



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Anno Accademico 2022/2023

Corso di studi in Ingegneria dell'Intelligenza Artificiale e della Sicurezza Informatica, classe di laurea LM-32

Insegnamento	Progettazione dei sistemi di controllo digitali
CFU	9
Settore Scientifico Disciplinare	ING-INF/04
Nr. ore di aula	60 delle quali 24 di esercitazione
Nr. ore di studio autonomo	165
Nr. ore di laboratorio	-
Mutuazione	-
Annualità	I Anno
Periodo di svolgimento	II Semestre

Docente	E-mail	Ruolo <sup>1</sup>	SSD docente
Giovanni Garraffa	<a href="mailto:giovanni.garraffa@unikore.it">giovanni.garraffa@unikore.it</a>	RTD	ING-INF/04

Propedeuticità	-
Prerequisiti	Nozioni e metodologie acquisite nel corso di Controlli Automatici
Sede delle lezioni	Facoltà di Ingegneria e Architettura

Moduli
No.

Orario delle lezioni

L'orario delle lezioni sarà pubblicato sull'Agenda WEB dell'Università degli Studi di Enna "Kore":  
[https://gestioneaule.unikore.it/agendaweb\\_unikore/](https://gestioneaule.unikore.it/agendaweb_unikore/)

## Obiettivi formativi

Gli obiettivi del corso sono quelli dello studio dei sistemi tempo discreto mediante un approccio basato su di un modello matematico del sistema stesso e dell'implementazione dei controllori discretizzati su hardware a microcontrollore/microprocessore e DSP. I modelli discreti vengono utilizzati sia per valutare il comportamento dinamico e a regime mediante simulazione su PC in ambiente software dedicato, usualmente Matlab-Simulink, sia per definire e valutare importanti aspetti del comportamento dei sistemi stessi a partire dalla definizione e dallo studio di certe proprietà del modello, fra le quali rivestono fondamentale interesse la stabilità, la controllabilità, l'osservabilità, il comportamento a regime permanente e quello transitorio. Il modello matematico viene inoltre utilizzato per la progettazione ed implementazione di un controllore da associare al sistema reale in modo che l'intero sistema sia in grado di conseguire prefissate prestazioni.

<sup>1</sup> PO (professore ordinario), PA (professore associato), RTD (ricercatore a tempo determinato), RU (Ricercatore a tempo indeterminato), DC (Docente a contratto).

## Contenuti del Programma

N.	ARGOMENTO	TIPOLOGIA	DURATA
1	Trasformata Z	Frontale	2h
2	Sistemi lineari tempo discreto (LTI-DT) modelli ingresso-uscita e in forma di stato.	Frontale	1h
3	Criteri di stabilità per sistemi DT	Frontale	3h
4	Risposta in frequenza	Frontale	3h
5	Stabilità dei sistemi di controllo DT	Frontale	3h
6	Richiami su sistemi a dati campionati, campionamento e ricostruzione	Frontale	4h
7	Realizzazione digitale di controllori analogici	Frontale	4h
8	Sintesi diretta a tempo discreto	Frontale	4h
9	Progetto nello spazio di stato	Frontale	4h
10	Cenni di controllo ottimo	Frontale	4h
11	Stima dello stato e regolazione dell'uscita	Frontale	4h
12	Trasformate, antitrasformate e metodi di discretizzazione	Esercitazione	3h
13	Realizzazione digitale di controllori analogici	Esercitazione	3h
14	Sintesi diretta a tempo discreto	Esercitazione	3h
15	Implementazione di sistemi di controllo digitali in ambiente di simulazione	Esercitazione	3h
16	Implementazione di sistemi di controllo digitali su hardware Arduino	Esercitazione	3h
17	Implementazione di sistemi di controllo digitali su hardware Raspberry PI	Esercitazione	3h
18	Implementazione di sistemi di controllo digitali su hardware DSP	Esercitazione	3h
19	Implementazione multiprocessore di sistemi di controllo e modelli digitali su hardware DSP	Esercitazione	3h

## Risultati di apprendimento (descrittori di Dublino)

I risultati di apprendimento attesi sono definiti secondo i parametri europei descritti dai cinque descrittori di Dublino.

