

GRAFCET

El GRAFCET (GRaphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions) es un método gráfico que permite representar los automatismos secuenciales describiendo gráficamente la evolución del automatismo y los diferentes comportamientos de este.

1. Principios del GRAFCET

El GRAFCET es un lenguaje funcional gráfico, y su función es precisar el ciclo y las condiciones de funcionamiento de una máquina automática. El GRAFCET representa la sucesión de las fases o estados de un ciclo. Estas fases son llamadas **ETAPAS**. Las etapas tienen asociadas unas **ACCIONES** que se ejecutarán si las etapas correspondientes están activas.

Entre dos etapas hay una **TRANSICIÓN**. Las transiciones indican la posibilidad de evolución entre etapas, es decir, la evolución del estado interno del sistema. A cada transición le corresponde una **RECEPTIVIDAD**. La receptividad es la condición que se tiene que cumplir para poder pasar la transición, es decir, la condición que permite la evolución del sistema desde una etapa hasta otra etapa.

Después de cada etapa siempre hay una o varias transiciones. Después de cada transición siempre debe ir una o varias etapas.

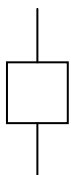
Una **TRANSICIÓN** es **VÁLIDA** cuando todas las etapas inmediatamente anteriores son **ACTIVAS**.

Una **TRANSICIÓN** es **FRANQUEABLE** cuando es **VÁLIDA** y su **RECEPTIVIDAD** asociada se cumple.

Al franquear una **TRANSICIÓN**:
 - se **DESACTIVAN** las **ETAPAS ANTERIORES**
 - se **ACTIVAN** las **ETAPAS POSTERIORES**

El GRAFCET utiliza una simbología normalizada para representar las etapas, las transiciones y las líneas que las unen:

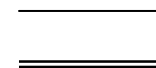
ETAPA



TRANSICIÓN

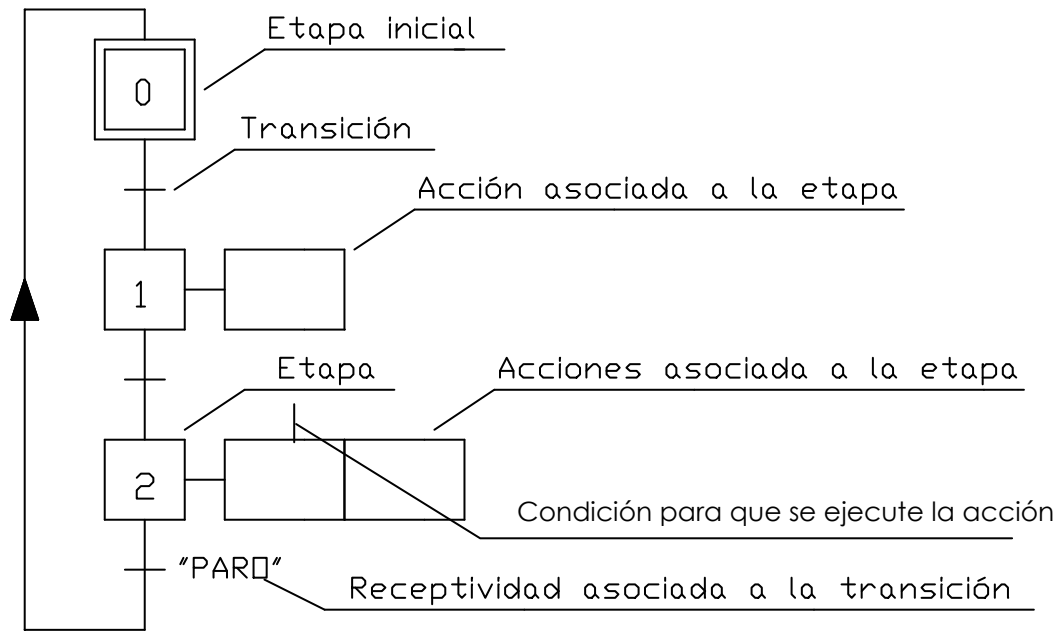


LÍNEAS



Las acciones se representan mediante un rectángulo a la derecha de la etapa. Si se quiere que mientras el GRAFCET está en esta etapa, sólo se ejecute la acción si se cumple alguna condición, dicha condición se indica encima de la acción.

