

## Curriculum dell'attività scientifica e didattica di Luca Ferrarini

### Generalità

*Nome:* Luca Ferrarini

*Data di Nascita:* 5 Luglio 1963

*Luogo di Nascita:* Castiglione delle Stiviere (MN)

*Residenza:* Via Padre C. Beschi 36, Castiglione delle Stiviere (MN), CAP 46043

*Email:* Luca.Ferrarini@polimi.it

### Attuale Posizione

Dal novembre 1998, L. Ferrarini è professore associato del settore scientifico disciplinare ING-INF/04 – Automatica

### Posizioni Precedentemente Ricoperte

- *giugno 1990-maggio 1993:* ricercatore universitario di ruolo in prova presso l'allora Dipartimento di Elettronica (poi Dipartimento di Elettronica e Informazione) del Politecnico di Milano.
- *giugno 1993-ottobre 1998:* ricercatore confermato di ruolo presso il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano.

### Formazione

- *10 giugno 1988.* Laurea in Ingegneria Elettronica, indirizzo Automatica, presso il Politecnico di Milano riportando la votazione di 100/100 e lode.
- *26 gennaio 1989.* Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere con votazione di 100/100.
- *5 luglio 1990.* Diploma di Master CEFRIEL in Tecnologia dell'Informazione con specializzazione in Controllo dei Processi Industriali.
- *22 dicembre 1993.* Visiting Research Fellowship per svolgere attività di studio e ricerca presso Kyoto University, Kyoto, Giappone, per sei mesi.

### Attività svolta

#### a) Attività scientifica

Dalla laurea in poi, Luca Ferrarini ha sempre lavorato sul fronte delle applicazioni industriali delle discipline dell'Automatica, nelle sue più varie forme: dalla modellistica, alla simulazione, al controllo. Nei primi periodi, molta attività si è concentrata sui problemi di automazione e controllo legati agli impianti di processo, specialmente impianti termoelettrici. Nel seguito, L. Ferrarini ha sempre più cercato di individuare linee di ricerca autonome, spostandosi verso lo studio dei sistemi ad eventi discreti e del controllo di tipo logico.

In particolare, al 1999 ha dato vita al corso di Automazione Industriale presso il Politecnico di Milano. Da allora, insegna tale materia sia in corsi di Laurea in Ingegneria Informatica (e dall'AA 2003-04 anche per il corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione), in corsi da 5 crediti (o semi-annualità) e da 10 crediti (o annualità), sia in corsi di Laurea on-line in Ingegneria Informatica che il Politecnico di Milano ha attivato nel 2000. L'impegno è stato notevole: oltre alla preparazione del materiale didattico, sia di tipo tradizionale per le lauree in presenza sia di tipo multimediale per la laurea on-line, negli ultimi 5 anni L. Ferrarini ha tenuto corsi per un equivalente di 21 crediti all'anno.

L'attività scientifica e di ricerca di L. Ferrarini si è svolta attorno ai seguenti cinque temi principali, a loro volta articolati in linee di ricerca più specifiche, qui descritte in modo sintetico.

1. Modellistica, simulazione e controllo di processi termoidraulici (avviamento rapido di generatori di vapore ad attraversamento forzato, modellistica di scambiatori di calore, applicazione di strategie di controllo innovative per la regolazione di impianti termoelettrici)
2. Sistemi ad eventi discreti modellizzati con reti di Petri e sistemi ibridi (modelli ad aggregazione e modelli gerarchici per sistemi ad eventi: analisi teorica delle proprietà formali, sintesi di sistemi di controllo a "deadlock avoidance" per sistemi manifatturieri, sistemi ibridi)
3. Tecniche di modellizzazione basate su oggetti (per la simulazione di processo e il controllo di impianti manifatturieri discreti)
4. Sviluppo di ambienti avanzati di progettazione per sistemi di controllo complessi (per il progetto di controllori logici, di sistemi di controllo di impianti termoelettrici, di architetture hardware e software di controllo distribuite e in tempo reale)
5. Automazione industriale e controllori logici (analisi semantica di modelli di controllori logici per implementazione digitale, controllo logico e non di impianti industriali)

#### b) Attività didattica istituzionale

**Corsi tenuti per compito istituzionale o supplenza al Politecnico di Milano**

2003-2004

- Modellistica e Controllo di Sistemi ad Eventi Discreti (5 crediti, laurea in Ingegneria dell'Automazione, Milano)
- Automazione Industriale (5 crediti, laurea in Ingegneria Informatica, Milano)
- Automazione Industriale (5 crediti, laurea on-line in Ingegneria Informatica, Como)
- Progetto di Automazione Industriale (2.5 crediti, laurea in Ingegneria Informatica, Milano)

2002-2003

- Automazione Industriale (5 crediti, laurea on-line in Ingegneria Informatica, Como)
- Automazione Industriale (5 crediti, laurea in Ingegneria Informatica, Milano)
- Automazione Industriale (semiannualità, laurea in Ingegneria Informatica, Milano, vecchio ordinamento)
- Automazione Industriale (annualità, laurea in Ingegneria Informatica, Como, vecchio ordinamento)
- Progetto Integrativo di Automazione Industriale (2.5 crediti, laurea in Ingegneria Informatica, Milano)

2001-2002, 2000-2001, 1999-2000

- Automazione Industriale (semiannualità, laurea in Ingegneria Informatica, Milano)
- Automazione Industriale (semiannualità, diploma in Ingegneria Informatica, Milano)
- Automazione Industriale (annualità, laurea in Ingegneria Informatica, Como)

1998-1999

- Fondamenti di Automatica (annualità, laurea in Ing. Biom., Elettrica, Nucl., Milano)
- Fondamenti di Automatica (semiannualità, diploma in Ingegneria Elettrica, Milano)

1997-1998, 1996-1997

- Fondamenti di Automatica (annualità, laurea in Ingegneria Gestionale, Milano)

1995-1996, 1994-1995

- Elementi di Automatica (annualità, laurea in Ingegneria Gestionale, Milano)

***Alcuni fatti:***

- Negli ultimi 10 anni, L. Ferrarini ha tenuto corsi per l'equivalente di 160 crediti, cioè circa 16 crediti per ognuno dei 10 anni suddetti
- Negli ultimi 5 anni, L. Ferrarini ha tenuto corsi per l'equivalente di 105 crediti, cioè 21 crediti all'anno
- Nell'AA 2002-2003, il numero di studenti registrato al suo corso di Automazione Industriale, Laurea in Ing. Informatica, 5 crediti, Milano, è di 330 (dato del 4 maggio 2003).

