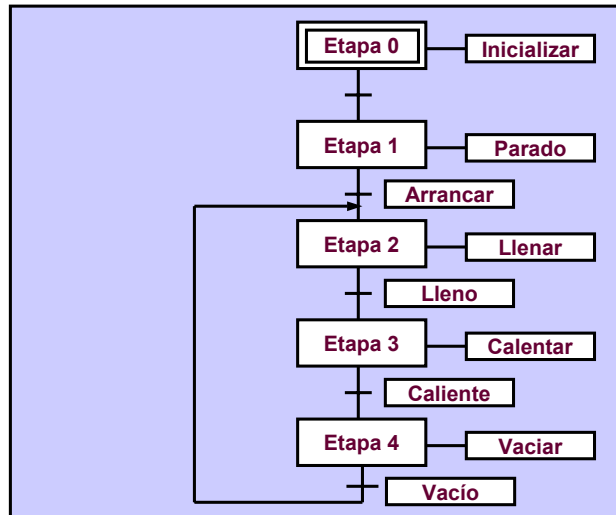


Metodología de diseño de automatismos secuenciales: GRAFCET

GRAFCET

- **La complejidad de los sistemas de automatización industriales exige una metodología clara para la descripción y diseño del control independiente de la tecnología a utilizar.**
- **Con esta idea nació GRAFCET (GRÁfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones).**
- **Es estándar (IEC 848)**
- **Permite la descripción gráfica del control del proceso.**
- **Es una mejora de la máquina de estado.**
- **Fases del diseño del control lógico:**
 - Especificación.
 - División del proceso en etapas o fases.
 - Diseño de la parte secuencial para el control de las etapas.
 - Diseño de la parte combinacional de cada etapa.
 - **Implantación.**

Ejemplo de Grafcet: Control de un depósito



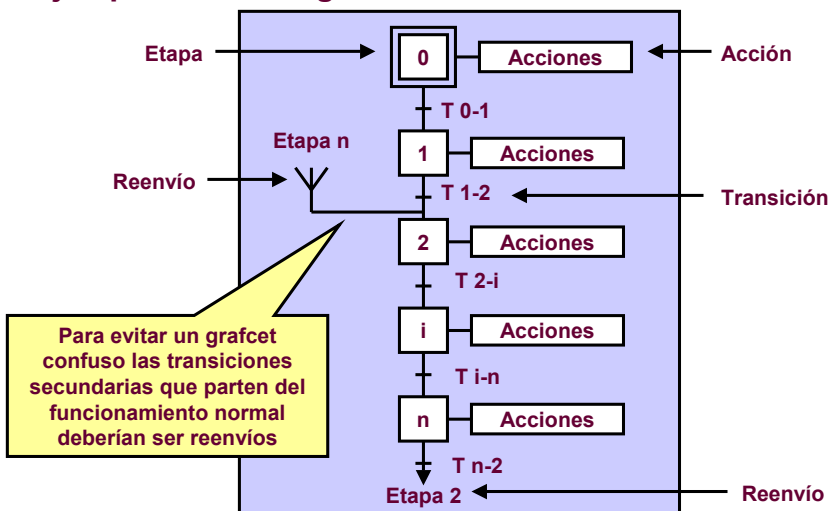
División del proceso en etapas o fases

- **División inicial en operaciones complejas: macroetapas.**
 - Ejemplo tunel de lavado: Inicialización, Lavado, Secado
- **División de las macroetapas en etapas.**
 - Ejemplo macroetapa Lavado: Humedecer, Pasar rodillos horizontales, Pasar rodillos verticales.
- **Una etapa está bien definida cuando se consigue que las acciones asociadas a dicha etapa sólo dependan de estar en esa etapa y de las entradas. La relación entre entradas y salidas dentro de la etapa es puramente combinacional.**
- **El control está bien definido cuando todas las etapas están bien definidas.**
- **Cada etapa elemental tiene asociada una variable de estado (0: Etapa desactivada; 1: Etapa activada).**
 - A la tabla de entrada/salidas del control hay que añadir las variables de estado