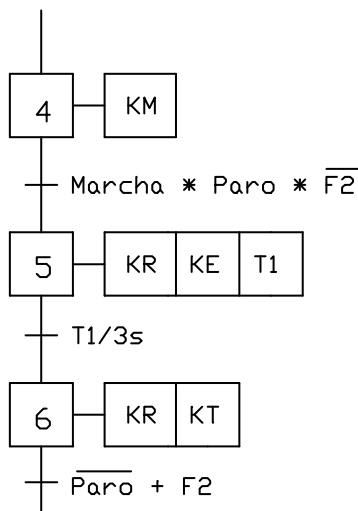
En la siguiente figura puede observarse la simbología del GRAFCET aplicada a un proceso simple.



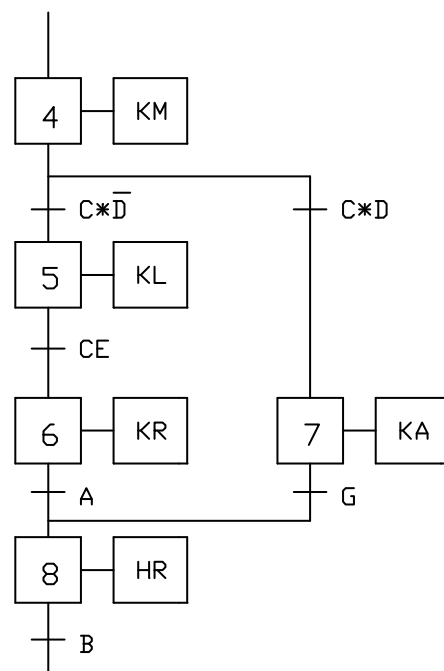
2. Estructuras básicas

El GRAFCET para automatización presenta un gran espectro de posibilidades en cuanto a la secuencia a realizar por un automatismo, existiendo diferentes estructuras básicas que, por combinación de las mismas, permiten implementar cualquier secuencia por muy compleja que ésta sea. Las estructuras básicas más utilizadas comúnmente son las siguientes:

- Secuencia lineal: el GRAFCET evoluciona en forma consecutiva sin ningún tipo de selección.

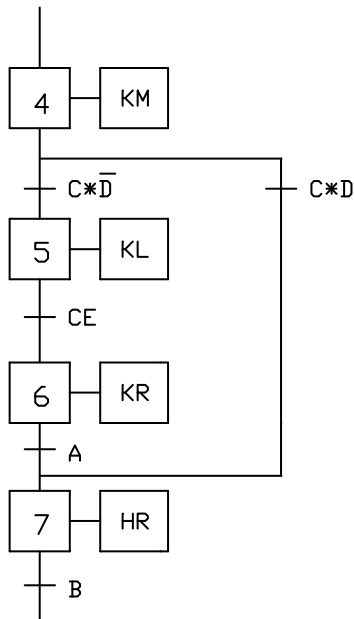


- Acciones exclusivas: dependiendo de qué receptividad se cumpla, el GRAFCET evoluciona hacia una secuencia de etapas u otra; también recibe el nombre de selección de secuencia

