DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Cibernetica

Cybernetics

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	**CdS**	FISICA (LM-17)
Codice	8066811	**Canale**	Unico
CFU	6	**Lingua**	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

MATTEO CIRILLO

CODOCENTE

DANIELE DI CASTRO

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso di studio è volto a fornire una preparazione avanzata di Fisica, con conoscenze di argomenti specialistici della recente ricerca in Fisica, in particolare nell' area di Elettronica e Cibernetica. Gli obiettivi formativi prevedono la conoscenza avanzata delle tecniche di regolazione e controllo della risposta di sistemi lineari a tempo continuo e a tempo discreto.

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

Gli studenti devono avere una approfondita comprensione delle problematiche relative al controllo in retroazione della risposta di un sistema lineare a diversi tipi di sollecitazione. Queste competenze sono ottenute tramite insegnamenti frontali. La verifica delle conoscenze e capacita' di comprensione viene fatta tramite prove orali.

CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE

Gli studenti devono essere in grado di identificare gli elementi essenziali di un problema fisico anche complesso nel campo della regolazione e controllo di un sistema lineare e saperlo modellare, effettuando le approssimazioni necessarie.

Devono essere in grado di adattare modelli esistenti a dati sperimentali nuovi.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO.

Gli studenti devono essere in grado di effettuare autonomamente esperimenti, calcoli oppure simulazioni numeriche. Devono sviluppare la capacità di eseguire ricerche bibliografiche e di selezionare i materiali interessanti, in particolare sul WEB. Devono essere in grado di assumersi le responsabilità sia della programmazione di progetti che della gestione di strutture. Devono avere raggiunto un adeguato livello di consapevolezza etico nella ricerca e nell'ambito delle attività professionali. Tali capacita' sono acquisite durante lo studio per la preparazione degli esami, approfondendo alcuni argomenti specifici anche con la consultazione di articoli su riviste.

ABILITÀ COMUNICATIVE

	Gli studenti devono essere in grado di lavorare in un gruppo interdisciplinare. Devono essere in grado di presentare la propria ricerca o i risultati di una ricerca bibliografica ad un pubblico sia di specialisti che di profani. **CAPACITA' DI APPRENDIMENTO.** Gli studenti devono essere in grado di affrontare nuovi problemi attraverso uno studio autonomo. Devono acquisire la capacità di proseguire gli studi in un dottorato di ricerca o altre scuole di specializzazione.
English	LEARNING OUTCOMES. The course of study aims at providing an advanced training in Physics, with knowledge of specialized subjects of recent research in Physics, in particular in the area of Electronics and Cybernetics. The educational objectives include advanced knowledge of the techniques of regulation and control of the response of linear systems.. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING. Students must have an in-depth understanding of the problems related to the feedback control of the response of a linear system to different types of stress. These skills are obtained through lectures. The verification of knowledge and understanding is done through oral tests. APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING. Students must be able to identify the essential elements of a complex physical problem in the field of regulation and control of a linear system and know how to model them, making the necessary approximations. They must be able to adapt existing models to new experimental data. MAKING JUDGEMENTS. Students must be able to independently perform experiments, calculations or numerical simulations. They must develop the ability to perform bibliographic searches and to select interesting materials, in particular on the WEB. They must be able to take responsibility for both project planning and facility management. They must achieve an adequate level of ethical awareness in research and in professional activities. These skills are acquired during the study for the preparation of the exams, deepening some specific topics also with the consultation of articles in journals. COMMUNICATION SKILLS. Students must be able to work in an interdisciplinary group. They must be able to present their research or the results of a bibliographic search to an audience of both specialists and laymen. LEARNING SKILLS. Students must be able to tackle new problems through independent study. They must acquire the ability to continue their studies in a research doctorate or other graduate schools.