Símbolos gráficos del Grafcet

- **Cuadro**
 - Simbolizan una etapa.
 - La etapa inicial (RESET) se representa con un cuadro con doble línea.
- **Líneas de evolución**
 - Unen entre sí las etapas que representan actividades consecutivas.
 - Las líneas se entenderán siempre orientadas de arriba hacia abajo, a menos que se represente una flecha en sentido contrario.
- **Transiciones en las líneas de evolución**
 - Representan las condiciones lógicas necesarias para que finalice la actividad de una etapa y se inicie la etapa inmediatamente consecutiva (o etapas).
- **Reenvíos**
 - Son símbolos en forma de flecha que indican la procedencia o destino de las líneas de evolución. Esto permite fraccionar un gráfico en subgráficos sin necesidad de líneas que se entrecrucen.

Ejemplo símbolos gráficos

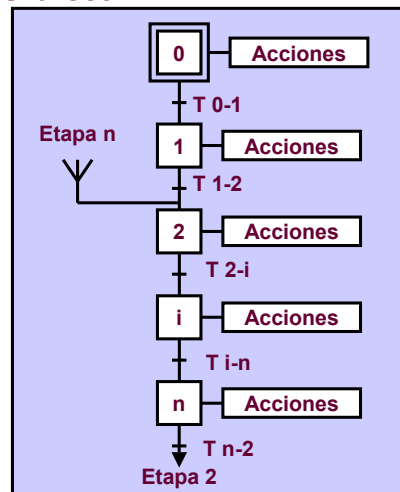


Reglas de evolución del Grafcet

- Cuando se recorre el gráfico de evolución, por cualquier camino posible, deben alternarse siempre una etapa y una transición.
- Las transiciones que no tienen asociada una ecuación lógica siempre se cumplen.
- Una etapa se activará cuando esté activada la etapa anterior y se cumplen las condiciones de transición entre ambas.
- Una etapa se desactiva cuando se cumplen las condiciones de transición a la siguiente o siguientes.
- El grafo de evolución debe ser siempre cerrado.
- Se pueden utilizar macroetapas como etapas:
 - Cada macroetapa debe tener una etapa de entrada y otra de salida.
 - La validación de la transición inmediatamente anterior a la macroetapa activa la etapa de entrada de la misma.
 - Las macroetapas pueden estar anidadas.

Estructuras básicas del Grafcet

- **Secuencia lineal.**
 - Sólo hay una etapa activa en cada momento,
- **Convergencia y divergencia en O:** subprocessos alternativos.
- **Convergencia y divergencia en Y:** subprocessos simultáneos.

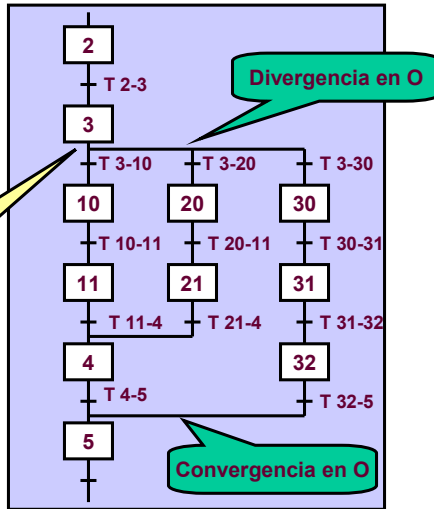


Secuencia lineal

Convergencia y divergencia en O

- Subprocesos alternativos.
- De una etapa se pueden iniciar varios caminos o subprocesos alternativos posibles.
- Sólo uno de ellos se activa.
- Termina en la misma o en diferentes etapas.

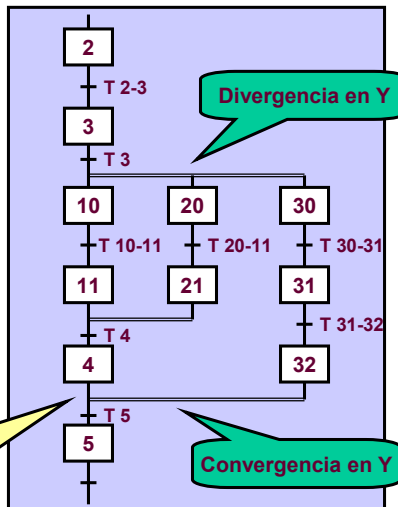
Las condiciones entre ramas deben ser excluyentes para que no se arranquen varias etapas simultáneamente.



