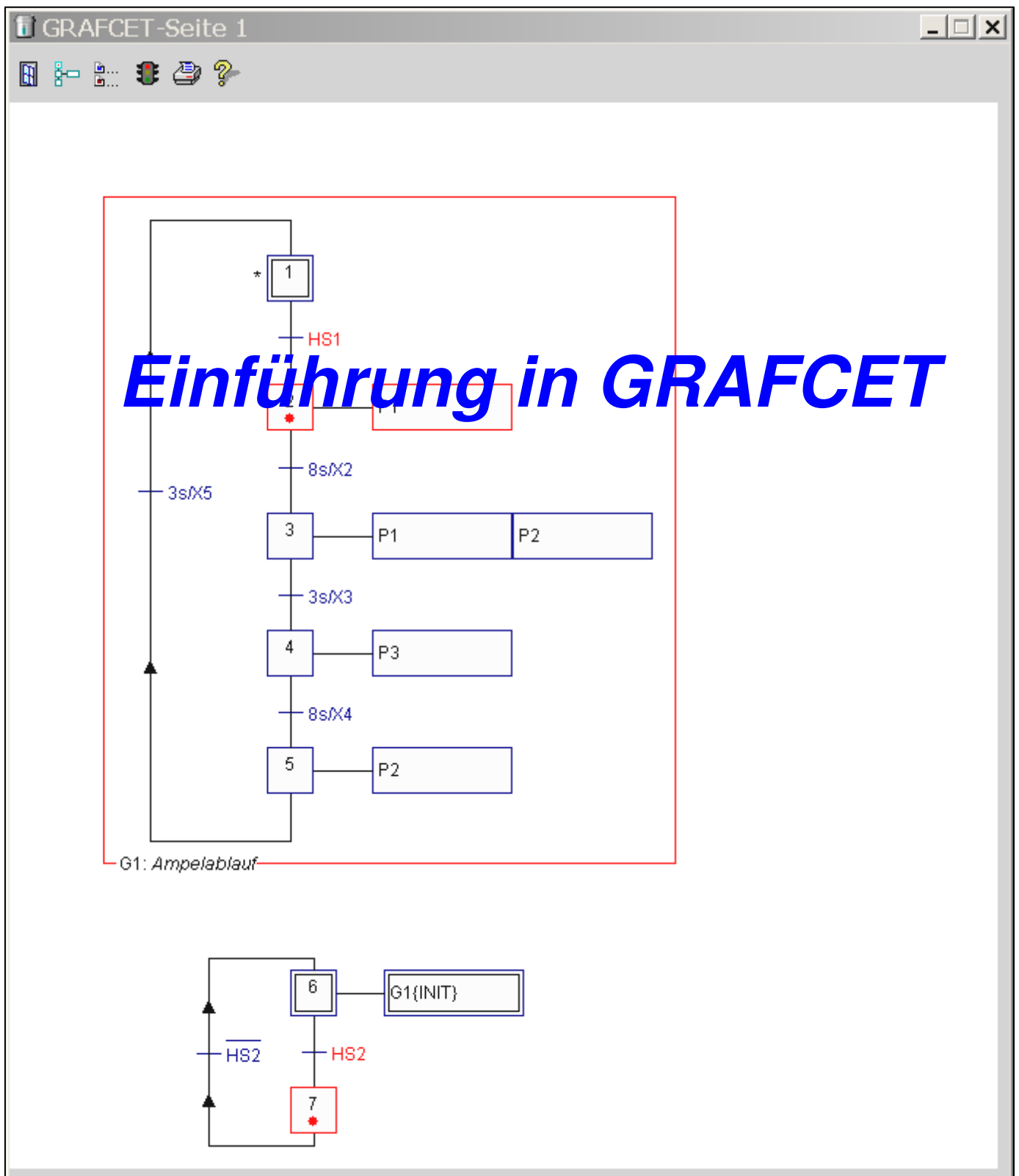


Einführung in GRAFCET

WinErs Didaktik



Einführung in GRAFCET

WinErs-Didaktik

1	EINFÜHRUNG IN GRAFCET	2
1.1	WAS IST GRAFCET ?	2
1.2	WARUM EINE NEUE NORM ?	3
1.3	STEUERUNGS- UND REGELUNGSSYSTEM	3
1.4	AUFBAU VON GRAFCET	4
1.5	BILDUNGS- UND ABLAUFREGELN	6
1.6	GRAFISCHE DARSTELLUNG DER SPRACHELEMENTE	6
1.7	TRANSITION UND TRANSITIONSBEDINGUNG	7
1.8	ZEITABHÄNGIGE TRANSITIONSBEDINGUNG	7
1.9	BEISPIELE FÜR TRANSITIONSBEDINGUNGEN	8
1.10	AKTIONEN	10
1.11	KONTINUIERLICH WIRKENDE AKTION	11
1.12	KONTINUIERLICH WIRKENDE AKTION MIT ZUWEISUNGSBEDINGUNG	11
1.13	KONTINUIERLICH WIRKENDE AKTION MIT ZEITABHÄNGIGER ZUWEISUNGSBEDINGUNG	12
1.14	GESPEICHERT WIRKENDE AKTION BEI AKTIVIERUNG	14
1.15	GESPEICHERT WIRKENDE AKTION BEI DEAKTIVIERUNG	14
1.16	GESPEICHERT WIRKENDE AKTION BEI EREIGNIS	15
1.17	GRAFISCHE DARSTELLUNG VON ABLAUFSTRUKTUREN	16
1.18	STRUKTURIEREN VON GRAFCET DURCH HIERARCHIEN	20
1.19	ZWANGSSTEUERENDE BEFEHLE	20
1.20	MAKROS	22
1.21	EINSCHLIEßENDER SCHRITT	23

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen daraus. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung der Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schoop GmbH in irgendeiner Form reproduziert, vervielfältigt oder verbreitet werden.

1 Einführung in GRAFCET

1.1 Was ist GRAFCET ?

GRAFCET ist eine nach EN 60848 normierte grafische technologieunabhängige Beschreibungssprache zur Darstellung von Abläufen, Steuerungen und Ablaufsteuerungen.

Seit 2002 ist GRAFCET der Nachfolger des nach DIN 40719 normierten Funktionsplans.

Mit GRAFCET steht erstmals eine europaweit gültige Darstellungsform für Steuerungsabläufe zur Verfügung.

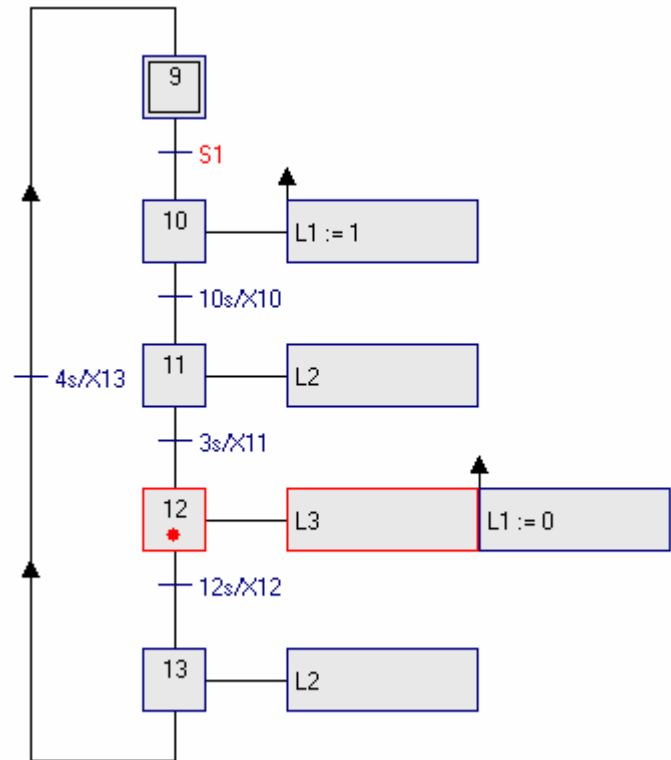


Abb. 1 GRAFCET-Plan

GRAFCET kommt aus dem französischen und ist eine Abkürzung von: *Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition*. In der deutschen Übersetzung der Norm wird GRAFCET bezeichnet als: *Spezifikationssprache für Funktionspläne der Ablaufsteuerung*.

