



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

CORSI DI INGEGNERIA

A.A. 2017/2018

Teoria dei Sistemi (I3N)

- Manes Costanzo -

(Aggiornato il 12-02-2018)

Contenuti del corso (abstract del programma):

Modelli matematici di sistemi dinamici a tempo continuo e discreto. Concetti di stato, di ingresso e di uscita. Analisi nel dominio del tempo dei sistemi lineari e stazionari. Modi naturali. Matrice delle risposte impulsive. Analisi nel dominio della trasformata di Laplace e della trasformata Z. Matrice delle funzioni di trasferimento. Il regime permanente e il regime transitorio. La risposta armonica. Diagrammi di Bode e rappresentazioni polari. Teoria della Stabilità: punti di equilibrio e stabilità. Criterio di Lyapunov. Approssimazione lineare di sistemi non lineari. Criterio di Routh. Stabilità dei sistemi interconnessi: criterio di Nyquist. Raggiungibilità ed Osservabilità degli stati. Scomposizione strutturale dei sistemi lineari. Realizzazione di funzioni di trasferimento.

Programma esteso:

1) Modelli matematici: esempi di modelli di sistemi elettrici, di sistemi meccanici, di sistemi termici e di sistemi idraulici. 2) Sistemi astratti: definizione di sistemi causali; definizione di stato, di funzioni di ingresso e di uscita. La funzione di transizione dello stato e sue proprietà. La trasformazione di uscita. 3) Rappresentazioni con lo spazio di stato lineari a dimensione finita: l'ipotesi di linearità e sue implicazioni. Analisi nel dominio del tempo dei sistemi lineari: evoluzione libera e risposta forzata. L'impulso di Dirac. La matrice di transizione dello stato e sue proprietà. Le matrici delle risposte impulsive dello stato e dell'uscita e loro proprietà. Rappresentazioni esplicite ed implicite di sistemi. Formule di passaggio tra i due tipi di rappresentazioni; 4) Rappresentazioni con lo spazio di stato lineari e stazionarie. Dalla rappresentazione implicita alla rappresentazione esplicita: soluzione di un sistema di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti, omogeneo e non omogeneo. Esponenziale di matrice: definizione come serie e calcolo mediante decomposizione spettrale. Integrale e somma di convoluzione. Discretizzazione dei sistemi a tempo continuo. Trasformazione di coordinate e matrici simili. 5) Rappresentazioni con lo spazio di stato lineari a dimensione finita stazionarie: leggi di moto: I modi naturali nell'evoluzione libera dello stato. Leggi di moto e traiettorie dei modi naturali. Stabilità, stabilità asintotica e instabilità dei modi naturali. I modi naturali nella risposta forzata dello stato e dell'uscita. Eccitabilità ed osservabilità dei modi naturali. 6) Analisi nel dominio delle trasformate: Analisi dei sistemi lineari e stazionari mediante trasformata di Laplace e trasformata Z. Utilizzo dei teoremi di convoluzione, derivazione e ritardo nell'analisi dei sistemi. Uso delle trasformate nell'analisi dei modi e nel calcolo dell'esponenziale di matrice: il caso di autovalori multipli. Molteplicità algebrica e geometrica degli autovalori. La matrice delle funzioni di trasferimento: definizione e calcolo. Utilizzo delle trasformate nel

calcolo della risposta forzata dei sistemi. Relazioni tra trasformata di Laplace e trasformata di Fourier. Relazioni tra trasformata di Laplace e trasformata z. 7) Il regime permanente e il regime transitorio: la risposta permanente ad ingressi esponenziali e sinusoidali. La risposta armonica. Rappresentazioni grafiche (modulo e fase) delle funzioni di trasferimento. Il decibel, la carta semilogaritmica e i diagrammi di Bode. Metodi per il disegno a mano dei diagrammi di Bode. Il grafico polare delle funzioni di trasferimento (Nyquist plot). 8) Teoria della Stabilità: definizione di punto di equilibrio e sue proprietà nelle rappresentazioni implicite ed esplicite. Stabilità semplice e stabilità asintotica di un punto di equilibrio. La stabilità nei sistemi lineari e stazionari. Stabilità dei sistemi non lineari: il criterio di Lyapunov. Funzioni definite e semidefinite (positive e negative). Forme quadratiche. Criterio di Sylvester. Analisi della stabilità mediante l'approssimazione lineare. Matrice Jacobiana e approssimazione lineare dei sistemi. Equazione di Lyapunov. Criterio di Routh. Stabilità dei sistemi interconnessi: criterio di Nyquist. 9) Raggiungibilità ed Osservabilità: definizione di stati indistinguibili e di stati inosservabili. Matrice di osservabilità e Gramiano di osservabilità. Teorema di Cayley-Hamilton. Definizione di stati raggiungibili e di stati controllabili. Matrice di raggiungibilità e Gramiano di raggiungibilità. Sottospazi degli stati raggiungibili e inosservabili. Invarianza dei sottospazi degli stati raggiungibili e inosservabili. Scomposizioni strutturali dei sistemi lineari. Scomposizione di Kalman. Forme canoniche di osservatore e di controllore. Realizzazione di funzioni di trasferimento con lo spazio di stato.

Modalità d'esame:

Una prova scritta ed un prova orale

Risultati d'apprendimento previsti:

Saper calcolare la risposta di sistemi lineari a partire dalla conoscenza dell'ingresso e dello stato iniziale. Saper calcolare e disegnare le risposte in frequenza (diagrammi modulo e fase e diagrammi polari) dei sistemi. Saper studiare la proprietà di stabilità di punti di equilibrio di sistemi lineari e non lineari. Saper studiare la stabilità dei sistemi retroazionati. Saper analizzare le proprietà di osservabilità e raggiungibilità dei sistemi lineari e saper operare una decomposizione strutturale.

Testi di riferimento:

A. Ruberti, A. Isidori, Teoria dei Sistemi, Boringhieri, Torino, 1979; A. Ruberti (consultazione)

A. Isidori, Teoria della stabilità, Ed. Siderea, Roma 1977;

P. Palumbo, Esercizi di Teoria dei Sistemi, ed 2, Libreria Universitaria Benedetti, 2008;

Dispense in distribuzione a cura di A. Germani, C. Manes, P. Pepe;

oppure O.M. Grasselli, L. Menini, S. Galeani, Sistemi dinamici, Hoepli 2007

oppure A. Giua e C. Seatzu, "Analisi dei sistemi dinamici", Springer Verlag 2009

oppure S. Bittanti, Introduzione all'Automatica, Zanichelli, 2014.