

SFC

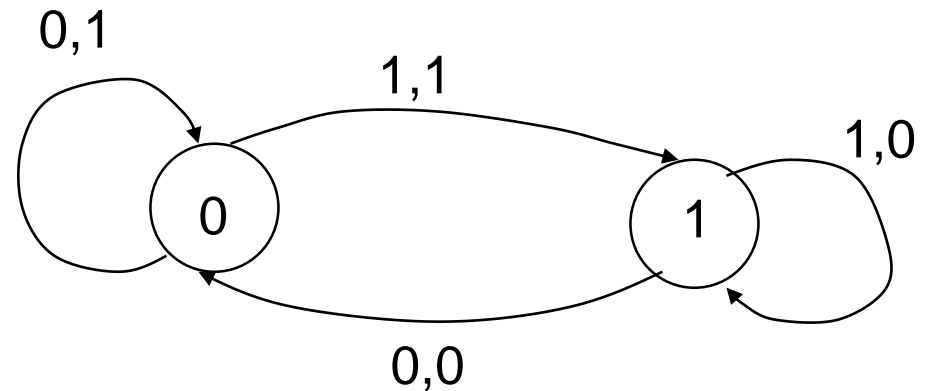
Sequential Functional Chart

SEQUENTIAL FUNCTIONAL CHART

- ◇ Nel 1975 nasce il **GRAFCET**
 - ◇ **GRAPHe de Coordination Etapes Transitions**
- ◇ Nel 1987 è stato adottato come standard internazionale dall'**IEC** (Comitato Elettrotecnico Internazionale)
- ◇ Recentemente compreso tra i possibili linguaggi di programmazione dei **PLC** nello standard **IEC 1131-3** con il nome di Sequential Functional Chart (**SFC**)
- ◇ Specifico per il controllo dei sistemi ad eventi discreti
- ◇ Spesso tradotto in un linguaggio a più basso livello (Ladder Logic) per poter essere eseguito su un PLC

GRAFI DI STATO

- ◇ Una macchina a stati è particolarmente indicata per la rappresentazione di un programma che svolga funzioni di coordinamento e sequenziamento di azioni elementari



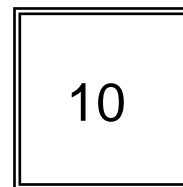
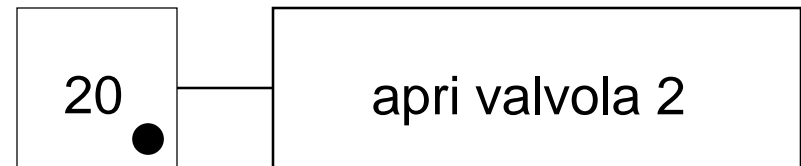
ELEMENTI BASE DI UN SFC

◇ Fase

- ◇ Tappa, passo
- ◇ Condizione invariante del sistema che viene modificata all'occorrenza di un determinato evento
- ◇ Inattiva: vuota
- ◇ Attiva: pallino
- ◇ Xn: marker di fase
 - ◇ True o False

◇ Fase iniziale

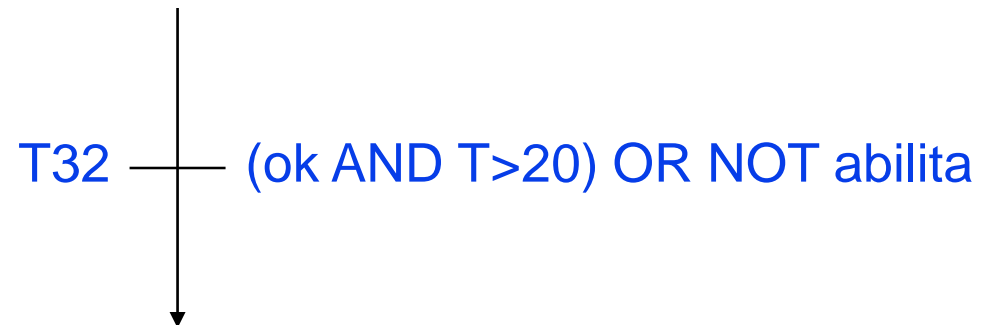
- ◇ Doppia cornice



ELEMENTI DI BASE DI UN SFC

◇ Transizione

- ◇ Tn
- ◇ Rappresenta una condizione per il passaggio da una fase a quella successiva

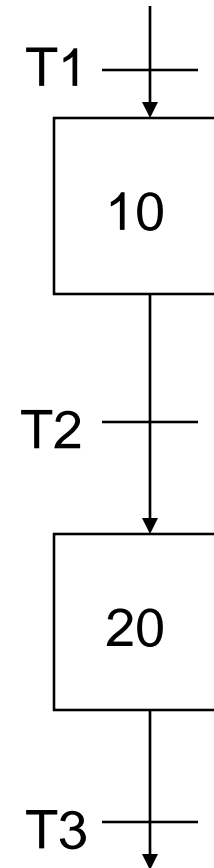


◇ Arco orientato

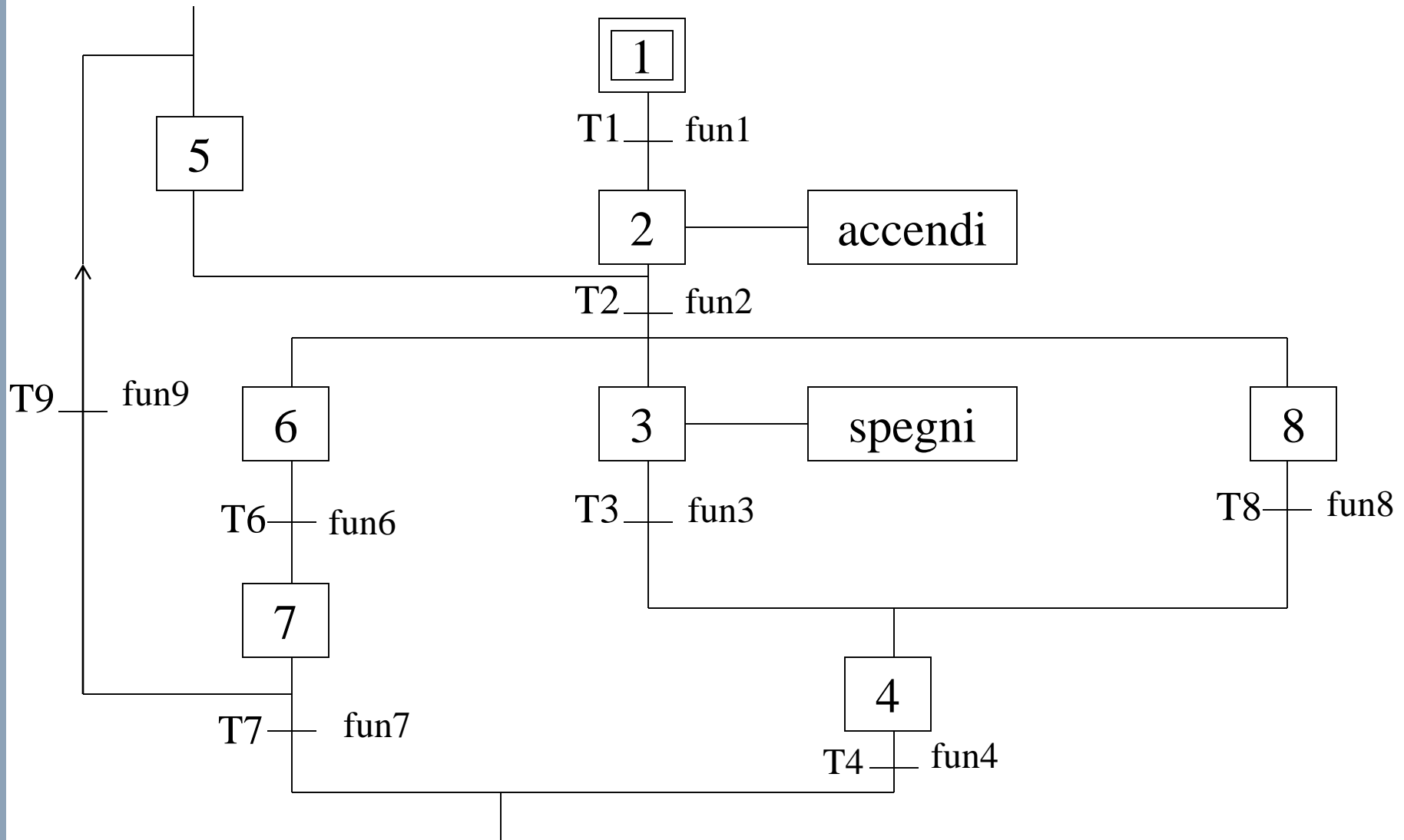
- ◇ Collega tra loro le fasi stabilendone la sequenza ed è sempre interrotto da una transizione
- ◇ L'orientamento è indicato con una freccia, omessa se verso il basso

IMPORTANTE

- ◇ Tra due fasi collegate da un arco orientato c'è sempre una transizione
- ◇ Tra due transizioni c'è sempre almeno una fase
- ◇ **Definizioni**
 - ◇ Fase a monte di T2
 - ◇ Fase a valle di T2

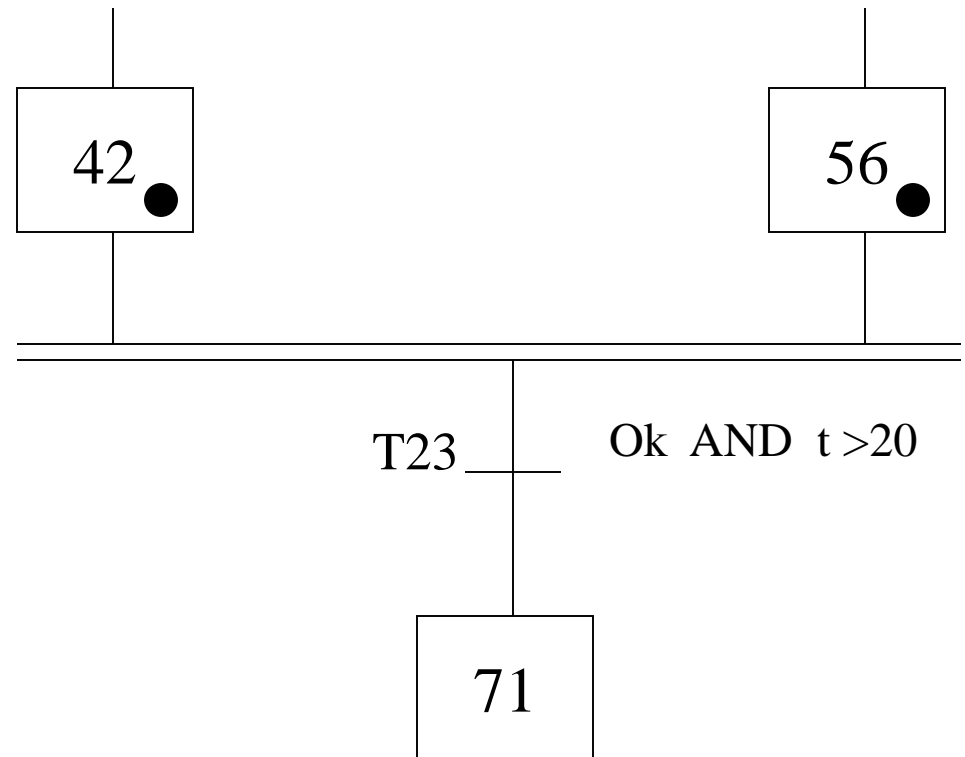


ESEMPIO DI SFC



REGOLE DI EVOLUZIONE

- ◇ Condizione di un SFC
 - ◇ L'insieme delle fasi attive
- ◇ Per definire superabile una transizione
 - ◇ Tutte le fasi a monte devono essere attive
 - ◇ La condizione associata deve essere vera
- ◇ Se una transizione è superabile:
 - ◇ Viene superata
 - ◇ Tutte le fasi a monte vengono disattivate
 - ◇ Tutte le fasi a valle vengono attivate

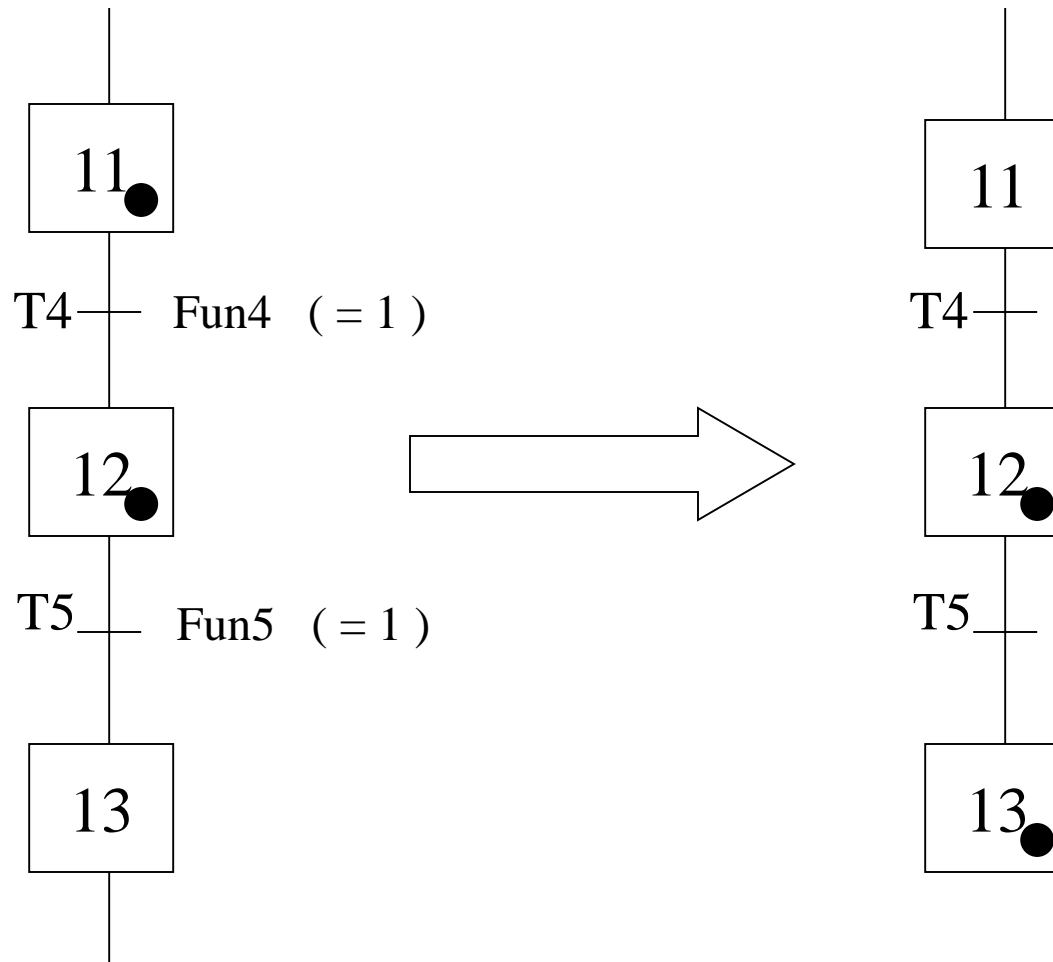


AMBIGUITÀ # 1

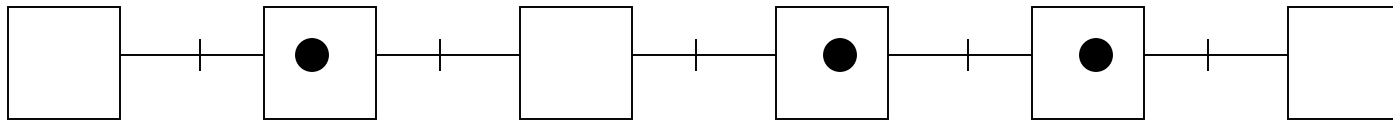
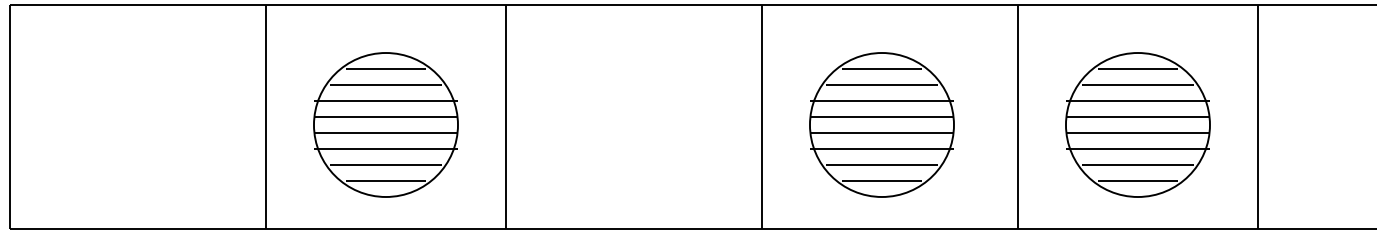
- ◇ La durata delle attivazioni e disattivazioni è considerata infinitamente piccola
- ◇ Se più transizioni diventano superabili nello stesso istante, esse sono tutte superate contemporaneamente
- ◇ Differente dalle reti di Petri asincrone nelle quali le transizioni sono superate in sequenza
- ◇ In certe versioni dell'SFC si supera solo la transizione a priorità più elevata

