

# Prova MATLAB Tipo – C

## Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

**Istruzioni per lo svolgimento:** lo studente deve consegnare al termine della prova una cartella nominata **Cognome\_Nome** contenente:

- Un **Matlab script file** (i.e. file di testo con estensione .m o .txt) riportante i comandi eseguiti e la risposta alle eventuali richieste teoriche sotto forma di commento (i.e. riga di testo preceduta dal simbolo %)

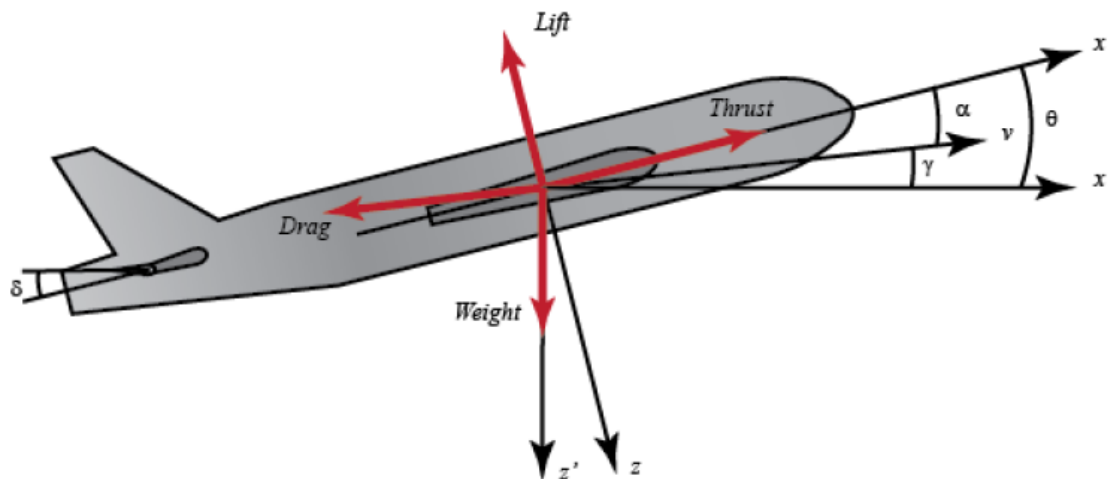
**NOTA:** per copiare i comandi dalla Command History, visualizzarla tramite menu “Layout → Command History → Docked”, selezionare in tale finestra le righe di interesse tramite *Ctrl+mouse left-click* e dal menu visualizzato tramite *mouse right-click* selezionare “create script”

- Le figure rilevanti per la dimostrazione dei risultati ottenuti in **formato JPEG o PNG** avendo cura di salvare i file delle figure quando queste mostrano le caratteristiche di interesse per la verifica del progetto (es. Settling Time, Stability Margins, ecc.).

**NOTA:** per salvare una figura Matlab in formato PNG o JPG, usare il menu “File → Save as” dalla finestra della figura di interesse, assegnarle un nome e selezionare l’estensione \*.PNG o \*.JPG nel menu a tendina “salva come”.

## INTRODUZIONE

Si consideri il modello della dinamica longitudinale di un aereo, con particolare riferimento al movimento rispetto all’angolo di beccheggio (*pitch angle*) schematizzato dalla figura:



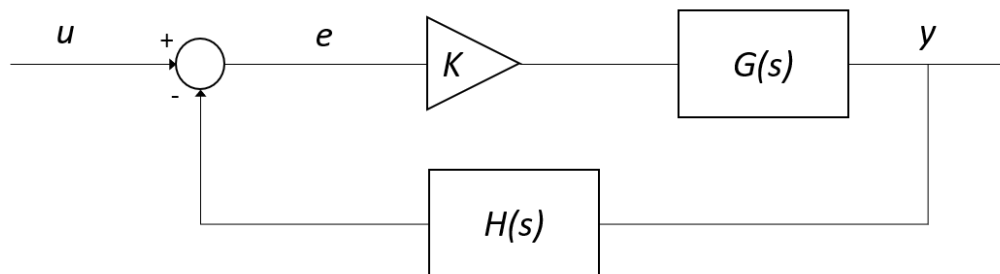
Il modello matematico del sistema, linearizzato rispetto a piccole variazioni degli angoli, è descritto nella pagina web <https://ctms.engin.umich.edu/> (Control Tutorials for Matlab & Simulink). Le relative matrici A, B, C, D (leggermente adattate per gli scopi di questo testo) sono inizializzate dallo script **InitAutomaticaTipoC.m**.