Convergencia y divergencia en Y

- Subprocesos simultáneos.
- De una etapa se inician varios caminos simultáneos.
- El proceso evolucionará por varios caminos a la vez, ejecutando varias tareas simultáneamente.
- Cuando dos o más caminos en Y convergen en un estado, para que se estado se active se deben haber ejecutado completamente dichos caminos.

Para que se active la etapa 5 el sistema debe estar simultáneamente en las etapas 4 y 32 y debe cumplirse la transición T5



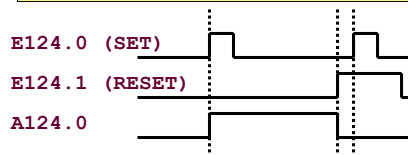
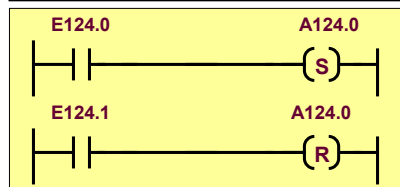
Diseño e implantación

- **Diseño parte secuencial del automatismo.**
 - Establecer el grafo de evolución con la secuencia de etapas.
 - El número de etapas define el número de variables de estado.
 - Establecer las condiciones de transición: condiciones lógicas para ir de una etapa a otra.
 - Es equivalente a establecer las ecuaciones lógicas de las variables de estado.
 - Para calcular el valor de las variables de estado, sólo se trabaja con el valor antiguo de dichas variables.
- **Diseño parte combinacional de cada etapa del automatismo.**
 - Establecer para cada etapa las relaciones lógicas entre entradas y salidas.
- **Implantación.**
 - Utilizar un sistema cableado o un sistema programado para realizar la implantación.

Instrucciones útiles para la implantación: Set/Reset

- **Instrucción Set**
 - Si la condición es 1 (RLO) , la salida (operando de la instrucción) se pone a 1.
 - Si la condición es 0, la salida no cambia.
- **Instrucción Reset**
 - Si la condición es 1, la salida pasa a 0.
 - Si la condición es 0, la salida no cambia.
- **¿Qué pasa si las entradas de control se pulsán simultáneamente?**
 - Depende del orden de las instrucciones

U	E124.0
S	A124.0
U	E124.1
R	A124.0



Ejemplo: Movimiento alternativo de tambor lavadora

ENTRADAS	L	ETIQUETA	DIRECC.
Reset	N	RESET	E124.0
Arrancar	P	EPA	E124.1
Tambor en posición	P	ESTP	E124.2
Parar	P	EPP	E124.3

SALIDAS

Bombilla Parado	P	SBP	A124.0
Bombilla Arrancado	P	SBA	A124.1
Giro derecha	P	SMGD	A124.2
Giro izquierda	P	SMGI	A124.3

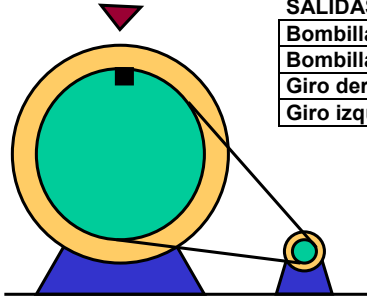
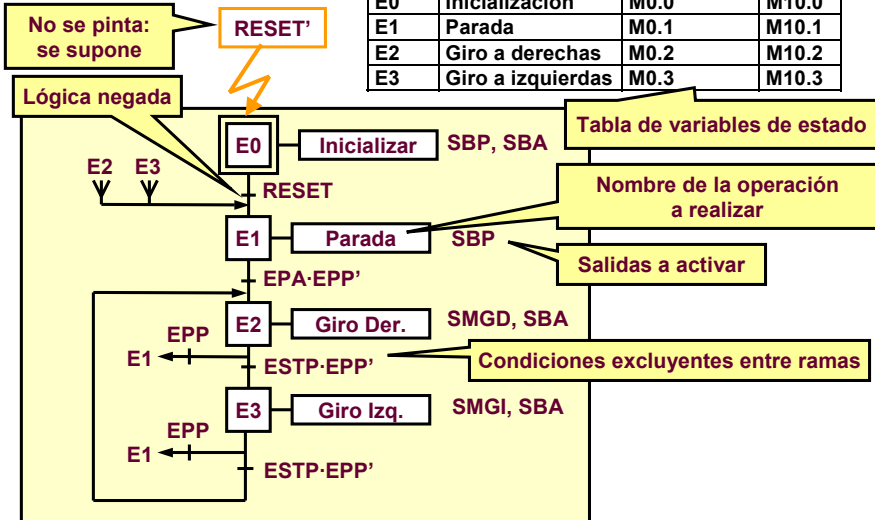


