



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Sequential Functional Chart (SFC) - Parte 2

Automazione

Vincenzo Suraci



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

STRUTTURA DEL NUCLEO TEMATICO

- STRUTTURE DI COLLEGAMENTO



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

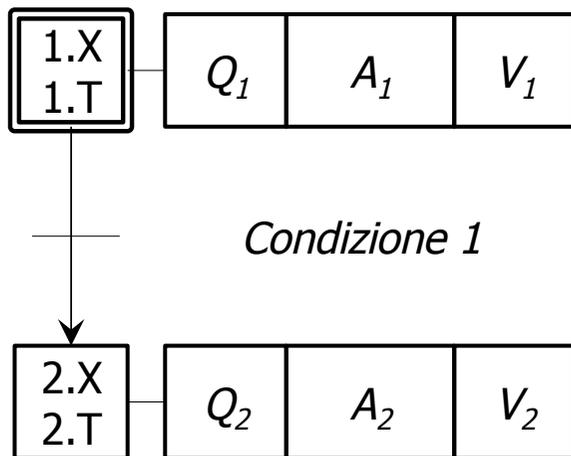
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

STRUTTURE DI COLLEGAMENTO



INTRODUZIONE

Abbiamo visto la STRUTTURA DI BASE del linguaggio SFC.



- $n.X$ – **TIMER** – DURATA dell'intervallo di ATTIVAZIONE
- $n.T$ – **MARKER** – TRUE se lo stato è ATTIVO

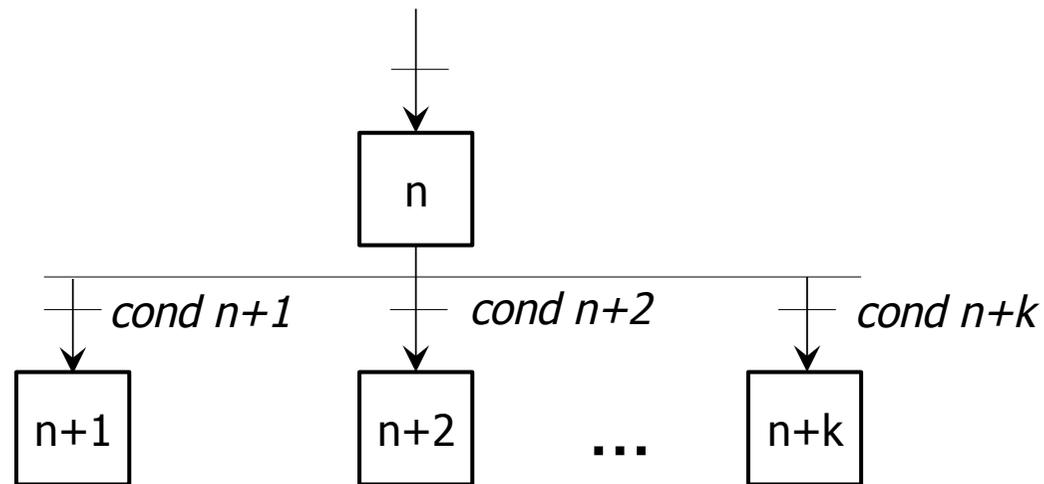
- A_m – **IDENTIFICATORE** (UNIVOCO) della azione
- Q_m – **QUALIFICATORE** della tipologia di azione
- V_m – **VARIABILE** TRUE se l'azione è stata terminata

Passiamo ora a studiare le STRUTTURE DI COLLEGAMENTO tra i diversi STATI.



SCELTA o DIVERGENZA

La prima STRUTTURA DI COLLEGAMENTO è la **SCELTA** o **DIVERGENZA** tra due o più stati successivi.



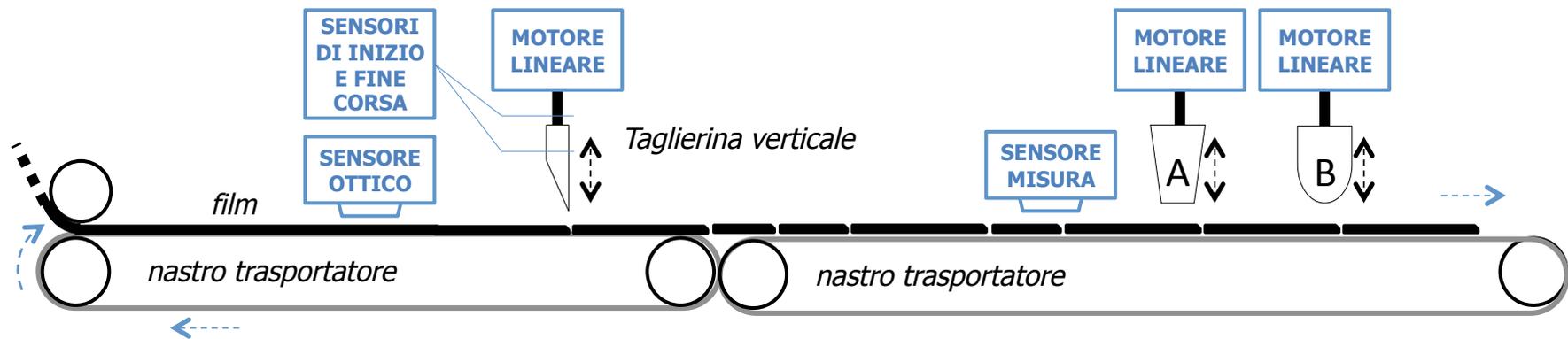
Quando lo STATO n è ATTIVO, le CONDIZIONI A VALLE sono ABILITATE. Per decidere quale sarà lo stato SUCCESSIVO, è necessario verificare quale delle condizioni abilitate è TRUE.



SCELTA o DIVERGENZA

ESEMPIO

Riprendendo L'ESEMPIO DALLA TAGLIERINA, supponiamo che **A VALLE** del dispositivo di taglio vi sia un **SENSORE DI MISURA** che IN BASE ALLA MISURAZIONE del pezzo tagliato esegue **DUE STAMPI DIFFERENTI**.

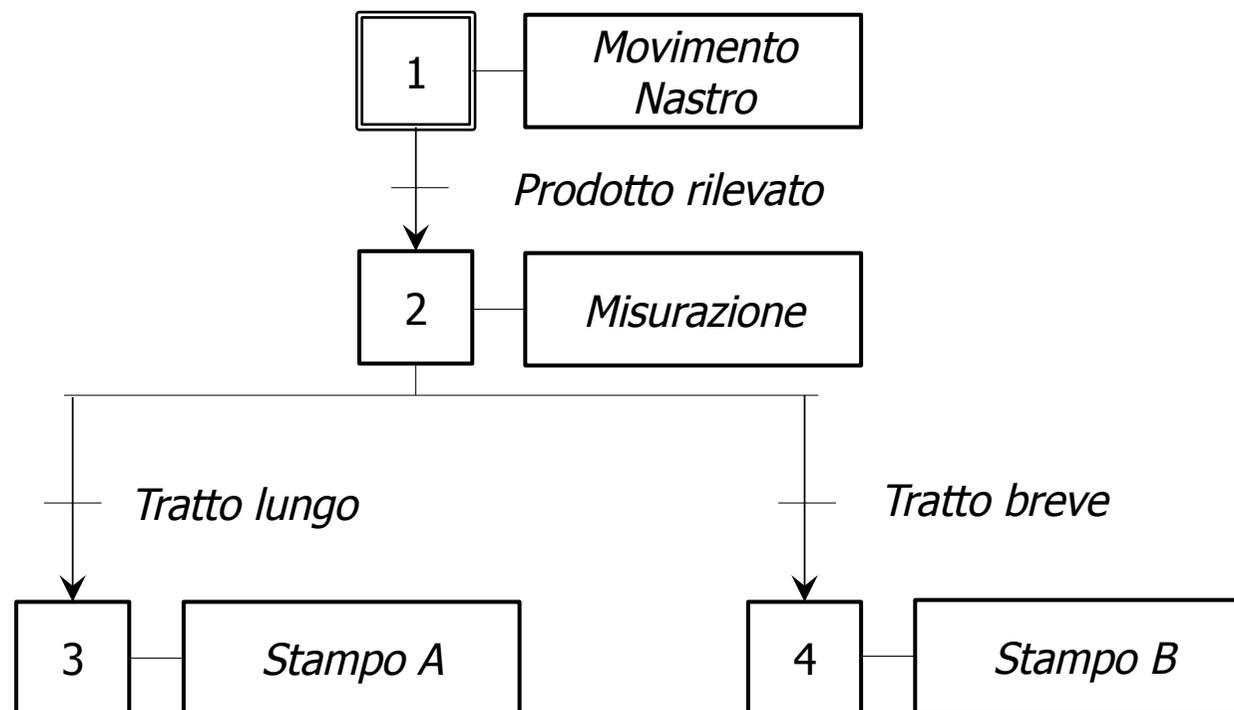


È evidente che per un corretto funzionamento è necessario che le **AZIONI DI STAMPO** siano **MUTAMENTE ESCLUSIVE**.



SCELTA o DIVERGENZA

Tracciando il diagramma SFC avremo:

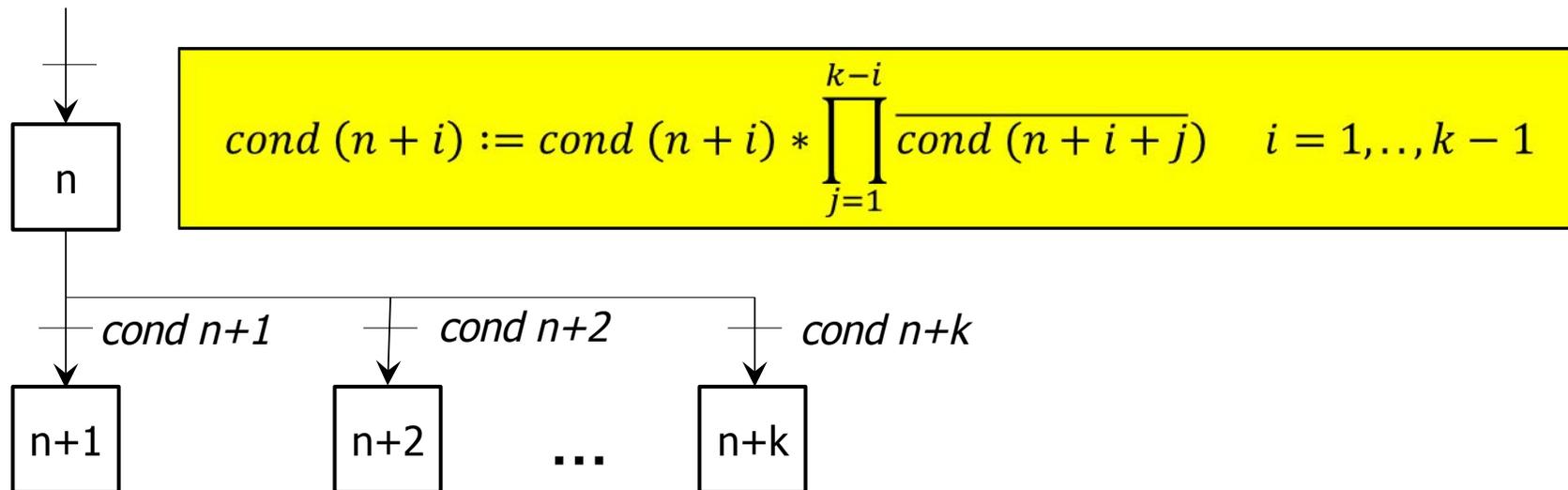




SCELTA o DIVERGENZA

PROPRIETÀ DI MUTUA ESCLUSIONE

Lo standard IEC 61131-3 richiede che la STRUTTURA DI COLLEGAMENTO di tipo **SCELTA** o **DIVERGENZA** soddisfi il vincolo di **MUTUA ESCLUSIONE** delle scelte.

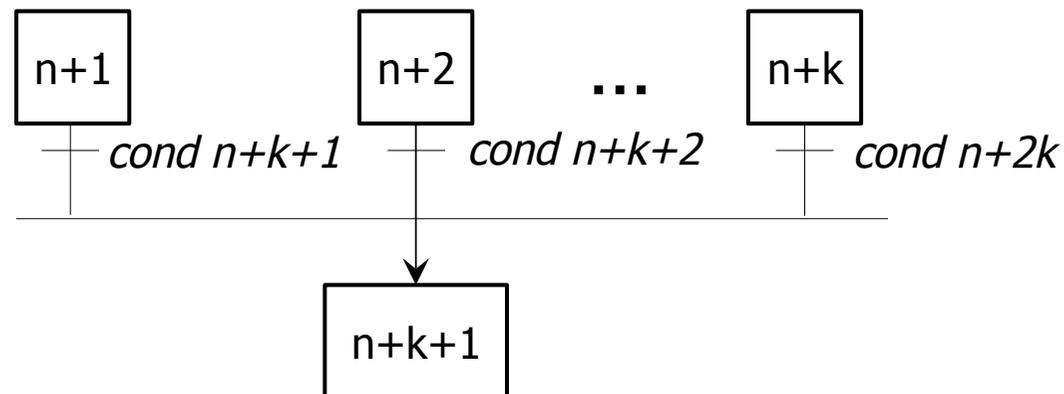


Per IMPORRE tale vincolo, viene aggiunto alle condizioni di scelta l'**AND LOGICO** di tutte le **CONDIZIONI** successive **NEGATE**.



CONVERGENZA

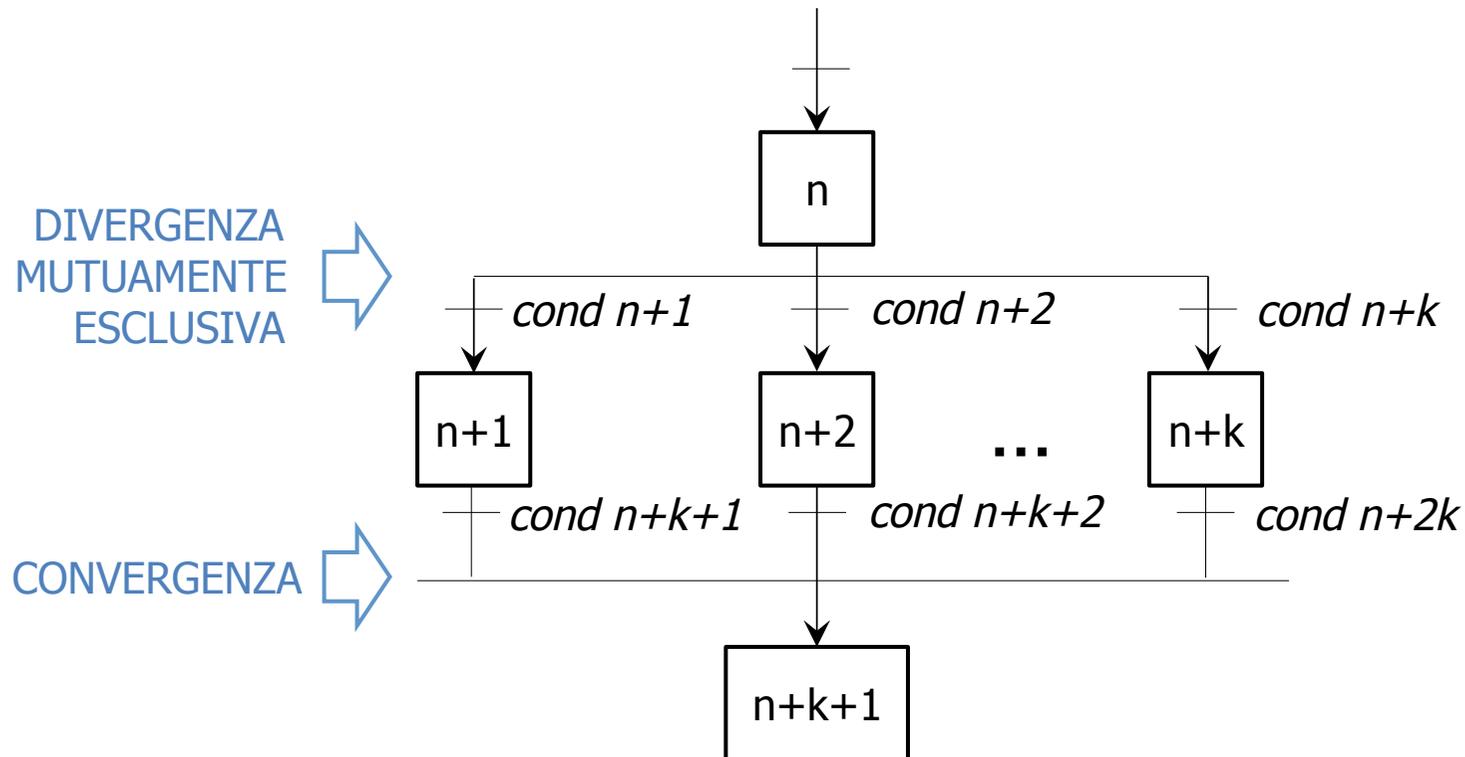
La STRUTTURA DI COLLEGAMENTO che vede **TERMINARE PIÙ SEQUENZE** in un **MEDESIMO STATO** attraverso **DIFFERENTI TRANSIZIONI**, è la **CONVERGENZA**.