GRAFCET soll denen dienen, die das Verhalten eines Systems festlegen müssen, z.B. für die Steuerungen von automatischen Prozessen und Maschinen. Als technologieunabhängige Entwurfssprache ist GRAFCET auch ein Verständigungsmittel zwischen Konstrukteuren, Inbetriebnehmern und Anwendern von automatisierten Systemen.

GRAFCET ist keine Programmiersprache für SPSSen, wie die Ablaufsprache (SFC – Sequential Function Chart) nach EN 61131. GRAFCET beschreibt Steuerungssysteme und Abläufe und ist unabhängig von der eingesetzten Technologie (Hardware). Als technologieunabhängige, hierarchisch gegliederte Spezifikationssprache zur Planung und Beschreibung von Abläufen ist GRAFCET eine Abstraktionsebene höher als Programmiersprachen für SPSSen.

1.2 Warum eine neue Norm ?

- Unklare und widersprüchliche Stellen wurden eliminiert
- Fehlende bzw. neue Inhalte wurden erfasst und genormt
- Eine Hierarchieebene wurde eingeführt
- Die Beschreibungen der Aktionen und Abläufe wurden vereinfacht
- GRAFCET ist eine europaweite Norm und ist deshalb für den internationalen Markt von großem Vorteil
- Mit GRAFCET können Ablaufsteuerungen in strukturierter Form erstellt werden. Die Unterteilung von GRAFCET-Plänen in Teil-GRAFCETS und deren Einsatz in Makros, Zwangssteuerungen und einschließenden Schritten ermöglicht eine übersichtliche Strukturierung auch von komplexen Abläufen (Ablaufsteuerungen)

1.3 Steuerungs- und Regelungssystem

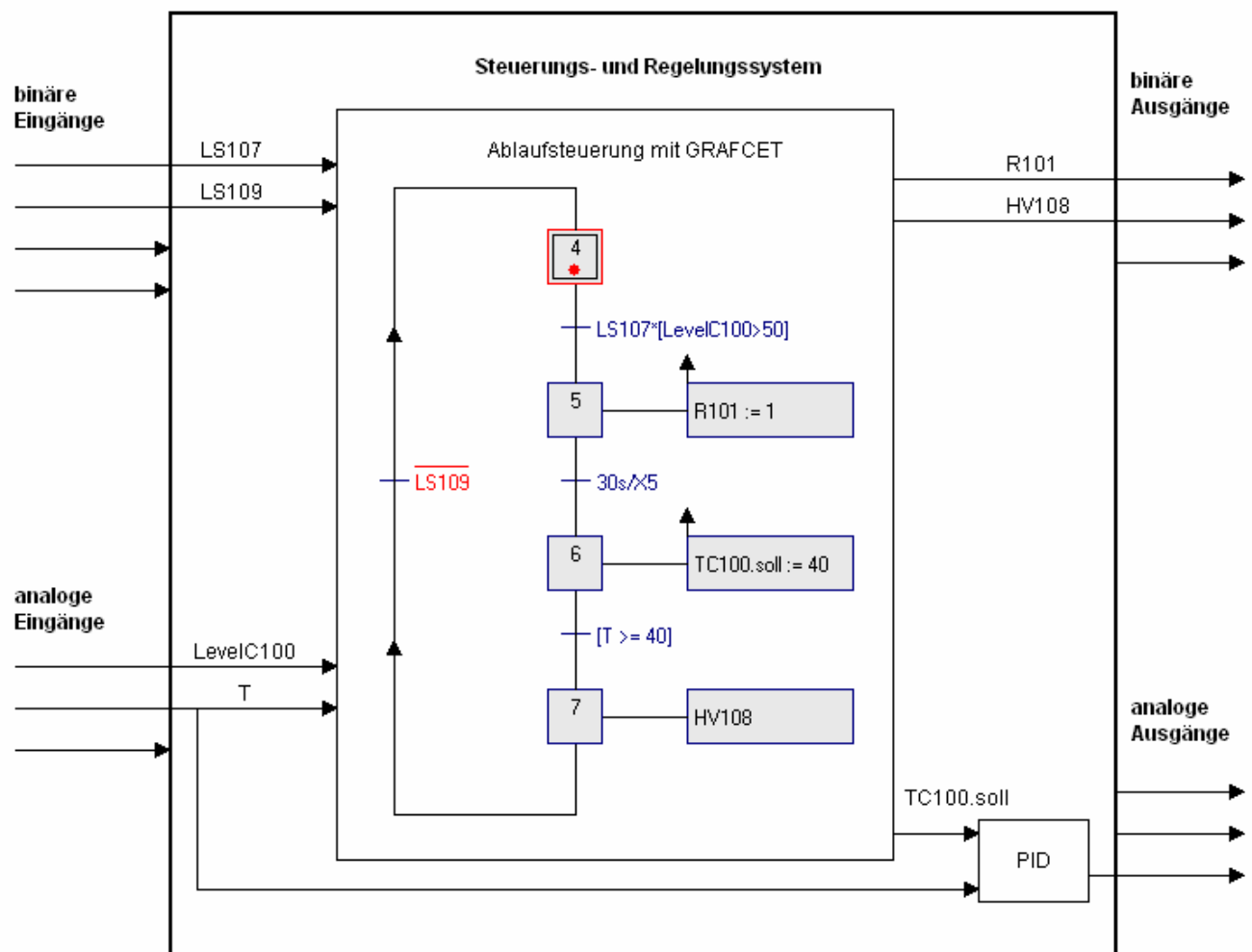


Abb. 2 Steuerungs- und Regelungssystem mit GRAFCET als Ablaufteil

Bild 2 zeigt ein Steuerungs- und Regelungssystem mit einem durch GRAFCET festgelegten Ablaufteil.

Ein Steuerungs- und Regelungssystem besitzt analoge und binäre Prozesseingänge und Prozessausgänge. Diese werden vom Prozess, einer Maschine oder einer Anlage eingelesen bzw. an diese ausgegeben.

Beispiele für binäre Eingänge:

Schalter, Taster, Rückmeldungen, Endschalter, Positionsgeber

Beispiele für binäre Ausgänge:

Ventile, Antriebe, Motoren, Pumpen

Beispiele für analoge Eingänge (Sensoren):

Temperatur (PT100), Druck, Position, Durchfluss, Füllstand

Beispiele für analoge Ausgänge (Stellsignale):

FU, verstellbare Ventile, drehzahlverstellbare Motoren, drehzahlverstellbare Pumpen

Abhängig vom Zustand der Ein- und Ausgänge und dem Zustand der Steuerung werden Steuerungsschritte bestimmt und ausgeführt. In Bild 2 werden die Beziehungen zwischen den Ein- und Ausgängen durch GRAFCET und einem PID-Regler beschrieben.

1.4 Aufbau von GRAFCET

GRAFCET, als grafische Beschreibungssprache von Abläufen und (Ablauf-) Steuerungen, basiert auf Schritten, Transitionen (Weiterschaltbedingungen), Wirkverbindungen und Aktionen. In GRAFCET können mehrere Schritte gleichzeitig aktiv sein. Die Fortschrittsbedingungen von einer Gruppe von Schritten zur nächsten wird bestimmt durch Wirkverbindungen und Transitionen (vgl. Bild 3).

GRAFCET unterteilt sich in den Ablauf der Steuerungen, bestimmt durch die Schritte und Transitionen, und die auszuführenden Befehle (Aktionen).

GRAFCET unterscheidet:

- den Strukturteil
- den Wirkungsteil

Der Strukturteil beschreibt den zeitlichen Ablauf der Steuerung durch Schritte, Transitionen und Wirkverbindungen.

