Kurz-Tutorial Tau/SDT

Helmut Neukirchen
neukirchen@itm.mu-luebeck.de
Institut für Telematik
Medizinische Universität zu Lübeck

15. Juni 2000

1 Vorbereitungen

In der `.login`-Datei müssen die Pfade für Tau gesetzt sein. Dies geschieht durch `module load tau`. Nun entweder eine neue Shell starten, damit `.login` ausgeführt wird, oder `module load tau` von Hand eingeben.

```
module load tau
```

(Da Tau standardmäßig den SUN C-Compiler verwendet, empfiehlt es sich außerdem das Module `lang/sun_c_v5.0` zu verwenden. Der GCC ist aber ebenfalls möglich, allerdings muß SDT darüber gesondert informiert werden…)

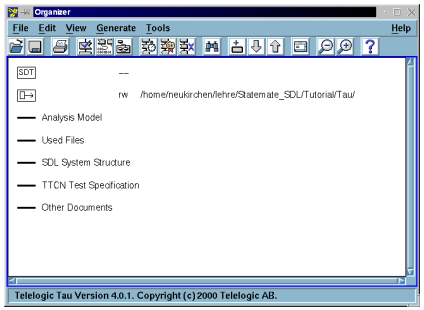
Es empfiehlt sich, für die im Laufe des Tutorials erzeugten Dateien, ein eigenes Verzeichnis anzulegen (z.B. `SDL_Tutorial`) und in dieses zu wechseln.

2 Starten

Das SDT-Tool wird mit `sdt` gestartet. Neben einem Begrüssungsfenster, das weggeklickt werden kann (*Continue*) erscheint das *Organizer*-Fenster.

```
sdt
```

Continue

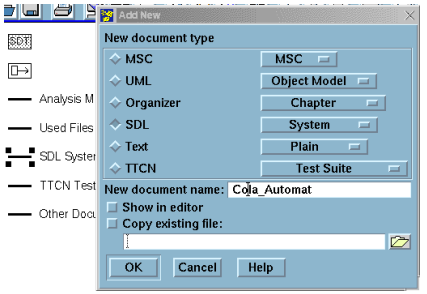


3 Editieren

3.1 Ein SDL-System hinzufügen

Im *Organizer* per Mausklick das “Kapitel” *SDL System Structure* selektieren und aus dem Menü *Edit* den Punkt *Add New...* aufrufen. Im nun folgenden Dialog *Add New* von *Organizer* auf *SDL* umstellen, sowie als Diagrammart rechts daneben *System* einstellen Die Checkbox *Show in Editor* deaktivieren und als neuen Dokumentnamen `Cola_Automat` eingeben und auf *OK* klicken.

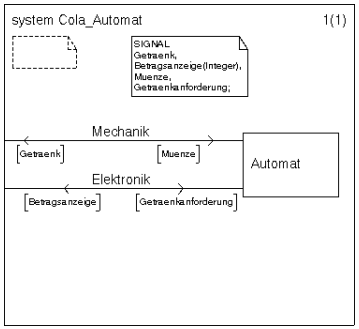
SDL System Structure selektieren
Edit→Add New...



SDL auswählen
System auswählen
Show in Editor deaktivieren
`Cola_Automat`
OK

Daraufhin wird im *Organizer* zusätzlich eine Zeile mit *Cola_Automat* angezeigt. Die Angabe *[unconnected]* bedeutet, das hierfür (noch) keine zugehörige Datei existiert.

Im folgenden soll ein einfacher Cola-Automat, der mit Münzen gefüttert wird und auf Tastendruck ein Kaltgetränk ausgibt (sofern der eingeworfene Geldbetrag, der angezeigt wird, ausreicht) in SDL modelliert werden:



3.2 System editieren

Das oben abgebildete SDL-*System Cola_Automat* soll nun erstellt werden: Im *Organizer* auf die Zeile *Cola_Automat* doppelklicken. Im darauf erscheinenden *Edit*-Dialog, der dem vorhergehenden *Add New*-Dialog ähnelt, einfach *OK* klicken. Nun wird der *SDL-Editor* geöffnet. Dieser zeigt ein leeres *System Cola_Automat* an.