CONVERGENZA

La CONVERGENZA è la logica TERMINAZIONE di una DIVERGENZA MUTUAMENTE ESCLUSIVA.

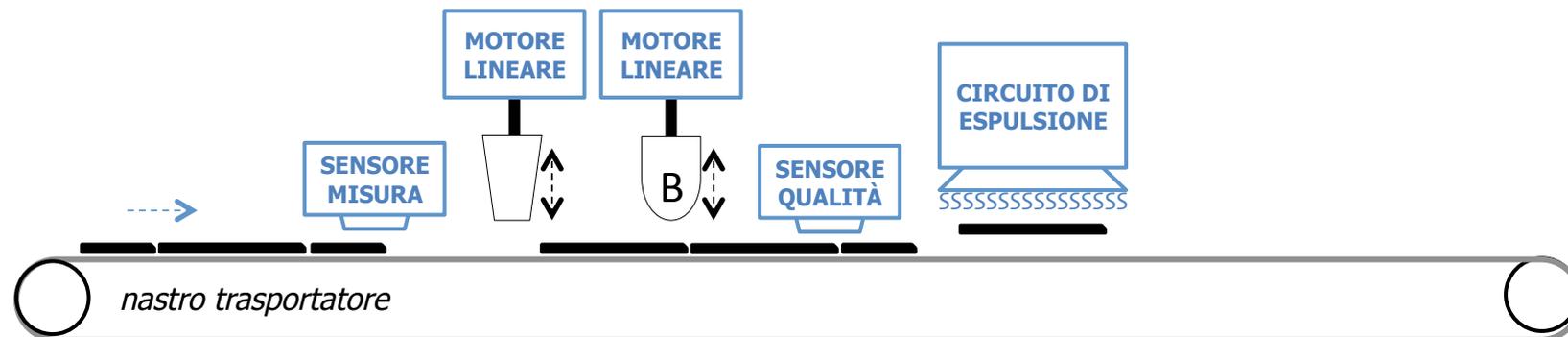




CONVERGENZA

ESEMPIO

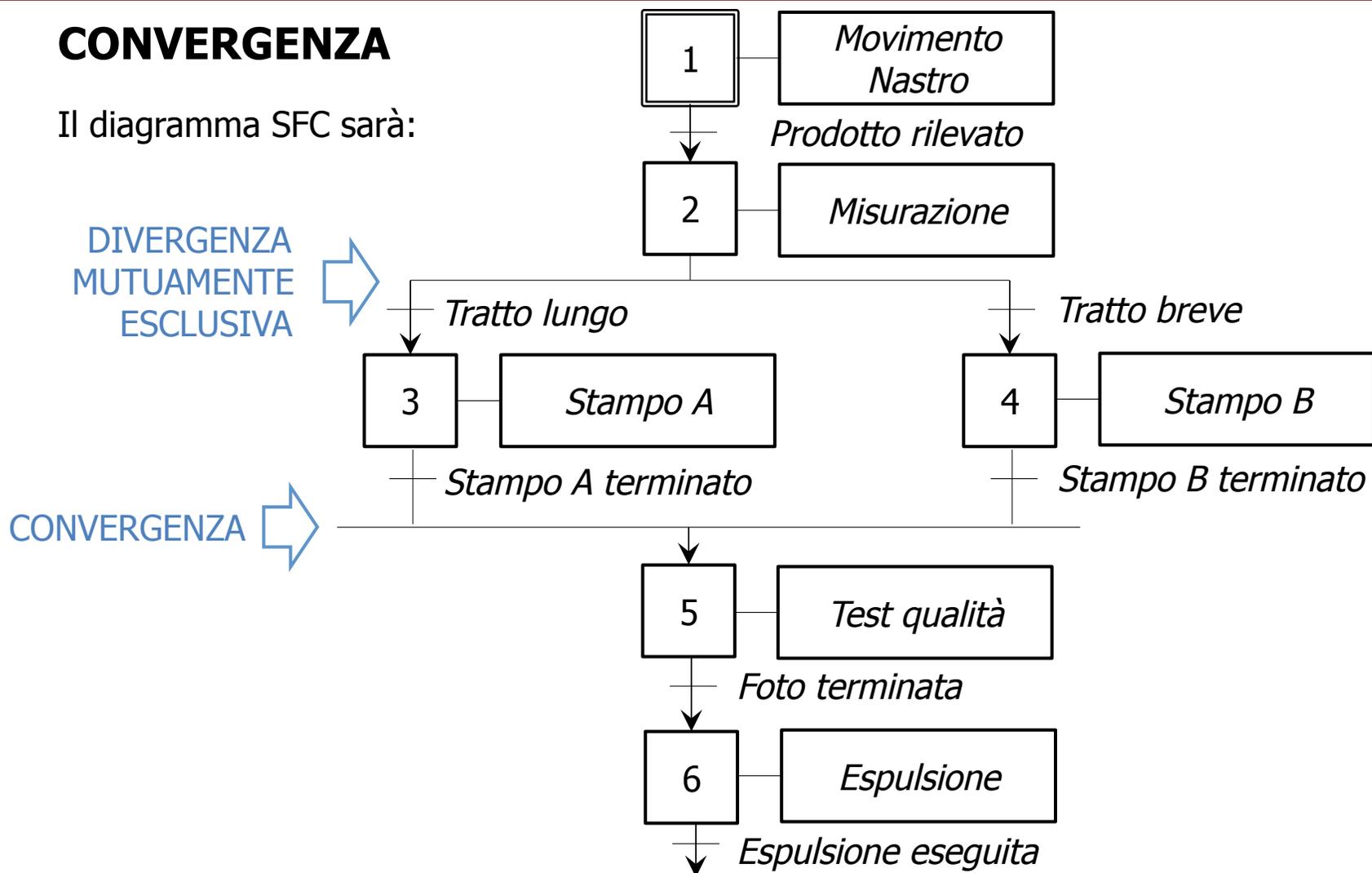
Riprendendo L'ESEMPIO di prima, supponiamo che A VALLE del dispositivo di stampo vi sia un SENSORE DI QUALITÀ che FOTOGRAFA il pezzo e quindi un circuito di espulsione del pezzo.





CONVERGENZA

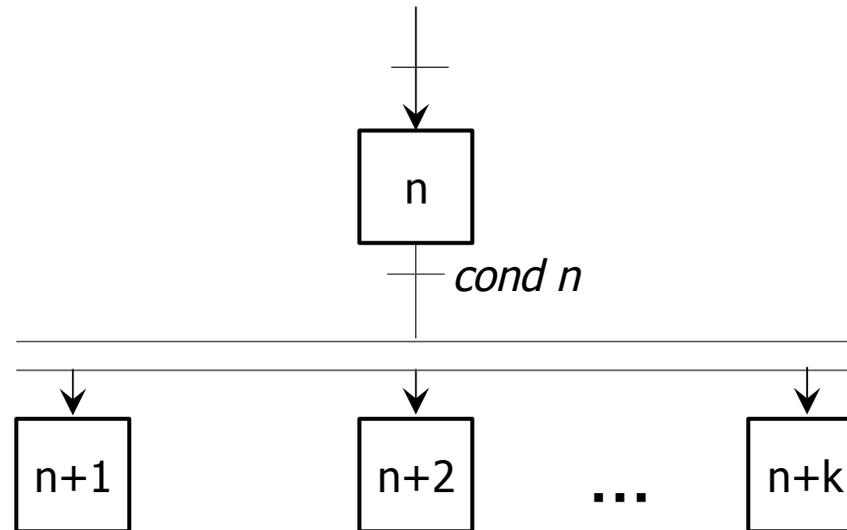
Il diagramma SFC sarà:





PARALLELISMO

La STRUTTURA DI COLLEGAMENTO che permette l'attivazione di SEQUENZE PARALLELE a partire da una singola TRANSIZIONE, è il **PARALLELISMO**.



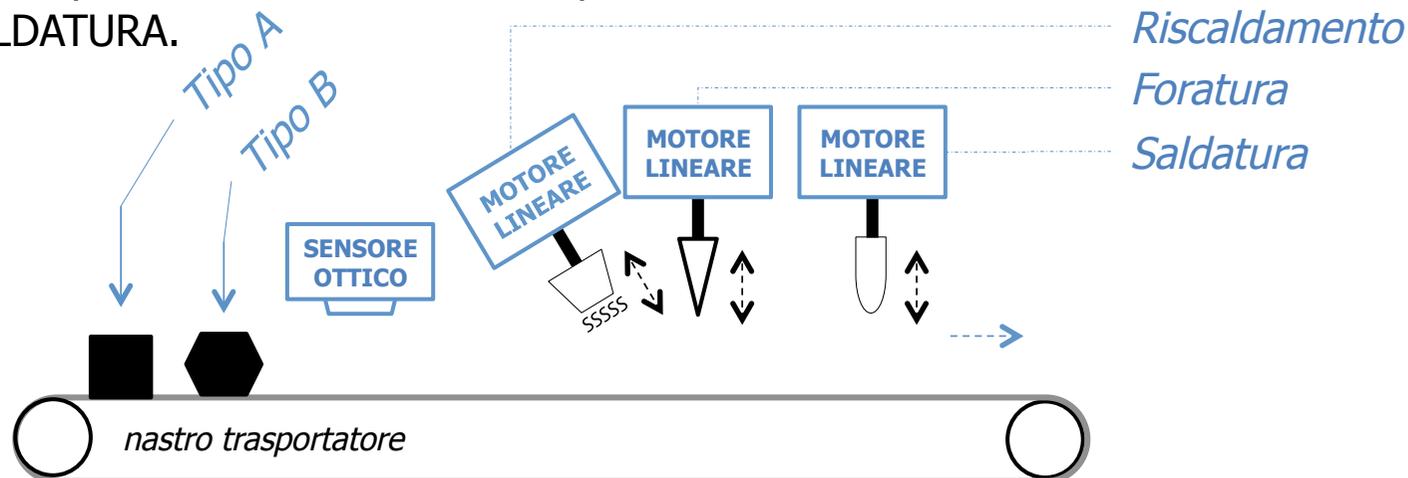
Quando la TRANSIZIONE viene ATTIVATA, TUTTI gli STATI A VALLE vengono ATTIVATI.



PARALLELISMO

ESEMPIO

Si consideri un sistema di lavorazione di due ELEMENTI METALLICI (TIPO A e TIPO B) composto da un NASTRO TRASPORTATORE, un SENSORE OTTICO per la rilevazione del tipo di pezzo e tre azionamenti deputati al RISCALDAMENTO, alla FORATURA e alla SALDATURA.

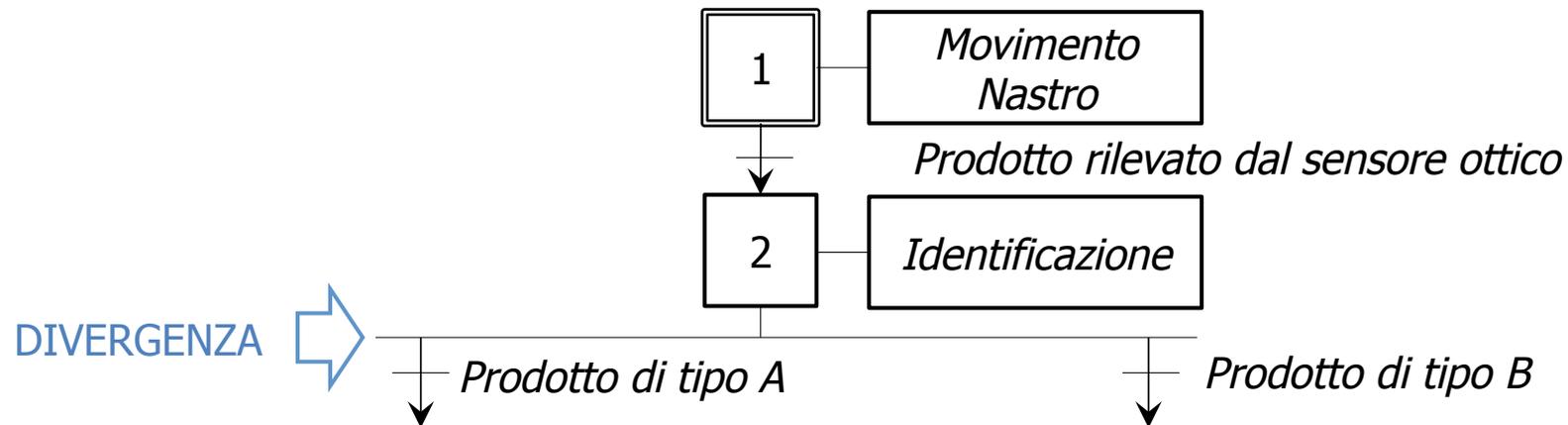


- Se il pezzo da lavorare è di TIPO A, deve essere CONTEMPORANEAMENTE RISCALDATO ad una temperatura prefissata e FORATO;
- Se il pezzo da lavorare è di TIPO B, deve essere RISCALDATO e FORATO e in seguito RISCALDATO e SALDATO.