Einführung in GRAFCET

WinErs-Didaktik

Der Wirkungsteil besteht aus den Aktionen, die anzeigen, was mit den Signalen (Ausgangssignale, interne Signale) geschehen soll und den Transitionsbedingungen, die abhängig vom Zustand der Eingangssignale und internen Signale den Zustand „True“ oder „False“ bekommen.

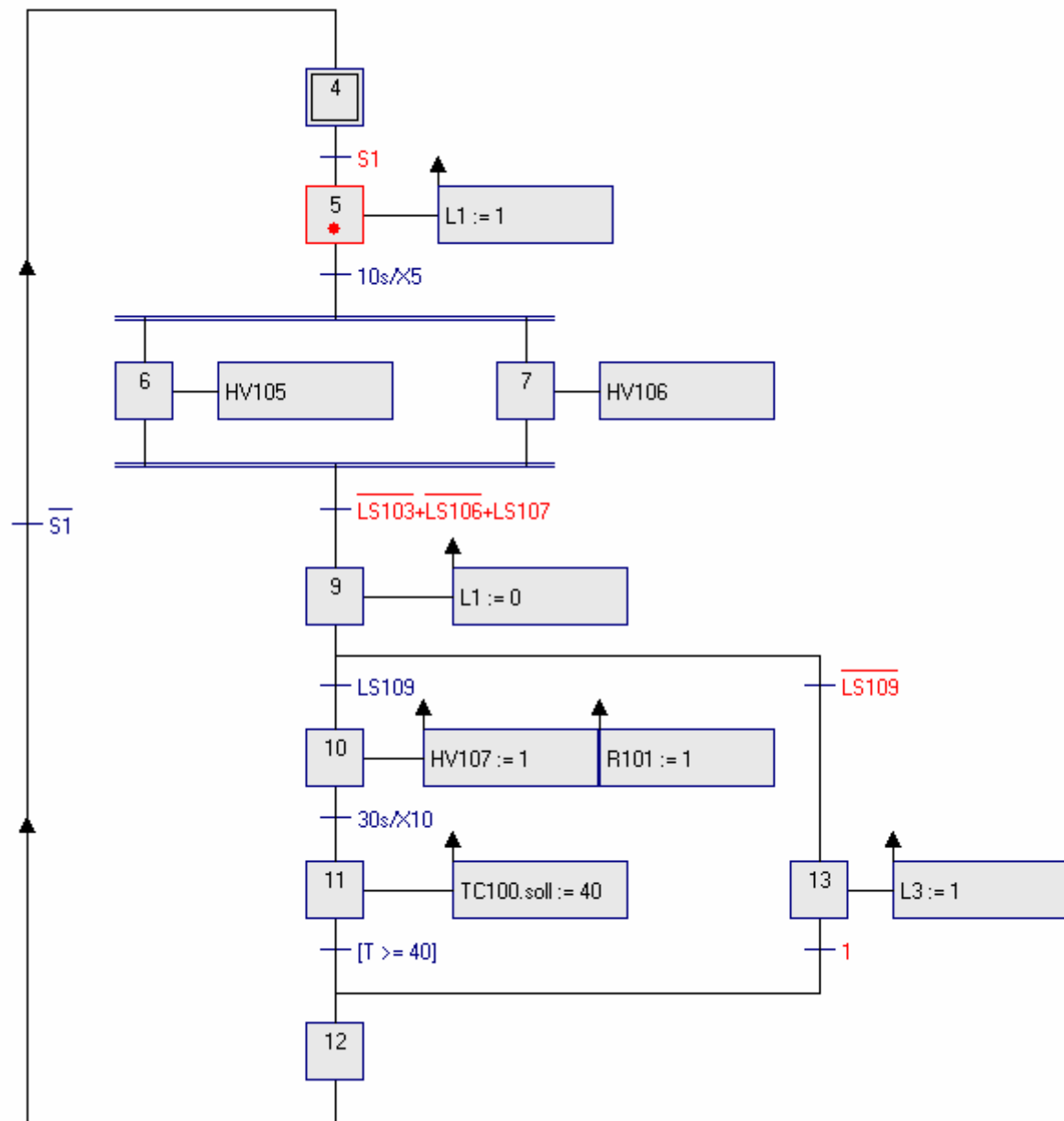


Abb. 3 GRAFCET-Plan mit alternativer und simultaner Verzweigung

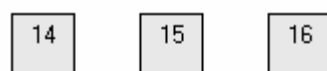
1.5 Bildungs- und Ablaufregeln

- Jeder GRAFCET besteht aus Schritten, Transitionen, Wirkverbindungen und Aktionen
- Schritte und Transitionen müssen sich abwechseln. Eine Wirkverbindung darf nur einen Schritt mit einer Transition bzw. eine Transition mit einem Schritt verbinden
- Jedem Schritt können eine oder mehrere Aktionen zugeordnet werden. Sie werden ausgeführt, wenn der Schritt aktiv ist
- Einem Schritt muss keine Aktion zugeordnet werden. Zur Strukturierung und zum besseren Verständnis kann es sinnvoll sein, Schritte ohne Aktionen einzusetzen
- Abläufe können sich verzweigen und wieder zusammengeführt werden. Man unterscheidet simultanen (parallelen) und alternativen Ablauf
- Ein Schritt wird aktiv, wenn der vorherige Schritt aktiv ist und die zugehörige Transition erfüllt wird
- Wird ein Schritt aktiv, so wird der vorherige Schritt deaktiviert
- Nach Start des GRAFCETS werden die als Startschritte (doppelter Rahmen) gekennzeichneten Schritte aktiv

1.6 Grafische Darstellung der Sprachelemente

Schritte

Ein GRAFCET ist unterteilt in Schritte.



Ein Schritt ist aktiv oder inaktiv (er hat den Zustand 1 oder 0).

X14

Schrittvariable von
Schritt 14

Der Zustand eines Schrittes kann durch eine Schrittvariable (X^*) abgefragt werden.



Anfangsschritt
Schritt 8

(* ist die Schrittnummer)

Abb. 4 Beispiel für Schritte

1.7 Transition und Transitionsbedingung

Eine Transition bestimmt den Übergang zwischen zwei Schritten

Die Transitionsbedingung gibt die Weiterschaltbedingung zwischen zwei Schritten an. Die Transitionsbedingung ist ein boolescher Ausdruck (Term) und kann „True“ (1, wahr) oder „False“ (0, falsch) sein.

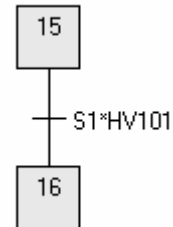


Abb. 5 Transition

In dem Beispiel von Abb. 5 bedeutet der Term $S1*V101$: Signal $S1$ und Signal $V101$ müssen *True* sein, damit der Gesamtausdruck *True* ist und damit die Transition erfüllt wird. In GRAFCET wird die *und*-Verknüpfung mit $*$ und die *oder*-Verknüpfung mit $+$ angegeben.

1.8 Zeitabhängige Transitionsbedingung

Soll der Übergang zwischen zwei Schritten nach einer bestimmten Zeit erfolgen, so wird hierfür die zeitabhängige Transitionsbedingung benutzt.

In dem Beispiel von Abb. 6 erfolgt der Übergang von Schritt 17 nach Schritt 18, wenn der Schritt 17 für 15 Sekunden aktiv gewesen ist.