Doppelklick auf *Cola_Automat*

OK

3.2.1 Block hinzufügen

Als erstes soll ein SDL-*Block* hinzugefügt werden. Hierzu aus der rechten Symbolleiste das Symbol (unten im Fenster werden die Namen der Symbole angezeigt.) *Block Reference* mit der linken Maustaste auswählen und irgendwo in der Mitte der Arbeitsfläche per Mausklick plazieren.

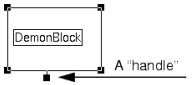
Block Reference auswählen
plazieren

Nun blinkt ein Cursor und wartet darauf, daß diesem *Block* ein Name gegeben wird: `Automat`. Ein Klick außerhalb des Textfeldes beendet die Eingabe.

`Automat` eingeben
Klick außerhalb

3.2.2 Kanal hinzufügen

Der *Block Automat* soll eine Verbindung mit dem *Environment* (der Außenwelt, die durch den rechteckigen Rahmen um das *System* herum begrenzt ist.) bekommen. Hierzu besitzt das *Block*-Symbol ein “Handle” , das erscheint, sobald ein Symbol per Mausklick angewählt wurde. Ausgehend von diesem “Handle” nun mit gedrückter linker Maustaste einen *Kanal* zum *Environment* ziehen, so daß z.B. der linke Rand des Rahmens genau berührt wird. Durch Loslassen der Maustaste wird der Endpunkt des *Kanals* festgelegt.



Block selektieren, so daß “Handle” erscheint
“Handle” mit gedrückter linker Maustaste nach links auf die Umrandungslinie ziehen und loslassen.

Es erscheinen zunächst zwei neue Textfelder ober- und unterhalb des *Kanals*. Durch einen Klick auf die rechte Maustaste erscheint ein Kontextmenu, aus dem der Eintrag *Bidirect* ausgewählt wird. Es erscheint ein drittes Textfeld.

Klick auf die rechte Maustaste
Bidirect auswählen

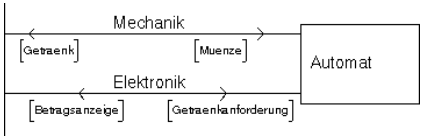
In das obere Textfeld den Namen des *Kanals* eingeben: Textfeld mit der linken Maustaste auswählen und anschließend `Mechanik` eingeben und auf das untere linke Textfeld klicken. Dort werden die Namen der *Signale*, die über diesen *Kanal* zum *Environment* geschickt werden, eingegeben: `Getraenk`. In das rechte Textfeld klicken und anschließend `Muenze` eingeben.

oberes Textfeld auswählen
`Mechanik` eingeben
auf das untere linke Textfeld klicken

`Getraenk` eingeben
auf das untere rechte Textfeld klicken, `Muenze` eingeben

Analog muß ein zweiter *Kanal Elektronik*, der parallel zum *Environment* verläuft, erstellt werden. Zum *Environment* läuft das *Signal Betragsanzeige*, in der Gegenrichtung das *Signal Getraenkanforderung*.

Zweiten *Kanal* `Elektronik` anlegen, *Signale*: `Betragsanzeige` und `Getraenkanforderung`



Nach einem Klick irgendwo auf den weißen Arbeitsbereich können noch optische Schönheitskorrekturen vorgenommen wurden. Die *Kanäle* können mit der Maus verschoben werden; An der linken Seite können Textfelder “angepackt” (die Mauszeigerform ändert sich) und verschoben werden. Textfelder können nachträglich editiert oder per Eingabetaste umgebrochen werden.

3.2.3 Signaldeklaration

Die ausgetauschten *Signale* müssen noch genauer bzgl. ihres Typs deklariert werden. Dies geschieht innerhalb eines *Text*-Symbols:

Aus der Symbolleiste ganz oben *Text* auswählen und z.B. in die Mitte der oberen Arbeitsfläche ziehen. In diesem Symbol blinkt nun ein Cursor und die Signaldeklaration kann eingegeben werden:

```
SIGNAL Getraenk, Betragsanzeige(Integer),
```

Text auswählen
plazieren

```
SIGNAL Getraenk, Betragsanzeige(Integer), Muenze, Getraenkanforderung; eingeben
```



```
Muenze, Getraenkanforderung;
```

Ein Klick “in’s Leere” beendet die Eingabe.

“in’s Leere” klicken

Das eingegebene *System* sollte nun dem in Abschnitt 3.1 gezeigten SDL *System Cola_Automat* ähneln.