PARALLELISMO

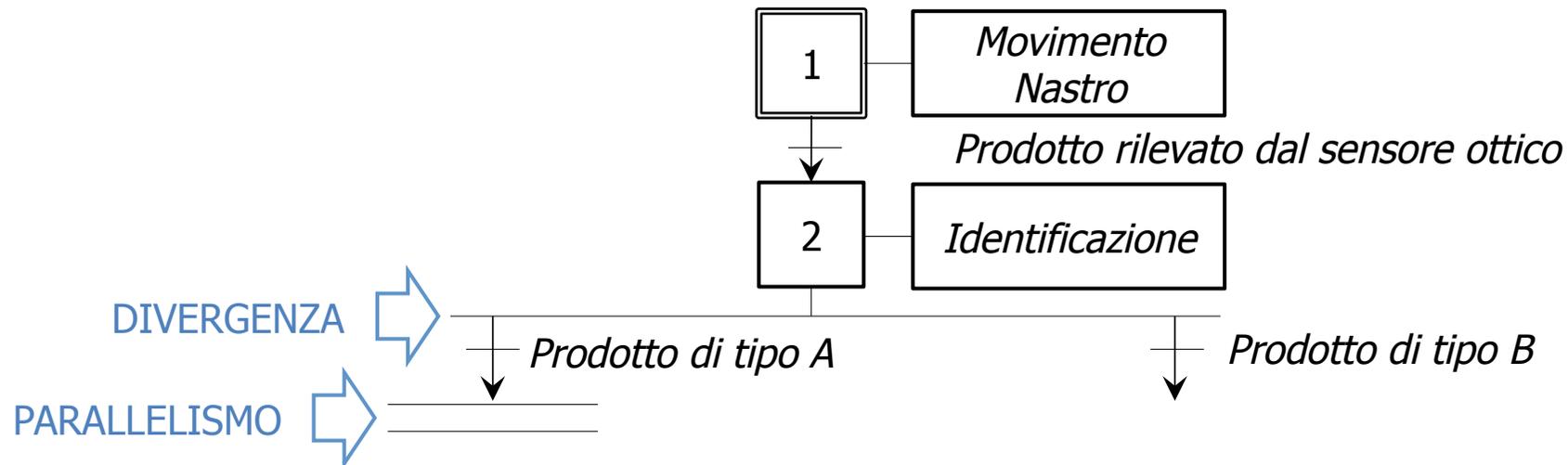
Progettiamo la logica di controllo tramite diagrammi SFC. Innanzitutto AZIONIAMO IL NASTRO TRASPORTATORE ed IDENTIFICHIAMO IL PEZZO DA LAVORARE usando una DIVERGENZA:





PARALLELISMO

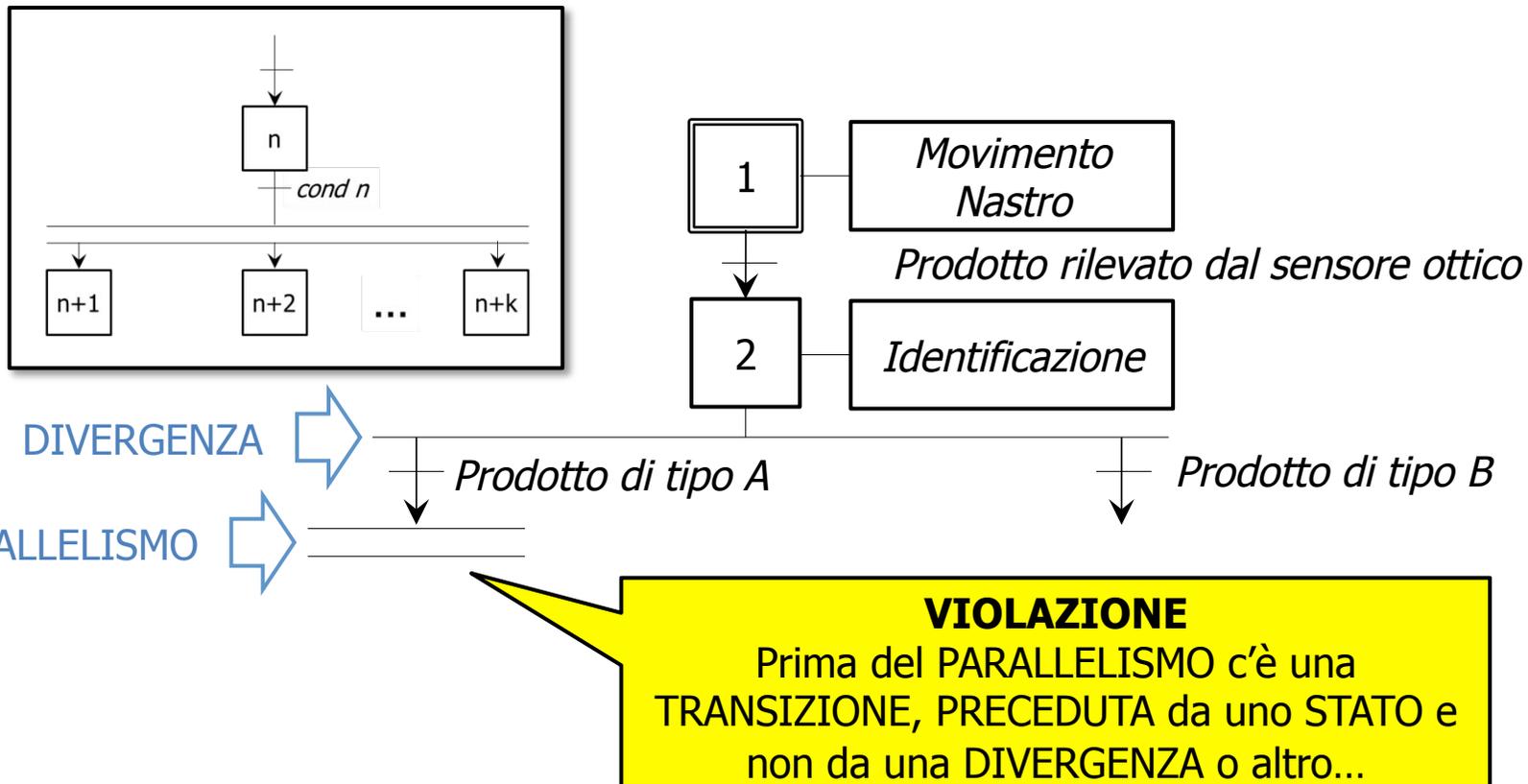
Considerando il ramo a sinistra (Prodotto di tipo A), dovremmo utilizzare un PARALLELISMO per attuare RISCALDAMENTO e FORATURA come da specifica.





PARALLELISMO

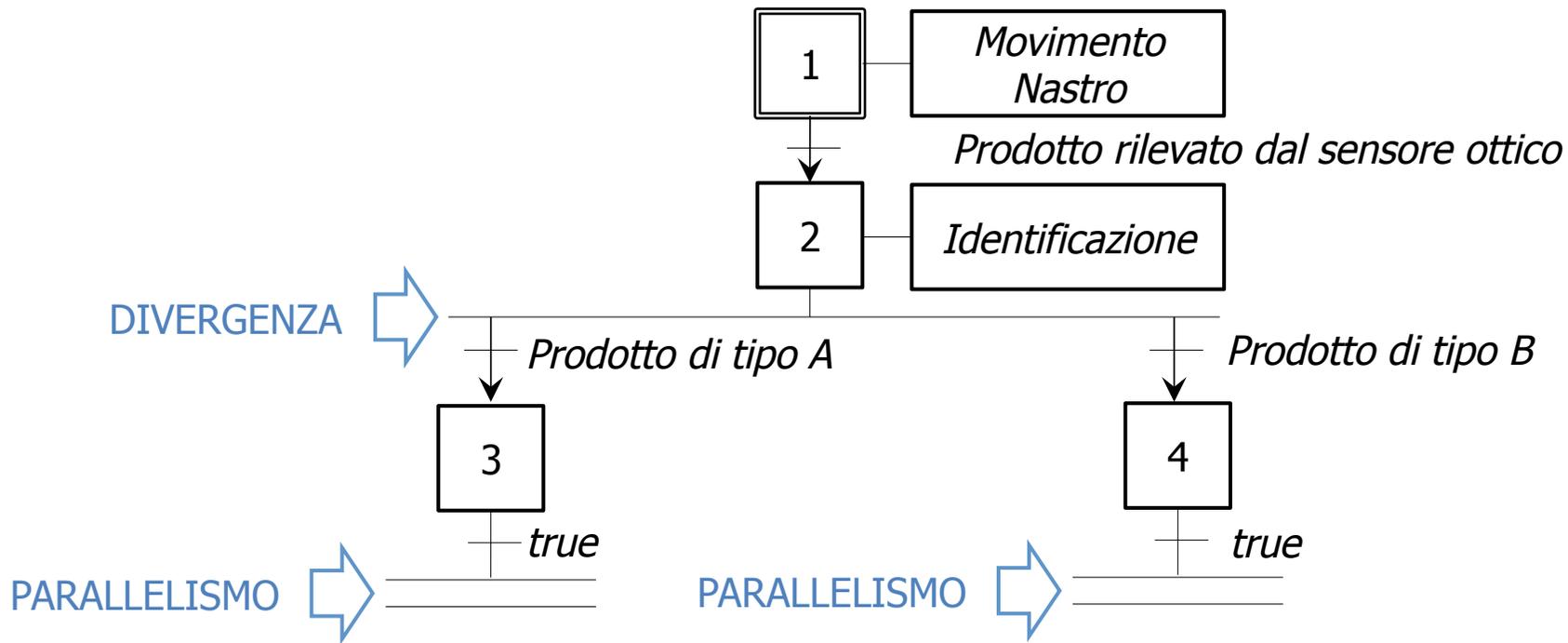
Ma questa rappresentazione VIOLA il FORMALISMO dei DIAGRAMMI SFC.





PARALLELISMO

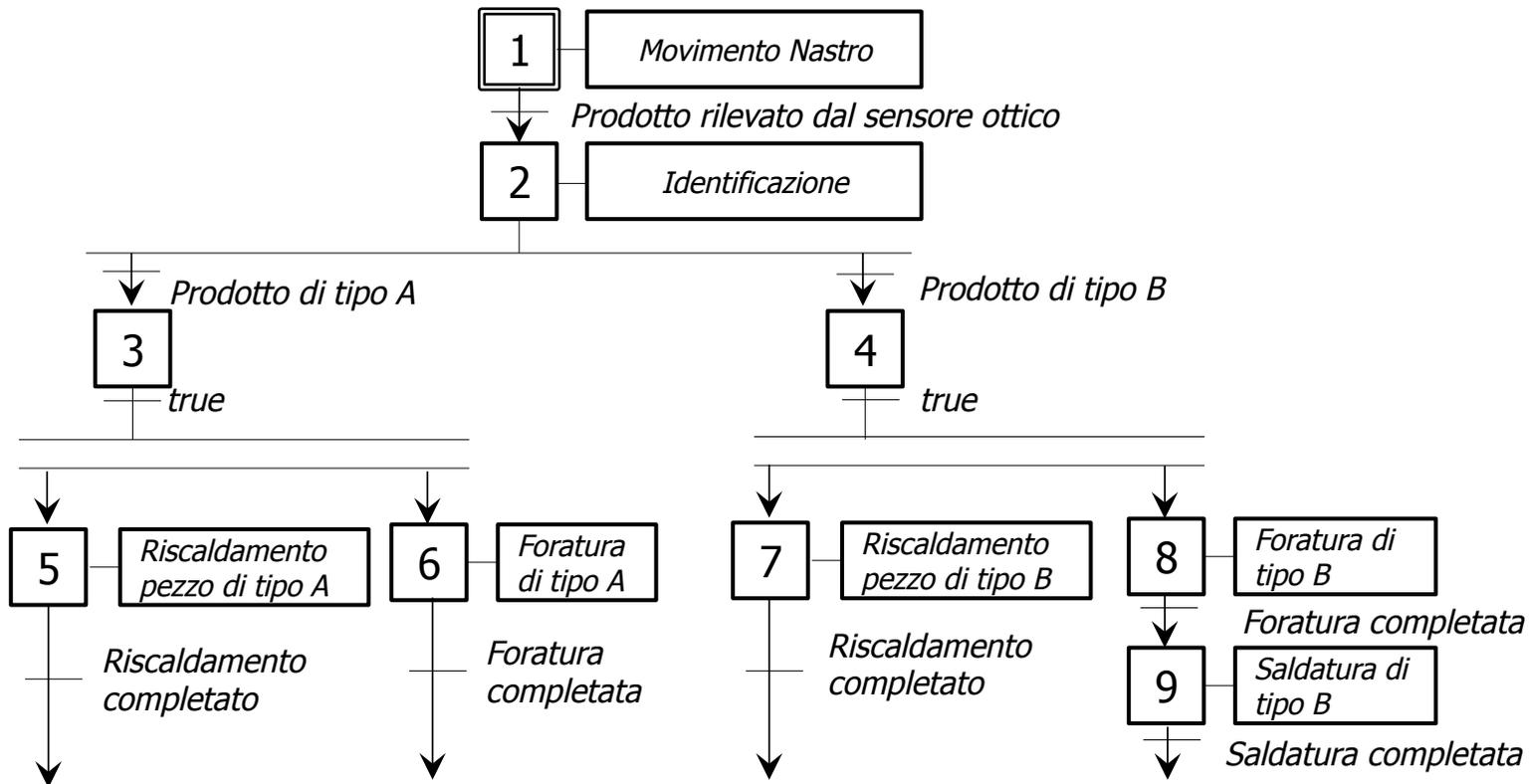
La soluzione è quella di introdurre uno STATO DUMMY, che non fa NULLA, la cui TRANSIZIONE è sempre TRUE. L'utilità degli stati dummy è quella di conservare la CORRETTEZZA FORMALE del diagramma SFC.





PARALLELISMO

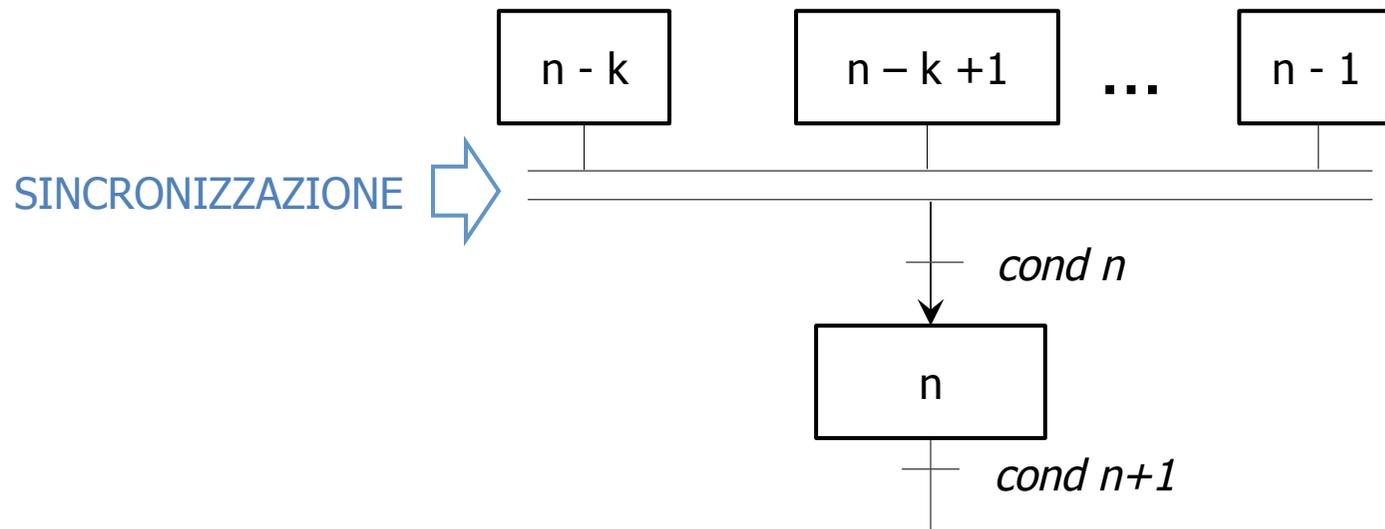
Terminiamo quindi l'esempio, riportando le azioni degli stati da eseguire in parallelo.