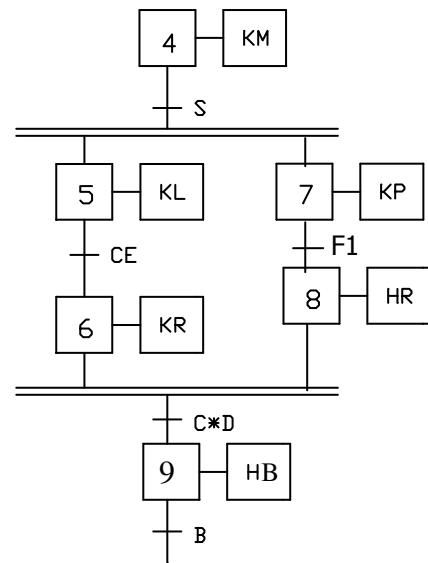


Explicación del Grafcet al final del apartado 2

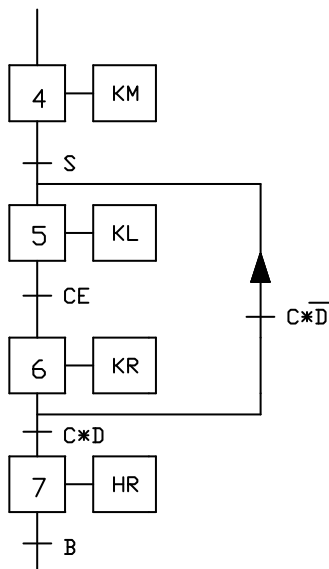
- Salto de etapas: según la receptividad o condición que se cumpla, el GRAFCET evoluciona hacia una serie de etapas o bien hace un salto hacia delante, no activando estas etapas. Podría considerarse caso particular de la selección de secuencia.



- Acciones simultáneas: el GRAFCET evoluciona hasta la línea doble, momento en que las siguientes etapas se activan simultáneamente y siguen su evolución independientemente; finalmente, en la siguiente línea doble la secuencia solo evolucionará si las etapas anteriores estas todas activas. También se llama paralelismo estructural



- Repetición de secuencia: tras realizar una secuencia de etapas, el GRAFCET se encuentra ante dos receptividades. Según según se cumpla una u otra, el GRAFCET evoluciona hacia otra serie de etapas o bien hace un salto hacia atrás, repitiendo las etapas anteriores.

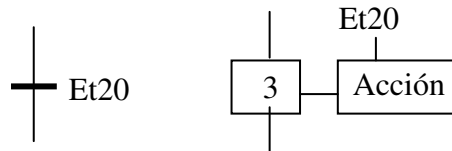


Explicación sobre las estructuras básicas:

- Secuencia lineal:
 1. Cuando el proceso se encuentre en la etapa 4 se ejecutará la acción de alimentar al relé o contactor KM durante el tiempo en que la etapa 4 está activa. Durante este tiempo la transición siguiente es válida, pero en principio la receptividad sería falsa.
 2. Cuando la entrada asociada al pulsador de marcha y la entrada asociada al de paro estén a nivel alto y además la entrada asociada al sensor o contacto F2 esté a nivel bajo, entonces la receptividad de esta transición se hace cierta y la transición se franquea. Con esto, se desactiva la etapa 4 y se activa la etapa 5.
 3. En esta etapa se activa el relé o contactor KR y KE y se arranca el temporizador T1 ajustado a 3 segundos.
 4. Pasados estos 3 segundos, se franquea la transición siguiente a la etapa 5 con lo que se desactiva la etapa 5 y se activa la 6.
 5. Se mantendrá en esta etapa hasta que la entrada asociada al pulsador de paro se haga cero o la entrada asociada a F2 se haga 1.
- Acciones exclusivas:
 1. Estando en la etapa 4, si se cumple que la entrada C y la D están a 1, realiza el conjunto de secuencias 5, 6, 8 y sucesivas. Si se cumple que la entrada C está a 1 y la D está a 0, realiza el conjunto de secuencias 7, 8 y sucesivas. Es necesario que sólo sea cierta una condición a la vez.
- Salto de Etapas:
 1. Caso particular de las acciones exclusivas. Si se cumple la condición de la izquierda pasará por las etapas 5 y 6 antes de entrar en la 7. Si se cumple la condición de la derecha, pasará directamente a la etapa 7.
- Acciones simultáneas: No se selecciona una línea de proceso, como en el caso de las acciones exclusivas, sino que se ejecutarán dos líneas de proceso a la vez e independientemente.
 1. Estando el proceso en la etapa 4, cuando se cumpla la condición S, se desactiva la etapa 4 y se activa la etapa 5 y la 7.
 2. Cuando se cumpla condición CE, la etapa 5 pasará a la 6. Cuando se cumpla la condición F1, la etapa 7 pasará a la 8.
 3. Sólo si las etapas 6 y 8 están activas (transición válida) y además se cumple que la entrada C y la D están a nivel alto, se permitirá la activación de 9. En este caso, se desactivan conjuntamente 6 y 8.
- Repetición de secuencia: muy típico cuando se emplean contadores
 1. El GRAFCET realiza una secuencia de etapas, en el ejemplo, las etapas 5 y 6. Tras estas, si C está a nivel alto y D a nivel bajo, repetirá la secuencia. Si C y D están a nivel alto, saldrá de este bucle y pasará a la siguiente etapa, la etapa 7.

