Johannes Hofer
Torsten Weiß
Matthias Habermann

GRAFCET-Workbook

GRAFCET dibujar, simular y probar sistemas virtuales.

1. Edición Abril 2017

De la presente edición: La traducción de éste libro del idioma alemán al español ha sido realizado por José Luis Pacherres y Luisa P. Zapata.

Del copyright: © 2017 TIA-Expert Johannes Hofer • Carrer Masferrer3-D • ES-43839 Creixell-Tarragona • www.tia-expert.com

Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de cualquiera de sus partes en cualquier soporte mecánico o digital sin el consentimiento por escrito de TIA-Expert.

Marca: STEP[®], SIMATIC[®], TIA-Portal[®], S7-1200[®], S7-1500[®], S7-300[®] und S7-400[®] son marcas comerciales de SIEMENS Sociedad Anónima.

Prólogo

Muchas gracias por haber adquirido el libro **GRAFCET-Workbook**.

GRAFCET es un tema importante para todos los que de alguna manera trabajan con maquinaria. **GRAFCET** se utiliza en distintas profesiones: **mecánica, electrotécnica y programación.** Toda esta gama de profesiones podrían finalmente mantener el funcionamiento de una máquina y sobre un lenguaje en común poder comunicarse: **GRAFCET**.

Aunque **GRAFCET** es un lenguaje de descripción tiene el potencial de desarrollarse como un lenguaje de programación.

GRAFCET es a la vez simple y extremadamente potente. En comparación con otros lenguajes es de fácil aprendizaje. Las herramientas que incluyen este software para un mejor aprendizaje son:

- **GRAFCET-Studio Starter:** Con esta herramienta se **elaboran** los planos GRAFCET y podría **simularlo** en el PC.
- **PLC-LAB Runtime:** Ese software pone a su disposición **30 instalaciones/maquinarias virtuales.** Con ella después de desarrollar los GRAFCETs, puede probar las instalaciones sobre una visualización práctica.

Ambos programas **no** tienen tiempo límite.

Con el software incluido en realidad esta edición es un "libro de trabajo": Se presentan pequeñas instalaciones y maquinarias para las que primero creará en **GRAFCET**. Después de finalizar nuestro proyecto en **GRAFCET** se vincula ésta con la instalación/máquina virtual y puede ver cómodamente como debe funcionar.

Quien al ahogarse aún describe un salvavidas, sin embargo no podrá salvar su vida. (Walter Ludin)

En tal sentido, se recomienda poner en práctica lo que se ha aprendido: En el último capítulo del libro encontrará tareas en forma de instalaciones virtuales a la espera que usted les dé vida. Si usted mismo dibuja un **GRAFCET** y lo simula, podría solidificar sus conocimientos. **A través de la simulación en conexión con las instalaciones virtuales tiene el perfecto control de aprendizaje**.

Nosotros hemos hecho todo lo posible para brindarle a usted lector, nuevas e interesantes máquinas para crear, que se puedan programar y poner en funcionamiento.

Si no le funcionara una tarea, puede ayudarse viendo las soluciones de los ejemplos. Estos están guardados en "documentos" de nuestro ordenador al Instalar **GRAFCET-Studio**.

A tener en cuenta: Hay un GRAFCET-Studio Pro-Edition. Aquí puede usted crear GRAFCET y con un botón puede transferirlo a un PLC (por ejemplo: S71200/1500/300/400) y otros dispositivos. Si tuviera interés visite nuestra página web www.GRAFCET-Studio.eu. Allí obtendrá más información.

Esperamos que disfrute éste programa para dibujar, crear y simular planos GRAFCET con GRAFCET-Studio.

Johannes Hofer, Torsten Weiß und Matthias Habermann

Preparación



Con el fin de poder empezar, es necesario instalar los dos productos **GRAFCET-Studio** y el **PLC-Lab-Runtime**. <u>Primero</u> instale GRAFCET-Studio. Después de abrir el programa por primera vez debe activar el software. Para este fin encuentre usted la ventana que está en la parte superior derecha un botón que dice "Administrador de licencias" pulse el botón "Activar" e introduzca el número de serie.



Imagen 1.1 Botón de administrador de licencias

El número de serie lo encuentra en la primera página del libro. En esta página encontrará también una guía detallada de la instalación.

Después de la activación con éxito de GRAFCET-Studio, instale el PLC-Lab-Runtime. Si GRAFCET-Studio está activado correctamente, se activará <u>automáticamente</u> PLC-Lab-Runtime. Por lo tanto <u>solo</u> se proporciona un número de serie de GRAFCET-Studio.

Siempre que vea los siguientes símbolos, se usará un sistema de PLC-Lab-Runtime. A la derecha se encuentra el nombre del archivo adjunto. En caso necesario puede comenzar PLC-Lab-Runtime y el adjunto indicado empezará a cargar. También se proporciona una plantilla para GRAFCET-Studio. Aquí están predefinidos todos los operandos necesarios para GRAFCET. Las plantillas de GRAFCET-Studio se encuentran después de instalar GRAFCET-Studio en "Documentos" en la carpeta "GRAFCET-Workbook".



PlcLabAnexo-xy.plclab



GRAFCET GRAFCET-Studio-Plantilla-xy.grafcet

Índice

1	Intro	oducción	7
	1.1	Nota para los ejemplos GRAFCET en el libro	7
	1.2	¿Cómo leer este libro?	8
2	Los p	primeros pasos con el GRAFCET-Studio	8
	2.1	Requisitos del sistema	8
	2.2	Instalación y activación	8
	2.3	Como usar este manual	8
	2.4	Diseño del área de trabajo	9
	2.5	Tabla de símbolos	10
	2.6	Empezar un nuevo proyecto	10
	2.7	Insertar GRAFCET-Elementos	10
	2.8	Borrar, arrastrar GRAFCET-Elementos	11
	2.9	Dibujar secuencias de etapas con transiciones	11
	2.10	Introducir términos-GRAFCET	12
	2.11	Direccionamiento	13
	2.12	Acciones	14
	2.13	Derivación alternativa	15
	2.14	Etapas macro y etapas incluyentes	18
	2.15	Derivación paralela (Activación simultánea)	21
	2.16	Control obligado	24
	2.17	Editando GRAFCET	24
	2.18	Corregir errores	26
	2.19	Simulación de GRAFCET con PLC-Lab-Runtime	27
	2.20	Simulación de GRAFCET sin PLC-Lab-Runtime	28
3	Fase	de aprendizaje	. 29
	3.1	Fase de aprendizaje 1: Etapas y transiciones	29
	3.2	Fase de aprendizaje 2: Cadena secuencial de etapas	38
	3.3	Fase de aprendizaje 3: Acción de efecto continuo con control obligado	43
	3.4	Fase de aprendizaje 4: Acción con efecto de memorización	47
	3.5	Fase de aprendizaje 5: Acción de efecto con memorización para un evento	57
	3.6	Fase de aprendizaje 6: Etapa macro	63
	3.7	Fase de aprendizaje 7: Etapa incluyente	71
	3.8	Fase de aprendizaje 8: Derivación alternativa	79
	3.9	Fase de aprendizaje 9: Derivación paralela	88
	3.10	Fase de aprendizaje 10: Comando de control obligado	94
	3.11	Errores que debemos evitar	107

1 Introducción

4	Impl	ementación de GRAFCET funcional (FUP)	108
5	Tare	as	111
	5.1	Cadena de etapas para una instalación de limpieza de metales	.112
	5.2	Cadenas controladas por el tiempo	.113
	5.3	Máquina de llenado	.114
	5.4	Interruptor de modo de funcionamiento	.115
	5.5	Mesa giratoria para un filtro automático de inspección	.116
	5.6	Llenado y mezclado de materias primas en un tambor	.117
	5.7	Montar neumáticos en un robot de montaje	.118
	5.8	Máquina de cortado	.119
	5.9	Baño de limpieza	.120
	5.10	Tomógrafo	.121

1 Introducción

GRAFCET¹ fue desarrollado originalmente en Francia. El Grupo de trabajo AFCET², se había comprometido en la tarea de desarrollar un medio de descripción uniforme para la automatización de sus sistemas. El resultado fue llamado GRAFCET. Por último, surgió de este estudio la norma vigente DIN EN 60848 para toda Europa. Según esta norma, el GRAFCET se define como sigue:

GRAFCET es un lenguaje de diseño gráfico para la descripción funcional de los sucesivos comportamientos de un sistema de control.

La norma DIN EN 60848 define símbolos gráficos, que están ordenados en una estructura única. Podría también ser llamada de sintaxis gráfica, similar a la sintaxis de operaciones en los lenguajes de programación.

GRAFCET sustituye desde 2002 el diagrama de funciones de la norma DIN 40719-6 y desde 2005 es un componente obligatorio de examen final en la formación profesional de mecatrónica, electrónica, mecánica industrial y muchos otros de la educación de profesional en vista de formación técnica.

Uso de GRAFCET como lenguaje de programación multiplataforma

Hasta el momento GRAFCET es usado como un lenguaje de especificación de secuencias, para que los diferentes profesionales de diferente disciplinas técnicas puedan 'hablar' juntos sobre el tema de automatización. Por lo que se puede a modo de ejemplo, explicar la parte mecánica al programador (Programador de PLC) de la secuencia de un sistema. El programador transforma el GRAFCET en un programa de control. Dando los diferentes resultados o extensiones que surgen, el GRAFCET no es tal cual el original. Sería ideal que el GRAFCET se aplicara directamente como un programa de control y transferido a dicho sistema. Así GRAFCET sería no sólo un lenguaje de especificación de secuencias, sino también un lenguaje de programación. La herramienta GRAFCET-Studio, con los ejercicios GRAFCETs disponibles en el libro los desarrolla y simula, esta posibilidad se extiende en la edición **Pro-Edition**. En esta variante de GRAFCET-Studio puede transferir el GRAFCET directamente a un PLC. Ya no es necesario una aplicación manual en el lenguaje de programación de PLC. Los cambios en el procedimiento se introducen directamente en GRAFCET y en consecuencia en el control lógico programable; el GRAFCET está siempre actualizado en el PLC. Con ello solo son suficientes los conocimientos de GRAFCET para la programación de un PLC.

Así, las posibilidades de la fortaleza de GRAFCET se expanden, porque otra vez gana en importancia.

1.1 Nota para los ejemplos GRAFCET en el libro

Los ejemplos y soluciones de GRAFCET, mostrados en el libro, no están resueltos completamente en el esquema tecnológicos, se observa solo una parte de la tarea. Una parada de emergencia o manual/automático no son tan importantes; lo importante es el enfoque de los ejemplos que explican las funciones GRAFCET. En los ejemplos separados se explica, como se puede realizar conmutaciones de emergencia o manual/automático.

^{1 [}GRAFCET] Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition

^{2 [}AFCET] Association Francaise pour la Cybernétic Economique et Technique

1.2 ¿Cómo leer este libro?

Con la finalidad de poder seguir con éxito el libro, primero debe leer el siguiente capítulo "Los primeros pasos con el GRAFCET-Studio". Con el software GRAFCET-Studio se crea planos GRAFCET. Para que esto suceda sin problemas, es necesario una breve introducción al concepto operativo del estudio de GRAFCET. Más adelante en los capítulos subsiguientes ya no se hablará más sobre el uso del Software GRAFCET-Studio. Aquí se proporcionará solo los planos GRAFCET que usted puede utilizar.

Si desea hacer cualquier ejercicio práctico, puede omitir el capítulo 2. Pero no se lo recomendamos.

2 Los primeros pasos con el GRAFCET-Studio

En este capítulo conocerá los conceptos de funcionamiento de GRAFCET-Studio. Por favor tómese su tiempo, ya que le serán recompensados para realizar rápidos planos de GRAFCET y con menos errores.

Se usarán términos GRAFCET que eventualmente aún no conoce. Este hecho podría pasarlo por alto ya que es sólo una cuestión de cómo dibujar el diseño GRAFCET. Los componentes individuales GRAFCET se describen en detalle más adelante para que usted pueda dibujarlo.

2.1 Requisitos del sistema

Para poder instalar GRAFCET-Studio se requiere de un ordenador estándar de Windows. En ello tendrá que estar instalado el siguiente sistema operativo:

• Windows 7, Windows 8.1 o Windows 10

Este sistema operativo con la edición (Home, Pro,...) y el procesador (32 o 64 Bit).

2.2 Instalación y activación

Usted recibirá con este libro un número de serie del software y todas las descripciones necesarias para su instalación. Si tuviera alguna consulta, no dude en enviarnos un correo electrónico a: **support@mhj.de**

2.3 Como usar este manual

Nota importante:



Si desea crear un plan GRAFCET para una máquina virtual, entonces tendrá que abrir el proyecto plantilla adecuado de GRAFCET-Studio. Esto es necesario ya que la tabla simbólica contiene los correctos símbolos. La plantilla proyecto lo encontrará después de haber instalado GRAFCET-Studio en la carpeta "Mis documentos" en la subcarpeta "GRAFCET-Workbook". Siempre que se tenga que dibujar un plano GRAFCET para una máquina virtual, tendrá que especificar la plantilla de PLC-Lab para abrir. Preste atención a estos símbolos:





2.4 Diseño del área de trabajo

Los más importantes elementos en la pantalla d GRAFCET-Studio:



Imagen 2.1 El área de trabajo de GRAFCET-Studio

Explicaciones:

Barra de herramientas	Sobre la barra de herramientas están colocados las órdenes más importantes para		
	un acceso rápido. Se pueden acceder a todos los elementos del menú a través del		
	icono de los archivos adjuntos en la parte superior izquierda (flecha hacia abajo.)		
Área de dibujo	Se dibuja el Grafcet sobre el área de dibujo. En la parte inferior derecha se establece		
	una vista en miniatura, en el cual también puede navegar por el dibujo.		
Vista general	Aquí aparece una miniatura del diseño de GRAFCET, que permite visualizar la pista		
	para grandes proyectos profesionales.		
Zoom	Usted puede ampliar y contraer el área de dibujo mediante una barra deslizante.		
	Puede también ocultarlo mediante el botón "zoom +/-" (véase menú de		
	herramientas).		
GRAFCET-Páginas	Aquí pueden ser añadidas o eliminadas las páginas de GRAFCET. Con la compra del		
	libro obtendrá solo una página de GRAFCET.		
E/S-Panel	En el panel E/S se muestran las entradas y salidas. Las entradas digitales se pueden		
	manipular con el mouse. Para entradas analógicas se puede especificar un valor		
	decimal sobre un campo de entrada. Salidas analógicas y digitales se pueden		
	observar aquí.		
GRAFCET-Elementos	En la parte izquierda se alojan los elementos de GRAFCET. Desde aquí pueden ser		
	añadidos los elementos para dibujar. Consejo : Por lo general es más rápido duplicar		
	los elementos que están en el área de trabajo (copiar y pegar).		
Tabla de símbolos	En la tabla de símbolos se pueden dar los nombres de las entradas y salidas. Esta		
	opción debe hacer un uso extensivo de crear un GRAFCET significativo posible. En el		
	dibujo, se pueden introducir solo símbolos (no hay direcciones).		
Administración de Con este botón se llama a la administración de licencias. Con ello el soft			
licencias	activado o desactivado. Si el software no está activado entonces se activa la versión		
	DEMO.		

2.5 Tabla de símbolos

En la tabla de símbolos serán asignadas las direcciones de los operandos. Los conceptos significativos de tabla de símbolos se asignan a las direcciones de operandos. Estos símbolos se usarán en el GRAFCET. Normalmente no tiene que cambiar esta tabla ya que cada sistema virtual de una plantilla proyecto está listo con los símbolos u operandos apropiados.

2.6 Empezar un nuevo proyecto

Con el botón "Nuevo" se inserta un nuevo proyecto, también puede usar la tecla F4 para crearla.

En el área de dibujo estará un nuevo proyecto casi vacío y una tabla de símbolos elaborados.



Sobre el área de dibujo se ubica una **etapa inicial**. Esta se podría usar o eliminar.

Imagen 2.2 Nuevo proyecto con botón "Nuevo"

Consejo: Cuando quiera usar la tabla de símbolos en otro proyecto como base entonces podrá guardar el proyecto bajo un nuevo nombre y eliminar todos los dibujos del área de trabajo. Elija el botón "Más" y luego "guardar como". Con CRTL + A marque todos los elementos del área de dibujo y con el botón del teclado suprimir podrá borrar todo.

Nota importante: no emplee esta función para proyectos de plantillas para PLC-lab-Runtime. Sino los símbolos serán modificados y el nombre estándar es necesario para el sistema virtual. En todo caso elimine de la mesa de trabajo todos los elementos GRAFCET usando las combinaciones de las teclas [CTRL] + [A] (seleccionar todos) y luego el botón [SUPR].

2.7 Insertar GRAFCET-Elementos



Nota: si inserta un elemento y **no** es un elemento de GRAFCET en el área de trabajo, entonces el nuevo elemento se ubica a la izquierda del área de trabajo.

Copiar & pegar:

Consejo: GRAFCET-Elementos podrían insertarse muy rápido, si las partes del GRAFCET ya creado se copian. También puede duplicar un conjunto de elementos contiguos.

Opción 1: Copiar & pegar sobre el teclado: seleccione los elementos con el mouse. Mantenga seleccionada la tecla MAYÚS del teclado para poder seleccionar varios elementos a la vez. Ahora presione CTRL+C para "copiar" y luego CRTL+V para "pegar". Ahora los elementos seleccionados se han duplicado y ahora se pueden mover con el mouse.

Opción 2: Duplique con el mouse. Seleccione el elemento deseado. Mantenga presionado el botón CRTL del teclado. Haga clic y mantenga pulsado el botón izquierdo del mouse. Ahora arrastre el mouse a la posición deseada. Los elementos elegidos se duplicarán e inmediatamente podrá arrastrarlos a la posición deseada.

2.8 Borrar, arrastrar GRAFCET-Elementos

GRAFCET-Elementos serán borrados del área de dibujo, cuando en primer lugar seleccione los elementos a borrar y luego con el botón SUPR se borran. Utilice el botón "deshacer" sobre el menú de herramientas para revertir lo hecho, o puede usar el teclado corto CTRL+Z.

Como en el caso anterior, usted también puede seleccionar más elementos con el mouse al mismo tiempo, si mantiene presionado la tecla MAYÚS del teclado.

Para mover un elemento dentro del área de trabajo, haga clic en el objeto con el botón izquierdo del mouse y arrastre manteniendo pulsado el botón del mouse hasta la posición deseada.

Más funciones de edición, consulte la sección "GRAFCET Editar".

2.9 Dibujar secuencias de etapas con transiciones



La secuencia de etapas que se muestran en la imagen de la izquierda se compone de una cadena de etapas (etapas y transiciones dibujadas).

Inserte una etapa y márquela en la parte inferior:



Luego presione tres veces este símbolo ubicado en GRAFCET-Elementos:



Y ya tiene usted. Como en la imagen de la izquierda una cadena de cuatro etapas.

2.10 Introducir términos-GRAFCET

En los siguientes elementos de GRAFCET serán necesarios los siguientes términos (expresiones) de GRAFCET:

- Condición de transición: aquí se establece la condición de la etapa.
- Acción: Aquí puede determinar qué ordenes se ejecutan (parte de acción)
- Condiciones especiales: una condición adicional que debe cumplirse, para que los comandos de la acción se lleven a cabo.

Se pueden usar estos caracteres especiales para estos términos:

Carácter especial	Explicación	Introducir con	
↑	Flanco de subida	[STRG] + [†]	
\downarrow	Flanco de bajada	[STRG] + [↓]	
!	Negación	!	Aparece como una línea horizontal por encima de la variable.
<i>≠</i>	Desigual	!=	

Una expresión booleana que incluye una comparación debe estar encerradas entre corchetes (imagen inferior):



Para introducir símbolos de forma más rápida y confortable, se ha incorporado un **auto-completar** (IntelliSense) en GRAFCET-Studio. Introduzca las primeras letras y pulse **[CTRL] + [barra espaciadora].** Aparecerá una ventana (ver diagrama más adelante), donde fácilmente puede seleccionar el icono (con la flecha) y pegar (tecla [retorno]).

↑S4Iniciar	S1PrensaArriba [BOOL] "Devuelve 0 si prensa está arriba"	
V1Common Deserv	👂 S2PrensaAbajo [BOOL] "Devuelve 0 si prensa está abajo"	
Ticemanmens	S3PiezaColocada [BOOL] "Devuelve 1 si pieza esta colocada"	
	差 S4Iniciar [BOOL]	
52PrensaAbato	🔑 14 [BOOL]	
	🔑 15 [BOOL]	
-	🔑 16 [BOOL]	
	🔑 17 [BOOL]	
-	🔑 18 [BOOL]	
_	🔑 19 [BOOL]	T
PresionPrensaEn	[מכ=<.19	

Imagen 2.9 Término GRAFCET en un plano

2.11 Direccionamiento

Un direccionamiento se puede realizar con la ayuda de una línea de enlace o de una indicación de destino (flecha, salto):



Imagen 2.10 Direccionamiento con línea de enlace

Después de la transición *1s/X3* con la ayuda de una **línea de enlace** se direcciona hacia la Etapa 1.



Imagen 2.11 Direccionamiento con referencia/salto

Después de la transición 1s/X6 y con la ayuda de una indicación de destino (símbolo flecha y especificar el número de etapa destino) se lleva a cabo el **direccionamiento con referencia**.

Ambas variantes son equivalente y pueden ser muy rápidamente dibujadas.



Direccionamiento con linea de enlace:

El direccionamiento será dibujado con arrastrar y pegar: Hacer clic en las esquina inferior de la transición 1s/X3, mantener presionado el botón del mouse, arrastrar hacia arriba hasta la esquina superior de la etapa destino, y luego soltar el botón del mouse.