AMBIGUITÀ #2

- ◇ Se una fase deve essere attivata e disattivata questa rimane attiva

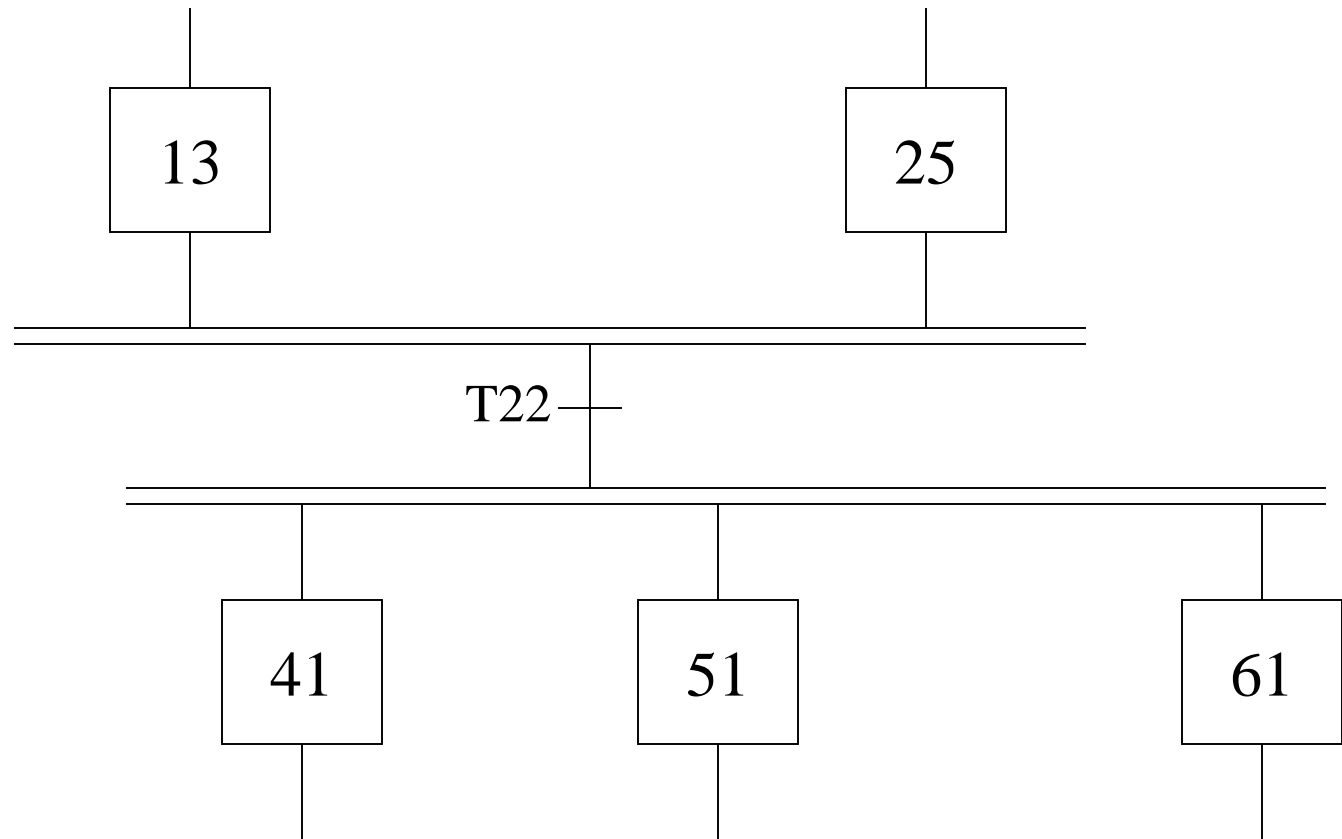


ESEMPIO DEL NASTRO TRASPORTATORE



SEQUENZE IN PARALLELO

- ◇ Doppia linea se:
 - ◇ Più fasi convergono in una stessa transizione
 - ◇ Più fasi succedono ad una transizione



DIFFERENZE CON LE RETI DI PETRI

◇ SFC

- ◇ Lo stato di una fase di un SFC è booleano:
 - ◇ Attivo-Disattivo
- ◇ Tutte le transizioni simultaneamente superabili sono superate
- ◇ Le condizioni di transizione possono dipendere dallo stato delle singole fasi

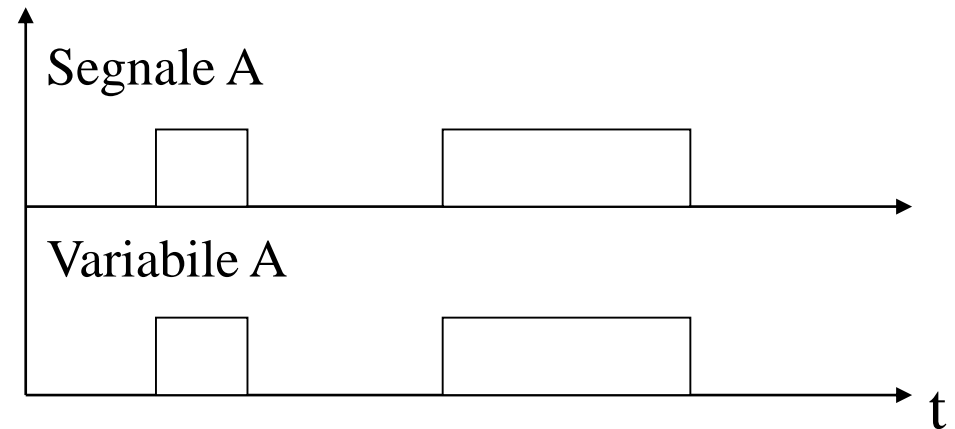
◇ PETRI

- ◇ Lo stato di una fase è un numero intero
 - ◇ Numero di attivazioni (marker)
- ◇ Le transizioni superabili sono superate con una sequenza che potrebbe anche non comprenderle tutte
- ◇ Le condizioni sono solo segnali esterni

VARIABILI DI INGRESSO

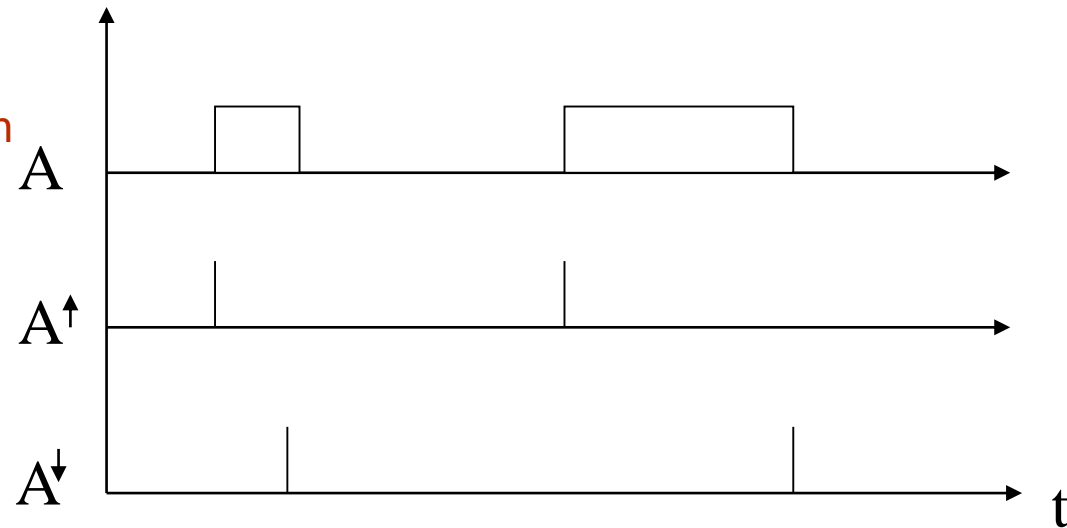
◇ Ingresso semplice

- ◇ La variabile dell'SFC assume lo stesso valore (binario) del segnale del sensore



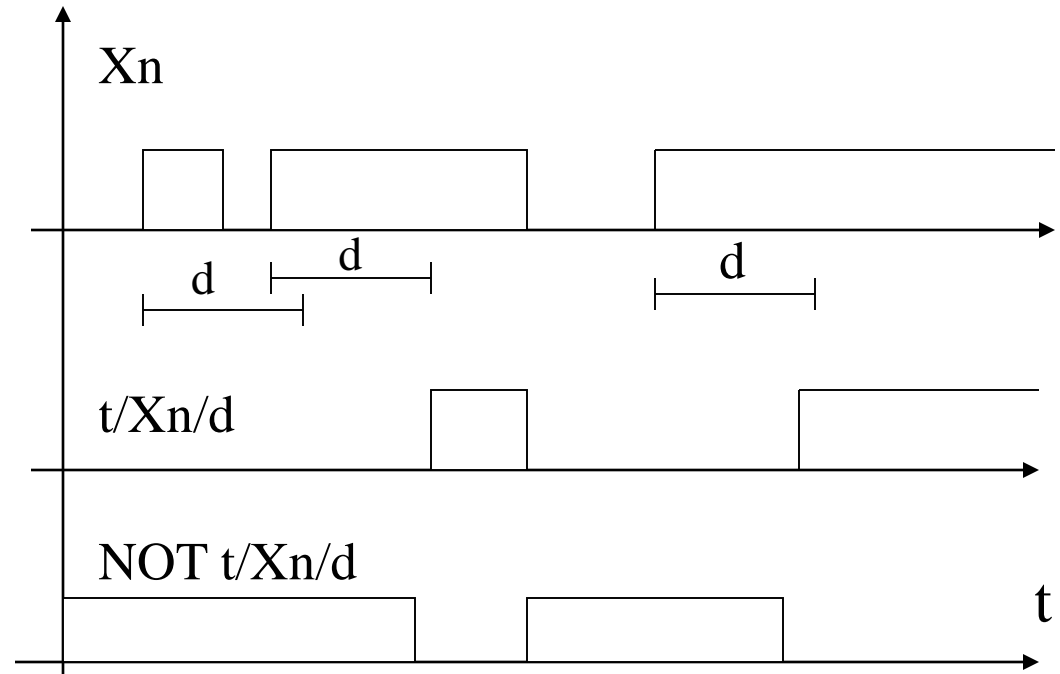
◇ Ingresso a fronte

- ◇ La variabile dell'SFC vale 1 solo in corrispondenza di un fronte di salita (A) o di discesa (A↓)



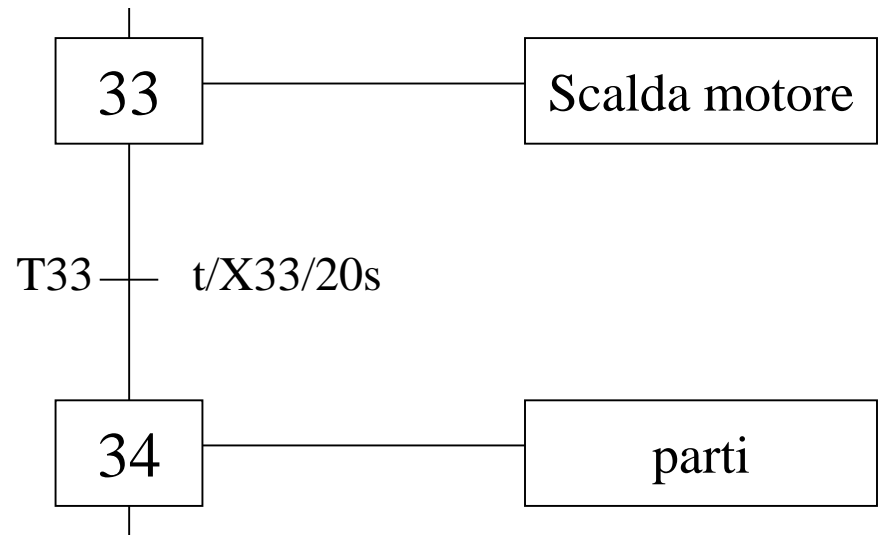
VARIABILI TEMPORALI

- ◇ Indicata con $t/X_n/d$
 - ◇ t : variabile temporale
 - ◇ X_n : marker associato alla fase
 - ◇ d : durata della temporizzazione
- ◇ Assume il valore 0 all'istante iniziale
- ◇ Rimane 0 quando X_n si attiva
- ◇ Diventa 1 dopo l'intervallo d
- ◇ Torna a 0 se la fase si disattiva