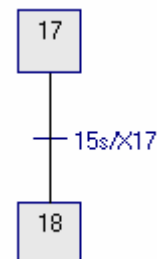
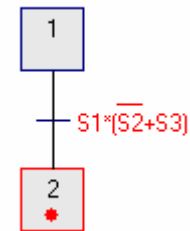


Abb. 6 zeitabhängige Transition

1.9 Beispiele für Transitionsbedingungen

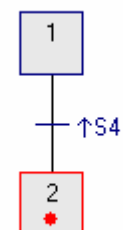
Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für die binären Signale $S1$, $S2$ und $S3$ gilt:

$S1$ und (nicht $S2$ oder $S3$)



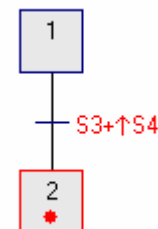
Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für das binäre Signal $S4$ gilt:

Das Signal $S4$ wechselt vom Zustand 0 auf den Zustand 1 (Flanke für $S4$ geht von 0 auf 1)



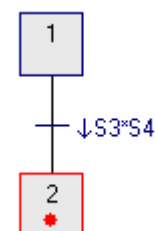
Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für die binären Signale $S3$ und $S4$ gilt:

$S3$ oder (Flanke für $S4$ geht von 0 auf 1)



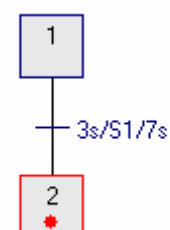
Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für die binären Signale $S3$ und $S4$ gilt:

(Flanke für $S3$ geht von 1 auf 0) und $S4$
(fallende Flanke von $S3$)



Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für das binäre Signal $S1$ gilt:

$S1$ war 3s auf 1. Die Transitionsbedingung behält dann 7s den Zustand 1



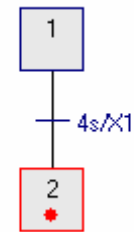
Einführung in GRAFCET

WinErs-Didaktik

Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn gilt:

Schritt 1 war 4s aktiv

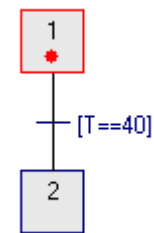
(X1 ist die Schrittvariable, die den Zustand von Schritt 1 angibt)



Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für das analoge Signal T gilt:

T gleich 40

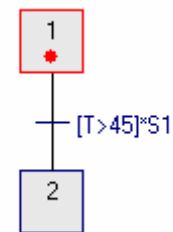
(Die analoge Bedingung bei der Transition muss in eckigen Klammern [] stehen)



Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für das binäre Signal $S1$ und für das analoge Signal T gilt:

(T größer 45) und $S1$

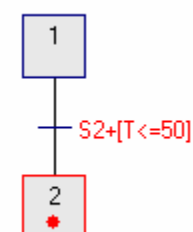
(Die analoge Bedingung bei der Transition muss in eckigen Klammern [] stehen)



Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn für das binäre Signal $S2$ und für das analoge Signal T gilt:

$S2$ oder (T kleiner gleich 50)

(Die analoge Bedingung bei der Transition muss in eckigen Klammern [] stehen)



1.10 Aktionen

Jedem Schritt können eine oder mehrere Aktionen (Befehle) zugeordnet werden. Sie werden ausgeführt, wenn der Schritt aktiv ist.

Es gibt unterschiedliche Aktionen (kontinuierlich wirkende Aktion, gespeichert wirkende Aktion). Ihr Verhalten wird durch entsprechende Zusätze bestimmt.

Die Anbindung mehrerer Aktionen an einen Schritt kann, wie in Abb. 7 dargestellt wird, auf unterschiedliche Weise realisiert werden.

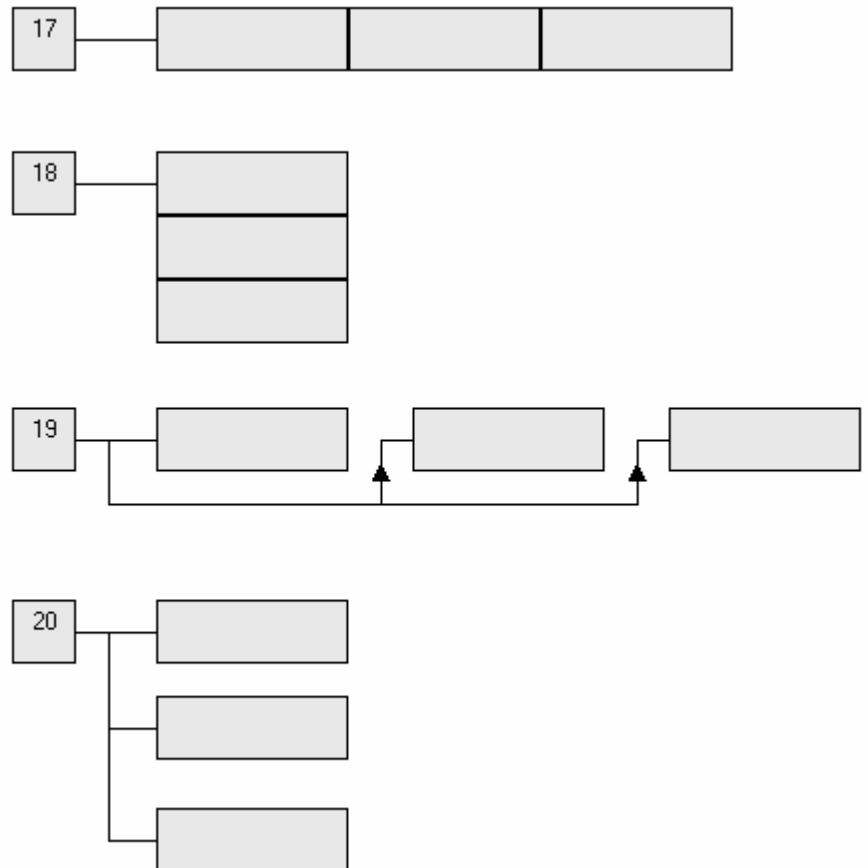


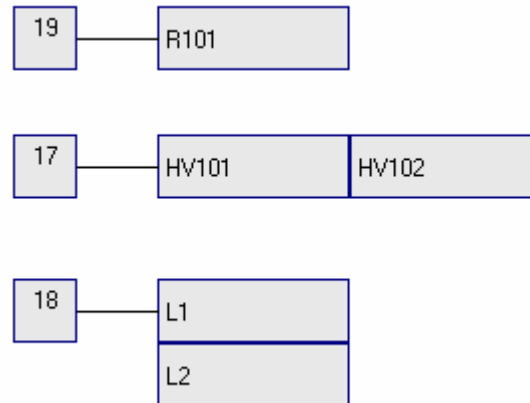
Abb. 7 Beispiele für Aktionen

Man unterscheidet zwei Arten von Aktionen:

- Kontinuierlich wirkende Aktion
- Gespeichert wirkende Aktion

1.11 Kontinuierlich wirkende Aktion

Bei einer kontinuierlich wirkenden Aktion erhält das zugewiesene Signale den Wert 1 (True), wenn der zugehörige Schritt aktiv ist.



Ist der Schritt nicht mehr aktiv, erhält das Signal den Wert 0 (False).

Abb. 8 Beispiele für kontinuierlich wirkende Aktionen

Vorsicht: Bei der kontinuierlich wirkenden Aktion erhält das Signal nur dann den Wert 1, wenn irgendwo im GRAFCET ein Schritt aktiv ist, der mit der kontinuierlichen Aktion für dieses Signal verknüpft ist. Wenn kein zugehöriger Schritt aktiv ist, erhält das Signal den Wert 0 (False). Dies gilt auch, wenn versucht wird, das Signal über eine gespeichert wirkende Aktion zu setzen.

1.12 Kontinuierlich wirkende Aktion mit Zuweisungsbedingung

Bei einer kontinuierlich wirkenden Aktion mit Zuweisungsbedingung wird das zugehörige Signal nur dann auf 1 gesetzt, wenn der mit der Aktion verknüpfte Schritt aktiv ist und gleichzeitig die Zuweisungsbedingung erfüllt ist, also den Wert 1 (True) hat.

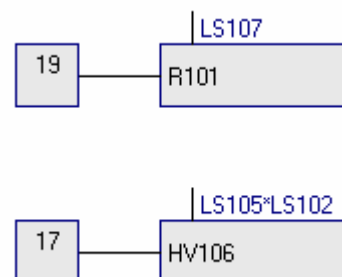


Abb. 9 kontinuierlich wirkende Aktionen mit Zuweisungsbedingung

In Abb. 9 im oberen Beispiel wird das Signal **R101** nur dann auf 1 (True) gesetzt, wenn Schritt 19 aktiv ist und gleichzeitig das Signal **LS107** den Wert 1 (True) hat.