3.2.4 Speichern

Durch Auswahl von *Save* im Menüpunkt *File* und Bestätigen mit *OK* kann das System gespeichert werden. Mit *Close Diagram* im Menüpunkt *File* kann der Editor beendet werden.

File→Save
OK
File→Close Diagram

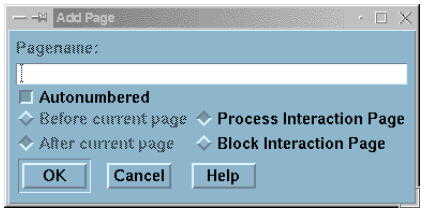
Im *Organizer*-Fenster ist nun unter dem *System Cola_Automat* ein neuer Eintrag hinzugekommen, der den neu angelegten *Block Automat* repräsentiert .

3.3 Einen SDL-Block editieren

Nun soll der *Block Automat* editiert werden: Ein Doppelklick auf die Zeile *Automat* im *Organizer*-Fenster öffnet den *Edit*-Dialog, der mit *OK* bestätigt wird. Ein *Add Page*-Dialog erscheint, der ebenfalls mit *OK* bestätigt wird. Daraufhin erscheint der *SDL Editor* für den *Block Automat*.

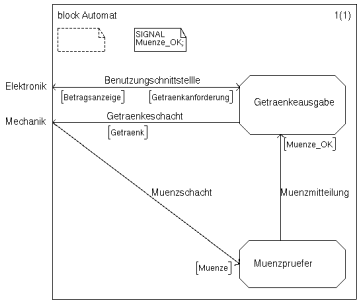
Doppelklick auf *Automat* im *Organizer*

OK



OK

In diesem Abschnitt soll der nachfolgende SDL-*Block* erstellt werden:



3.3.1 Prozess hinzufügen

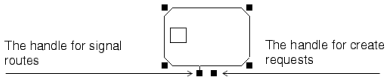
Zunächst wird das Symbol *Process Reference* ausgewählt und in die obere Hälfte der Arbeitsfläche platziert. Dieser neue *Prozess* bekommt den Namen `Getraenkeausgabe`.

Der zweite *Prozess* soll `Muenzpruefer` heißen und kann auf die gleiche Weise darunter plaziert werden.

Process Reference auswählen
plazieren
`Getraenkeausgabe`
Prozess `Muenzpruefer` anlegen und plazieren

3.3.2 Signalrouten hinzufügen

Prozesse besitzen – im Gegensatz zu *Blöcken* – zwei “Handles” . Das rechte “Handle” kann dazu benutzt werden, dynamisch *Prozessinstanzen* zu erzeugen – wir werden hiervon jedoch keinen Gebrauch machen. Mit dem linken “Handle” können – wie gewohnt – Verbindungen gezogen werden (auf dieser Ebene heißen sie jedoch *Signalrouten* und stellen eine Verfeinerung von *Kanälen* dar.).



Die erste *Signalroute* soll von der *Getraenkeausgabe* zum *Environment* gehen: *Getraenkeausgabe* selektieren und ausgehend von diesem “Handle” nun mit gedrückter linker Maustaste einen *Kanal* zum *Environment* ziehen, so daß z.B. der linke Rand des Rahmens genau berührt wird. Durch Loslassen der Maustaste wird der Endpunkt der *Signalroute* festgelegt.

Getraenkeausgabe selektieren
“Handle” mit gedrückter linker Maustaste nach links auf die Umrandungslinie ziehen und loslassen.

Durch einen Klick auf die rechte Maustaste erscheint ein Kontextmenu, aus dem der Eintrag *Bidirect* ausgewählt wird. Es erscheint ein drittes Textfeld.

Klick auf die rechte Maustaste
Bidirect auswählen

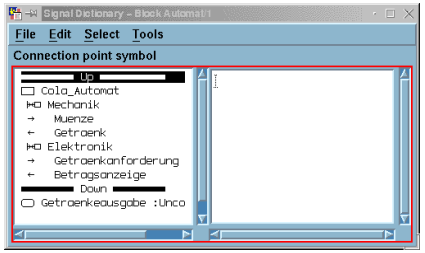
Nun kann der Name dieser *Signalroute* eingegeben werden: Oberes Textfeld anklicken und `Benutzungsschnittstelle` eingeben.