3. Receptividades y acciones condicionadas por etapas.

Se habla receptividades condicionas por etapas cuando la receptividad que corresponde a una transición no es una señal externa al propio GRAFCET, sino que la condición que permite la evolución del GRAFCET es el hecho de que una una etapa este activada o desactivada. Igualmente se puede hablar de acciones condicionadas por etapas

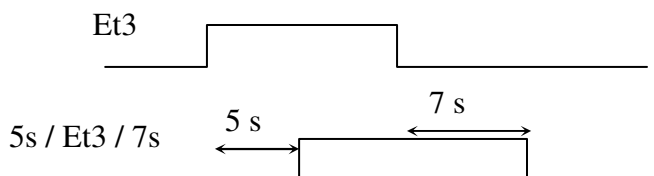


4. Receptividades y acciones condicionadas por el tiempo.

Los temporizadores son muy empleados para conseguir que el proceso permanezca en un estado (realizando una labor) un determinado número de segundos. Dado que el GRAFCET del proces recoge los estados por los que ha de pasar el proceso, estos temporizadores también han de ser incluidos en dicho GRAFCET. Típicamente se emplearían temporizadores con retardo a la conexión que iniciasen la cuenta (“se arrancasen”) al activarse una etapa. Pasado el tiempo ajustado, el temporizador cambiaría su estado lo que puede llevarse como condición para que el GRAFCET pase a la etapa siguiente. También pueden emplearse otro tipo de temporizadores.

No existe en la bibliografía una indicación clara de la forma de representar el tipo de temporización y el retardo ajustado. Una de las notaciones es la siguiente:

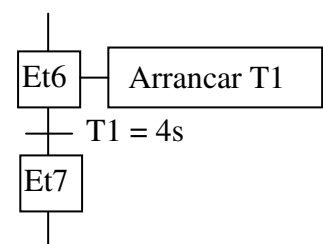
ps/Xi/qs donde Xi - nombre de etapa que se toma en consideración.
 p - tiempo a considerar desde la activación de la etapa Xi
 q - tiempo a considerar desde la desactivación de la etapa Xi



Ejemplo. La receptividad 5s / Et3 / 7s se cumplirá cuando hayan pasado 5 segundos desde la ultima activación de la etapa 3 y volverá a ser falsa cuando hayan pasado 7 segundos de la desactivación de la etapa 3.

En cualquier caso, dado que la mayoría de los temporizadores que se emplearán en las prácticas (y en la práctica) son de retardo a la conexión y que resulta más intuitivo arrancar los temporizadores como si fueran simples salidas, se preferirá la siguiente representación:

- en ella, simplemente se indica que cuando el GRAFCET active la etapa 6, se iniciará la cuenta del temporizador T1 (ajustado a 4 s), y cuando termine, pasará a la etapa 7.



5. Transcripción a lenguaje AWL y KOP

Una vez representado gráficamente el proceso mediante el Grafcet se adaptará dicha descripción al lenguaje propio del dispositivo digital empleado para controlar el proceso. Si el dispositivo digital es un microcontrolador o microprocesador, será necesario transcribirlo a lenguaje ensamblador, ya sea directamente o a través de un compilador. Si es un autómatas, robot o máquina de control numérico se adaptará al lenguaje propio de dicho sistema y marca.

Ya refiriéndose a PLC's o autómatas programables, existen aplicaciones que permiten cargar directamente el programa en el PLC desde el editor de Grafcet. Estas aplicaciones son generalmente proporcionadas por separado. En cualquier caso, desde un Grafcet detallado con precisión, existen una serie de reglas sistemáticas que permiten transcribirlo a lenguaje AWL o KOP, que será el que generalmente se empleará para cargar el programa en el autómatas.