PREREQUISITI

Italiano	Analisi Matematica 1 e 2, Fisica Generale 1 e 2, Laboratorio di Meccanica e Termodinamica, Laboratorio di Elettromagnetismo e Ottica, Metodi Matematici della Fisica (integrazione nel piano complesso)
English	Calculus 1 and 2, General Physics 1 and 2, Laboratory od Mechanics and Thermodynamics, Laboratory of Electromagnetism and Optics, Mathematical Methods of Physics (integration in the complex plane)

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Introduzione. Analisi di segnali a tempo continuo tramite trasformata di Laplace. Antitrasformata di Laplace. Esempi a applicazioni a circuiti a costanti concentrate (resistenze, capacità e induttanze). Rappresentazione di segnali periodici in serie di Fourier. Fenomeno di Gibbs. Potenza di un segnale periodico. Trasformata e antitrasformata di Fourier. Energia di un segnale non periodico. Introduzione allo studio dei sistemi dinamici e al controllo in retroazione, con esempi. Vettore di stato e matrice dinamica. Risoluzione nel dominio di Laplace e modello ARMA (Auto Regressive Moving Average). Evoluzione libera del vettore di stato. Algoritmi di Soriau e di Leverrier. Realizzazione in forma canonica di controllore. Matrice di osservabilità. Teorema di Cayley-Hamilton. Realizzazione dello stato in forma canonica di controllore e di osservatore. Approfondimento sulla risposta libera nello stato: metodo della trasformata di Laplace; polinomio minimo della matrice dinamica. Caso di autovalori non degeneri: diagonalizzazione della matrice dinamica; modi del sistema. Caso di autovalori complessi coniugati. Risposta forzata impulsiva. Criteri di Popov e di Kalman per la raggiungibilità e l'osservabilità dello spazio di stato, e loro equivalenza. Approfondimento sulle proprietà strutturali di raggiungibilità e osservabilità. Decomposizioni di Kalman. Matrice di Hankel. Forma canonica di Kalman. Matrice gramiana di raggiungibilità. Raggiungibilità e assegnazione degli autovalori. Matrice gramiana di osservabilità. Osservatore asintotico dello stato nel caso di ingresso nullo. Osservabilità e assegnazione degli autovalori. Osservatore asintotico dello stato (caso generale). Sistemi rilevabili. Sistemi stabilizzabili. Stabilizzazione mediante retroazione dinamica dall'uscita (compensatore dinamico). Progettazione di un compensatore dinamico per un sistema raggiungibile e osservabile. Punti di equilibrio di un sistema dinamico. Attrattività (stabilità asintotica) e stabilità. Criterio di Hurwitz e criterio di Routh. Risposta permanente in regime armonico. Introduzione ai diagrammi di Bode. Risposta a un sistema a gradino per sistemi del primo e del secondo ordine. Luogo delle radici: proprietà e regole di tracciamento del luogo positivo e del luogo negativo. Fedeltà di risposta di sistemi lineari con anello di retroazione: errore a regime, sensibilità ai disturbi. Regole per il tracciamento dei diagrammi di Bode asintotici. Diagramma di Nyquist: tracciamento qualitativo del diagramma di Nyquist a partire dai diagrammi di Bode. Criterio di Nyquist: stabilità di un sistema con retroazione. Margine di guadagno e margine di fase. Sistemi di asservimento. Sintesi per tentativi nel dominio della frequenza. Sintesi per tentativi nel dominio della variabile s di Laplace. Sintesi diretta a uno e a due gradi di libertà. Sistemi di regolazione: regolatori P, PD, PI, PID. Predisposizione dei regolatori: metodi di Ziegler-Nichols. Controllo a tempo discreto: introduzione e trasformata zeta. Progetto di sistemi a tempo di risposta finito per ingrasso a gradino campionato; caso con poli e zeri cancellabili, e caso con alcuni polie/o zeri non cancellabili. Progetto di sistemi a risposta piatta in un tempo finito per ingresso a gradino campionato. Rappresentazione nello spazio di stato per sistemi a tempo discreto. Introduzione a MATLAB: array multidimensionale, concatenazione, indicizzazione, grafici di funzioni elementari. Creazione di uno script di MATLAB. Utilizzo del "Control Toolbox". Utilizzo di MATLAB per la simulazione di sistemi dinamici con funzioni di trasferimento a tempo continuo e a tempo discreto, ad anello aperto e ad anello chiuso. Altre funzioni del Control Toolbox di MATLAS: risposte al gradino e all'impulso,

