



POLITECNICO DI MILANO

V Facoltà di Ingegneria



POLITECNICO DI MILANO  
DEI

SFC

## Sequential Function Chart

Automazione Industriale

A.A. 2011-2012



### Sommario



Introduzione

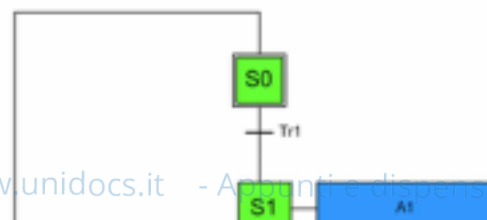
Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

► Introduzione



## Introduzione



Introduzione

Elementi Base

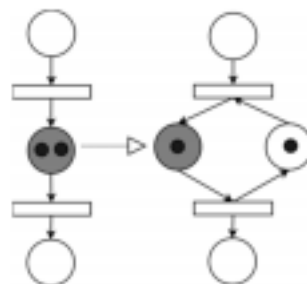
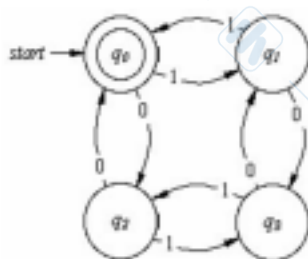
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Il Grafcet nasce dalle seguenti esigenze:

- Usare modelli formali per rappresentare funzioni di controllo logico per automazione industriale
- Standardizzare formalismi rappresentativi
- Arricchire gli automi (non hanno parallelismo)
- Semplificare le reti di Petri e renderle adatte ad applicazioni industriali
- Essere facilmente interpretabile dai dispositivi di controllo



Alessio Dedè: Sequential Function Chart – Automazione Industriale A.A. 2011/2012

3

## Cenni Storici



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Nel 1975 si costituisce una commissione in Francia per definire un nuovo formalismo

- Risultato: GRAFCET da "GRaph" ("grafo") + AFCET (Association française de cybernétique économique et technique, che ha supportato i lavori)



## Elementi Base



Introduzione

**Elementi Base**

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Pochi e semplici concetti:

- **Passo:** stato di esecuzione della sequenza
- **Transizione:** passaggio tra un passo e l'altro durante l'esecuzione
- **Azione:** ogni transizione ha associata una o più azioni
- **Condizione logiche:** controllano lo scatto delle transizioni e quindi l'evoluzione dell'esecuzione (Vero = scatto, Falso = fermo)
- **Arco orientato:** identifica il passaggio tra un passo e l'altro tramite una transizione controllata da una condizione logica



## Elementi Base - Passo



Introduzione

**Elementi Base**

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Passo (o tappa):

- Identificatore (solitamente un numero intero sequenziale)
- Può essere *attivo* o *inattivo*
- Rappresentazione grafica: quadrato (con bordo doppio se iniziale)

## Elementi Base - Passo



### Qualificatori:

<b>N</b>	Non-Store <i>immagazzinare</i>	L'azione termina quando il passo diventa inattivo
<b>S</b>	Set (Stored)	L'azione <u>continua anche quando il passo diventa inattivo</u> , e termina quando l'azione viene resettata
<b>R</b>	Reset	Termina un'azione attivata con i qualificatori S, SD, SL o DS
<b>L</b>	Time Limited	L'azione comincia quando il passo diventa attivo e continua finché il passo diventa inattivo o trascorre un certo intervallo di tempo
<b>D</b>	Time Delayed	Un timer viene settato quando il passo diventa attivo; se il passo è ancora attivo dopo l'azzeramento del timer, l'azione comincia e termina quando il passo si disattiva
<b>P</b>	Pulse	L'azione comincia quando il passo diventa attivo/disattivo e viene eseguita una sola volta
<b>SD</b>	Stored and time Delayed	L'azione comincia dopo un ritardo anche se il passo diventa inattivo e continua finché non resettata
<b>DS</b>	Delayed and Stored	Un timer viene settato quando il passo diventa attivo; se il passo è ancora attivo dopo l'azzeramento del timer, l'azione comincia e continua finché non resettata
<b>SL</b>	Stored and time Limited	L'azione comincia quando il passo diventa attivo e continua finché non viene resettata o non trascorre un certo intervallo di tempo