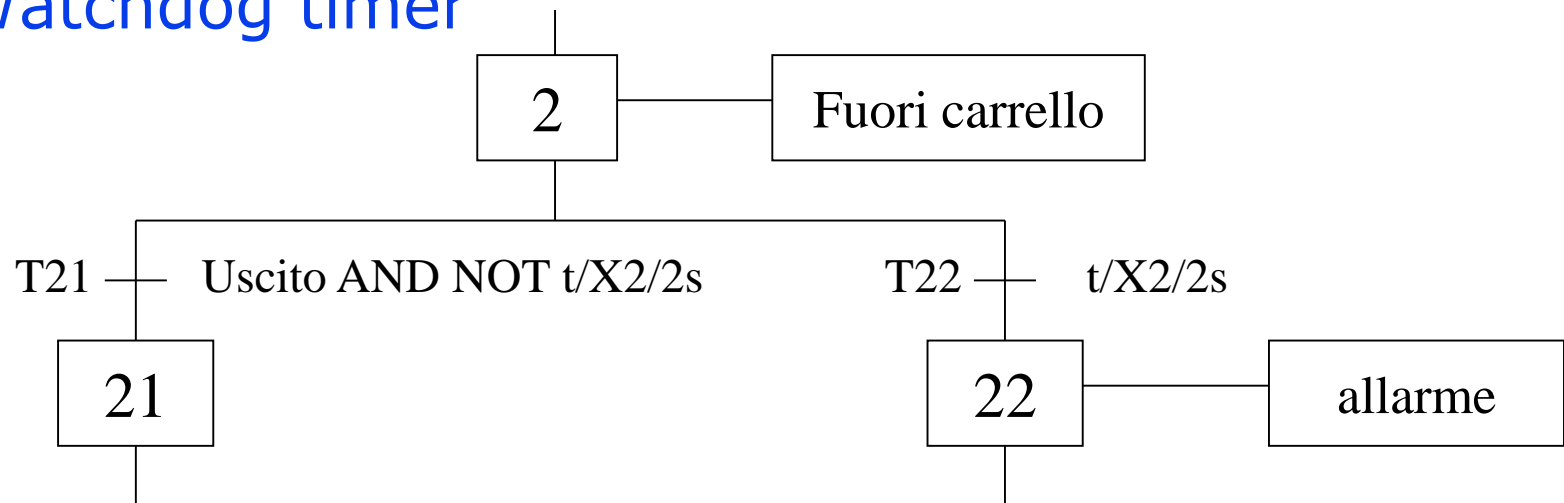


ESEMPIO UTILIZZO VAR. TEMPORALE

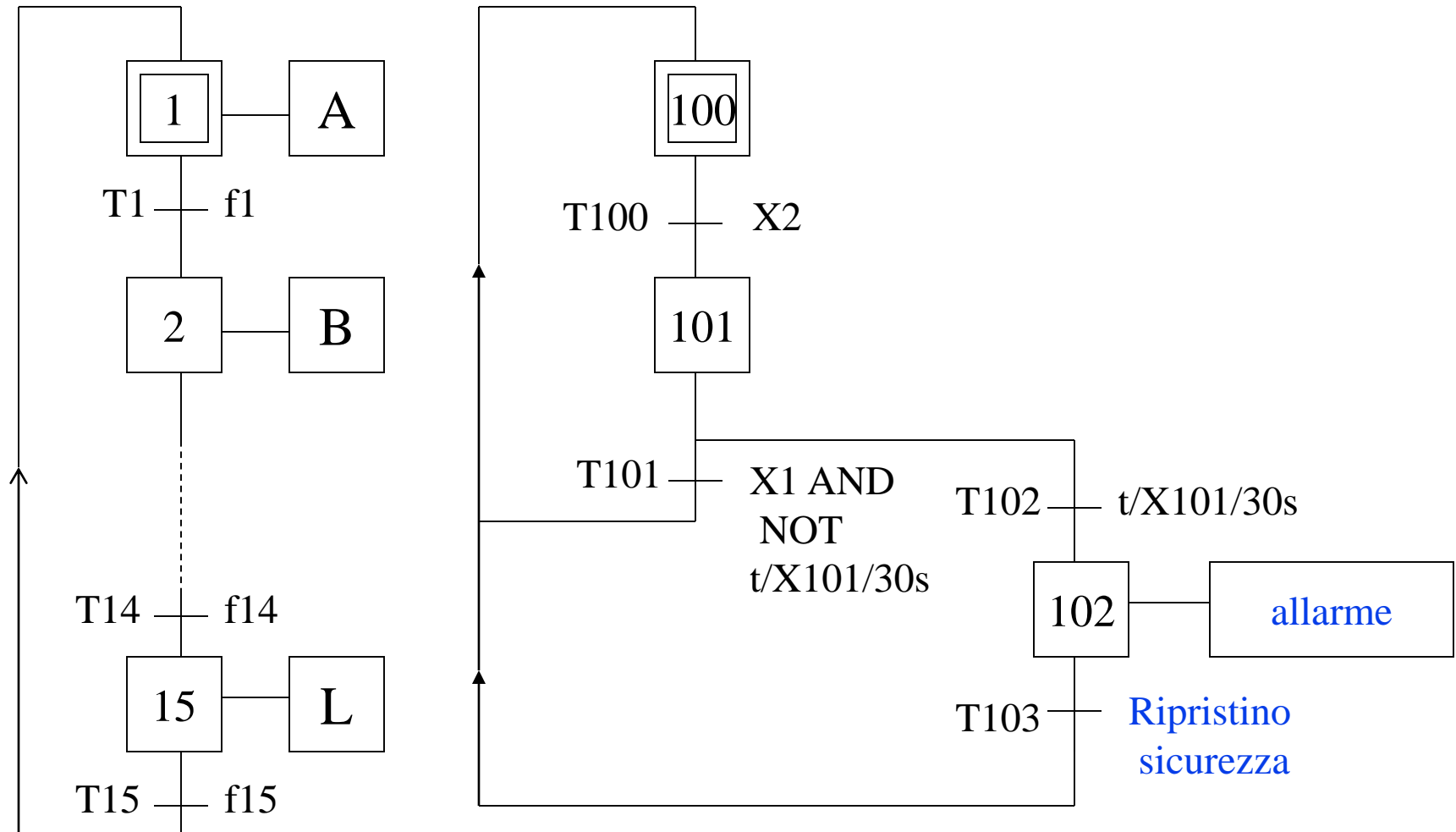
◇ Preriscaldamento



◇ Watchdog timer



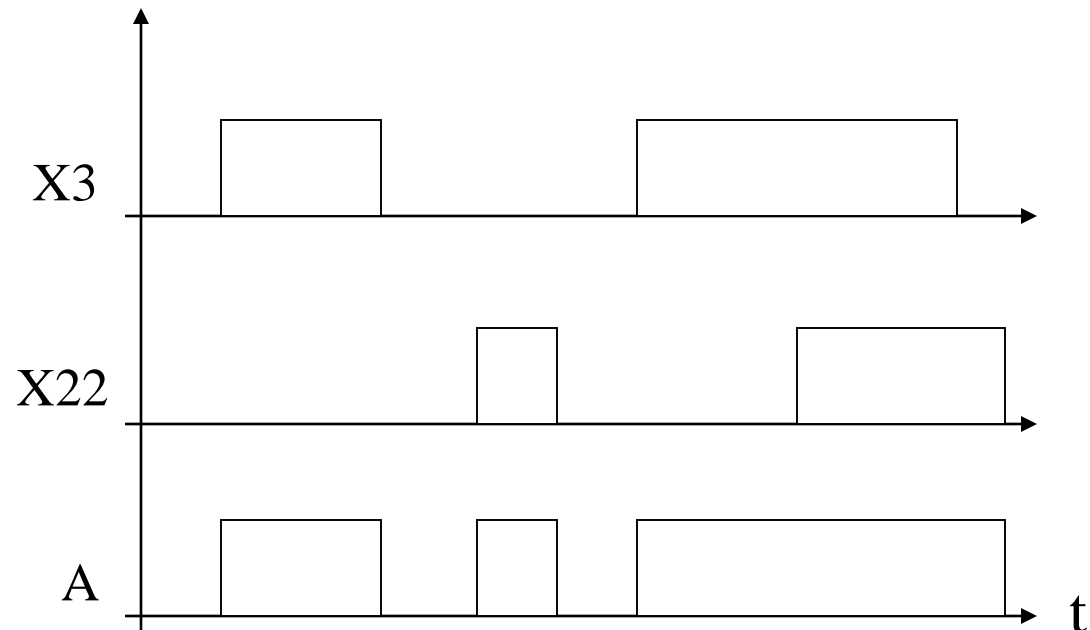
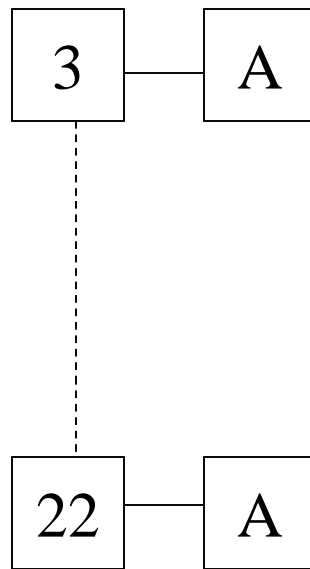
WATCHDOG DI UN CICLO GLOBALE



TIPI DI AZIONI

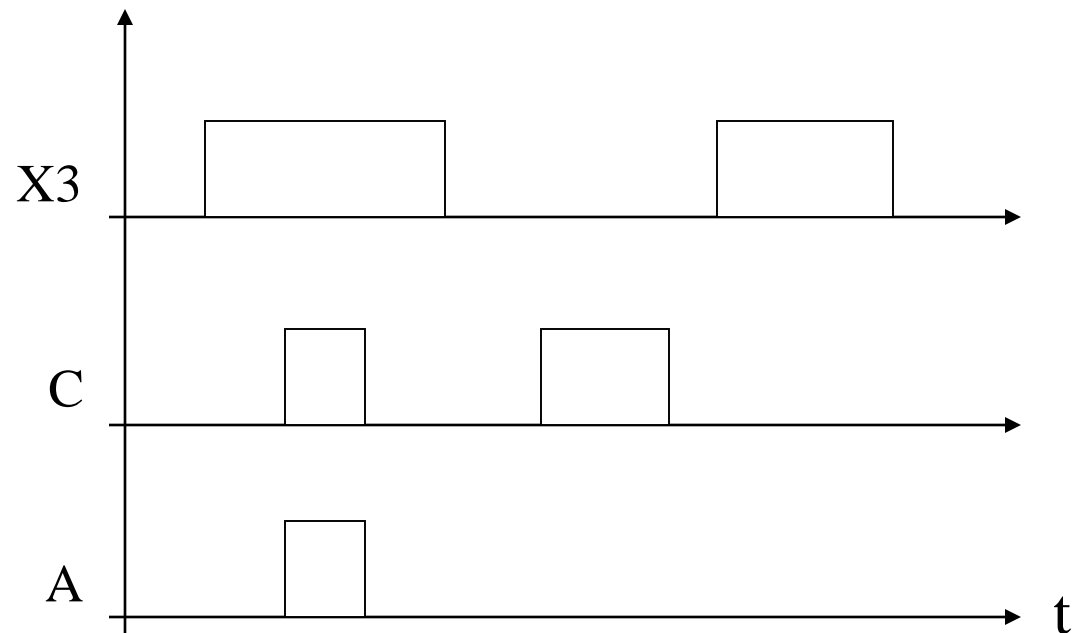
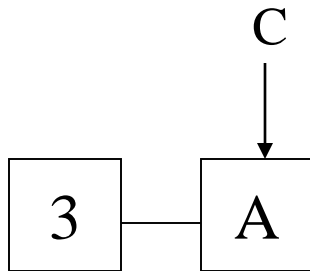
◇ Continua

- ◇ **Uscita che deve valere 1 per tutta la durata di attivazione della fase**
- ◇ **Non cambia valore se associata a due fasi consecutive**



◇ Condizionata

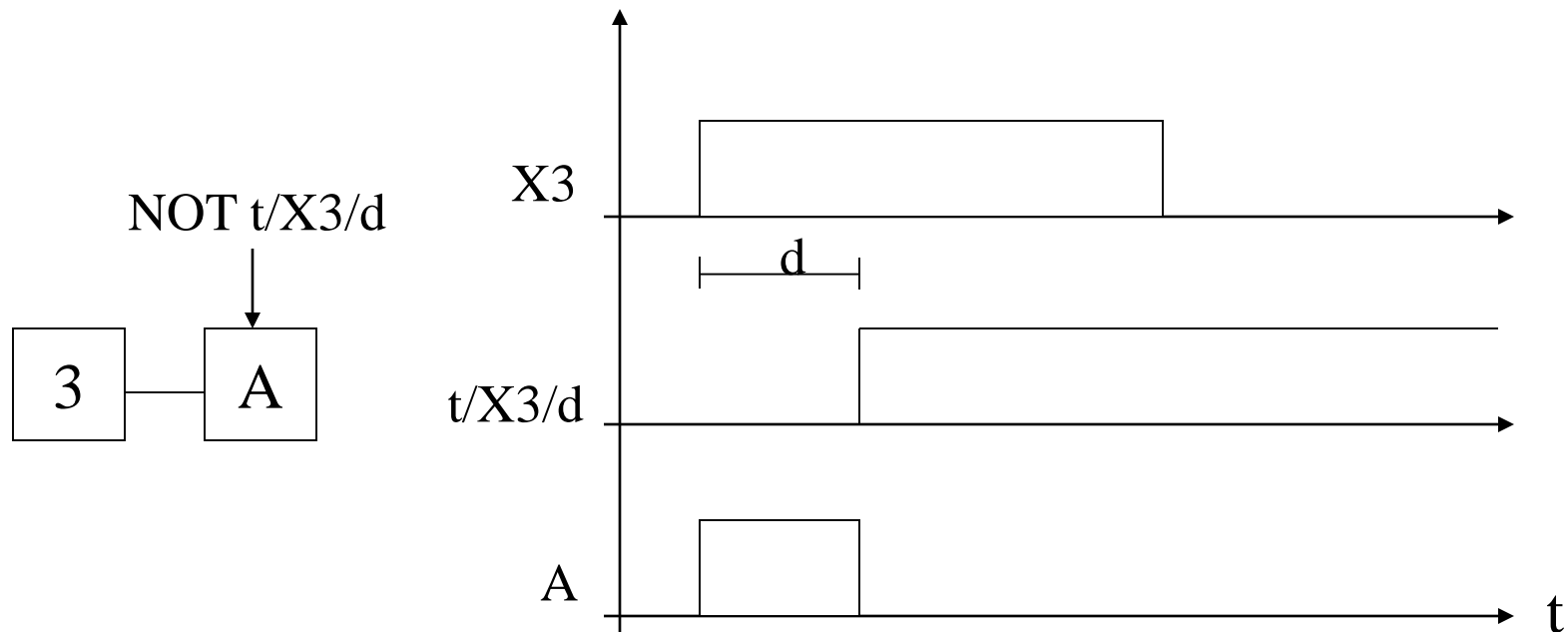
- ◇ **Contiene una condizione di attivazione ulteriore a quella relativa alla fase a cui è associata**



TIPI DI AZIONI

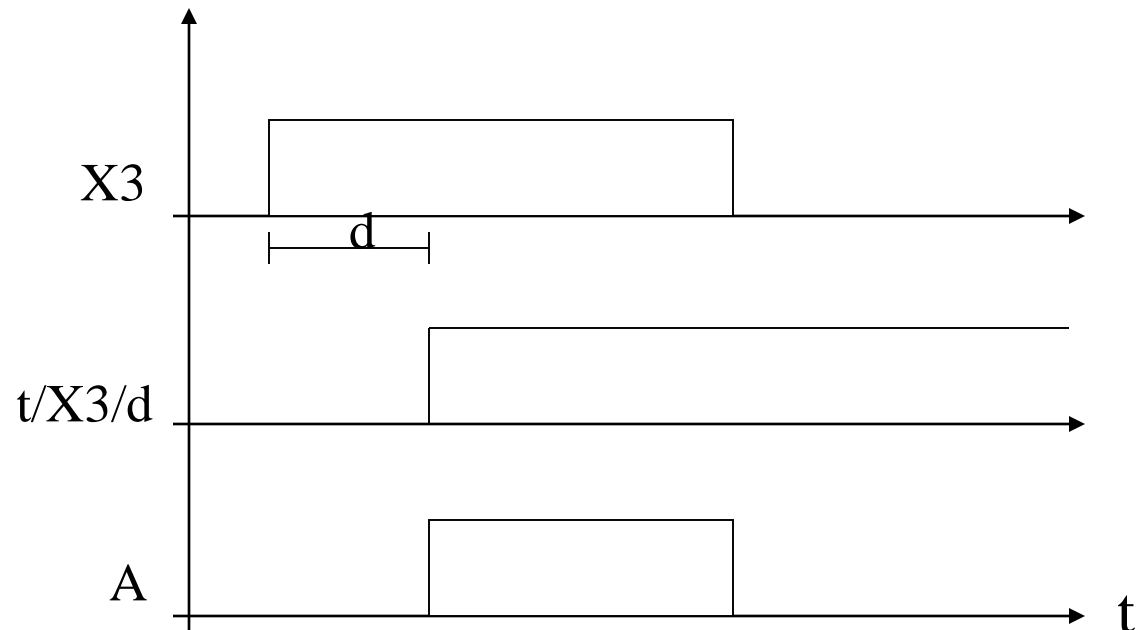
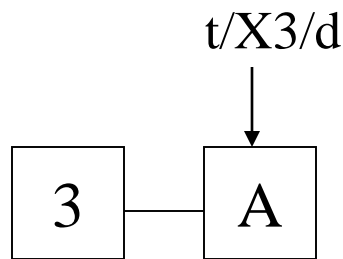
◇ Limitata nel tempo (Condizionata)