## ESERCIZIO 1

- Date le matrici inizializzate dallo script `InitAutomaticaTipoC.m`, si ricavi la funzione di trasferimento  $G(s)$  del sistema in esame.
- Si determinino i poli della funzione di trasferimento e si verifichi se coincidono con gli autovalori di  $A$ . Descrivere il motivo di eventuali discrepanze tramite righe di commento (i.e. precedute dal simbolo `%`) sul file `.m`

## ESERCIZIO 2

Si consideri il sistema in retroazione rappresentato in figura:

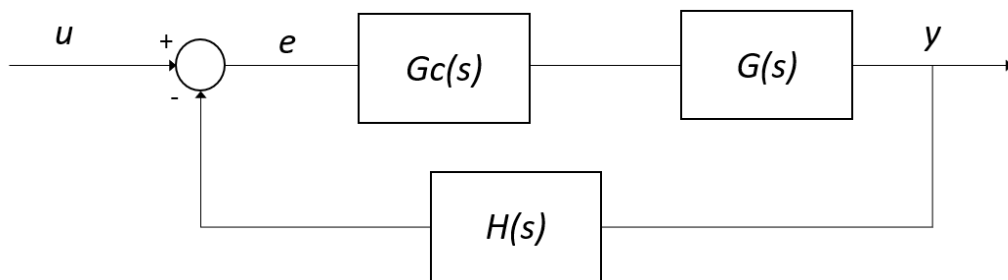


Con  $G(s)$  ricavata al punto a) dell'Esercizio 1 e  $H(s) = \frac{1}{1 + \frac{s}{50}}$  funzione di trasferimento associata al sensore per la misura dell'uscita.

- Si verifichi se il sistema ad anello chiuso, con guadagno  $K = 1$ , risulti o meno stabile tramite l'analisi della risposta  $y(t)$  al gradino unitario.
- Si determini il valore del guadagno  $K_{lim}$  per il quale il sistema risulta semplicemente stabile, tramite l'analisi del margine di ampiezza o equivalentemente tramite l'analisi del luogo delle radici (NOTA: in entrambi i casi l'analisi va svolta sulla funzione guadagno d'anello  $L(s) = G(s)H(s)$ )
- Si ponga  $K_1 = 0.8 K_{lim}$ , si visualizzi l'andamento della risposta al gradino  $y(t)$  del sistema chiuso in retroazione con tale guadagno e si determini il tempo d'assestamento al 5%.
- Si determini l'errore a regime motivandone il valore tramite righe di commento (i.e. precedute dal simbolo `%`) sul file `.m`

## ESERCIZIO 3

Si consideri il sistema rappresentato in figura



Con  $G(s)$  e  $H(s)$  come al punto a) dell'Esercizio 2.

- Si determinino come possibili funzioni di trasferimento alternative per il controllore  $G_c(s)$  quelle di un regolatore di tipo **PD** e di uno di tipo **PID**, considerati entrambi nella formulazione classica e con i parametri  $K_p, T_i, T_d$  tarati secondo il metodo di Ziegler-Nichols basato sull'oscillazione critica ad anello chiuso (vedi tabella allegata).
- Si verifichi tramite l'analisi della risposta al gradino del sistema compensato e chiuso in retroazione quale tra i regolatori proposti sia il più efficace in termini di massima sovraelongazione percentuale e tempo di assestamento.

TIPO	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5 K_0$	-	-
PI	$0.45 K_0$	$0.85 T_0$	-
PD	$0.5 K_0$	-	$0.2 T_0$
PID	$0.6 K_0$	$0.5 T_0$	$0.125 T_0$

**NOTA:**

**$K_0$  = guadagno critico**, di fatto corrispondente al guadagno  $K_{lim}$  determinato al punto b) dell'Esercizio 2, cioè tale per cui il sistema chiuso in retroazione risulti semplicemente stabile (i.e. con oscillazione persistente della risposta).

**$T_0$  = periodo delle oscillazioni della risposta** in condizione di stabilità semplice ad anello chiuso.