Oberes Textfeld anklicken, `Benutzungsschnittstelle`

Außerhalb der Umrandung befindet sich ein neues Textfeld, das den *Kanal*, über den diese *Signalroute* nach außen geführt wird, angibt. Dieser kann entweder per Hand oder über das *Signal Dictionary* eingegeben werden. Das *Signal Dictionary* ist über den Menüpunkt *Windows* zu erreichen. Nachdem im *SDL Editorfenster* das Textfeld für den *Kanal* ausgewählt wurde, werden im *Signal Dictionary* alle bisherigen Signaldefinitionen angezeigt. Ein Doppelklick auf *Elektronik* fügt diesen *Kanal*namen ein.

Windows→Signal Dictionary

im *SDL Editorfenster* das Textfeld für den *Kanal* anklicken

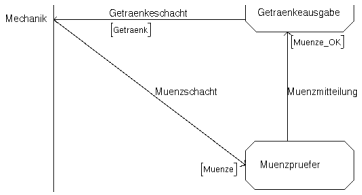


Im linken unteren Textfeld müssen nun noch die *Signale*, die über diese Route nach außen übertragen werden, eingegeben werden: Dieses Feld selektieren und Doppelklick auf *Betragsanzeige* im *Signal Dictionary*-Fenster spezifiziert, daß über diese *Signalroute* in dieser Richtung nur der Betrag ausgegeben wird. In der Gegenrichtung soll das *Signal Getraenkanforderung* empfangen werden: Das rechte untere Textfeld selektieren und Doppelklick auf *Getraenkanforderung* im *Signal Dictionary*-Fenster.

Doppelklick auf *Elektronik*
im *SDL Editorfenster* das linke untere Textfeld per Mausklick auswählen
Doppelklick auf *Betragsanzeige*
im *SDL Editorfenster* das rechte untere Textfeld per Mausklick auswählen
Doppelklick auf *Getraenkanforderung*

Analog dazu müssen die verbleibenden *Signalrouten Getraenkeschacht*, *Muenzschacht* und *Muenzmitteilung* wie unten abgebildet angelegt werden.

Signalrouten Getraenkeschacht, *Muenzschacht* und *Muenzmitteilung* analog anlegen



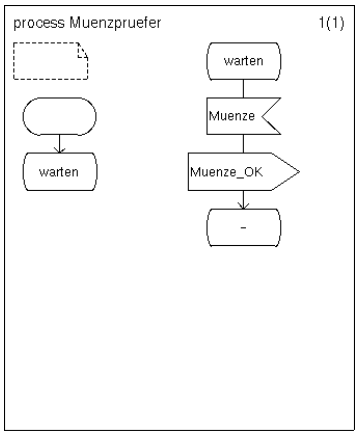
3.4 Einen SDL-Prozess editieren

Da die strukturellen Eigenschaften des Automaten nun festgelegt sind, soll nun dessen Verhalten spezifiziert werden. Durch das Hinzufügen der beiden *Prozesse Getraenkeausgabe* und *Muenzpruefer* sind im *Organizer*-Fenster die zugehörigen Einträge ebenfalls aufgeführt.

Ein Doppelklick auf *Muenzpruefer* öffnet den *Edit*-Dialog, der mit *OK* bestätigt wird. Der *Add Page*-Dialog erscheint und kann ebenfalls mit *OK* bestätigt werden. Daraufhin erscheint der *SDL Editor* für den *Prozess Muenzpruefer*.

Doppelklick auf *Muenzpruefer* im *Organizer*
OK
OK

In diesem Abschnitt soll zunächst der nachfolgende SDL-*Prozess* erstellt werden:



3.4.1 Flußdiagramm hinzufügen

Die Flußdiagramme innerhalb von *Prozessen* besitzen ein *Start*-Symbol für den Startzustand des SDL-Automaten.

Start-Symbol mit der linken Maustaste aus der Symbolleiste rechts auswählen und im oberen Bereich der Arbeitsfläche per Mausklick plazieren. Einen Namen bekommt dieser Zustand nicht, deshalb wird gleich das nächste Symbol angehängt:

Start auswählen
plazieren

Ohne zwischenzeitlich mit der Maus herumzuklicken auf das *State*-Symbol doppelklicken. Dieses Symbol wird automatisch an das zuletzt selektierte Symbol angehängt. Nun kann der Namen dieses neuen Zustands eingegeben werden: `warten`. Da diese *Transition* (d.h. Baum von Symbolen mit *State*-Symbol an der Wurzel und an den Blättern) bereits jetzt zu Ende sein soll, einfach mit der Maus irgendwo in den weißen Bereich der Arbeitsfläche klicken.

