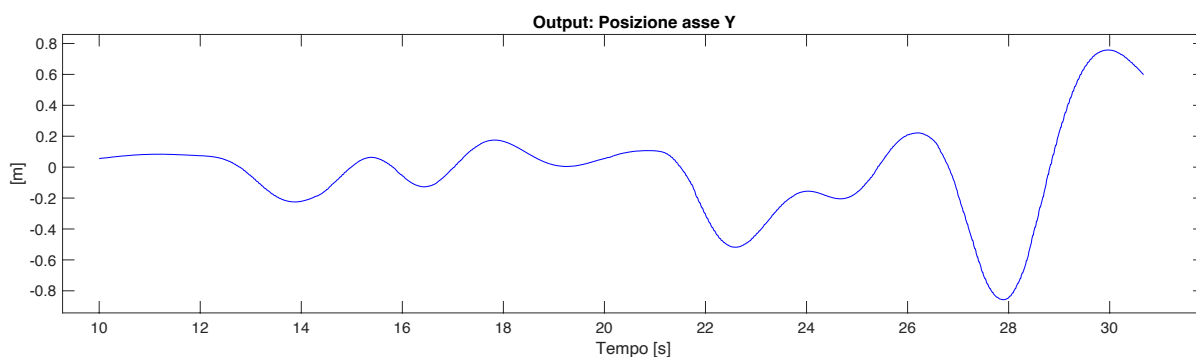
- MAVLink è un protocollo di comunicazione per UAV di piccole dimensioni
- MAVROS è l'estensione di MAVLink in ROS