Tabla de variables de entrada/salida

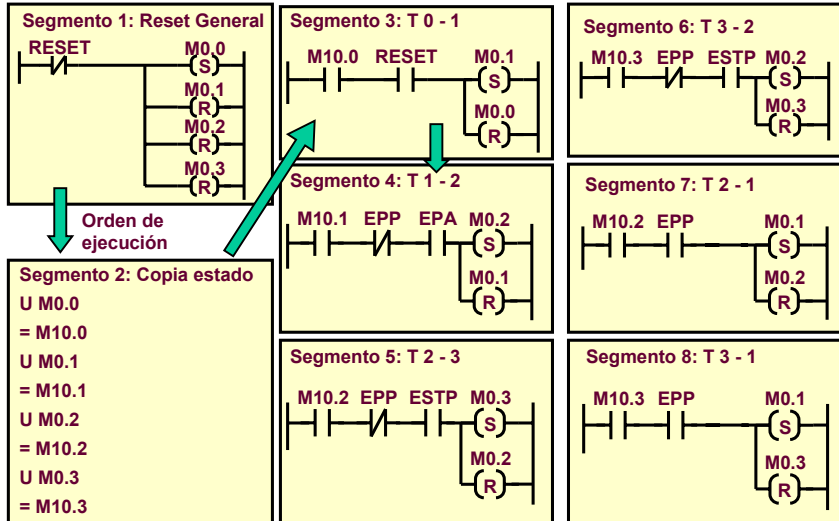
AVISO PARA PRINCIPIANTES: Seguir la metodología al pie de la letra (con experiencia se pueden crear variantes)

Grafcet del ejemplo

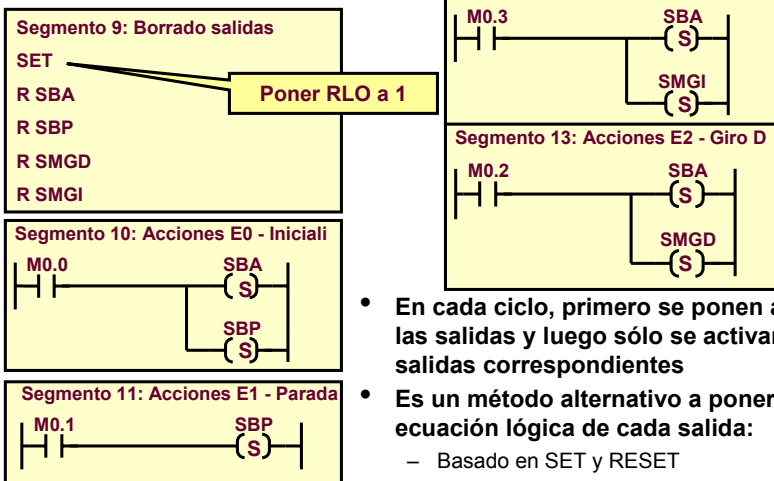
Etapa	Descripción	Variable est.	Copia
E0	Inicialización	M0.0	M10.0
E1	Parada	M0.1	M10.1
E2	Giro a derechas	M0.2	M10.2
E3	Giro a izquierdas	M0.3	M10.3