El resultado:



Nota 1: Al mover el puntero del mouse se puede controlar si la línea de acción se dibuja en la parte izquierda o hacia la derecha hacia arriba (por lo general el lado izquierdo es más conveniente). Por otra parte, se puede determinar el movimiento del mouse, la cantidad de espacio libre entre cadena de etapas y el direccionamiento que se le permita. Inténtelo; con el botón deshacer (barra de herramientas) Se puede regresar atrás cómodamente.

Nota 2: El punto de partida también puede ser una etapa. En este caso, será insertada una transición con su condición 1, porque se tienen que alternar etapa y transición.

Nota 3: El direccionamiento será solo dibujado si el elemento de partida (transición o etapa) y la etapa destino se superpongan verticalmente (misma posición X).

Si este no es el caso se debe usar la segunda variante:

Direccionamiento con destino de referencia (salto):







Marcar la transición en la parte inferior

Salto con inserción de anotación de destino V. Registrado con 0. Esto debe ser cambiado

Al hacer clic por corto tiempo en el 0, se podrá cambiar el nombre de la etapa destino.

2.12 Acciones

Las siguientes imágenes señalan como se pueden organizar las acciones:



Imagen 2.12 Una (1) acción está conectada a una etapa.



Imagen 2.13 Mas acciones están conectadas a una etapa. Organización horizontal.

Imagen 2.14: Mas acciones están conectadas a una etapa. Organización horizontal y vertical.

Para colocar una acción, se selecciona la etapa deseada b botón de acción . Puede insertar más acciones haciendo clic repetidamente en el botón de acción. Las acciones serían organizadas en una fila horizontal. Si prefiere una disposición mixta (horizontal y vertical), entonces puede conectar acción con líneas de efecto (ver imagen derecha). Imagen 2.15

, presiona luego en la ventana GRAFCET-elementos el



2.13 Derivación alternativa

En las siguientes imágenes verá dos derivaciones alternativas. En esta sección se señala como se dibuja.



Imagen 2.16: Ejemplo 1



¿Cómo se dibuja el ejemplo 1 (imagen izquierda)?

Basta con copiar y pegar se inserta la derivación, haciendo clic en el borde superior de la primera transición con el botón izquierdo del mouse, la cual se mantiene presionada y se va arrastrando hasta el borde inferior de la segunda transición; allí debe dejar de presionar el botón del mouse:



2 Los primeros pasos con el GRAFCET-Studio

¿Cómo se dibuja el ejemplo 2?



Imagen 2.20: Como en el ejemplo 1 la derivación ha sido insertada con copiar y pegar.

Imagen 2.21: La derivación ha sido creada.

A continuación las etapas y las transiciones se insertan en la derivación:



Etapa 8 es innecesaria por lo tanto se suprime:







Imagen 2.27: Ahora seleccione en el **centro** de la etapa 8 y bórrela con la tecla "SUPR".

Imagen 2.28: La transición tendría que acortarse.

Imagen 2.29: Listo

¿Necesita más espacio para acciones?

Si necesita más espacio para acciones, entonces empuje con el mouse más a la derecha. Entonces la ramificación se dibuja más a la derecha.



2.14 Etapas macro y etapas incluyentes

En esta sección, lea como dibujar una etapa macro y una incluyente.



Imagen 2.32: Etapa macro y su expansión

Usted puede dibujar una etapa macro con la ventana GRAFCET-elementos. Esta etapa macro necesita de dibujar una llamada expansión (marco) en el contenido de la macroetapa.

El marco puede ser dibujado o como primer paso o incluso al final, esto no tiene importancia. Lo importante es que el marco reciba el mismo nombre como la etapa macro misma. El número dos es en este caso.

Dibuje una situación de partida y arrastre luego una nueva etapa. Esta nueva etapa arrástrela con el mouse hacia la derecha:



Imagen 2.33: Situación de partida

	Grandet-1 /K		
1			
× 💭		3	
15			
12/1			
ta p		-	- 1s/X1
to point			
т		ΓE	
$\Box \lor$		Ĺ	2
44 X			
		-	I 1

Imagen 2.34: Nada esta seleccionado. Una etapa normal se inserta x.



Imagen 2.35: La nueva etapa es arrastrada con el mouse hacia la derecha y marcada en la parte inferior.

Ahora presione dos veces la combinación-etapa-transición 🗖.



El dibujo debe tener este aspecto. Ahora tiene que cambiar el nombre de la etapa 3 y 4 como sigue:

La etapa superior tiene que señalarse con E2 y la etapa inferior con S2.

Ahora insertamos el marco. En la ventana de GRAFCET-Elementos presione el botón 🗔 :





Imagen 2.38: Presione el botón "marco".

Imagen 2.39: El marco ha sido insertado.

Nota importante: Si el marco es insertado entonces es seleccionado. Ahora es importante que **inmediatamente** mueva con el mouse al lugar correcto. La razón: El marco tiene la propiedad que se muevan elementos internos siempre con él. Puede deshabilitar este comportamiento si es necesario, manteniendo presionado el marco con la tecla ALT. Este comportamiento será activo si el marco tiene un determinado tamaño.

2 Los primeros pasos con el GRAFCET-Studio





Imagen 2.40: El marco puede cambiar de tamaño desde la esquina inferior derecha.

Imagen 2.41: La etiqueta del marco de expansión tiene que ser igual a la etapa macro que corresponde.



De la misma manera podemos dibujar también una etapa incluyente:

La etapa incluyente necesita el llamado **enlace de** activación ("*"): Marque la etapa 3 presione la tecla *. Luego se marcará por consiguiente la etapa.

Imagen 2.42: Establecer un enlace de activación

2.15 Derivación paralela (Activación simultánea)

La siguiente derivación paralela debe dibujarse:



Imagen 2.43: Ejemplo de una derivación paralela

En primer lugar dibujamos una cadena de etapas, que consiste desde la etapa 1 a la 5 (imagen 2.44). Creamos por duplicación con el mouse las etapas 6 y 7: Mantener pulsado la tecla CTRL haga clic en la etapa 2 y mueva el mouse hacia la derecha. Esto crea una nueva etapa. Cree también la etapa 7. Acorte la línea de enlace de la transición como se observa en la siguiente imagen de la derecha:





Imagen 2.44: Cadena de etapas desde la etapa 1 a la 5

Imagen 2.45: la transición ha sido acortada. Etapas 6 y 7 han sido insertadas.

Ahora creamos la activación simultánea con el mouse: pulse sobre el lado superior de la etapa 7, mantenga pulsado el botón del mouse y empuje a la izquierda hacia la etapa 6 (imagen 2.46):



Extienda ahora con el mouse la sincronización hacia la izquierda. La parte superior de la 6 está finalizada:



Ahora las etapas 6 y 7 serán transiciones y etapas conectadas. Marque la parte inferior de la etapa 6 y pulse dos veces en el botón transición + etapa: $\stackrel{\bullet}{\Box}$

De la misma manera completar la etapa 7. Ahora el GRAFCET se ve como de la siguiente manera:



Se inserta la doble línea de acción y solo tiene que ser extendida hacia la izquierda.



Además debe moverse la conexión por debajo de la etapa 4, arrastrándola hacia ella:

Imagen 2.50: la doble línea se alargará hacia la izquierda.

El plano GRAFCET está ahora finalizado:



Nota importante: La parte superior e inferior de la derivación paralela, son diferentes objetos en GRAFCET-Studio como por ejemplo en la sincronización. Sería un error si la parte superior se usa para duplicar la parte inferior.

Imagen 2.51: Ejemplo de un dibujo terminado

2.16 Control obligado

Las órdenes de control obligado serán dibujadas como acciones:



Imagen 2.52: Ejemplo de un control obligado

En el ejemplo anterior la parte del GRAFCET G1 es un control obligado. Se tiene que asegurar que esta parte del GRAFCET exista.

2.17 Editando GRAFCET

Cada elemento de GRAFCET puede arrastrarse sobre el área del dibujo. Para ello se pulsa el elemento con el botón izquierdo del mouse, manteniendolo presionado y arrastrando hasta el lugar que desee. Para etapas y transiciones se tiene que pulsar en el centro de esta y luego puede arrastrar.

Las siguientes funciones ayudan a que GRAFCET sea rápido y confortable para dibujar:

Seleccionar varios elementos:

Variante 1: Mantenga presionado la techa MAYUS mientras hace clic en cada elemento que desea marcar.

Variante 2: Seleccionar varios elementos haciendo un marco con el mouse. Todos los elementos situados en el marco los selecciona.

Para eliminar todos los marcadores, haga clic con el mouse sobre un espacio vacío en la mesa de trabajo.

Marcar los siguientes elementos en el área de dibujo:

Si se selecciona un (1) elemento, entonces con las teclas \leftarrow , \uparrow , \rightarrow , \downarrow puede seleccionar el siguiente elemento. Con la tecla INTRO o a través de "pulse y manténgalo en el lugar" podría por ejemplo cambiar el número de la etapa o el término de una transición.

Ampliar/Reducir el zoom en el área de dibujo:

A veces es útil aumentar o disminuir (zoom) la vista de los elements en la mesa de trabajo para la edición. Usted puede hacer esto con el deslizador en el estado de la barra o la **rueda del mouse** manteniendo pulsada la tecla CTRL.

Seleccionar todo con CTRL+A:

Presione CTRL + A en el teclado. Después de eso, todos los elementos se seleccionan (si la combinación de teclas no funciona, haga clic una vez en la mesa de trabajo para que reciba el foco de entrada de teclado).

Usted puede entonces mover, por ejemplo, todos los elementos en la mesa de trabajo.

Copiar y pegar con el teclado:

Las teclas de atajo CTRL + C copia todos los elementos seleccionados al portapapeles. Con la combinación de teclas CTRL + V se puede hacer entonces una copia. Después de la copia, se marcan todos los elementos de nueva creación, para que pueda arrastrar los objetos con el mouse a la posición deseada.

Copiar con el mouse:

Haga clic en un elemento con el botón izquierdo del mouse y mantenga también pulsada la tecla CTRL. Luego con el botón izquierdo del mouse pulsado mueva a la posición deseada. Durante este proceso, se duplican todos los elementos seleccionados.

Consejo: Generalmente es más rápido dibujar si simplemente copia nuevos elementos de los ya existentes en el área GRAFCET, porque entonces son más cortos los caminos del puntero del mouse. Pruébelo usted simplemente.

Mover con el teclado:

Selecciones el o los elementos a mover, y presionando la tecla CTRL a la vez que las teclas \leftarrow , \uparrow , \rightarrow , \downarrow , podrá mover los elementos al lugar deseado.

Deshacer acciones:

Mediante la combinación de teclas CTRL + Z o en el icono apropiado en la herramienta de la barra puede deshacer la última acción. Esto es muy útil si por ejemplo se ha borrado accidentalmente elementos o si se ha dibujado inesperadamente se pueden revertir las acciones. En este caso todo lo dibujado será revertido y borrado; y puede dibujarlo nuevamente.

Alargar línea de enlace:

Cuando se superponen líneas de acción, a veces es útil traer al frente una línea. Para ello haga clic en la línea de acción y con el **botón derecho del mouse** elija "traer al frente". Luego se puede cambiar la longitud.





Imagen 2.53: Traer al frente al elemento

Imagen 2.54: La longitud de la línea puede cambiar

2.18 Corregir errores

Errores en el Plan-GRAFCET son señalizados con **un signo de exclamación de color rojo**. Una vez pulsado el botón "VER" en la barra de herramientas, el Plan-GRAFCET será comprobado. O también podremos comprobar sobre el contexto del menú (botón derecho del mouse):



Imagen 2.57: Error por una transición

Si coloca el puntero del mouse sobre el signo de exclamación y se queda allí, se mostrará la causa del error.

Se muestra un **signo de exclamación verde** (ADVERTENCIA) si hay un objeto GRAFCET en la mesa de trabajo que no está conectado:

Ejemplo:



Imagen 2.58: Aviso por una advertencia

Aunque existieran mayoría de avisos, se puede simular un GRAFCET.

Si hubiera errores (signos rojos de exclamación), no se podría simular un GRAFCET. Tendría que corregirlos.

2.19 Simulación de GRAFCET con PLC-Lab-Runtime

Para todos los ejercicios de este libro se proporciona un sistema virtual. Cada sistema virtual tiene sensores (por ejemplo, interruptores de proximidad) y accionadores (por ejemplo, motor, lámpara). El estado de los sensores se escribe en las entradas y los valores de las salidas se transmiten a los accionadores. Esto significa que usted no debe manipular las entradas a mano para simular el GRAFCET: Si por ejemplo un cilindro sale, entonces automáticamente se presiona el sensor correspondiente en la posición final delantera y así también la entrada conectada al interruptor del sensor. Así usted puede concentrarse totalmente en el GRAFCET y simulación - como en **una puesta en marcha virtual** de la máquina.

Así que todo funciona según lo previsto por nosotros (los autores), además debe considerar lo siguiente:

- Iniciar GRAFCET-Studio y abra el proyecto de plantilla correcto. Entonces los símbolos necesarios y
 operandos ya están disponibles.
- Iniciar PLC-Lab-Runtime y abra la maquina correcta desde el árbol del proyecto (modo GRAFCET-Workbook). En la lista de selección de destino (ver imagen abajo)se tiene que estar conectado en "S7AG (WinSPS-S7)". Para iniciar la simulación del sistema virtual, necesita presionar el botón "Ejecutar". Siempre iniciar el sistema virtual y luego presione el botón "Ver" en la barra de herramienta de GRAFCET-Studio. Así, se asegura que las entradas en el inicio de los GRAFCETs tienen las condiciones adecuadas.

Para cada ejercicio encontrará estas informaciones:





Con estas informaciones sabrá que máquina y que proyecto de GRAFCET-Studio es la correcta.

Imagen 2.59: PLC-Lab-Runtime en modo ejecución. Como destino está establecido "S7AG (WinSPS-S7)".

2.20 Simulación de GRAFCET sin PLC-Lab-Runtime

Básicamente se puede ejecutar o simular un Plan-Grafcet sin PLC-Lab-Runtime. Con la finalidad de poder observar el establecimiento de las entradas y salidas, se ha puesto a disposición la "ventana E/S":



Imagen 2.60: Panel de E/S con entradas y salidas

En el panel E/S se muestran las entradas y salidas de la tabla de símbolos. Sobre las casillas *DI, DO, AI, AO* puede mostrar u ocultar variedad de operadores (Entrada digital "*DI*", salida digital "*DO*", entrada analógica "*AI*" y salida analógica "*AO*"). El estado (*1 o 0*) de una entrada digital puede cambiarlo con un clic del mouse. El valor de una entrada analógica puede especificarlo a través de un campo de entrada decimal.

Nota importante: Si está utilizando PLC-Lab-Runtime para la simulación, entonces ya no puede afectar las entradas en esta ventana, ya que en este caso se describen las entradas de la máquina virtual.

Si trabaja los ejercicios de este libro con PLC-Lab-Runtime, entonces no necesitaría esta ventana.

3 Fase de aprendizaje

A partir de este capítulo seguirán 10 fases de aprendizaje para su formación independiente. Se recomienda, estudiar las fases de aprendizaje en forma secuencial. Los ejercicios al final del libro asumen que usted entiende todo los ejercicios de las fases de aprendizajes de manera consecutiva.

3.1 Fase de aprendizaje 1: Etapas y transiciones

3.1.1 Objetivo

El objetivo de esta fase de aprendizaje es, comprender la relación entre etapa y transición. Además, en esta fase de aprendizaje se presentan las condiciones de transición y la acción de efecto continúo.

Pasos de aprendizaje:

- Correlación entre etapa y transición
- Etapa inicial
- Acción de efecto continuo
- La condición de transición

3.1.2 Para saber

La estructura de un GRAFCET consiste en por lo menos una **etapa** y la **condición de transición**, de la llamada **transición** (Imagen 3.1). Etapas y transiciones están conectados a través de líneas de enlace. La denominación del símbolo de etapa es también el nombre de la **variable de etapa** de tipo booleano y tiene los valores *True* = activo o *False* = inactivo. La variable de etapa se establece con el prefijo X y va junto con el nombre de etapa, por ejemplo X1. La transición tiene una **condición de transición**. Si la condición de transición tiene el resultado *False*, entonces no hay un paso a la etapa siguiente, pero la etapa encima de esta transición permanece activo. Un cambio en el resultado de la condición de transición en *True*, entonces se ejecuta la transición a la **siguiente etapa**. Esto tiene la consecuencia de que la etapa anterior es inactivo y la siguiente etapa es activa. En el ejemplo, se realiza el tránsito de la etapa inicial 1 a la etapa 2, Si el Operando S1Start=true lo que la transición de la etapa inicio 1 pasó a la etapa 2, si el operando S1Start = *True* la etapa anterior fue activa.



Imagen 3.1 La interrelación entre etapa y transición

Un GRAFCET siempre contiene al menos una **etapa inicial**, también conocido como la etapa de inicio. Esta etapa inicial se activa cuando se inicia el GRAFCET. La etapa es por lo tanto parte de la llamada **situación inicial**.

Un GRAFCET siempre tiene al menos una etapa inicial. Si una etapa inicial es **activa**, todas las etapas adicionales en la estructura lineal siguientes son **inactivas**.

Finaliza una estructura GRAFCET con una etapa, por lo que se llama una **etapa final**. Finaliza una estructura GRAFCET con una transición, por lo que se llama **transición final**.

Nombre de la etapa y la variable de la etapa:

El nombre de la etapa en el símbolo (dentro del rectángulo) es también el nombre de la variable de la etapa. El acceso a la variable de la etapa se realiza mediante el prefijo **X**. Por ejemplo, se utiliza para acceder a las variables de las etapas 1, 2 y 3 en la variable etapa llamado X1, X2 y X3. En la **Imagen** 3.2 la segunda etapa fue nombrada y ha sido designada etapa 2a; por lo tanto, la variable de etapa tiene el nombre X2a.

El nombre de la etapa siempre comienza con un número.

Condición de transición:

El resultado de la condición de transición **determina** la transición, si es que la transición está habilitada. Si una transición está **habilitada** y proporcionada la condición es *True*, entonces la transición a la etapa subsiguiente se ejecuta, en caso contrario no.

En el ejemplo **Imagen** 3.2, la etapa inicial 1 permanece activa, hasta la condición de la transición *1s/X1* devuelve *True*. Si la etapa inicial 1 está activa, entonces su transición sucesiva está **habilitada**. Es la primera condición para la transición. Con el lanzamiento de la transición, solo necesita el resultado *True* de la verdadera condición como el segundo requisito.

Si se activa la etapa 2a, la siguiente transición está habilitada. Una vez que el resultado de condición de la transición 1s/X2a cambia a True la etapa 2a está inactivo y activado en la línea de acción de la etapa 1 inicial.

Dentro de las condiciones de transición vienen las variables de las etapas 1 y 2a para su uso. Como se dijo anteriormente, el nombre de etapa se construye sobre el prefijo X. La condición *1s/X1* se retrasa por una marca de tiempo. Esto devuelve el resultado *True*, si la etapa 1 está activa por lo menos un segundo. En condiciones de transición con variables de las etapas y marcas de tiempo, serán abordados de manera explícita posteriormente en el libro.



Imagen 3.2 GRAFCET con dos etapas

La condición de la transición tiene una expresión lógica que devuelve el resultado True o False.



En principio puede existir un sinfín de operadores lógicos y operandos en una condición de la transición. Por ejemplo la condición después de la etapa 2 en la **Imagen 3.4** tiene tres operadores (*1s/X2*S1*S2*), que están relacionados con un AND (*) lógico.

Operador	Significado	Ejemplo	
*	Conjunción-	<i>\$1*52</i>	
	Conector	La condición es verdadera, cuando S1 = 1 AND S2 = 1	
+	Disyunción-	S1+S2	
	Conector	La condición es verdadera, cuando S1 = 1 OR S2 = 1	
!	Negación	<i>S1</i> *! <i>S2</i>	
		La condición es verdadera, cuando S1 = 1 y S2 = 0	
1	Flanco de subida	<i>S1</i> * ↑ <i>S2</i>	
		La condición es verdadera, cuando S1 = 1 y presenta	
		un flanco de subida de S2. Nota: Para poder insertar	
		la flecha en GRAFCET-Studio, presione en el campo	
		editor [CRTL] y [1] simultáneamente.	
\downarrow	Flanco de bajada	$S1^* \downarrow S2$	
		La condición es verdadera, cuando S1 = 1 y presenta	
		un flanco de bajada de S2.	

En un término podrían ser utilizados siguientes operadores:

Además, se pueden crear una **dependencia del tiempo** entre un término. **En la tabla siguiente se supone que la transición está habilitada**. Esto significa, que todas las etapas que preceden a la transición, están activos.

Ejemplos de periodos de tiempo:

1s	1 Segundo
4m1s200ms	4 Minutos 1 Segundo y 200 Milisegundos
1h	1 Hora
1d3h1m20s100ms	1 Día 3 Horas 1 Minuto 20 Segundos un 100 Milisegundos

Estructura general de una transición con comportamiento en el tiempo:

T1/.../T2 T1=retraso del encendido, T2=retraso del apagado.