Doppelklick auf *State*
`warten`

irgendwo in den weißen Bereich der Arbeitsfläche klicken

Für die nächste *Transition* erneut auf das *State*-Symbol in der Symbolleiste doppelklicken. Ein *State*-Symbol erscheint am oberen Rand der Arbeitsfläche. Über Tastatur kann der Namen dieses Zustands eingegeben werden: `warten`. (Falls einem die vom *SDL-Editor* gewählte Position nicht gefällt, kann diese natürlich noch per Maus geändert werden.)

Doppelklick auf *State*

`warten`

An das selektierte *State*-Symbol soll nun ein *Input*-Symbol angehängt werden: Ein Doppelklick hierauf in der Symbolleiste sollte dies zur Folge haben. Es soll auf das *Signal Muenze* gewartet werden. Bei in diesem Symbol blinkendem Cursor `Muenze` eingeben.

Doppelklick auf *Input*
`Muenze`

Unter der mysteriösen Annahme, daß die Gültigkeit der Münze auf eine mysteriöse Weise geprüft wird, soll die Gültigkeit der Münze mitgeteilt werden: Doppelklick auf das *Output*-Symbol und `Muenze_OK` eingeben.

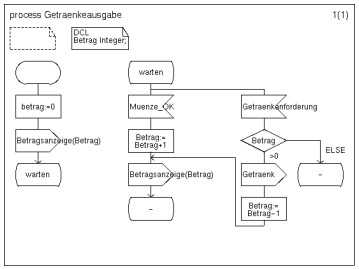
Doppelklick auf *Output*
`Muenze_OK`

Im Anschluß soll wieder in den Ausgangszustand übergegangen werden. Da wir diesmal schreibfaul sind, wird nach dem obligatorischen Doppelklick auf das *State*-Symbol in der Symbolleiste einfach nur – eingegeben, was eine Abkürzung für den Zustand ist, mit dem die *Transition* begonnen hat.

–

Fertig ist der Münzprüfer. Mit *Save* aus dem *File*-Menü kann das Diagramm wie gewohnt gespeichert werden.

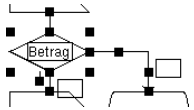
File→Save



Bitte selbständig eingeben und speichern.

Das Diagramm für *Getraenkeausgabe* kriegt ihr jetzt doch alleine hin, oder? (*Decision* ist vielleicht ein wenig tricky: Um die

Textfelder für die Bedingungen zu bekommen, muß nochmal auf das Symbol und anschließend in das dann erscheinende Textfeld geklickt werden.)

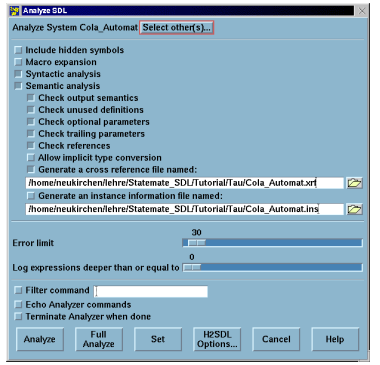


4 Analysieren

Um zu testen, ob die Spezifikation syntaktisch (und grob semantisch) korrekt ist, soll nun der *Analyzer* angeworfen werden. (Syntaktische Fehler werden – wie euch sicherlich schon aufgefallen ist – im übrigen bereits bei der Eingabe rot unterstrichen.)

Im *Organizer* muß das zu analysierende *System* angeklickt werden, d.h. das *System Cola_Automat*. Der *Analyzer* versteckt sich im Menü *Generate* unter dem Punkt *Analyze...*. Der *Analyze SDL*-Dialog erscheint.

System Cola_Automat anklicken
Generate→Analyze...



Mit den vielen Optionen kann eingestellt werden, worauf bei der Analyse geachtet werden soll. So kann z.B. festgestellt werden, ob Signale verschickt werden, die nie empfangen werden und umgekehrt oder es kann geprüft werden, ob Signale deklariert wurden, die nie benutzt werden. Die Optionen sollten wie nebenstehend gesetzt sein.

Falls mal ein halbfertiges System gecheckt werden soll, empfiehlt es sich, die semantische Analyse komplett abzustellen, da sich hier sonst die Fehlermeldungen häufen.