- ◇ Limitata nel tempo se la condizione è una variabile temporale



◇ Ritardata

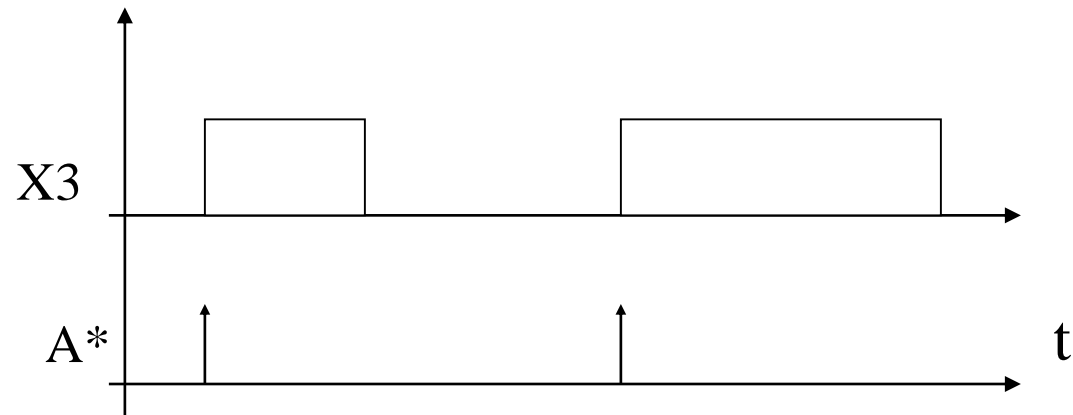
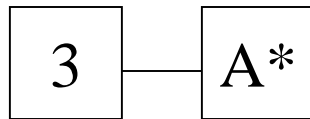
- ◇ La condizione è data da una variabile temporale associata alla stessa fase a cui è associata l'azione



TIPI DI AZIONI

◇ Impulsiva (limitata nel tempo ad una sola scansione)

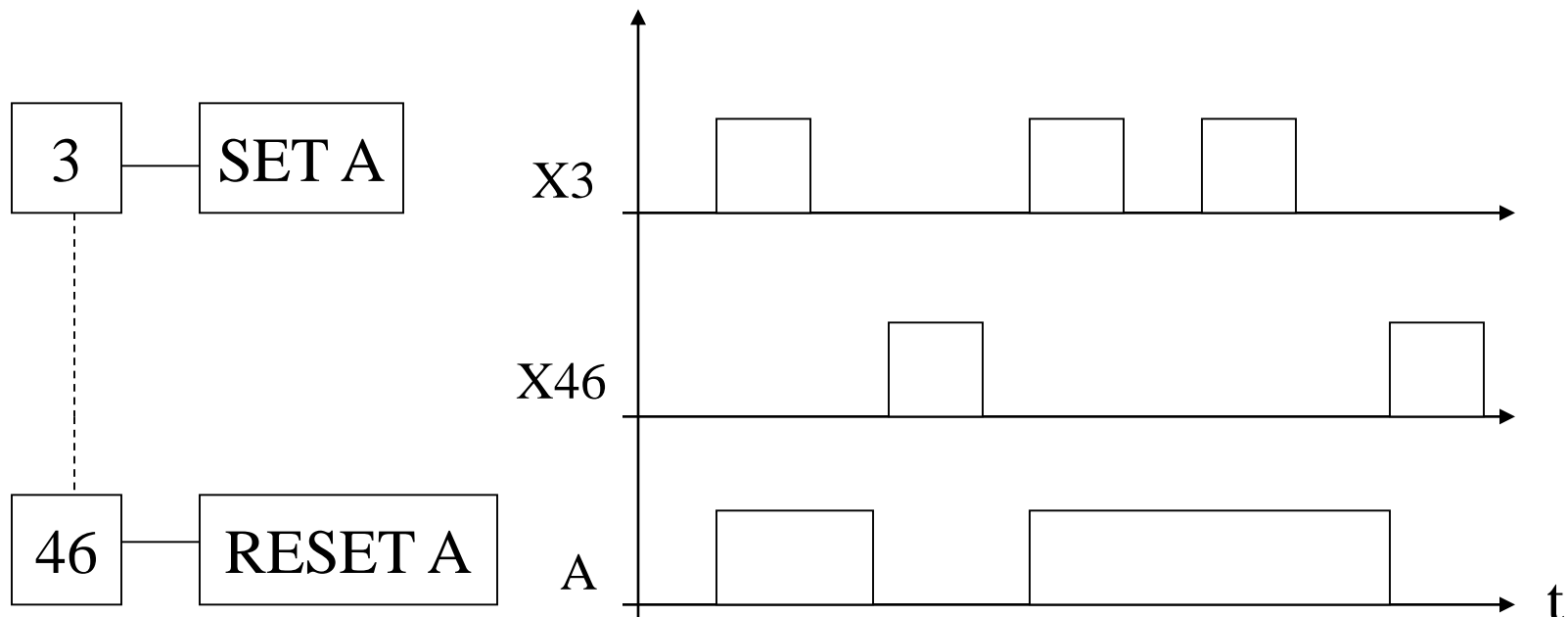
- ◇ **Dura un tempo infinitamente piccolo**
- ◇ **Si indica con A^***
- ◇ **Esempi:**
 - ◇ **Aggiornamento di un contatore**
 - ◇ **Attivazione di un timer**
 - ◇ **Calcolo numerico**



TIPI DI AZIONI

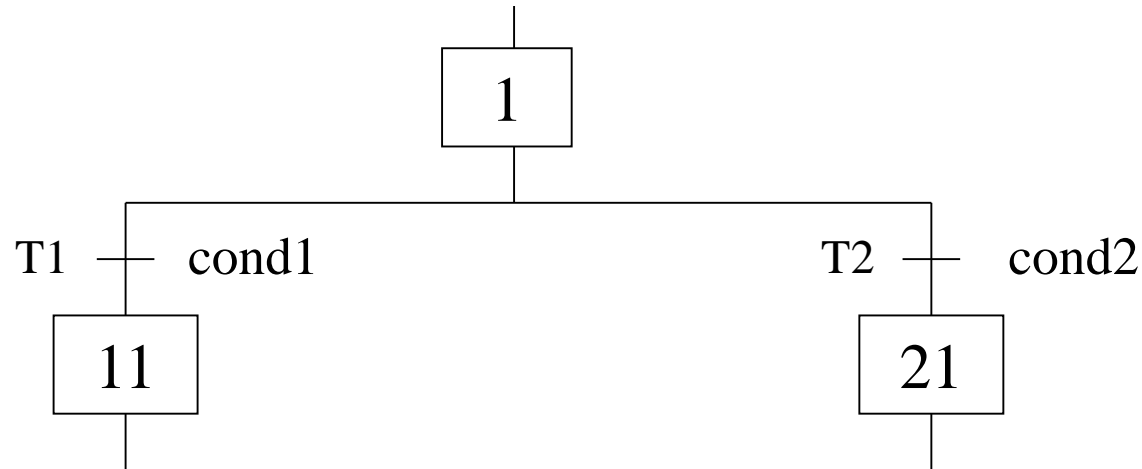
◇ Memorizzata

- ◇ **Lo stato della variabile associata permane anche quando la fase viene disattivata**
- ◇ **SET**
- ◇ **RESET**