SINCRONIZZAZIONE

La STRUTTURA DI COLLEGAMENTO duale al parallelismo è la SINCRONIZZAZIONE.
Essa è data da una TRANSIZIONE con più STATI A MONTE.

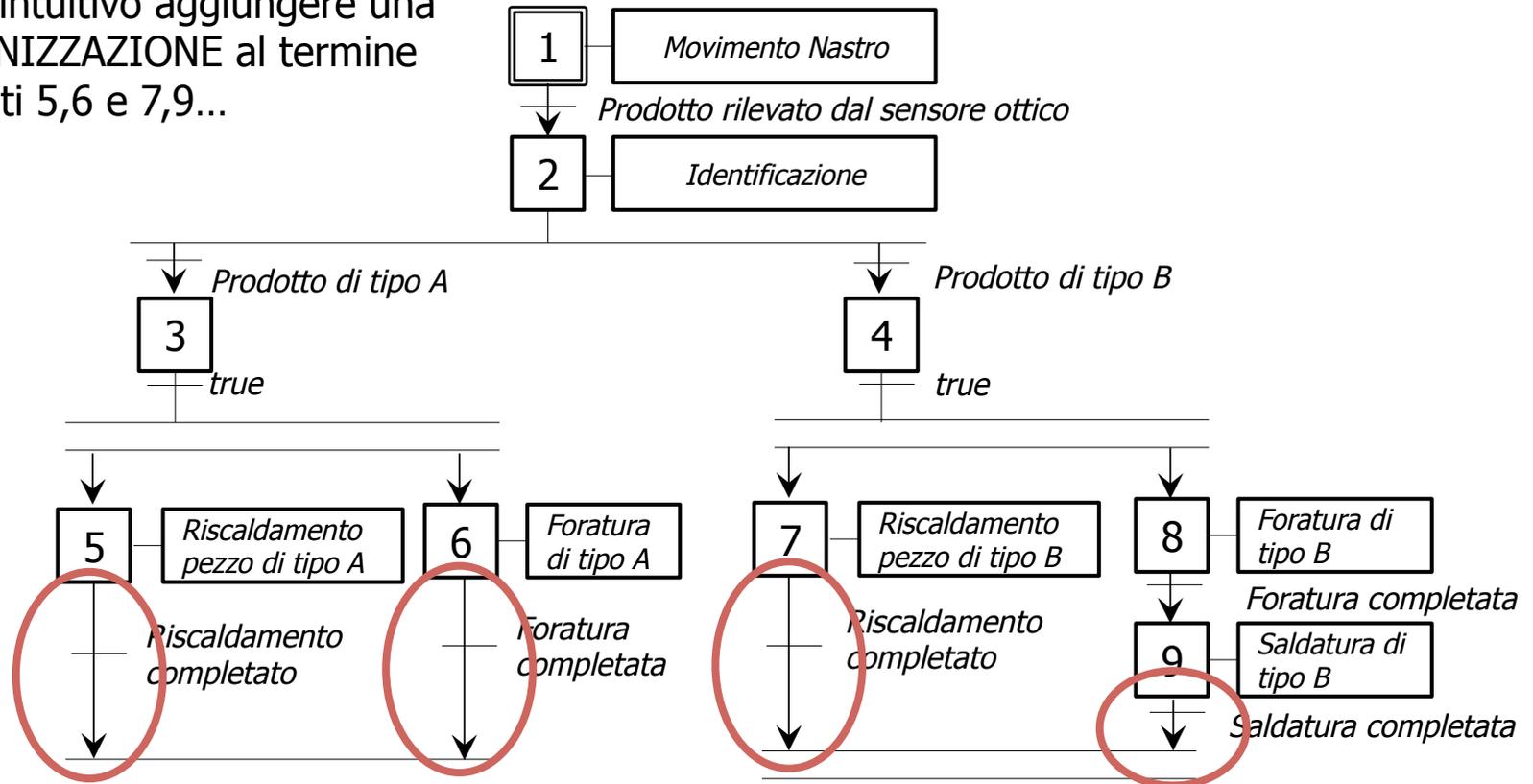


La TRANSIZIONE viene ABILITATA solo quando TUTTI gli STATI A MONTE vengono ATTIVATI.



SINCRONIZZAZIONE

Sembra intuitivo aggiungere una SINCRONIZZAZIONE al termine degli stati 5,6 e 7,9...

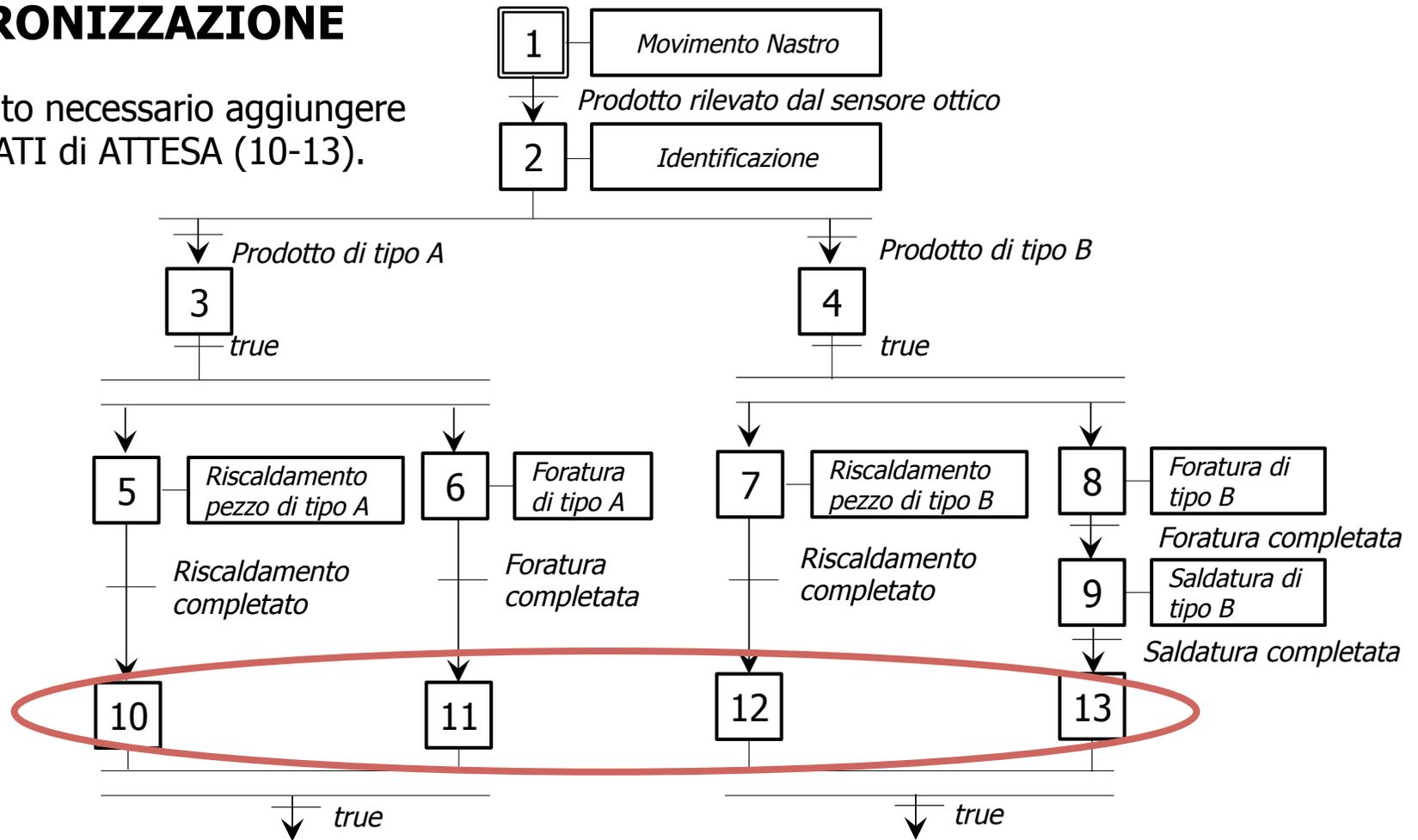


VIOLAZIONE - Prima della SINCRONIZZAZIONE NON ci sono TRANSIZIONI, ma STATI...



SINCRONIZZAZIONE

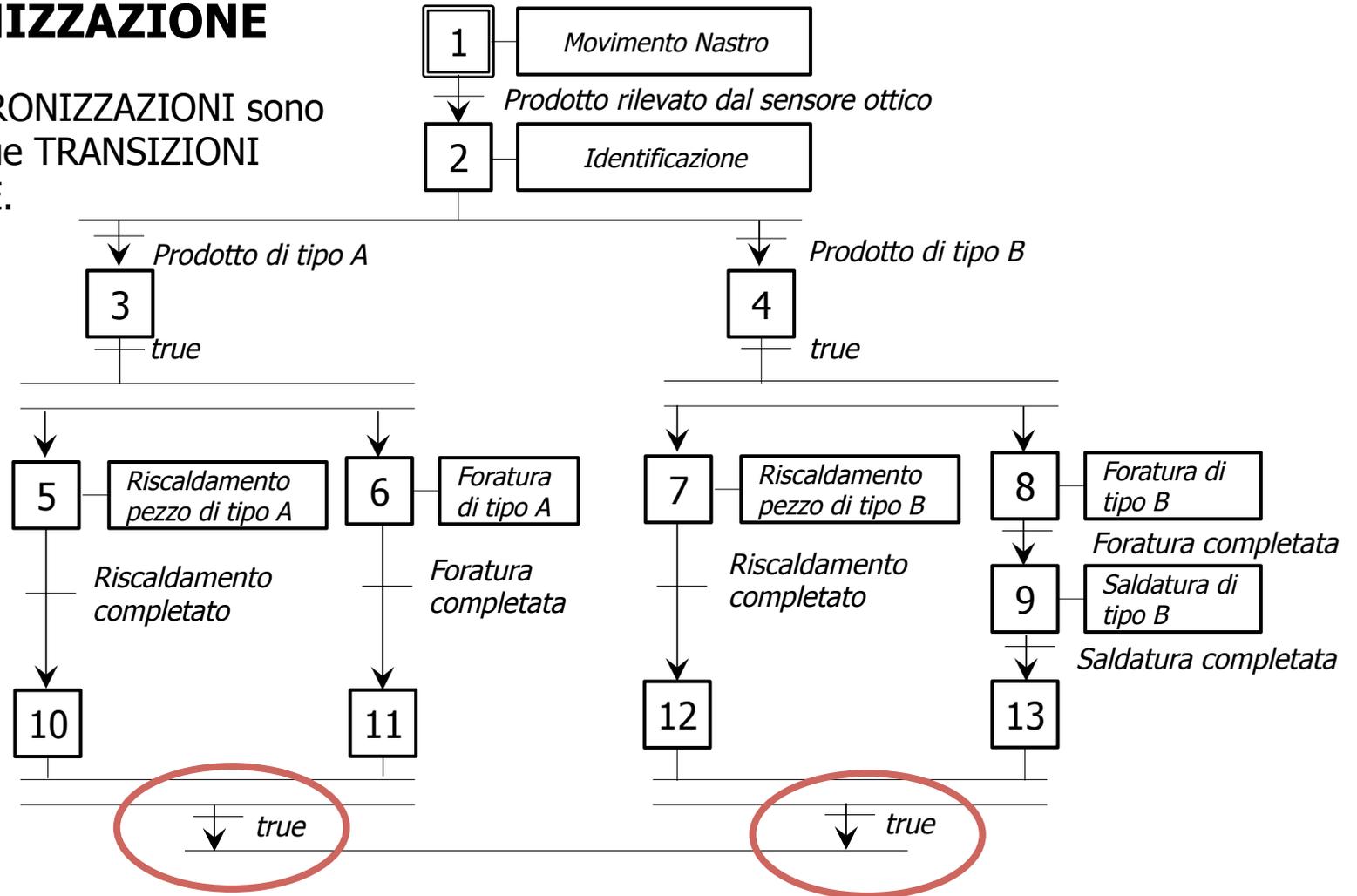
È pertanto necessario aggiungere degli STATI di ATTESA (10-13).





SINCRONIZZAZIONE

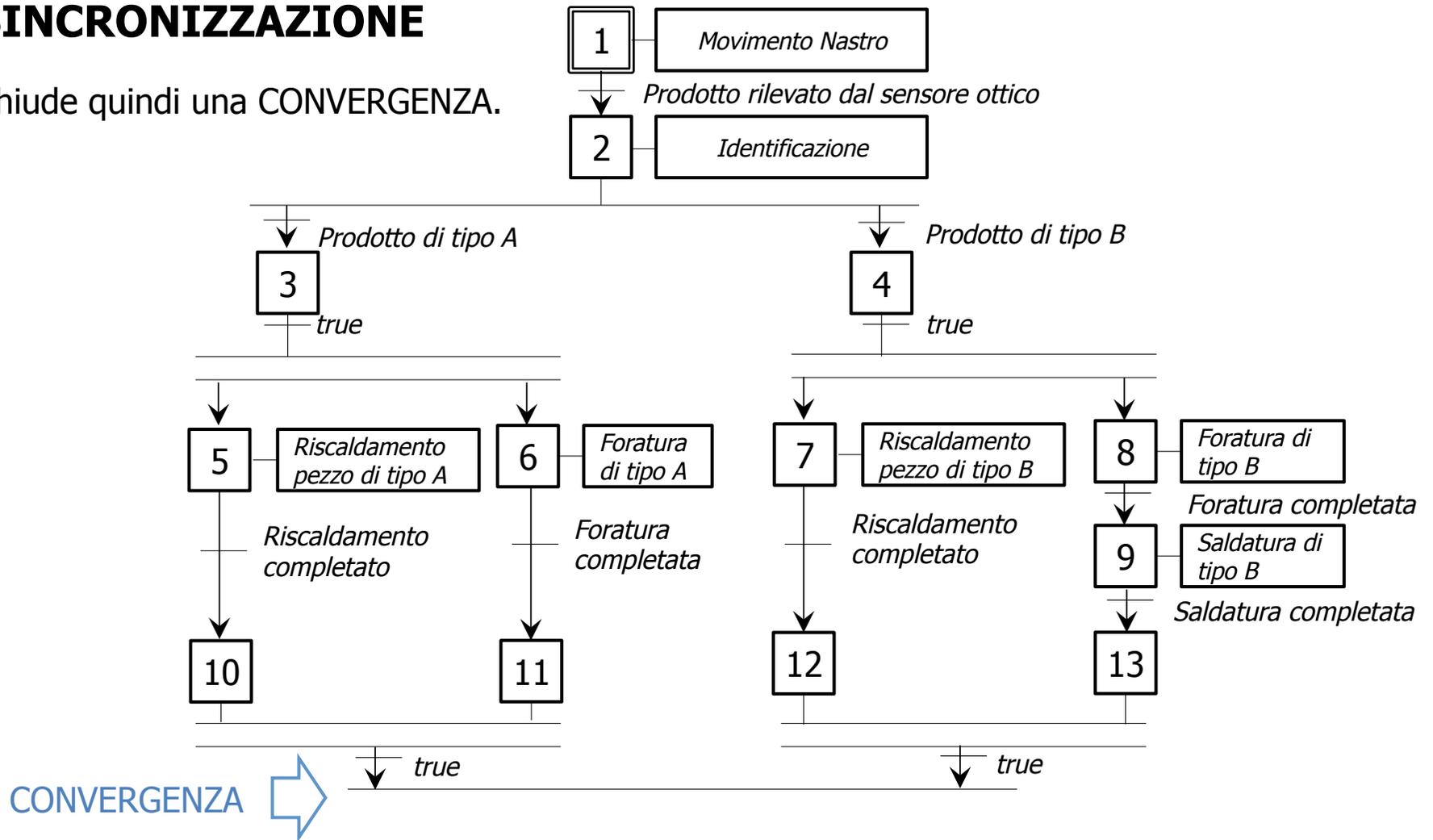
Le due SINCRONIZZAZIONI sono seguite da due TRANSIZIONI poste a TRUE.





