CONTROL SYSTEMS STUDIO

Guida introduttiva per i tester · Versione di riferimento 1.1

Un piccolo laboratorio di teoria dei sistemi sullo smartphone

Control Systems Studio è un'app Android dedicata allo studio dei sistemi dinamici lineari mediante funzioni di trasferimento. Trasforma coefficienti matematici in grafici e risultati numerici, per capire come un sistema reagisce a una sollecitazione e come cambia al variare della frequenza.

Non è necessario conoscere già i controlli automatici: questa guida introduce i concetti essenziali e propone una prova semplice da ripetere.

1. Un esempio familiare: massa, molla e smorzatore

Immaginiamo una massa collegata a una molla e a uno smorzatore. Applicando una forza F(t), la massa si sposta di x(t). Il modello è:

$m \cdot x''(t) + c \cdot x'(t) + k \cdot x(t) = F(t)$

m è la massa, c lo smorzamento e k la rigidezza. Con la trasformata di Laplace e condizioni iniziali nulle si ottiene:

$G(s) = X(s) / F(s) = 1 / (m\ s^2 + c\ s + k)$

Questa è la funzione di trasferimento: descrive matematicamente il legame fra ingresso (forza) e uscita (spostamento). Il programma lavora proprio a partire da una funzione di questo tipo.

2. Perché gradino e rampa?

Gradino: l'ingresso passa improvvisamente a un valore costante. Serve a osservare oscillazioni, rapidità, sovraelongazione e stabilizzazione. È simile ad applicare una forza costante all'improvviso.

Rampa: l'ingresso cresce linearmente nel tempo. Serve a vedere se il sistema segue un comando che cambia continuamente e con quale ritardo o scarto.

Sono segnali di prova, non una pretesa di rappresentare tutte le sollecitazioni reali.

PROVA GUIDATA

Da una formula ai grafici, in pochi passaggi

3. Prima prova da eseguire

Aprire l’app e inserire la seguente funzione di trasferimento:

G(s) = 4 / (s² + 2s + 4)

Campo	Valore da inserire
Coefficienti numeratore	4
Coefficienti denominatore	1 2 4

I coefficienti del denominatore sono in ordine decrescente di potenza: $1 \cdot s^2 + 2 \cdot s + 4$. Questa scelta produce un sistema stabile con risposta oscillante smorzata.

4. Cosa osservare nelle schermate

Funzione	Cosa significa
Risposta al gradino	La curva parte da zero, supera leggermente il valore finale e si stabilizza verso 1.
Risposta alla rampa	L’uscita cresce seguendo la rampa con uno scarto a regime.
Poli e stabilità	I poli sono $-1 \pm 1{,}732j$: la parte reale negativa indica stabilità.
Bode modulo	Mostra l’amplificazione o attenuazione al variare della frequenza (in dB).
Bode fase	Mostra lo sfasamento tra ingresso sinusoidale e uscita.
Nyquist	Rappresenta la risposta in frequenza nel piano complesso.
Luogo delle radici	Mostra come cambiano i poli di un sistema retroazionato variando il guadagno K.
Editor a blocchi	Consente di rappresentare sistemi mediante blocchi e collegamenti.

Per i grafici interattivi, toccare la curva per leggere valori e usare le funzioni di spostamento/zoom disponibili. Le schermate possono variare secondo la release installata.

5. Un controllo semplice di coerenza

Per questa prova il guadagno statico vale $G(0) = 4/4 = 1$. Quindi, con ingresso a gradino unitario, l’uscita deve tendere a 1. I poli sono $-1 \pm 1{,}732j$, dunque le oscillazioni devono smorzarsi, non crescere.

LETTURA DEI RISULTATI

Cosa ci dicono i grafici

6. Tempo e frequenza sono due modi di studiare lo stesso sistema

Nel dominio del tempo si osserva cosa succede dopo un comando: transitorio, oscillazioni e valore finale. Nel dominio della frequenza si applicano idealmente segnali sinusoidali a frequenze diverse, per capire quali frequenze vengono amplificate e come cambia la fase.

I poli aiutano a valutare la stabilità: in un sistema continuo lineare, tutti i poli con parte reale strettamente negativa implicano stabilità asintotica. I diagrammi di Bode rappresentano modulo e fase; il Nyquist è utile soprattutto nell'analisi dei sistemi retroazionati.

7. Che cosa aggiunge la teoria dei controlli?

Nella dinamica strutturale si studia la risposta di una struttura a una forza. Nei controlli automatici si studia anche come modificare la risposta attraverso una retroazione: si misura l'uscita, la si confronta con il valore desiderato e si interviene sul sistema.

Un esempio è uno smorzamento attivo delle vibrazioni: sensori, controllore e attuatori possono collaborare per ridurre le oscillazioni. L'app permette di esplorare i principi matematici di questi sistemi; non sostituisce software FEM, verifiche strutturali o strumenti di progettazione certificati.

8. Le sezioni didattiche della versione 1.1

La revisione 1.1 del progetto include le sezioni Teoria di base e Calcoli analitici. La prima introduce i concetti, la seconda mostra elaborazioni numeriche derivate dai coefficienti inseriti. La disponibilità effettiva dipende dalla versione installata: se il test chiuso distribuisce ancora la 1.0, queste sezioni potrebbero non comparire.

9. Errori comuni da evitare

• Inserire i coefficienti nell'ordine sbagliato (per esempio 4 2 1 invece di 1 2 4).

• Confondere la stabilità del sistema con il fatto che una curva presenti oscillazioni.

• Interpretare il grafico di Nyquist come una traiettoria nello spazio fisico.

• Aspettarsi che la risposta alla rampa si stabilizzi su un valore costante.

AIUTACI A MIGLIORARE L’APP

Scheda di prova per i tester

Il test serve a verificare sia la correttezza matematica sia la facilità d’uso. Anche chi non conosce la teoria dei controlli può dare un contributo prezioso: l’interfaccia deve risultare comprensibile.

10. Cosa provare

• L’app si apre senza bloccarsi e i pulsanti sono leggibili sul proprio smartphone.

• L’inserimento dei coefficienti è intuitivo e non genera risultati inattesi.

• La risposta al gradino dell’esempio tende a 1 e le oscillazioni si smorzano.

• I grafici sono leggibili: assi, unità, zoom e interazione sono comprensibili.

• L’editor a blocchi permette di aggiungere e collegare elementi senza difficoltà.

• Le sezioni di teoria e calcoli, se presenti nella release installata, aiutano a interpretare i risultati.

11. Come segnalare un problema

Quando qualcosa non funziona, è utile indicare: modello dello smartphone, versione Android, versione dell’app, coefficienti inseriti, schermata interessata e comportamento osservato. Uno screenshot aiuta molto. Se l’app si chiude, descrivere quale azione è stata compiuta immediatamente prima.

12. Tre domande per un feedback utile

• Dopo questa guida, hai capito a cosa serve Control Systems Studio?

• Quale schermata è stata più difficile da interpretare?

• Quale spiegazione, esempio o funzione vorresti trovare nell’app?

Nota sulle versioni

Questa guida descrive il progetto Control Systems Studio 1.1. Al momento delle schermate condivise, Google Play Console mostrava ancora la release 1.0 nel test chiuso Alpha. Per questo alcune funzioni illustrate potrebbero essere disponibili soltanto nella versione 1.1 non ancora distribuita ai tester.

Control Systems Studio · Ing. Gianluca Ciocia