*creati x disaccoppiare attiv. / disatt. da la forma d'onda di uscita*

## Elementi Base - Transizione



### Transizione

- Identificatore
- Abilitata o disabilitata
- Può scattare

*nelle reti di Rtri non ci sono le condizioni logiche (reattività) per cui una transiz. scatta*



## Elementi Base – Arco Orientato



Introduzione

**Elementi Base**

Operatori Base

Regole di Evoluzione

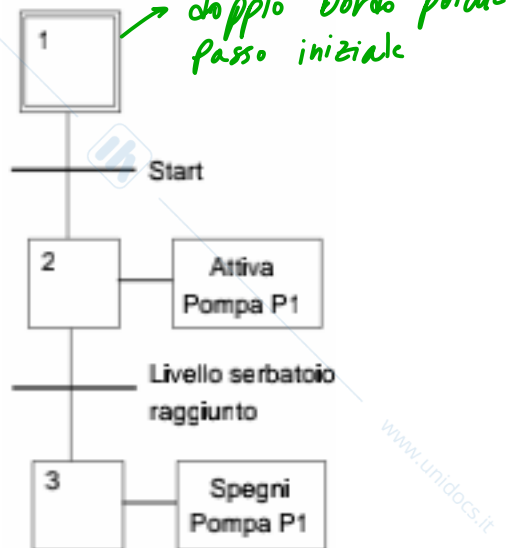
LD ed SFC

### ✓ Regola di connessione:

- Un passo può essere direttamente collegato solo con transizioni, mai con passi; analogamente, una transizione può essere direttamente collegata solo con passi, mai con transizioni

### ✓ Convenzione grafica:

- Archi con angoli retti
- Archi verso il basso: senza freccia
- Archi verso l'alto: con freccia



*Come nelle reti di Petri la posizione grafica degli elementi non significa nulla*



## Operatori Base



Introduzione

Elementi Base

**Operatori Base**

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ In Grafset è possibile rappresentare due caratteristiche basilari per sistemi ad eventi:

- Scelta (operatori di tipo **OR**)
- Parallelismo (operatori di tipo **AND**)

## Operatori Base – OR Divergenza



Introduzione

Elementi Base

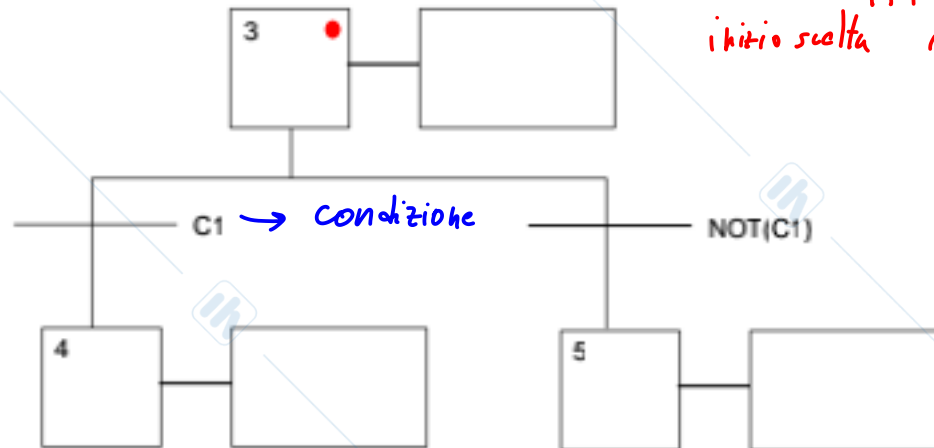
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Inizio della scelta

- Due transizioni a valle di un singolo passo



NB: e' consigliato (in alcuni ambienti di sviluppo obbligatorio) avere due **condizioni in mutua esclusione** tra loro per conoscere deterministicamente l'evoluzione della sequenza!!!!

