

MODALITA' DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di lire 250.000 per partecipante. Le iscrizioni si effettueranno mediante versamento sul c/c postale n. 52192200 intestato a:

POLITECNICO DI MILANO
ISTRUZIONE PERMANENTE

Il versamento deve essere effettuato con i moduli a quattro cedole disponibili presso gli Uffici Postali per gli accrediti agli Enti Pubblici, indicando la seguente causale di versamento:

PROGRAMMA DI ISTRUZIONE PERMANENTE
CORSO AGGIORNAMENTO ALGORITMI RICORSIVI
DI IDENTIFICAZIONE PARAMETRICA.

L'attestazione del versamento va inviata, insieme con la richiesta di iscrizione, al direttore del corso:

Prof. S. Bittanti
Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica
Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO

La quota di iscrizione, che è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 Ottobre 1972 n. 633, potrà essere restituita solo nel caso in cui l'iscritto comunichi che è impedito a partecipare al corso con lettera raccomandata espresso spedita entro il 17 Aprile 1981.

INFORMAZIONI

Per ogni chiarimento o ulteriore informazione, rivolgersi a:

S. Bittanti presso l'Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica, tel. (02) 23.67.241.

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria
PROGRAMMA DI
ISTRUZIONE PERMANENTE

Anno 1980/81



POLITECNICO DI MILANO

Programma di Istruzione Permanente



Algoritmi Ricorsivi
di

Identificazione Parametrica

Milano, 5, 6, 7 Maggio 1981

Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica
Politecnico di Milano

Corso di aggiornamento per laureati promosso dal Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dall'Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Milano.

Algoritmi Ricorsivi di Identificazione Parametrica

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Nel corso si affronta il problema della stima dei parametri di un sistema dinamico a partire da dati rilevati sperimentalmente (**problema dell'identificazione**). La famiglia di modelli che viene considerata è descritta dalla equazione alle differenze

$$y(t) = a_1 y(t-1) + a_2 y(t-2) + \dots + a_n y(t-n) + b_1 u(t-1) + b_2 u(t-2) + \dots + b_n u(t-n) + v(t)$$

dove u è la variabile d'ingresso (esogena), y quella d'uscita e v un disturbo casuale generato da un rumore bianco e secondo la relazione $v(t) = e(t) + c_1 e(t-1) + \dots + c_n e(t-n)$.

Con terminologia mutuata dall'Econometria, questo modello è denominato **ARMAX** (Auto-Regressive Moving-Average model with exogenous variable).

Grazie alla sua semplicità, la famiglia dei modelli ARMAX ha trovato applicazione in molti settori dell'Ingegneria e delle Scienze Naturali e Sociali.

Il problema di stimare i parametri a_i, b_i ed eventualmente c_i , disponendo delle rilevazioni di $u(t)$ e $y(t)$ per un certo arco temporale, $t = 1, 2, \dots, N$, viene affrontato mediante **algoritmi ricorsivi**. Questi hanno il vantaggio di consentire l'aggiornamento in tempo reale delle stime dei parametri senza il dispendio computazionale che sarebbe necessario con gli algoritmi di stima « a lotti ». Essi sono perciò di primaria importanza sia per i **problemi di predizione**, ove necessiti l'aggiornamento della predizione in tempo reale, sia per i **problemi di decisione e controllo**, ove lente variazioni della dinamica del sistema sotto controllo richiedano l'aggiornamento del modello identificato, ed il conseguente adattamento della legge di controllo (controllo adattativo).

Nel corso viene trattato sia il caso dei **modelli non-variabili** (o univariati o scalari — y, u ed e scalari) sia quello dei **modelli multivariabili** (o multivariati o vettoriali — y, u ed e vettori).

Per ciò che concerne i modelli monovariabili, l'attenzione viene concentrata sull'algoritmo principe, quello di Minimi Quadrati Ricorsivi, e quindi sugli importanti algoritmi dei Minimi Quadrati Estes e della Massima Verosimiglianza Ricorsiva. Compresa la logica su cui si basano tali algoritmi sarà relativamente agevole la comprensione degli altri algoritmi ricorsivi, di cui si farà cenno. Si avrà così una panoramica degli **algoritmi stocastici** di uso corrente. Si discuterà l'utilità pratica delle varianti in cui minor peso viene attribuito ai dati più remoti e verrà presentato un metodo che consente lo studio delle proprietà sintotiche degli algoritmi.

Passando al caso multivariabile, diviene cruciale il problema della scelta della struttura del modello, al fine di evitare che, a fronte di una quantità di informazione limitata contenuta nei dati, nel modello vi

sia un eccessivo numero di parametri da stimare. Si presenteranno perciò innanzitutto quelle **rappresentazioni** dei modelli che sono più adatte all'identificazione. Verranno quindi delineati i principali metodi di identificazione di sistemi e serie temporali multivariabili, soffermandosi in particolare sul cosiddetto procedimento di Akaike.

La presentazione, che verrà tenuta ad un livello semplice e possibilmente discorsivo, non aderirà comunque ad uno spirito enciclopedico o di rassegna. Si cercherà piuttosto di fornire le idee e gli strumenti adeguati per il successivo approfondimento personale nelle direzioni di interesse. Accanto a diverse prove di simulazione elementari, verrà trattato uno studio di caso particolarmente complesso.

PROGRAMMA DEL CORSO

5 e 6 Maggio:

Identificazione di sistemi monovariabili

- Il problema dell'identificazione
- Famiglie di modelli stocastici
- Predizione e identificazione
- Criteri di identificazione
- Algoritmi ricorsivi
- Analisi di convergenza
- Criteri di selezione tra famiglie di modelli
- Prove di simulazione.

7 Maggio:

Identificazione di sistemi multivariabili

- Modelli per sistemi dinamici multivariabili e serie temporali multivariate
- Innovazione
- Rappresentazioni canoniche
- Rappresentazioni multistrutturali (overlapping)
- Procedimenti di identificazione

MATERIALE DIDATTICO

Ogni partecipante avrà diritto ad una copia dei volumi

- **Sistemi Incerti** (a cura di S. Bittanti e G. Guardabassi), CLUP, Milano, 1976 (388 pag.).
- **Identificazione Parametrica** (a cura di S. Bittanti), CLUP, Milano, 1981 (313 pag.).