En estos lenguajes de programación de autómatas, se emplean una marca o dirección binaria de memoria por cada etapa. Si la etapa está activa, la marca habrá de estar a '1' y si la etapa no está activa, la marca habrá de estar a '0'.

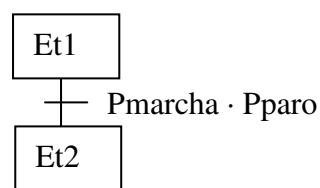
Al adaptar el Grafcet al lenguaje deseado, conviene distinguir entre la transcripción de la **evolución del Grafcet** y la **asignación de salidas y carga de temporizadores/contadores**.

5. 1. Evolución del Grafcet

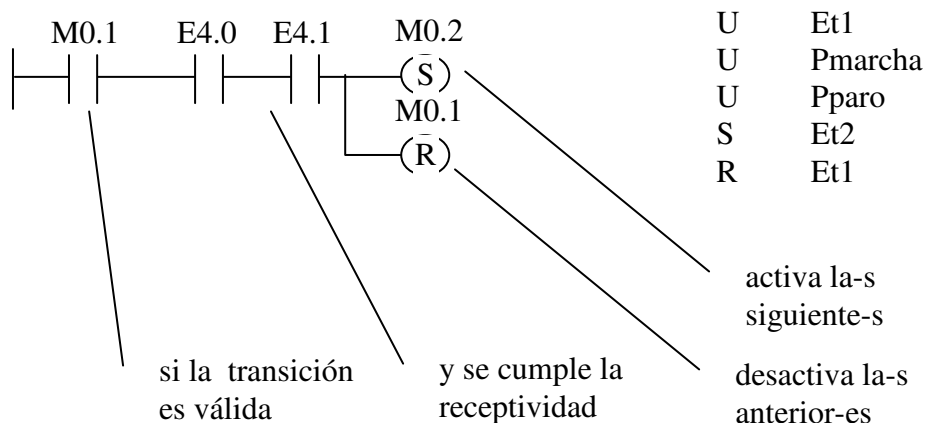
En lo que se refiere a la **evolución del Grafcet**, hay que resolver el franqueamiento de las transiciones para pasar de unas etapas a otras. Tal como se indicó en el apartado 1, una transición es válida si todas las etapas anteriores están activas. Asociado a cada transición existe una receptividad o condición. Si una transición válida cumple su receptividad, entonces la transición se franquea, que significa que se desactivan las etapas precedentes y se activan las posteriores.

Suponiendo que en la tabla de símbolos se han hecho las siguientes asociaciones:

Et1	M0.1
Et2	M0.2
Pmarcha	E4.1 (NA)
Pparo	E4.0 (NC)



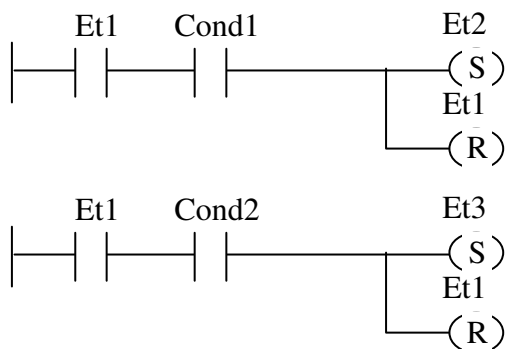
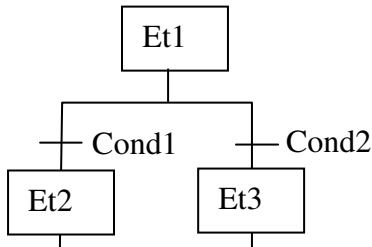
la representación en KOP y AWL del anterior fragmento de Grafcet, sería



El caso de inicio de acciones exclusivas sería el siguiente.