**Esercitazioni tenute al Politecnico di Milano (40 ore circa per ogni ciclo di esercitazione)**

1996-1997, 1995-1996, 1994-1995

- Elementi di Automatica (diploma in Ingegneria Informatica e Automatica, Cremona)

1993-1994

- Controlli Automatici (laurea in Ingegneria Informatica, Milano)
- Elementi di Automatica (diploma in Ingegneria Informatica e Automatica, Cremona)

1992-1993

- Controlli Automatici (laurea in Ingegneria Elettronica, Milano)
- Elementi di Automatica (diploma in Ingegneria Informatica e Automatica, Cremona)

1991-1992

- Controlli Automatici (laurea in Ingegneria Elettronica, Milano)
- Automazione Industriale (scuola Diretta ai Fini Speciali in Informatica, Cremona)

1990-1991

- Controlli Automatici (laurea in Ingegneria Elettronica, Milano)

#### **Seminari tenuti al Politecnico di Milano (7 ore circa per ogni seminario)**

1996-1997

- Tecnologie dei Sistemi di Controllo (laurea in Ingegneria Informatica, Milano)

1995-1996, 1994-1995, 1993-1994

- Tecnologie dei Sistemi di Controllo (laurea in Ingegneria Informatica, Milano)
- Tecnologie dei Sistemi di Controllo (diploma in Ing. Informatica e Autom., Cremona)
- Elementi di Automatica (laurea in Ingegneria Meccanica e Aeronautica, Milano)

1992-1993

- Automazione e Regolazione (laurea in Ingegneria Meccanica e Aeronautica, Milano)

1991-1992

- Automazione e Regolazione (laurea in Ingegneria Meccanica e Aeronautica, Milano)

#### ***Alcuni fatti:***

- Nei primi 7 anni di carriera universitaria, L. Ferrarini ha tenuto esercitazioni (cicli interi) e seminari (breve cicli) per circa 500 ore, cioè circa 72 ore all'anno, per ognuno dei primi 7 anni di carriera universitaria.
- Sono ovviamente escluse dal conto suddetto le attività di assistenza studenti, assistenza esami, e le attività descritte al punto successivo.

### **c) Altre attività didattiche**

#### **Progetti Integrativi per la Didattica**

E' stato finanziato dal Politecnico di Milano per l'AA 2002-2003 un progetto integrativo, da lui coordinato, per svariati corsi di Automazione Industriale, dal titolo "Esperimenti guidati di laboratorio di automazione industriale con strumenti di autovalutazione" (il progetto e' di 180 ore uomo in un anno per tre persone complessivamente).

#### **Tesi di dottorato di cui è stato relatore**

- *A development methodology for hybrid control systems* (XI ciclo, 1996-98), Emanuele Carpanzano.

- *Metodi, modelli e strumenti per il progetto e la verifica di sistemi d'automazione distribuiti* (XVIII ciclo, 2003-05), Carlo Veber

#### **Lavori di "ricerca minore" di dottorato di cui è stato relatore**

*Progetto di un controllore logico mediante Reti di Petri* (XI ciclo, 1996-98), Francesco Casella.

*Tecniche di deadlock avoidance per il controllo di sistemi manifatturieri* (XI ciclo, 1996-98), Massimo Maroni.

#### **Master di Trasferimento Tecnologico**

E' stato co-organizzatore del Master di Trasferimento Tecnologico in Applicazioni di Automazione Industriale, promosso dalla regione Lombardia, nell'anno accademico 1999/2000. Il corso di Master ha avuto la durata complessiva di 300 ore. L. Ferrarini è stato responsabile dell'organizzazione di 190 ore tra lezioni, esercitazioni e laboratori, e in particolare ha tenuto 44 ore di lezione.

Luca Ferrarini è stato relatore o co-relatore di **20 tesi**, e oltre **60 tra tesine di laurea e tesi di diploma**.

#### **Brevi cicli di lezioni**

1992-1993 Industrial Process Control (Master CEFRIEL, Milano), 8 ore

1991-1992 Industrial Process Control (Master CEFRIEL, Milano), 8 ore

1990-1991 Industrial Process Control (Master CEFRIEL, Milano), 8 ore

### **e) Collaborazioni scientifiche con enti e industrie**

L. Ferrarini dal 1996 è membro del Consiglio Direttivo di *ANIPLA, Associazione Nazionale Italiana Per L'Automazione, sezione di Milano*.

Nel biennio 2001-2002 è *Presidente di ANIPLA, sezione di Milano*.

Inoltre, è stato titolare unico del contratto di didattica con la ditta AISA S.p.A. (CR), anno 2000

Titolo: Attività seminariale di qualificazione professionale e corsi di aggiornamento sulle metodologie di progettazione di sistemi di controllo per applicazioni di automazione industriale

#### **f) Servizi prestati negli atenei e negli enti di ricerca italiani e stranieri**

- dal 2003: responsabile degli esami di laurea per il CCS Ing. Informatica on-Line
- nel 2002: coordinatore laboratori obbligatori e facoltativi per il CCS Ing. Informatica, Nuovo Ordinamento
- dal 2001: commissione pratiche studenti, orario, tirocini del Pre-CCS Ing. dell'Automazione.
- dal 2000: Coordinatore pratiche Erasmus per il CCL Ingegneria Informatica.
- Rappresentante ricercatori nel CCL in Ing. Informatica per il triennio 1996/97 - 1998/99.

#### **g) Attività in gruppi di ricerca**

##### **Progetti Europei**

Luca Ferrarini è titolare del seguente progetto europeo nell'ambito del V Programma Quadro.