# 5. Esperimenti

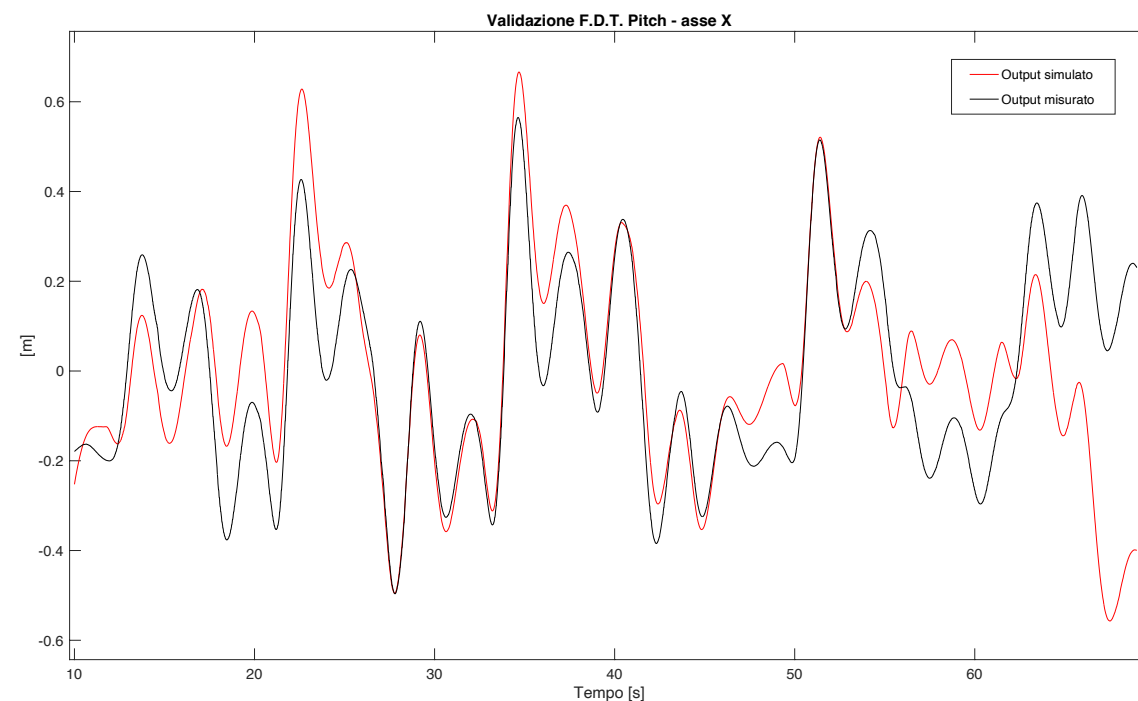
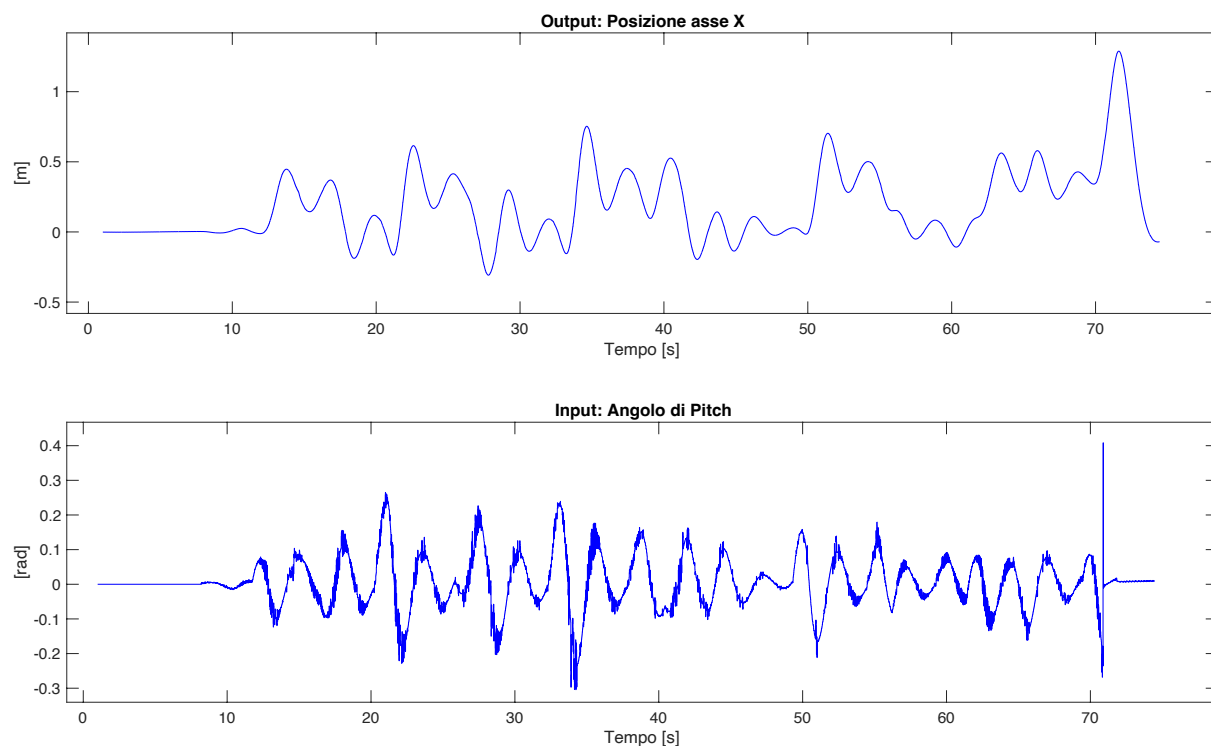
## 5. Esperimento 1: FDT rollio e posizione lungo Y

