

# Corso di “Sistemi di Controllo Multivariabile”

Docente Prof. Francesco Amato



# Obiettivi del corso

- Tipicamente nei corsi di Controlli Automatici, si considerano sistemi con un ingresso e una uscita (SISO); essi sono modellati attraverso la Funzione di Trasferimento (FdT).
- Le tecniche di controllo sviluppate in tali corsi sono essenzialmente basate su approcci sviluppati nel dominio della frequenza.
- Il vantaggio di questi approcci consiste nella loro semplicità di applicazione.
- Tuttavia in molte situazioni pratiche, il progettista del sistema di controllo deve interfacciarsi con sistemi complessi caratterizzati da più ingressi e/o uscite.
- Oppure deve progettare un sistema di controllo complesso che richiede di regolare più variabili.
- Tali sistemi sono detti multivariabile o MIMO (multi-input – multi output).



- Per progettare un sistema di controllo MIMO, una prima possibilità è quella di inserire un controllore SISO su ciascun canale ingresso/uscita.
- Questa soluzione risulta poco soddisfacente quando è presente un certo grado di accoppiamento tra i diversi canali.
- A partire dagli anni Sessanta, i ricercatori hanno sviluppato tecniche di controllo *ad hoc* per progettare controllori multivariabile.
- Lo sviluppo di tali metodologie è andato di pari passo con il progresso della tecnologia, che ha reso possibile l'implementazione di controllori sempre più complessi.



- Sulla base di queste considerazioni, l'obiettivo del corso è quello di presentare alcune tecniche di controllo per sistemi MIMO.
- In particolare la nostra attenzione sarà focalizzata verso i sistemi lineari e stazionari (LTI) a tempo-continuo.
- Per tale classe di sistemi, le tecniche di controllo multivariabile sono ben assestate ed utilizzate anche in ambito industriale.
- Esse sono applicabili anche ai sistemi nonlineari a valle del processo di linearizzazione.



- Una prima parte del corso sarà dedicata a generalizzare le tecniche di controllo sviluppate nei corsi di Controlli Automatici ai sistemi MIMO (multi-input multi-output).
- Queste metodologie portano al progetto di un controllore SISO su ciascun canale, *portando però in conto gli eventuali accoppiamenti tra i diversi canali.*
- In particolare investigheremo le tecniche basate sul principio del disaccoppiamento e il cosiddetto “controllo generalizzato”.
- Il punto debole di questi approcci è che portano in ogni caso al progetto di un controllore sub-ottimale.
- La seconda parte del corso sarà dedicata allo studio di tecniche sviluppate specificamente per portare in conto la multivariabilità dei sistemi.



- Per gran parte del corso faremo riferimento alla rappresentazione ingresso-stato-uscita (ISU) di un dato sistema.
- Infatti, come vedremo, la ISU si presta molto meglio della FdT per rappresentare i sistemi MIMO.
- Mentre, come si è detto, le metodologie di controllo studiate nei corsi di controlli automatici sono tipicamente basate su un approccio nel *dominio della frequenza*, la maggior parte delle tecniche illustrate in questo corso sono basate su approcci sviluppati *nel dominio del tempo*.



# Programma del corso

- Il corso è idealmente diviso in due parti.
- Nella prima parte studieremo le tecniche di controllo mutuuate dall'approccio SISO (frequenziale):
  - Controllori di disaccoppiamento
  - Controllo decentralizzato
- Nella seconda parte (che riguarda il grosso del corso) investigheremo tecniche di controllo MIMO basate sull'approccio nel dominio del tempo.
- A sua volta la seconda parte è divisa in due fasi.



- Nella prima fase esamineremo le tecniche di controllo (a ciclo chiuso) utilizzabili quando tutto lo stato del sistema è misurabile.
- In questo caso si parla di tecniche di controllo con *retroazione di stato*:
  - Tecniche basate sull'allocazione degli autovalori e/o degli autovettori (assegnamento dell'autostruttura)
  - Controllo ottimo
- Una parte del corso sarà devoluta allo studio delle caratteristiche di robustezza (margini di guadagno e fase) di questi schemi di controllo a ciclo chiuso.



- Nella seconda fase esamineremo le tecniche di controllo basate sulla retroazione di uscita
  - Teoria degli osservatori e assegnamento dei poli
  - Tecnica del “Loop Transfer Recovery” per il recupero dei margini di stabilità
  - Assegnamento dell’autostruttura con retroazione di uscita



# Informazioni sul corso

- E-mail: [framato@unina.it](mailto:framato@unina.it)
- Web: <http://wpage.unina.it/framato/>
- Riferimenti:
  - Lucidi del corso integrati dagli appunti delle lezioni
  - Fotocopie su argomenti specifici fornite dal docente
  - Ulteriore materiale didattico (ad es. tesine svolte da studenti, etc.)
  - Letture consigliate
    - “Fondamenti di Controlli Automatici” (Bolzern, Scattolini, Schiavoni - McGraw-Hill)
    - Linear-Quadratic Control: An Introduction (Dorato, Abdallah, Cerone – Prentice Hall)
    - Optimal Control: Linear Quadratic Methods (Anderson, Moore – Prentice Hall)
    - Dynamic Optimization (Bryson – Addison Wesley)
    - Aircraft Control and Simulation (Stevens, Lewis – Wiley)



- Modalità di esame
  - Tesina su argomento a scelta (alcuni esempi sul sito del docente)
  - Tesina da sviluppare utilizzando le tecniche di controllo descritte nel corso
  - Tesina da svolgere in collaborazione con uno o due colleghi (sono preferibili gruppi di 2 o 3 persone)
  - La presentazione della tesina (ad es. con PowerPoint) sarà integrata da un colloquio orale su argomenti metodologici sviluppati all'interno del corso.