SINCRONIZZAZIONE

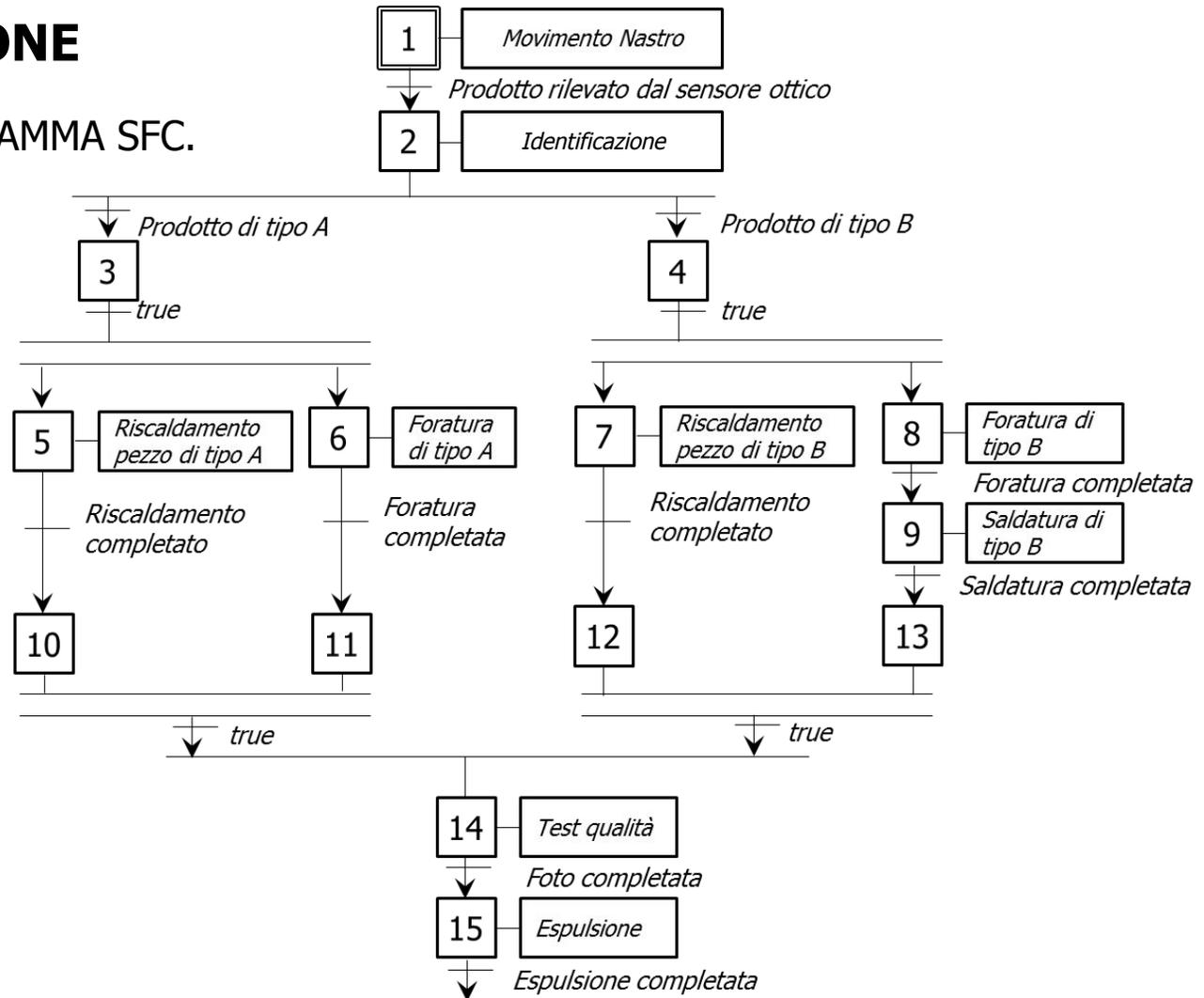
Chiude quindi una CONVERGENZA.





SINCRONIZZAZIONE

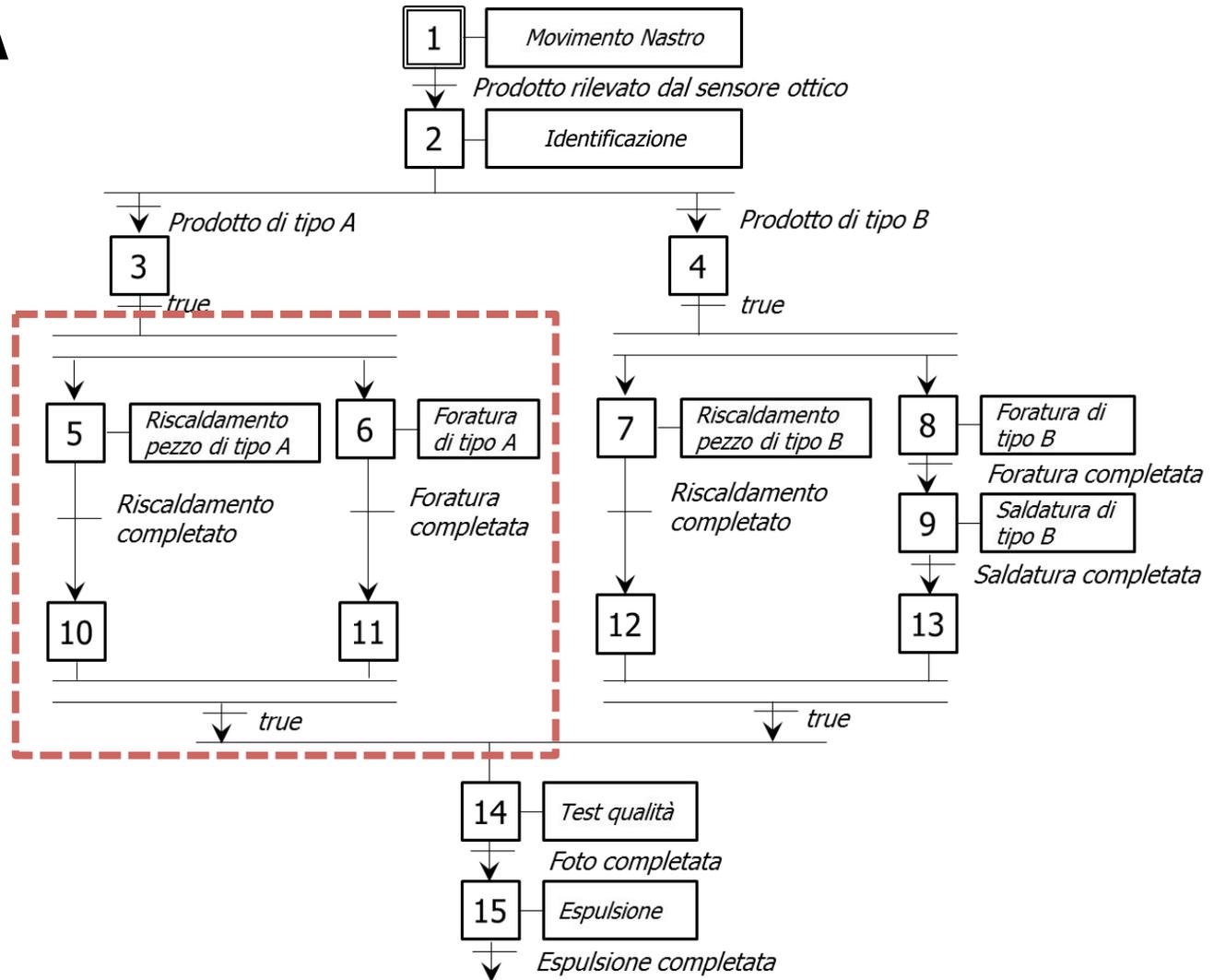
Si chiude quindi il DIAGRAMMA SFC.





STATI di ATTESA

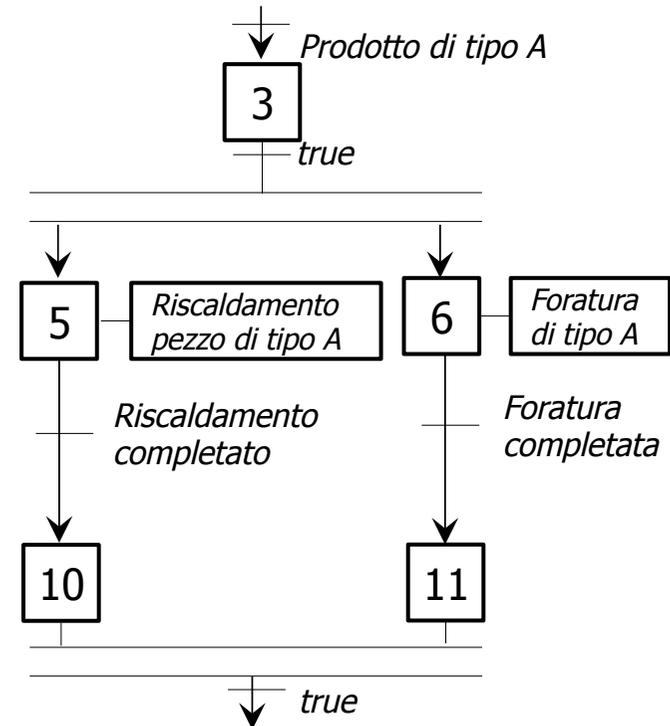
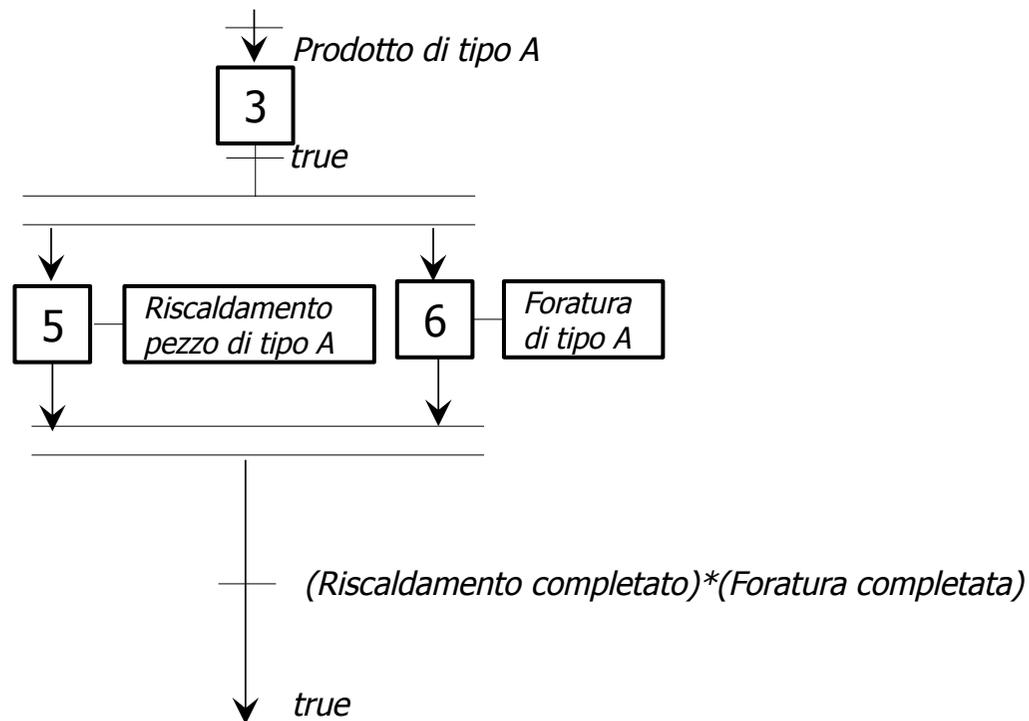
L'inserimento degli STATI di ATTESA serve a far TERMINARE gli stati operativi INDIPENDENTEMENTE l'uno dall'altro.





STATI di ATTESA

Nel diagramma SFC a SINISTRA, gli stati 5 e 6 devono RIMANERE ENTRAMBI ATTIVI fino a quando il più lento dei due stati termina. Nel diagramma SFC a DESTRA, gli stati 5 e 6 possono DIVENTARE INATTIVI INDIPENDENTEMENTE L'UNO DALL'ALTRO.

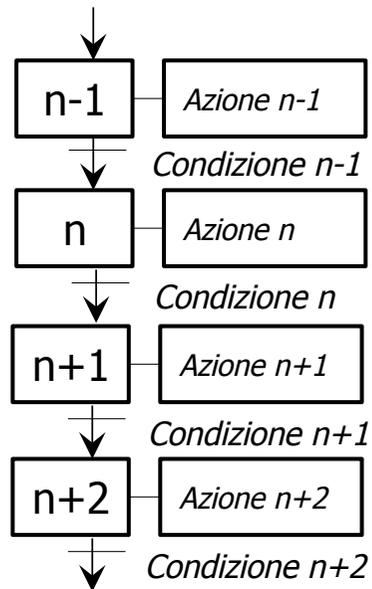




MUTUA ESCLUSIONE

Cosa succede se due SEQUENZE INDIPENDENTI devono accedere ad una RISORSA CONDIVISA, MUTUAMENTE ESCLUSIVA, del sistema da automatizzare?

Sequenza n

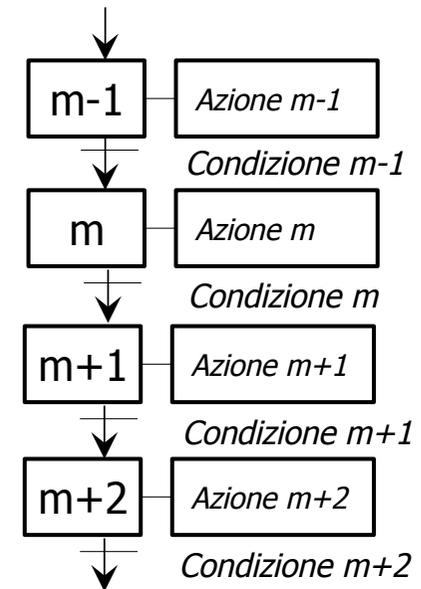


Risorsa condivisa mutuamente esclusiva



manipolatore

Sequenza m





MUTUA ESCLUSIONE

Supponiamo che gli STATI n ed $n+1$ della SEQUENZA n e gli STATI m ed $m+1$ della SEQUENZA m ACCEDANO CONCORRENTEMENTE alla STESSA RISORSA CONDIVISA.