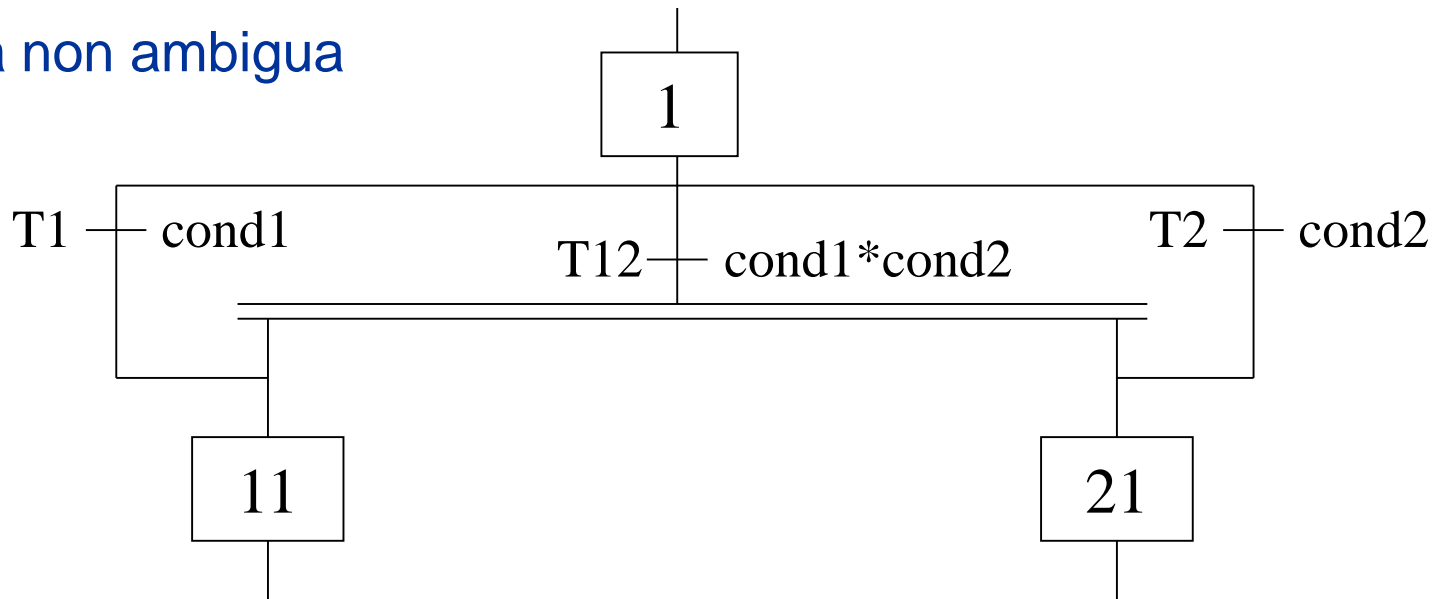


STRUTTURE CLASSICHE

◇ Scelta

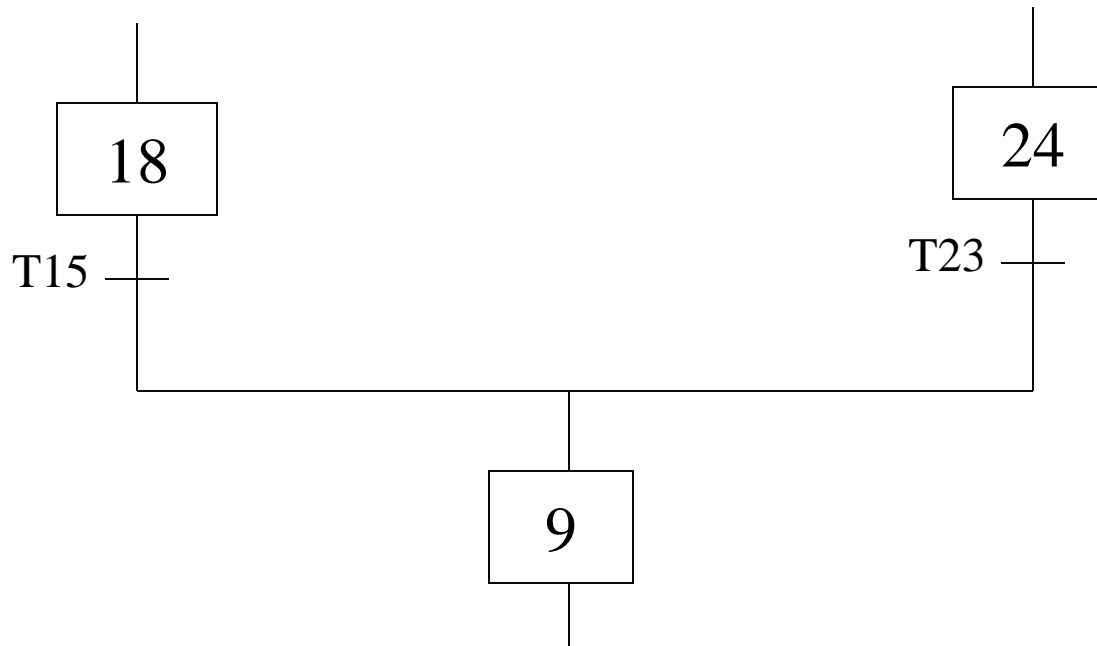


◇ Scelta non ambigua



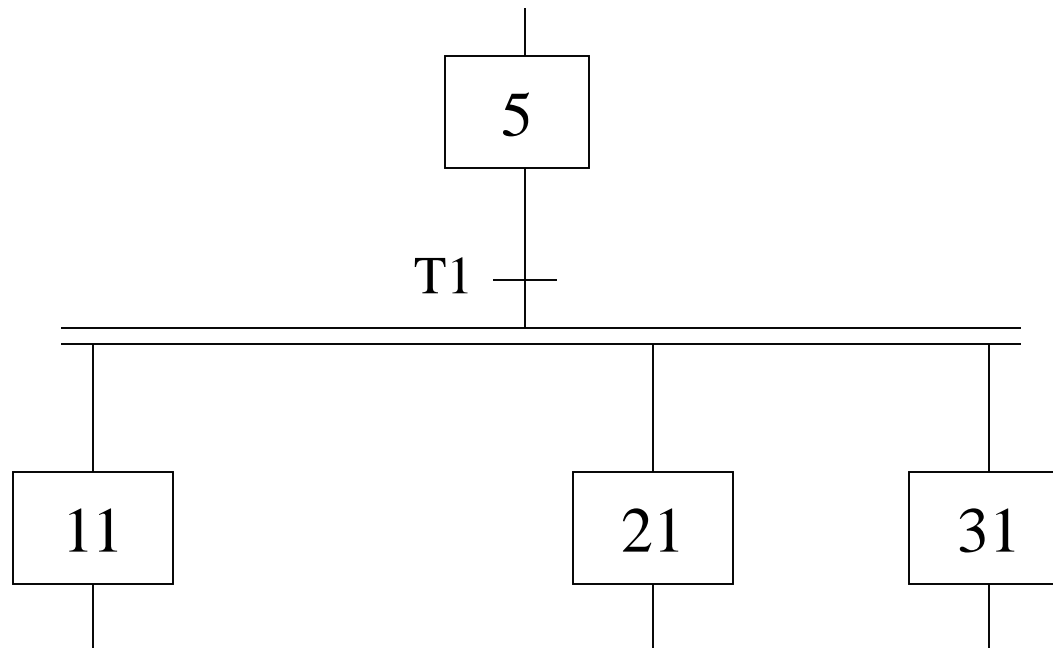
STRUTTURE CLASSICHE

◇ Convergenza



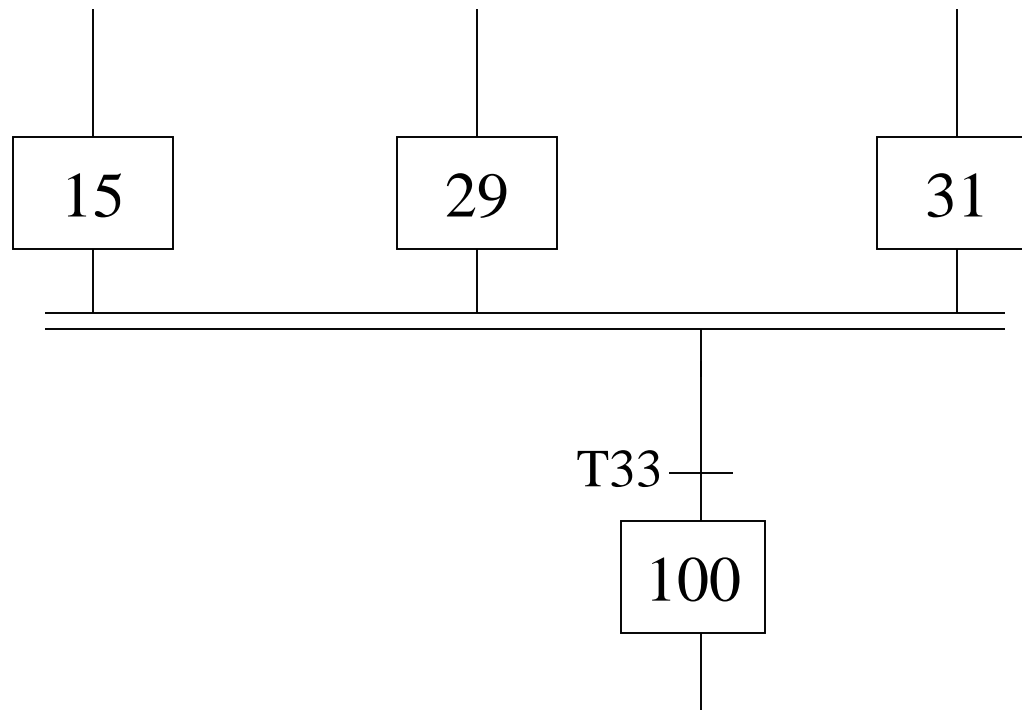
STRUTTURE CLASSICHE

◇ Parallelismo



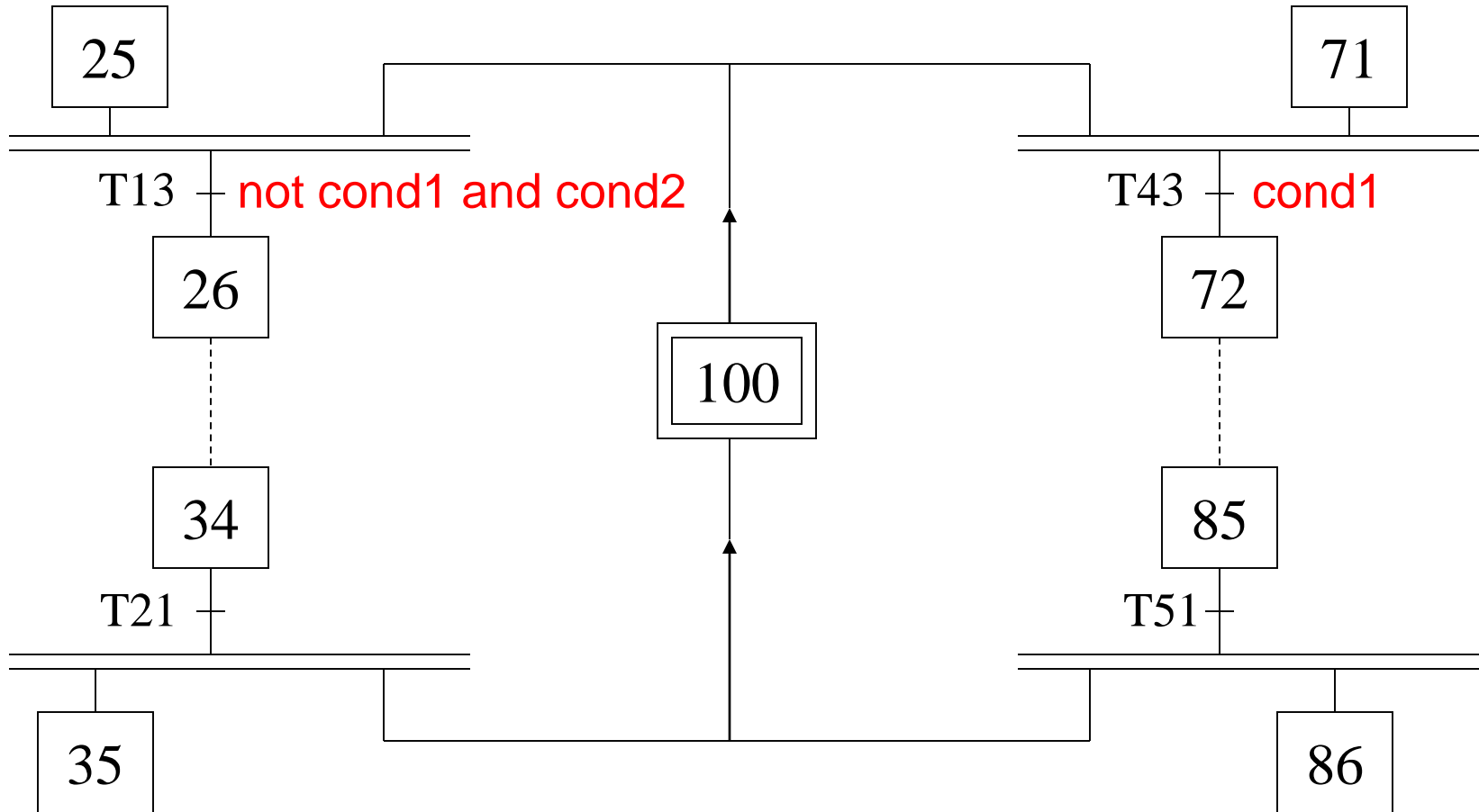
STRUTTURE CLASSICHE

◇ Sincronizzazione



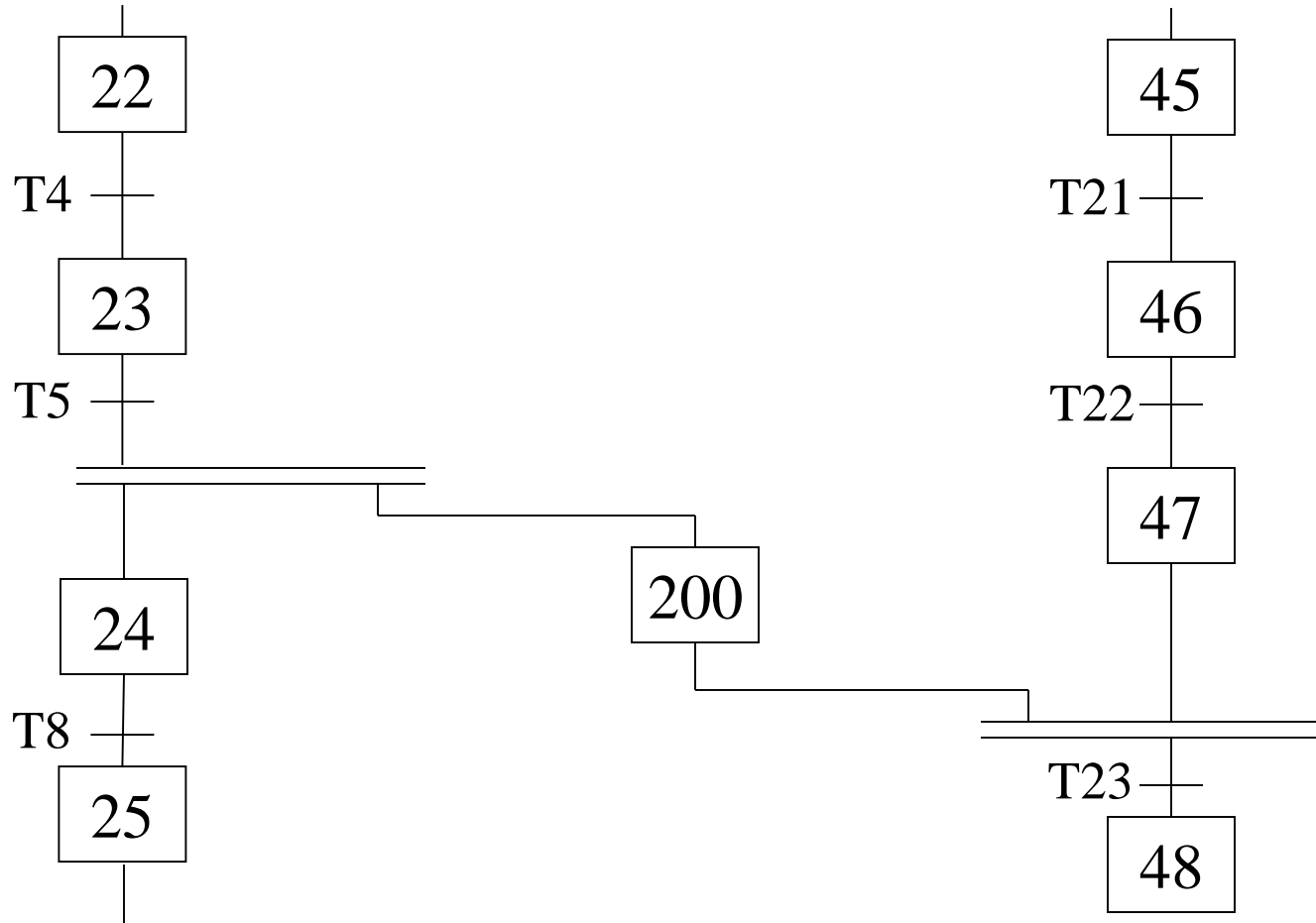
STRUTTURE CLASSICHE

◇ Mutua esclusione (semaforo) con priorità



STRUTTURE CLASSICHE

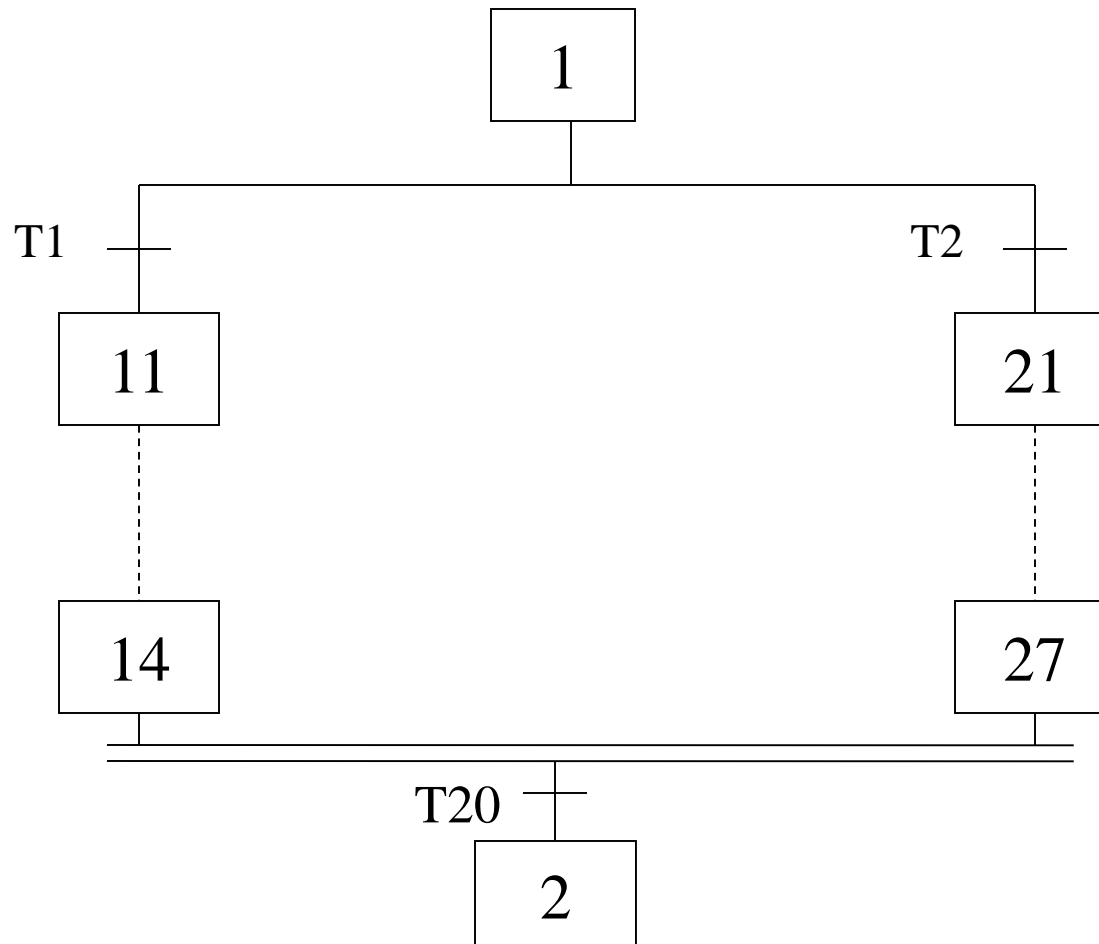
◇ Sincronizzazione locale



STRUTTURA ERRATA

◇ Scelta con Sincronizzazione

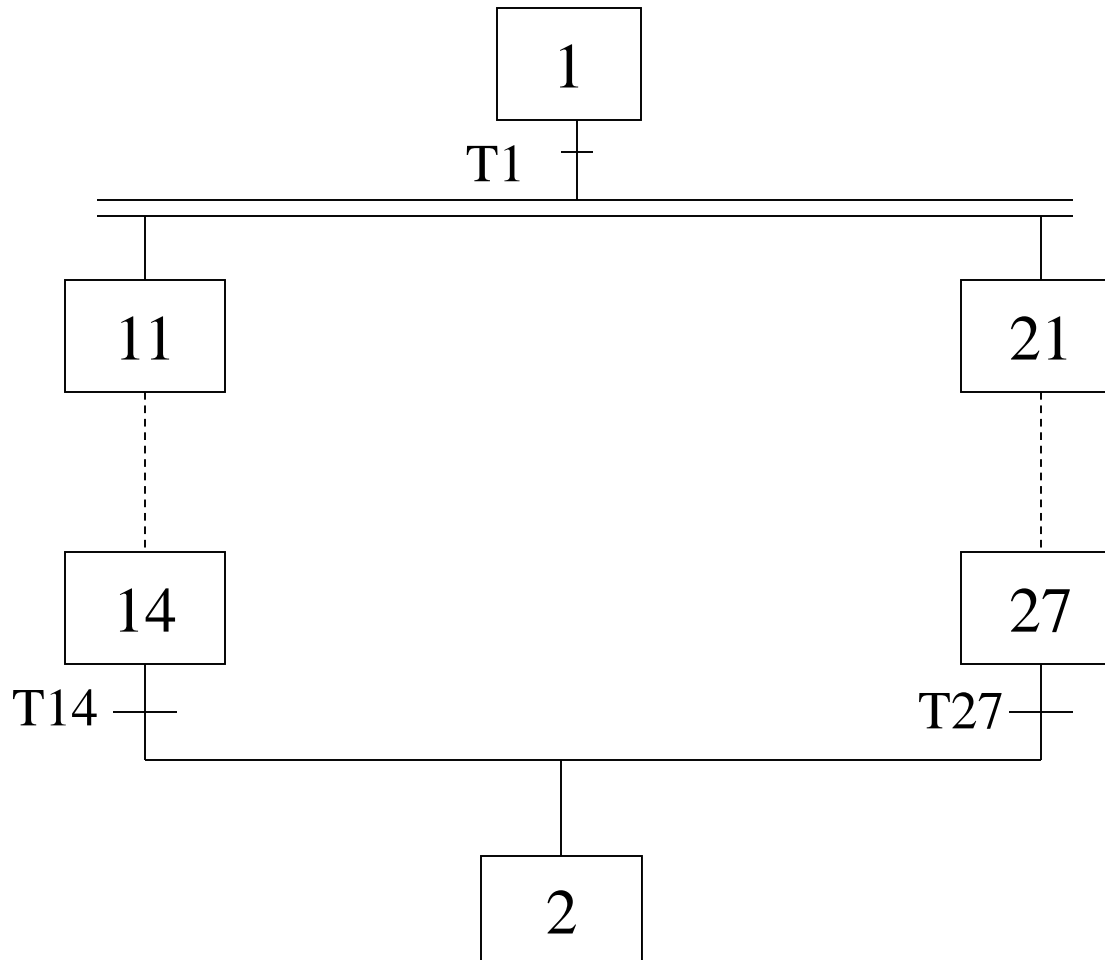
◇ **T20 sarà difficilmente superabile ;-)**