## Operatori Base – OR Convergenza



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Fine della scelta *in RdP*

- Un posto con due transizioni a monte





## Operatori Base – AND Divergenza



Introduzione

Elementi Base

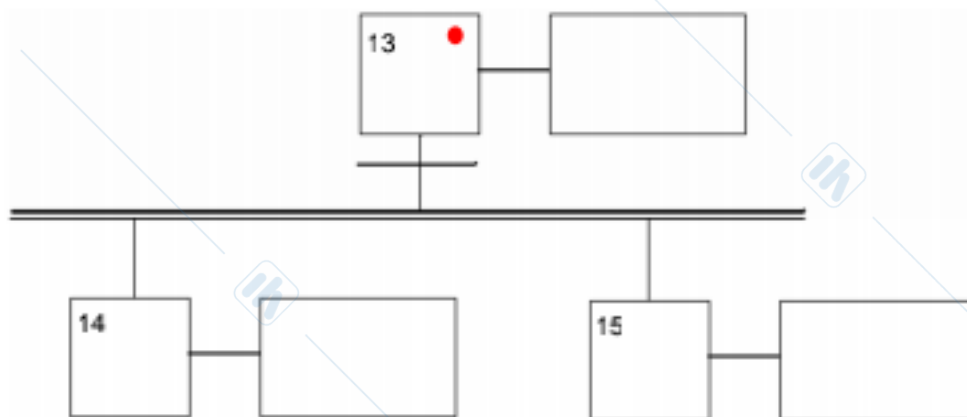
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Inizio del parallelismo *in Rdp*

- Attivazione simultanea di più posti



Alessio Dedè: Sequential Function Chart – Automazione Industriale A.A. 2011/2012

13



## Operatori Base – AND Convergenza



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Fine del parallelismo $\rightarrow$ *sincronizzazione in Rdp*

- Disattivazione simultanea di più posti (sincronizzazione)

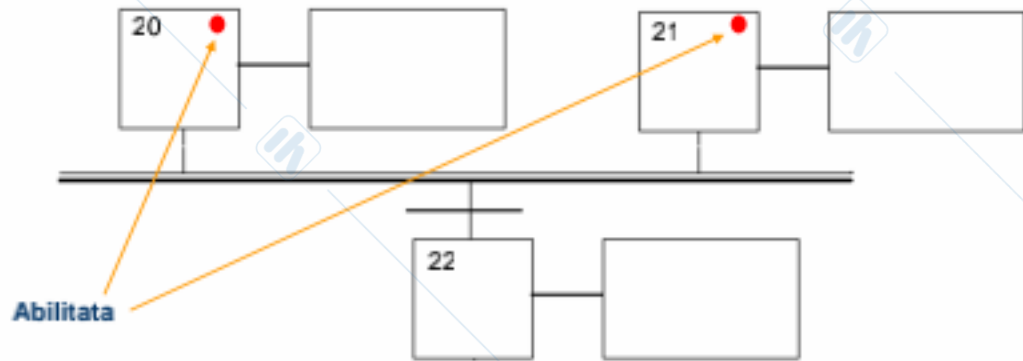




# Regole di Evoluzione



- ✓ Una transizione si dice **abilitata** se tutti i passi a monte sono attivi
- ✓ Una transizione si dice **superabile** se è abilitata e la sua recettività assume il valore logico vero (a volte si dice che la transizione può scattare)



# Regole di Evoluzione



- ✓ Regola 1 - se una transizione è **superabile**, essa viene **effettivamente superata**: tutti i passi a monte della transizione vengono disattivati, mentre tutti quelli a valle vengono abilitati

