

Sistemi di Controllo per l'Automazione Industriale

Lezione 01

10 marzo 2015

Ing. Chiara Foglietta
foglietta.chiara@gmail.com

Sistemi di Controllo per l'Automazione Industriale
Ingegneria Gestionale
A.A. 2014 - 2015
Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale





Agenda

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi Discreti

Esempi di Sistemi ad Eventi Discreti



Informazioni Generali

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

2

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

Ing. Chiara Foglietta
Università degli Studi "Roma TRE"
Email: foglietta.chiara@gmail.com
Email: chiara.foglietta@uniroma3.it

Orario di Ricevimento:
dopo la lezione

Pagina web del corso:
www.dia.uniroma3.it/~fogliett/Teaching/scai.html



Orario del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

3

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

Martedì: 10.00 - 12.00

Martedì: 14.00 - 16.00

Aula: FR. T. 2

Calendario disponibile sulla pagina web:

<http://www.dia.uniroma3.it/~fogliett/Teaching/scai.html>



Modalità d'Esame

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

4

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

Esame scritto: esercizi
Esame orale: teoria

Nessun esonero

Appelli: Giugno, Luglio, Settembre, Febbraio



Materiale Didattico

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

5

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

Disponibile sul sito web prima delle lezioni

Materiale sul sito web

<http://www.dia.uniroma3.it/~fogliett/Teaching/scai.html>



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

6

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

Il corso si propone di illustrare le principali problematiche di progettazione ed utilizzo di sistemi di controllo di processi produttivi e di sistemi di automazione industriale; di fornire gli strumenti metodologici basilari per il trattamento dei sistemi di controllo ad eventi discreti e dei sistemi di controllo distribuito con riferimento ad applicazioni di automazione industriale.



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

7

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

1. saper rappresentare un sistema ad eventi discreti;

23



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

7

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

1. saper rappresentare un sistema ad eventi discreti;
2. saper rappresentar un sistema tramite una rete di petri;

23



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

7

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

1. saper rappresentare un sistema ad eventi discreti;
2. saper rappresentar un sistema tramite una rete di petri;
3. conoscere le proprietà delle reti di petri;

23



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

7

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

1. saper rappresentare un sistema ad eventi discreti;
2. saper rappresentar un sistema tramite una rete di petri;
3. conoscere le proprietà delle reti di petri;
4. saper analizzare i flussi produttivi tramite reti di code;

23



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

7

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

1. saper rappresentare un sistema ad eventi discreti;
2. saper rappresentar un sistema tramite una rete di petri;
3. conoscere le proprietà delle reti di petri;
4. saper analizzare i flussi produttivi tramite reti di code;
5. saper capire il funzionamento di un sistema di controllo industriale centralizzato.

23



Finalità del Corso

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

7

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

1. saper rappresentare un sistema ad eventi discreti;
2. saper rappresentar un sistema tramite una rete di petri;
3. conoscere le proprietà delle reti di petri;
4. saper analizzare i flussi produttivi tramite reti di code;
5. saper capire il funzionamento di un sistema di controllo industriale centralizzato.
6. saper progettare un sistema di controllo industriale centralizzato.



Introduzione

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

8

Negli ultimi vent'anni si è evidenziata la necessità di studiare i sempre più numerosi sistemi realizzati dall'uomo, tendenzialmente molto complessi, considerati non tradizionali rispetto alla trattazione classica proprie della Teoria dei Sistemi e del Controllo.

Questi sistemi dinamici, i cui stati assumono diversi valori logici o simbolici, piuttosto che numerici, in corrispondenza dell'occorrenza di eventi, non sempre possono essere descritti in termini numerici.

23



Modello

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

9

L'evoluzione nel tempo di un sistema con tali caratteristiche sembra essere descritta da sequenze di occorrenze di cambiamenti discreti e qualitativi del sistema, ignorando i micro cambiamenti che avvengono continuamente.