Reset, copia de estado y gestión de etapas



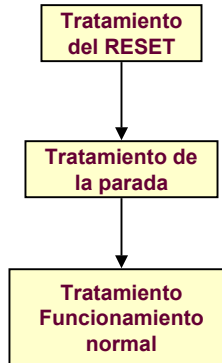
Acciones en las etapas



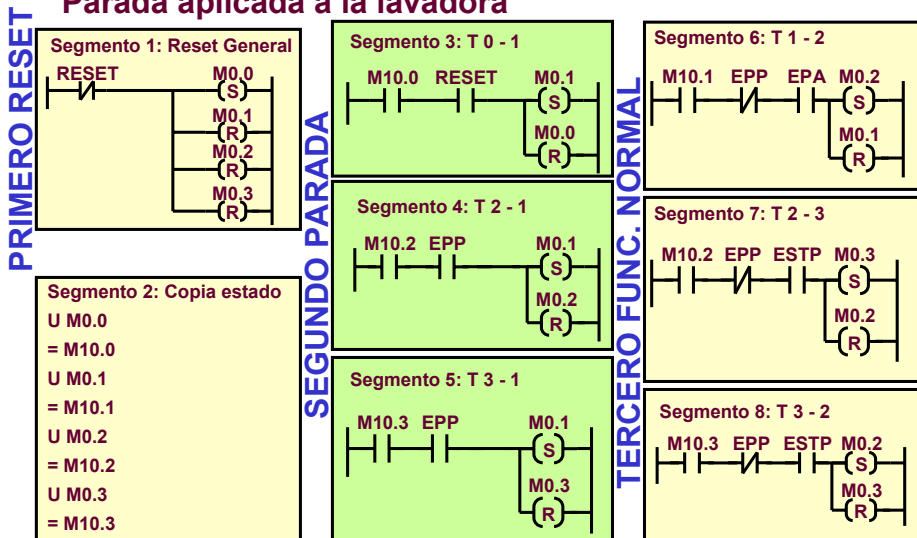
- En cada ciclo, primero se ponen a 0 las salidas y luego sólo se activan las salidas correspondientes
- Es un método alternativo a poner la ecuación lógica de cada salida:
 - Basado en SET y RESET
 - Facilidad para modificar la implantación del grafcet

Refinamiento: Asegurar que el sistema para correctamente

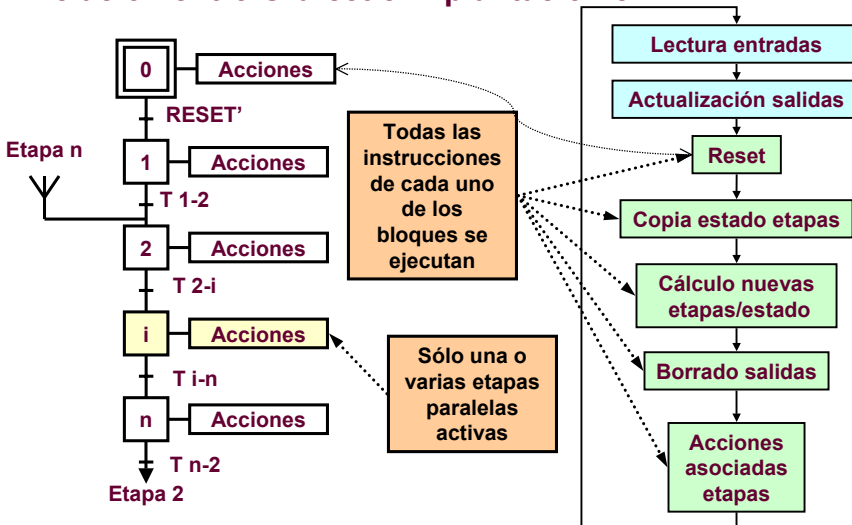
- Lo primero es asegurar que el sistema se para correctamente
 - Prever situaciones peligrosas especialmente en la fase de pruebas
 - Tipos de paradas
 - Parada de emergencia
 - Sistema mecánico
 - Sistema químico
 - Normalmente por hardware
 - Parada ordenada
 - Antes de parar hay que realizar una serie de operaciones
 - Normalmente por software
 - **Programar primero la parada**