Ejemplo	Explicación			
Retraso del encendido: T1/				
1s/I3	T1 comienza con flanco de subida de I3. Después de 1 segundo está listo el tiempo de T1.			
	Condición de transición: <t1 está="" listo=""> y I3=1.</t1>			
1s/(I3*I4)	T1 comienza con flanco de subida de termino (I3 AND I4). Después de 1 segundo está listo el			
	tiempo T1.			
	Condición de transición: <t1 está="" listo=""> AND I3=1 AND I4=1.</t1>			
1s/I3+I4	4 T1 comienza con flanco de subida de I3. Después de 1 segundo está listo el tiempo T1.			
	Condición de transición: <t1 está="" listo=""> AND I3=1 OR I4=1.</t1>			
Retraso del apagado:/T2				
I3/2s	T2 comienza con flanco de bajada de I3. Después de 2 segundos está listo el tiempo T2.			
	Condición de transición: I3=1 OR (I3=0 AND <t2 está="" listo="">).</t2>			
(I3+I4)/2s	T2 comienza con flanco bajada de (I3 OR I4). Después de 2 Segundos está listo el tiempo T2.			
	Condición de transición: I3=1 OR I4=1 OR (I3=0 AND I4=0 AND <t2 está="" listo="">).</t2>			
I3+I4/2s	T2 comienza con flanco bajada de I4. Después 2 Segundos está listo el tiempo T2.			
	Condición de transición: I3=1 OR I4=1 OR (I4=0 AND <t2 está="" listo="">).</t2>			

Ejemplo transición termo	Explicación	
retraso del encendido y del apagado T1//T2		
1s/I3/2s	T1 comienza con flanco de subida de I3. T2 comienza con flanco de bajada	
	de I3.	
	Condición de transición: (<t1 está="" listo=""> y I3=1) OR (I3=0 y <t2 está="" listo)<="" th=""></t2></t1>	
1s/I3*I4/2s	T1 comienza con flanco subida de I3. T2 comienza con flanco de bajada de	
	14.	
	Condición de transición: (<t1 está="" listo=""> y I3=1) AND (I4=1 OR (I4=0 y <t2< th=""></t2<></t1>	
	está listo>))	
1s/I3*I4*I5/2s	T1 comienza con flanco subida de I3. T2 comienza con flanco bajada de I5.	
	Condición de transición: (<t1 está="" listo=""> y I3=1) AND I4=1 AND (I5=1 OR</t1>	
	(I5=0 y <t2 está="" listo="">))</t2>	
1s/(I3*I4)*I5*(I6*I7)/2s	T1 comienza con flanco de subida de (I3 AND I4). T2 comienza con flanco	
	de bajada de (I6 y I7).	
	Condición de transición: (<t1 está="" listo=""> y I3=1 AND I4=1) AND I5=1 AND</t1>	
	(I6=1 AND I7=1 OR ((I6=0 OR I7=0) and <t2 está="" lista="">))</t2>	

Importante: El término de condición de transición se evalúa siempre independientemente de la etapa. Solo se utiliza en la condición, la variable de la etapa (por ejemplo, X1), la condición está dependiente de la etapa. Esto significa que los temporizadores ya pueden estar listos, sin que la transición esté habilitada.

Parte de efecto

Cada etapa puede mostrar una o más **acciones**. Cada transición está definida con una **condición** con al menos una expresión booleana. En la **Imagen 3.3** se muestra un GRAFCET en modo vista. La etapa activa se indica en rojo y también es marcado con un icono de engranaje. En el ejemplo está en la etapa 2. El icono de engranaje es una representación especial de GRAFCET-Studio para representar de forma adicional la etapa activa. Esta etapa también activa la etapa que va unida a **la acción de efecto continúo**. Este tiene como resultado, que el operando *H1* se establece en el valor booleano *True*.



Imagen 3.3 GRAFCET en modo ver

Una etapa se puede asignar a las acciones y en cada transición incluir una condición. Las acciones y condiciones de la transición forman **una parte de efecto** de GRAFCET.



Imagen 3.4 Etapa 2 tiene en total tres acciones continuas.

En la Imagen 3.4 se representa un GRAFCET con tres acciones continuas en la etapa 2 (H1, H2, H3). El número de acciones por etapa no están limitados. Una limitación práctica es el tamaño de la superficie de diseño. En la imagen también puede haber un comentario: Ello está rodeado por comillas y está libre flotando dentro del GRAFCET-Studio.

Acción de efecto continúo

La acción se representa con un rectángulo sin más detalles, se trata de una **acción de efecto continuo**. **Importante**: La acción siempre escribe en su operando independientemente del valor del estado de la etapa. La acción de efecto continuo por lo tanto, es siempre activo. Por esta razón, no es adecuado dibujar dos acciones con los mismos operandos. Se sobrescribirían entre sí, independientemente del estado de la etapa.

Una vez que la condición de la transición se cumpla, continúa la siguiente etapa. Por lo tanto, la etapa anterior será inactiva.

La identificación de los recursos y los comentarios en GRAFCET

La identificación de los recursos, por ejemplo de los operandos dentro de la acción de efecto continúo en Imagen 3.4 (*H1-H3*), cumple con las letras de código y las marcas de los recursos con la norma IEC 61 346-1.

Recursos	Letra de código	Ejemplo
Accionadores	А	Cilindro
Convertidor no eléctricos para magnitudes	В	Transmisores (Presión, temperatura), sensor
eléctricas		
Dispositivos de protección	F	Fusibles, disparador de emergencia
Dispositivo de señalización	Н	Luces, alarmas ópticas y acústicas
Contactores, relés	К	Contactor útiles protegida, relés de intermitencia
		y del tiempo
Motores	М	Motor de anillo colector
Interruptor	Q	finales de carrera, rompedor
Botón, Selector	S	Botón, selector
Dispositivos mecánicos o eléctricamente	Y	Válvula de solenoide, embrague, freno eléctrico

Tabla 3.1 Las letras de código, utilizados en el libro

Los comentarios en GRAFCET mejoran la legibilidad. Especialmente cuando trabajamos con GRAFCETs extensos, estos son muy importantes.

Los comentarios están escritos entre comillas.



Imagen 3.5: Detalle de un GRAFCET con comentario

En el siguiente capítulo de GRAFCET se deberá desarrollar un simple ejemplo de instalación.

3.1.3 Practico ejemplo "Instalación de un ventilador"



Con el botón "Ventilador encendido" el aparato debe esta encendido y con el botón "Ventilador apagado" el aparato se apaga.







El GRAFCET en la **Imagen 3.7** muestra la solución para el control del ventilador. La condición *S1VentiladorEncendido* de la transición tiene como resultado el valor *False*, hasta que el botón *"S1Ventilador Encendido"* no se accione. En este estado, la etapa inicial 1 permanece activo. Al pulsar el botón, la condición se cumple y la transición cambia a la etapa 2. Al mismo tiempo, la etapa inicio 1 pasa a ser inactivo. Ahora se activa la etapa 2 con la acción de efecto continúo "motor *M1"* del ventilador.

La condición *S2VentiladorApagado* de la transición tiene como resultado el valor *True*, hasta que el botón "Ventilador apagado" sea accionado. En este estado está la etapa 2 inactiva por lo tanto la acción de efecto continúo. El Ventilador apaga y sobre la línea de retorno (línea de enlace de transición final a la etapa de inicio 1) otra vez está activa la etapa inicio 1.

Este ejercicio no se considera que los dos botones se puedan accionar al mismo tiempo!

Si hay una línea de retorno del elemento final a la etapa de inicio, el GRAFCET se llama cadena de secuencia cerrada o de Direccionamiento.



3.1.4 Prueba de la aplicación

El GRAFCET ha sido dibujado en GRAFCET-Studio, Al iniciar PLC-Lab el proyecto del ventilador cargado, puede empezar a probar el GRAFCET. Inicialmente se enciende PLC-Lab para ejecutar en RUN y luego iniciar la simulación GRAFCET-Studio con el botón, (ver **capítulo 2.19**).



Imagen 3.8 Prueba de GRAFCET con la etapa inicio 1

El botón "Ventilador encendido" aún no se ha confirmado, por eso la condición *S1VentiladorEncendido* de la transición está en *False* y no hay un pase a la siguiente etapa. Por lo tanto la etapa inicio 1 se mantiene activa. El motor del ventilador está inactivo (**Imagen** 3.8). Si pulsa el botón "Ventilador encendido", entonces cambia el valor de condición en *S1VentiladorEncendido* en *True* y la etapa *2* del GRAFCET se activa (**Imagen** 3.9).



Imagen 3.9 Transición de la etapa 1 a la etapa 2 se cumple la condición de la transición S1VentiladorEncendido

La acción de efecto continuo del motor *M1* de la etapa 2 también cambia a *True*, porque con la acción de efecto continúo *M1* tiene siempre el estado de la etapa 2. La etapa 2 permanecerá activa hasta que se cumpla la condición *S2VentiladorApagado*.





En la Imagen 3.10 se puede ver el estado, que el botón "Ventilador apagado" está apretado. Por lo tanto la condición *S2VentiladorApagado* de la transición se cambia al estado *True* y la etapa inicio 1 vuelve a activarse. Además la etapa 2 anterior está inactiva nuevamente y la acción de efecto continúo *M1* escribe el valor *False* en la variable *M1*. El Ventilador está apagado.

3.1.5 Resumen

- En la fase de aprendizaje 1 han sido establecidos y aplicados los conceptos de **etapa**, **transición** y **condición de la transición**.
- En caso de que el estado booleano de una etapa se haya utilizado en una condición de la transición, se utiliza la variable de la etapa. En este caso, precede al nombre de la etapa el prefijo X. (por ejemplo: X1, X2, Xa2).
- Cada etapa puede contener una o más acciones. En la fase de aprendizaje 1 se presenta y aplica la acción de efecto continuo. La acción pone siempre el operando con el estado de la etapa. Entonces, la acción de efecto continuo siempre está activo. De ahí el nombre de "efecto continuo".
- Cada transición tiene una condición de transición para el paso a la siguiente etapa. Si la transición está habilitada y la condición está cumplida, la siguiente etapa es activada y la etapa anterior será inactiva. En la fase de aprendizaje 1 han sido dados inicialmente algunos operandos individuales en la transición. También son posibles términos con más operandos en una conexión lógica. Esto se mostrará más adelante en el libro.
- Para una mejor lectura de GRAFCET se pueden añadir comentarios. Estos son compatible con la norma si el comentario se coloca entre comillas.
3.1.6 Entrenamiento: Control de motor encendido/apagado



SwithMotor.plclab



SwithMotor_ES.grafcet

Un motor se apaga o enciende sobre un botón La planta tiene las siguientes operandos:

- *S1MotorEncendido* para "Motor-On"; esto devuelve *True*, si se pulsa el botón.

- *S2MotorApagado* para "Motor-Off"; esto devuelve *False,* si se pulsa el botón.

- M1 para el motor



Imagen 3.11 Esquema tecnológico para el control del motor

3.1.6.1 Solución

La solución puede verse en la

Imagen 3.12. La condición de la transición después de la etapa 2 tiene una negación del operador *S2MotorApagado* (para hacer la negación ver **capítulo 2.9**), porque el botón está en estado de reposo (sin apretar) el valor da *True*. Si el operando es de valor *False* debe conducir a la desactivación de la etapa 2



Imagen 3.12 GRAFCET-Solución de control de motor

3.1.7 Preguntas de control

- ¿Con qué propósito se diseñó originalmente GRAFCET?
- ¿Qué son líneas activas?
- Se debe utilizar una variable de etapa con la denominación 3c ¿Cuál sería la denominación para variable de la etapa?
- Cada transición tiene una condición de transición booleano. ¿Qué ocurre con la anterior y la posterior etapa cuando el resultado de la condición de transición es *True* y la transición está habilitada?
- ¿Se puede hacer una acción de efecto continúo activa (*True*), si la etapa correspondiente está inactiva (*False*)?

3.2 Fase de aprendizaje 2: Cadena secuencial de etapas

3.2.1 Objetivo

En los controladores lógicos programables (PLC), se utilizan programas de controles cíclicos o de flujo de maquinaria y equipos. En el ejemplo "Control de motor" del **capítulo 3.1**, el motor puede siempre encenderse o apagarse, porque hay un retorno del último elemento a la etapa inicial. En esta fase de aprendizaje veremos **aplicaciones cíclicas** así como la posibilidad de establecer e introducir la **etapa con retardo de tiempo.**

Pasos de aprendizaje:

- Cadena secuencial
- Aplicación de las variables de las etapas
- Etapas retardadas con la ayuda de las condiciones de la transición dependiente del tiempo.

3.2.2 Para saber

Se conecta la última transición con la etapa inicial sobre una línea de enlace, el GRAFCET se ejecuta cíclicamente. En **Imagen 3.12** se muestra un secuenciador cíclico con dos etapas. A cada etapa le sigue una transición con una condición dependiente del tiempo. La flecha hacia arriba de la línea de enlace resalta, porque regresa a la etapa de inicio. Esta flecha indica la dirección del flujo. El flujo normal, es de arriba a abajo. En caso de que la dirección de la flecha se desvía de lo normal, se indica la dirección con una flecha.

Por último y para completar debemos mencionar que, el direccionamiento no tiene que conectarse a la etapa inicial. El retorno también puede ser conectado en la cadena, una etapa siguiente, por ejemplo las etapas superiores no se incluyen en el ciclo. Sobre este tema se discutirá más adelante de forma explícita.



Imagen 3.13 Bucle de la etapa inicial con una condición dependiente del tiempo

Sintaxis utilizada para la etapa con retardo de tiempo: El tiempo en segundos, seguido de una barra y la variable de la etapa (por ejemplo, 1s/X1).

Para una condición de transición no solo se puede usar la variable de la etapa anterior, sino puedes también usar otra variable de etapa de la cadena. La variable de la etapa está formada por el prefijo **X** y el nombre de la etapa.

Sería un error, por ejemplo, 2s/1, ya que la X no está llamando a la variable que indica la etapa 1.



En el ejemplo mostrado en la Imagen 3.13, cada etapa se activa un segundo. En la Imagen 3.14 se muestra la forma de bucle como una función del tiempo, cuando el tiempo está respectivamente dentro de la condición de transición en cada caso a **dos segundos** (2s/X1 y 2s/X2).

Etapa 1	Activo									
	Inactivo —									
Etapa 2	Activo Inactivo —									
Tiempo en segundo	s	0	1	2	3	4	5	6	7	

Imagen 3.14 Característica de señal para una condición de la transición independiente del tiempo

3.2.3 Aplicación: Válvula



Una válvula debería estar tres segundos encendido y tres segundos apagado (funcionamiento por impulsos).La variable de la válvula tiene el valor verdadero=*True*, entonces está abierto. Con el valor *False* está cerrado. La válvula tiene el operando *Y1* para programar.



Imagen 3.15 Esquema tecnológico para la válvula con funcionamiento por impulsos

En la Imagen 3.16 se muestra la solución en GRAFCET. Aquí se aprovecha la ocasión, para unir una acción en la etapa de inicio, para abrir la válvula *Y1*. Después tres segundos caduca el tiempo de retardo de la condición de transición (3s/X1) y la etapa 2 cambia a activo y la etapa 1 por lo tanto será inactivo. También la acción efecto continúo en la etapa 1 está inactivo. La válvula *Y1* tiene ahora el valor *False* y cierra la válvula. Después que caduca el tiempo de la condición de la transición (3s/X2) después la etapa 2, cambia el flujo a la etapa inicio y el procedimiento comienza de nuevo.



Imagen 3.16 Función intermitente de una válvula

3 Fase de aprendizaje

3.2.4 Prueba de la aplicación

Al iniciar la simulación en PLC-Lab y GRAFCET-Studio, empieza la válvula controlada por GRAFCET para pulsar. En la **Imagen** 3.17 están establecidas ambas fases de las funciones de impulso.



Imagen 3.17 Prueba la válvula por impulso: Derecha la válvula está abierta, izquierda está cerrada.

3.2.5 Resumen

- Para una secuencia cíclica de cadenas la transición final dirigirá nuevamente a la etapa activa con una línea de enlace.
- Se ha demostrado como se realiza una etapa con retardo de tiempo con ayuda de una dependencia de tiempo, bajo la aplicación realizada en una variable de etapa.

3.2.6 Entrenamiento: Prensa



CrimpDevice.plclab



GRAFCET CrimpDevice_ES.grafcet

Un cilindro de presión debe de iniciar con el accionador del botón iniciar y por dos segundos una vaina metálica presiona un mango metálico. Después la secuencia del tiempo dirige el cilindro nuevamente a su lugar de inicio y empieza una pausa de 5 segundos. Después de ese tiempo se debe encender una lámpara señal, para que la pieza de la prensa pueda ser recogida. Para quitar la pieza se confirma a través de un botón y nuevamente se puede poner una nueva pieza para su prensado. La posición final del cilindro no será controlado.



Imagen 3.18 Esquema tecnológico para una prensa

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Start", Valor = True si confirma
S2Confirmar	Botón "Confirm", Valor = True si confirma
A1Prensa	Accionador Prensa de cilindro adelante/atrás, True = marcha hacia adelante

3.2.6.1 Solución

La etapa de inicio se activa y al cumplirse la condición de transición *S1Start* pasa a la siguiente transición. A través de una acción de efecto continuo el cilindro presiona el mango metálico por dos segundos (*2S/X2*) (**Imagen** 3.19). El cilindro después de dos segundos está seguro y completamente montado y se tiene como resultado el montaje perno-manguito.



Imagen 3.19 Solución de una prensa de cilindro

La condición de transición 2X/X2 confirma después de dos segundos el paso a la etapa 3, que durante 5 segundos permanece activo (*5s/X3*). Después de haber expirado los 5 segundos se ha cumplido la condición de transición y se realiza el pase a la etapa 4. Esta está con la acción de efecto continuo *P1Recoger*, una lámpara-señal y espera que la condición de transición *S2Confirmar*, hasta que la tecla "confirmar" esté presionada, entonces el ciclo empieza nuevamente.

Para este ejercicio no se considera que la tecla "Start" pueda accionarse permanentemente.

3.2.7 Preguntas de control

- Defina una condición de transición, sobre una etapa con una denominación "35" con retraso de 4 segundos.
- La condición de transición está correctamente definida 1s/3X, si la etapa con denominación "3" está con retraso de 1 segundo.

3.3 Fase de aprendizaje 3: Acción de efecto continuo con control obligado

3.3.1 Objetivo

La acción de efecto continuo escribe en unos operandos el estado de la etapa (*True* o *False*). La atribución debe depender de una condición adicional, entonces se aplica la **acción de efecto continuo con control obligado**. En esta fase de aprendizaje se presenta y se aplica esta forma de acción.

Pasos de aprendizaje:

- Acción de atribución para acciones de efecto continuo
- Usos de múltiples acciones de efecto continuo por etapa
- Aplicación de acciones de atribución dependiente del tiempo con Bit- y operadores relacionales

3.3.2 Para saber

En la Imagen 3.20 la condición de atribución con 2s/X1 se indica en una acción de efecto continuo P1Lámparaseñal. Mientras que la etapa 1 este inactiva, inicia el retardo del tiempo, y después de 2 segundos se cumple la condición de atribución. Ahora el valor estará escrito en False en el operando P1Lámpara-señal. La escritura del valor True a través de la acción de efecto continuo en el operando, lo retrasa en dos.



Imagen 3.20 Acción de efecto continuo con condición de atribución dependiente del tiempo

En el segundo ejemplo (Imagen 3.21) la condición del estado de un operando está dependiente del estado de un operando con denominación *S1*.



Imagen 3.21Acción de efecto continuo con condición de atribución será usado en el operando

Aquí se espera una señal en la señal de interruptor de carrera *S1*. La condición dependiente del tiempo inicia solo si, S1 envía el valor *True*. En el modo "Ver" (**Punto 1**) la etapa *1* está activa. La condición de atribución sigue siendo *False*, porque *S1* aún envía *False*. En el **Punto 2** *S1* ha asumido el valor *True* y el temporizador se ha iniciado. Después del proceso del retraso de tiempo de dos segundos se establecerá el operando *P1Lámpara-señal* (**Punto 3**). Si cambia de nuevo *S1* a *False*, se escribirá la acción de efecto continuo igualmente al valor *False* en el operando. Del mismo el temporizador se restablece.

La etapa tiene el estado *True* y el resultado de la condición de atribución también tiene el estado *True*, entonces será escrita en el operando de una acción de efecto continuo con condición de atribución de estado *True*, sino *False*. Por lo tanto para cada tiempo influye sobre el operando (efecto continuo).

En el ejemplo 3 (**Imagen 3.22**) una condición de atribución dependiente del tiempo está con un operador relacional. Tan pronto el valor en Operando *B1Prensar* sea más grande como el valor *B2Prensar*, el temporizador se iniciará y después se activa la acción de efecto continuo *Y1*. Con ello el valor True se escribirá *True* en el operando *Y2*.



Imagen 3.22 Condición de atribución dependiente del tiempo con un operador de comparación

Preste atención al siguiente aspecto:

La condición en la acción indicada puede también **antes** de la activación de la etapa cumplir la condición de la etapa que está conectada. Entonces trabajará **independientemente** de la activación de la etapa.

El ejemplo de arriba significa que: en el momento que se cumpla la comparación *B1Prensar>B2Prensar*, empieza a correr el tiempo – **independientemente** de la etapa 1. Entonces puede ser que antes de la etapa 1 el tiempo de retardo ya está listo, porque la comparación *B1Prensa> B2Prensar* es más largo como los dos segundos cumplidos.

Nota: la comparación se escribe siempre en paréntesis con esquinas.

Más adelante en el libro se presentará una acción con efecto de memorización. Para esta acción la condición solo trabajará si la etapa está activa.

3.3.3 Aplicación: Llenar contenedor en automático



FillingTankWithManualDrein.plclab



GRAFCET FillingTankWithManualDrein_ES.grafcet

Un contenedor debe ser llenado de forma automática hasta que alcance el *nivel de señal S1* del contenedor (nivel alcanzado = *False*). Para ello sería encendida una bomba y una válvula. La bomba debe ser iniciada con un retraso de dos segundos después de la válvula, para que no se opongan a la válvula cerrada

Imagen 3.23 Esquema tecnológico de la aplicación

Designación de los operandos:

S1ContenedorLleno	Sensor, Valor = False si el líquido está en la orilla
Y1Válvula	AccionadorValvula Y1, True = Válvula abierta
M1Bomba	Bomba Motor

La ejecución de esta tarea en GRAFCET es bastante fácil. Se necesitan dos acciones de efecto continuo, cada acción tiene su propia acción de atribución. La etapa inicial enciende la válvula, tan pronto como *S1* confirma *True*. Para la bomba será definida una condición de atribución dependiente del tiempo. Así que si *S1* confirma *True*, inicia el tiempo y después de dos segundos mantiene la bomba el valor recibido *True*. En la siguiente **Imagen 3.24** se observa la solución.





