

**SCHEDA DATI PER OFFERTA FORMATIVA PUBBLICA DI CUI AL PUNTO 1.2  
DELLA CIRCOLARE MINISTERIALE N° 187 DELL'11 GIUGNO 2008**

<b>Insegnamento:</b> <b>n° crediti/n° ore</b> <b>Docente titolare:</b> <b>Qualifica</b> <b>SSD di appartenenza</b> <b>Struttura di afferenza</b> <b>Telefono</b> <b>e-mail</b> <b>Orario di ricevimento</b> <b>Sito web docente</b>	Analisi dei sistemi multivariabili 6 CFU/60 ore Prof. Elio Usai Professore 2° fascia ING-INF/04 Dipartimento di ingegneria Elettrica ed Elettronica 070 675-5784 <a href="mailto:eusai@diee.unica.it">eusai@diee.unica.it</a> su appuntamento <a href="http://www.diee.unica.it/it/personale/personale.php?idp=38">http://www.diee.unica.it/it/personale/personale.php?idp=38</a>
<b>Curriculum scientifico</b>	<p>Professore Associato presso il DIEE dall'Ottobre 2000, ha svolto in precedenza attività di ricerca presso DRS-Pirelli Cavi Milano(1987-88), e come ricercatore del SSD ING-INF/0 presso il DIEE dal Settembre 1994. Il principale ambito di interesse scientifico è quello del controllo a struttura variabile mediante sliding modes, in cui ha contribuito con algoritmi di controllo originali. La attività di ricerca comprende le applicazioni del controllo e dell'osservazione robusti a sistemi non lineari incerti.</p> <p>[J1] Bartolini G., Ferrara A., Usai E., "Chattering avoidance by second-order sliding mode control", IEEE Trans. Automatic Control, ISSN 0018-9286, vol. 43, no.2, pp. 241-246, February 1998, IEEE Inc., Piscataway, 1998</p> <p>[J2] Bartolini G., Ferrara A., Usai E., Utkin V.I., "On multi-input chattering-free second order sliding mode control", IEEE Trans. Automatic Control, ISSN 0018-9286, vol. 45, no.9, pp. 1711-1717, September 2000, IEEE Inc., Piscataway, 2000</p> <p>[J3] Bartolini G., Pisano A., Usai E., "Digital second-order sliding mode control for uncertain nonlinear systems", Automatica, ISSN 0005-1098, vol. 37, pp. 1371-1377, 2001, Pergamon, 2001</p> <p>[J4] Boiko I., Fridman L., Pisano A., Usai E., "Analysis of Chattering in Systems With Second-Order Sliding Modes", IEEE Transactions on Automatic Control, ISSN 0018-9286, vol. 52, no. 11, pp. 2085 – 2102, Nov. 2007, IEEE Inc., Piscataway, 2007</p> <p>[J5] Pisano A., Usai E., "Sliding Mode Control: a Survey with Applications in Math", Mathematics and Computers in Simulation, ISSN 0378-4754, in press, 2010, doi:10.1016/j.matcom.2010.10.003</p>
<b>Contenuto schematico del corso di insegnamento</b>	Modellistica dei sistemi dinamici ed elementi di teoria dei grafi. Rappresentazione di sistemi MIMO e forme canoniche. Criteri per l'analisi di sistemi dinamici lineari e non lineari. Controllabilità ed osservabilità. Retroazione dello stato ed osservatore di Luemberger. Controllo LQR. Cenni di controllo non lineare.
<b>Obiettivi formativi e risultati attesi (secondo i descrittori di</b>	Vedi regolamento