Im unteren Beispiel erhält das Signal **HV106** nur dann den Wert 1 (True), wenn Schritt 17 aktiv ist und gleichzeitig der Ausdruck (Term) **LS105*LS102** (**LS105 und LS102**) den Wert 1 (True) annimmt, also wenn die Signale **LS105** und **LS102** den Wert 1 haben.

1.13 Kontinuierlich wirkende Aktion mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung

Bei der kontinuierlich wirkenden Aktion mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung wird die Zeit vor der Zuweisungsbedingung als Einschaltverzögerung und die Zeit nach der Zuweisungsbedingung als Ausschaltverzögerung angenommen.

In dem Beispiel aus Abb. 10 wird, wenn der Schritt 19 aktiv ist, 3 Sekunden nachdem das Signal *LS107* auf 1 gegangen ist, das Signal *R101* auf 1 gesetzt (Einschaltverzögerung). Nachdem *LS107* wieder auf 0 gegangen ist, wirkt die Ausschaltverzögerung und schaltet dann nach 5 Sekunden das Signal *R101* wieder auf 0.

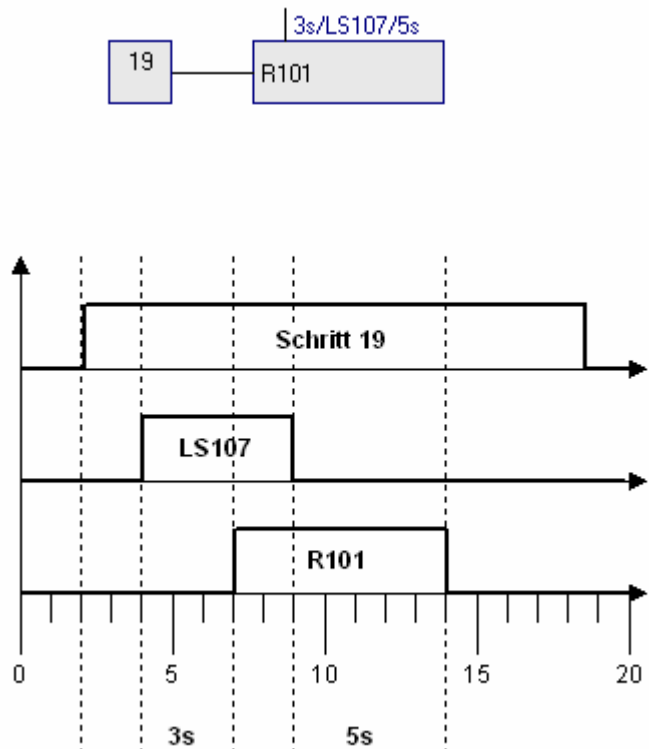


Abb. 10 kontinuierlich wirkende Aktion mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung

Mit den kontinuierlich wirkenden Aktionen mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung sind auch zeitverzögernde Aktionen und zeitbegrenzte Aktionen möglich.

In Abb. 11 werden die zeitverzögernde und die zeitbegrenzte kontinuierlich wirkenden Aktionen dargestellt und beschrieben.

Die mit Schritt 19 verknüpfte Aktion ist eine zeitverzögert wirkende Aktion.

Unten ist das zugehörige Zeitdiagramm dargestellt.

Die mit Schritt 17 verknüpfte Aktion ist eine zeitbegrenzte Aktion.

Unten ist das zugehörige Zeitdiagramm dargestellt.

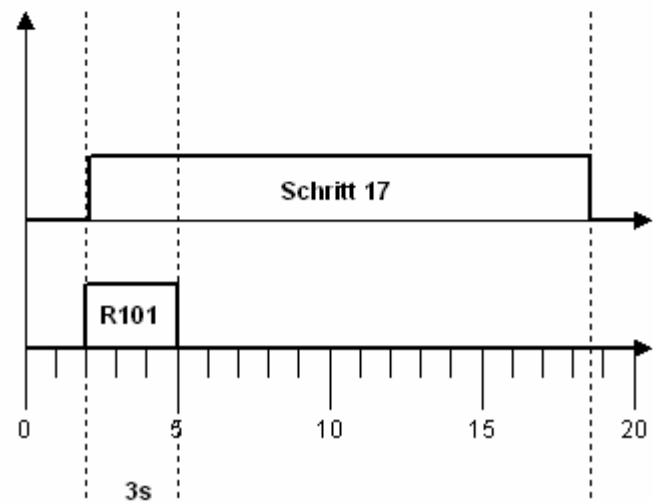
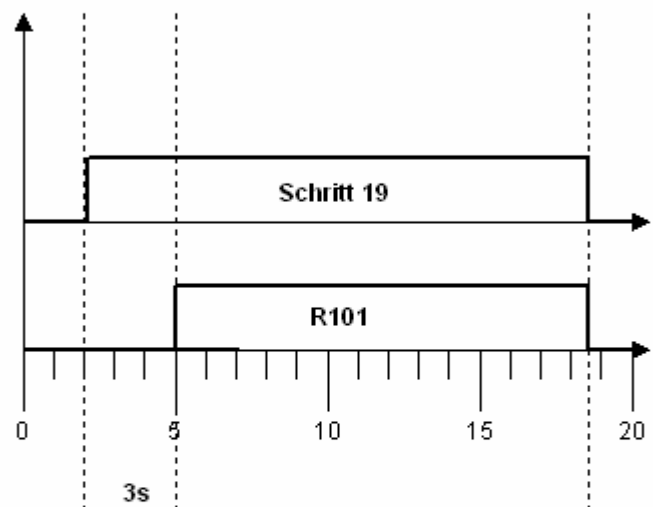
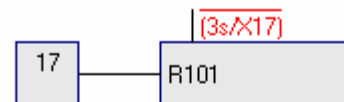
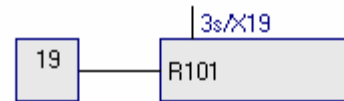


Abb. 11 kontinuierlich wirkende Aktion mit verzögernder und zeitbegrenzter Zuweisungsbedingung

1.14 Gespeichert wirkende Aktion bei Aktivierung

Bei der gespeichert wirkenden Aktion bei Aktivierung wird das zugewiesene Signal auf den angegebenen Wert gesetzt, wenn der Schritt aktiv wird, d.h. wenn die Flanke für den Schritt von 0 auf 1 geht.

Das Signal behält seinen Wert, auch wenn der zugehörige Schritt nicht mehr aktiv ist.

Durch die gespeichert wirkende Aktion können binäre und analoge Signale auf Werte bzw. Zustände gesetzt werden.

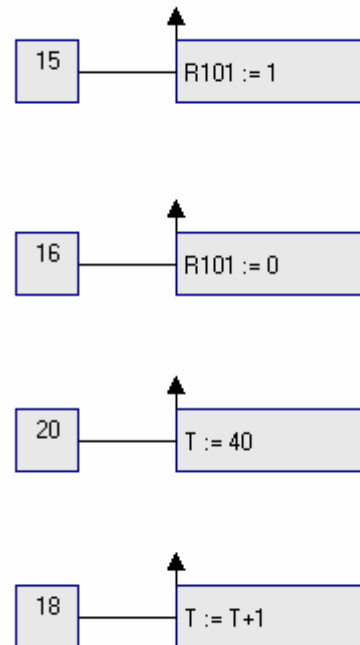


Abb. 12 gespeichert wirkende Aktionen bei Aktivierung

1.15 Gespeichert wirkende Aktion bei Deaktivierung

Bei der gespeichert wirkenden Aktion bei Deaktivierung wird das zugewiesene Signal auf den angegebenen Wert gesetzt, wenn der Schritt deaktiviert wird, d.h. wenn für den Schritt die Flanke von 1 auf 0 geht.

Die gespeichert wirkende Aktion bei Deaktivierung verhält sich wie die gespeichert wirkende Aktion bei Aktivierung, nur dass die Speicherung erst durchgeführt wird, wenn der zugehörige Schritt verlassen wird.