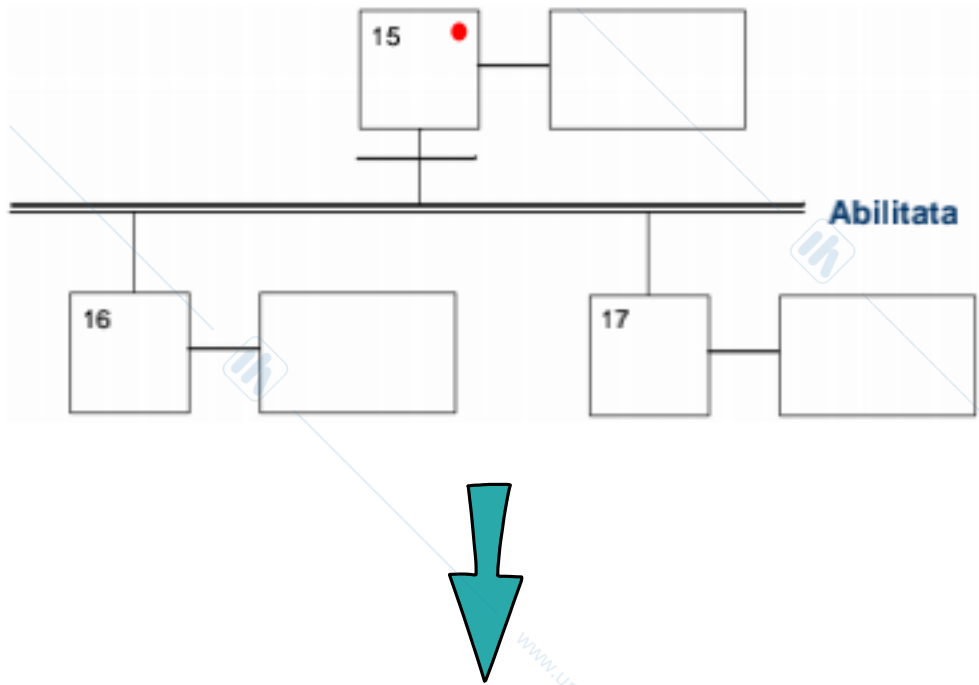
Se può scattare  
 ↓  
 appena si verifica la condiz. scatta ≠ da RLP  
 ↳ scelta casuale dello scatto



# Regole di Evoluzione – AND Divergenza



## ✓ Superamento di una transizione



# Regole di Evoluzione – AND Divergenza



## ✓ Superamento di una transizione



www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



## Regole di Evoluzione – AND Convergenza



Introduzione

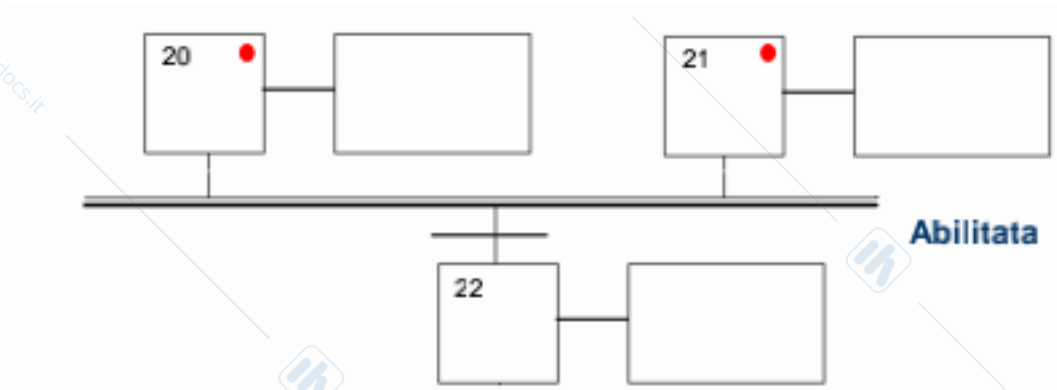
Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione



## Regole di Evoluzione – AND Convergenza



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione





## Regole di Evoluzione – OR Divergenza



Introduzione

Elementi Base

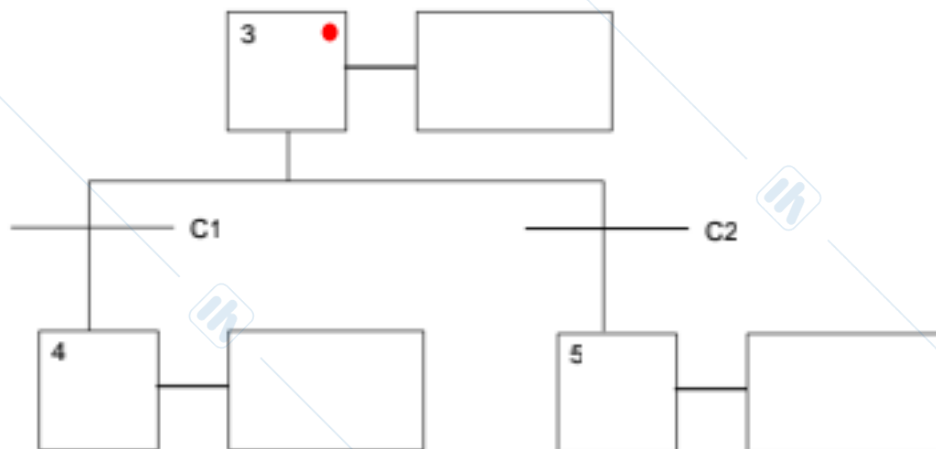
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione

- C1 vero, C2 falso



## Regole di Evoluzione – OR Divergenza



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione

- C1 vero, C2 falso





## Regole di Evoluzione – OR Divergenza



Introduzione

Elementi Base

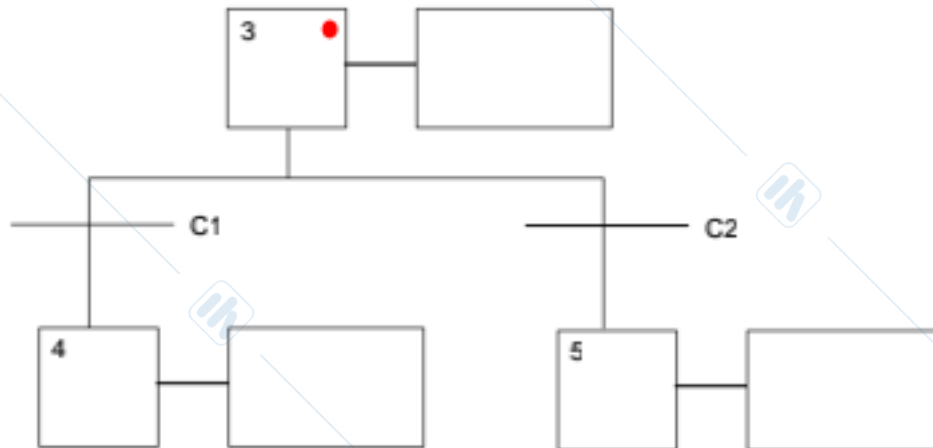
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione

- C1 vero, C2 vero



Alessio Dedè: Sequential Function Chart – Automazione Industriale A.A. 2011/2012

23



## Regole di Evoluzione – OR Divergenza



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione

- C1 vero, C2 vero



www.unidocs.it

- Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



## Regole di Evoluzione – OR Divergenza



Introduzione

Elementi Base

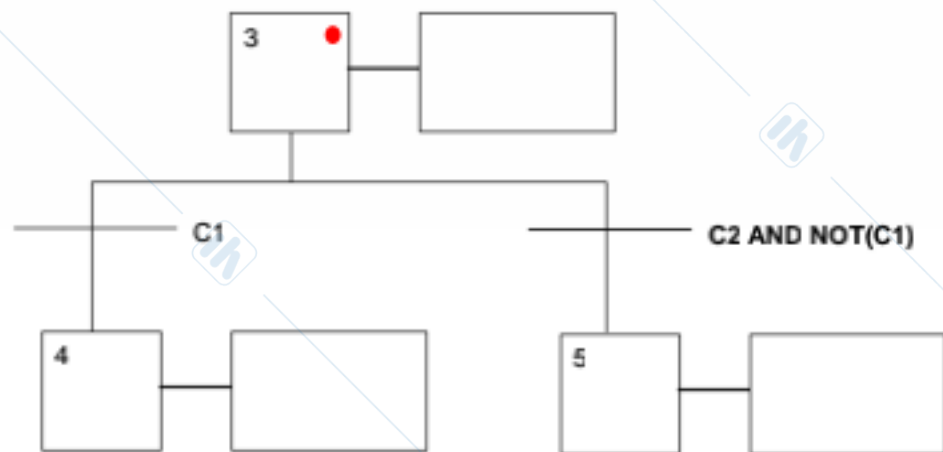
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Superamento di una transizione

- C1 vero, C2 vero → Situazione ambigua risolvibile con la mutua esclusione o con la priorità ad una delle due transizioni



Alessio Dedè: Sequential Function Chart – Automazione Industriale A.A. 2011/2012

25



## Regole di Evoluzione



Introduzione

Elementi Base

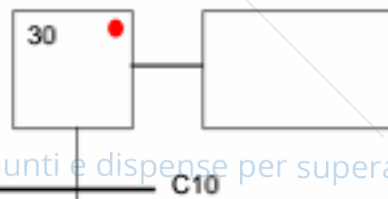
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Nota

- Nell'applicare le regole di evoluzione può accadere che un passo debba essere contemporaneamente disattivato e attivato

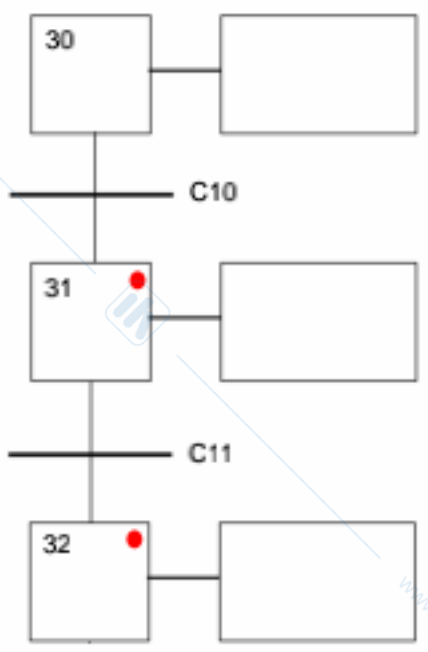


# Regole di Evoluzione



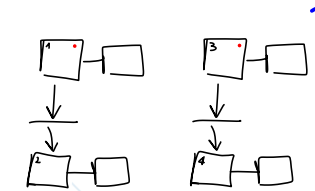
## Nota

- Nell'applicare le regole di evoluzione può accadere che un passo debba essere contemporaneamente disattivato e attivato
- Convenzionalmente, tale passo rimane attivo
- Tuttavia, tale situazione è da usare con cautela



C10 ed C11  
entrambe vere!!