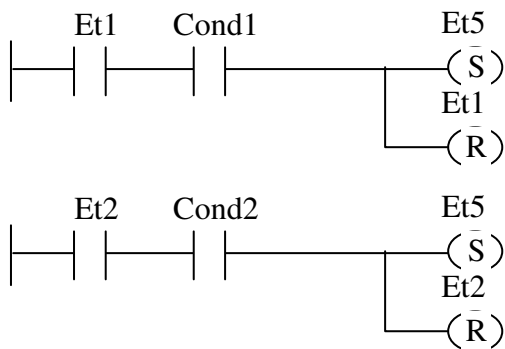
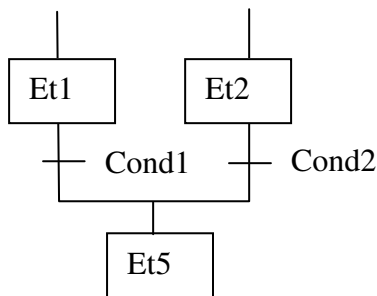
Notas:

- se empleará para el KOP y AWL los símbolos que aparezcan en el Grafcet;
- Cond1 y Cond2 son condiciones resultado de la consulta de entradas, marcas, temporizadores, contadores o incluso salidas, o bien de una combinación lógica entre estas consultas.



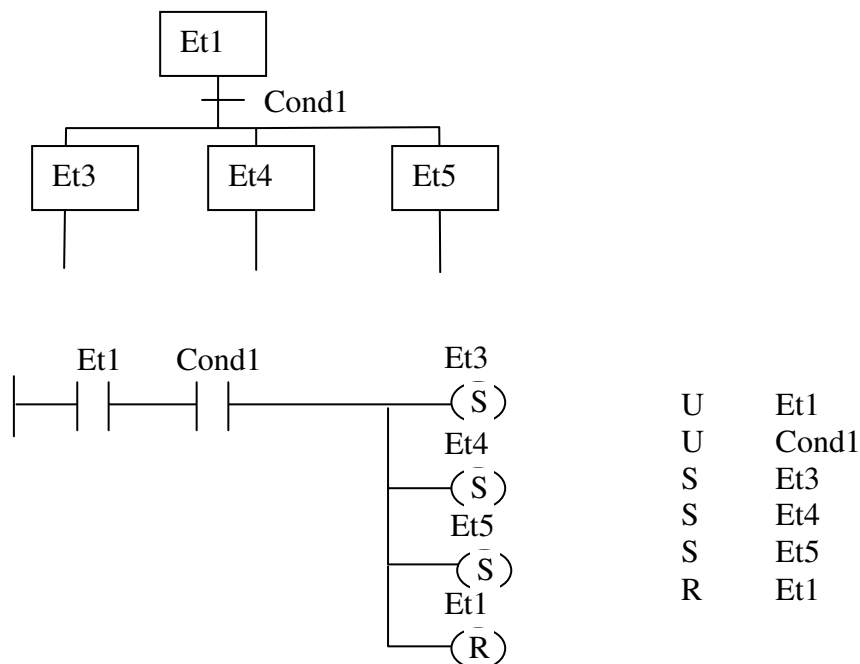
U	Et1
U	Cond1
S	Et2
R	Et1
U	Et1
U	Cond2
S	Et3
R	Et1