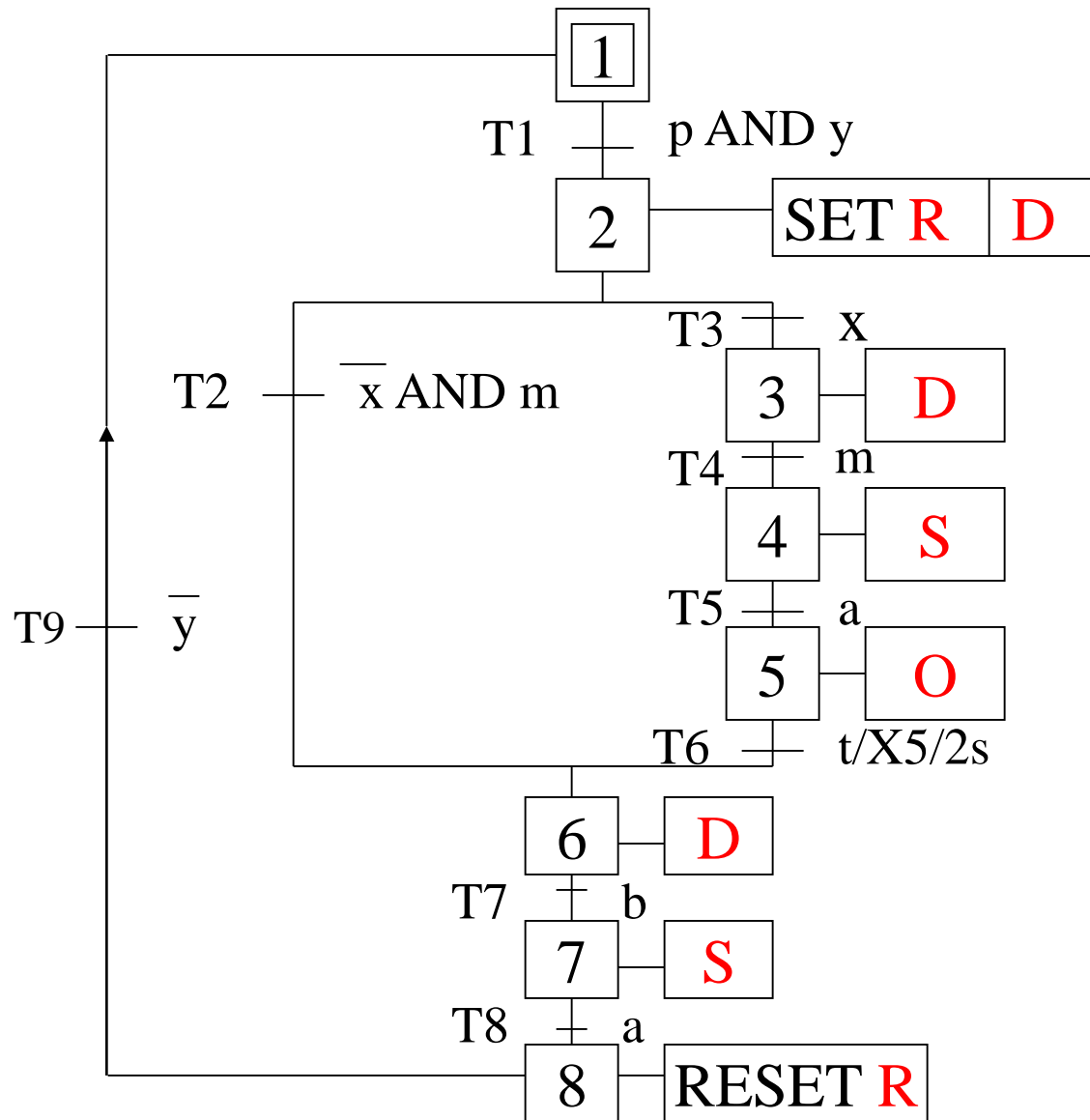
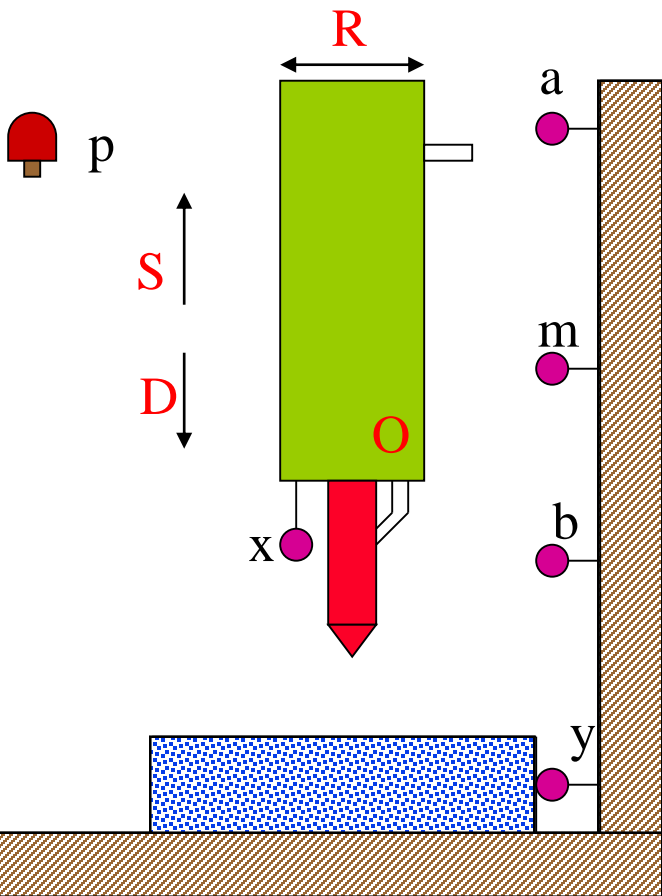
STRUTTURA AMBIGUA

◇ Parallelismo con convergenza

◇ La fase 2 rischia di essere attivata due volte

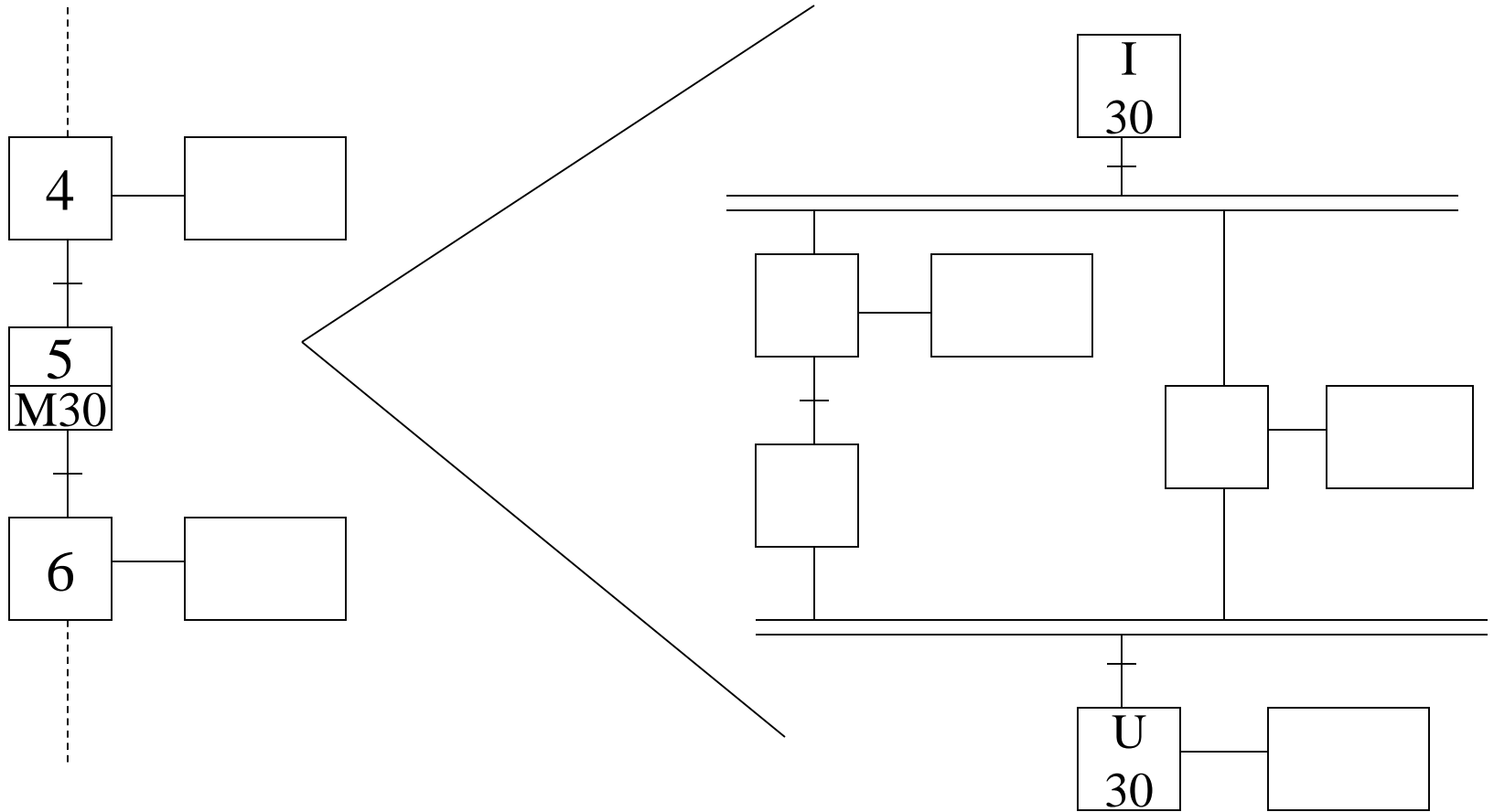


ESEMPI: TRAPANO AUTOMATICO



MACROFASE

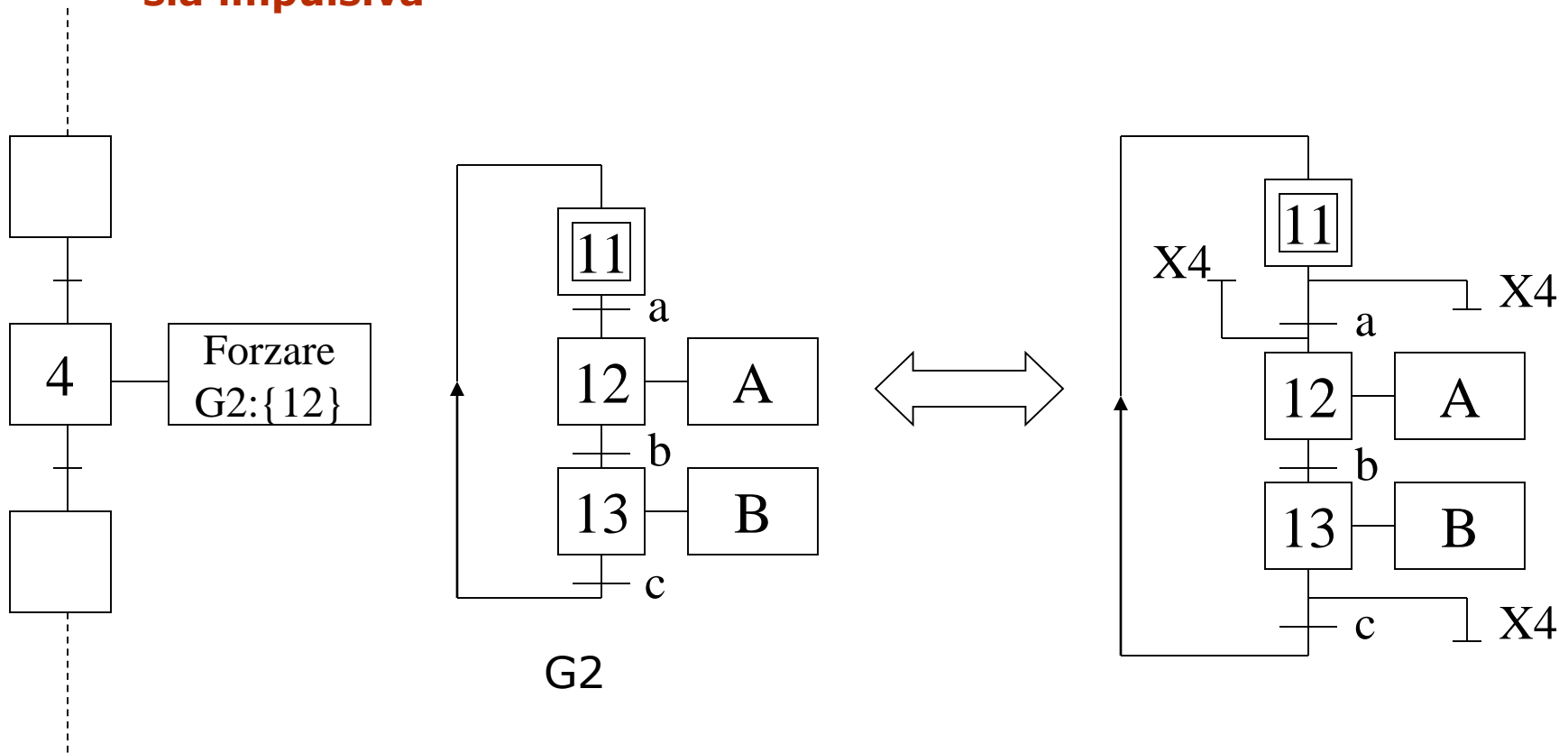
◇ Macrofase e relativa espansione



MACROAZIONI

◇ Forzatura

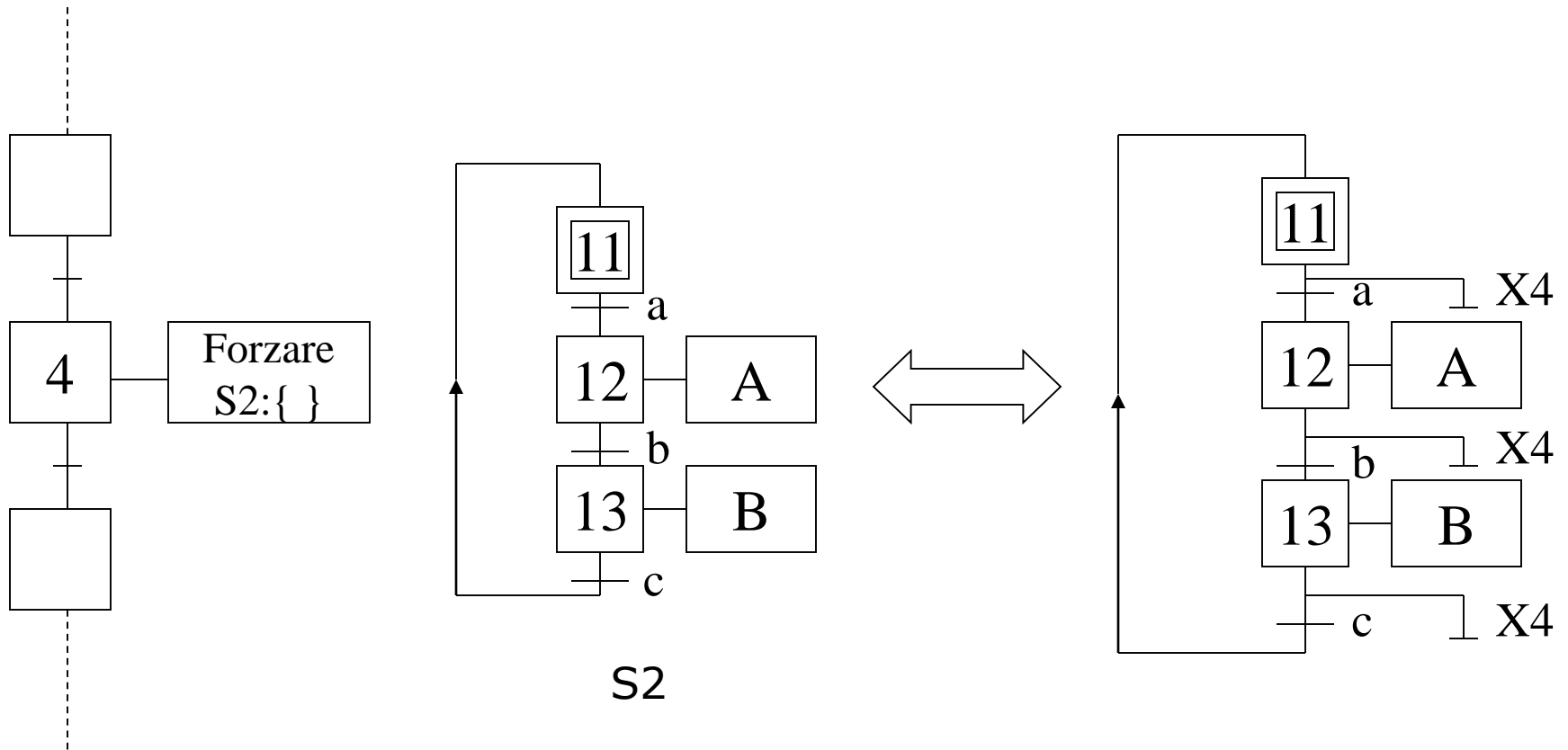
- ◇ **Indica l'insieme delle fasi da attivare in un SFC**
- ◇ **Valida per tutta la durata della fase associata a meno che non sia impulsiva**