Dublino)	
Articolazione del corso	<p><b><u>Introduzione e rappresentazione di sistemi dinamici</u></b> (8 ore di lezione e 2 di esercitazione)</p> <p>Presentazione del corso. Fenomeni energetici nei sistemi dinamici. Analogie tra sistemi elettrici, meccanici, termici ed idraulici. Grafi lineari e loro utilizzo per la valutazione della dinamica dei sistemi.</p> <p><b><u>Analisi dei sistemi dinamici lineari</u></b> (16 ore di lezione e 4 di esercitazione)</p> <p>Variabili di stato ed energia interna del sistema. Forme canoniche e trasformazioni invarianti. Matrice risolvete e trasformata di Laplace della risposta libera e forzata di un sistema. Matrice di transizione dello stato e sue proprietà. Teorema di Caley-Hamilton (enunciato) e sviluppo di Sylvester della matrice di transizione dello stato. Matrice di controllabilità e valutazione della proprietà anche con metodi topologici sui grafi. Matrice di osservabilità. Procedure di diagonalizzazione e matrice modale. Matrice di Vandermonde. Forma di Jordan. Stabilità dei modi del sistema ed autovalori della matrice A della dinamica dello stato.</p> <p><b><u>Analisi dei sistemi dinamici non lineari</u></b> (12 ore di lezione e 2 di esercitazione)</p> <p>Linearizzazione locale ed a tratti e stabilità locale. Stati di equilibrio stabile e traiettorie stabili in sistemi non lineari. Stabilità asintotica ed esponenziale di un punto di equilibrio. Analisi di stabilità del punto di equilibrio mediante i metodi di Lyapunov. Metodo diretto di Lyapunov ed equazione di Lyapunov per sistemi lineari stazionari. Criteri di instabilità. Insiemi invarianti e Teorema di La Salle. Stabilità di sistemi tempo varianti (cenni). Stabilità assoluta: criteri di Popov e del cerchio. Cicli limite ed funzione descrittiva.</p> <p><b><u>Controllo mediante retroazione dello stato in sistemi lineari</u></b> (6 ore di lezione e 2 di esercitazione)</p> <p>Scomposizione canonica di Kalman. Trasformazione in forma compagna controllabile per sistemi SISO. Forma canonica generalizzata per sistemi MIMO. Assegnamento poli mediante retroazione dello stato. Osservatore di Luenberger. Trasformazione in forma compagna osservabile ed assegnamento dei poli dell'osservatore. Principio di separazione. Controllo LQR.</p> <p><b><u>Controllo dei sistemi non lineari</u></b> (6 ore di lezione e 2 di esercitazione)</p> <p>Grado relativo, dinamica ingresso-uscita ed interna. Linearizzazione mediante retroazione dello stato. Controllo robusto mediante sliding modes.</p>
Propedeuticità	Requisiti curricolari indicati nell'ordinamento didattico ed in particolare: calcolo differenziale ed integrale in una e più

	variabili; equazioni differenziali ordinarie; algebra ed analisi vettoriale; matrici, sistemi di equazioni lineari, autovalori ed autovettori; trasformate di Laplace e Fourier; conoscenze di fisica generale; analisi e controllo in retroazione dei sistemi dinamici lineari.
<b>Anno di corso e semestre</b>	1° anno, 1° semestre
<b>Testi di riferimento</b>	Alessandro GIUA, Carla SEATZU, Analisi dei sistemi dinamici-2ª edizione, Springer-Verlag Italia, Milano, 2009. J.-J. E. Slotine, W. Li, Applied nonlinear control, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1991
<b>Attività di supporto alla didattica (tutoraggio)</b>	Da compilare a cura della Presidenza
<b>Modalità di erogazione dell'insegnamento</b>	Lezione frontale ed esercitazioni assistite.
<b>Sede</b>	Aula B1, c/o Dipartimento Ingegneria Elettrica ed Elettronica
<b>Modalità di frequenza</b>	Facoltativa
<b>Metodi di valutazione</b>	Prova orale
<b>Dati statistici</b>	<i>Dati da inserire in futuro quando saranno disponibili</i>
<b>Calendario prove d'esame</b>	<a href="https://webstudenti.unica.it/esse3/ListaAppelliOfferta.do;jsessionid=5BB9895F4434F3A7ACF11F5CE763DD3F">https://webstudenti.unica.it/esse3/ListaAppelliOfferta.do;jsessionid=5BB9895F4434F3A7ACF11F5CE763DD3F</a>
<b>Organizzazione della didattica</b>	Lezioni frontali per un totale di 48 ore ed esercitazioni assistite per un totale di 12 ore. Studio individuale o assistito per ulteriori 100 ore.