



## LUCIA PALLOTTINO

Registri a.a. **2025/2026**

### DATI REGISTRO

<b>modulo</b>	TEORIA DEI SISTEMI
<b>insegnamento</b>	TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO (cod. 281II)
<b>corso di studi</b>	WIM-LM - INGEGNERIA ROBOTICA E DELL'AUTOMAZIONE
<b>periodo</b>	Primo semestre
<b>responsabile</b>	LUCIA PALLOTTINO
<b>docenti</b>	LUCIA PALLOTTINO
<b>totale ore</b>	60 ( Lezione: 50 ore , Esercitazione: 10 ore )

[Calendario lezioni](#)    [Dettaglio ore](#)

### LEZIONI

1. **Mar 23/09/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Introduzione al corso (modalità svolgimento esame, propedeuticità, programma). Introduzione ai modelli dinamici, importanza del modello, trattabili vs accuratezza. Modelli basati sul trasferimento delle risorse, modelli basati sulla transizione degli stati (LUCIA PALLOTTINO)
2. **Gio 25/09/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Modelli di transizione di stati. Modelli di influenza e modelli fisici. Il ruolo del concetto di tempo, di ingressi e uscite, il ruolo e l'importanza dello stato del sistema. Esempi pratici ed equazioni dei modelli. Obiettivi del corso. Definizione di sistema, insieme delle funzioni di ingresso e di uscita, insieme degli stati, prime ipotesi: consistenza, composizione, causalità, separazione, composizione. Classificazione dei sistemi: causali (strettamente causali) e non causali, stazionari (tempo invarianti) e non stazionari (tempo varianti). (LUCIA PALLOTTINO)
3. **Lun 29/09/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Sistemi a stato vettore. Rappresentazione esplicita. Definizione di evento, movimento e traiettoria. Definizione di movimento, traiettorie e equilibrio, caso TC e TD. Concetto di raggiungibilità e controllabilità. Introduzione ai Sistemi lineari. Sistemi lineari, proprietà di decomposizione (risposta libera e risposta forzata). (LUCIA PALLOTTINO)
4. **Mar 30/09/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Matrice di transizione di stato. Evoluzione forzata in rappresentazione esplicita e nucleo di convoluzione basato sul principio di sovrapposizione degli effetti. Proprietà di composizione e di consistenza nei sistemi lineari. Relazione tra rappresentazione esplicita e rappresentazione implicita, caso tempo continuo e tempo discreto. (LUCIA PALLOTTINO)
5. **Mer 01/10/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Matrice di transizione come soluzione di equazione differenziale matriciale. Successione di Peano. Sistemi lineari stazionari. Definizione di Esponenziale di matrici e proprietà. Funzioni di matrici. Sequenza di Krylov, sottospazio ciclico generato da un vettore associato ad una trasformazione lineare. Sottospazio invariante. Esempi di Sottospazi ciclici e A-Invarianti, Polinomi annullatori. Calcolo di esponenziale di matrici diagonali e diagonalizzabili. (LUCIA PALLOTTINO)
6. **Gio 02/10/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Esponenziale di matrici in forma di Jordan, esponenziale del blocco di Jordan. Caso blocco di Jordan con autovalori complessi e blocco di Jordan reale, esponenziale del blocco di Jordan reale. Potenze di matrici di Jordan per il caso TD. Molteplicità geometrica e numero di blocchi di Jordan. Esempi matrici di Jordan reali. Autospazi generalizzati di ordine k. Autospazi e autovettori generalizzati di ordine k. Costruzione matrici in forma di Jordan e matrici di similitudine, catene di Jordan nel caso generico. (LUCIA PALLOTTINO)