Parada aplicada a la lavadora

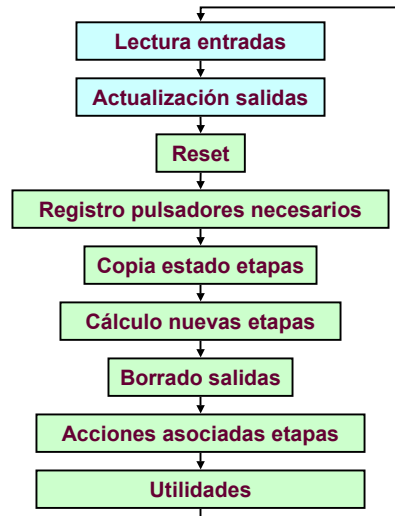


Relación entre Grafcet e implantación en PLC

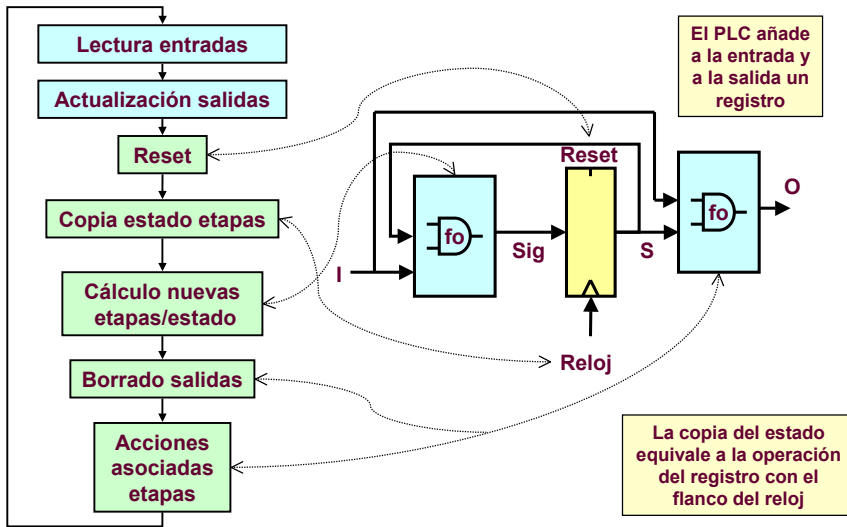


Programa no relacionado directam. con el Grafcet

- **Pulsadores para parar una secuencia pero que hay que esperar a que se complete la secuencia**
 - Se almacena la acción de pulsar en una posición de memoria (con SET) y después se procesa cuando se llegue a la etapa adecuada
 - Sólo se almacenan las órdenes de los pulsadores cuando sea necesaria
 - Cuando se procesa la orden, se hace reset de la posición de memoria correspondiente
- **Utilidades adicionales como intermitencias (temporizadores)**



Equivalencia entre implantación digital y PLC

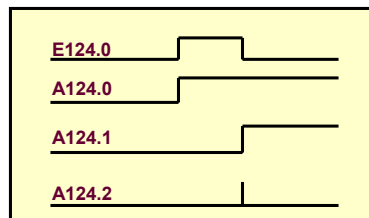


Detección de flanco de señal (FP/FN)