Quest'ultimo libro è stato realizzato dai docenti in vista del corso d'aggiornamento. Ulteriori appunti e rapporti potranno essere messi a disposizione.

DOCENTI

Prof. S. Bittanti

Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Milano, docente di *Identificazione e Ottimizzazione*

Prof. R. Guidorzi

Istituto di Automatica dell'Università di Bologna, docente di *Teoria dei Sistemi*

Prof. G. Picci

Istituto per Ricerche di Dinamica dei Sistemi e di Bioingegneria del CNR (Padova), docente di *Teoria dell'Identificazione* presso l'Università di Padova

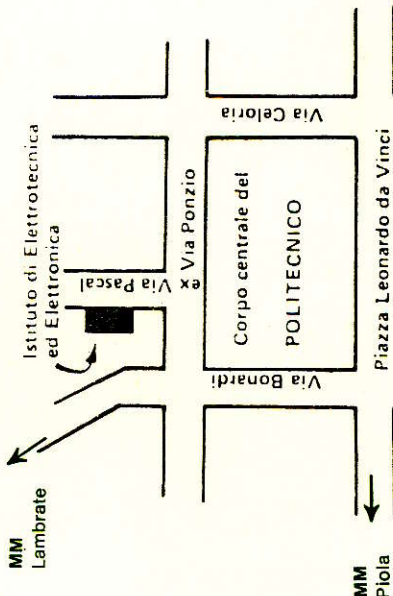
Dott. G. Zappa

Istituto di Informatica e Sistemistica dell'Università di Firenze

UBICAZIONE E ORARIO

Il corso si terrà presso l'Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Milano, in Via Ponzio 34/5, da martedì 5 Maggio a giovedì 7 Maggio 1981.

Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9.00 ed al pomeriggio alle ore 14.30; farà eccezione martedì 5 Maggio, in cui, per consentire la registrazione dei partecipanti, che avrà luogo tra le 8.15 e le 9.15, le lezioni avranno inizio alle ore 9.15.



MEZZI DI TRASPORTO

MM linea 2, stazione Piola o Lambrate - Filobus n. 93 - Tram n. 4, n. 23.

MODALITA' DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di lire 370.000 per partecipante. Le iscrizioni si effettuano mediante versamento sul c/c postale n. 52192200 intestato a:

POLITECNICO DI MILANO
ISTRUZIONE PERMANENTE

Il versamento deve essere effettuato con i moduli a quattro cedole disponibili presso gli Uffici Postali per gli accrediti agli Enti Pubblici, indicando la seguente causale di versamento:

PROGRAMMA DI ISTRUZIONE PERMANENTE
CORSO DI AGGIORNAMENTO
INTRODUZIONE AL CONTROLLO ADATTATIVO

L'attestazione del versamento va inviata, insieme con la richiesta di iscrizione, a:

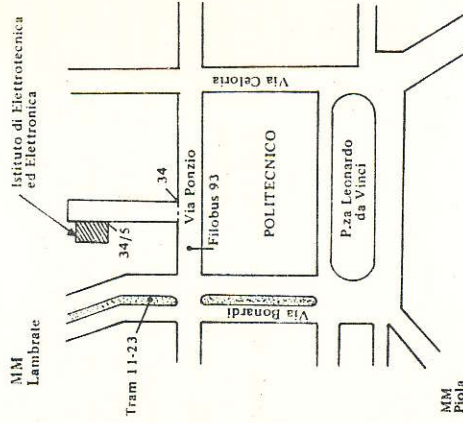
Prof. N. Schiavoni
Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO

La quota di iscrizione, che è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 Ottobre 1972 n. 633, potrà essere restituita solo nel caso in cui l'iscritto comunichi che è impedito a partecipare al corso con lettera raccomandata espresso spedita entro il 17 Marzo 1982.

UBICAZIONE E ORARIO

Il corso si terrà presso il Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano in Via Ponzio 34/5, da lunedì 29 Marzo a giovedì 1 Aprile 1982.

Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9,00 ed al pomeriggio alle ore 14,30; farà eccezione lunedì 29 Marzo, in cui, per consentire la registrazione dei partecipanti, che avrà luogo tra le 8,30 e le 9,30, le lezioni avranno inizio alle ore 9,30.



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria

PROGRAMMA DI
ISTRUZIONE PERMANENTE

Anno 1981/82



Introduzione al Controllo Adattativo

Milano - 29, 30, 31 Marzo
e 1 Aprile 1982

Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano

Corso di aggiornamento per laureati promosso dal Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dal Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano

PRESENTAZIONE DEL CORSO

I controllori adattativi sono quei controllori la cui politica di controllo viene aggiornata in sintonia con le progressive modificazioni della dinamica del sistema sotto controllo (processo). Il ricorso a simili controllori è essenziale onde evitare il deterioramento delle prestazioni del sistema di controllo a fronte di impreviste variazioni delle caratteristiche del processo e/o dei disturbi che lo influenzano.

Concettualmente, i controllori adattativi consistono di una parte cui è demandato il compito di eseguire la stima in tempo reale della dinamica attuale del processo e di una parte che, sulla base del modello così ottenuto, stabilisce l'andamento della variabile di controllo. Pertanto, in fase di progetto, un ruolo essenziale è giocato sia dalle tecniche di stima dei modelli a partire da rilevazioni sperimentali, sia dalle tecniche di controllo dei sistemi a partire dalla conoscenza dei loro modelli. Per tale ragione, prima di introdurre gli algoritmi di controllo adattativo, nel corso si presentano i principali metodi di identificazione e controllo dei processi.

Il corso è precisamente organizzato nel modo seguente.