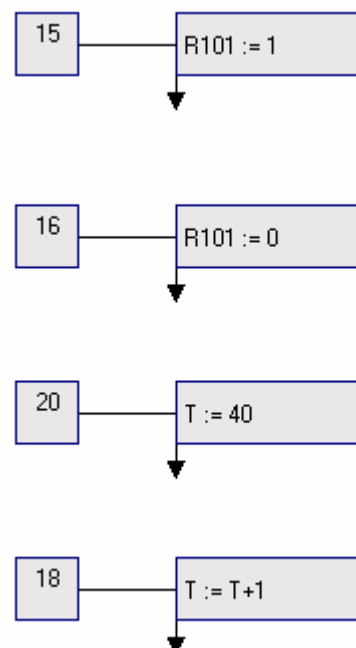


Abb. 13 gespeichert wirkende Aktionen bei Deaktivierung

1.16 Gespeichert wirkende Aktion bei Ereignis

Bei der gespeichert wirkenden Aktion bei Ereignis muss der Schritt aktiv und die Ereignisbedingung erfüllt sein.

Es wird empfohlen, dass der Ausdruck für das Ereignis aus einer Flanke von Signalen gebildet wird.

Die zugewiesene Variable behält so lange ihren Wert, bis sie durch eine andere Aktion überschrieben wird.

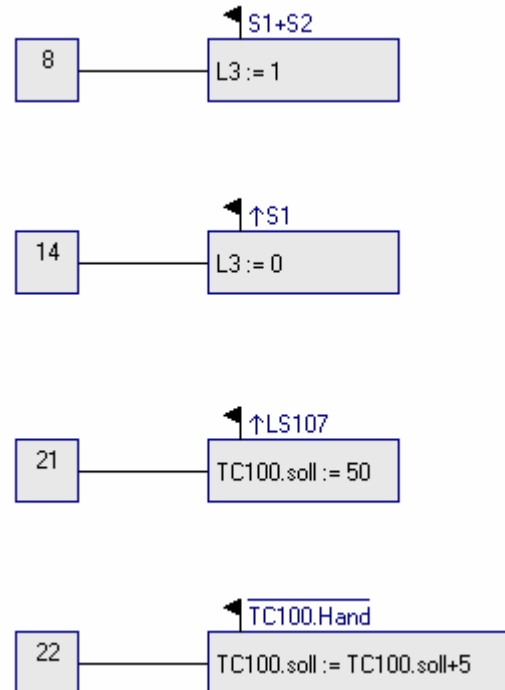


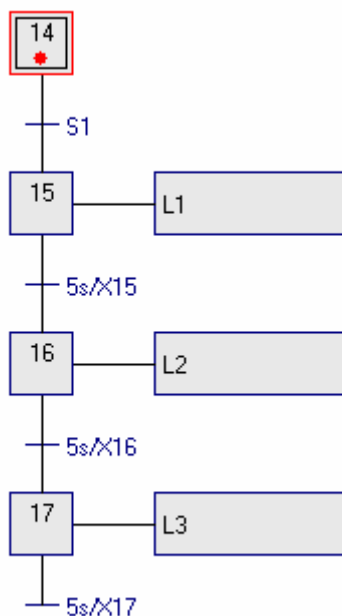
Abb. 14 gespeichert wirkende Aktionen bei Ereignis

1.17 Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen

Es werden folgende Ablaufstrukturen unterschieden:

- Ablaufkette
 - Ablaufauswahl
 - Überspringen von Schritten
 - Rückführsprung
- Parallele (simultane) Verzweigung
 - Aktivieren von parallelen Ablaufketten
 - Synchronisieren von Ablaufketten

Ablaufkette



geschlossene Ablaufkette

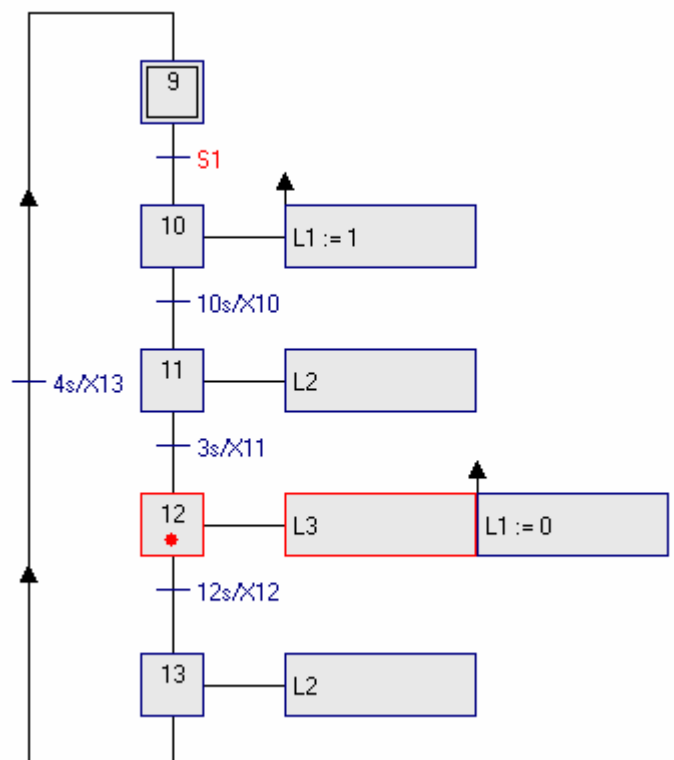


Abb. 15 Ablaufkette und geschlossene Ablaufkette

Ablaufauswahl

Nach Schritt 9 wird alternativ durch die folgenden Transitionen entschieden, ob der Ablauf des GRAFCETs mit Schritt 10 oder mit Schritt 13 weitergeht

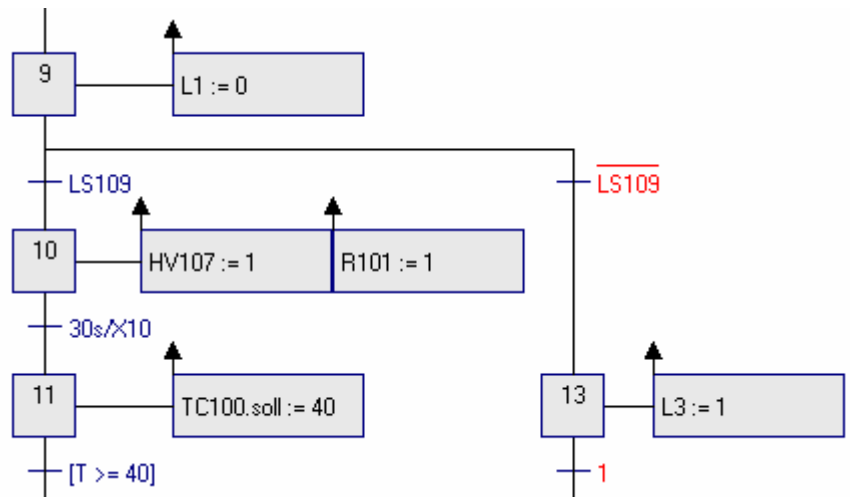


Abb. 16 alternative Ablaufauswahl

Überspringen von Schritten

Durch die alternative Verzweigung können natürlich auch Schritte übersprungen werden.

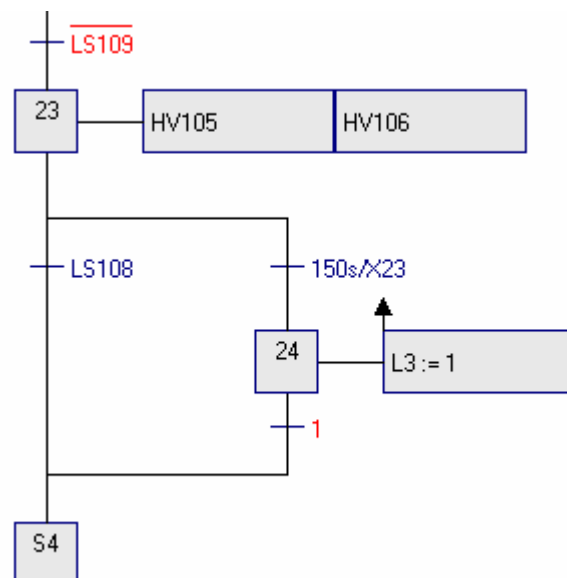


Abb. 17 alternative Ablaufauswahl mit Überspringen von Schritten

Rückführsprung

Durch die alternative Verzweigung können natürlich auch Rücksprünge erfolgen.