Imagen 3.24 La solución para la aplicación

3.3.4 Prueba de aplicación

En la ilustración (imagen derecha) la condición de atribución con S1EstadoDeMedidaLleno el estado *False*, por lo que ambas acciones de efecto continuo escriben igualmente en el operado el estado *False* (**Punto 1**). En el **Punto 2** se encenderá la válvula y el temporizador dentro de la condición de atribución dependiente del tiempo será iniciado.

J	S1ContenedorLleno	2s/S1ContenedorLleno	
1	Y1Valvula	M1Bomba	(1)
	S1ContenedorLleno	<pre>2s/S1ContenedorLleno</pre>	
1 .	Y1Valvula	M1Bomba	$\left(2 \right)$
	S1ContenedorLleno	2s/S1ContenedorLleno	_
1 .	Y1Valvula	M1Bomba	3

Imagen 3.25 Contenedor lleno en la prueba

Después de transcurrido el tiempo la acción con efecto continuo se activa y por lo tanto asignado al operando *M1Bomba* el valor *True* (Punto 3).

3.3.5 Resumen

- Una acción de efecto continuo puede estar provista con una condición de atribución.
- Al llevar la condición de atribución el valor *True* y el estado de la etapa es igualmente *True*, la acción de efecto continuo será activo y el valor se escribirá en el operando como *True*.
- En la condición de atribución podrían usarse operadores Bit, operadores de comparación así como funciones de tiempo. Los flancos (flanco de subida, flanco de bajada) **no están permitidos** aquí.

3 Fase de aprendizaje

3.3.6 Entrenamiento: Botón iniciar y reiniciar





StartReboot_ES.grafcet

El botón *S1Start* será accionado, por lo que la Lámpara *P1* se encenderá durante 5 segundos. Luego la lámpara *H2* debe de parpadear hasta que se accione el botón *S2Reiniciar*. A continuación puede ponerse en marcha sobre *S1Start* nuevamente el proceso. El parpadeo de *P2* debe hacerse con un Impulso-/tiempo de pausa de un segundo.

Para el accionamiento ambos botones llevan True.



La solución al problema es un poco más difícil por la realización de la intermitencia.

A través del accionamiento del botón *S1Start* la etapa *2* será activa. Entonces empieza el tiempo a correr dentro de la condición de transición *55/X2*, aquí la variable de la etapa *X2* tiene el estado *True*. Por otra parte la acción de efecto continuo en la etapa *2* será activo y con ello establecido el operando *P1* con *True*. Después de 5 segundos sigue el paso a la etapa *3*. En la etapa *3* están colocados dos acciones con efecto continuo con condición de atribución. La acción izquierda describe el operando *P2* con valor *True*, si la etapa *3* se activase cumple la condición de atribución dependiente del tiempo. Su tiempo se inicia tan pronto como el operando *Memorialnterna* tenga valor False, independiente de la etapa *3*. Por lo tanto se puede suponer que para activarse la etapa *3* la condición está cumplida y el operando inmediatamente asignado al valor *True*. El operando tiene el estado *True*. Entonces empieza el tiempo a transcurrir dentro de la condición de atribución dependiente del tiempo el operando *Memorialnterna* se establece en *True* y *P2* se mantiene en el valor *False*, entonces la condición de transición de la acción *P2* no se cumple más. Hasta que no sea accionado nuevamente el botón Reboot, entonces se inicia el nuevo ciclo y el proceso será reiniciado.

3.3.7 Preguntas de control

- ¿Que estados pueden tener el resultado de una condición de atribución en una acción de efecto continuo?
- Defina usted una condición de atribución que provoca un retraso de tiempo de tres segundos. Después de ello toma el operando *S1* el estado *True*.
- ¿Podría colocarse más acciones en una etapa?

3.4 Fase de aprendizaje 4: Acción con efecto de memorización

3.4.1 Objetivo

Acciones de efecto continuo asignan el valor de su operando a *True* o *False*, dependiendo del estado de la etapa, en su caso, la condición de transición. La acción de efecto continuo describe siempre los operandos.

Hay casos de aplicación donde es necesario que solo para activar o desactivar una etapa estén escritas el valor de los operandos. En estos casos se usan las acciones con efecto de memorización. El operando de una acción con efecto de memorización está escrito para activar o desactivar la acción conectada a la etapa, y se mantiene hasta que a través de una acción con efecto de memorización se sobrescriba.

En esta fase de aprendizaje la acción con efecto de memorización para activación o desactivación de una etapa debe ser designada y usada.

Pasos de aprendizaje:

- Acción de efecto con memorización para activación y desactivación de etapas
- Contador progresivo y regresivo
- Explicación de un proceso transitorio

3.4.2 Para saber

Se ha establecido la salida de un motor en una etapa y el motor debe quedar encendido en más etapas; aquí podemos usar la **acción con efecto de memorización**. En este caso se queda el motor encendido, hasta que se encienda de forma explícita en otra acción (efecto con memorización).



Imagen 3.28 Acción con efecto de memorización para la activación y desactivación de una etapa

En la Imagen 3.28 la etapa 1 espera la conmutación a través de S1 en la etapa 2. Los motores M1 y M2 están ambos encendidos.



Imagen 3.29



y tras la desactivación de la etapa (flecha hacia abajo)

En la imagen anterior se presentan dos etapas 2-4 y señalan la acción de efecto con memorización para la activación (flecha con el símbolo hacia abajo), en un juego conjunto con la respectiva etapa activa. Al lado derecho está el Panel E/S de GRAFCET-Studio. Aquí se señala el estado de algunos operadores durante su respectiva situación.

Activación de la etapa 2:

La acción con etapa de memorización *M1:=* 1 será llamado una vez en la variable de la etapa 2 con un flanco de subida. Aquí esta acción está definida como acción de efecto de memorización para la activación (flecha hacia arriba), solo será llamada una activación cuando esté presente el flanco de subida en una acción de una etapa.

Para acciones con efecto de memorización, tienen que realizarse las atribuciones en los operando con el operador de atribución ":=". Esto es porque para estas acciones se puede escribir un valor arbitrario (para operandos validos) Para operadores digitales puede también escribirse un número decimal. Esto se señalará en los capítulos siguientes.

En este caso será asignado al operador bit "1" por lo que el valor es *True*. El motor *M*1 se queda activo, como se observa en la **etapa 3**, y seguirá siendo activo (ver estado en el panel de GRAFCET-Studio E/S).

Activación de etapa 3:

La acción con efecto de memorización con la flecha hacia abajo actúa **abandonando** la etapa *3*, esto es con los flancos **negativos** de la variable de la etapa. En este caso el motor *M2* aún no está activado en este momento.

Activación de la etapa 4:

El motor *M2* se establece en *True* para dejar la etapa *3*. Para la activación de la etapa *4*, el motor se establecerá con un flanco de subida en la atribución de la etapa a través de *M1:=0* como *False*.

Si se cumple la transición en la etapa 4, se realiza el paso a la etapa inicial 1. Con ello a través del flanco de bajada de la variable de etapa 4 el motor M2 se habilita con M2:=0 como False. El estado de inicio en la Imagen 3.28 se restaura.

3.4.3 Aplicación: Cinnta transportadora con conteo



ConveyorbeltWithcounter.plclab

GRAFC
Studio

ET ConveyorbeltWithcounter_ES.grafcet

Sobre una cinta debe transportarse partes que con ayuda de un sensor serán contados. El sensor *S1ZImpulsoContador* proporciona un flanco positivo para cada parte. Con estos flancos deberá aumentar el valor del operando *ImpulsoContador* cada vez en 1.



Imagen 3.30 Esquema tecnológico de una faja contadora

Una forma especial es la asignación de un valor en un operando teniendo en cuenta su contenido. En el ejemplo será adicionado 1 al contenido en *ImpulsoContador* y el resultado se memoriza nuevamente en *ImpulsoContador* (Etapa 2).



Imagen 3.31 Uso de una acción de efecto con memorización para activar una realización de un contador progresivo

Con la acción de efecto para la memorización de una **activación** (Flanco de subida de una variable de etapa X2) el valor del contador progresivo con *ImpulsoContador := ImpulsoContador + 1* aumentará solo **una vez** por activación de la etapa. Entonces la etapa tiene que dejarse y nuevamente ser activado.

3.4.4 Prueba de aplicación



Imagen 3.32 Acción de efecto con memorización para la activación en modo "VER"

En la Imagen 3.32 se observa el proceso de conteo. El valor *Contador* para la activación de la etapa 2 aumenta y ahora tiene el contenido 1.

3.4.5 Proceso transitorio

Un proceso transitorio existe si se cumple el paso a la condición de transición de la siguiente etapa. La etapa no es `permanentemente' activa, es **inestable**. También se hablará, que la etapa solo es **activada virtualmente** y **virtualmente desactivada**.

Se presenta el siguiente GRAFCET.

En la imagen de la derecha se reconoce que la etapa de inicio 1 está activo. Además puede reconocerse que las siguientes condiciones de la etapa 2 se cumple y por ello la transición *S2* tiene el valor *True*.

Tan pronto el valor de *S1* sea *True* le sigue el proceso de la etapa *1* a la etapa *2*. Pero en la etapa *2* también se cumplen condiciones de transición e inmediatamente se produce el proceso de la etapa *2* a la *3*. La pregunta es ahora, que pasa con las acciones que tiene la etapa *2*? El operando *P1* hace influencia sobre la acción de efecto continuo. Por lo tanto el operando *P1* podría mantener por corto tiempo el valor *True*, aquí la etapa *2* se activará por corto tiempo.El operando *P2* describe sobre una acción de efecto de memorización una activación. Esta manera de acción se engancha de un evento de activación de la etapa *2* se activa en cualquier caso e inmediatamente vuelve a desactivarse.



Imagen 3.33: Ejemplo para un proceso transitorio

La respuesta a esta pregunta es la siguiente:

La etapa 2 se activará y desactivará virtualmente, no es estable. Con ello ambos eventos ingresan activando y desactivando, el estado de la etapa está activo, pero realmente <u>no</u>.

Esto significa para el ejemplo arriba indicado, que la acción de efecto con memorización para la activación, se escribirá en el operando P2 el valor "1".

La acción de efecto continuo no "siente" que la etapa 2 está activa. Por ello no cambia el operando *P1* a *True* ni siquiera por corto tiempo.

Si *P1* sería una acción de efecto con memorización para la desactivación, en vez de una acción con efecto de memorización para la activación, entonces también sería igualmente ejecutado. Por lo tanto también se produce este evento de desactivación como arriba se describe en la etapa 2, y esto sería decisivo para la ejecución de una acción con efecto de memorización para su desactivación.

Si está presente un proceso transitorio, entonces será virtualmente activada y desactivada la etapa involucrada o afectada. La etapa no será activamente estable, sino **inestable**.

Por los tanto las acciones de efecto continuo no "sienten" el cambio de las etapas.

La situación es diferente con acciones de efecto con memorización ya que el evento ingresa, y las acciones serán activas y ejecutables.

3.4.6 Resumen

- Para una acción de efecto con memorización de una etapa, se utiliza el símbolo con la flecha hacia arriba.
- Para la acción de efecto con memorización para la desactivación de una etapa se utiliza el símbolo con la **flecha hacia abajo**.
- Para una acción de efecto con memorización se realiza la atribución en un Operando Bit con un operando de atribución ":=" y los valores "1" para True y "0" para False.
- Los operandos no actúan con un operando booleano sino también puede atribuirse un valor numérico apropiado como un tipo de datos por ejemplo: *IntValue1 := 10*
- Para la realización de un contador progresivo o regresivo puede el mismo operador de atribución integrarse en la operación. Ejemplo: *Contador:= Contador + 1*
- A diferencia de una acción de efecto continuo, las acciones de efecto con memorización para la activación y desactivación se ejecutan como procesos transitorios. Entonces para etapas inestables también se presentan necesariamente acciones con eventos de activación y desactivación.

3 Fase de aprendizaje

3.4.7 Entrenamiento: Control de llenado de un contenedor



ControllingFillingTank.plclab



ControlllingFillingTank_ES.grafcet

Un contenedor debe ser llenado con una sustancia. Después de ser llenado el recipiente debe este calentar a una temperatura de 35°C. y mezclarlo con un agitador. Luego el agitador será apagado y el recipiente vaciado.



Imagen 3.34 Esquema tecnológico de un control de recipiente

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Start", Valor = True cuando empieza
S2RecipienteLleno	Sensor recipiente lleno, Valor = False cuando el recipiente está lleno
S3RecipienteVacio	Sensor recipiente vacío, Valor = False Cuando el recipiente esté vacío
ValorTemperatura	Sensor-temperatura del líquido, Valor entero 10–35 °C
M1BombaParaLlenar	Bomba para llenar el recipiente
Y1Llenar	Válvula para llenar el recipiente, True = Válvula abierta
M2Agitador	Motor del agitador
M3BombaParaVaciar	Bomba para vaciar el recipiente
Y2Vaciar	Válvula para vaciar el recipiente
Calentador	Calentador para calentar el liquido

3.4.7.1 Solución

En la Imagen 3.35 se observa la solución. La solución se presenta algo más extensa.



Imagen 3.35 Sustancia llenada, calentada, mezclada y vaciada

El punto de partida para el contenedor vacío (S2contenedorLleno es True y S3ContenedorVacio es False) se señala en la Imagen 3.35.





Ahora que se presiona el botón inicio el contenedor será llenado (**Imagen 3.36**). En la etapa 2 la válvula será abierta y el tiempo de condición de transición empieza. Después de dos segundos se produce el paso hacia la etapa 3 y por lo tanto se enciende la bomba. El sensor *S2Contenedorlleno* envía *False*, si está sumergido en el líquido, por eso el sensor niega en la respectiva condición de transición. El contenedor está lleno entonces se procede a la etapa 4 y la bomba será apagada.

Nota 1:

En la etapa 2 la válvula se establece ininterrumpidamente con la acción de efecto de memorización Y1:=llenado:=1, durante la etapa 3 la bomba M1 BombaLlenado influye sobre una acción de efecto continuo. Es por eso que el operando Y1Llenar sigue hasta cumplirse, estableciendose de manera explicita en el valor 0. Esto sucede para la activación de la etapa 4.

Nota 2:

La temperatura será medida de manera analógica y digital. El valor digitalizado no tiene Operador bit. En el ejemplo la temperatura es un valor entero. El término para una condición de transición de la etapa 4 tiene que, según la norma se escribe entre corchetes [ValorTemperatura>=35]. Se trata de una comparación: Él envía el valor True, si el índice del operando es mayor o igual a 35. Entonces sigue el proceso.





En la Imagen 3.37 la etapa 4 ésta activa y por lo tanto el calentador enciende. Así mismo será nuevamente cerrado con el flanco positivo de la etapa la válvula abierta de llenado con *Y1Llenar:=0*. La etapa 4 permanecerá activa, hasta que la temperatura alcance los 35°C. La temperatura es de 20°C. El agitador *M2Agitador* será apagado a través de la acción de efecto continuo.





En la imagen arriba indicada la etapa 5 está activa y el contenedor nuevamente vacío. La bomba y la válvula para el vaciado están establecidos y esperan el aviso de vaciado *S3VaciarContenedor* con *False*, por lo tanto el direccionamiento hacia la etapa de inicio sigue y nuevamente el procedimiento puede volver a empezar.

Con ayuda de una condición de transición dependiente del tiempo en la acción *M3BombaParaVaciar* ha sido realizado el retardo de dos segundos para la válvula *Y2Vaciar*. Así una aplicación algo diferente se eligió el llenado donde la bomba se conecta dos segundos después de la apertura de una válvula. Con la segunda solución se ha ahorrado una etapa.

3.4.8 Preguntas de control

- ¿Cómo se distingue una acción de efecto continuo de una acción de efecto con memorización?
- ¿Cómo se reconoce una acción de efecto con memorización por activación?
- ¿Cómo se reconoce una acción de efecto con memorización por desactivación?
- ¿Qué tiempo se mantiene el valor de atribución en un operando cuando está en una acción de efecto por memorización?
- ¿Qué alto es el termino para un contador progresivo que debe realizarse con los operando Contador1 y una acción de efecto con memorización?
- ¿Entre que signos está el término de una condición de transición cuando se realiza con unos operandos enteros?

3.5 Fase de aprendizaje 5: Acción de efecto con memorización para un evento

3.5.1 Objetivo

La **acción de efecto con memorización para un evento** es eficaz, si su condición se cumple. En esta fase de aprendizaje se presentará y se aplicará una acción de efecto con memorización para un evento

Pasos de aprendizaje:

- Acción de efecto continuo con memorización para un evento
- Definición de una condición para un evento.
- Aplicación de los operandos AND (*) y OR (+)

3.5.2 Para saber

La acción de efecto continuo con memorización para un evento está representada con un símbolo en forma de una pequeña bandera flameando hacia la izquierda. Cerca de ella estará definida la condición para la acción. En la **Imagen 3.39** se puede ver un ejemplo para este tipo de acciones. Como evento será indicado el flanco negativo de *S3*. Cuando el estado 2 esté activo **entonces** se produce el flanco negativo en *S3* (por consiguiente *S3* cambia del estado *True* al estado *False*, entonces el motor *M1* se encenderá.



Imagen 3.39 Acción de efecto con memorización para un evento con flanco negativo

Todo lo contrario de una acción de efecto continuo con condición de transición es la que se observa como acción con efecto de memorización para un evento:

El evento tiene que ocurrir <u>después</u> de haber sido activada la etapa, con la conexión de la acción. Si la etapa no está activa entonces el término para el evento no será evaluado.

En el ejemplo arriba indicado significa que: el flanco negativo S3 ocurre **antes** que la etapa 2 se active, entonces el evento **no** se cumple.

En la condición de transición después de la etapa 2 está dado un enlace AND. El operando AND "*" enlaza ambos operadores S1 y S2, donde S1 niega en la operación vinculada. La condición se cumple si el estado de S2 es True **y** S1 tenga False.

Un enlace AND se designa por un símbolo "*", un enlace OR con el símbolo "+".



Imagen 3.40 Acción de efecto de memorización para un evento con flanco positivo

En la imagen superior señalamos un ejemplo para una acción con efecto de memorización con el flanco positivo. Si la etapa 2 está activa entonces ocurre un flanco positivo para S3 (cambia de False a True), y el motor M1 iniciará.

Nota para introducir operaciones por flancos: Los flancos negativos y positivos se introducen en GRAFCET-Studio con CTRL + [flecha hacia arriba] o [flecha hacia abajo].

3.5.3 Aplicación



Se debe desarrollar un GRAFCET con las siguientes condiciones:

Etapa 1: *M2* y *S2* tienen que estar inactivos (*False*), El motor *M1* será encendido por una acción de efecto continuo con condición de atribución (posición básica).

Etapa 2: La conmutación se realiza en la etapa 2, si *M*1 y *S*1 son *True*. En la etapa 2 tiene que establecerse una acción de efecto con memorización para un evento. "flanco positivo de *S*2" del motor *M*2 en *True*.

Etapa 3: Nuevamente *S1* será *False*, entonces la etapa *3* estará activa por 2 segundos, y al **abandonar** se establece la etapa *3* con el operando *M2* como *False*. Y luego nuevamente el bucle empieza desde la etapa inicial, la cual será nuevamente activa.

Nota: La tarea de la aplicación se ha descrito textualmente. Se recomienda que un GRAFCET con GRAFCET-Studio se construya paso a paso como se describe.



Imagen 3.41 Solución para la aplicación

3.5.4 Prueba de aplicación



Imagen 3.42 Acción de efecto con memorización para un evento

En la Imagen 3.42 Se cumple la posición básica y *M1* se establece en *True*. En la etapa 2 la acción con efecto de memorización para el evento se ve el "flanco 2". Si la etapa 2 se activa y cambia después *S2* de *False* a *True* (flanco positivo), se asigna también el valor *True* a *M2*. Como en el panel de E/S de GRAFCET-Studio se puede ver, queda el valor de *M2* en *True*, incluso cuando *S2* cambie nuevamente a *False*.

La aplicación debe cambiar para que se realice el paso de la etapa 2 a la etapa 3, tan pronto como S1 tenga un valor *False* o la etapa 2 haya estado activa por 3 segundos.



Imagen 3.43 Nueva condición de transición después de la etapa 3 con un enlace OR

3.5.5 Resumen

- Para una acción de efecto con memorización para un evento se emplea el símbolo con la flecha hacia la izquierda, se parece más a una banderita.
- Una condición válida (Término) para un evento tiene que especificarse.
- Los operando de la condición deben estar enlazado con la operación AND; esta operación AND se designa con el símbolo "*".
- Los operando de la condición deben estar enlazado con la operación *OR*; esta operación *OR* se designa con el símbolo "+".
- Para acciones de efecto con memorización para un evento, la atribución se cumple con la ayuda de un operador de atribución ":=".
- La norma GRAFCET recomienda que el evento se marque con un flanco positivo \uparrow o un flanco negativo \downarrow

3.5.6 Entrenamiento: Máquina hidráulica





Studio

GRAFCET Presse_ES.grafcet

La operación de prensado de una máquina hidráulica de corto recorrido empieza con el botón Start y la colocación de una pieza (chapa metálica). Luego se cierra la prensa hasta que la presión alcance 10 bar. Luego de ello sigue una pausa de 5 segundos y la prensa se abre nuevamente. Acto seguido la pieza pasa a ser retirada, que es la condición fundamental de señalización para que pueda insertarse una nueva pieza.