7. **Mar 07/10/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** esercitazione: Costruzione delle catene di autovettori generalizzati per il calcolo della matrice in forma di Jordan. Svolgimento di esercizi (LUCIA PALLOTTINO)
8. **Gio 09/10/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** esercitazione: Esercitazione costruzione matrici di Jordan, catene di autovettori generalizzate. Calcolo andamenti temporali dello stato del sistema. (LUCIA PALLOTTINO)
9. **Gio 09/10/2025 10:30-11:30 (1:0 h)** lezione: Andamento dello stato di sistemi lineari tempo continuo e tempo discreto in relazione agli autovalori della matrice. (LUCIA PALLOTTINO)
10. **Mar 14/10/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Analisi modale, andamento nello spazio delle fasi, modi dominanti. Sistemi algebricamente equivalenti (LUCIA PALLOTTINO)
11. **Gio 16/10/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Introduzione alla raggiungibilità. Insieme di stati raggiungibili dall'origine. Spazio raggiungibile per i sistemi lineari stazionari, operatore aggiunto e gramiano di raggiungibilità. Spazio di raggiungibilità come spazio generato dalle colonne della matrice di raggiungibilità. Esempi. Sistemi completamente raggiungibili, indipendenza dal tempo. Esempi. A-Invarianza dello spazio di raggiungibilità. Raggiungibilità per sistemi lineari tempo invarianti a tempo discreto. Controllabilità all'origine. Relazione tra controllabilità e raggiungibilità. Esempi. (LUCIA PALLOTTINO)
12. **Lun 20/10/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Proprietà dello spazio di raggiungibilità. Cambio di coordinate basato su sottospazi A-invarianti. Cambio di base per forma standard di raggiungibilità. Esempi sulla raggiungibilità e sul calcolo della forma standard. Sottosistema raggiungibile e non raggiungibile. Funzione di trasferimento della forma standard. Esempi (LUCIA PALLOTTINO)
13. **Mar 21/10/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Lemma PBH, dimostrazione ed esempi. Forma di Jordan e numero di ingressi necessario per completa raggiungibilità. (LUCIA PALLOTTINO)
14. **Gio 23/10/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Forma canonica di Controllo, passaggio da equazioni differenziali o alle differenze alla forma di stato nel caso particolare e nel caso generale. Esempi. Introduzione al concetto di osservazione e ricostruzione dello stato. Stati indistinguibili per sistemi lineari TC, gramiano di osservabilità, matrice di osservabilità, spazio inosservabile. (LUCIA PALLOTTINO)
15. **Mar 28/10/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Osservabilità nel caso di sistemi tempo discreto. Definizione di ricostruibilità. Relazione tra osservabilità e ricostruibilità. Esempi. Dualità tra raggiungibilità e osservabilità. Forma standard di osservabilità. (LUCIA PALLOTTINO)
16. **Gio 30/10/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Forma standard di osservabilità. sottosistema osservabile e sottosistema non osservabile, autovalori interni ed esterni al sottospazio inosservabile. Lemma PBH. Esempi. Forma canonica di osservazione. Forma di Jordan e osservabilità. Scomposizione canonica di Kalman, esempio di calcolo matrice di trasformazione. Calcolo intersezione spazio di raggiungibilità e di inosservabilità. Realizzazione minima. Esempi costruzione forma di Kalman. Esercizi (LUCIA PALLOTTINO)
17. **Mar 11/11/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** esercitazione: Esercitazione su tutti gli argomenti svolti (modi, Jordan, forme standard, forme canoniche) (LUCIA PALLOTTINO)
18. **Gio 13/11/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Realizzazioni in forma di stato, forma minima. Connessione di sistemi SISO in serie e parallelo e relazione con le proprietà di raggiungibilità e osservabilità. Realizzazione in forma di stato per sistemi MIMO, procedimento per righe o colonne (metodo indiretto). Metodo diretto: la forma di Smith. Esempi (LUCIA PALLOTTINO)
19. **Mar 18/11/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Forma di McMillan-Smith, esempi. Poli e zeri di matrici di trasferimento, grado di McMillan e dimensione della forma minima. Stabilità interna dei sistemi lineari tempo invarianti (tempo continuo e tempo discreto). Stabilità BIBO. Introduzione alla teoria della stabilità. Proprietà della stabilità per SLTI. (LUCIA PALLOTTINO)
20. **Gio 20/11/2025 08:30-11:30 (3:0 h)** lezione: Introduzione alla stabilità di sistemi non lineari. Definizione di equilibrio, definizione di movimento stabile, instabile, attrattivo e asintoticamente stabile (def anche per traiettorie e equilibri). Sistema linearizzato come approssimazione del sistema non lineare, significato delle variabili di stato come variazioni rispetto all'equilibrio. Esempio su pendolo e relazione con autovalori sistema linearizzato. Esempi di sistemi non lineari con più equilibri con proprietà di stabilità diverse, cicli limite. Definizione di Regione di Asintotica Stabilità, globale asintotica stabilità. Metodo Indiretto di Lyapunov (enunciato ed esempi, pendolo). (LUCIA PALLOTTINO)
21. **Mar 25/11/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** lezione: Definizione di funzione definita positiva (negativa), semidefinita positiva (negativa), esempi. Introduzione al teorema di Lyapunov Metodo diretto di Lyapunov con dimostrazioni. Esempi (LUCIA PALLOTTINO)
22. **Gio 27/11/2025 08:30-10:30 (2:0 h)** esercitazione: Esempi sia sul metodo indiretto che su metodo diretto. Svolgimento di esercizi dei compiti. Disegno degli andamenti delle traiettorie nello spazio delle fasi. (LUCIA PALLOTTINO)

23. Gio 27/11/2025 10:30-11:30 (1:0 h) lezione: Teorema su globale asintotica stabilità. Esempio di funzione non radialmente illimitata. Curve di livello. Stima della RAS con esempio. (LUCIA PALLOTTINO)
24. Mar 02/12/2025 08:30-10:30 (2:0 h) lezione: Teorema dell'insieme invariante massimo di LaSalle e Corollario di LaSalle- Krasowskii. Svolgimento esercizi su stabilità sistemi non lineari (applicazione dei metodi indiretto e diretto di Lyapunov, Criterio di Krasowski) (LUCIA PALLOTTINO)
25. Mer 03/12/2025 08:30-11:30 (3:0 h) lezione: Teoria della stabilità di Lyapunov per determinare un controllore stabilizzante (metodo diretto e indiretto). Cicli limite attrattivi e repulsivi. Teorema inverso di stabilità, teorema di instabilità di Lyapunov e Teorema di Cetaev. Esempi. Dimostrazione del teorema indiretto di Lyapunov, equazione algebrica di Lyapunov TC e TD per costruzione di candidate di Lyapunov, condizioni esistenza. (LUCIA PALLOTTINO)
26. Mar 09/12/2025 08:30-09:30 (1:0 h) lezione: Stabilità di sistemi non stazionari, esempi, definizione di uniforme stabilità, definizione di funzioni di classe K e K infinito, teorema sull'uniforme stabilità. Equazione differenziale di Lyapunov. Teorema di LaSalle-Yoshizawa, Lemma di Barbalat. (LUCIA PALLOTTINO)
27. Mar 09/12/2025 09:30-10:30 (1:0 h) esercitazione: Svolgimento testi di esame su stabilità di sistemi non lineari (LUCIA PALLOTTINO)
28. Gio 18/12/2025 08:30-09:30 (1:0 h) esercitazione: Test di autovalutazione (LUCIA PALLOTTINO)

[Calendario lezioni](#) [Dettaglio ore](#)