Sistema

Ente fisico che risponde alle sollecitazione esercitata da una certa azione producendo una reazione. Per sviluppare tecniche di progetto, di controllo e/o di valutazione delle prestazioni di un sistema sulla base di specifiche predefinite è necessaria una definizione quantitativa



Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

10

Stato

Rappresenta il comportamento del sistema ad un dato istante di tempo, concentrando in sé l'informazione sul passato e sul presente del sistema $X(t)$ è lo stato all'istante t

23



Sistema ad Eventi Discreti

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

11

Un sistema ad eventi discreti (SED) si può definire come un sistema dinamico il cui comportamento è caratterizzato dall'occorrenza di eventi istantanei con un cadenzamento irregolare non necessariamente noto.

Le caratteristiche indiscusse possedute da un SED sono fondamentalmente legate all'evoluzione dinamica basata sull'occorrenza asincrona degli eventi, anziché sull'avanzamento sincrono del tempo, e al fatto che almeno alcune delle variabili che descrivono il comportamento di un SED sono discrete.

23



Sistema ad Eventi Discreti

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

12

Dal punto di vista formale, un SED può essere considerato come un sistema dinamico, con un opportuno spazio di stato e un proprio meccanismo di transizione di stato.

Un sistema ad eventi discreti è un sistema il cui comportamento dinamico è caratterizzato dall'accadimento asincrono di eventi che individuano lo svolgimento di attività di durata non necessariamente nota.

Formalmente, un sistema ad eventi discreti è caratterizzato da:

1. un insieme E degli eventi accadibili;
2. spazio di stato costituito da un insieme discreto X ;
3. evoluzione dello stato event-driven, cioè regolata dagli eventi: lo stato evolve nel tempo in dipendenza dell'accadimento di eventi asincroni, appartenenti all'insieme E

23



Sistema a Code

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

13

L'esempio più semplice per esplicitare i concetti fin qui enunciati riguardo ai SED, è senza dubbio il sistema a coda o ad accodamento. Un sistema di questo tipo può essere considerato come il blocco elementare con cui costruire le rappresentazioni di molte tipologie di SED.

Un sistema a coda si fonda su tre componenti fondamentali:

1. le entità che attendono per utilizzare le risorse, dette clienti
2. le risorse per cui ci si accoda, detti serventi o servitori
3. lo spazio in cui si attende, che è la coda vera e propria

I clienti possono essere persone, messaggi in reti di telecomunicazioni, task in computer, semilavorati in sistemi di produzione, veicoli in reti di trasporto, ecc. Esempi di serventi corrispondenti sono invece ancora persone, canali di comunicazione, processori, macchine, semafori, ecc.

23

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

14

Visto come un SED, il sistema a coda è caratterizzato dall'insieme di eventi $E = \{a, p\}$ con

a : evento di arrivo di un cliente;

p : evento di partenza di un cliente

La variabile di stato è più intuitiva è il numero di clienti in coda; in questo caso si pone $X = \{1, 2, 3, \dots\}$. Per specificare completamente le caratteristiche di un sistema a coda bisogna ancora definire:

- ▶ La capacità della coda, cioè il numero di clienti che possono accodarsi (spesso considerato illimitato);
- ▶ La disciplina di accoramento, cioè la regola con cui si sceglie il prossimo cliente da servire tra quelli in coda.

Collegando tra loro più blocchi elementari coda si costruiscono reti di code.

23



Modelli ad Eventi Discreti

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

15

È attraverso i Modelli ad Eventi Discreti che si effettua un'astrazione del comportamento dei sistemi ad eventi discreti, registrando l'occorrenza di determinati eventi discreti (traccia/traiettoria degli eventi).

Un MED è un modello matematico in grado di rappresentare l'insieme delle tracce degli eventi che possono essere generate da un sistema.

Le tracce possono essere rappresentate con due diversi livelli di astrazione, sulla base dei quali si distinguono : modelli logici e modelli temporizzati.



Modelli Logici

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

16

Nei MODELLI LOGICI la traccia degli eventi è costituita semplicemente da una sequenza di eventi $\{e_1, e_2, \dots\}$, in ordine di occorrenza, senza alcuna informazione circa i tempi di occorrenza degli eventi; dato uno stato iniziale x_0 , la traiettoria dello stato verrà costruita nel tempo la sequenza di stati $\{x_0, x_1, x_2, \dots\}$, risultanti dall'accadimento della sequenza di eventi, ma non è possibile specificare gli istanti di tempo in cui avvengono le transizioni di stato.