Designación de los operandos:

S1PrensaArriba	Sensor de prensa arriba, Valor = False si se activa
S2PrensaAbajo	Sensor de prensa abajo, Valor = False si se activa
S3HerramientaColocada	Sensor de herramienta colocada, Valor = True si se activa
S4Start	Tecla "Iniciar", envía True si se activa
MedidaPresionBAr	Sensor para la presión del prensado, Valor en rango 0–50 bar
Y1PrensaCerrada	Válvula para cerrar la prensa, True = Prensa se cierra
Y2Prensa Abierta	Válvula para abrir la prensa, True = Prensa se abre
H1Cargarpieza	Lámpara "Cargar pieza de trabajo"

3.5.6.1 Solución

Etapa 1:

Con la posición inicial – Prensa está arriba (solicitud en negación de *S1PrensaArriba*) – la lámpara será establecida *P1ColocarPieza*; esto señala al operador que hay que colocar una pieza. La condición de transición de la siguiente transición se cumple, tan pronto como el enlace *H1ColocarPieza AND S3PiezadeTrabajoColocada* envié el valor *True*. Entonces se produce el paso hacia la etapa *2*.

Etapa 2 y etapa 3:

En la etapa 2 se establece Y1CerrarPrensa como True, tan pronto se reconoce el flanco positivo S4Start. La prensa se cierra y empieza el prensado.

Etapa 4:

En esta etapa ahora se desconecta Y1PrensaCerrada, aquí el prensado alcanza >= 50 bar, con lo cual empieza la fase de descanso con 5s/X4.

Etapa 5:

La prensa será abierta y ahora espera a que, el operador quite manualmente la pieza de trabajo y con ello acepta *S3PiezadeTrabajoColocada* el valor *False*.



Imagen 3.45 GRAFCET para una máquina hidráulica

3.5.7 Preguntas de control

- ¿Que es lo especial en una acción de efecto con memorización para un evento frente a una acción de efecto con memorización sin un evento?
- ¿Cuando será evaluado el evento para una acción de efecto con memorización para un evento?
- ¿Que flancos puede tener el evento?
- ¿Tendría que emplearse la acción de efecto con memorización para el evento también el operador de asignación ":=" ? ¿Con que símbolo será presentado el enlace AND dentro de un término?
- Con que símbolo será presentado el enlace OR dentro de un término?
- ¿Por qué está el término [MedidaPresionBarBar>=50] entre corchetes?
- En la siguiente presentación la etapa 1 se activa. Se ejecutará la transición a la etapa 2, si se establece el valor *True* en *S4*?



3.6 Fase de aprendizaje 6: Etapa macro

3.6.1 Objetivo

No es fácil mantener la claridad especialmente para GRAFCETs cuando son más grandes. Las etapas de la macro pueden ser muy útiles aquí. Con incrementos de macro, usted tiene la posibilidad de agrupar y/o externalizar etapas. Esta etapa externa es disponible con la ayuda de unos términos genéricos (de la etapa macro). La etapa macro posee una etapa de entrada y una etapa de salida. Las demás etapas macro se encuentran en una estructura GRAFCET completamente elaborada.

En esta fase de aprendizaje serán presentadas y aplicadas las etapas macro.

Pasos de aprendizaje:

- Creación de una etapa macro y su extensión (realización)
- Designación y aplicación de etapas de entrada y etapas de salida

3.6.2 Para saber

En la Imagen 3.46 se aplica dentro de una cadena secuencial *M2*. El símbolo para la etapa macro es como cada etapa, indicando el nombre a cada una. Sin embargo se le designa como necesaria a una etapa macro el prefijo **M**.



Imagen 3.46 La etapa macro M2

La etapa macro **M2** puede ser abordada como una variable de etapa denominada **XM2**. La macro etapa *M2* representa las etapas descritas en el marco "M2" (**expansión**). Esta implementación de la etapa macro tiene que existir.

La expansión o implementación de la macroetapa empieza con una entrada de etapa, simbolizándose a través del prefijo *E* (Entrée=Entrada) y el nombre de la etapa macro. El final de la etapa macro será señalizado con el prefijo *S* (Sortie=Salida) y representa la etapa de salida. En GRAFCET-Studio, el marco tiene que incluir las etapas y sus componentes dentro, igualmente el marco lleva el nombre de la etapa macro. Por ello en el ejemplo de arriba se señala como "M2".

Es recomendable que para utilizar los nombres de las etapas de entrada y de salida de una etapa macro se nombre con los prefijos correspondientes. La ejecución de la etapa macro *M12* se empieza con *E12* que es la etapa de entrada y con *S12* se finaliza que es la etapa de salida.

Para abandonar la etapa macro tiene que haber procesado toda su cadena, esto significa que la etapa de salida tiene que ser activa y entonces la macro finaliza para dar paso a la transición. O en otras palabras si se activa la etapa de salida se libera la transición.

En el ejemplo de arriba la primera etapa *S2* tiene que estar activa, después sobre *M2* pasar a la siguiente transición con *S1=False* y después se da el paso a la siguiente etapa de inicio 1, cumpliendo la cadena secuencial.

En principio la etapa macro no es más que una extensión de la estructura GRAFCET, es es llamada cuando esta activa.

Una etapa macro también puede ser asignada a una acción. En el ejemplo que sigue una acción de efecto continuo se une a *M2*, que describe el operando *Y1*.



Imagen 3.47 Etapa macro M2 con la adecuada acción de efecto continuo

3.6.3 Aplicación: Llenado de tolva



LoadingContainer.plclab



GRAFCET LoadingContainer_Es.grafcet

Una tolva, a través de un molino será llenado con la señal de inicio *S1Start*, hasta que avise que la báscula *S3PlataformaBasculanteLlena* esté llena. Antes debe ser llevado sobre una banda hasta el límite, un molde hondo hasta el final de la carrera *S2*. El traslado debe realizarse a través de una etapa macro *M2*. A continuación se presenta la concreta funcionalidad de una etapa macro: Con el botón de inicio *S1Start* se activa la etapa macro *M2*, y con ello también la etapa de entrada *M2*, de la cual el molde hondo va hacia su posición *S2MoldeEnPosición*. Entonces el motor del molino *M2Molino* se enciende, hasta que la tolva avise con una señal *S3TolvaLlena* con el valor False. Entonces inclina esta tolva con *M3InclinaTolva* y con el interruptor de limite *S5TolvaInclinada*, empieza un retardo de tiempo de dos segundos. Dentro de este tiempo el material cae para ser cargado en el molde hondo. En la siguiente etapa la tolva regresa a su posición inicial con *S4PosicionTolva*, que ha conducido sobre la acción *M4PosicionaTolva*. En la etapa de salida *S2*, el molde hondo será conducido sobre la banda transportadora (*M1Banda :1*), la tolva estará nuevamente en su posición básica *S4PosicionTolva*, hasta que la condición de transición del GRAFCET principal (después de la llamada de la etapa macro *S2MoldeEnPosición*) envié nuevamente False. Por lo tanto el molde vacío alcanzó su posición de llenado.

En el GRAFCET principal, con la etapa 5 se apagará el motor de la cinta (*M1Band:= 0*) y luego sigue el paso hacia la etapa inicial cerrando así el direccionamiento.



Imagen 3.48 Esquema tecnológico de una tolva con balanceo

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Iniciar", Valor = True si se activa
S2MoldeEnPosición	Sensor molde en posición, Valor = True si se activa
S3TolvaLlena	Sensor Tolva está llena, Valor = False si se activa
S4TolvaPosicionCarga	Sensor tolva en posición de carga, Valor = True si se activa
S5TolvaSeInclina	Sensor tolva en posición inclinada, Valor = True si se activa
M1Cinta	Motor de cinta
M2Molino	Motor de molino
M3InclinarTolva	Motor para inclinar la tolva
M4PosCargaTolva	Motor para mover la tolva en posición de carga

3 Fase de aprendizaje

En la imagen de abajo se presenta un GRAFCET principal. La principal funcionalidad esta aplicado en la expansión de la etapa macro M2.

Nota: Después de que la etapa macro haya transportado el molde, se apagará nuevamente la cinta con la etapa 5 con *M1Cinta:=0*. Aquí inmediatamente debe seguir el paso a la etapa inicial y no sería posible sin una transición, esta proporcionará a la etapa 5 la siguiente transición con la condición de transición constante de '1'. Esto es siempre *True*, por lo que la condición de conmutación a la siguiente etapa estará siempre disponible.

La solución completa incluye la expansión de la etapa macro M2:



Imagen 3.49 Solución de la aplicación con la etapa macro M2

3.6.4 Prueba de aplicación

En la Imagen 3.50 se muestra la situación después que la etapa macro M2 se ha completado. La etapa de salida S2 queda activada, hasta que la condición de transición S2MoldeEnPosición = False se cumpla en el GRAFCET principal.



Imagen 3.50 Tolva con balanceo a modo de prueba

3.6.5 Resumen

- Se designa a una etapa macro el prefijo **M** seguido del nombre de la etapa. Ejemplo: M2.
- La expansión o implementación de la macroetapa empieza siempre con una etapa de entrada, de la cual el prefijo de nombre para esta etapa será siempre **E** y el nombre de la macroetapa por ejemplo *E3*.
- La expansión o implementación de la macroetapa finaliza siempre con una etapa de salida, de la cual el prefijo para nombrar esta etapa será **S** y el nombre de la macroetapa, ejemplo *S3*.
- En GRAFCET-Studio la expansión de la etapa macro tiene que estar provisto de un marco, que lleva el nombre de la etapa macro. (ejemplo *M3*).
- La aplicación de la etapa macro tiene que haber completado toda su cadena secuencial hasta que llegue a la etapa de salida. Hasta entonces la transición se libera después de la etapa macro y al cumplir la condición de transición puede producirse el paso siguiente. Logrado el paso entonces se desactiva la etapa de salida.
- Una estructura de un GRAFCET con una etapa macro, será especialmente aplicado para grandes cadenas secuenciales y así poder mejorar sustancialmente la legibilidad de un GRAFCET.
- Una etapa macro podría necesitar acciones, siempre y cuando una etapa esté activa dentro de la ejecución de la etapa macro, Se designa también con el prefijo M.
- Como con una etapa "normal" la variable de la etapa de una macroetapa será designado con el Prefijo X (ejemplo XM5).

3.6.6 Entrenamiento: Bomba de encendido/apagado



Cadenas de etapas recurrentes podrían aplicarse como etapa macro. El procedimiento para encender una bomba, por lo general requiere de una apertura de una válvula. La bomba se retrasa a la vez que se abre la válvula. Esta función deberá ser programada como una etapa macro. En la cadena secuencial, debe ser en total dos bombas cada una, con una válvula serán encendidas a través de una etapa macro (M2, M3). **Después de pulsa S1, se abre la válvula Y1 y dos segundos después se encenderá M1, Con M1 será abierto también Y2 y nuevamente dos segundos después la bomba M2**. El botón de parada apaga con *S2Parar=False* ambas bombas y cierra ambas válvulas.



Imagen 3.51 Esquema tecnológico para entrenamiento de bombas encendidas sobre una etapa macro

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Iniciar", proporciona True si se activa
S2Parada	Botón "Parada", proporciona False si se activa
Y1	Válvula Y1, True = si la válvula se abre
M1Bomba	Bomba M1
M2Bomba	Bomba M2
Y2	Válvula Y2, True = si la válvula se abre

3.6.6.1 Solución



Imagen 3.52 Aplicación de una etapa macro para encender bombas

Etapa 1:

La etapa de inicio 1 está activo hasta que la condición de transición sea S1Start = True y alli se ejecuta el paso hacia la etapa macro (Imagen 3.52).

Etapa M2:

La etapa macro *M2* será activa y con ella la etapa de entrada *E2*, donde aquí la válvula *Y1* será abierta mediante una acción de efecto por memorización para su activación. La bomba 1 será encendida después de dos segundos mediante la etapa *S2* y su acción de efecto con memorización para su activación. Ahora puede la transición que está después de la etapa macro *M2* dar paso a la etapa macro *M3*.

Etapa M3:

La etapa macro M3 está activa, y con ello también activa la etapa de entrada *M3*. A través de una acción de efecto con memorización para la activación en la etapa *E3* se logra la asignación *Y2:=1*, que conduce a la apertura de la válvula. La bomba 2 se encenderá igualmente después de un retraso de 2 segundos. Este procedimiento será provocado por la etapa *S3*. La etapa macro *M3* está completamente ejecutada y tendría lugar, tan pronto como la condición de transición de *M3* se cumpla (**Imagen 3.53**). Esto sería en el caso si el botón de parada se activa, será establecida el operando *S2Parada* con el valor *False*.

La bomba y la válvula serán desconectadas a través de una acción de efecto con memorización, tan pronto como la etapa 3 esté activa. Si ambas válvulas están apagadas entonces la condición de transición $\overline{Y1} * \overline{Y2}$ se han cumplido,

y sigue el paso hacia la etapa inicial 1. Se puede también aquí perfectamente indicarse una completa condición con $\overline{Y1} * \overline{Y2} * \overline{M1Bomba} * \overline{M2Bomba}$ en la transición.



Imagen 3.53 Etapa macro para encendido de bombas. Presentación en modo ejecución

3.6.7 Preguntas de control

- ¿Qué prefijos tiene una etapa macro?
- ¿Con qué prefijo se designa dentro de la expansión de una etapa macro en su etapa de entrada?
- ¿Con qué prefijo se designa dentro de la expansión de una etapa macro en su etapa de salida?
- ¿Qué requisitos se tiene que cumplir para que la transición pueda provocar el paso a la etapa macro?
- ¿Qué ventajas ofrece una etapa macro?

3.7 Fase de aprendizaje 7: Etapa incluyente

3.7.1 Objetivo

Similar a la etapa macro es también una **etapa incluyente**, una herramienta estilística en una estructura de un GRAFCET.Una **etapa incluyente** incluye etapas normales en una parte de un GRAFCET, en un grupo de etapas. Las etapas incluidas serán llamadas cuando se active la etapa incluyente y se desactiva cuando la secuencia finalice. Esto se explicará en esta fase de aprendizaje.

Pasos de aprendizaje

- La etapa incluyente
- Las inclusiones y las etapas incluyentes.
- Las correspondientes etapas con conexión de activación dentro de las inclusiones.
- Estructura GRAFCET con etapas incluyentes

3.7.2 Para saber

Las etapas incluyentes (o de inclusión) englobarán en un grupo una parte de un GRAFCET, y se designará el nombre como el mismo nombre de la etapa incluyente. Este nombre será señalado en la parte superior izquierda del grupo. En la esquina inferior izquierda se señala el número del grupo. Las inclusiones de una etapa incluyente no tienen una etapa inicial.

En la Imagen 3.54 la etapa 2 es señalado con el símbolo de una etapa incluyente. Este símbolo se compone de un rectángulo normal y además un rectángulo interior pero girado con respecto al exterior, entonces la etapa 2 incluyente asigna dos grupos con etapas incluyentes.

Ambos GRAFCET parciales son señalizados con *G1* y *G2*. La señalización se encuentra en la esquina inferior de marco que rodea el grupo. Y **no es relevante** para sser llamados. En la esquina superior de este marco grupal se encuentra el **nombre de la etapa incluyente**, que encierra etapas asignadas para esta etapa parcial. En el ejemplo se le ha asignado "2", a este GRAFCET parcial de una etapa incluyente.



Imagen 3.54 La etapa incluyente 2 y sus incluidos

Mas incluidos podrían activarse al mismo tiempo a través de una etapa incluyente. Ellos corren de una manera paralela hasta que la etapa incluyente sea desactivada.



Cada incluyente contiene una (1) etapa que está provista de un símbolo "*" al lado izquierdo de la etapa. Este símbolo señala la etapa que inicia la etapa incluyente. Eso quiere decir que la etapa se activa tan pronto como la etapa incluyente está activa. Aquí también se habla a menudo de una **conexión de activación**. Esto significa que las etapas incluidas con este símbolo tienen una **conexión de activación** hacia la etapa incluyente. Se activará la etapa incluyente y esta activación se transmitirá a las etapas conectadas.

En el ejemplo se han denominado con el símbolo "*" la etapa 100 en el GRAFCET parcial G1 así como la etapa 200 del GRAFCET parcial G2. El nombre de las etapas dentro de la inclusión son arbitrarias, siempre y cuando no se presente dobles.

En la **Imagen 3.55** se presenta el momento concreto cuando la etapa inicial *1* está activa. La etapa *2* que es una incluyente aun esta inactiva. Por lo tanto ambos GRAFCET parciales que pertenecen a la etapa incluyente por su número en la esquina superior del marco que agrupa los Grupos *G1* y *G2* están inactivos.







Imagen 3.55 La etapa incluyente aún no está activa.



Imagen 3.56 La etapa incluyente 2 está activa y con ello se activa las etapas con conexión de activación en los GRAFCET parciales G1 y G2.
En la Imagen 3.56 ha sido ejecutado el paso de la etapa incluyente 2. La activación de la etapa incluyente 2 tiene la consecuencia que los GRAFCET parciales *G1* y *G2* con su conexión de activación activan las correspondientes etapas. Aquí se aprecia en las etapas 100 y 200.

En esta presentación se puede reconocer igualmente bien, que ambos GRAFCET parciales *G1* y **G2**, están trabajando simultáneamente, porque la etapa incluyente 2 está activa.



Se desactivará la etapa incluyente cuando todas las etapas encerradas en el grupo (o incluidas dentro) se desactiven.

Imagen 3.57 La cadena secuencial transferida a través del cambio de las etapas con conexión de activación

En la Imagen 3.57 ha sido puesta la conexión de activación dentro del grupo 2 en la etapa 201 (símbolo con estrella). Este cambio ocasionó que para la activación de la etapa incluyente dentro del GRAFCET parcial G2 en la etapa 201 se active. El GRAFCET parcial en G2 empieza con la etapa 201. En los incluyentes de G1 no tiene repercusión. Aquí la etapa 100 posee además, la conexión de activación hacia la etapa incluyente 2.

Ambos ciclos de los GRAFCET parciales G1 y G2 en este caso, no corren sincronizadamente como en el ejemplo anterior.

Este ejemplo señala también que no es necesario que la etapa que está en la posición de arriba del grupo parcial de GRAFCET tenga que ordenar una conexión de activación. También una etapa que no tenga un lugar jerárquico puede ordenar una conexión de activación.

3 Fase de aprendizaje

3.7.3 Aplicación: Llenado de tolva 2



LoadingContainer.plclab

GRAFC Studio

GRAFCET LoadingContainer2_Es.grafcet

La tolva en la fase de aprendizaje 6 se vuelve a usar para su aplicación en esta fase de aprendizaje. Esta vez la solución debe ser con la ayuda de una etapa incluyente. La solución con la etapa macro se mantiene con respecto a su funcionalidad.



Imagen 3.58 Esquema tecnológico de una tolva con balanceo

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Iniciar", Valor = True si se activa
S2TolvaEnPosicion	Sensor molde en posición, Valor = True si se activa
S3TolvaLleno	Sensor Molde está lleno, Valor = False si se activa
S4PosicionCargaTolva	Sensor molde esta en pos. carga, Valor = True si se activa
S5TolvaInclinado	Sensor molde esta en pos. Inclinada, Valor = True si se activa
M1Cinta	Motor de cinta transportadora
M2Molino	Motor de molino
M3InclinarTolva	Motor para inclinar el molde
M4KtolvaEnPosCarga	Motor para mover la tolva en la posición de carga

En la siguiente imagen se observa que sobre la parte izquierda hay un GRAFCET principal. Aquí podemos reconocer que la etapa 4 es una etapa incluyente.

Para desarrollar la solución tenemos que observar, que las etapas incluidas en el grupo, se desactivaran, tan pronto como pierda su activación la etapa incluyente. Con una etapa macro teníamos otra realidad ya que las etapas de expansión se han ejecutado completamente.

En el ejemplo este comportamiento de la etapa incluyente podría conducir a que el procesamiento de molino finalizará nuevamente, si la condición de transición se cumple después de una etapa incluyente. Para evitar esto se ha extendido la condición de transición hacia una etapa incluyente 4. Aquí la variable de etapa 104 ha sido tomada sobre un enlace AND en la condición de transición. La etapa 104 es la última etapa de la inclusión. Así se asegura que las etapas de esta inclusión sean trabajadas completamente, porque solo cuando la etapa 104 esté activa la variable de etapa tiene el estado *True*. En principio se ha imitado el comportamiento de la macro etapa.



Imagen 3.59 Solución para la aplicación de una etapa incluyente

En la Imagen 3.59 se observa la solución con la etapa incluyente 4 y los incluidos en el Grupo G1. La etapa 100 está con la conexión de activación, con ella inicia la inclusión. Con la etapa 100 se enciende la cinta, para ello la tolva puede moverse en la posición S2TolvaEnPosicion. Las siguientes etapas son idénticas que la solución en el capítulo "Etapas macro". Solo el nombre de la etapa son otras. Aquí la inclusión no contiene entradas o salidas de etapa.

3.7.4 Prueba de aplicación



Imagen 3.60 Prueba de aplicación con una etapa incluyente 4

En la Imagen 3.60 la etapa 100 está activa y empieza la cinta. Sería en esta situación que la condición de transición después de una etapa incluyente 4 no será completada en la variable de etapa en la etapa 104, entonces se cumpliría inmediatamente el paso a la etapa 105. Por lo tanto la etapa incluyente 4 no estaría más activo y con ello todas las etapas incluidas en el GRAFCET parcial G1.