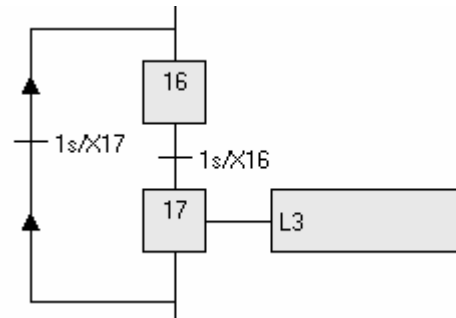


Abb. 18 alternative Ablaufauswahl mit Rückführsprung

Aktivierung von parallelen Ablaufketten

In der Ablaufkette aus Abb. 19 werden beide Ketten gleichzeitig aktiviert. Schritt 40 und Schritt 41 werden gleichzeitig aktiviert, wenn die Eingangs-Transition erfüllt ist.

Für die Verzweigung wird das Synchronisations-Symbol, der Doppelstrich, verwendet.

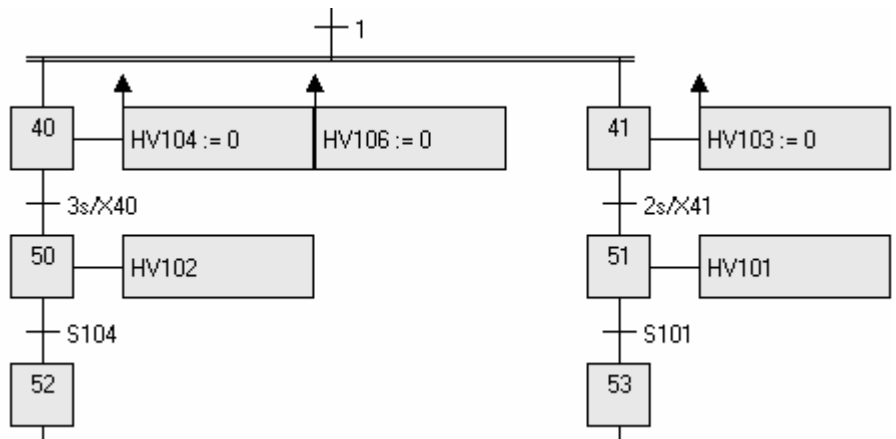


Abb. 19 parallele simultane Ablaufketten

Synchronisieren von parallelen Ablaufketten

Erst wenn beide Teilketten abgearbeitet sind (Schritt 52 und Schritt 53 sind aktiv) kann Schritt 48 über die Transition aktiv werden.

Für die Zusammenführung (Synchronisation) wird das Synchronisations-symbol, der Doppelstrich, verwendet.

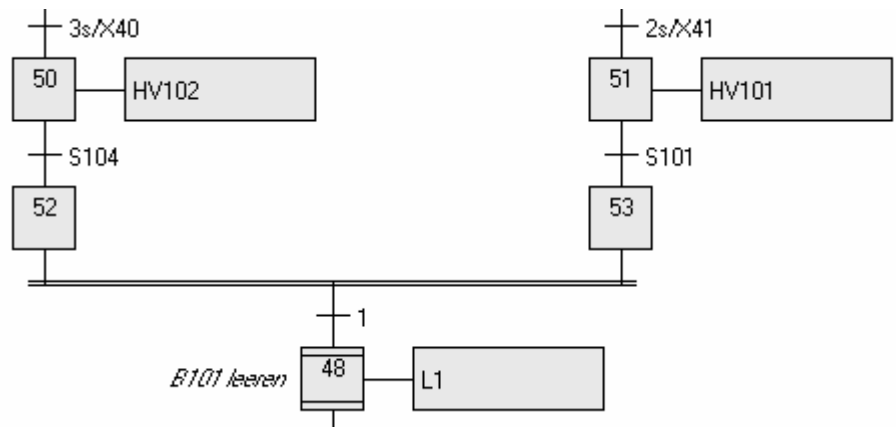


Abb. 20 synchronisieren von Ablaufketten

1.18 Strukturieren von GRAFCET durch Hierarchien

Zur Strukturierung können GRAFCETs in Teil-GRAFCETs oder Makros unterteilt werden.

Elemente für die Strukturierung von GRAFCETS sind:

- zwangssteuernde Befehle
- einschließende Schritte
- Makroschritte

1.19 Zwangssteuernde Befehle

Über zwangssteuernde Befehle können Teil-GRAFCETS gestartet, resettet und angehalten werden.

G1{Init} setzt den Teil-GRAFCET auf die Anfangssituation, in der nur die Anfangsschritte aktiv sind.

G1{*} hält den Teil-GRAFCET in der momentanen Situation solange der Schritt aktiv ist.

G1{} setzt den Teil-GRAFCET in die leere Situation, d.h. alle Schritte des Teil-GRAFCETS werden resettet. Kein Schritt ist aktiv.

G1{4} setzt den Schritt 4 des Teil-GRAFCETS.

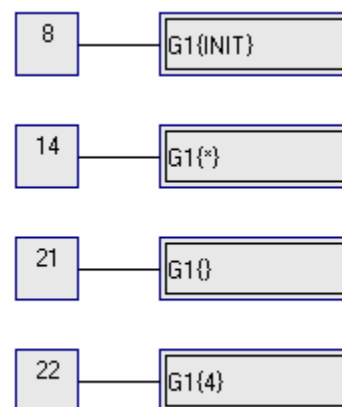


Abb. 22 zwangssteuernde Befehle

Einführung in GRAFCET

WinErs-Didaktik

In der Abb. 23 sind zwei Teil-GRAFCETs dargestellt, die durch Schritt 15 initialisiert werden (Anfangsschritte gesetzt). Wenn Schritt 19 aktiv ist, laufen die Teil-GRAFCETs ab. In Schritt 17 werden sie resettet, d.h. alle Schritte der Teil-GRAFCETs werden deaktiviert.