MACROAZIONI

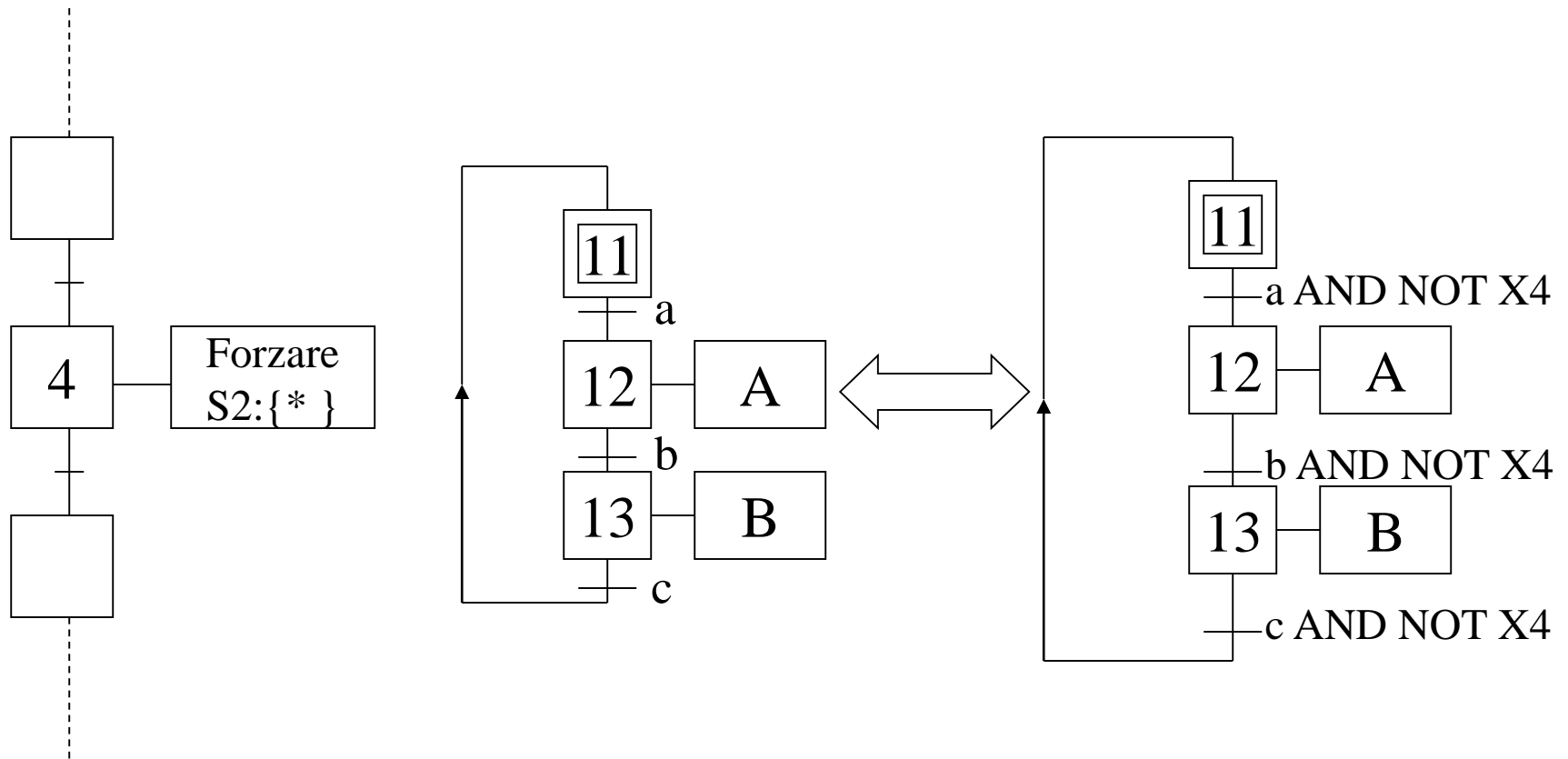
⇒ Sospensione

✓ **Disattiva tutte le fasi in un SFC**



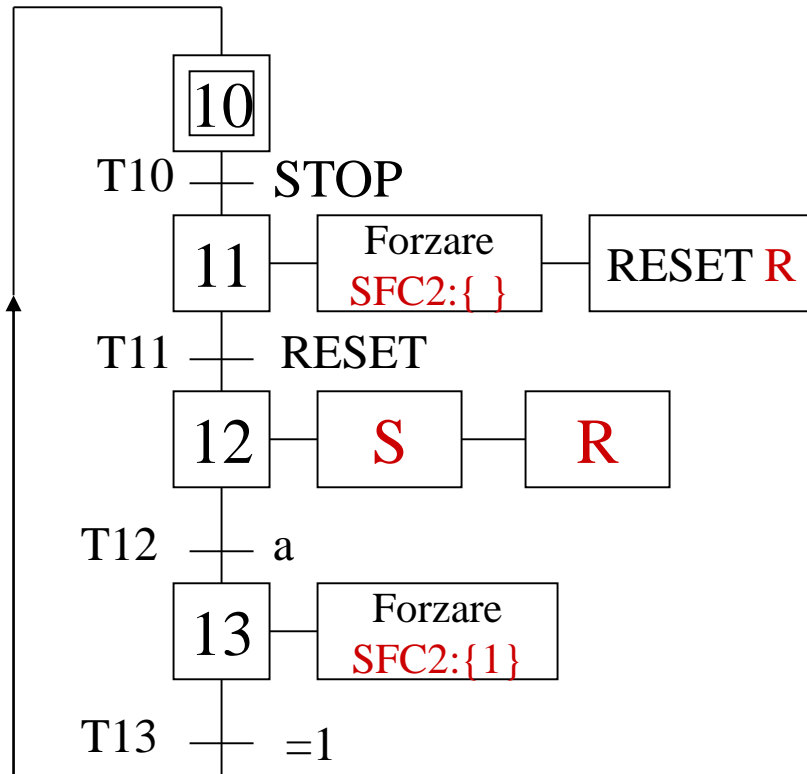
◇ Bloccaggio

- ◇ Arresta l'esecuzione di un SFC

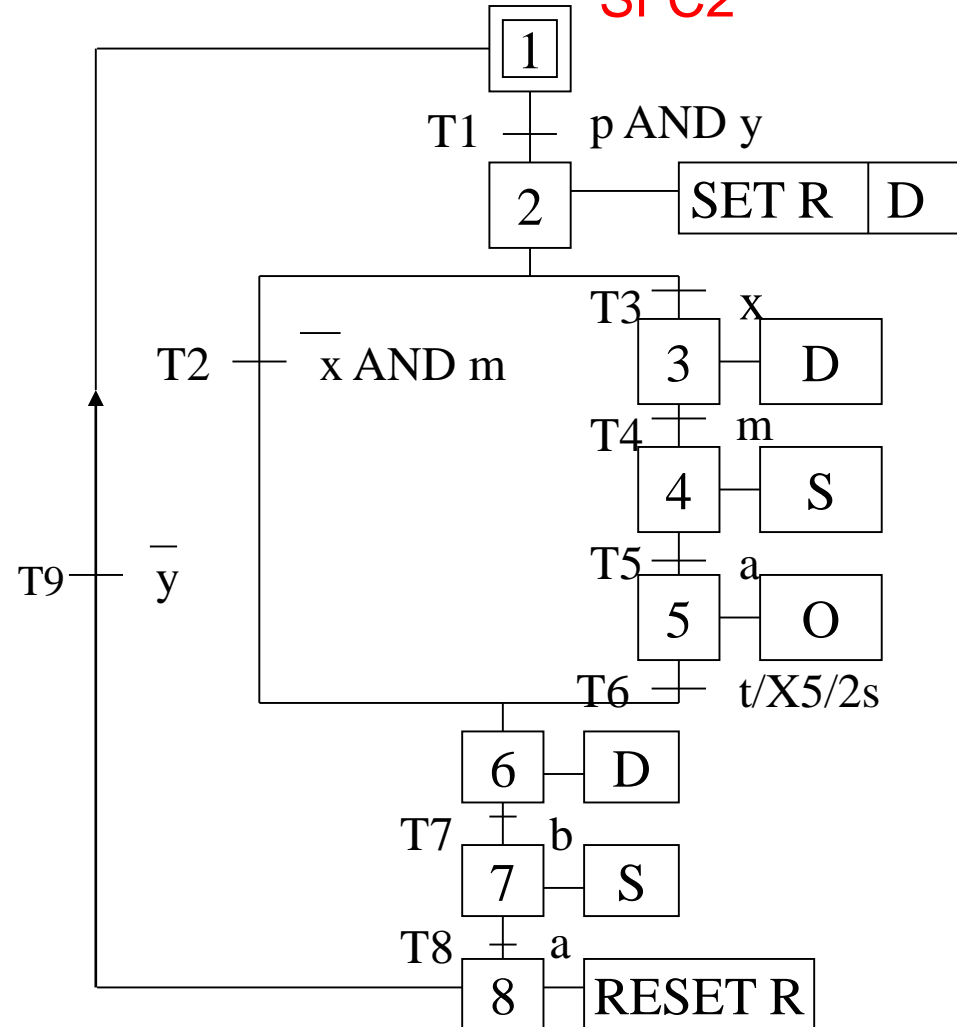


SFC GERARCHICO PER IL CONTROLLO DEL TRAPANO AUTOMATICO

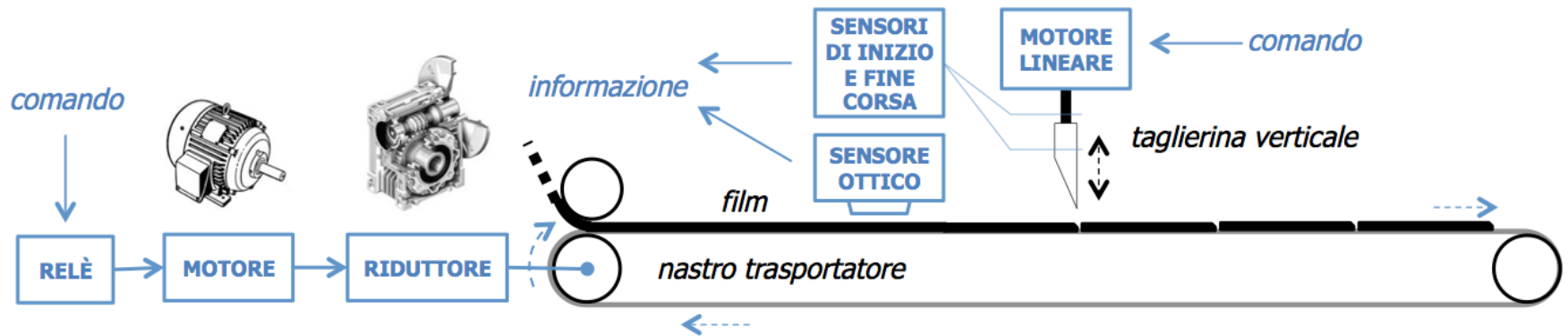
SFC1



SFC2



ESEMPIO TAGLIERINA AUTOMATICA



Un dispositivo è composto da un nastro trasportatore su cui è disposto un film omogeneo che deve essere tagliato da una taglierina verticale.

Il nastro trasportatore è attuato da un motore lineare.

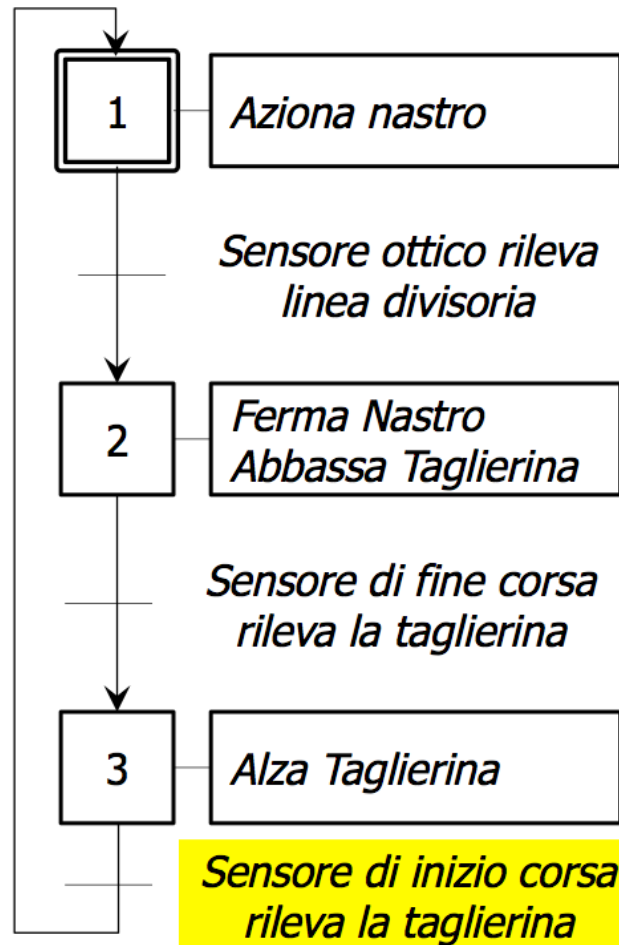
Un sensore ottico rileva un segno presente sul film indicante quando è necessario tagliare, mentre due sensori di inizio e fine corsa indicano la posizione della taglierina.