3.7.5 Resumen

- La etapa incluyente será presentada con un cuadrado en posición lineal y dentro de ella un cuadrado girado. En este símbolo estará escrito el nombre de esta etapa.
- El nombre de la etapa incluyente estará en todos los GRAFCET parciales en la esquina superior de su marco. Esto es un recinto que encierra a especiales etapas asociadas.
- En cada inclusión tiene que existir una etapa con conexión de activación. Este será notado a través de un símbolo especial cerca a la izquierda de la etapa "*". La etapa incluida con este símbolo estará activo tan pronto como la etapa incluyente esté activa.
- Una inclusión puede contener a su vez etapas incluyentes.
- Una inclusión puede asociarse con solamente una etapa incluyente.
- Una etapa incluyente será desactivada, cuando todas las etapas activas en esa inclusión se desactiven.
- La etapa incluyente sirve para una mejor estructuración de un GRAFCET.

3.7.6 Entrenamiento: Cinta transportadora de una tolva llena



LoadingContainerViaConveyorbelt.pl clab

GRAFCE
Studio

ET LoadingContainerViaConveyorbelt_Es.gra fcet

Deberemos desarrollar un GRAFCET en la cual, al iniciarse transporta un molde en la posición *S2*. Después un motor de cinta *M2* y *M3* es encendida y el molde es llenado. Con ayuda de los sensores *S3* deben haberse llenado en el molde las partes recogidas. Son aproximadamente 10 partes que caen dentro del molde, ambas cintas paran y el molde se evacuará. Este ejercicio de contador se realiza con la ayuda de una etapa incluyente y una acción con efecto de memorización para la activación. El número de partes serán colocados con un operando entero *ContadorPiezasMolde*.



Imagen 3.61 Esquema tecnológico de un control de cinta

Designación de los operando:

S1Start	Botón "Inicio", Valor = True si se activa
S2MoldeEnPosicion	Sensor Molde en posición de carga, Valor = True si se activa
S3LuzFotoElectrica	Sensor luz fotoeléctrica para piezas que caen, Valor = True si es interrumpido por
	las piezas
M1CintaDeMolde	Motor de cinta transportadora del mode
M2Cintalzquierda	Motor de cinta para cargar piezas arriba a la izquierda
M3CintaDerecha	Motor de cinta para cargar piezas arriba a la derecha
ContadorPiezasMolde	Conteo de las piezas cargadas en el molde, valor interno integral

3.7.6.1 Solución



Imagen 3.62 Solución de la tarea de cargar una tolva sobre una cinta transportadora

En la Imagen 3.62 se observa la solución para la tarea. La inclusión de la etapa incluyente 5 evalúa el flanco positivo en *S3LuzFotoelectrica* y activa la etapa 7. En la etapa 7 está montada una acción de efecto con memorización, de la cual el valor es un operando entero *ContadorPiezasTolva* que sube de uno en uno. El contenido de *ContadorPiezasMolde* debe alcanzar un valor de 10 así dará paso de la etapa 5 a la etapa 8. Con esto la etapa 5 y todas sus etapas que encierran esta incluyente se desactivan. La activación de la etapa 8 provoca que el molde de la posición de carga sea transportada y que el valor de ContadorPiezasMolde se establezca nuevamente a "0".

3.7.7 Preguntas de control

- ¿Cuando se suscitará la conexión de activación de una etapa incluyente?
- ¿Como será señalizado la etapa con conexión de activación?
- ¿Qué diferencias se encuentran entre una etapa macro y una etapa incluyente en la completa aplicación de etapas en la expansión y las de inclusión?
- ¿Podrían ser activadas al mismo tiempo etapas incluyentes dentro de diferentes inclusiones?
- ¿Se mantiene el valor de una transición de una acción de efecto con memorización para una activación dentro de una inclusión?. ¿Cuando se desactiva la etapa incluyente?

3.8 Fase de aprendizaje 8: Derivación alternativa

3.8.1 Objetivo

Deben seguir después de una etapa más transiciones, entonces se utiliza una derivación alternativa. Como su nombre lo indica, se podría realizar una secuencia alternativa. Sin embargo se ejecuta solo una secuencia. Por esta razón la condición de transición de una transición en una única secuencia derivada, **se excluyen mutuamente**. La secuencia individual de una derivación alternativa será también denominada ciclo parcial o **cadena secuencial parcial**. Cómo funciona una derivación alternativa y cuáles son las condiciones para que se den, lo estudiaremos en esta fase de aprendizaje.

Pasos de aprendizaje:

- Presentación de una derivación alternativa
- Aplicación de una derivación alternativa
- Designación y aplicación de referencia de destino, direccionamiento, saltos de retorno y formación de bucles

3.8.2 Para saber

En la **Imagen 3.63** se presenta una derivación alternativa. Después de la etapa inicial siguen paralelamente dos transiciones. La condición de transición se excluyen mutuamente: así puede solo una condición de transición cumplirse y activarse las respectivas etapas siguientes (2 o 3).



Imagen 3.63 Derivación alternativa

Se ha procesado la cadena secuencial parcial con la etapa 2, se realiza la activación de la etapa 4 sobre la transición con la condición 2s/X2. Para la elaboración de la cadena secuencial parcial con etapa 3 se activará por el contrario la transición que está sobre la etapa 4 con la condición 3s/X3.

El programador tiene que definir para una derivación alternativa las respectivas condiciones de transición, ya que solo **una** condición se puede cumplir. La condición de transición debe ser mutuamente excluyente. Este no siendo el caso, entonces el comportamiento es indefinido. Esto quiere decir que no se puede predecir que se procese la cadena secuencial parcial. En GRAFCET-Studio se habría procesado la cadena secuencial parcial por lo que la transición provoca el paso.

3 Fase de aprendizaje

En la siguiente presentación a la izquierda la condición de transición $S2 * \overline{S1}$ se activa a la siguiente etapa que es la etapa 3. Después de la cadena secuencial el tiempo 3s/X3 cumple el paso a la etapa 4. En la presentación de la derecha la condición de transición $S1 * \overline{S2}$ se cumple y esto produce el paso de la etapa 1 a la etapa 2.



Imagen 3.64 La etapa 3 con su parte de cadena secuencial está en proceso. Imagen 3.65 La parte de cadena secuencial con su etapa 2 está en proceso.

Según la regla una derivación alternativa empieza con una transición y finaliza también con una transición. Sin embargo puede una derivación alternativa también solo establecerse en una transición y saltar a otra cadena secuencial parcial.

Para este propósito en la siguiente imagen lo observamos.

Aquí existe la tercera cadena secuencial parcial única en una transición. Su condición de transición se cumple, entonces sigue el paso desde la etapa 1 directamente hacia la etapa 4.



3.8.3 Aplicación: Barrera



Gate.plclab GRAFC

GRAFCET Gate_ES.grafcet

Una típica aplicación para una derivación alternativativa son los giros a la izquierda/derecha de un motor o la apertura de una barrera.

En la imagen derecha, la barrera debe de ser operada mediante un botón *S1*. La barrera está cerrada (*S2=True*), entonces tras la activación de *S1* la barrera tiene que abrirse. Si la barrera está abierta (*S3=True*) entonces sobre *S1* se cerrará.

Imagen 3.66 Esquema tecnológico de una barrera



Designación de los operandos:

S1AccionarBarrera	Botón "Accionar barrera", Valor = True si se activa
S2BarreraAbierta	Sensor barrera está abierta, Valor = True si se activa
S3BarreraCerrada	Sensor barrera está cerrada, Valor = True si se activa
M1AbrirBarrera	Motor para abrir la barrera
M1CerrarBarrera	Motor para cerrar la barrera





3.8.4 Prueba de aplicación

La barrera está cerrada, cuando se presiona el botón *S1* la transición con la condición *S1AccionarBarrera*S3BarreraCerrada* empieza el paso hacia la etapa *2* (Imagen 3.68).



Imagen 3.68 Prueba de una derivación alternativa en el ejemplo de una barrera cerrada





En la Imagen **3.69** la barrera está abierta. Con ello la activación de *S1* de la condición de transición *S1AccionarBarrera*S2BarreraAbierta* se cumple y sigue el paso hacia la etapa *3*. Esta estará activa hasta que, la barrera esté cerrada.

3.8.5 Direccionamiento, nota de destino, salto de regreso y bucles en GRAFCET

En este punto se debe mostrar, como se colocar un direccionamiento en GRAFCET, aplicar una nota de destino, realizar un salto de retroceso y crear un bucle.

En la siguiente imagen se observa un **direccionamiento**. Como en muchos ejemplos de este libro se han utilizado para alcanzar un procesamiento cíclico de GRAFCET.

En el ejemplo de la derecha el GRAFCET completo se ejecutará de forma continua, desde la etapa 1 hasta la etapa 3. Esta forma de estructura de bucle es por mayoría aplicada.

Pero también es posible realizar un **salto de regreso**, del que no por todas las etapas de una estructura GRAFCET tenga que pasar. En la siguiente presentación se observa un ejemplo.



Imagen 3.70 Direccionamiento a la etapa inicial

En la cadena secuencial de la imagen derecha la derivación alternativa tiene una nota de destino y se realiza con ayuda de un símbolo de una flecha. Este símbolo en forma de flecha se utiliza básicamente en GRAFCET-Studio para la aplicación de una nota de destino. En este caso la flecha indicará el salto que dará hacia la etapa destino. En el ejemplo está que irá hacia la etapa 2a siempre y cuando la condición $S3 * \overline{S1} * \overline{S2}$ se cumpla, por lo que la etapa 2b dará paso a la etapa 2a. Si se cumpliera otra condición de transición dentro de la cadena secuencial parcial de una derivación alternativa entonces el bucle finalizará o no entrará en el bucle. El uso de la nota de destino dirige hacia una creación de bucle, como en el ejemplo de arriba, entonces se puede hablar de un salto de retorno. Este concepto explica claramente el impacto de la referencia de destino.

Se habla estrictamente que el símbolo flecha o la referencia de destino es un reemplazo para una línea de enlace hacia una etapa especificada. En el ejemplo sería que esta línea de enlace empieza atrás de la condición S3 * $\overline{S1} * \overline{S2}$ y finaliza en la parte superior de la etapa de destino 2*a*. Aquí una línea de enlace en un GRAFCET hace en la mayoría de los casos confuso, se aplicaría mejor una referencia de destino, así como se presenta en GRAFCET-Studio. La referencia de destino se usa también cuando por ejemplo el GRAFCET abarca muchas páginas y las conexiones de unos es necesaria hacia otros finales del Plano GRAFCET.



Imagen 3.71 Direccionamiento con flecha de referencia

La imagen arriba presentada de una estructura de bucle es a menudo aplicada en conexiones con derivación alternativa. También como segundo entrenamiento de este capítulo veremos la aplicación del salto de retorno y su solución.

3.8.6 Resumen

- La cadena secuencial parcial de una derivación alternativa contiene al menos una etapa, entonces empieza y finaliza esta cadena secuencial parcial con una transición.
- La cadena secuencia de una derivación alternativa puede también contener solo una transición. Esta será usada si otras cadenas secuenciales parciales saltan.
- Para un gran número de etapas dentro de una cadena secuencial parcial se debe de utilizar una etapa incluyente o una etapa macro.

3.8.7 Entrenamiento: Barrera con lámpara-señal

En el último ejemplo de la conocida barrera la ampliaremos

con una luz intermitente *P1*. La lámpara *P1* deberá de parpadear con un impulso/periodo de pausa de 500ms, tan pronto la barrera sea cerrada. También para esta solución aplicaremos la derivación alternativa. Para la realización de la luz intermitente *P1* aplicaremos una etapa incluyente en

la cadena secuencial parcial para cerrar la barrera.



GateWithLamp.plclab



GateWithLamp_ES.grafcet



Imagen 3.72 Esquema tecnológico de una barrera con señal de luz

Designación de los operandos:

S1AccionarBarrera	Botón "accionar barrera", Valor = True si se activa
S2BarreraAbierta	Sensor barrera está abierta, Valor = True si se activa
S3BarreraCerrada	Sensor barrera está cerrada, Valor = True si se activa
M1AbrirBarrera	Motor para abrir la barrera
M1CerrarBarrera	Motor para cerrar la barrera
P1	Lámpara P1, debe parpadear cuando cierre la barrera

3.8.8 Solución

En nuestra imagen encontramos cadena otra secuencial parcial para el cierre de la barrera. Aquí usaremos entonces una etapa incluyente 3. Sobre las etapas incluidas 30 y 31 se realizará la intermitencia de P1. La inclusión se procesa siempre y cuando se encuentre en el tiempo de cierre la barrera, hasta que la condición que esta después de la etapa 3 se cumpla. Este es en el caso que la barrera llegue a la posición final el S3 enviará el valor True.



Imagen 3.73 Ejemplo de una derivación alternativa en una barrera con uso de una etapa incluyente en la cadena secuencial parcial

3.8.9 Entrenamiento: Prueba de detergente



DetergentTest.plclab	GRAFC
	Studio

RAFCET DetergentTest_ES.grafcet

Un dispositivo sirve para la prueba de detergentes. En este caso será rociada una placa de cristal con el respectivo detergente. Un cilindro con una esponja se dirige con movimientos de limpieza hacia la placa de cristal. El número de ciclos de lavado se puede ajustar en el rango de 1-10. El botón de inicio *S1* empieza su proceso. Al concluirse todos los ciclos establecidos se encenderá una lámpara *P1*. Sobre el botón confirmar *S2* se puede cerrar el proceso. Y nuevamente es posible iniciar un nuevo proceso.



Imagen 3.74 Esquema tecnológico para la prueba de detergentes

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Iniciar", Valor = True si se activa
S2Confirmar	Botón "Confirmar", Valor = True si se activa
S3A1Atras	Sensor S3 atrás, Valor = True si se activa
S4A1Adelante	Sensor S4 adelante, Valor = True si se activa
NúmeroDeCiclosPredeterminado	Valor predeterminado por el control deslizante para el número de ciclos a
	procesar. Valor entero entre 1 a 10.
A1AvanzarRetroceder	Accionador A1 avanzar y retroceder, True = movimiento hacia adelante
P1CiclosFinalizados	Lámpara "Ciclos finalizados"
P1	Lámpara P1, debe de parpadear durante el tiempo de cierre de barrera
Ciclos Realizados	Operando entero para la detección de ciclos ya realizados.

3.8.9.1 Solución



Imagen 3.75 Derivación alternativa con salto de retorno

La solución de la planta se señala en la **Imagen 3.75**. En este caso ha sido utilizado en la cadena secuencial parcial derecha la derivación alternativa en un **salto de retorno**. En GRAFCET-Studio se coloca un símbolo de una flecha y se señala el nombre de la etapa a seguir, que será entonces la referencia de destino. En el ejemplo la etapa 2. Esto significa que: si se cumple la condición de transición *[CiclosFinalizados<NúmeroDeCiclosPredeterminados]*, entonces sigue el paso hacia la etapa 2. Se podría también decir que antes de la transición con la condición *[CiclosFinalizados<NúmeroDeCiclosPredeterminados]*, entonces *Finalizados<NúmeroDeCiclosPredeterminados*, entonces sigue el paso hacia la etapa 2. Se podría también decir que antes de la transición con la condición *[CiclosFinalizados<NúmeroDeCiclosPredeterminado]* dirige una línea de enlace hacia la parte superior de la etapa 2.

Mientras se cumple la condición de transición [*FinalizaciónDeCiclos<NúmeroDeCiclosPredeterminados*] un bucle direccionará de regreso de la etapa 2 hasta la etapa 4. Se interrumpe la direccionalidad del bucle de la transición con la condición [*FinalizaciónDeCiclos>=NúmeroDeCiclosPredeterminados*]. Si la condición se cumple entonces sigue el paso a la etapa 5.

3.8.10 Preguntas de control

- ¿Con que elementos GRAFCET empieza y finaliza una cadena secuencial parcial con derivación alternativa con muchas etapas establecidas?
- Una derivación alternativa consta de tres cadenas secuenciales parciales. ¿Que debe ser considerado para la definición de condiciones de transición para respetar sus respectivas transiciones de la cadena secuencial parcial?
- ¿Que posibilidades se tiene para diseñar de manera más fácil una gran cadena secuencial?

3.9 Fase de aprendizaje 9: Derivación paralela

3.9.1 Objetivo

Se deben ejecutar después de una transición más cadenas secuenciales parciales al mismo tiempo, es entonces donde se aplica la derivación paralela. Las primeras etapas de la cadenas secuenciales parciales se iniciarán, se activarán todas al mismo tiempo sobre una transición. Las secuencias parciales iniciarán sincronizadamente, por lo que el símbolo de una derivación paralela se denomina también símbolo de sincronización. Las cadenas parciales son entre sí independientes, corren en paralelo. Al final estas secuencias dirigiéndose al símbolo de sincronización y a la siguiente transición. Esta transición no se libera hasta que todos las secuencias hayan sido completamente procesadas. Luego de ello esta sincronización finaliza cuando las secuencias finalicen. se sincronizan nuevamente

Paso de aprendizaje:

- Presentación de una derivación paralela
- Aplicación de una derivación paralela

3.9.2 Para saber

En la siguiente imagen observamos una derivación paralela. La **doble línea** sobre la etapa 2 y 3 es el mencionado **símbolo de sincronización**. Sobre el símbolo se encuentra una transición con la condición *S1Iniciar*. Esta transición activa ambas etapas (2 y 3). Después de esto ambas cadenas secuenciales parciales trabajan de manera autónoma. Se puede ver a través de los distintos tiempos que, la cadena secuencial parcial con las etapas 3 y 6 trabajará más rápido que la cadena secuencial parcial con las etapas 2, 4 y 5. Aquí ambas etapas 5 y 6 nuevamente serán conectados con el símbolo de sincronización; mediante una transición con la condición *S2Adelante* los libera solo si ambas etapas 5 y 6 son activas. Solo entonces puede la transición sobre *S2Adelante* dar paso a la etapa 7. Esto también ha resultado de la desactivación de las etapas 5 y 6.



Imagen 3.76 Derivación paralela

3.9.3 Aplicación: Mezcla de líquidos



MixingLiquid.plclab



GRAFCET MixingLiquid_ES.grafcet

Un recipiente mezclador contiene 2 líquidos para mezclar. Después del inicio 20 unidades de líquido 1 y 30 unidades del líquido 2 serán bombeados al contenedor. Si la cantidad de ambos líquidos está completa, entonces se encenderá una lámpara (*P1*). La finalización se confirma sobre un botón. El vaciado del recipiente se hace de forma manual. Un nuevo inicio solo es posible si el proceso se ha completado y el recipiente esté completamente vacío (*S4= True*).



Imagen 3.77 Esquema tecnológico de un recipente mezclador

Designación de los operandos:

S1Start	Botón "Inicio", Valor = True si se activa
S2NumeroUnidadesLiquido1	Sensor Conteo de impulso de liquido1, Posición flanco corresponde a una unidad
S3NúmeroUnidadesLiquido2	Sensor Conteo de impulsos de líquido 2, posición flanco corresponde a una
	unidad.
S4BajoNivelRecipiente	Sensor de recipiente con bajo nivel, Valor = True si dispone de bajo nivel
S5AltoNivelRecipiente	Sensor de recipiente con alto nivel, Valor = True si dispone de alto nivel
S6Confirmar	Botón "Confirmar", Valor = True si se activa
M1BombaLiquido1	Bomba líquido 1
M2BombaLiquido2	Bomba líquido 2
P1ProcesoCompletado	Lámpara P1 "Proceso completado"
ConteoLiquido1	Operando entero para el almacenamiento del conteo del líquido 1
ConteoLiquido2	Operando entero para el almacenamiento del conteo del líquido 2





3.9.4 Prueba de aplicación

En la Imagen 3.79 se reconocen en el plano GRAFCET las etapas incluyentes y las inclusiones. La siguiente situación es una imagen donde observamos: Un líquido 1 que se ha bombeado completamente en el recipiente. Esto se reconoce porque la etapa 2 no está más activa. Caso contrario la etapa incluyente 3 está aún activa. El líquido 2 está aún siendo bombeado en el recipiente y los incluyentes de la etapa 3 recogen el conteo respectivo.

Aquí la etapa 5 está aún activa más no la etapa 7, la transición que esta después del símbolo de sincronización aún no se libera. Se tendrá que esperar hasta que la segunda cadena secuencial parcial haya sido completamente trabajada.



Imagen 3.79 Fluido 1 ha sido bombeado completamente en el recipiente mezclador.

3.9.5 Resumen

- Para una derivación paralela, las primeras etapas de cada cadena secuencial están conectados. Antes de este símbolo se encuentra una transición, la cual activa al mismo tiempo dichas etapas.
- La etapas incluyentes de cadenas individuales parciales de una derivación paralela son igualmente interconectadas sobre el símbolo de sincronización, después sigue una transición. Esta transición será liberada si **todas las últimas etapas de las incluyentes** esten activas. En otras palabras, todas las cadenas secuenciales parciales tienen que completar totalmente el ciclo, para que la transición siguiente se libere.

3.9.6 Aplicación: Mezcla de líquidos 2



MixingLiquid_ES.plclab



MixingLiquidMakro.grafcet

El GRAFCET del recipiente mezclador deberá aquí cambiar de manera que la etapa incluyente 3 se sustituya por una etapa macro.

3.9.6.1 Solución

En la **Imagen 3.80** la etapa macro *3* está incluida en la cadena secuencial de la derivación paralela. Se ha sustituido la etapa incluyente *3*. La expansión de la etapa macro se encuentra en el marco *3*. En esta imagen se observa la siguiente situación: El líquido 2 ha sido bombeado al recipiente mezclador. Aquí se reconoce entonces que la cadena secuencial de la etapa *7* está activa y con ello la bomba para el líquido 2 se ha desconectado. El líquido 1 está aún bombeando al recipiente, aquí la etapa incluyente *2* está aún activa. La transición que esta después del símbolo de sincronización la libera y seguirá el diagrama GRAFCET.



Imagen 3.80 Solución para el entrenamiento de una derivación paralela con una etapa macro

3.9.7 Preguntas de control

- ¿Con que elementos GRAFCET empieza y finaliza una derivación paralela?
- ¿Cuando puede liberar la transición después del símbolo final de sincronización?