In primo luogo, si richiamano le proprietà di maggior rilievo dei sistemi dinamici lineari a tempo discreto, sia deterministici che stocastici. Questi sistemi costituiscono infatti la classe di modelli usualmente considerata nel contesto del controllo adattativo. Si discute tra l'altro la genesi di tali modelli, quando essi siano dedotti per campionamento da sistemi a tempo continuo.

Vengono quindi introdotti i principali algoritmi di identificazione dei sistemi. Una particolare attenzione viene prestata agli algoritmi ricorsivi, che sono fondamentali nel controllo adattativo in quanto consentono l'aggiornamento in tempo reale del modello del processo.

Si discutono quindi alcuni importanti metodi di controllo, con particolare riferimento ai metodi di controllo ottimo. Tra l'altro, vengono presentati quei metodi tendenti ad imporre al sistema di controllo una dinamica simile a quella di un preassegnato sistema (modello di riferimento).

La combinazione degli algoritmi di identificazione e controllo così introdotti consente di pervenire a sistemi di controllo adattativo, che saranno l'oggetto dell'ultima parte del corso.

La presentazione, che verrà tenuta ad un livello semplice e possibilmente discorsivo, non aderirà comunque ad uno spirito enciclopedico o di rassegna. Si cercherà piuttosto di fornire le idee e gli strumenti adeguati per il successivo approfondimento personale. Accanto a diversi esempi elementari, verrà trattato uno studio di caso particolarmente complesso.

PROGRAMMA PRELIMINARE

29 Marzo

- Sistemi dinamici a tempo discreto
- Sistemi a segnali campionati
- Modelli deterministici e stocastici

30 Marzo

- Identificazione parametrica
- Algoritmi ricorsivi di identificazione
- Complessità dei modelli

31 Marzo

- Assegnamento dei poli
- Controllo ottimo LQG
- Sintesi del controllore mediante tecniche di ottimizzazione parametrica

1 Aprile

- Controllo stocastico a minima varianza
- Controllo duale e non duale
- Self-tuning regulator

MATERIALE DIDATTICO

Ogni partecipante avrà diritto ad una copia dei volumi

- **Teoria della regolazione**, di A. Locatelli, CLUP (Milano), 1975
- **Identificazione parametrica**, a cura di S. Bittanti, CLUP (Milano), 1981
- **Controllo stocastico a minima varianza**, di S. Bittanti e R. Scattolini (in preparazione).

Ulteriori appunti e rapporti potranno essere messi a disposizione.

DOCENTI

Prof. S. Bittanti (1), Prof. D.W. Clarke (2), Prof. G. Guardabassi (1), Prof. A. Locatelli (1), Ing. F. Romeo (1), Ing. R. Scattolini (1), Prof. N. Schiavoni (3).

(1) Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano.
(2) Department of Engineering Science, University of Oxford.

(3) Centro di Teoria dei Sistemi, Consiglio Nazionale delle Ricerche (Milano).

Le lezioni del Prof. D.W. Clarke saranno tenute in lingua inglese.

INFORMAZIONI

Il corso è diretto dai Prof. S. Bittanti e N. Schiavoni, comunicati che è impedito a partecipare al corso con cui ci si potrà rivolgere telefonando al numero (02) 2367241 per ogni ulteriore chiarimento o informazione.

MODALITÀ DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di lire **700.000** per partecipante. Le iscrizioni si effettuano mediante versamento sul c/c postale n. **52192200** intestato a

POLITECNICO DI MILANO
ISTRUZIONE PERMANENTE

Il versamento deve essere effettuato con i **moduli a quattro cedole** disponibili presso gli Uffici Postali per gli accreditati agli Enti Pubblici, indicando la seguente causale di versamento:

PROGRAMMA DI ISTRUZIONE PERMANENTE
CORSO DI AGGIORNAMENTO
IDENTIFICAZIONE DEI SISTEMI

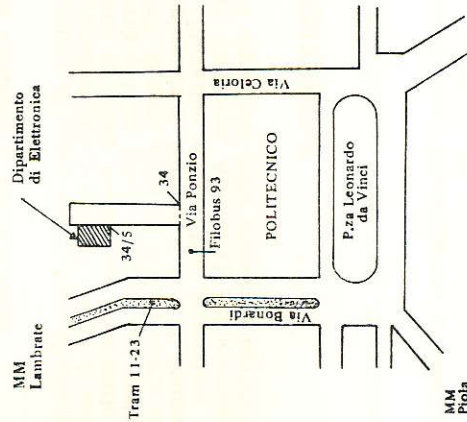
L'attestazione del versamento va inviata, insieme con la scheda di iscrizione a:

Ing. P. Bolzern
Centro di Teoria dei Sistemi del CNR
Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO

La quota di iscrizione, che è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 Ottobre 1972 n. 633, potrà essere restituita solo nel caso in cui l'iscritto comunicchi che è impedito a partecipare al corso con lettera raccomandata espresso spedita entro il 17 Gennaio 1985.

UBICAZIONE E ORARIO

Il corso si terrà presso il Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano in Via Ponzio 34/5, da lunedì 4 Febbraio a venerdì 8 Febbraio 1985. Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9,00 ed al pomeriggio alle ore 14,30; farà eccezione lunedì 4 Febbraio in cui, per consentire la registrazione dei partecipanti, che avrà luogo tra le 9 e le 10, le lezioni avranno inizio alle ore 10.



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria

PROGRAMMA DI
ISTRUZIONE PERMANENTE

Anno 1984/85



Identificazione dei Sistemi Metodi e Algoritmi

Milano, 4 - 8 Febbraio 1985

Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano

Corso di aggiornamento per laureati promosso dal Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dal Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Nell'analisi dei dati per la risoluzione di problemi di **predizione e controllo**, la determinazione di un modello matematico che unisca il pregio della semplicità a quello dell'accuratezza è di fondamentale importanza. Le tecniche di identificazione consentono la messa a punto di un adeguato modello mediante **elaborazione di dati rilevati sperimentalmente** sul sistema in esame. Tra l'altro è così possibile la costruzione di modelli predittivi per l'**analisi di serie temporali**. Scopo di questo corso è la presentazione delle principali tecniche di identificazione. Oltre ad un esame delle loro potenzialità e limitazioni, verranno discussi gli **algoritmi di calcolo** corrispondenti.