Acronimo: TORERO

Titolo esteso: Total life cycle web-integrated control

Numero di Contratto: IST – 2001 - 37573

##### **Progetti nazionali**

Luca Ferrarini è stato *responsabile unico* delle seguenti collaborazioni con aziende:

- *Contratto di ricerca* con la ditta MCM S.p.A. (PC), anno 2000  
Titolo: Sviluppo di una metodologia per la progettazione di sistemi di automazione e controllo di centri di lavorazione meccanica
- *Contratto di ricerca* con la ditta MCM S.p.A. (PC), anno 2001  
Titolo: Controllo avanzato di un impianto di lavorazione meccanica da laboratorio

Inoltre, è stato *responsabile principale* dei seguenti contratti di ricerca biennali:

- ABB Ricerca (1998-1999)  
Titolo: Sviluppo di un tool integrato per la progettazione ed il collaudo di sistemi di automazione e controllo di processi di generazione elettrica
- Alstom Power Italia (2000-2001)  
Sviluppo di ambienti integrati per il collaudo di sistemi di automazione e controllo di processi di generazione elettrica

Infine, ha collaborato in molti altri contratti e attività di ricerca, con molte aziende tra cui:

- ENEL CRA (Centro di Ricerche in Automatica)
- ABB SAE Sadelmi
- CMR (Costruzione Meccaniche Rho)

##### **Progetti nazionali interuniversitari di ricerca scientifica**

Infine, Luca Ferrarini ha partecipato ai seguenti progetti nazionali interuniversitari di ricerca scientifica:

- *Ingegneria del controllo* negli anni dal 1990 al 1998
- *Metodi e strumenti innovativi per la progettazione di sistemi mecatronici*, 2001-2002
- *Software open source per l'automazione e i sistemi distribuiti*, 2003-2004

#### **g) Organizzazione di eventi scientifici**

- 2003: Organizzatore del corso ANIPLA "Metodologie e Tecnologie Orientate agli Oggetti per l'Automazione", Milano, giugno 2003.

- 2003: Membro del Comitato Scientifico del Convegno Nazionale ANIPLA, Brescia novembre 2003.
- 2003: Membro del International Program Committee della Conferenza Internazionale Systems, Man & Cybernetics, 5-8 ottobre 2003 Washington, D.C., USA.
- 2003: Membro del International Program Committee della Conferenza Internazionale IFAC ADHS'03 sui sistemi dinamici ibridi, Saint Malo, France, 16-18 Giugno 2003.
- 2002: Membro del Comitato Scientifico del Convegno Internazionale ANIPLA: Automation within new global scenarios (presso Bias, Milano).
- 2002: Membro del Comitato Organizzatore del Workshop on Control of Manufacturing Systems (con CNR/ITIA e ERC/Univ. del Michigan).
- 2000: Membro del International Program Committee della conferenza ADPM2000: The 4th International Conference, Automation of Mixed Processes: Hybrid Dynamic Systems, 18-19 September 2000, Dortmund, Germany.
- 1998: Giornata di Studio ANIPLA "Il PLC e il controllo logico: standardizzazione e integrazione nelle soluzioni d'automazione", Brescia
- 1997: Giornata di Studio ANIPLA "La progettazione del software di controllo per l'automazione di impianti".
- 1996: Corso ANIPLA "Il PLC e il controllo logico", Milano.
- 1993: Workshop "Design Techniques for the Automation of Discrete-Event Systems" tenuto all'interno della Conferenza Internazionale "Automation 93" organizzata da ANIPLA (Associazione Nazionale Italiana Per L'Automazione) ed EUROFIMA.

### **h) Attività editoriale e contributi a organizzazioni scientifiche internazionali**

- Dal 2003 e' *Senior Member* di IEEE.
- E' Membro del Comitato di Direzione della rivista Automazione e Strumentazione dal 2003.
- E' Stato Membro di IFAC Technical Committee on Computer Aided Control Systems Design.
- E' Stato stato Chair of the Working Group on Discrete Event Systems all'interno del Technical Committee on CACSD (Computer Aided Control System Design) della IEEE Control System Society.

### **i) Attività brevettuale**

**1999:** E' co-autore di 2 brevetti europei nel campo della progettazione e collaudo di sistemi di automazione e controllo di processi industriali, estensioni di due dei cinque brevetti italiani di cui al punto seguente:

- N° di deposito: 99201804.4 - 2206
- N° di deposito: 99973585.5 - 2206

**1998:** E' co-autore di 5 brevetti italiani nel campo della progettazione e collaudo di sistemi di automazione e controllo di processi industriali:

- N° di deposito: MI98A002149
- N° di deposito: MI98A002150
- N° di deposito: MI98A002151
- N° di deposito: MI98A002871
- N° di deposito: MI98A002873

### **Elenco e presentazione dei 15 articoli piu' significativi**

Per ogni lavoro si mette in risalto, in modo sintetico, il contributo principale.

- L. Ferrarini e E. Carpanzano, " A Structured Methodology for the Design and Implementation of Control and Supervision Systems for Robotic Applications", *IEEE Transactions on Control System Technology*, vol 10, n-2, marzo 2002, Stati Uniti d'America, pag. 272-279.

#### *Contributo:*

Viene proposta una metodologia di progettazione e sviluppo di sistemi di controllo e automazione per applicazioni di robotica industriale. Il ciclo di vita è basato su alcuni spunti presi da ESA (European Space Agency), mentre per il modello concettuale si è cercato di applicare la allora proposta di normativa internazionale IEC 61499. E' stato anche costruito un apposito editor e simulatore di blocchi funzionali, compatibili con tale normativa. Tale ambiente è poi in grado di generare automaticamente il codice di controllo per il robot industriale della COMAU presente nel laboratorio di Automatica del Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano.

- L. Ferrarini e L. Piroddi, "Front-Tracking Centralized Motor Control in a Paper-Making Process", accettato per la pubblicazione su *IFAC Journal Control Engineering Practice*, Gran Bretagna.

*Contributo:*

Il lavoro considera vari algoritmi di deadlock-avoidance, cioè algoritmi in grado di garantire che un sistema ad eventi non entri una situazione di blocco critico, in cui una parte del sistema non è più in grado di evolvere. Alcuni algoritmi sono stati proposti dagli autori stessi. Inoltre, nel presente articolo si fa un interessante ed innovativo lavoro di analisi delle prestazioni, tramite opportuni indici, di svariati algoritmi di letteratura, in un'ottica di ottimizzazione delle prestazioni dei sistemi manifatturieri.

- C. Maffezzoni, L. Ferrarini e E. Carpanzano, "Object-Oriented Models For Advanced Automation Engineering", *IFAC Journal Control Engineering Practice*, vol 7, 1999, Gran Bretagna, pag. 957-968.