3.10 Fase de aprendizaje 10: Comando de control obligado

3.10.1 Objetivo

El comando de control obligado se asocia a los elementos de estructuración de GRAFCET, similar como las etapas incluyentes y las etapas macro. Esta asignación no es evidente, será colocado con un comando de control obligado en un GRAFCET parcial en una determinada situación (control obligado).

La legalidad de esta asignación es obvia si uno por ejemplo realiza el siguiente juego intelectual: Un GRAFCET parcial *G1* incluye un comando de control obligado, esta influye en el GRAFCET parcial *G2*. Así el GRAFCET parcial *G1* está situado en la jerarquía (comando) sobre el GRAFCET parcial *G2*. Además el comando de control obligado no afecta a un único operador como una acción de efecto continuo, sino a todo el completo GRAFCET parcial. Así que el GRAFCET parcial con control obligado se externaliza en algún marco.

Por lo tanto, es claro que, el comando de control obligado crean las jerarquías en GRAFCET como también hacen necesarios los GRAFCET parciales. Refiriéndose a ellos como elementos estructurantes, es bastante apropiado, porque obligan al programador a estructurar el GRAFCET para permitir el uso de los comandos

GRAFCET consta de cuatro tipos de comandos de control obligado, las cuales se colocan en GRAFCET parciales en específicas situaciones. Esta situación se mantiene sin cambios ya que se ejecuta el comando de control obligado. Un comando de control obligado será conectado con una etapa, así como una acción de efecto continuo. El símbolo de este comando de control obligado es un rectángulo dibujado con una doble línea.

Pasos de aprendizaje:

- Nombrar un comando de control obligado
- Aplicación de un comando de control obligado

3.10.2 Para saber

En primer lugar debemos nombrar los cuatro tipos de comando de control obligado. Como ya se ha mencionado los comandos se diferencian en que permiten al GRAFCET parcial colocarse en diferentes situaciones. Fijado adecuadamente a una etapa. Si la etapa está activa entonces se ejecuta el control obligado. Aquí les mencionamos los cuatro tipos de comando:



	Control obligado con situación especifica
3 G3 {10}	El comando de control obligado está dependiente de la etapa 3 e influye en el GRAFCET parcial G3.
	Dentro de las llaves se definirá una variante de comando. En la ilustración se ha colocado el nombre de etapa, por lo que el control obligado la activará . Todas las otras etapas en <i>G3</i> serán desactivadas . Esto tiene también el efecto correspondiente a las acciones conectadas con la etapa.
	Dentro de las llaves podríamos nombrar más etapas. Estas estarán separadas por una coma (ejemplo: <i>G3 {100, 110, 120}.</i> Cabe señalar que las etapas dadas no están dispuestas entre sí en forma lineal, ya que en todo caso solo una etapa tiene que estar activa. Las etapas podrían provenir por ejemplo de una diferente cadena secuencial de una rama de la derivación paralela.
	Control obligado en situación vacía
5 G3 {}	El comando de control obligado es dependiente de la etapa 5 e influye en el GRAFCET parcial <i>G3</i> .
	Dentro de la llave será definida una variante de comando. Para esta orden la indicación dentro de la llave está vacía. La orden es desactivar todas las etapas en el GRAFCET parcial <i>G3</i> . Mientras la orden es ejecutada no puede haber ninguna etapa en el GRAFCET parcial <i>3</i> activa. Esto es solo nuevamente posible si deja la etapa <i>5</i> y con ello el comando deja de ejecutarse.
	Comando Control en situación de inicio
4 G3 {INIT}	El comando de control obligado de la etapa 4 está dependiente e influye en el GRAFCET parcial 3.
	Dentro de las llaves será definida una variante de comando. Para esta orden "INIT" será indicador que identifica a este tipo. El comando permite la situación de inicio del GRAFCET parcial 3, eso quiere decir que se activará la etapa inicial de este GRAFCET parcial y las otras se desactivarán . Mientras la orden se ejecuta se mantiene la situación.

De este modo se reconocen las cuatro variantes de comando de control obligado. En el siguiente ejemplo aplicaremos un **Comando de control obligado** en situación de inicio.

El ejemplo (Imagen 3.81) tenemos un GRAFCET parcial con etapas 1 y 2 establecidos. En la etapa 1 se ha colocado un comando de control obligado. A continuación hemos aplicado el control obligado en situación de inicio, por lo que está definido entre llaves una palabra clave *INIT*. Esta orden se ha dado en el GRAFCET parcial *G1* donde el comando va a influir. El GRAFCET parcial se encuentra en el marco con el nombre de *G1*, nombre situado en la esquina superior. En la imagen se observa el momento exacto en que, la etapa 1 está activa y con ello el comando de control obligado se ejecuta. Para el GRAFCET parcial *G1* significa esto que la etapa inicial será activo y todas las etapas serán desactivadas. Mientras la orden se procesa no se realiza ningún pase de la etapa 3 a la etapa 4. El GRAFCET parcial *G1* permanece en la situación presentada.

3 Fase de aprendizaje



Imagen 3.81 GRAFCET parcial G1 ha sido controlado a través de un comando G1{INIT}.



Imagen 3.82 GRAFCET parcial G1 no está más incluido por el comando de control obligado.

En la Imagen 3.82 vemos el momento exacto cuando se ha producido el pase de la etapa 1 a la etapa 2, aquí la condición de transición *S1Inicio* está cumplida. Con esto ya no está más en ejecución el comando de control obligado en la etapa 1. El GRAFCET parcial 1 ya no es más un control obligado. Por lo tanto los cambios en el GRAFCET parcial *G1* pueden surgir nuevamente; en la imagen ha sido ejecutado ya el pase de la etapa 3 a la 4.



Imagen 3.83 Control obligado con el comando en "situación de inicio" y en "situación vacía"

En la Imagen 3.83 se muestra un ejemplo adicional, esta vez con dos comandos de control obligado. La orden con la palabra clave INIT ha sido aplicada en el último ejemplo. En la etapa 104 se ha colocado una orden "control obligado en situación vacía", esta influye en el GRAFCET parcial *G100*. En la imagen siguiente se presenta el momento exacto donde no hay ejecución de un comando de control obligado es decir *G100* no se somete a una obligación en una situación determinada. Esto se reconoce también porque la etapa 102 de *G100* está activa.

3 Fase de aprendizaje

En la Imagen 3.84 es diferente.





Aquí la etapa 104 está activa con ello el comando de control obligado será ejecutado, de la cual G100 controla en la **situación vacía**. Esto significa que, **todas** las etapas en G100 serán **desactivadas** y el GRAFCET parcial se mantendrá en esa situación. Si se logra el pase de la etapa 104 a la etapa 10, también el comando deja de ejecutarse. Sin embargo esto no cambia mucho en G100, la etapa queda desactivada inicialmente. Una vez que en el GRAFCET principal la etapa 1 esté activa se activará también el control obligatorio de la etapa inicial 100 en el GRAFCET parcial, son los requisitos que se ha dado para el cambio en el GRAFCET parcial G100. Puede cambiar si la etapa 1 se abandona.

El ejemplo muestra también que sobre esta aplicación debemos preocuparnos de ejecutar un control obligado en situación vacía. El GRAFCET parcial nuevamente "volverá a la vida". Aquí por ejemplo se pueden aplicar los "comandos obligados en situación específica" o "comando obligado en situación de inicio".

3.10.3 Aplicación: Modo manual y automático



ManualAndAutomaticMode.plclab

GRAFCET
Studio

 $Manual And Automatic Mode_ES.grafcet$

Se realizará una planta en control automático y manual. Los modos de funcionamiento se establecerán con un interruptor y se señalan sobre una señal luminosa *P1* y *P2*. Cuando se pulsa el interruptor Manual/Automático el sistema automático se activa y *S1ManualAutomático* tiene el valor *True*.



Imagen 3.85 Esquema tecnológico para la aplicación de un selector de modo manual/automático

Designación de los operandos:

S1ManualAutomático	Interruptor "Manual/Automático", si se activa = True = Automático
P1Automatico	Lámpara "Automático"
P2Manual	Lámpara "Manual"



Imagen 3.86 Solución para la conmutación Manual-/Automático con comando de control obligado

En la imagen de arriba se observa la solución. Sobre un GRAFCET principal hay dos comandos de control obligado; en la etapa 1 y en la etapa 2. Al lado encontramos dos GRAFCETs parciales con *G10* y *G20*. *G10* contiene el modo manual, mientras que el GRAFCET parcial *G20* es para el modo automático.

3 Fase de aprendizaje

3.10.4 Prueba de aplicación



Imagen 3.87 Selección de funcionamiento en modo "Manual"

En la Imagen 3.87 el modo de funcionamiento manual *S1ManualAutomatico* está seleccionado. En el GRAFCET principal la etapa 1 está activa y con ello se ejecuta el comando *G20{INIT}*. Esto da como resultado que el GRAFCET parcial *G20* (automático) en su situación de inicio sea controlado. En el ejemplo podemos reconocer que la etapa de inicio 20 está activa. Sobre el GRAFCET parcial *G10* (manual) observamos que ningún comando de control obligado se afecta.



Imagen 3.88 Selección de funcionamiento en control "automático".

En la Imagen 3.88 se ha seleccionado el funcionamiento en automático. Con ello la etapa 2 está activa y el comando *G10{INIT}* se ejecuta. Esto significa que solo el GRAFCET parcial *G10* es controlado, y se mantiene en su situación de inicio. Por otra parte el GRAFCET parcial *G20* no es más controlado, ya que solo se controlará cuando la etapa 1 esté activa. Aquí este no es el caso.

3.10.5 Resumen

- Comandos de control obligado serán asignados a elementos de estructura GRAFCET.
- Comandos que están forzados sobre un comando de control obligado en un GRAFCET parcial, se nombra con el prefijo **G** en su marco establecido.
- Un requisito previo para la aplicación de comandos de control obligados está en la estructura del GRAFCET, que la etapa que controla se encuentra en el GRAFCET parcial.
- GRAFCET conoce cuatro diversas variantes de comando de control obligado.
- Las variantes de los comandos se definirán dentro de llaves.
- Comandos de control obligado proporcionan jerarquía. El GRAFCET con comando de control obligado. El GRAFCET parcial donde se fuerza la orden estará en el más alto nivel.

3.10.6 Entrenamiento 1: Selector de niveles



SelectingLevels.plclab

GRAFCET SelectingLevels_ES.grafcet

Se deberá realizar una jerarquía en tres niveles de GRAFCET. Este se compone de un GRAFCET principal, y dos GRAFCETs parciales. *G20* y *G30*. *G20* contiene el sistema manual de la planta. *G30* contiene el sistema automático. Para simplificar la selección de los niveles es necesario usar un **control deslizante**. Si se selecciona el nivel 1 se tiene *S1Nivel1* en el estado *True*; para el nivel 2 se coloca *S2Nivel2* en el estado *True* y para la selección del nivel 3 será colocado *S3Nivel3* en *True*.

Significado de los niveles:

Nivel 1: Se representa la situación de parada de emergencia. Esto afecta sobre *G30* el comando de control obligado *G30*{}. Además se prepara el control manual en *G20*, en donde se ejecutará el comando de control obligado *G20*{*INIT*}.

Nivel 2: En este nivel el sistema manual está activo. El control manual *G20* no está controlado y el sistema automático *G30* influye con G30{*INIT*}.

Nivel 3: El sistema automático está activo, G30 no estará más controlado. G20 influye sobre el comando G20{INIT}.

Los respectivos niveles están señalizados sobre las lámparas P1ENivel1, P2Nivel2 und P3Nivel3.



Imagen 3.89 Esquema tecnológico para tres niveles de jerarquía

Designación de los operandos:

S1Nivel1	True = Si el nivel 1 es seleccionado (parada de emergencia)
S2Nivel2	True = Nivel 2 es seleccionado (manual)
S3Nivel3	True = Nivel 3 es seleccionado (Automático)
P1Nivel1	Lámpara "Nivel 1"
P2Nivel2	Lámpara "Nivel 2"
P3Nivel3	Lámpara "Nivel 3"

3.10.6.1 Solución

La solución ha sido realizada con referencias de destino.



Imagen 3.90 Solución del entrenamiento con tres niveles de jerarquía

3.10.7 Entrenamiento 2: Maquina taladradora

2	
PLC-Lab	

DrillMachine.plclab	GRAFC
	Studio

GRAFCET DrillMachine_ES.grafcet

Se deberá desarrollar un GRAFCET para una maquina taladradora con sistema manual y automático. Además se establecerá en la máquina un interruptor de parada de emergencia.

Si el control se enciende y se ha seleccionado el control automático, entonces el botón de inicio iniciará el siguiente proceso:

1. Encender M1Broca.

- 2. La broca va después de dos segundos en la posición final de carrera.
- 3. La broca se mantiene por 3 segundos en la posición final de carrera.
- 4. La broca va hacia atrás y M1Broca será desconectados. El ventilador se enciende.

5. El ventilador se queda por cuatro segundos encendido y luego se desconecta.

La secuencia automática está afectada en el GRAFCET parcial *G1*, el sistema manual en el GRAFCET parcial *G2*, Para la parada de emergencia se necesitará ambos GRAFCETs parciales con un comando de "control obligado en situación vacía". Para el sistema manual todos los movimientos son independientemente ejecutables, siempre y cuando el control esté encendido. Para el sistema manual existen botones para las correspondientes acciones (ajuste manual).

<u>Nota:</u> La conmutación de encendido en accionadores manuales permanecerán encendidas cuando se anula la selección del modo manual. Por lo tanto, los accionadores deben estar desconectados apropiadamente en manual antes de salir del modo manual. En la desconexión de los accionadores a la salida se omite el modo manual para mayor sencillez.



Imagen 3.91 Esquema tecnológico de una perforadora

S1ControlEnc	Botón "Control Enc", se activa = True
S2ControlApag	Botón "Control Apag", se activa = False
S3ParadaDeEmergencia	Interruptor "Parada de emergencia", se activa = False
S4ManualAutomático	Interruptor "Manual/Automático", se activa = True = Manual
S5BrocaArribaAbajoManual	Botón "Broca abajo/Arriba en manual", se activa = True, = abajo
S6EncenderBrocaManual	Botón "Encender broca manual", se activa = True
S7ApagarBrocaManual	Botón "Apagar broca manual", se activa = True
S8EncenderVentiladorManual	Botón "Encender ventilador manual", se activa = True
S9ApagarVentiladorManual	Botón "Apagar ventilador manual", se activa = True
S10BrocaAtrás	Sensor Broca atrás, se activa = True
S11BrocaAdelante	Sensor Broca adelante, se activa = True
S12InicioAutomático	Botón "Inicio", se activa = True
P1ControlEncendido	Lámpara "Control de encendido"
P2EncendidoManual	Lámpara "Encendido manual"
M1Broca	Motor taladradora
A1TaladradoraVaViene	Accionador taladradora ir y regresar, True = si va
M2Ventilador	Motor ventilador

Designación de los operandos:

3.10.8 Solución



Imagen 3.92 GRAFCET principal de una maquina taladradora

En el GRAFCET principal han sido utilizados referencias de destino, para hacer más claro el GRAFCET. Para ello se ha simbolizado con una flecha las referencias de destino y los nombres de las etapas destinos a donde se dirigirán. Como ejemplo proporciona la flecha 1, esta hará un salto a la etapa *1*, que corresponde a la parada de emergencia.





PZMar	nualEncen*P1ControlEncen*†S6EncenderBrocaManual	P2ManualEncen*P1ControlEncen*↑S7ApagarBrocaManua	1
29 M1Broo	ca:=1	M1Broca:=0	
P2Man	ualEncen*P1ControlEncen*↑S5BrocaArribaAbajoManua	1 P2ManualEncen*P1ControlEncen*↓S5BrocaArribaAb	ajoManual
	dradoraVaViene:-1	A1Tal adradonaVaVienou-A	
30 AlTala	alEncen*P1ControlEncen*fS8EncenderVentManual	P2ManualEncen*P1ControlEncen*f59ApagarVentManual	
30 AlTala P2Manu 31 M2Venti	alEncen*P1ControlEncen*1S8EncenderVentManual	P2ManualEncen*P1ControlEncen*†S9ApagarVentManual M2Ventilador:=0	
30 AlTala ¶ P2Manu 31 M2Venti	alEncen*P1ControlEncen*†S8EncenderVentManual lador:=1	<pre>P2ManualEncen*P1ControlEncen*fS9ApagarVentManual M2Ventilador:=0</pre>	
P2Manu	alEncen*P1ControlEncen*1S8EncenderVentManual lador:=1 -Encendido	P2ManualEncen*P1ControlEncen*†S9ApagarVentManual M2Ventilador:=0 "Apagado"	

Imagen 3.94 Sistema en manual de la taladradora en GRAFCET parcial G2

3.10.9 Preguntas de control

- ¿Cuantas variantes de comandos de control son posibles en GRAFCET?
- Nombre las variantes de los comando de control obligado en GRAFCET.
- ¿Qué información debe estar presente dentro de las llaves en la variante del comando de control obligado con situación específica?
- El comando de control G10{} se ejecuta. ¿Qué impacto tiene éste sobre el GRAFCET parcial G10?
- ¿Que GRAFCET se ubica como de mayor jerarquía: El GRAFCET parcial con comando de control obligado o el GRAFCET parcial que se ven afectados por las órdenes de forzado?
- ¿Por qué se llaman a los comando de control como elementos estructurales del GRAFCET?

3.11 Errores que debemos evitar

Acciones de efecto continuo:

Las acciones de efecto continuo escriben el estado de las etapas en los operandos BOOL indicados. Tenga en cuenta aquí las consecuencias: Incluso si la etapa **no** está activa el operando se describe como **FALSE**. Como resultado no tiene sentido que una acción de efecto continuo influya sobre un operando y actúe otra vez con otra acción; ya que ambas acciones interfieren entre sí.

GRAFCETs parciales controlados o forzados:

Si un GRAFCET ha sido forzado, los estados de las etapas están definidos y no cambian. Cabe señalar que las acciones de efecto continuo serán ejecutadas si: se acopla una acción en una etapa activa, el operador se establecer en la acción como *True*. Si la etapa es inactiva es estable en *False*.

4 Implementación de GRAFCET funcional (FUP)

Los hechos presentados en este capítulo son interesantes sólo para el lector que quiera implementar un GRAFCET en un programa PLC y ya tenga un conocimiento del PLC adecuado. Aquí el sistema destino PLC es irrelevante, puesto que los objetos PLC usados en todas las familias PLC (controles S7-300/400, S7-1200/1500, IEC 61131) están disponibles.

Con GRAFCET-Studio la aplicación manual del GRAFCET no es necesaria. Con **Pro-Edition** de GRAFCET puede **transferirse directamente en un PLC**. Con GRAFCET-Studio puede utilizarse así directamente como lenguaje de programación para un PLC.

Dado que esta cómoda posibilidad solo en GRAFCET-Studio Pro y hasta ahora siempre fue puesta en forma manual la implementación del GRAFCET, los formalismos necesarios en este capítulo deben ser explicados.

La aplicación de un GRAFCET en un programa PLC ocurre en el ejemplo del capítulo 3.5.6 "prensa hidráulica carrera corta". Cada etapa se realiza por un supuesto marcador de etapa como memoria de reset dominante (dispositivo de almacenamiento SR). En cada etapa, por lo tanto es una condición de set y reset. Así, la dependencia de las etapas es uno al otro muy fácilmente alcanzable, porque se realizan por ejemplo sobre cajas-AND. Básicamente, las siguientes condiciones se han establecido para la aplicación:

- La etapa inicial se establece primero, si no se establecen las siguientes etapas.
- Cada etapa siguiente después de una etapa inicial estará presente a través de una transición; una condición de transición y la etapa anterior.
- El reajuste de cada etapa se realiza a través de la siguiente etapa. A menos que sea la última etapa, de la cual a través de la condición de transición regrese por direccionamiento.
- El símbolo de las etapas (almacenamiento SR) se mantiene con el prefijo X y le sigue el nombre de la etapa (ejemplo X0, X5). El nombre corresponde a la variable de etapa de GRAFCET.

Así se crea la estructura en la Imagen 4.1 de las etapas 1 hasta 5. Las acciones en las etapas y las condiciones de transición no están aún incluidas.



Imagen 4.1 Aplicación de una estructura básica de un GRAFCET en FUP


Imagen 4.2 Para recordar una vez más el ejemplo de prensa en GRAFCET

Imagen 4.3 Insertado de las condiciones de transición

En la imagen de arriba se observa la aplicación del GRAFCET según las leyes establecidas.

Después las condiciones de transición han sido añadidas (ver imagen de arriba), al GRAFCET se han implementado las acciones.

Acciones de efecto continuo podrían ser implementadas muy fácilmente en FUP, usando la acción directamente a la etapa. En la Imagen 4.4 vemos un ejemplar para la etapa 5.



Imagen 4.4 Acción de efecto continuo puede ser conectada directamente a una Salida Q de una marca de etapa.

Aquí en la etapa 3 no está añadida ninguna acción, la salida Q de la marca de la etapa X3 será colocada. En la etapa 1 está colocado una acción de efecto continuo con condición de transición. Esto se implementa en FUP de manera que se integra a la salida Q de la marca de la etapa X1 y el enlace AND. En la segunda entrada del bloque UND se ha negado el operando S1PrensaArriba. Esto se puede observar en la Imagen 4.5.