- 1. Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding):** Il corso di Progettazione dei sistemi di controllo digitali tratta dell'analisi dei sistemi dinamici a tempo discreto e del progetto di sistemi di controllo per sistemi reali di qualunque natura discretizzati o intrinsecamente a tempo discreto. Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito un nuovo approccio per affrontare e risolvere problemi ingegneristici di notevole importanza dal punto di vista applicativo. Tale approccio si basa sulla costruzione di un modello matematico del sistema sotto studio, sulla validazione sperimentale di tale modello, sulla individuazione e verifica di diverse proprietà del modello utili anche al fine di determinare le tecniche idonee per il progetto del sistema di controllo, sulla validazione delle prestazioni del sistema di controllo mediante esperimenti di simulazione digitale effettuata su Personal Computer utilizzando strumenti software adeguati e, infine, sulla verifica sperimentale su prototipo utilizzando dispositivi di prototipazione rapida per l'implementazione della parte controllante del sistema di controllo stesso.
- 2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate (applying knowledge and understanding):** Lo studente sarà in grado di utilizzare le metodologie acquisite per lo studio ingegneristico di sistemi reali che possano essere descritti da modelli matematici lineari e tempo-invarianti a tempo discreto anche a più ingressi e uscite (MIMO). Sarà, altresì, in grado di progettare controllori sia nel dominio del tempo discreto che basati su reti di correzione elementari mediante tecniche di sintesi nel dominio Z.

3. **Autonomia di giudizio (making judgements):** Lo studente sarà in grado di verificare le proprietà del modello sotto studio e, di conseguenza, di valutare le azioni da intraprendere per conseguire gli obiettivi finali del suo studio ovvero quelle di costruire un sistema di controllo che permetta di soddisfare assegnate specifiche di progetto.
4. **Abilità comunicative (communication skills):** Lo studente acquisirà la competenza per discutere dell'analisi dei sistemi lineari tempo discreto e dei relativi sistemi di controllo in contesti scientifici di livello tecnico avanzato con particolare riferimento ai sistemi lineari e ai sistemi di controllo nel dominio del tempo discreto e di Z.
5. **Capacità di apprendere (learning skills):** Il corso si pone l'obiettivo di stimolare l'interesse dello studente per l'approccio di tipo sistematico utilizzato nella trattazione dei vari argomenti oggetto del corso stesso. Lo studente che acquisirà tale metodologia di studio sarà in grado di affrontare e risolvere problematiche complesse anche in contesti lavorativi.

#### Testi per lo studio della disciplina

"Fondamenti di Controlli Automatici 4/ed" – Bolzern-Scattolini-Schiavoni – McGraw Hill, 2015, ISBN 9788838668821.

<https://www.mheducation.it/fondamenti-di-controlli-automatici-4-ed-9788838668821-italy>

Materiale integrativo fornito dal docente.

#### Metodi e strumenti per la didattica

All'interno del corso sono previste simulazioni e casi studio di implementazione di modelli matematici e controllori discreti effettuate con l'ausilio del calcolatore elettronico.

#### Modalità di accertamento delle competenze

L'obiettivo della prova d'esame consiste nel verificare il livello di raggiungimento delle conoscenze, competenze e abilità in accordo con i descrittori di Dublino. Il voto sarà dato in trentesimi e varierà da 18/30 a 30/30 con lode. L'accertamento delle competenze si basa su un esame espletato solamente tramite una prova orale durante la quale potrà anche essere richiesto al candidato lo svolgimento di esercizi relativi ai contenuti appresi durante il corso.

Il voto sarà espresso, secondo il seguente schema di valutazione:

- Ottimo (30-30 e lode): Ottima conoscenza e comprensione degli argomenti riguardanti la modellistica, l'analisi prestazionale dei sistemi tempo discreto, le proprietà caratteristiche e le tecniche di progettazione ed implementazione di controllori discreti.
- Molto buono (26-29): Ampia conoscenza e comprensione degli argomenti riguardanti la modellistica, l'analisi prestazionale dei sistemi tempo discreto, le proprietà caratteristiche e le tecniche di progettazione ed implementazione di controllori discreti.
- Buono (24-25): Buona conoscenza e comprensione degli argomenti riguardanti la modellistica, l'analisi prestazionale dei sistemi tempo discreto, le proprietà caratteristiche e le tecniche di progettazione ed implementazione di controllori discreti.
- Discreto (21-23): Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti riguardanti la modellistica, l'analisi prestazionale dei sistemi tempo discreto, le proprietà caratteristiche e le tecniche di progettazione ed implementazione di controllori discreti.
- Sufficiente (18-20): Conoscenza minima degli argomenti riguardanti la modellistica, l'analisi prestazionale dei sistemi tempo discreto, le proprietà caratteristiche e le tecniche di progettazione ed implementazione di controllori discreti.
- Insufficiente: Manca di una conoscenza accettabile degli argomenti riguardanti la modellistica, l'analisi prestazionale dei sistemi tempo discreto, le proprietà caratteristiche e le tecniche di progettazione ed implementazione di controllori discreti.

#### Date di esame

Le date degli esami saranno pubblicate sull'Agenda WEB dell'Università degli Studi di Enna "Kore":

[https://gestioneaule.unikore.it/agendaweb\\_unikore/](https://gestioneaule.unikore.it/agendaweb_unikore/)

#### Modalità e orario di ricevimento

Gli orari di ricevimento saranno pubblicati sulla pagina personale del docente raggiungibile da:  
<https://unikore.it/facolta/facolta-di-ingegneria-e-architettura/docenti/>