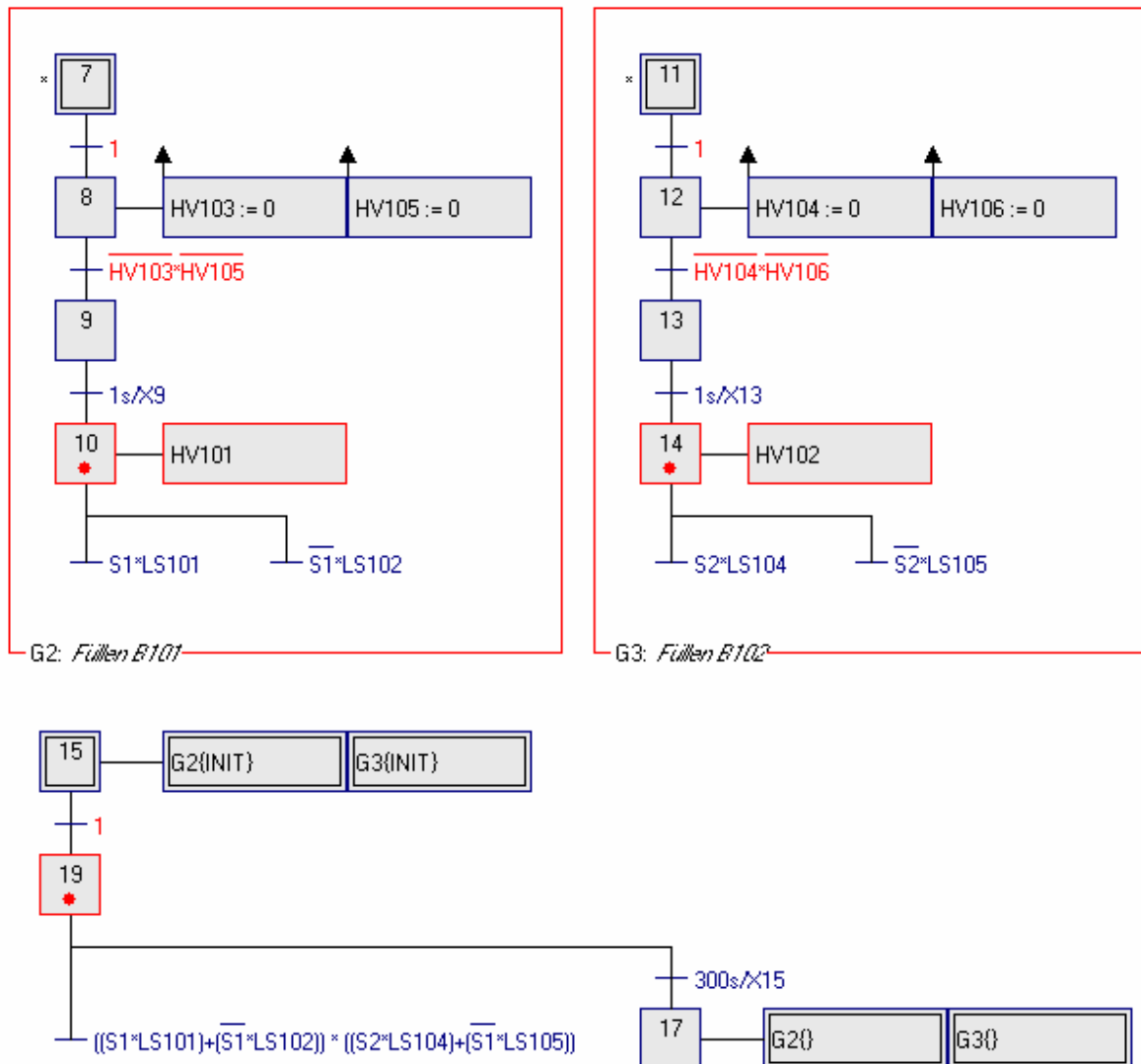


Abb. 23 Beispiel für einen GRAFCET-Plan mit zwangssteuernden Befehlen

1.20 Makros

In einem Makroschritt ist eine Teilstruktur (Makro) eines GRAFCETs zusammengefasst.

Der Makro hat einen Anfangs- und einen Endschrift.

Der Makroschritt, der einen Makro aufruft, kann erst verlassen werden, wenn der Makro (die Teilstruktur) vollständig abgearbeitet wurde, d.h. der Endschrift des Makros muss aktiv gewesen sein.

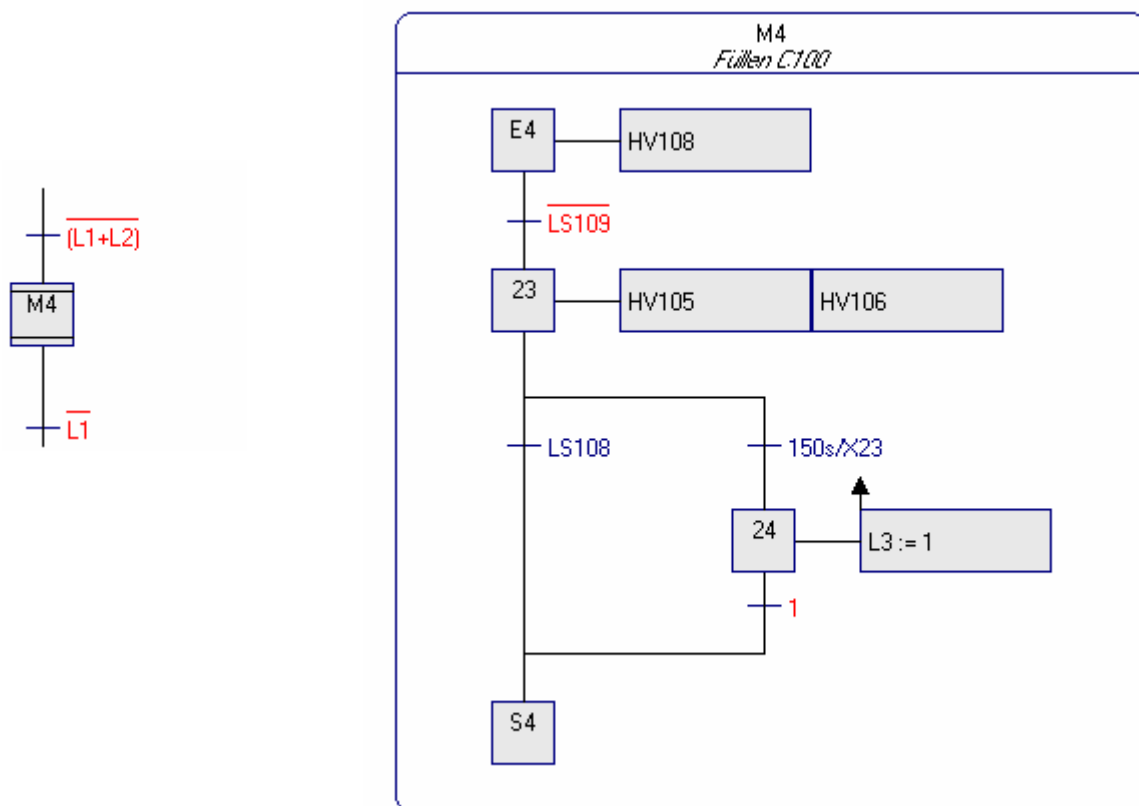


Abb. 21 Makroschritt M4 und Makro M4 mit Anfangs- und Endschrift

1.21 Einschließender Schritt

Der einschließende Schritt, bzw. der einschließende Anfangsschritt arbeiten ähnlich dem Makro. Die Funktion der eingeschlossenen Schritte werden in einem Teil-GRACET dargestellt.

Der eingeschlossene Teil-GRAFCET wird nur solange ausgeführt, wie der einschließende Schritt aktiv ist.

Im Gegensatz zum einschließenden Schritt kann der Makroschritt erst verlassen werden, wenn sein letzter Schritt, der Endschritt, aktiv war.

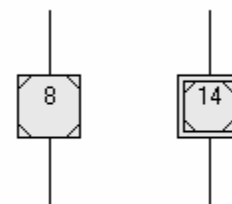


Abb. 24 einschließender Schritt und einschließender Anfangsschritt

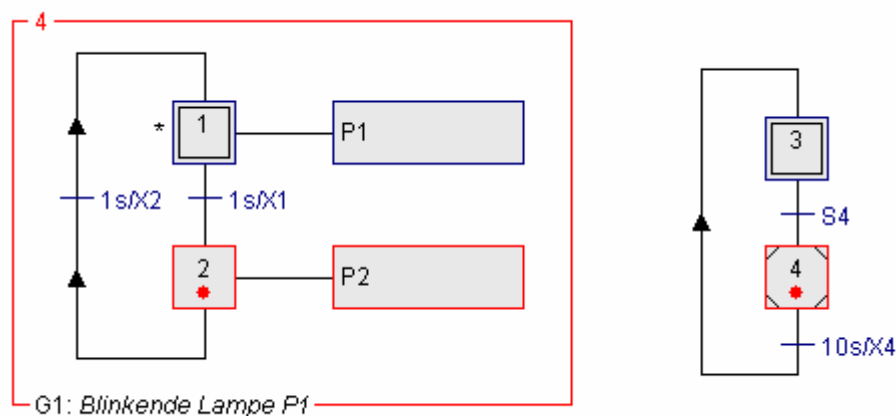


Abb. 25 Blinkende Lampe, realisiert mit einem einschließenden Schritt