23



Modelli temporizzati

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

17

Nei MODELLI TEMPORIZZATI invece la traccia degli eventi è costituita da una sequenza di coppie $\{e_1 t_1, e_2 t_2, e_3 t_3, \dots\}$, dove ogni evento e_i è accoppiato al suo tempo di accadimento, t_i , eventualmente stocastico: dato uno stato iniziale x_0 , la traiettoria dello stato verrà costruita nel tempo la sequenza di stati $\{x_0, x_1, x_2, \dots\}$, risultanti dall'accadimento della sequenza di eventi, si sa che le transizioni di stato avvengono negli istanti di occorrenza degli eventi.

23



Differenze tra modelli logici e temporizzati

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

18

I modelli logici rendono agevole lo studio delle proprietà qualitative del sistema e consentono quindi di effettuare l'analisi strutturale di un SED, mentre i modelli temporizzati permettono di studiare i diversi comportamenti nel tempo del sistema, pertanto sono indispensabili qualora si voglia effettuare l'analisi prestazionale di un SED.

Nella formulazione del modello logico è fondamentale specificare l'insieme delle traiettorie ammissibili, ossia le sequenze di eventi fisicamente realizzabili. A questo scopo può essere adottato uno dei noti formalismi sviluppati per rappresentare le transizioni di stato in un SED, come gli AUTOMI, o le RETI DI PETRI.

23



Sistemi dinamici

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

19

I sistemi dinamici che conosciamo (sistemi a tempo continuo o discreto), però, hanno alcune caratteristiche che non si prestano bene alla descrizione dei fenomeni che abbiamo citato in precedenza:

sistemi a stato discreto lo spazio di stato è continuo, ovvero le variabili variano in modo continuo sull'asse reale, mentre a noi interessa esprimere concetti come "serbatoio pieno" o "serbatoio vuoto" (invece di "il serbatoio contiene X litri di acqua")

sistemi ad eventi l'evoluzione è guidata dal "tempo", ovvero lo stato può variare ad ogni istante; nel nostro caso lo stato cambia solo in certi istanti, con transizioni istantanee (da "macchina occupata" a "macchina libera"), lo stato varia quando si verifica un evento (istantaneo)

23



Sistemi Ibridi

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

20

I sistemi dinamici si dividono in:

1. sistemi dinamici a tempo continuo o discreto l'evoluzione è guidata dal "tempo"
2. sistemi dinamici ad eventi discreti l'evoluzione è guidata dall'accadimento degli "eventi", considerati per semplicità istantanei, che accadono ad intervalli irregolari non noti a priori
3. sistemi ibridi l'evoluzione è determinata sia dal tempo sia da eventi

23



Esempi di Sistemi ad Eventi Discreti

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

21

- ▶ un impianto manifatturiero con macchine, persone, nastri trasportatori, spazi di immagazzinamento
- ▶ una banca con differenti tipi di clienti e di servizi (sportelli, bancomat, ecc.)
- ▶ un aeroporto con passeggeri al check-in, al controllo di sicurezza, ai gate o all'imbarco, ecc.
- ▶ un sistema informatico con risorse e processi che accedono alle risorse
- ▶ un sistema stradale con strade, incroci, semafori, ecc.
- ▶ un ristorante fast-food con differenti tipi di staff e clienti
- ▶ un sistema di controllo dove è possibile commutare tra diversi controllori
- ▶ un componente elettronico sottoposto a usura e a guasti

23



Esempi di Sistemi ad Eventi Discreti

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

22

In generale, troviamo SED in svariati campi applicativi:

- ▶ sistemi di controllo
- ▶ sistemi di produzione
- ▶ sistemi informatici
- ▶ reti di elaboratori elettronici / reti informatiche
- ▶ reti di trasporto
- ▶ reti di comunicazioni

23



Prossima Lezione

Lezione 01

Chiara Foglietta

Informazioni Generali

Finalità e Obiettivi

Sistemi ad Eventi
Discreti: Modellistica

Modelli ad Eventi
Discreti

Esempi di Sistemi ad
Eventi Discreti

23

Reti di Code: caratteristiche e definizioni principali

23