ESEMPIO TAGLIERINA AUTOMATICA

- ◇ I requisiti funzionali prevedono che:
 - ◇ Quando il sensore ottico rileva il segno sul film, deve essere effettuato il taglio;
 - ◇ Quando la taglierina esegue il taglio, il nastro trasportatore deve essere fermo;
 - ◇ Quando la taglierina viene riportata in condizione di riposo, il nastro trasportatore può essere riattivato

- ◇ Tre sono i possibili stati ammissibili:
 - ◇ Nastro trasportatore acceso, taglierina a riposo;
 - ◇ Nastro trasportatore fermo, taglierina scende per eseguire il taglio;
 - ◇ Nastro trasportatore fermo, taglierina risale

ESEMPIO TAGLIERINA AUTOMATICA



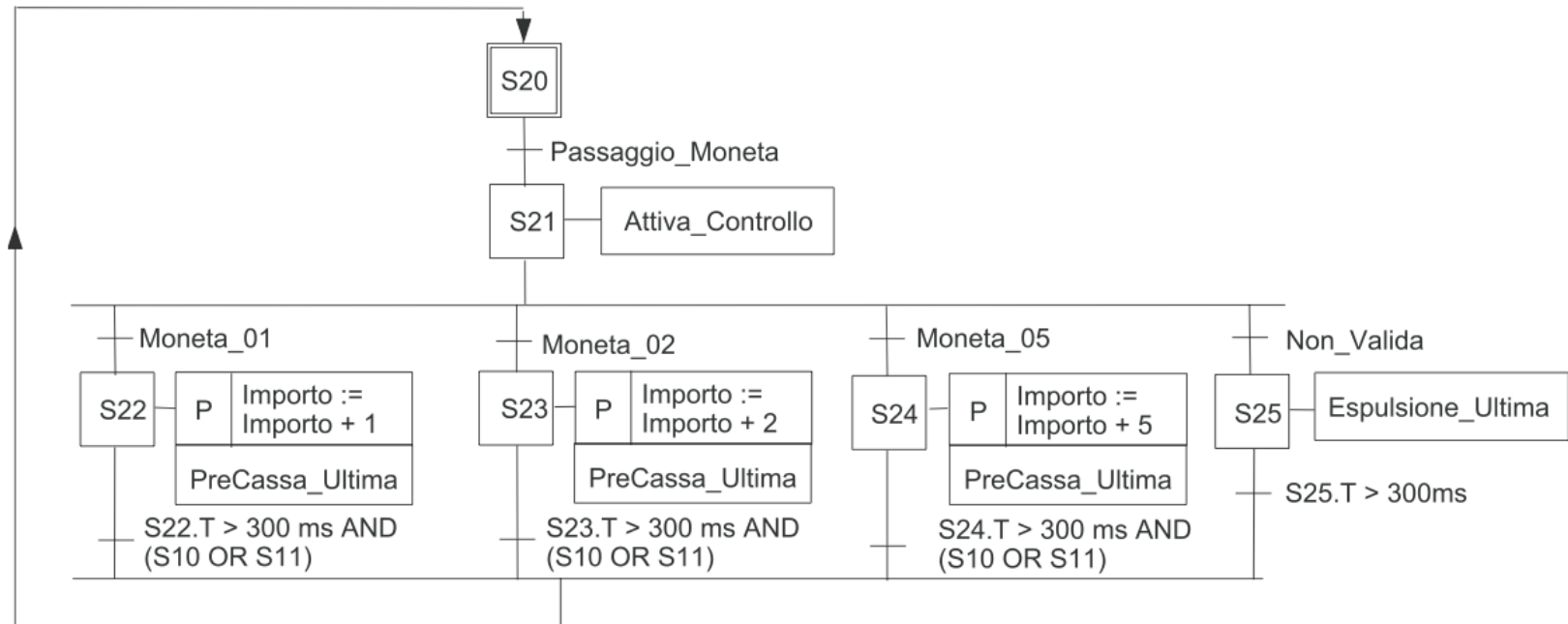
ESEMPIO DISTRIBUTORE AUTOMATICO

- ◇ Si consideri una macchina distributrice di bibite che sia in grado di riconoscere monete da 0.1, 0.2 e 0.5 Euro e di erogare tre differenti tipi di bibita, A, B e C. La bibita A costa 0.6 Euro, la bibita B ne costa 0.8 e la bibita C costa 1 Euro.
- ◇ La macchina è dotata di display, sul quale viene visualizzata la stringa "Inserire Monete" fino a quando il cliente non inserisce una prima moneta, dopodichè viene visualizzato l'importo totale inserito. L'utente ha a disposizione i pulsanti di selezione di ciascuna bibita e un pulsante di espulsione monete, con il quale può annullare l'operazione. La macchina infatti non dà resto!

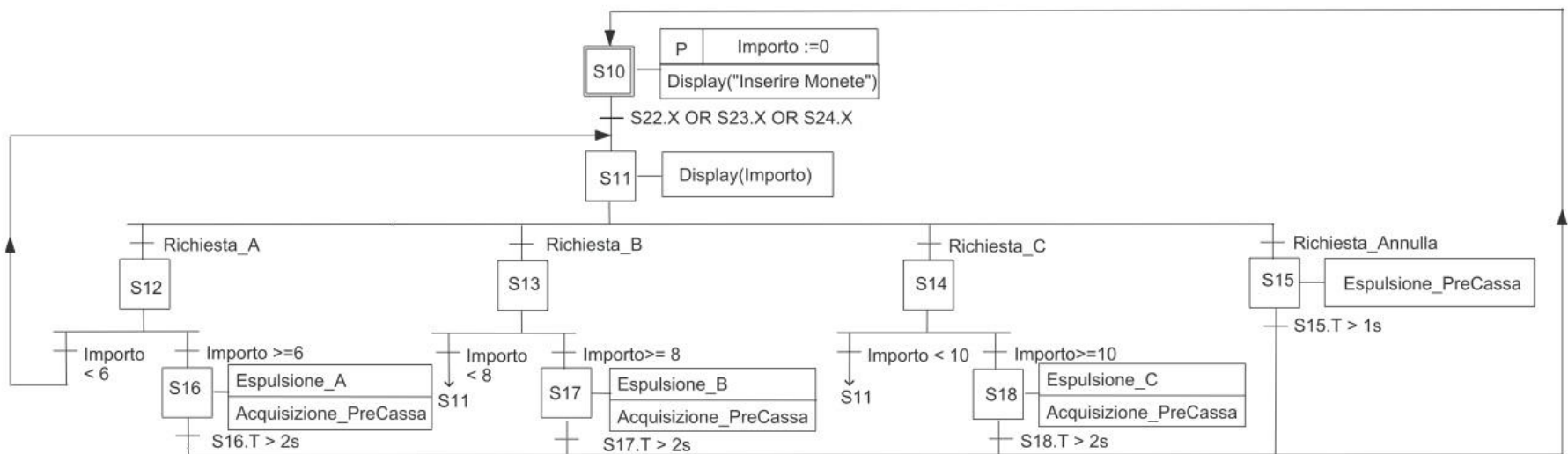
ESEMPIO DISTRIBUTORE AUTOMATICO

- ◇ Il riconoscimento della moneta viene effettuato da un sottosistema di scansione, il quale fornisce al sistema di controllo principale quattro soli segnali logici: Moneta 01, Moneta 02, Moneta 05, Non Valida. Ad ogni nuova moneta riconosciuta viene aggiornata la somma memorizzata e la moneta viene messa in uno scompartimento di pre-incasso, mentre se la moneta non è valida viene immediatamente espulsa.
- ◇ Se l'utente preme un tasto di selezione bibita e l'importo introdotto è sufficiente, la bibita richiesta viene espulsa e le monete vengono incassate definitivamente. La durata minima di apertura degli sportelli di contenimento bibite e monete della macchina è: 300 ms per lo sportello dello scomparto dell'ultima moneta inserita; 1 s per lo sportello dello scomparto di pre-cassa; 2 s per lo sportello degli scomparti contenenti le bibite.

ESEMPIO DISTRIBUTORE AUTOMATICO



ESEMPIO DISTRIBUTORE AUTOMATICO



ESEMPIO GIRELLO AUTOMATICO

Si consideri il girello automatico per il trasferimento di pezzi tra due nastri trasportatori a rulli schematizzato in Figura 4.48.

Il sistema di controllo ha a disposizione i seguenti segnali d'ingresso di tipo digitale:

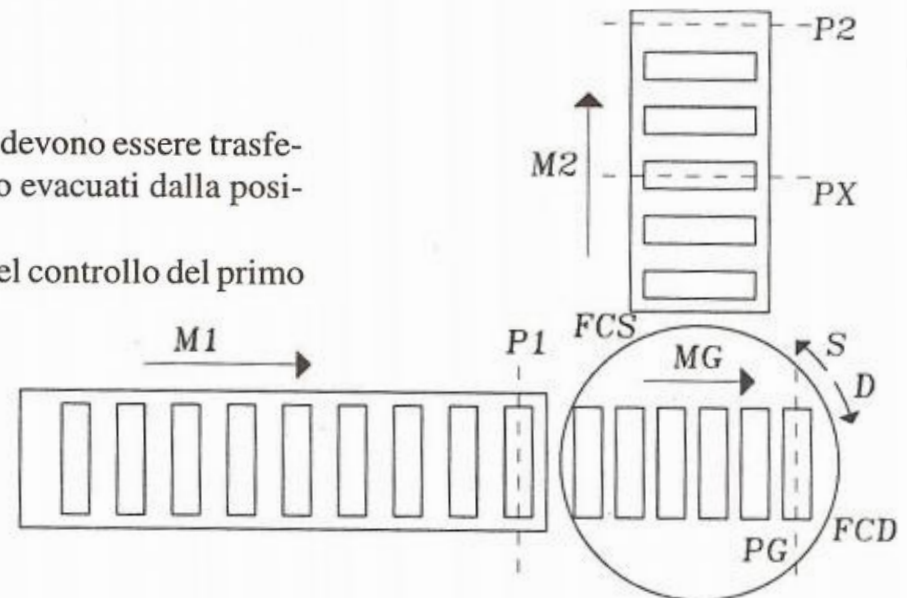
- P1* presenza pezzo alla fine del nastro 1;
- P2* presenza pezzo alla fine del nastro 2;
- PG* presenza pezzo alla fine dei rulli del girello;
- PX* disimpegno del girello da parte del pezzo;
- FCS* finecorsa rotazione a sinistra del girello;
- FCD* finecorsa rotazione a destra del girello.

I segnali di comando, di tipo digitale, sono:

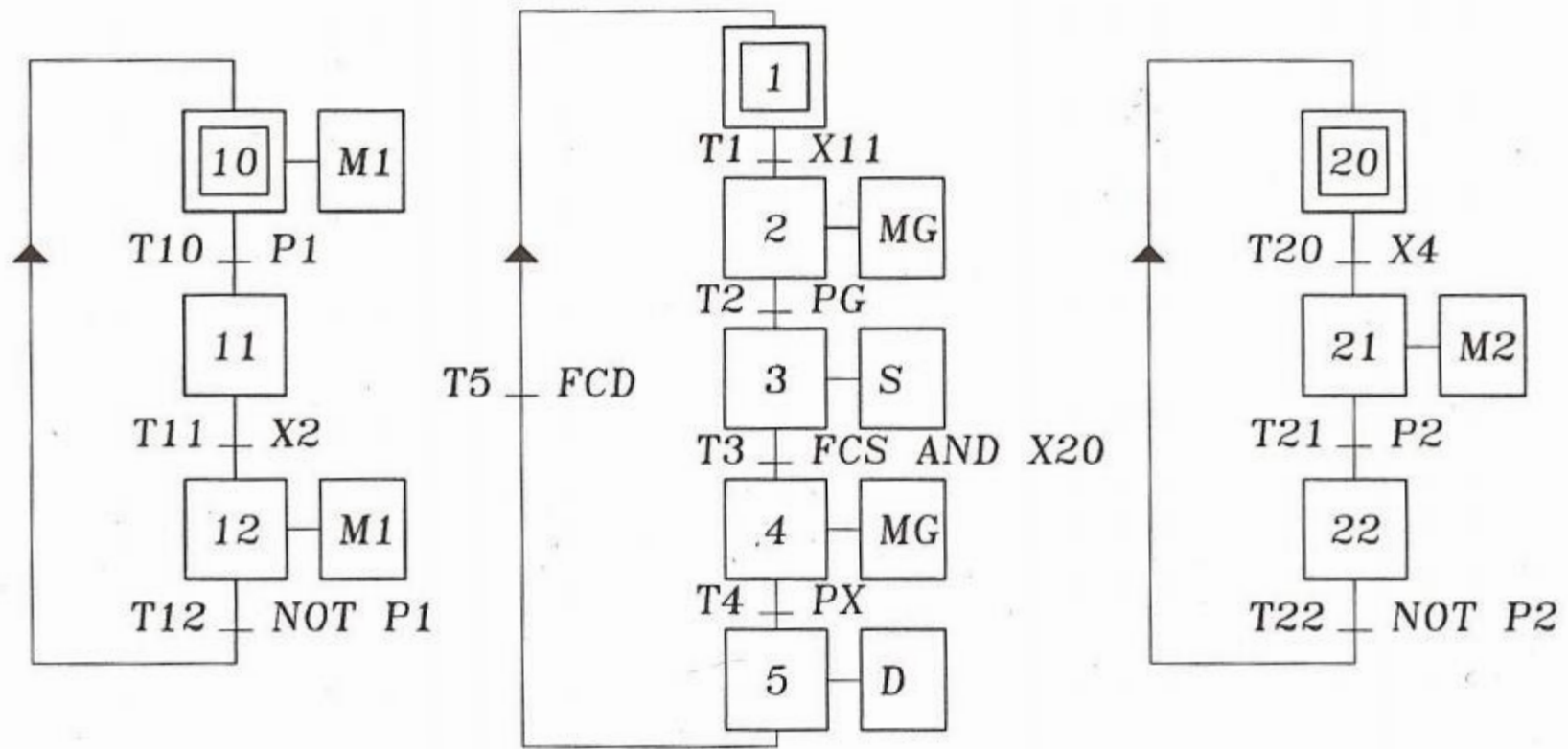
- M1* motore del primo nastro;
- M2* motore del secondo nastro;
- MG* motore dei rulli del girello;
- S* rotazione a sinistra del girello;
- D* rotazione a destra del girello.

I pezzi che sono disposti casualmente sul primo nastro devono essere trasferiti, tramite il girello, sul secondo nastro dove vengono evacuati dalla posizione *P2*.

Risulta utile decomporre funzionalmente il problema nel controllo del primo



ESEMPIO GIRELLO AUTOMATICO



ESEMPIO CELLA ROBOTIZZATA

Si abbia (Figura 4.50) una cella robotizzata costituita da un robot che deve servire due nastri trasportatori di alimentazione, contrassegnati con i numeri 1 e 2, e un nastro trasportatore di distribuzione 3. Dei carichi arrivano in maniera non prefissata dai nastri di alimentazione nelle posizioni P1 e P2 e il robot li deve prendere e trasferire nella posizione P3 sul nastro di distribuzione; è considerato prioritario il servizio del primo nastro rispetto al secondo. La posizione di riposo del robot sia P0.

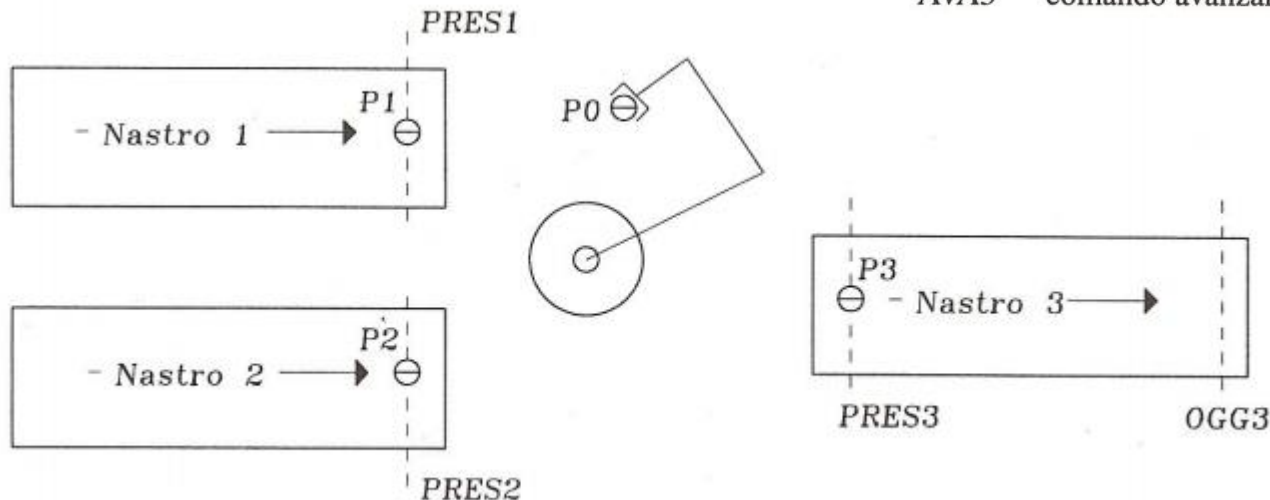
I segnali in ingresso (digitali) disponibili sono:

- PRES1* presenza oggetto nella posizione P1;
- PRES2* presenza oggetto nella posizione P2;
- PRES3* presenza oggetto nella posizione P3;

- OGG3* presenza oggetto alla fine del nastro 3;
- OK0* avvenuto posizionamento del robot in P0;
- OK1* avvenuto posizionamento del robot in P1;
- OK2* avvenuto posizionamento del robot in P2;
- OK3* avvenuto posizionamento del robot in P3.

Le azioni di comando disponibili sono:

- VAI0* comando posizionamento robot in P0;
- VAI1* comando posizionamento robot in P1;
- VAI2* comando posizionamento robot in P2;
- VAI3* comando posizionamento robot in P3;
- CHIUDI* comando chiusura pinza robot;
- AVA1* comando avanzamento nastro 1;
- AVA2* comando avanzamento nastro 2;
- AVA3* comando avanzamento nastro 3.



ESEMPIO CELLA ROBOTIZATA