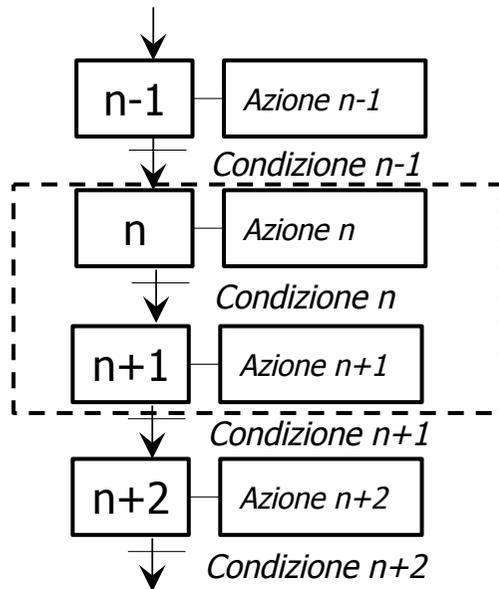




MUTUA ESCLUSIONE

È necessario EVITARE che gli stati n o $n+1$ siano ATTIVI CONTEMPORANEAMENTE con gli stati m o $m+1$.

Sequenza n

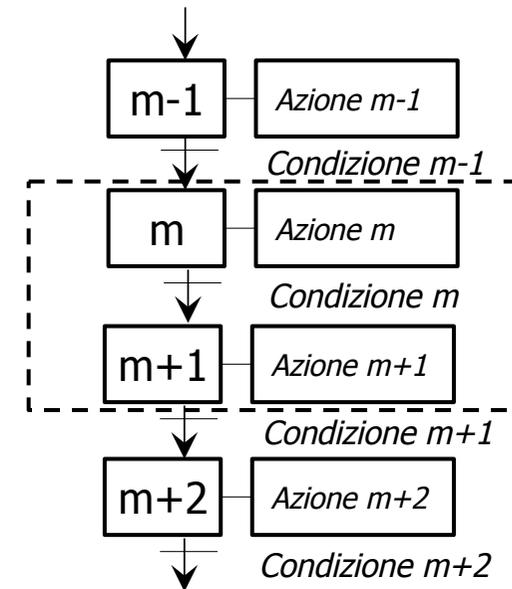


Risorsa condivisa mutuamente esclusiva



manipolatore

Sequenza m





MUTUA ESCLUSIONE

OSSERVAZIONE

PROVIAMO ad imporre una condizione di MUTUA ESCLUSIONE sulle CONDIZIONI...



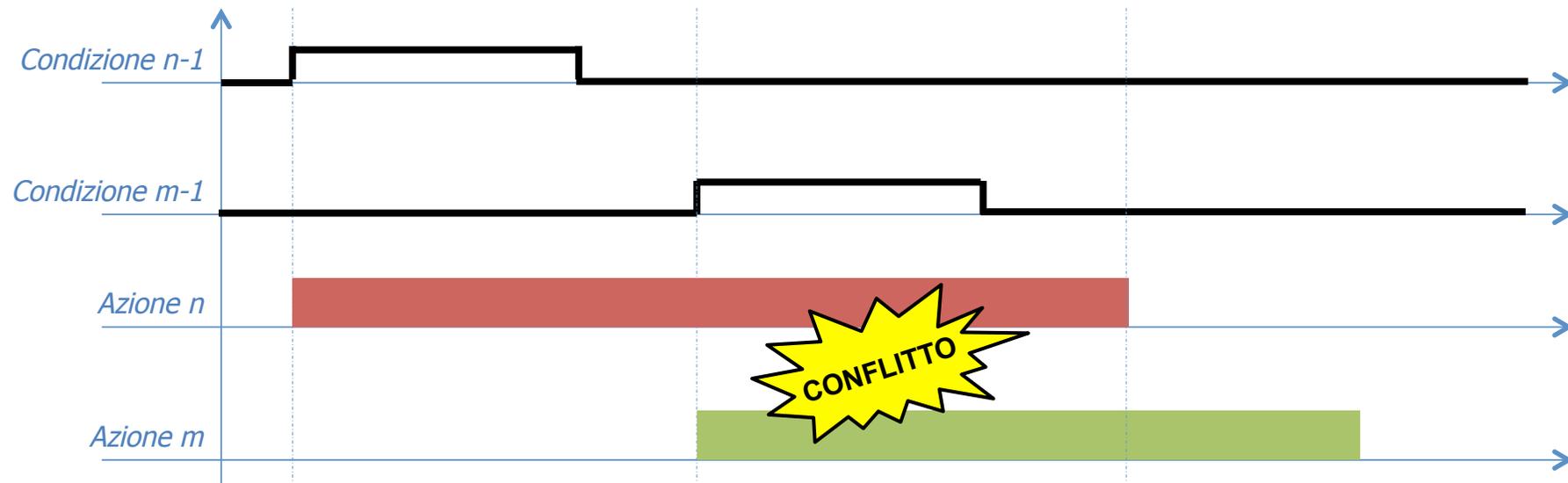
$$\text{Condizione } m-1 := (\text{Condizione } m-1) * (\text{not Condizione } n-1)$$



MUTUA ESCLUSIONE

OSSERVAZIONE

PROVIAMO ad imporre una condizione di MUTUA ESCLUSIONE sulle CONDIZIONI...
...Ma tale soluzione NON GARANTISCE la MUTUA ESCLUSIONE !!!



$Condizione\ m-1 := (Condizione\ m-1) * (not\ Condizione\ n-1)$

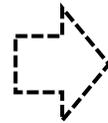


SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

DEFINIZIONE

Si definisce SEMAFORO uno STATO associato ad una RISORSA CONDIVISA MUTUAMENTE ESCLUSIVA. Un SEMAFORO È ATTIVO SE E SOLO SE LA RISORSA È DISPONIBILE.

*Risorsa condivisa
mutuamente esclusiva*



Semaforo

$S.X = 1 \leftarrow \rightarrow$ *risorsa disponibile*

OSSERVAZIONE

In generale per indicare che all'avvio del controllo logico sequenziale una risorsa è disponibile, il SEMAFORO è rappresentato da uno STATO INIZIALE.

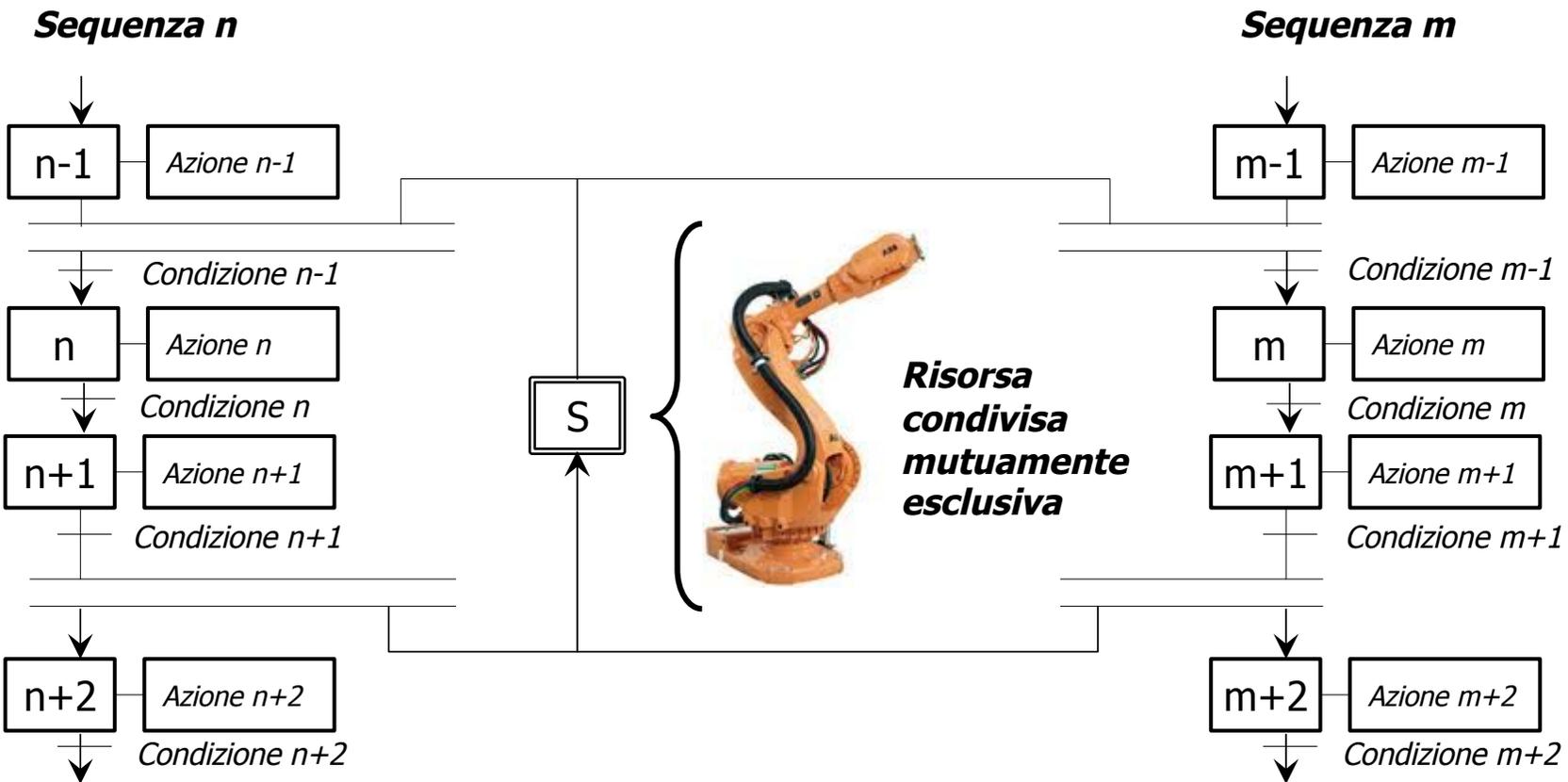


Semaforo



SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

Usiamo il SEMAFORO, il PARALLELISMO e la SINCRONIZZAZIONE per risolvere il problema di ACCESSO CONCORRENTE ad una RISORSA CONDIVISA MUTUAMENTE ESCLUSIVA.





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

Supponiamo che gli STATI $n-1$, $m-1$ siano ATTIVI. Supponiamo che la risorsa condivisa sia LIBERA. Supponiamo che le Condizioni $n-1$ e $m-1$ NON SIANO VERIFICATE.



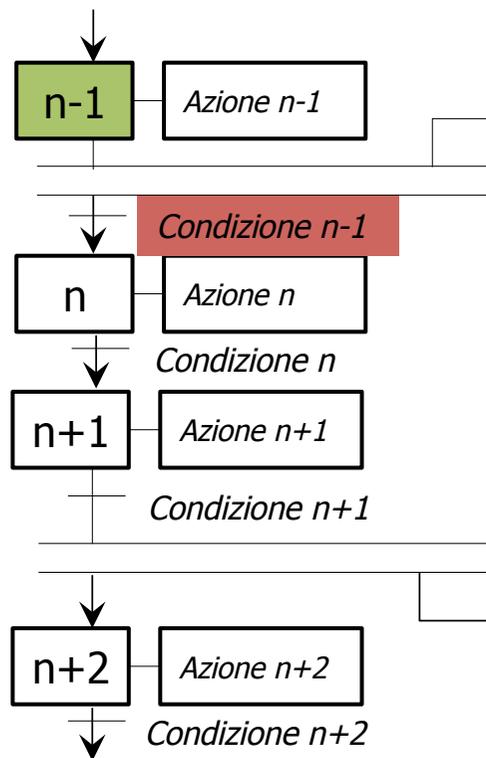


SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

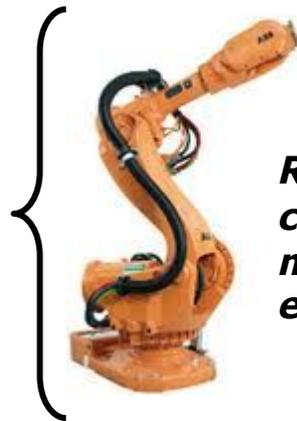
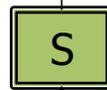
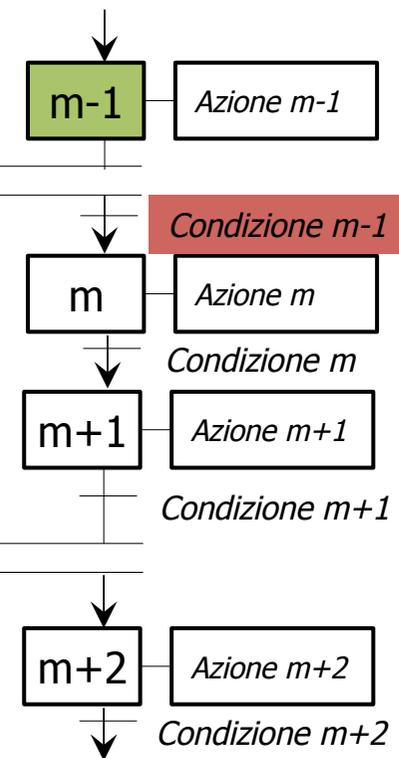
Dato che gli STATI $n-1$ ed S sono ATTIVI, la Transizione $n-1$ è ABILITATA.

Dato che gli STATI $m-1$ ed S sono ATTIVI, la Transizione $m-1$ è ABILITATA.

Sequenza n



Sequenza m



**Risorsa
condivisa
mutuamente
esclusiva**



SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

Supponiamo che ad un Istante di tempo t , la Condizione $n-1$ sia VERIFICATA...





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

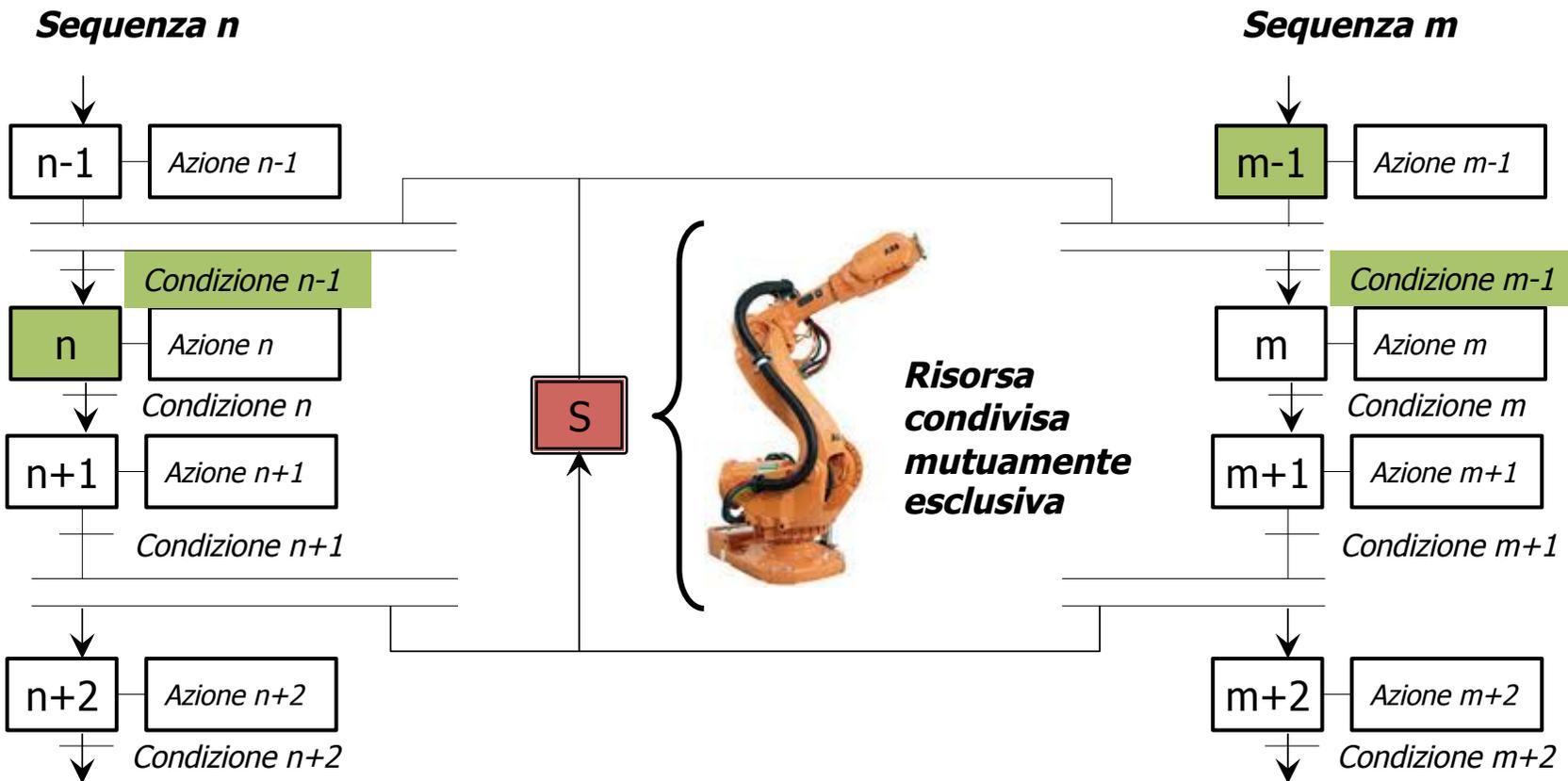
Conseguentemente la Sequenza n può passare allo stato n e BLOCCARE la RISORSA CONDIVISA ($S.X = 0$).