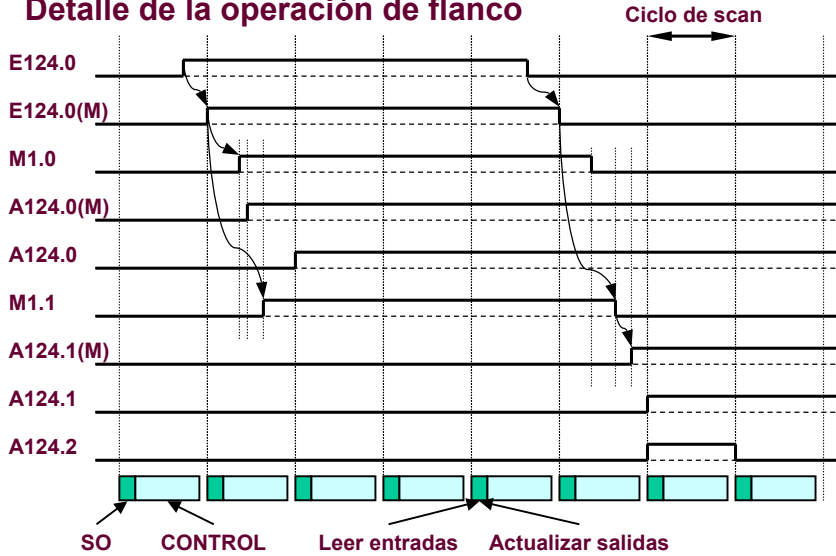
- **Problema del ejemplo de la lavadora:**
 - La señal que da el sensor de tambor en posición (ESTP) estará a 1 más tiempo de lo necesario y provocará el cambio continuo del giro.
 - El cambio de giro no debe funcionar por nivel de la señal ESTP, sino por flanco: si en el ciclo anterior estaba a 0 y en este ciclo está a 1, debe ocurrir el cambio de giro
- **Las instrucciones FP y FN facilitan el uso del flanco**
 - Necesitan una variable auxiliar para guardar el estado de la señal en el ciclo anterior de scan del PLC.

```

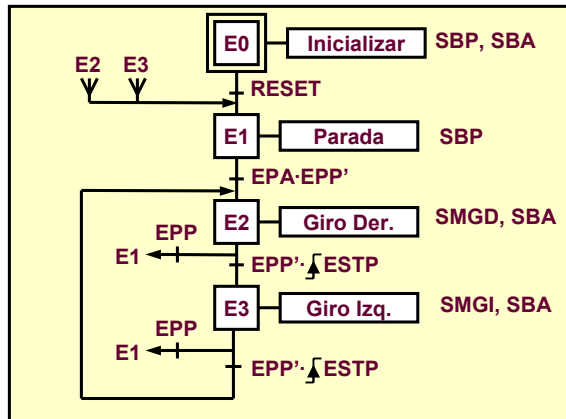
U E 124.0
FP M 1.0
S A 124.0
U E 124.0
FN M 1.1
S A 124.1
= A 124.2
  
```



Detalle de la operación de flanco



Grafcet de la lavadora con detección de flanco



Ejemplo (lavadora) con detección de flanco

Segmento 7: T 2 - 3	Segmento 8: T 3 - 2
U ESTP	U ESTP
FP M1.0	FP M1.1
U M10.2	U M10.3
UN EPP	UN EPP
S M0.3	S M0.2
R M0.2	R M0.3

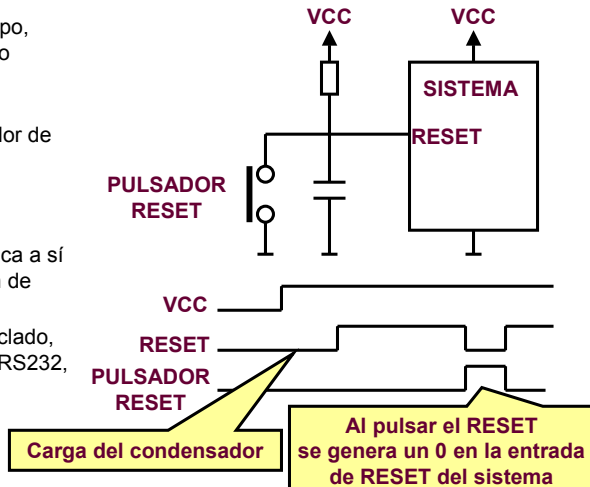
Si en ambos casos se pone el mismo bit para FP
falla la operación de flanco ¿Por qué?

Operación de Reset o inicialización

- No confundir con la instrucción Reset (R)
- Todo sistema tiene que arrancar con un estado totalmente conocido para que el funcionamiento posterior sea correcto.
- ¿Qué significa estado totalmente conocido?
 - Las magnitudes físicas (eléctricas, mecánicas) internas del sistema tiene un valor concreto conocido.
 - En el caso de los PLC's, es fundamental que las posiciones de memoria tengan un valor concreto, para que la primera vez que se ejecute el ciclo de scan parta de valores concretos. Debemos conseguir que siempre arranque a partir de la etapa 0.
 - Recibe el nombre de **ESTADO INICIAL** del sistema.
- La operación que lleva al sistema a ese estado inicial recibe el nombre de **RESET** o inicialización.
- El estado inicial o de reset es diferente al de sistema **PARADO**.