Nota se ho:



è un'unica SFC  
↓  
1 e 2 schemi evolvono in parallelo

# LD vs SFC



## SFC

## LD

Vantaggi	Svantaggi	Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progettazione del controllo più agevole</li> <li>• Permette anche una</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nonostante sia stato sviluppato più di 25 anni fa, e nonostante sia presente in</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supportato da tutti i PLC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molto di basso livello</li> <li>• Poco leggibile e quindi mantenibile e</li> </ul>



## Equazioni booleane equivalenti



Introduzione

Elementi Base

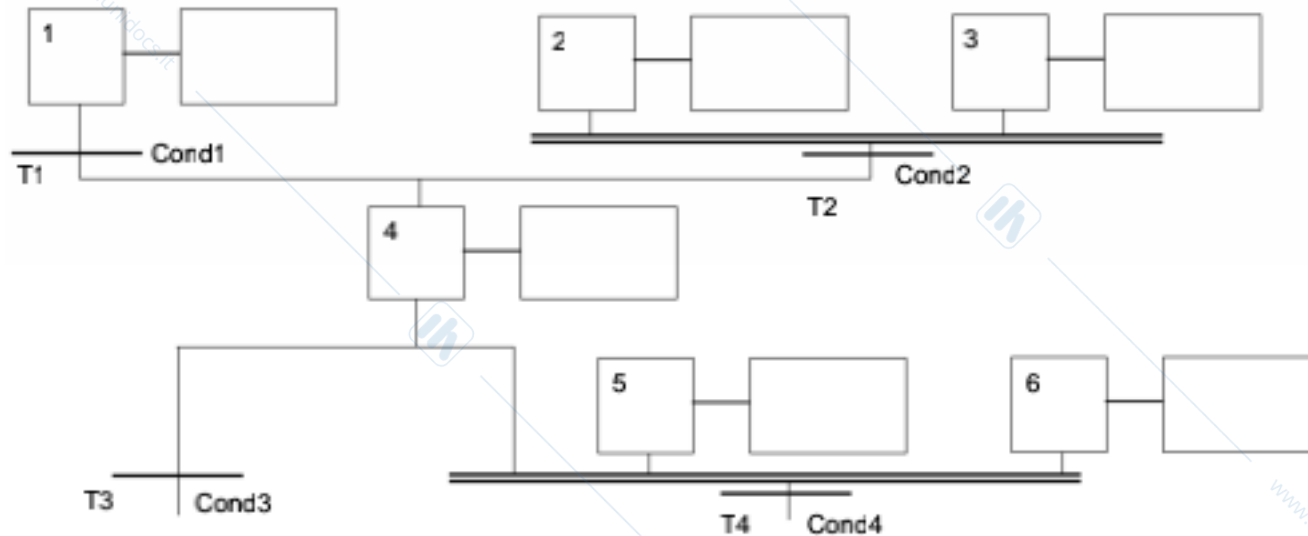
Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

www.unidocs.it

### ✓ Consideriamo il generico passo [4] di un SFC...



Alessio Dedè: Sequential Function Chart – Automazione Industriale A.A. 2011/2012

29



## Interpretazione di un SFC



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

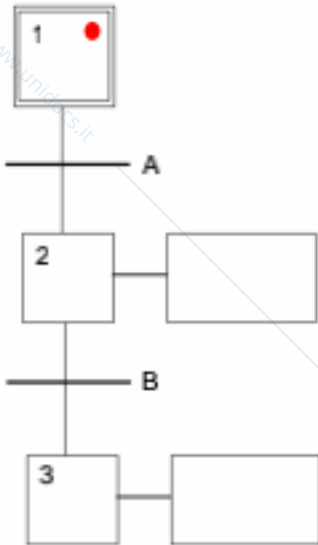
LD ed SFC

- ✓ La rappresentazione formale delle regole di evoluzione (o interpretazione) di uno schema SFC si chiama **algoritmo di evoluzione** (o di interpretazione)

- ✓ In letteratura esistono molte varianti possibili per gli algoritmi



# Interpretazione di un SFC

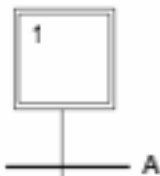


*Ad esempio:*

- ✓ Cosa succede se le condizioni A e B sono contemporaneamente verificate?



# Interpretazione di un SFC



*Ad esempio:*

- ✓ Cosa succede se le condizioni A e B sono contemporaneamente verificate?