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

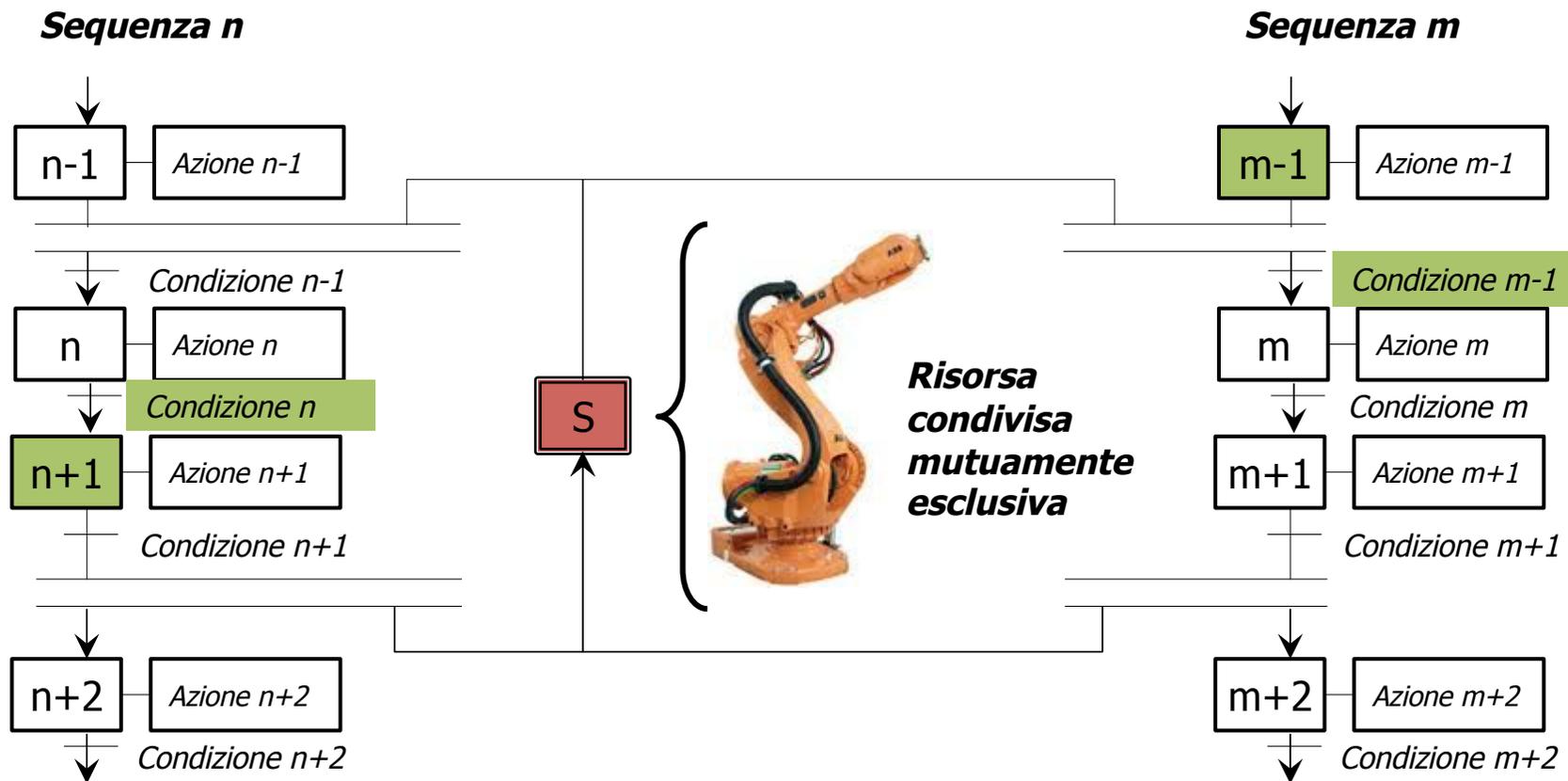
Supponiamo ora che la Condizione m-1 sia VERIFICATA... Essendo lo STATO S INATTIVO, la TRANSIZIONE m-1 non è ABILITATA !!!





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

Supponiamo intanto che la Sequenza n proceda. Prima passando allo stato $n+1$...





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

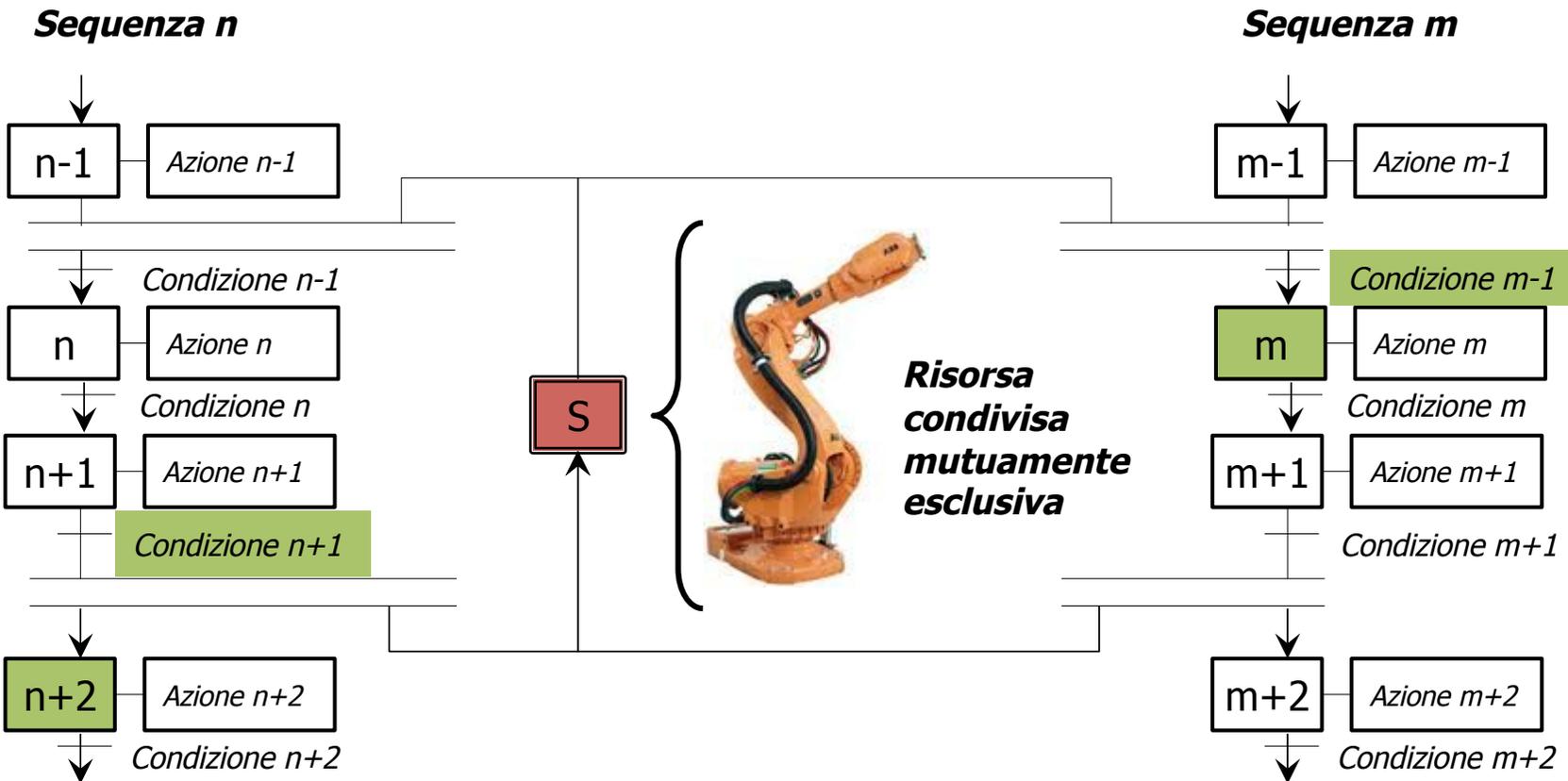
Supponiamo intanto che la Sequenza n proceda. Prima passando allo stato $n+1$...
...quindi allo stato $n+2$ che LIBERA LA RISORSA CONDIVISA...





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

...appena la risorsa condivisa si libera, la TRANSIZIONE $m-1$ è ATTIVATA e quindi l'azione m viene ESEGUITA, occupando nuovamente la risorsa condivisa.



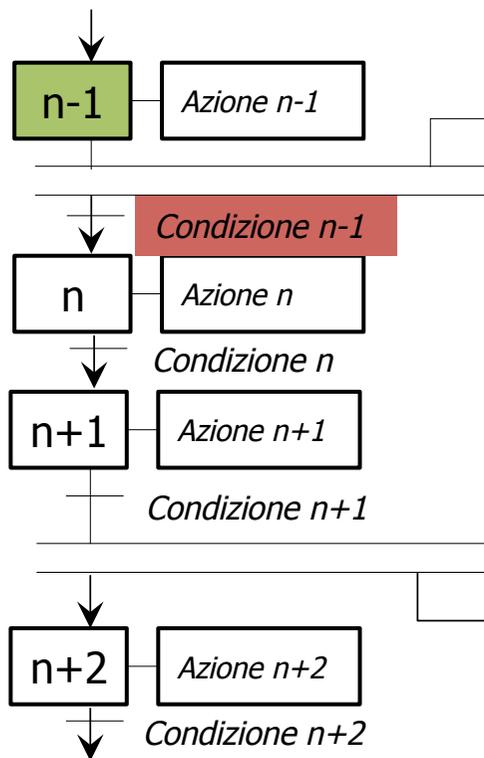


SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

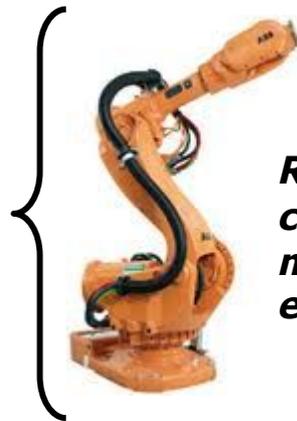
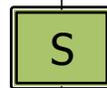
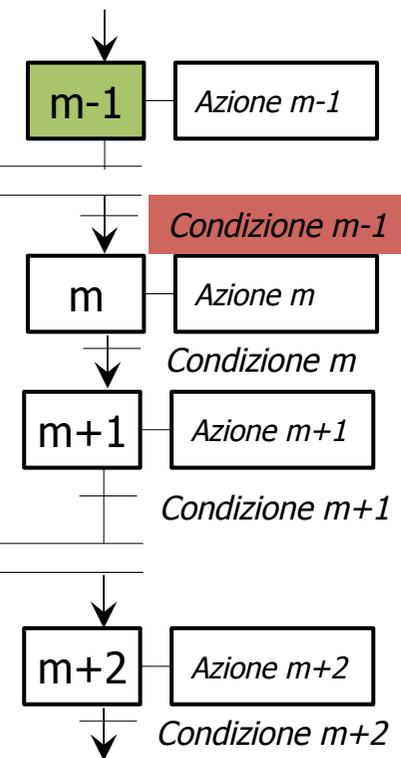
OSSERVAZIONE

Dato lo stato in figura, cosa succede se le condizioni $n-1$ e $m-1$ si attivano assieme?

Sequenza n



Sequenza m



**Risorsa
condivisa
mutuamente
esclusiva**



SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

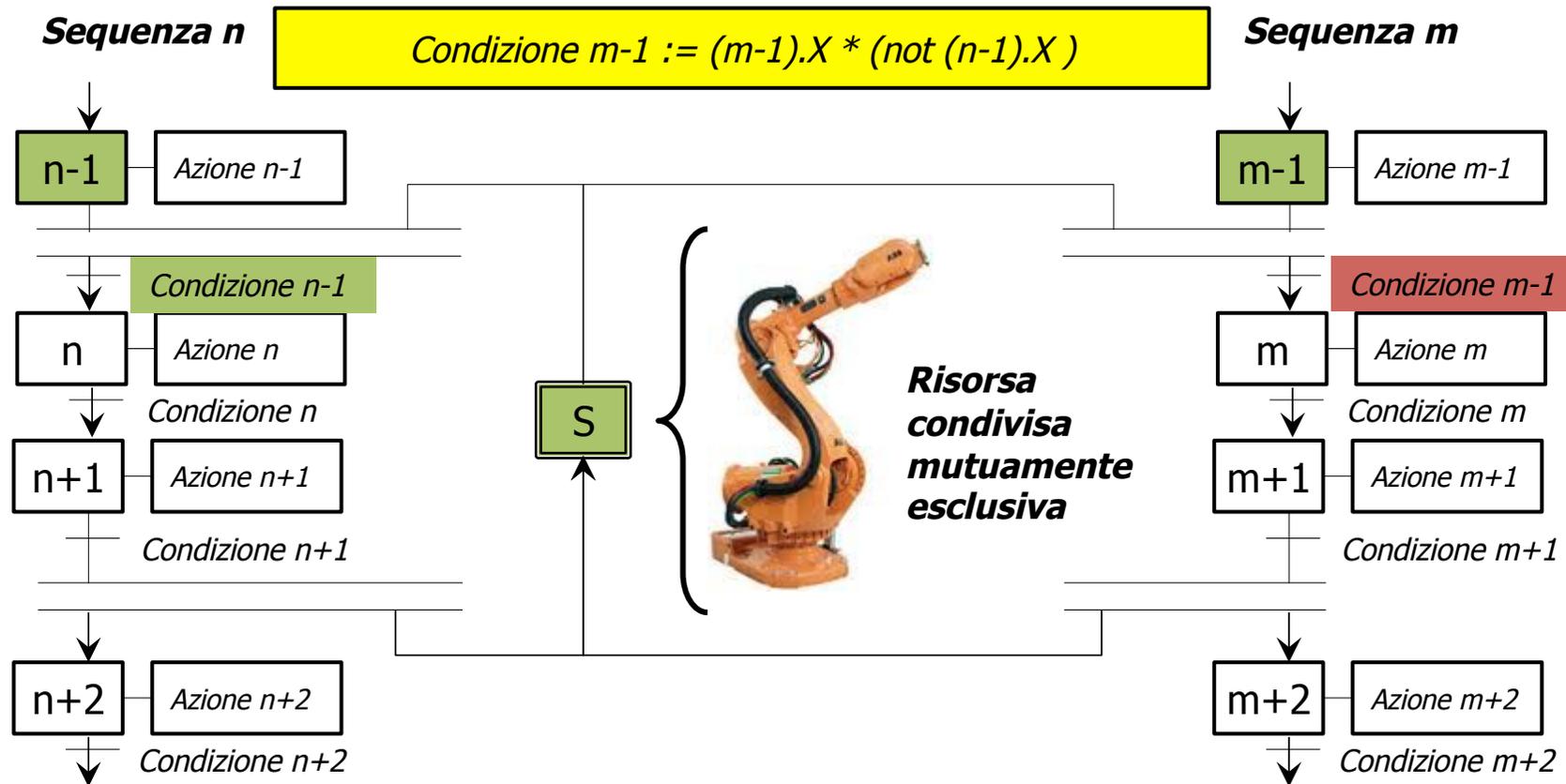
Si corre il rischio di ATTIVARE ENTRAMBI GLI STATI che ACCEDONO IN MANIERA CONCORRENTE ALLA RISORSA CONDIVISA, generando così un CONFLITTO...