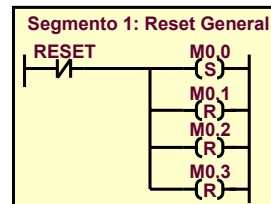
¿Cómo se provoca la operación de Reset?

- **Reset físico:**
 - Al encender el equipo, aprovechando como evolucionan las magnitudes físicas
 - Mediante un pulsador de reset
- **Reset lógico o por software:**
 - El programa se indica a sí mismo la operación de Reset
 - Comando desde teclado, comando desde la RS232, etc

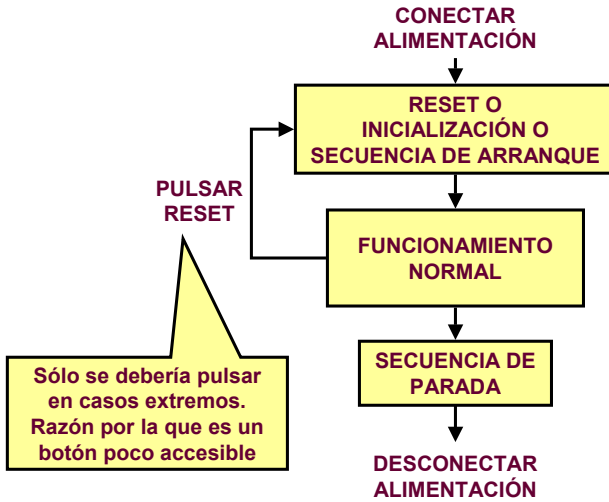


Programación adoptada para el RESET

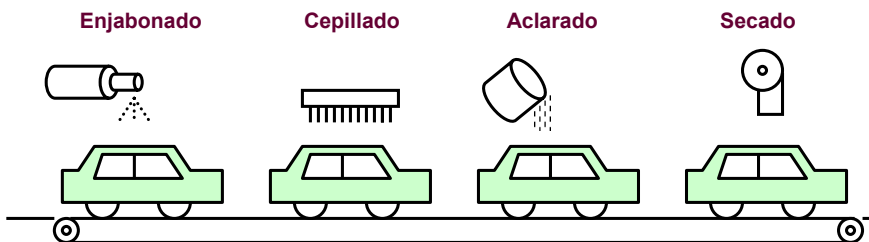
- **Cuando el interruptor de RESET está a 0, se provoca la operación de RESET**
 - Hay que asegurarse que el interruptor de RESET esté a 0 antes de arrancar el programa, para comenzar con la operación de RESET
 - Al pasar el interruptor de RESET a 1 se sale de la operación de RESET.
 - Si se arranca el programa con el interruptor de RESET a 1 pueden ocurrir dos comportamientos:
 - Primer arranque: el grafcet no evoluciona porque todas las variables de estado están a 0
 - Arranques posteriores: el grafcet sigue la evolución a partir de cómo quedaron las variables de estado al parar el programa.
- **Los autómatas suelen llevar una tarea programable de RESET que sólo se ejecuta cuando se da tensión y, por supuesto, antes del primer ciclo de scan.**



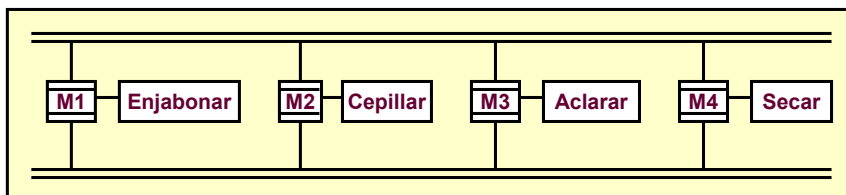
Secuencia de funcionamiento de un sistema



Ejemplo de tren de lavado en serie (I)



Divide y vencerás: dividir en macroetapas



Ejemplo de tren de lavado en serie (II)