El caso de finalización de acciones exclusivas sería

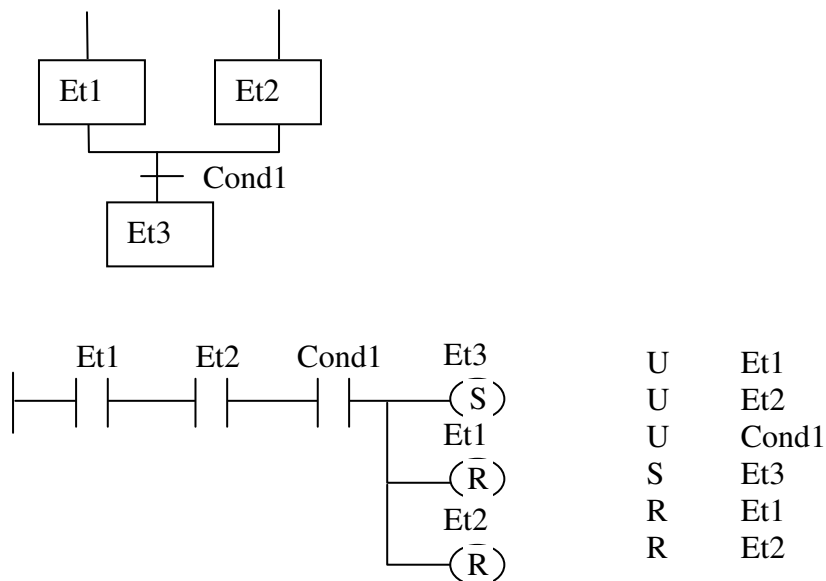


U	Et1
U	Cond1
S	Et5
R	Et1
U	Et2
U	Cond2
S	Et5
R	Et2

Para el inicio de acciones simultáneas o concurrentes, sería



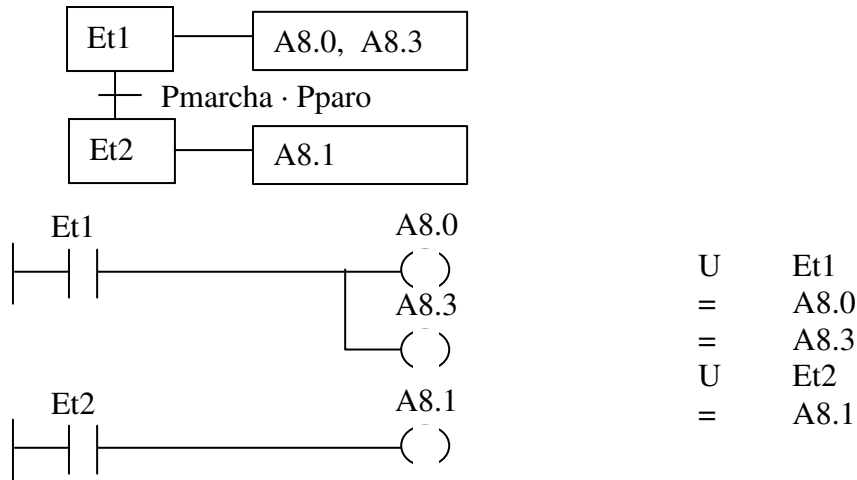
y la finalización de acciones concurrentes sería



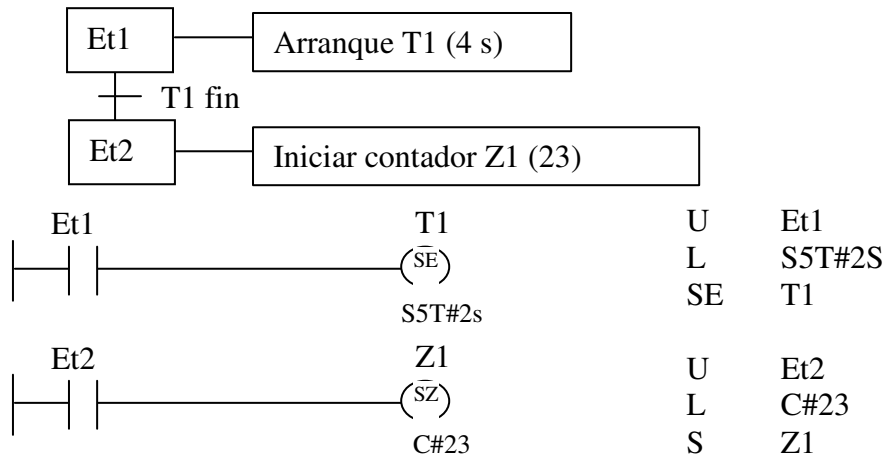
En lo que se refiere a transcripción a AWL o KOP, el resto de las estructuras básicas vistas en el apartado 2 son casos particulares de acciones exclusivas.

5.2. Asignación de salidas y carga de temporizadores/contadores

Esta parte se suele editar a continuación del código relativo a la evolución del Grafcet. En ella se asocian las salidas que deben ser activadas en cada etapa del proceso.



La carga o arranque de temporizadores o contadores sería



Un error muy común causa es la asignación múltiple de una misma salida o la carga en varios puntos de un mismo temporizador. En el caso de que varias etapas activen una misma salida, la solución será hacer una combinación OR de etapas y asignar el resultado a la salida.