## Interpretazione di un SFC



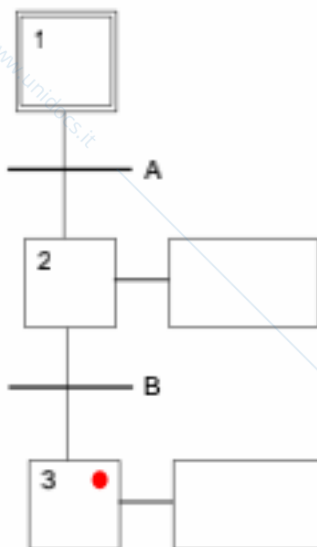
Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC



*Ad esempio:*

- ✓ Cosa succede se le condizioni A e B sono contemporaneamente verificate?
- ✓ Si attiverebbe il passo 2 e... "immediatamente" dopo il passo 3
- ✓ Peccato che "immediatamente" non si possa ottenere con dispositivi reali e tale avverbio vada interpretato...



## Algoritmi di evoluzione di un SFC



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

### ✓ Algoritmi di Evoluzione senza ricerca di stabilità

- Rappresentazione in forma algoritmica delle regole di evoluzione tali che in presenza di sequenze di transizioni con condizione logica vera, queste **vengono superate in cicli diversi**, e non nello stesso ciclo
- **Tutte le uscite associate ai passi intermedi vengono assegnate** (anche



# Algoritmi di evoluzione di un SFC



# Algoritmi di evoluzione di un SFC



✓ **Algoritmo di evoluzione con ricerca di stabilità**





## Traduzione in Ladder Diagram



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ Implementazione in Ladder Diagram di uno schema SFC secondo l'algoritmo di evoluzione senza ricerca di stabilità
- ✓ Ad ogni passo si associa un bit di memoria (rappresenta lo stato del passo)
- ✓ Ad ogni transizione si associa un bit di memoria (rappresenta la condizione che una transizione è superabile in un certo stato)
- ✓ Scomposizione programma in quattro sezioni:
  1. Sezione di inizializzazione
  2. Sezione di esecuzione delle azioni
  3. Sezione di valutazione delle transizioni
  4. Sezione di aggiornamento dello stato



## Traduzione in Ladder Diagram - Inizializzazione



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ Eseguita una sola volta: inizializza ad 1 gli stati dei passi iniziali





## Traduzione in Ladder Diagram - Azioni



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ Per ogni azione di tipo N si prevede un piolo di abilitazione su cui si trovano in OR tutti i passi che prevedono quella azione; eventualmente, se un passo contiene un'azione condizionata da una condizione C1, lo stato di quel passo va in AND con C1
- ✓ Per le azioni memorizzate si usano bobine di tipo Latch o Unlatch
- ✓ Per le azioni impulsive si dovrà codificare in LD l'opportuno rivelatore di fronte



## Traduzione in Ladder Diagram - Azioni



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC





## Traduzione in Ladder Diagram - Transizioni



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ Il bit associato ad ogni transizione è attivato se la transizione è superabile
- ✓ Si ha un piolo per ogni transizione



## Traduzione in Ladder Diagram – Aggiornamento Stato



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ In corrispondenza delle transizioni superabili scrive 0 nei bit degli stati dei passi a monte e scrive 1 in quelli relativi ai passi a valle



## Traduzione in Ladder Diagram – Variabili Temporali



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ Le variabili temporali devono essere realizzate con dei temporizzatori senza ritenzione attivati dai bit di stato dei passi.
- ✓ Questi temporizzatori possono essere messi in una sezione a parte



## Traduzione in Ladder Diagram – Variabili Temporali



Introduzione

Elementi Base

Operatori Base

Regole di Evoluzione

LD ed SFC

- ✓ Associamo al bit Ta il significato di "almeno una transizione è stata abilitata durante la"