$$W_Y(s) = \frac{-1.022(s-1.73)(s+1.059)}{(s+0.1068)(s-0.0490 \pm j1.2098)}$$



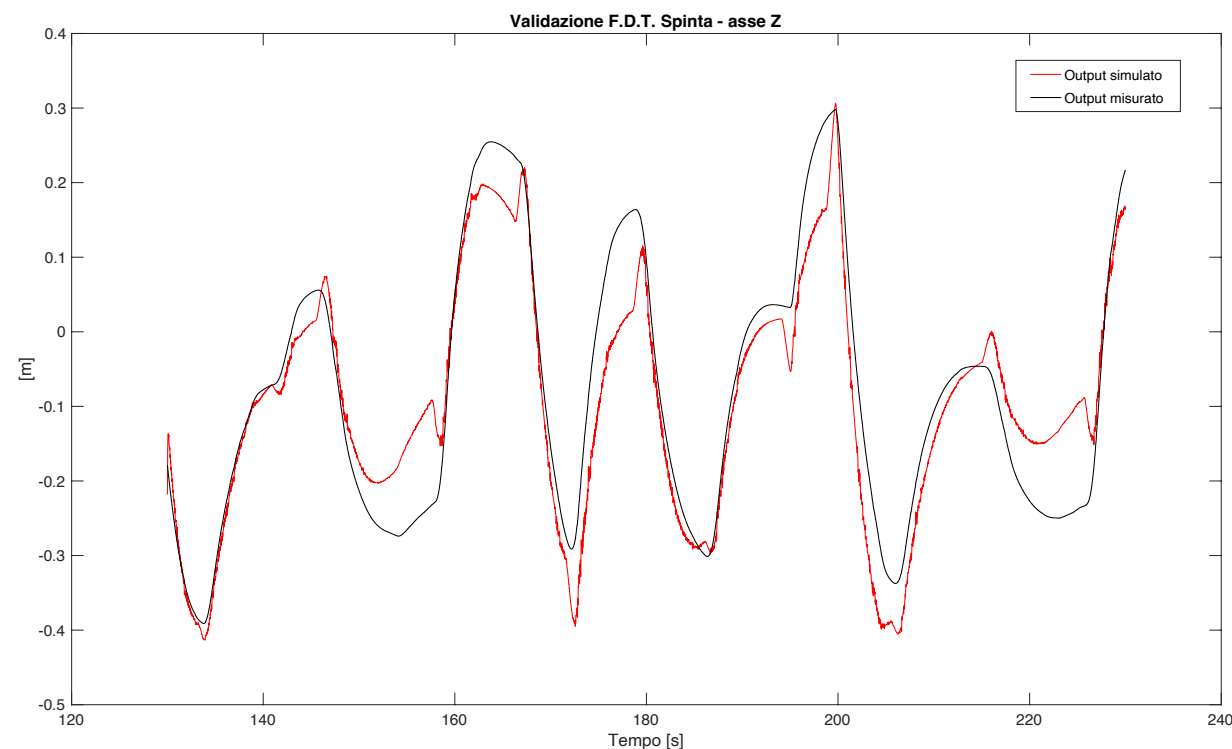
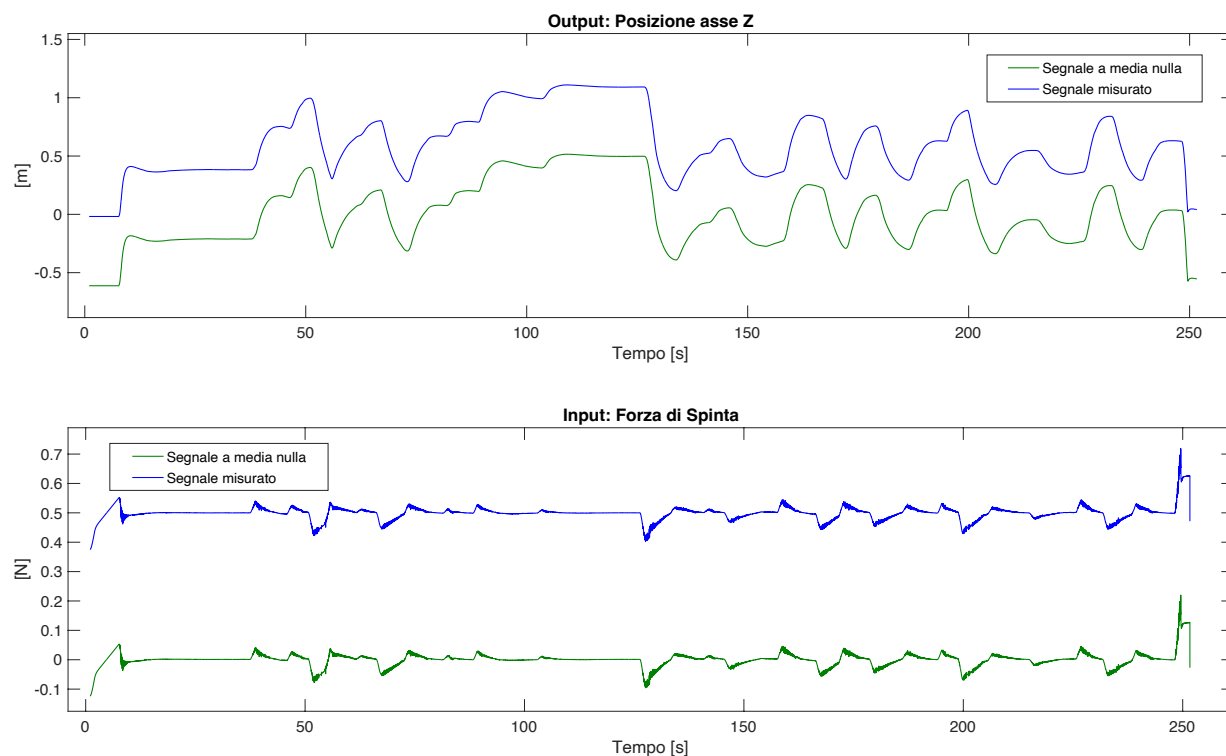
## 5. Esperimento 2: FDT beccheggio e posizione lungo X

$$W_X(s) = \frac{-3.224(s-1.449)(s+0.3661)}{(s+1.14)(s-0.0714 \pm j1.0995)}$$



## 5. Esperimento 3: FDT spinta e posizione lungo Z

$$W_Z(s) = \frac{-144.02(s-0.8787)(s+0.199)}{(s+39.67)(s+0.231)(s+0.07999)}$$



## 6. Conclusioni e Sviluppi Futuri

### **Conclusioni:**

- Le funzioni di trasferimento ricavate risultano sufficientemente compatibili con i dati input-output registrati nelle simulazioni
- Il grado di accuratezza misurato tramite NRMSE è compreso tra 70% e 80%

### **Sviluppi Futuri:**

- Identificazione modello MIMO nello spazio di stato
- Confronto SISO - MIMO
- ARX
- Hammerstein-Wiener