Nel corso, sistemi dinamici e serie temporali verranno caratterizzati mediante diversi tipi di modelli, sia deterministici che stocastici. In questo ultimo caso, si farà ricorso ad una descrizione probabilistica della incertezza. L'attenzione sarà focalizzata sugli algoritmi di identificazione più affidabili, come quello di **Durbin-Levinson** per la stima dei parametri dei cosiddetti modelli autoregressivi AR, quello della **massima verosimiglianza** per la stima dei parametri dei modelli ARMA e ARMAX (Auto - Regressive and Moving-Average model with exogenous variable) o quello dei **minimi quadrati ricorsivi** basato sulla fattorizzazione della matrice di covarianza delle stime dei parametri.

Verranno trattati i principali metodi di **stima spettrale** e si discuteranno i problemi di validazione e di scelta della **complessità ottima** dei modelli. I vari algoritmi verranno presentati in modo semplice e diretto, discutendone diffusamente gli aspetti computazionali. Data l'importanza delle tecniche di identificazione nelle applicazioni ingegneristiche, particolare enfasi verrà data alle modalità di impiego degli strumenti di calcolo e alla interazione elaboratore-utente. A tale scopo, si farà sistematico ricorso a **dimostrazioni pratiche mediante elaboratore VAX/750**, con l'impiego di un insieme di programmi (sistema DIESIS) messo a punto presso il Centro di Teoria dei Sistemi del Politecnico di Milano.

Il punto di vista adottato nel corso è quello sistematico, caratterizzato dalla interdisciplinarietà degli interessi e dei problemi trattati. Verranno discusse le seguenti **applicazioni**: le determinanti macroeconomiche della dinamica dell'indice di prezzo del mercato azionario; analisi della serie temporale della temperatura media giornaliera di Milano; identificazione di un modello stocastico ARMAX per il controllo di uno scambiatore di calore liquido-vapore saturo; identificazione di un modello deterministico per il generatore di vapore di una centrale eliotermica; identificazione di modelli stocastici a variabili di stato per il controllo di posizione di petroliere a singolo punto di attracco; problemi di identificazione in Ingegneria Strutturale e Geotecnica.

I necessari fondamenti di **Ingegneria del Controllo e dei Sistemi (ICS)** verranno richiamati all'inizio del corso.

Ogni partecipante avrà diritto ad una copia del volume.

- Identificazione Parametrica (a cura di S. Bittanti), CLUP, Milano, 1981 (313 pagine).

Ulteriori appunti e rapporti potranno essere messi a disposizione.

DOCENTI

S. Bittanti, professore associato di *Identificazione e Ottimizzazione* al Politecnico di Milano, direttore del corso

P. Bolzern, ricercatore CNR presso il Centro di Teoria dei Sistemi e docente di *Simulazione di Modelli Stocastici* al Politecnico di Milano

F. Brioscchi, professore ordinario di *Economia Industriale* al Politecnico di Milano

G. Guardabassi, professore ordinario di *Controlli Automatici* e docente di *Teoria dei Sistemi* al Politecnico di Milano

A. Locatelli, professore ordinario di *Teoria della Regolazione* al Politecnico di Milano

G. Mater, professore ordinario di *Scienza delle Costruzioni* al Politecnico di Milano

G. Picci, professore ordinario di *Teoria dell'Identificazione* all'Università di Padova

M. Righetti, Ingegnere EDP, Centro Elaborazione Automatica Dati, Credito Italiano - Milano

CORSO COMPLEMENTARE

I partecipanti al corso di aggiornamento potranno seguire gratuitamente il ciclo di lezioni di avviamento alla ricerca su **Time Series and Stochastic Models**, che si terrà a Villa Olmo (Como) nel periodo 11-13 Marzo 1985. Questo ciclo di lezioni verrà tenuto in lingua inglese da **S. Bittanti** e da **E. J. Hannan** (ordinario di Statistica presso The Australian National University, Canberra, Australia). Gli interessati sono pregati di segnalarlo nella scheda di iscrizione.

INFORMAZIONI

Per ogni chiarimento o ulteriore informazione, rivolgersi a:

Ing. Paolo Bolzern, Dipartimento di Elettronica:
Tel. (02) 2367241 int. 98.

PROGRAMMA DEL CORSO

Lunedì 4 Febbraio

- Presentazione del corso
- Fondamenti di ICS

Martedì 5 Febbraio

- Modelli, segnali e serie temporali
- Simulazione stocastica (#)
- Identificazione di modelli AR (#)
- * Le determinanti macroeconomiche della dinamica dell'indice di prezzo del mercato azionario

Mercoledì 6 Febbraio

- Scelta della complessità del modello (#)
- Stima spettrale (#)
- * Analisi di una serie temporale stagionale: la serie della temperatura media giornaliera di Milano (#)
- Identificazione di modelli ARMAX (#)
- * Problemi di identificazione in Ingegneria Strutturale e Geotecnica

Giovedì 7 Febbraio

- Algoritmi ricorsivi di identificazione parametrica (#)
- * Identificazione di un modello ARMAX per il controllo di uno scambiatore di calore liquido-vapore saturo
- Tecniche di identificazione deterministica
- * Identificazione di un modello deterministico per il generatore di vapore di una centrale eliotermica

Venerdì 8 Febbraio

- Filtro di Kalman
- Impiego del filtro di Kalman per l'identificazione di modelli stocastici a variabili di stato
- * Identificazione di modelli stocastici a variabili di stato per il controllo di posizione di petroliere a singolo punto di attracco

(#) con *dimostrazioni pratiche mediante il sistema DIESIS.*

Per enti pubblici che abbiano tempi lunghi per l'attuazione delle delibere, l'iscrizione sarà considerata effettiva purché il partecipante faccia pervenire prima dell'inizio del corso una copia della delibera di spesa relativa alla propria iscrizione o una lettera (anche solo personale) di impegnativa.