SEMAFORO PER LA MUTUA ESCLUSIONE

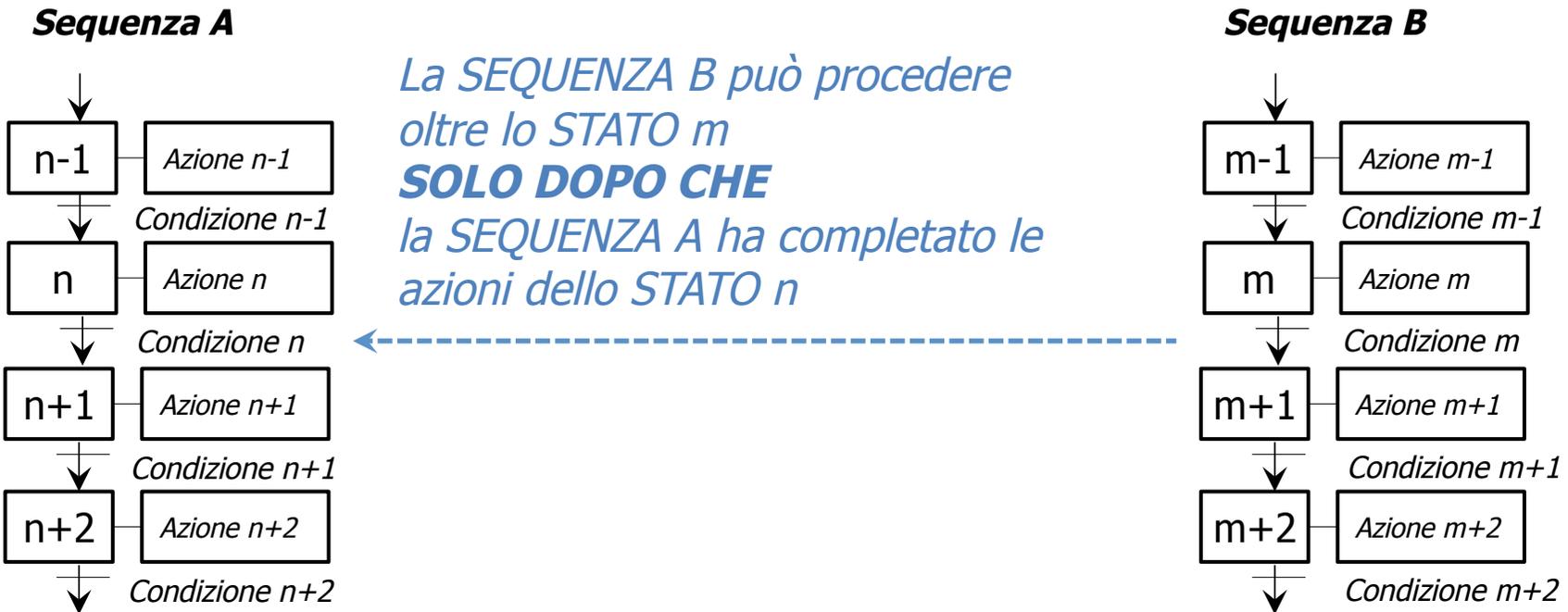
La SOLUZIONE consiste nell'evitare questa possibile AMBIGUITÀ, ASSEGNANDO UNA PRIORITÀ alle CONDIZIONI. Ad esempio:





SINCRONIZZAZIONE DI SEQUENZE

Cosa succede se due SEQUENZE PARALLELE sono DIPENDENTI l'una dall'altra?

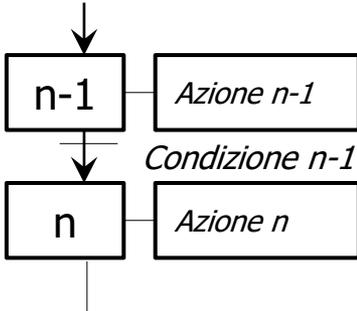




SINCRONIZZAZIONE DI SEQUENZE

Una soluzione basata sull'uso di SINCRONIZZAZIONE e PARALLELISMO non va bene.

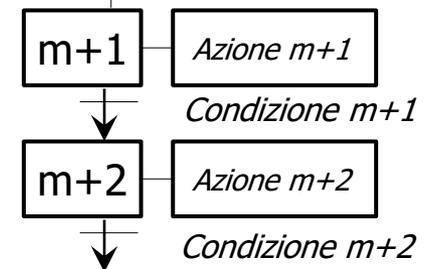
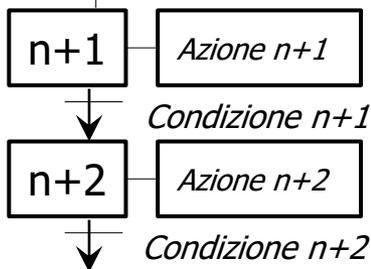
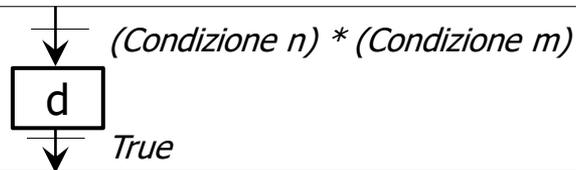
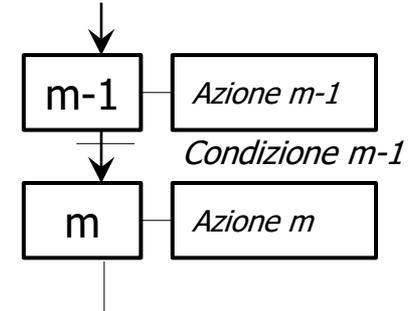
Sequenza A



Tale soluzione IMPONE una DIPENDENZA anche alla sequenza A.

Lo STATO n NON PUÒ PROSEGUIRE se lo STATO m non può transire nello STATO m+1...

Sequenza B

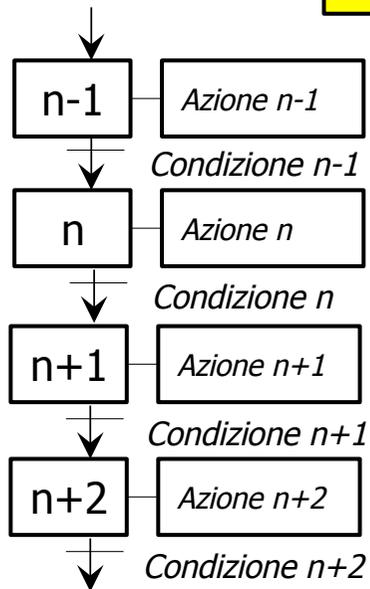




SINCRONIZZAZIONE DI SEQUENZE

Una soluzione basata sull'imposizione di determinate CONDIZIONI è anch'essa destinata a FALLIRE.

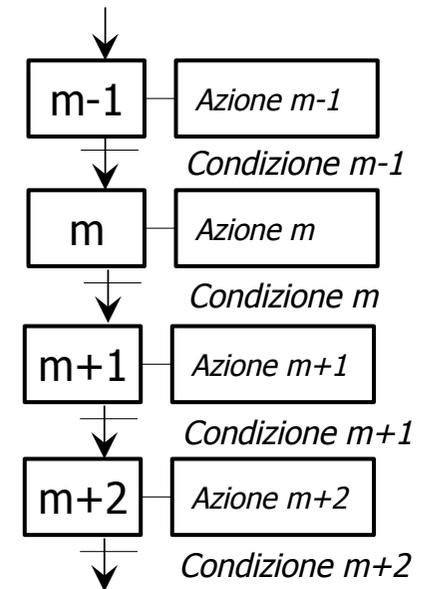
Sequenza A



$$\text{Condizione } m := (\text{Condizione } m) * (\text{Condizione } n)$$

La **condizione m** può ESSERE VERIFICATA INDIPENDENTEMENTE dal fatto che le **azioni dello STATO n** siano state eseguite o meno.

Sequenza B

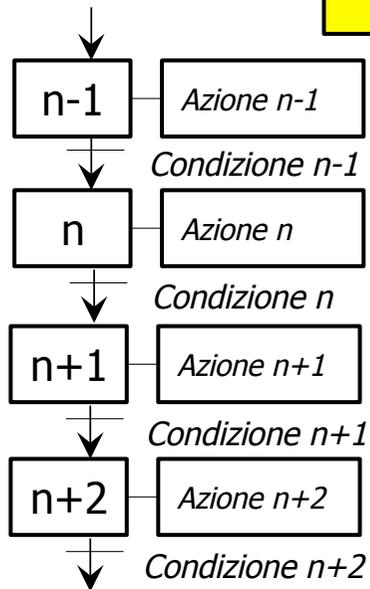




SINCRONIZZAZIONE DI SEQUENZE

Una soluzione basata sull'imposizione di determinate CONDIZIONI è anch'essa destinata a FALLIRE.

Sequenza A

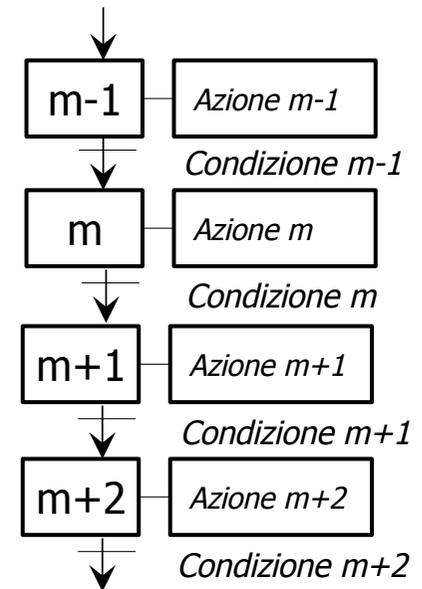


*Condizione m :=
(Condizione m) * (Condizione n) * (n.X)*

In questo caso NON SI HA MEMORIA che lo STATO n sia stato eseguito.

Pertanto se la Condizione m è VERIFICATA DOPO CHE lo STATO n viene terminato ($n.X = 0$), la TRANSIZIONE m non si ATTIVA mai...

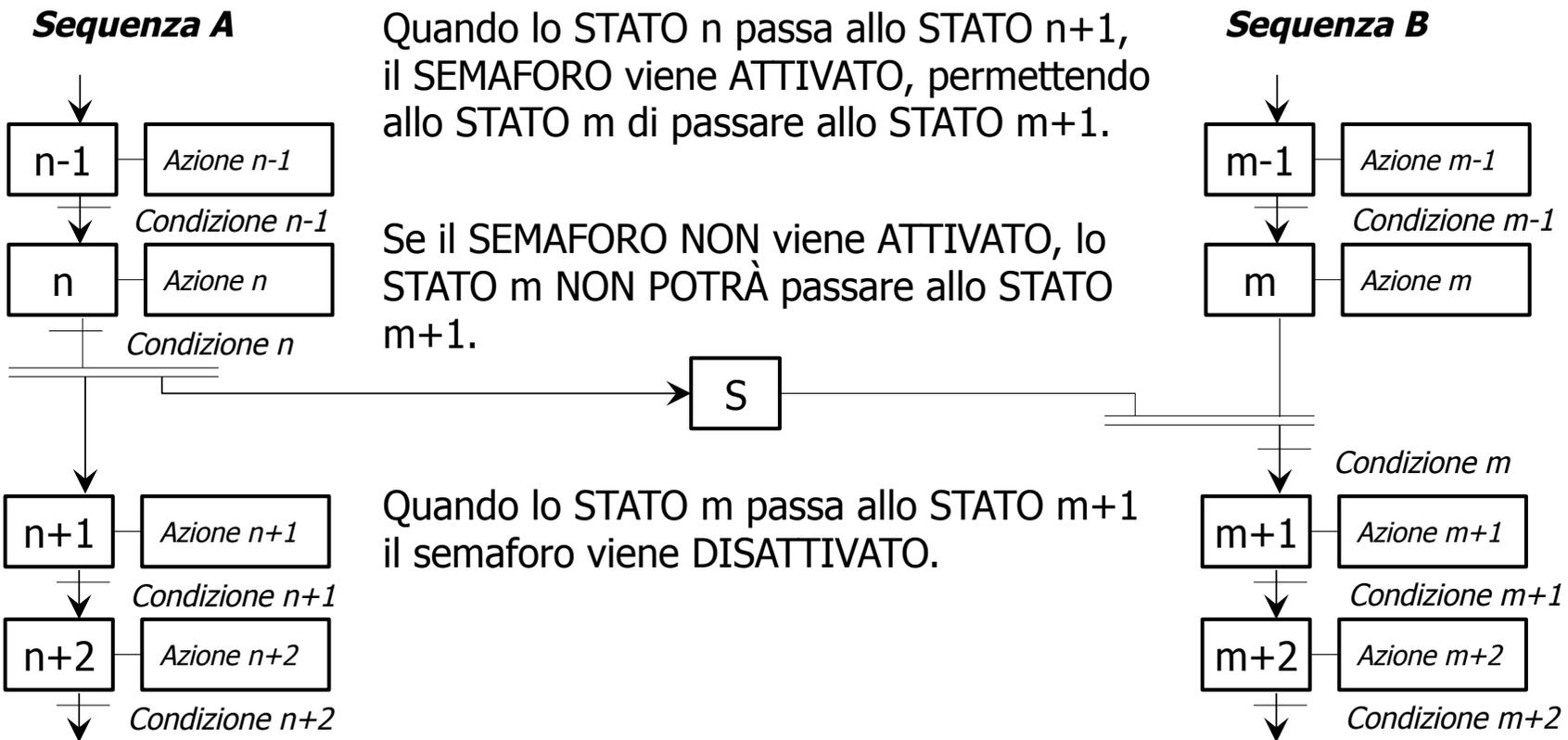
Sequenza B





SEMAFORO PER LA SINCRONIZZAZIONE

Per sopperire alla mancanza di MEMORIA è necessario usare un SEMAFORO per la SINCRONIZZAZIONE di SEQUENZE PARALLELE.





BIBLIOGRAFIA

Sezione 7.3



TITOLO

**Sistemi di automazione industriale
Architetture e controllo**

AUTORI

Claudio Bonivento
Luca Gentili
Andrea Paoli

EDITORE

McGraw-Hill