*Contributo:*

Il lavoro descrive i risultati principali che sono stati conseguiti nell'applicazione delle tecniche di modellizzazione ad oggetti per assistere la fase di progettazione del sistema di controllo di impianti industriali complessi, sia per quanto riguarda le sole funzioni di controllo sia per quanto riguarda la simulazione di impianto. Vengono illustrati i principali modelli sviluppati e risultati di alcune simulazioni.

- L. Ferrarini, L. Piroddi e S. Allegri, "A Comparative Performance Analysis of Deadlock Avoidance Control Algorithms for FMS", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Special Issue on "Computer-Integrated Manufacturing Systems: Recent Development and Applications", vol 10(6), 1999, Olanda, pag. 569-585.

*Contributo:*

Il lavoro considera vari algoritmi di deadlock-avoidance noti in letteratura, cioè algoritmi in grado di garantire che un sistema ad eventi non entri in una situazione di blocco critico, in cui una parte del sistema non è più in grado di evolvere. Alcuni algoritmi sono stati proposti dagli autori stessi. Inoltre, nel presente lavoro si fa un interessante ed innovativo lavoro di analisi delle prestazioni, tramite opportuni indici, di tali algoritmi, in un'ottica di ottimizzazione delle prestazioni dei sistemi manifatturieri.

- L. Ferrarini e M. Maroni, "Deadlock Avoidance Control For Manufacturing Systems With Multiple Capacity Resources", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Special Issue on Petri nets and Manufacturing Systems, Vol. 14, 1998, Regno Unito, pag. 729-736.

*Contributo:*

Viene proposto un algoritmo di deadlock avoidance, che estende un algoritmo che L. Ferrarini aveva elaborato durante il periodo di studio presso la Kyoto University, Giappone. Nell'articolo si dimostra che la corretta applicazione dell'algoritmo garantisce che il modello del sistema da controllare non entri in situazioni di blocco critico (deadlock).

- L. Ferrarini, G. Ferretti, C. Maffezzoni e G. Magnani, "Hybrid Modelling and Simulation for the Design of an Advanced Industrial Robots Controller", *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Special Issue on Applications of Discrete Event and Hybrid System in Robotics and Automation, Stati Uniti d'America, giugno 1997, Vol. 4, n. 2, pag.45-51.

*Contributo:*

Viene affrontato il non banale problema della modellizzazione ibrida (continua ed ad eventi) del controllore di un robot industriale. Viene quindi costruito un simulatore sviluppato ad hoc in grado di simulare algoritmi di controllo e porzioni significative di sistema operativo del controllore. Infatti, si dimostra nell'articolo che le prestazioni del sistema di complessivo dipendono, in molti casi significativi, anche dal sistema operativo del controllore.

- L. Ferrarini e M. Trioni, "Modeling Shared Resources with Generalized Synchronization within a Petri Net Bottom-up Approach", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 26, n° 04, agosto 1996, Stati Uniti d'America, pag. 653-659.

*Contributo:*

L'articolo discute gli effetti, in termini di analisi formale, di una innovativa tipologia proposta per il collegamento tra reti di Petri, la sincronizzazione generalizzata, di notevole utilità nella modellizzazione del comportamento desiderato di sistemi manifatturieri. La tipologia di aggregazione di modelli è di tipo bottom-up. Nell'articolo si dimostra che tale collegamento può essere studiato estendendo debitamente gli strumenti formali introdotti in lavori precedenti.

- L. Ferrarini, "Hierarchical multi-layer CAD system for systematic design of complex logic controllers", *International Journal on Robotics And Computer-Integrated Manufacturing* (Pergamon Press), Gran Bretagna, vol. 12, n° 2, pag.173-184, 1996.

*Contributo:*

Viene proposto un originale modello e un relativo ambiente CAD che supporta l'approccio top-down, cioè ad affinamenti successivi, alla progettazione di controlli logici con reti di Petri. Tale approccio prevede la gestione e l'analisi formale di un modello gerarchico a reti di Petri.

- C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "A characteristic lines based method to build finite dimensional models of heat exchangers", *Mathematical Modeling of Systems*, ottobre 1995, Olanda, vol. 1 n° 3, pag. 141-166.

*Contributo:*

Viene elaborato, studiato e simulato un innovativo modello basato sul metodo delle linee caratteristiche per la rappresentazione del comportamento dinamico degli scambiatori di calore. Tale modello riesce ad interpretare decisamente meglio vari fenomeni dinamici che caratterizzano lo scambiatore, specialmente il ritardo variabile tra temperatura di ingresso e di uscita, così da permetterne un controllo migliore in termini di stabilità e rapidità di risposta.

- V. Bolis, C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "Synthesis of the overall boiler-turbine control system by single loop auto-tuning technique", *IFAC J. Control Engineering Practice*, Gran Bretagna, vol. 3, n° 6, pag 761-771, 1995.

*Contributo:*

Viene proposto un metodo per la taratura in automatico (selftuning) degli anelli di controllo, sia quelli principali che quelli asserviti, di un impianto di produzione di energia, turbina inclusa. Il metodo è stato validato su un simulatore di processo accurato, in dotazione presso il Centro di Ricerche in Automatica dell'Enel.

- L. Ferrarini, "On the reachability and reversibility problem in a class of Petri nets", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, ottobre 1994, Stati Uniti d'America, vol. 24, n° 10, pag. 1474-1482.

*Contributo:*

L'articolo illustra i significativi risultati ottenuti sull'analisi delle proprietà di reversibilità e raggiungibilità in reti di Petri costruite secondo un innovativo approccio bottom-up, o incrementale, approccio che l'autore ha sviluppato in lavori precedenti.

- L. Ferrarini, M. Narduzzi e M. Tassan-Solet, "A new approach to modular liveness analysis conceived for large logic controller's design", *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Special Issue on Computer Integrated Manufacturing, aprile 1994, Stati Uniti d'America, vol. 10, n° 2, pag. 169-184.

*Contributo:*

Nel presente articolo, vengono ampliati e presentati in modo più organico i risultati teorici, legati essenzialmente relativi alla proprietà di vivezza, applicati ad un innovativo un approccio bottom-up (incrementale) per la costruzione di modelli a reti di Petri sviluppato in precedenza da Luca Ferrarini.

- L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Conceptual framework for the design of logic control", *IEE Intelligent Systems Engineering*, Winter 1993, Regno Unito, pag. 246-256.

*Contributo:*

Viene proposto un modello innovativo per la rappresentazione e l'analisi di controllori logici, concepito per applicazioni dell'industria di processo. Viene anche commentato e descritto un ambiente CAD appositamente sviluppato per la costruzione e simulazione di tali modelli.