La quota di iscrizione, che è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 Ottobre 1972, n. 633, potrà essere restituita solo nel caso in cui l'iscritto comunicchi che è impedito a partecipare al corso con lettera raccomandata espresso spedita entro il 28 Marzo 1986.

POLITECNICO DI MILANO

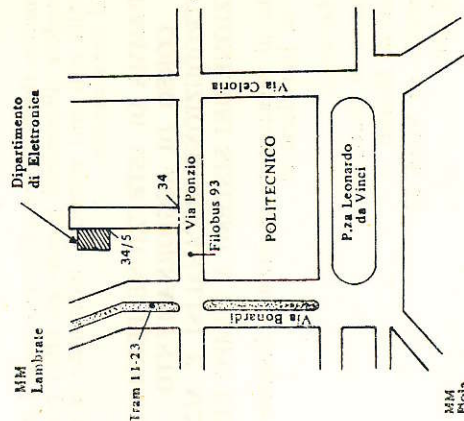
Facoltà di Ingegneria
**PROGRAMMA DI
ISTRUZIONE PERMANENTE**

Anno 1985/86



UBICAZIONE E ORARIO

Il corso sarà tenuto presso il Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano in via Ponzio 34/5, da lunedì 7 a giovedì 10 Aprile 1986. Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9,00. La registrazione dei partecipanti avrà luogo tra le 8,30 e le 9 di lunedì 7 Aprile.



Introduzione all'Analisi ed alla Simulazione dei Sistemi a Tempo Discreto

Milano, 7-10 Aprile 1986

**Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano**

Corso di aggiornamento per laureati promosso da:

- Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano
- Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del CNR
- Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana
- Associazione Nazionale Italiana per l'Automazione

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il relativamente basso costo e la grande potenzialità dei sistemi digitali per l'elaborazione dell'informazione hanno promosso e stanno promuovendo in misura sempre maggiore il loro impiego in moltissimi settori tecnologici, fra i quali è opportuno segnalare in particolare quello dell'automazione.

Ciò ha contribuito in maniera determinante a risvegliare l'interesse sia in campo scientifico che tecnico applicativo per quella classe di sistemi usualmente denominati sistemi a tempo discreto o più semplicemente sistemi discreti.

Il corso si propone di presentare in modo unitario ed autoconsistente gli aspetti fondamentali di alcune delle problematiche caratteristiche dei sistemi a tempo discreto, di quei sistemi, cioè, la cui evoluzione nel tempo interessa solamente in istanti di tempo tra loro distanziati di un certo intervallo.

A causa dei molteplici legami esistenti con la teoria dei segnali, la prima parte del corso è dedicata alla presentazione dei fatti basilari riguardanti l'analisi dei segnali a tempo discreto (campionamento, trasformate Z e di Fourier, ecc.), mentre, successivamente, verranno presi in considerazione i sistemi dinamici a tempo discreto sia di tipo generale (rappresentazione, equilibrio, stabilità, linearizzazione, ecc.) che lineari (analisi della risposta, criteri di stabilità, descrizione interna ed esterna, ecc.). Saranno poi illustrate le principali questioni attinenti i segnali di tipo aleatorio (loro rappresentazione, filtraggio, predizione, ecc.). Il corso si concluderà con la presentazione dei problemi connessi con l'analisi effettuata mediante il calcolatore di sistemi a tempo continuo (sistemi a segnali campionati, simulazione stocastica, integrazione numerica, ecc.).

E' prevista l'illustrazione di molte delle questioni trattate mediante esempi svolti in tempo reale su calcolatore.

Il corso risulterà strettamente collegato a quello sul Controllo digitale che si terrà nel successivo mese nella stessa sede e può senz'altro esserne considerato prerequisite per quanti non fossero già familiari con le tematiche sopra menzionate.

MATERIALE DIDATTICO

Ad ogni partecipante saranno distribuite copie dei lucidi impiegati dai docenti oltre a rapporti tecnici e articoli relativi agli argomenti principali del corso.

DOCENTI

S. Bittanti *
P. Bolzern **
P. Colaneri **
G. Guardabassi *
A. Locatelli *
M. Maranzana *
M. Santomauro ***
R. Scattolini *
N. Schiavoni *

* Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano

** Centro di Studio di Teoria dei Sistemi, CNR

*** Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano e Dipartimento di Automazione industriale, Università di Brescia

INFORMAZIONI

Per ogni chiarimento o ulteriore informazione rivolgersi al prof. Arturo Locatelli, Dipartimento di Elettronica, Tel. (02) 2367241 int. 44.

MODALITÀ DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di lire 850.000 per partecipante. Le iscrizioni si effettuano mediante versamento sul c.c. postale n. 52192200 intestato a:

POLITECNICO DI MILANO
ISTRUZIONE PERMANENTE

Il versamento deve essere effettuato con i moduli a quattro cedole disponibili presso gli uffici postali per gli accrediti agli enti pubblici, indicando la seguente causale di versamento:

PROGRAMMA DI ISTRUZIONE PERMANENTE
CORSO DI AGGIORNAMENTO
INTRODUZIONE ALL'ANALISI E ALLA
SIMULAZIONE DEI SISTEMI A TEMPO DISCRETO

L'attestato di versamento va inviato, insieme alla richiesta di iscrizione a:

Prof. A. Locatelli
Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano
P.zza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO

L'attestato di versamento va inviato, insieme alla richiesta di iscrizione, a:

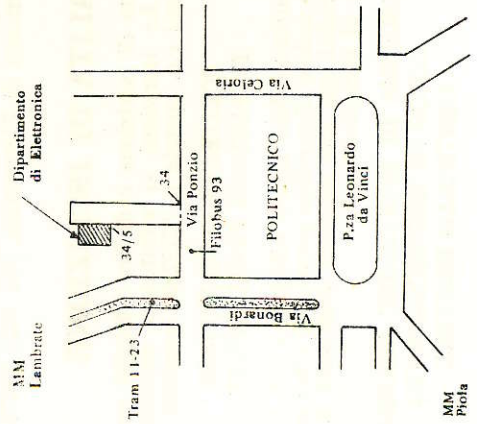
Prof. N. Schiavoni
Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano
P.za Leonardo da Vinci 32
20133 MILANO

Per enti pubblici che abbiano tempi lunghi per l'attuazione delle delibere, l'iscrizione sarà considerata effettiva purché il partecipante faccia pervenire prima dell'inizio del corso una copia della delibera di spesa relativa alla propria iscrizione o una lettera (anche solo personale) di impegnativa.