4 Implementación de GRAFCET funcional (FUP)



Imagen 4.5 Aplicación de una acción continua con condición de transición en FUP, en el ejemplo de la etapa 1

En la etapa 2 del GRAFCET se ha colocado una acción con efecto de memorización para un evento, la cual se ha descrito en el operando *Y1CerrarPrensa* con el valor *True*. Para el operando *Y1CerrarPrensa* se usará una memoria SR. En la entrada está dispuesto un bloque AND, donde están ocupadas las entradas con la marca de la etapa *X2* y la segunda entrada con la evaluación del flanco positivo de *S4Iniciar*. En GRAFCET será influenciado el operando *Y1CerrarPrensa* también de la etapa 4, con una acción de efecto con memorización para la activación. Para ello será descrito el operando *Y1CerrarPrensa* con el valor *False*. Se implementa en FUP, eso indica la marca de la etapa *X4* directamente en la Reset-Entrada de la memoria SR de *Y1CerrarPrensa*. La aplicación se observa en la **Imagen 4.6**.



Imagen 4.6 Aplicación de una condición para el operando Y1CerrarPrensa en FUP

Con esto ha sido completamente aplicado en FUP.

5 Tareas

Las siguientes tareas están diseñadas para reforzar lo que han aprendido y la aplicación de GRAFCET en la práctica. En los ejercicios podrían aplicarse todos en el capítulo las técnicas aplicadas al GRAFCET.

Siga los pasos si desea realizar un ejercicio.

- 1. Abra en **GRAFCET-Studio** la **plantilla** correcta (ver plantillas en la tarea de práctica). Aquí están presentes los operandos/símbolos. La plantilla se encuentra en "Documentos" en la carpeta "GRAFCET-Workbook".
- 2. Para la prueba de los GRAFCET cargue en PLC-Lab igualmente la plantilla virtual en el nudo "GRAFCET-Workbook" (ver vista de árbol). Ajuste el destino en : "S7AG (WinSPS-S7)"
- 3. Inicie primero la plantilla virtual con "RUN", Con ello se establecerá las correctas señales de entrada.
- 4. Por último encienda usted el GRAFCET-Studio el modo "Ver".



Imagen: PLC-Lab Runtime im RUN-Mode

Disfrute la aplicación de práctica de GRAFCET-Studio.

5.1 Cadena de etapas para una instalación de limpieza de metales



MetallReinigungsanlage.plclab



GRAFCET MetallReinigungsanlage.grafcet

El proceso de una instalación de limpieza de metales debe describirse sobre un GRAFCET y programarlo. Para la preparación de limpieza de las partes se colocarán en forma manual en el tambor de limpieza. El tambor se cerrará y sobre el botón iniciar, empezará la limpieza.

Las siguientes etapas son para programar:

Etapa inicial 1: No hay acción. Condición de conmutación: S4Iniciar*S2TamborVacio

Etapa 2: Y1CerrarTambor encender. Condición de conmutación: S1TamborCerrado

Etapa 3: M2Bomba encender. Condición de conmutación: S3LlenadoTambor

Etapa 4: M2Bomba desconectar y encender calentador. Condición de conmutación: TempLiquido >= 35 °C

Etapa 5: M1Tambor encender. Condición de conmutación: 5s/X5

Etapa 6: M1Tambor y calentador apagar. M3Bomba encender. Condición de conmutación: S2TamborVacio

- Etapa 7: M3Bomba apagar y P1LimpiezaFinaliza encender. Condición de conmutación: S5Confirmar
- Etapa 8: P1LimpiezaFinalizada y Y1CerrarTambor apagado. Condición de conmutación: !S4Iniciar



Imagen 5.1 Esquema tecnológico para una máquina de limpieza de metales

S1TamborCerrado	Sensor tambor cerrado, si se activa = True
S2TamborVacio	Sensor tambor no está lleno de líquido, Valor = True si estado disponible
S3TamborLleno	Sensor tambor está lleno de líquido, Valor = True si estado disponible
S4Iniciar	Botón "Iniciar", se activa = True
S5Confirmar	Botón "Confirmar", si se activa = True
TempLíquido	Sensor temperatura de líquido, Valor entero 0–50 °C
M1Tambor	Motor Tambor
M2Bomba	Bomba en funcionamiento
P1LimpiezaFinalizada	Lámpara "Limpieza finalizada"
Calentador	Calentador
M3Bomba	Bomba en descarga
A1CerrarTambor	Accionador cerrar tambor

5.2 Cadenas controladas por el tiempo



TimeControlledSteps.plclab



GRAFCET TimeControlledSteps_ES.grafcet

Una cadena de tiempos con un total de 5 etapas debe ser programada dependiendo del tiempo. El inicio ocurre sobre un botón (impulso) y se realiza continuamente hasta que se pulse nuevamente el botón. Las etapas tendrían que llevarse a cabo **completamente**. Para la solución se ofrece una etapa de inclusión. Cada compás se asocia con una lámpara.



Imagen 5.2 Esquema tecnológico de una cadena controlada por el tiempo

S1IniciarParar	Botón "Iniciar/Parar", si se activa = True
P1Etapa1	Lámpara etapa1
P2Etapa2	Lámpara etapa 2
P3Etapa3	Lámpara etapa 3
P4Etapa4	Lámpara etapa 4

5.3 Máquina de llenado

Fuellanlage.plclab



GRAFC
Studio

RAFCET Fuellanlage.grafcet

Se tiene que diseñar un GRAFCET de una máquina de llenado como se señala en la **Imagen** 5.3. A través de un botón de inicio *S1* empezará el llenado de un recipiente sobre la bomba *M1* y la válvula *Y1* hasta alcanzar un nivel de 95 litros. Si alcanza el nivel de llenado, tendrá que mezclarse con ayuda de *M3*. El proceso de agitación consiste en mezclar 10 segundos seguidos con una pausa de 5 segundos. Este proceso de agitación se repetirá tres veces. Después se vaciará el recipiente por completo por la bomba *M2* y la válvula *Y2*. El agitador se enciende mientras dura el drenaje, hasta que el llenado esté en menos de 5 litros. Cabe señalar que ninguna bomba permite el encendido mientras la válvula esta cerrada. El retardo de la bomba frente a la válvula correspondiente debe ser de dos segundos. El nivel actual del tanque es un valor entero en el operando *Nivel Lleno*.



Imagen 5.3 Esquema tecnológico para una máquina de llenado

S1Inicio	Botón "Iniciar", si se activa = True
Nivel Lleno	Sensor para el nivel de llenado, número entero valor 0–100 litros
P1AgitadorActivo	Lámpara "ciclo de agitado activo"
P2ProcesoCompletado	Lámpara "proceso completado"
M1LlenarBomba	Bomba en funcionamiento
M2VaciarBomba	Bomba en descarga
M3Agitador	Motor para agitador
Y1LlenarValvula	Válvula en funcionamiento
Y2VaciarValvula	Válvula en descarga
Contador	Valor intenso entero para la memorización de número de ciclos

5.4 Interruptor de modo de funcionamiento



Betriebsartenschalter.plclab



T Betriebsartenschalter.grafcet

Para una mesa giratoria se deberá programar en modo manual y automático. El modo de funcionamiento será ejecutado por medio de una lámpara *P1* para manual y *P2* para automático respectivamente. La selección se realiza sobre el interruptor *S1*. Si *S1* se activa, entonces se ha seleccionado el automático y el operando tiene el valor *True*.

Para estructurar está el GRAFCET. Estos son los GRAFCETs parciales para crear: *G1* para el modo manual y *G2* para el modo automático.

Si el interruptor de parada *S2* se opera, el operando *S2* tiene el valor False. En este caso no permite en *G1* y *G2* ninguna etapa activa. Si *S2* se desbloquea (no es más activo), la operación manual se debe seleccionar primero antes que se cambie a modo automático.



Imagen 5.4 Esquema tecnológico para la elección de modo de funcionamiento

S1ManuaAutomatico	Interruptor "Manual/Automático", se activa = True = Automático
S2ParadaDeEmergencia	Interruptor "Parada de emergencia", se activa = False
P1ManuaEStaActivo	Lámpara "Manual"
P2AutomaticoEstaActivo	Lámpara "Automático"
P3ParadaDeEmergencia	Lámpara "parada de emergencia"

5.5 Mesa giratoria para un filtro automático de inspección



RotaryIndexTable.plclab	GRAFC
	Studio

RAFCET RotaryIndexTable_ESgrafcet

Los filtros elaborados por un fabricante se evaluarán en términos de métodos de ensayo diferentes. Se debe tener en cuenta que son 3 diferentes pruebas; cada procedimiento es similar a una estación de inspección. También con ello está la estación de recepción y la estación de descarga, En total son cinco estaciones que están disponibles en la mesa giratoria. Con el botón Start será transportado un filtro del depósito en la estación de recepción vacía. Si todas la estaciones dan el aviso de finalizadas y la estación de descarga está vacía, la mesa giratoria respectivamente pulsa a la estación siguiente. El sensor *S4* tiene el valor *True*, si la mesa se encuentra en una posición correcta y la inspección o la descarga se ha podido ejecutar. La descarga se hace de forma manual. Cada estación tiene un sensor que tiene el valor True si el filtro de la estación está ejecutado y ocupado, y así se realiza la (*S9–S14*).

Si el botón de parada se activa (S2), no se insertarán nuevos filtros en el dispositivo.

Nota: Cada estación tiene una propia acción de prueba dependiente del tiempo como sustituto para la simulación del programa de prueba. Para la simulación puede asumirse que está presente el aviso de finalización de una estación de prueba después de dos segundos. Las tres estaciones de prueba y la entrega del filtro a la estación (*A1*) están programadas como etapas incluyentes y serán llamadas dentro de una cadena parcial de una derivación paralela en un GRAFCET principal.



Imagen 5.5 Esquema tecnológico de una mesa giratoria

S1Start	Botón "Iniciar", se activa = True
S2Parada	Botón "Parada", se activa = True
S4CorrectaPosMesa	Sensor "Mesa en correcta posición", se activa = True
S9EstacionRecepciónOcupada	Sensor "Estación de recepción está ocupada", se activa = True
S10Estacion1Ocupada	Sensor "Estación 1 está ocupada", se activa = True
S11Estacion2Ocupada	Sensor "Estación 2 está ocupada", se activa = True
S12Estacion3Ocupada	Sensor "Estación 3 está ocupada", se activa = True
S14EstaciónRecojoOcupada	Sensor "estación de recojo ocupada", se activa = True
S15A1Atrás	Cilindro de alimentación del sensor posición final posterior, se activa = True
S16A1Adelante	Cilindro de alimentación del sensor de posición final anterior, se activa = True
A1RegresaAdelante	Cilindro A1 adelante y regresa, True = va hacia adelante
M1MesaGiratoria	Motor mesa giratoria

5.6 Llenado y mezclado de materias primas en un tambor



_

RotatedMixingContainer.plclab



T RotatedMixingContainer_Es.grafcet

Se debe crear el GRAFCET para la siguiente disposición:

Un tambor desde arriba puede ser abierto para ser llenado con materia prima. El tambor tiene que encontrarse en posición de llenado *S5*. Después del cierre del tambor (*S4=True*) empiezan a dar vueltas las materias primas por 20 segundos. Después de los 20 segundos va la posición de descarga *S6* y se abrirá el tambor (*S3=True*), con ello se vacía la mezcla. Luego el tambor va con reducida velocidad de giro hacia la posición de llenado *S5* y todas las acciones se pararán. Es posible un nuevo inicio si el tambor se ha vaciado en manual y conducido a la posición inicial de llenado *S5*.



Imagen 5.6 Esquema tecnológico de un tambor de materias primas

S1Inicio	Botón iniciar, valor = True si se activa
S2Parada	Botón parada, valor = False si se activa
S3TamborAbierto	Sensor tambor esta abierto, Valor = True si abre
S4TamborCerrado	Sensor Tambor está cerrado, Valor = True si cierra
S5PosLlenado	Sensor tambor está en posición de llenado, Valor = True si está en posición
S6PosVaciado	Sensor tambor en posición de vaciado, Valor = True si está en posición
M1Tambor	Motor para girar el tambor
M2MotorSuminstro	Motor para suministrar la materia prima
A1AbrirTambor	Accionador para abrir la tapa del tambor, True si la tapa está abierta.
M1UnidPorMinVelocidadRotación	Valor entero predeterminado para la velocidad de rotación del tambor en
	U/min

Designación de los operandos:

El procedimiento es el siguiente detalladamente:

- 1. Se activa el botón Iniciar
- 2. Se abre el tambor
- 3. Se suministra la materia prima por un periodo de 4 segundos
- 4. Se cierra el tambor
- 5. El tambor rota con una velocidad de giro de 20 U/min
- 6. Después de los 20 minutos el tambor se detiene en la posición de descarga
- 7. Se abre el tambor durante 4 segundos
- 8. Se cierra el tambor
- 9. El tambor gira hacia la posición de llenado con una velocidad de giro de 3 u/min

Ahora puede empezar un nuevo ciclo. El botón "parada" es para detener el proceso automático, esto está en un grupo con su propia etapa inicial; si se detiene la maquina se desactiva mediante un comando forzado en una situación vacía.

5.7 Montar neumáticos en un robot de montaje



MontageRoboter.plclab

GRAFCET MontageRoboter.grafcet

Se debe describir sobre un GRAFCET, una subsección de fabricación de automóviles, el montaje de los neumáticos. En este caso un robot de montaje viene con un codo articulado. Esto toma un neumático y la coloca a un lado del eje trasero donde se encuentra sobre una cinta el vehículo.

Studio



Imagen 5.7 Esquema tecnológico de un robot montaje de neumáticos

Operación:

- 1. Solicitar manualmente neumáticos y vehículo. Al final de carrera S5 y S6 tienen que activarse.
- 2. Se activa el botón inicio.
- 3. A2 Se abre la descarga de neumático. Los neumáticos serán tomados por el robot.
- 4. El robot se dobla hacia la derecha en 90° hacia la posición de montaje.
- 5. A1 empuja los neumáticos al eje del vehículo.
- 6. A1 retrocede.
- 7. El robot se mueve a la posición 0°.
- 8. El vehículo se retira manualmente.

Nota: Para la ejecución del robot se aplicará una etapa incluyente.

S1Start	Botón iniciar, Valor = True si se activa	
S3A1Atras	Sensor A1 atrás, valor = True si se activa	
S4A1Adelante	Sensor A1 adelante, valor = True si se activa	
S5AutoEnPosicion	Sensor Auto está en posición de montaje, valor = True si se activa	
S6NeumáticosPosDescarga	Sensor neumáticos en posición de descargar, valor = True si se activa	
S7NeumaticosDescargaAbierta	Sensor Descarga de neumáticos está abierta, valor = True si se activa	
S8NeumaticosDescargaCerrada	Sensor descarga de neumáticos está cerrada, valor = True si se activa	
PosGradCodoArticulado	Sensor, Valor entero con la posición exacta en grados del codo articulado	
M1Derecha	Motor para el movimiento a la derecha del robot	
M1lzquierda	Motor para el movimiento a la izquierda del robot	
A1TomarRobot	Accionador descargador de neumáticos adelante y regreso, True = movimiento	
	hacia adelante	
A2DescargarNeumáticos	Accionador tomar neumáticos adelante y regreso, True = abrir descarga	

5.8 Máquina de cortado



CutterMachine.plclab

GRAFCI Studio

GRAFCET CutterMachine_ES.grafcet

Se debe desarrollar un GRAFCET para un dispositivo de cortado de barras con longitud constante a partir de una varilla más larga.

Descripción de la operación:

- 1. Encender el controlador sobre el botón "Control-On" (S1).
- 2. Empieza la operación con el botón "Iniciar" (S3).
- 3. A2 va hacia adelante y se sujeta la barra.
- 4. A1 va hacia adelante hasta que la barra S13 haya alcanzado **o** el final de carrera S6 esté activo.
- 5. A3 sujeta la varilla.
- 6. A4 corta la varilla y regresa.
- 7. A3 regresa.
- 8. A2 y A1 regresan.

Ahora a través de la activación del botón Start un nuevo ciclo será expulsado. Para la activación de parada de emergencia o de Apagado de máquina la operación se detiene inmediatamente.

Una puesta en marcha del control será solo posible cuando no funciona el interruptor de parada de emergencia. Todo final de carrera de los accionadores proporcionan la señal *False*. Lo mismo ocurre con el botón de apagado de la máquina y del botón de parada de emergencia.



Imagen 5.8 Esquema tecnológico de una cortadora

S1BotónPuestaEnMarcha	Botón "Puesta en marcha", valor = True si se activa
S2BotónApagado	Botón "Apagado", Wert = False si se activa
S3BotónStart	Botón "Start", valor = True si se activa
S4ParadaDeEmergencia	Interruptor "Parada de emergencia", valor = False si se activa
S5A1Atrás	Sensor A1 atrás, valor = False si se activa
S6A1Adelante	Sensor A1 adelante, valor = False si se activa
S7A2Atrás	Sensor A2 atrás, valor = False si se activa
S8A2Adelante	Sensor A2 adelante, valor = False si se activa
S9A3Atrás	Sensor A3 atrás, valor = False si se activa
S10A3Adelante	Sensor A3 adelante, valor = False si se activa
S11A4Atrás	Sensor A4 atrás, valor = False si se activa
S12A4Adelante	Sensor A4 adelante, valor = False si se activa
S13VarillaEnPos	Sensor varilla en posición de corte, valor = True si se activa
P1PuestaEnMarcha	Lámpara "Puesta en marcha"
A1Vor	Accionador A1 se extiende
A1Zurueck	Accionador A1 se contrae
A2Vor	Accionador A2 extiende/contrae, True = se extiende
A3Vor	Accionador A3 extiende/contrae, True = se extiende
A4Vor	Accionador A4 extiende/contrae, True = se extiende

5.9 Baño de limpieza



Imagen 5.9 Esquema tecnológico para un baño de limpieza

Se debe desarrollar un GRAFCET para un baño de limpieza de metales.

Descripción de la operación:

- 1. Encender el controlador con el botón "Puesta en marcha" (S1). La lámpara señaliza esta acción.
- 2. Inicio de la operación con el botón Iniciar (S3).
- 3. *A1* va hacia adelante y empuja una pieza hacia el soporte *A2*.
- 4. El calentador del baño será encendido. La pieza de trabajo puede estar inmerso a una temperatura de 70 °C. la temperatura actual se suministra sobre el sensor *S8* en el rango de 20–75 °C.
- 5. El baño alcanza la temperatura programada, entonces A2 baja la pieza por 8 segundos en el baño. La calefacción queda encendida mientras la pieza se encuentre en baño.
- 6. Después de transcurrido el tiempo A2 levanta la pieza fuera del baño. Ahora se puede iniciar un nuevo ciclo. Por ello A1 empuja la siguiente pieza sobre el soporte de A2. La pieza de trabajo ya limpia es conducida sobre una rampa para el siguiente procesamiento.
- 7. El apagado de controlador debe detener un ciclo inmediatamente. Un inicio es nuevamente posible después de que el controlador esté encendido.

S1BotóPuestaEnMarcha	Botón "Puesta en marcha", valor = True si se activa
S2BotónApagado	Botón "Apagado", valor = False si se activa
S3BotónStart	Botón "Start", valor = True si se activa
S4A1Atrás	Sensor A1 atrás, valor = False si se activa
S5A1Adelante	Sensor A1 adelante, valor = False si se activa
S6A2Atrás	Sensor A2 atrás, valor = False si se activa
S7A2Adelante	Sensor A2 adelante, valor = False si se activa
S8TempBaño	Sensor para la temperatura del baño, Valor entero en rango 20 °C–75 °C
P1PuestaEnMarcha	Lámpára "Puesta en marcha"
A1Adelante	Accionador A1 adelante/regresa, True = va hacia adelante
A2Adelante	Acconador A2 adelante/regresa, True = va hacia adelante
Calentador Encendido	Encender el calentador del baño

5.10 Tomógrafo



Se debe desarrollar un GRAFCET para un tomógrafo.



Imagen 5.10 Esquema tecnológico de un tomógrafo

Descripción de la operación:

- 1. La posición del examen será fija dentro de un tubo sobre un control deslizante.
- 2. Después de encender el controlador (S1) e iniciar (S4) va la camilla a la posición configurada.
- 3. Si ha alcanzado la posición, entonces rota la fuente de radiación de izquierda a derecha y viceversa.
- 4. Entonces se mueve la camilla nuevamente hacia afuera a la posición básica.

Si la camilla se mueve, debe señalarse con una lámpara *P2* apropiada. Si rota la fuente de radiación se señalizará con *P3*. *P3* está diseñado como una lámpara intermitente. La posición de la camilla se proporciona mediante un sensor con un rango de 1 hasta 600. La posición inicial o básica alcanza un valor de <= 5. La posición del examen debe de realizarse sobre una comparación >= (mayor-igual); aquí la camilla se mueve relativamente rápida. El botón de parada de emergencia (S3) y el de apagado (*S2*) proporcionar un estado del valor *False*.

S1PuestaEnMarcha	Botón "Puesta en marcha", valor = True si se activa
S2Apagado	Botón "Apagado", valor = False si se activa
S3ParadaDeEmergencia	Interruptor parada de emergencia, valor = False si se activa
S4Start	Botón "Start", valor = True si se activa
S5FuenteRadiacionIzquierda	Sensor fuente de radiación posición izquierda, valor = True si se activa
S6FuenteRadiacionDerecha	Sensor fuente de radiación posición derecha, valor = True si se activa
S7PosCamilla	Sensor valor entero de posición de camilla, con rango de 1-600
RequisitoPosCamilla	El requisito para la posición de camilla se establece sobre un controlador deslizante
P1PuestaEnMarcha	Lámpara "Puesta en marcha"
M1CamillaAvanzaAlTubo	Accionador, camilla avanza adentro del tubo
M1CamillaSaleDelTubo	Accionador, camilla sale de dentro del tubo
M2FuenteRadiaciónGiraDerecha	Accionador, fuente de radiación gira a la derecha
M2FuenteRadiaciónGiralzquierda	Accionador, fuente de radiación gira a la izquierda
P2FuenteRadiaciónGira	Lámpara para "Fuente de radiación gira"
P3CamillaSeMueve	Lámpara diseñada intermitente para "camilla se mueve".