- L. Ferrarini, "An incremental approach to logic controllers design with Petri nets", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, maggio-giugno 1992, Stati Uniti d'America, vol. 22, n° 3, pag. 461-473.

*Contributo:*

Vengono poste le basi teoriche per un innovativo un approccio bottom-up (incrementale) alla costruzione e all'analisi di modelli a reti di Petri che rappresentano controlli logici. Esso si basa sul concetto di modularità, tramite il quale vengono definiti in modo formale, sia i singoli blocchi sia i relativi tipi di connessioni.

- L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Dynamic design of the fast start-up of a Benson boiler", *Journal A*, dicembre 1989, Belgio, vol. 30, n°4, pag.7-16.

*Contributo:*

L'articolo affronta il problema non banale, ed originale rispetto alla data di pubblicazione, della modellizzazione e simulazione dell'avviamento rapido di una centrale ad attraversamento forzato, cioè di centrali termoelettriche in cui non esiste un serbatoio di raccolta dell'acqua scaldata dalla camera di combustione. Tali sistemi sono decisamente più critici da studiare e controllare, proprio per la rapidità e complessità dei fenomeni dinamici che in essi avvengono. Il modello ha permesso di studiare interessanti fenomeni di importanza fondamentale per il controllo di detti impianti in fase di avviamento, quale il fenomeno della ebollizione dell'acqua nei fasci tubieri della camera di combustione.

## Elenco di tutte le pubblicazioni

### A. Libri

1. Luca Ferrarini, Automazione Industriale: Controllo Logico con Reti di Petri, Pitagora Editrice, 2001.
2. Luca Ferrarini e Luigi Piroddi, Esercizi di Controllo Logico con Reti di Petri, Pitagora Editrice, 2002.

**B. Articoli pubblicati su riviste internazionali**

3. L. Ferrarini, C. Veber e K. Lorentz, "A case study for modeling and design of distributed automation systems". Accettato per la pubblicazione su IEEE/ASME Transactions on Mechatronics (data prevista settembre 2004).
4. L. Ferrarini e L. Piroddi, "Modular design and implementation of a logic control system for a batch process", Computers and Chemical Engineering, Gran Bretagna, Volume 27, Issue 7, pag. 983-996, 2003.
5. L. Ferrarini e E. Carpanzano, "A Structured Methodology for the Design and Implementation of Control and Supervision Systems for Robotic Applications", IEEE Transactions on Control System Technology, vol 10, n-2, marzo 2002, Stati Uniti d'America, pag. 272-279.
6. L. Ferrarini e L. Piroddi, "Front-Tracking Centralized Motor Control in a Paper-Making Process", accettato per la pubblicazione su IFAC Journal Control Engineering Practice, Gran Bretagna.
7. C. Maffezzoni, L. Ferrarini e E. Carpanzano, "Object-Oriented Models For Advanced Automation Engineering", IFAC Journal Control Engineering Practice, vol 7, 1999, Gran Bretagna, pag. 957-968.
8. L. Ferrarini, L. Piroddi e S. Allegri, "A Comparative Performance Analysis of Deadlock Avoidance Control Algorithms for FMS", Journal of Intelligent Manufacturing, Special Issue on "Computer-Integrated Manufacturing Systems: Recent Development and Applications", vol 10(6), 1999, Olanda, pag. 569-585.
9. L. Ferrarini e M. Maroni, "Deadlock Avoidance Control For Manufacturing Systems With Multiple Capacity Resources", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Special Issue on Petri nets and Manufacturing Systems, Vol. 14, 1998, Regno Unito, pag. 729-736.
10. L. Ferrarini, G. Ferretti, C. Maffezzoni e G. Magnani, "Hybrid Modelling and Simulation for the Design of an Advanced Industrial Robots Controller", IEEE Robotics & Automation Magazine, Special Issue on Applications of Discrete Event and Hybrid System in Robotics and Automation, Stati Uniti d'America, giugno 1997, Vol. 4, n. 2, pag.45-51.
11. L. Ferrarini e M. Trioni, "Modeling Shared Resources with Generalized Synchronization within a Petri Net Bottom-up Approach", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 26, n° 04, agosto 1996, Stati Uniti d'America, pag. 653-659.
12. L. Ferrarini, "Hierarchical multi-layer CAD system for systematic design of complex logic controllers", International Journal on Robotics And Computer-Integrated Manufacturing (Pergamon Press), Gran Bretagna, vol. 12, n° 2, pag.173-184, 1996.
13. C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "A characteristic lines based method to build finite dimensional models of heat exchangers", Mathematical Modeling of Systems, ottobre 1995, Olanda, vol. 1 n° 3, pag. 141-166.
14. V. Bolis, C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "Synthesis of the overall boiler-turbine control system by single loop auto-tuning technique", IFAC J. Control Engineering Practice, Gran Bretagna, vol. 3, n° 6, pag 761-771, 1995.
15. L. Ferrarini, "On the reachability and reversibility problem in a class of Petri nets", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, ottobre 1994, Stati Uniti d'America, vol. 24, n° 10, pag. 1474-1482.
16. L. Ferrarini, M. Narduzzi e M. Tassan-Solet, "A new approach to modular liveness analysis conceived for large logic controller's design", IEEE Transactions on Robotics and Automation, Special Issue on Computer Integrated Manufacturing, aprile 1994, Stati Uniti d'America, vol. 10, n° 2, pag. 169-184.
17. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Conceptual framework for the design of logic control", IEE Intelligent Systems Engineering, Winter 1993, Regno Unito, pag. 246-256.
18. L. Ferrarini, "An incremental approach to logic controllers design with Petri nets", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, maggio-giugno 1992, Stati Uniti d'America, vol. 22, n° 3, pag. 461-473.
19. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Dynamic design of the fast start-up of a Benson boiler", Journal A, dicembre 1989, Belgio, vol. 30, n°4, pag.7-16.