La quota di iscrizione, che è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 Ottobre 1972, n. 633, potrà essere restituita solo nel caso in cui l'iscritto comunicchi che è impedito a partecipare al corso con lettera raccomandata espresso spedita entro il 24 Aprile 1986.

UBICAZIONE E ORARIO

Il corso sarà tenuto presso il Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano in via Ponzio 34/5, da lunedì 5 a venerdì 9 Maggio 1986. Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9.00. La registrazione dei partecipanti avrà luogo tra le 8.30 e le 9.00 di lunedì 5 Maggio.



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria
PROGRAMMA DI
ISTRUZIONE PERMANENTE

Anno 1985/86



Controllo Digitale

Milano, 5-9 Maggio 1986

Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano

Corso di aggiornamento per laureati promosso da:

- Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano
- Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del CNR
- Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana
- Associazione Nazionale Italiana per l'Automazione

PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'evoluzione tecnologica dell'ultimo quindicennio, con il progressivo aumento di affidabilità, flessibilità e prestazioni dei dispositivi digitali, a fronte di una continua diminuzione dei costi, ha stimolato un crescente impiego, anche in applicazioni relativamente semplici e convenzionali, degli elaboratori digitali come organi di controllo.

Le prestazioni ottenibili da un controllore digitale adeguatamente progettato possono infatti essere sensibilmente superiori a quelle ottenibili da un controllore analogico di classe, o costo, comparabile. Tuttavia, la tecnica del controllo digitale presenta, anche per chi abbia familiarità con le applicazioni della teoria classica del controllo analogico, alcune caratteristiche di difficoltà che, se ignorate, possono penalizzare significativamente, o addirittura compromettere, le prestazioni dell'intero sistema.

Il corso intende fornire un'introduzione a questo settore di punta dell'automazione industriale, evidenziando e discutendo i nodi essenziali che caratterizzano l'analisi e il progetto degli algoritmi di controllo digitale; degli algoritmi, cioè, che il calcolatore digitale, utilizzato come organo di controllo, sarà chiamato a realizzare.

Il programma del corso si articola dunque nel modo seguente:

- Introduzione al controllo digitale. Richiami di analisi dei segnali e dei sistemi a tempo discreto: descrizione nel dominio del tempo e delle frequenze. Sistemi di controllo a segnali campionati.
 - Considerazioni generali sull'impostazione del progetto di sistemi di controllo. Controllori digitali ad azione proporzionale, « integrale » e « derivativa ». Conversione in « campo digitale » di progetti sviluppati in « campo analogico ».
 - Progetto basato su descrizioni ingresso-uscita: metodi deterministici.
 - Progetto nel dominio del tempo: assegnamento dei poli, controllo ottimo, ottimizzazione parametrica.
 - Modelli stocastici di segnali e sistemi; identificazione parametrica.
 - Progetto basato su descrizioni ingresso-uscita: elementi di controllo stocastico.
 - Identificazione in linea e controllo stocastico adattivo.
- Diverse dimostrazioni al calcolatore e l'analisi di alcuni casi illustreranno i principali argomenti trattati nel corso.
- Una discreta conoscenza dei metodi e degli strumenti per l'analisi e il progetto dei sistemi di controllo a tempo continuo (analogici) costituirà indubbiamente

un elemento atto a favorire una più efficace utilizzazione del corso. I fatti principali relativi alla rappresentazione e all'analisi di segnali e sistemi a tempo discreto non potranno che essere oggetto di sintetici richiami. Quanti fossero interessati a una più ampia, approfondita ed organica trattazione di questi temi possono tuttavia fare riferimento al corso « Introduzione all'analisi e alla simulazione dei sistemi a tempo discreto » organizzato, in stretta connessione con questo, nell'ambito del medesimo Programma di Istruzione Permanente del Politecnico di Milano.

MATERIALE DIDATTICO

Ad ogni partecipante saranno distribuite copie dei lucidi impiegati dai docenti oltre a rapporti tecnici e articoli relativi agli argomenti principali del corso.

DOCENTI

S. Bittanti *
P. Bolzern **
P. Colaneri **
G. Guardabassi *
A. Locatelli *
C. Maffezzoni *
R. Scattolini *
N. Schiavoni *

* Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano
** Centro di Studio di Teoria dei Sistemi, CNR

INFORMAZIONI

Per ogni chiarimento o ulteriore informazione rivolgersi ai prof. Guido Guardabassi e Nicola Schiavoni, Dipartimento di Elettronica, Tel. (02) 2367241.

MODALITÀ DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di lire 1.000.000 per partecipanti. Le iscrizioni si effettuano mediante versamento sul c.c. postale n. 52192200 intestato a:

POLITECNICO DI MILANO
ISTRUZIONE PERMANENTE

Il versamento deve essere effettuato con i moduli a quattro cedole disponibili presso gli uffici postali per gli accreditati agli enti pubblici, indicando la seguente causale di versamento:

PROGRAMMA DI ISTRUZIONE PERMANENTE
CORSO DI AGGIORNAMENTO
CONTROLLO DIGITALE



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria

PROGRAMMA DI ISTRUZIONE PERMANENTE

MODALITA' DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di Lire 1.000.000 per partecipante (senza software). Le iscrizioni si effettuano mediante versamento sul c/c postale n.52192200 intestato a: **Politecnico di Milano-Istruzione Permanente**. Il versamento va effettuato con i moduli a quattro cedole disponibili presso gli uffici postali per gli accreditati ad enti pubblici, indicando come causale di versamento:

**Programma di istruzione permanente
Corso *Dai dati al modello***

L'attestazione del versamento va inviata, unitamente alla scheda di iscrizione allegata, all'indirizzo riportato sulla scheda stessa. Per le aziende in cui le procedure amministrative possono essere espletate soltanto in lunghi periodi di tempo è sufficiente allegare una lettera di impegnativa da parte del competente ufficio amministrativo.