	diagrammi di Bode, luogo delle radici, margini di guadagno e di fase, stabilità di un sistema dinamico, interfaccia per filtri RLC. Risoluzione di esercizi e problemi proposti durante il corso.
English	Introduction. Analysis of continuous-time signals using the Laplace transform. Inverse Laplace transform. Examples and applications to lumped-parameter circuits (resistors, capacitors, and inductors). Representation of periodic signals via Fourier series. The Gibbs phenomenon. Power of a periodic signal. Fourier transform and inverse Fourier transform. Energy of a non-periodic signal. Introduction to the study of dynamical systems and feedback control, with examples. State vector and dynamic matrix. Solution in the Laplace domain and the ARMA (Auto-Regressive Moving Average) model. Free evolution of the state vector. Soriau's and Leverrier's algorithms. Controller canonical-form realization. Observability matrix. Cayley-Hamilton theorem. State-space realization in controller and observer canonical forms. In-depth look at the free state response: Laplace transform method; minimal polynomial of the dynamic matrix. Case of non-degenerate eigenvalues: diagonalization of the dynamic matrix; system modes. Case of complex conjugate eigenvalues. Impulse-forced response. Popov and Kalman criteria for state-space reachability and observability, and their equivalence. In-depth study of the structural properties of reachability and observability. Kalman decompositions. Hankel matrix. Kalman canonical form. Reachability Gramian matrix. Reachability and eigenvalue assignment. Observability Gramian matrix. Asymptotic state observer for zero-input systems. Observability and eigenvalue assignment. Asymptotic state observer (general case). Detectable systems. Stabilizable systems. Stabilization via dynamic output feedback (dynamic compensator). Design of a dynamic compensator for a reachable and observable system. Equilibrium points of a dynamic system. Attractivity (asymptotic stability) and stability. Hurwitz criterion and Routh criterion. Steady-state harmonic response. Introduction to Bode plots. Step response of first- and second-order systems. Root locus: properties and construction rules for positive and negative loci. Response fidelity of linear feedback systems: steady-state error, sensitivity to disturbances. Rules for constructing asymptotic Bode plots. Nyquist plot: qualitative construction of the Nyquist plot based on Bode plots. Nyquist criterion: stability of a feedback system. Gain margin and phase margin. Servomechanism systems. Trial-and-error design in the frequency domain. Trial-and-error design in the Laplace s-domain. Direct design with one or two degrees of freedom. Control systems: P, PD, PI, and PID controllers. Controller tuning: Ziegler-Nichols methods. Discrete-time control: introduction and the z-transform. Design of finite-settling-time systems for sampled step inputs; cases involving cancellable poles/zeros and non-cancellable poles/zeros. Design of deadbeat (finite-time settling) systems for sampled step inputs. State-space representation for discrete-time systems. Introduction to MATLAB: multidimensional arrays, concatenation, indexing, and plotting elementary functions. Creating MATLAB scripts. Using the "Control Toolbox." Using MATLAB for the simulation of dynamic systems with continuous-time and discrete-time transfer functions, in both open-loop and closed-loop configurations. Other features of the MATLAB Control Toolbox include: step and impulse responses, Bode plots, root locus, gain and phase margins, analysis of dynamic system stability, and an interface for RLC filters. Solving exercises and problems presented throughout the course.

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	G.V. Pallottino (rev. L.Zanello), "Dispense del Corso di Cibernetica Generale", Roma, 1993. Tratte da G.V.Pallottino, "Cibernetica", Ed.La Goliardica, Roma, 1969.

	http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/web_disp/d6/dispense/Pallottino_cibern.pdf R. Vitelli, M. Petternella, "Fondamenti di Automatica", 2016, ed. Efesto A. Ruberti, A. Isidori, "Teoria dei Sistemi", 1997, ed. Bollati
	G.V. Pallottino (rev. L.Zanello), “Dispense del Corso di Cibernetica Generale”, Roma, 1993. Tratte da G.V.Pallottino, “Cibernetica”, Ed.La Goliardica, Roma, 1969. http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/web_disp/d6/dispense/Pallottino_cibern.pdf R. Vitelli, M. Petternella, "Fondamenti di Automatica", 2016, ed. Efesto A. Ruberti, A. Isidori, "Teoria dei Sistemi", 1997, ed. Bollati Boringhieri

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Lezioni frontali con assegnazione di problemi da risolvere a casa.
English	Lectures in the classroom with home assignments to be solved.

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Le lezioni frontali non hanno obbligo di frequenza ma essa è fortemente consigliata.
English	Lectures are not compulsory, attendance is highly recommended.

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica

☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Prof. Paolo Camarri
Dott. Roberto Ammendola

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL’APPRENDIMENTO

Italiano	La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri:

	Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	The examination will be evaluated according to the following criteria: Ineligible: major deficencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations. 18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient. 21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning. 24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments. 27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment. 30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way