**C. Contributi a libri pubblicati da editori stranieri**

20. L. Ferrarini a L. Piroddi, "Effect of Modeling and Control Techniques on the Management of Deadlocks in FMS", in Deadlock Resolution in Computer-Integrated Systems accettato per la pubblicazione in IEEE Press, Stati Uniti d'America, Mengchu Zhou an M.P. Fanti Editors, 2004.
21. L. Ferrarini, "Computer Aided Design of Logic Controllers with Petri Nets", in Petri Nets in Flexible and Agile Automation (Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, Stati Uniti d'America), Mengchu Zhou Ed., 1995, ISBN: 0-7923-9557-3.
22. L. Ferrarini e M. Trioni, "Optimizing structural analysis of extended Petri nets models", Lecture Notes in Control and Information Science n. 199 on Analysis and Optimization of Systems - Discrete Event Systems (Guy Cohen e Jean-Pierre Quadrat Eds.), Springer Verlag, giugno 1994, Gran Bretagna, pag. 183-190.

**D. Articoli presentati a congressi internazionali**

23. L. Ferrarini e L. Piroddi, "Petri Net Modeling of Concurrent-Shared Resources", accettato per la presentazione al convegno internazionale America Control Conference 2004, 30 giugno – 2 luglio 2004 Boston, MA, USA.
24. R. Cordone, L. Ferrarini e L. Piroddi, "Some Results on the Computation of Minimal Siphons in Petri Nets", 42nd IEEE Conference on Decision and Control, Maui, Hawaii USA, December 2003, pag. 3754-3759.
25. L. Ferrarini, C. Veber e G. Fogliazza, "Modeling, Design and Implementation of Machining Centers Control Functions with Object-Oriented Techniques". IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2003), Luglio 20-24, 2003, Kobe, Giappone, pag. 1037-1042.
26. L. Ferrarini, C. Veber e K. Lorentz, "A case study for modeling and design of distributed automation systems". IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2003), Luglio 20-24, 2003, Kobe, Giappone, pag. 1043-1048.
27. L. Ferrarini, C. Maffezzoni e F. Schiavo, "Logic and Hybrid Formal Verification Techniques for Process Plant Control: A Case Study". Industrial Simulation Conference 2003 (ISC 2003), 9-12 giugno, 2003, Valencia, Spagna, pag. 88-95.
28. K. Lorentz, Athanasios P. Kalogeras, Timm Bauten, Luca Ferrarini, Christian Schwab, Jan Thieme, "Next Generation Integrated Development of Automation Control Code in TORERO", 2003 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Giugno 9-12, 2003, Rio de Janeiro, Brazil.
29. R. Cordone, L. Ferrarini e L. Piroddi, "Characterization of Minimal and Basis Siphons with Predicate Logic and Binary Programming", CCA/CACSD Int. Conf., Glasgow, Scozia, Settembre 2002.



30. E. Carpanzano, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "A Bottom-Up Methodology For Testing Complex Control Functions Of Process And Power Plants", 15th IFAC World Congress, Barcelona, Spain July 21-26, 2002, pag. 2492-2496.
31. E. Carpanzano, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "Modular Testing of Logic Control Functions with Matlab", 13th European Simulation Symposium, Marseilles, France, October 18th-20th, 2001, pag. 206-210.
32. L. Ferrarini, "Reference models for the design of advanced automation system for manufacturing lines", 10th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM 2001, Sept. 20-22, 2001, Vienna University of Technology, Vienna, Austria.
33. L. Ferrarini and L. Piroddi, "Modeling and control of transporting systems in batch processes with multiple aggregated resources", 10th IEEE International Symposium on Intelligent Control (ISIC), 5-7 September 2001, Mexico City, Mexico, pag. 258-263.
34. L. Ferrarini and L. Piroddi, "Design And Implementation Of A Modular Supervisory Control System Of A Batch Process", European Control Conference (ECC 2001), 4-7 September, 2001, Seminário de Vilar, Porto, Portugal, pag. 1583-1588.
35. E. Carpanzano e L. Ferrarini, "Simulation of a Process Control System affected by Hybrid Phenomena", European Control Conference (ECC 2001), 4-7 September, 2001, Seminário de Vilar, Porto, Portugal, pag. 785-790.
36. L. Ferrarini and G. Fogliazza, "Advanced Control System Design for Machining Centres". IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM '01), 8-11 July 2001, Como, Italia, pag. 671-676, vol. I.
37. E. Carpanzano e L. Ferrarini, "Simulation of Hybrid Systems in Industrial Process Control", Proc. 4th Int. Conf. On Automation of mixed Processes: Hybrid dynamic systems, Dortmund, Sept 2000, pp. 29-34.
38. E. Carpanzano e L. Ferrarini, "Object-Oriented Hybrid Modelling of Mechanical Systems", Proc. 3rd IMACS Symposium on Mathematical Modelling, Vienna, February 2000, pp. 861-865.
39. Carpanzano E., Ferrarini L., Maffezzoni C., Cataldo A. and Ceiner G., "Testing Industrial Distributed Control Systems with Hardware-in-the-Loop Simulators", 11th European Simulation Symposium and Exhibition, ESS '99, Simulation in Industry, Erlangen-Nuremberg, Germania, 26-28 ottobre 1999, pag 574-578.
40. E. Carpanzano, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "Simulation Environments for Industrial Process Control", 11th European Simulation Symposium and Exhibition, ESS '99, Simulation in Industry, Erlangen-Nuremberg, Germania, 26-28 ottobre 1999, pag. 443-450.
41. Carpanzano e L. Ferrarini, "Modular Modelling Of Hybrid Phenomena", European Control Conference ECC '99, 31 Agosto - 3 Settembre 1999, Karlsruhe, Germany, Paper ID=F0654.
42. Carpanzano, L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "An Object-Oriented Model for Hybrid Control Systems", IEEE Int. Symp on Computer Aided Control System Design, 22-27 Agosto, 1999, Hawaii, pag. 132-137.
43. L. Ferrarini e E. Carpanzano, "Reference Models for Controlling and Programming Advanced Industrial Manipulators", American Control Conference ACC'99, 2-4 giugno 1999, San Diego, pag. 2440-2444.
44. Carpanzano, R. Fabbri e L. Ferrarini, "A Structured Methodology for the Design and Implementation of Hybrid Robot Controllers", IEEE Conference on Control Application '98, Trieste, Sept., 1998, pag. 572-577.
45. Maffezzoni, L. Ferrarini e E. Carpanzano, "Object-Oriented Models For Advanced Automation Engineering", Plenary Session on "Advanced Automation Engineering", 9th IFAC Symposium INCOM'98 Nancy - Metz, Francia, June 24-26, 1998, pag. 21-31.
46. E. Carpanzano e L. Ferrarini, "Object-Orientation and Petri Nets in Hybrid Control System Development", 3rd Int. Conf. ADPM, Automation of Mixed Processes: Dynamic Hybrid Systems, 1998, Reims-France, 19-20 March 1998, vol. 1, pag. 201-208.
47. L. Ferrarini e M. Maroni, "A Control Algorithm for Deadlock-Free Schedulings of Manufacturing Systems", IEEE Conf. on Systems, Man and Cybernetics, Orlando, Florida, USA, 12-15 ottobre 1997, pag. 3762-3767.
48. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "A Cad Environment For Distributed Control System Architectures With Real-Time Issues", 7th Symposium on Computer Aided Control Systems Design (CACSD'97), 28-30 aprile 1997, Gent (Belgio), vol. 1, pag. 61-66.
49. Maffezzoni, G Magnani, L. Ferrarini, G. Ferretti, "The architectural design of an Industrial robot controller", 13th IFAC World Congress, 30 giugno - 5 luglio 1996, San Francisco (CA), pag. 367-372.
50. L. Ferrarini e M. Araki, "Deadlock avoidance policy for manufacturing systems", INRIA/IEEE Conference on Emerging Technology and Factory Automation, 10-13 ottobre 1995, Parigi, vol. 3, pag. 141-152.
51. F. Cazzola, L. Ferrarini, M. Preziosa, "Interpretation rules of Petri net models for logic control", INRIA/IEEE Conference on Emerging Technology and Factory Automation, 10-13 ottobre 1995, Parigi, vol.2, pag. 289-297.
52. L. Ferrarini, "A Theoretical Framework to Model and Analyze Manufacturing Systems", 33rd Conference on Decision and Control, 15-17 dicembre 1994, Orlando (Florida), vol.2, pag. 1042-1047.
53. L. Ferrarini, C. Maffezzoni e A. Giua, "Design and implementation issues in the control of discrete-event systems", IEEE Conference on Industrial Electronics (IECON '94), 5-9 settembre. 1994, Bologna, pag. 1515-1520.
54. L. Ferrarini e M. Trioni, "Modeling Shared Resources with Generalized Synchronization within a Petri Net Bottom-up Approach", IEEE Conference on Industrial Electronics (IECON '94), 5-9 settembre 1994, Bologna, pag. 1105-1110.
55. Buschini, L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Selftuning cascade temperature control", 3rd IEEE Conference on Control Applications, 24-26 agosto 1994, Glasgow (Scotland), vol. 1, pag. 753-758.
56. L. Ferrarini, "On the semantics of Petri nets models for manufacturing systems", New Directions in Simulation for Manufacturing and Communications, organizzato da The Operations Research Society of Japan, National Institute of Standards and Technology (USA), e National Science Foundation (USA) 1-2 agosto 1994, Tokyo (Giappone), pag. 148-153.
57. L. Ferrarini e R. Ciancimino, "Modular simulation for logic, distributed, real-time control systems", IFAC/IEEE Symposium on Computer Aided Control System Design, 7-9 marzo 1994, Tucson (AZ), vol. 1, pag. 225-230.
58. L. Ferrarini e R. Tomasini, "An extensible modular tool for distributed control systems", IFAC/IEEE Symposium on Computer Aided Control System Design, 7-9 marzo 1994, Tucson (AZ), vol. 1, pag. 219-224.
59. L. Ferrarini, "Multi-level and modular synthesis and analysis of logic control systems", 32nd Conference on Decision and Control, 15-17 dicembre 1993, San Antonio (Texas), vol.1, pag. 756-758.
60. V. Bolis, C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "Synthesis of the overall boiler-turbine control system by single loop auto-tuning