La quota di iscrizione è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 ottobre 1972 n.633.

MATERIALE DIDATTICO

Ai partecipanti verrà distribuita una copia del libro *Identificazione Parametrica* (a cura di S. Bittanti, Clup-Milano, II edizione, 1988) e altro materiale complementare.

UBICAZIONE E ORARIO

Il corso si terrà presso il Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano in Via Ponzio 34/5 da Lunedì 11 Dicembre a Venerdì 15 Dicembre. Il Dipartimento di Elettronica è situato di fronte al campo sportivo Giurati (vecchio), a breve distanza dalla stazione Piola della Metropolitana (Linea Verde). I PC saranno a disposizione dei partecipanti un'ora al giorno e per l'intero pomeriggio di Venerdì. Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9.00 e al pomeriggio alle ore 14.30; farà eccezione Lunedì 11 Dicembre, giorno in cui la registrazione dei partecipanti avrà inizio alle ore 9.00 e le lezioni alle 10.00.

Dai dati al modello

Milano, 11 - 15 Dicembre 1989

**Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano**

Corso di aggiornamento per laureati promosso dal Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dal Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano.

CORSO *Dai dati al modello* (11 - 15 DICEMBRE 1989) - SCHEDA DI ISCRIZIONE

(Si prega di compilare a macchina o in stampatello)

Nome Cognome Titolo di studio

Ditta o Ente

Indirizzo

CAP..... Città..... Telefono (con prefisso).....

Intendo partecipare al corso di aggiornamento. A tale scopo allego:

Ricevuta del versamento

Lettera di impegnativa del competente ufficio

Data

Firma

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Molti problemi di controllo, previsione e simulazione richiedono l'uso di opportuni modelli matematici. Obiettivo fondamentale del corso è di offrire una panoramica sulle tecniche di costruzione di modelli a partire da dati sperimentali. Verranno per lo più considerati sistemi dinamici lineari, sia a tempo continuo che discreto. Dapprima si introdurranno le tecniche di identificazione deterministiche basate sulla elaborazione della risposta a gradino o della risposta in frequenza. Si passerà poi alle rappresentazioni stocastiche di segnali e sistemi (modelli autoregressivi -AR-, a media mobile -MA-, ARMA, ecc.), presentando sia i metodi di identificazione parametrica (minimi quadrati, massima verosimiglianza) che le tecniche di analisi spettrale. Inoltre si accennerà all'identificazione della risposta impulsiva mediante deconvoluzione e al problema della stima parametrica in una classe di sistemi non lineari.

L'approccio didattico sarà semplice ed introduttivo; particolare enfasi verrà data agli algoritmi, che saranno presentati con l'ausilio di dimostrazioni su personal computer e con l'intervento diretto dei partecipanti.

PROGRAMMA PRELIMINARE

Lunedì

- Modelli lineari ingresso/uscita-nozioni fondamentali
- Identificazione a partire dalla risposta a gradino
- Identificazione a partire dalla risposta in frequenza

Martedì

- Modelli autoregressivi (AR), a media mobile (MA), ARMA
- Stima dello spettro (periodogramma, FFT, finestre spettrali, ecc.)

Mercoledì

- Tecniche di deconvoluzione
- Identificazione ai minimi quadrati per serie temporali (modelli AR) e sistemi dinamici (modelli ARX)

Giovedì

- Identificazione a massima verosimiglianza per serie temporali (modelli ARMA) e sistemi dinamici (modelli ARMAX)

- Elementi di teoria della previsione per modelli ARMA
- Validazione dei modelli e scelta della complessità

Venerdì

- Identificazione di una famiglia di modelli non lineari

STUDI DI CASO

Durante il corso verranno presentati diversi studi di caso relativi a problematiche applicative, tra cui:

- Identificazione di parametri fisici del sistema sterzo-ruote di un'autoveettura
- Identificazione di un modello non lineare per una colonna di distillazione
- Modelli semplificati per la simulazione del moto ondosio
- Stima parametrica in alcuni semplici modelli economici con particolare riferimento ad un modello pubblicità-vendite
- Analisi spettrale ed analisi di deconvoluzione in modelli biologici con particolare riferimento a dati neurologici ed ormonali.

DOCENTI

S. Bittanti, docente di *Identificazione e Ottimizzazione e di Teoria dei Sistemi* al Politecnico di Milano

P. Bolzern, docente di *Controlli Automatici* al Politecnico di Milano

G. De Nicolao, ricercatore presso il Centro Teoria dei Sistemi del C.N.R., Milano

G. Guardabassi, docente di *Controlli Automatici* al Politecnico di Milano

D. Liberati, ricercatore presso il Centro Teoria dei Sistemi del C.N.R., Milano

R. Scattolini, docente di *Controllo dei Processi* all'Università di Pavia

Lo studio di caso relativo al sistema sterzo-ruote sarà presentato in collaborazione con l'Ing. **P. Bandel** della Società Pirelli-Coordinamento Pneumatici.

INFORMAZIONI

Per chiarimenti sul programma e i contenuti, rivolgersi a

Ing. Giuseppe De Nicolao
Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano
tel.02-23993566.

allegando la ricevuta del versamento. Per le aziende in cui le procedure amministrative possono essere esplesate soltanto in lunghi periodi di tempo è sufficiente allegare una lettera di impegnativa da parte del competente ufficio amministrativo. Per ovviare ad eventuali ritardi postali, si suggerisce di inviare via Fax una copia della scheda di iscrizione.

Fax 02-23993587

Ing. Giuseppe De Nicolao
Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci 32
20133 Milano

Inviare la scheda di iscrizione a:



Metodi a sottospazi per l'identificazione di modelli. (23-24 Aprile 1998)

SCHEDA DI ISCRIZIONE

(Si prega di compilare a macchina o in stampatello)

Nome.....

Cognome.....

Titolo di studio.....

Ditta(Ente).....

Indirizzo.....

.....CAP.....

Città.....

Telefono: prefisso..... numero.....

Intendo partecipare al corso di aggiornamento.

A tale scopo allego:

Ricevuta del versamento

Lettera di impegnativa del competente ufficio

Firma e data

MODALITA' DI ISCRIZIONE

La quota di iscrizione è di lire 600.000 per partecipante. Le iscrizioni si effettuano mediante versamento sul c/c bancario n. 84/9 CARIPLO Ag.53, Dipendenza 061 - MILANO (ABI: 06070.7, CAB: 01787.1) intestato a: Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano. Il versamento va effettuato indicando come causale di versamento:

Programma di istruzione permanente

Corso *Metodi a sottospazi per l'identificazione di modelli*

La ricevuta del versamento va inviata, unitamente alla scheda di iscrizione allegata, all'indirizzo riportato sulla scheda stessa. Per le aziende in cui le procedure amministrative possono essere espletate soltanto in lunghi periodi di tempo è sufficiente allegare una lettera di impegnativa da parte del competente ufficio amministrativo.

La quota di iscrizione è esente da IVA ai sensi degli articoli 1 e 4 del DPR 26 ottobre 1972 n.633.

INFORMAZIONI

Per chiarimenti sul programma e i contenuti, rivolgersi a Ing. Marco Lovera
Dipartimento di Elettronica e Informazione
Politecnico di Milano, Tel. 02/2399.3650,
E-mail: lovera@elet.polimi.it

Per gli aspetti generali di segreteria rivolgersi a
Ufficio Istruzione Permanente
Facoltà di Ingegneria
Politecnico di Milano, Tel. 02/2399.2509

UBICAZIONE E ORARIO

Il corso si terrà presso il Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano in Via Ponzio 34/5 Giovedì 23 e Venerdì 24 Aprile 1998. Il Dipartimento di Elettronica è situato di fronte al campo sportivo Giurati (vecchio), a breve distanza dalla stazione Piola della Metropolitana (Linea II).

Le lezioni avranno inizio al mattino alle ore 9:30 di Giovedì 23, e si concluderanno entro le ore 13:00 di Venerdì 24. La registrazione dei partecipanti avrà inizio alle ore 8:30 di Giovedì 23.

I.P.

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria

PROGRAMMA DI
ISTRUZIONE PERMANENTE



METODI A SOTTOSPAZI PER L'IDENTIFICAZIONE DI

MODELLI

TEORIA, ALGORITMI, APPLICAZIONI

23-24 Aprile 1998

Dipartimento di Elettronica
e Informazione

Politecnico di Milano

Corso di aggiornamento promosso dal Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano, dal Centro di Studio sulle Tecnologie dell'Informatica e dell'Automazione del CNR di Milano, e dalla Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana.

DESCRIZIONE DEL CORSO

Gli algoritmi di identificazione a sottospazi offrono notevoli potenzialità per la messa a punto automatica di modelli dinamici di stato a partire da dati sperimentali. Le loro caratteristiche consentono di trattare in modo ugualmente semplice problemi di identificazione sia a un ingresso e un'uscita sia a molti ingressi e molte uscite. Il loro uso ha portato a risultati di notevole successo in campi applicativi molto differenziati.

Nel corso verranno presentati in modo semplice i metodi più usati, la loro implementazione software ed i relativi aspetti numerici (inerenti soprattutto la fattorizzazione a valori singolari). Verranno inoltre discussi alcuni casi significativi relativi ad un problema di stima delle costanti di tempo di filtri elettronici, alla modellizzazione di strutture flessibili e alla identificazione di modelli per una colonna di distillazione di laboratorio.

MATERIALE DIDATTICO

Ai partecipanti verranno distribuite copie di articoli relativi agli argomenti trattati nel corso ed il volume *Identificazione di Modelli e Controllo Adattativo*, Pitagora Editrice, 1997.

PROGRAMMA PRELIMINARE

GIOVEDÌ

Identificazione di modelli multivariabili
Richiami sui sistemi lineari
Identificazione a sottospazi dalla risposta impulsiva, e da rilevazioni ingresso/uscita
Rassegna di pacchetti software per l'identificazione a sottospazi

VENERDÌ

Estensioni all'identificazione di alcune classi di sistemi non-lineari.

Studi di caso: identificazione a sottospazi per:

- filtri per la spettroscopia nucleare
- strutture flessibili
- colonna di distillazione

DOCENTI

S. Bittanti, docente di *Identificazione dei Modelli e Analisi dei Dati*, Politecnico di Milano, direttore del corso.

M. Lovera, dottore di Ricerca in *Ingegneria Informatica e Automatica*, Politecnico di Milano.

G. Ripamonti, docente di *Elettronica dei sistemi digitali*, Politecnico di Milano.

S.M. Savaresi, dottore di Ricerca in *Ingegneria Informatica e Automatica*, Politecnico di Milano.

SCHEDA DI ISCRIZIONE

La scheda di iscrizione riportata sul retro di questa pagina va compilata in ogni sua parte e inviata (*) a:

Ing. Marco Lovera
Dipartimento di Elettronica e Informazione
Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO

Fax. 02/2399.3412

allegando la ricevuta del versamento. Per le aziende in cui le procedure amministrative possono essere espletate soltanto in lunghi periodi di tempo è sufficiente allegare una lettera di impegnativa da parte del competente ufficio amministrativo.

Per ovviare ad eventuali ritardi postali, si suggerisce di inviare via Fax una copia della scheda di iscrizione.

&

(*) Poiché il numero dei partecipanti è limitato, si raccomanda di iscriversi per tempo.