technique", *12th IFAC World Congress*, 18-23 luglio 1993, Sidney, Australia, vol.3, pag. 409-414.

61. C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "A new method to build finite dimensional models of heat exchangers", *European Control Conference '93*, 28 giugno-1 luglio 1993, Gröningen (NL), vol. 3, pag. 1365-1370.
62. C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "A multi-layer system to design Logic Controllers", *INTERKAMA Congress 92*, 5-10 ottobre 1992, Düsseldorf, vol.1, 604-612.
63. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "A CAD environment for the design of power plant control systems", *IFAC Symposium on Control of Power plants and Power Systems*, 9-11 marzo 1992, Monaco, vol. 1, pag.291-297.
64. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Simulation of heat exchangers in fossil fired power plants: a method to avoid Gibbs' phenomena", *IFAC Symposium on Control of Power plants and Power Systems*, 9-11 marzo 1992, Monaco, vol. 1, pag. 55-61.
65. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Designing logic controllers with Petri nets", *IFAC/IMACS Symposium on Computer Aided Design in Control Systems*, 15-17 luglio 1991, Swansea (UK), vol. 1, pag. 403-408.
66. C. Maffezzoni e L. Ferrarini, "Simulation of a fast start-up process in a Benson-boiler", *European Simulation Multiconference*, 17-19 giugno 1991, Copenhagen (DK), vol. 1, pag. 582-589.
67. L. Ferrarini, C. Maffezzoni e G. Villa, "Computer aided design of sequence control by Petri nets", *IFAC Symposium Low Cost Automation, Techniques, Components & Instrumentation, Applications*, 8-10 novembre 1989, Milano, vol. 2, pag. F205-F210.

#### **E. Articoli pubblicati su riviste nazionali**

68. L. Ferrarini e F. Schiavo, "Verifica formale di logiche di controllo di impianti di processo", *Automazione e Strumentazione*, Novembre 2003, pag. 119-127.
69. E. Carpanzano, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "La Modellazione ad Oggetti nella Progettazione di Sistemi di Controllo Industriale", *Automazione e Strumentazione*, Febbraio 2001, Milano, pag.117-122.
70. L. Ferrarini, F. Da Costa, L. Mina, "Applicazioni del controllo supervisivo a problemi di automazione industriale", *Automazione e Strumentazione*, n. 11, dicembre 2000, Milano, pag. 109-117.
71. E. Carpanzano, L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Sviluppo di sistemi di controllo industriali complessi", *Automazione e Strumentazione*, n. 2, febbraio 2000, Milano, pag. 119-125.
72. L. Ferrarini e L. Mezzalira, "IEC 1131-3: Uno Standard di Programmazione per PLC", *Automazione e Strumentazione*, n. 6, giugno 1999, Milano, pag. 123-130.
73. E. Carpanzano e L. Ferrarini, "I Sistemi Ibridi nel Controllo dei Processi Industriali", *Automazione e Strumentazione*, n. 10, novembre 1998, Milano, pag. 117-124.
74. L. Ferrarini e F. Rovere, "Progettazione e Programmazione di una Scheda di Controllo Assi Multi-Funzione", *Automazione e Strumentazione*, n. 3 marzo 1998, Milano, pag. 129-135.
75. G. Braglia, A. Corti, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "Controllo di un Impianto di Assemblaggio per Piani Cottura", *Automazione e Strumentazione*, n. 11 dicembre 1997, Milano, pag. 139-148.
76. M.P. Fanti e L. Ferrarini, "Tecniche di Eliminazione di Condizioni di Stallo nei Sistemi Flessibili di Lavorazione", *Automazione e Strumentazione*, n. 2 febbraio 1997, Milano, pag. 121-127.
77. L. Ferrarini, "Controllo di Sistemi ad Eventi Discreti con PLC", *Automazione e Strumentazione*, novembre 1996, Milano, pag. 321-328.
78. F. Gorla e L. Ferrarini, "Standardizzazione dei Formalismi di Codifica per Controllori Logici Programmabili", *Automazione e Strumentazione*, novembre 1996, Milano, pag. 305-309.
79. L. Ferrarini, "Attuali Tendenze di Sviluppo dei Controllori Logici Programmabili", *Automazione e Strumentazione*, febbraio 1996, Milano, pag. 83-88.
80. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Progetto di Controllori Logici con le Reti di Petri", *Automazione e Strumentazione*, luglio-agosto 1994, Milano, pag. 71-77.
81. F. Bignotto, L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Un Ambiente CAD per il Progetto di Controllori Logici", *Automazione e Strumentazione* n° 5, maggio 1991, Milano, pag. 169-182.
82. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Analisi e Progetto Dinamici dell'avviamento Rapido di un Generatore di Vapore di Tipo Benson", *Automazione e Strumentazione*, febbraio, 1989, Milano, pag. 147-158.

#### **F. Articoli presentati a congressi nazionali**

83. L. Ferrarini, C. Veber, "Controllo di un centro di lavorazione meccanica con modelli e linguaggi ad oggetti distribuiti, Automazione ed efficienza d'impresa, Brescia, 2003.
84. L. Ferrarini, C. Veber, "Modellizzazione Object-Oriented e Standard IEC 61499 per l'automazione di sistemi discreti", *Automazione nei nuovi scenari globalizzati*, Milano, 2002.
85. L. Ferrarini, C. Maffezzoni e F. Schiavo, " Tecniche di verifica formale per le logiche di controllo di impianti industriali", *Automazione nei nuovi scenari globalizzati*, Milano, 2002.
86. L. Ferrarini, F. Da Costa, L. Mina, "Applicazioni del controllo supervisivo a problemi di automazione industriale", *Automazione e processi decisionali*, Milano, 2000, pag. 339-348.
87. E. Carpanzano, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "La Modellazione ad Oggetti nella Progettazione di Sistemi di Controllo Industriale", *Automazione e processi decisionali*, Milano, 2000, pag. 205-214.
88. E. Carpanzano, L. Ferrarini, C. Maffezzoni, "Una metodologia di sviluppo di sistemi di controllo industriali", *Automazione 99*, Roma, pag. 37-47.
89. L. Ferrarini e Lorenzo Mezzalira, "IEC 1131-3: Uno Standard di Programmazione per PLC", *Automazione 98*, Milano, pag. 40-49.
90. L. Ferrarini e F. Rovere, "Progettazione E Programmazione Di Una Scheda Di Controllo Assi Multi-Funzione", *Convegno AUTOMAZIONE 1997*, organizzato da ANIPLA, Torino, 5-7 novembre 1997, vol. 1, pag. 365-374.
91. E. Carpanzano e L. Ferrarini, "I Sistemi Ibridi Nel Controllo Dei Processi Industriali", *Convegno AUTOMAZIONE 1997*, organizzato da ANIPLA, Torino, 5-7 novembre 1997, vol. 1, pag. 25-34.
92. M.P. Fanti e L. Ferrarini, "Tecniche di Eliminazione di Condizioni di Stallo nei Sistemi Flessibili di Lavorazione", *Convegno Internazionale Automation'96*, organizzato da ANIPLA in collaborazione con EFIMA (Committee of European Fairs in Instrumentation, Measurement and Automation) e con IMC (Institute of Measurement and Control), Milano il 26-

28 novembre 1996, pag. 394-410.

93. L. Ferrarini, "Attuali tendenze di sviluppo dei controllori logici programmabili", *Convegno Nazionale ANIPLA*, 8-10 novembre 1995, Bari, vol. 1, pag. 421-427.
94. L. Ferrarini e C. Maffezzoni, "Progetto di controllori logici con le reti di Petri", *Automation 1993 Conference*, organizzato da Anipla e Eurofima, Fiera di Milano, 23-25 novembre 1993, Milano, vol. 2, pag. 1023-1032.
95. L. Ferrarini, C. Maffezzoni e F. Bignotto, "Un ambiente CAD per il progetto di controllori logici", *BIAS Congress Aspetti Sistemistici dell'Automazione*, 28-29 novembre 1990, Milano, vol. 1, pag. 725-750.
96. L. Ferrarini, C. Maffezzoni e G. Savoldi, G. Gagliardi, "Simulazione e controllo dell'avviamento rapido di un generatore di vapore di tipo Benson", *Dinamica e Regolazione delle Centrali Termoelettriche*, 18-19 maggio 1989, Badia di S. Andrea (GE).

**G. Rapporti tecnici per strutture diverse dal Politecnico di Milano**

97. L. Ferrarini e M. Araki, "Deadlock avoidance policy for manufacturing systems", Technical Report No. 95-05, Department of Electrical Engineering, Kyoto University, Kyoto, Giappone, 1995. Sottomesso per la pubblicazione sulla rivista *Robotics and Autonomous Systems* (Elsevier Science).
98. L. Ferrarini, "Sviluppo di un ambiente CAD/CAE per la sintesi e l'analisi di controllori logici programmabili", Rapporto Finale CEFRIEL RI-90013, Scuola di Master CEFRIEL, Milano, 1990.

Milano, 16 gennaio 2004

Luca Ferrarini