Ein Klick auf *Analyze* startet die Analyse. Wenn alles richtig gemacht wurde, sollte nach einiger Zeit *Analyzer done: No errors and no warnings* in der unteren Zeile des *Organizers* erscheinen.

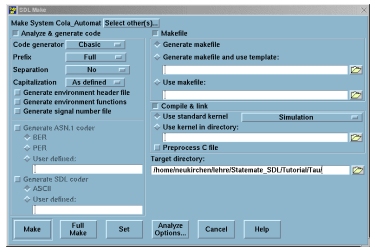
Analyze

Im Fehlerfall erscheint das Fenster *Organizer Log* mit Fehlermeldungen. (Unter *Tools→Organizer Log* kann dieses per Hand aufgerufen werden.) Um die angezeigten Fehler in den SDL-Diagrammen zu lokalisieren: Zeilen der Fehlermeldung per Maus markieren und *Tools→Show Error*.

5 Simulieren

Das erstellte SDL-Modell soll nun simuliert werden. Hierzu muß im *Organizer* das zu simulierende *System* angeklickt werden, d.h. das *System Cola_Automat*. Der *Simulator* versteckt sich im Menü *Generate* unter dem Punkt *Make...*. Der *SDL Make*-Dialog erscheint.

System Cola_Automat anklicken
Generate→Make...



Klicken auf *Make*.

Make

(Prinzipiell könnte SDL natürlich auch interpretiert werden, aber gerade bei großen Systemen, die nicht nur interaktiv simuliert sondern auch automatisch validiert (s.u.) werden sollen, wäre dies zu langsam!)

Im *Organizer Log* sollten die Meldungen des C-Compilers erscheinen. Falls es dort Fehlermeldungen gibt, hilft vielleicht *Full Make* statt *Make*, da dann alle Dateien neu übersetzt werden.

5.1 Simulator aufrufen

Die graphische Oberfläche des Simulators, der per *Make* erzeugte ausführbare SDL-Systeme laden kann, wird im *Organizer* mit *Simulator UI* aus dem Submenü *SDL* des *Tools*-Menüs aufgerufen.

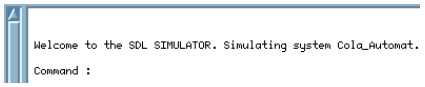
Tools→SDL→Simulator UI

Das Fenster *SDL Simulator UI* erscheint. Zunächst muß das soeben erzeugte, ausführbare SDL-Systeme geladen werden. Dies geschieht per *Open...* im Menu *File* des Simulators und der anschließenden Auswahl (Fileselektor) der Datei *Cola_Automat_smd.sct*.

File→Open...

Cola_Automat_smd.sct auswählen, *OK*

Nun wartet der Simulator auf Kommandos.



5.1.1 Anzeigeoptionen setzen

Zunächst sagen wir dem Simulator, was wir alles von ihm angezeigt bekommen wollen.

Wir wollen im Textfenster des Simulators alle Informationen zum gerade ausgeführten Einzelschritt: *Text Level: Set* im Menü *Trace*. Darauf erscheint ein *Select*-Dialog, in dem angegeben werden könnte, auf welche SDL-Teilsysteme sich die nachfolgende Einstellung beziehen soll. Da alle gewünscht sind, kann einfach *OK* geklickt werden. (Manchmal liegt die Simulatoroberfläche dabei eine Gedenkpause ein (Mauszeiger wird zum Fragezeichen) – der Simulator handelt mit dem ausführbaren SDL-System aus, was es gleich anzeigen soll: das dauert was...)

Trace→Text Level: Set

OK

Im darauffolgenden *Select*-Dialog wählen wir die Stufe *6 /* All SDL actions + Result + Parameters */* und klicken *OK*.

6 / All SDL actions + Result + Parameters */* auswählen und *OK*

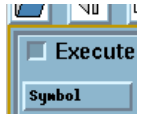
Da kein Mensch das komplette SDL-System im Kopf hat, wollen wir während des Simulierens wissen, wo wir uns gerade im System befinden: *SDL Level: Set* im Menü *Trace*. Darauf erscheint – wie zuvor – der *Select*-Dialog, in dem wir ebenfalls einfach *OK* klicken. Im darauffolgenden *Select*-Dialog wählen wir die Stufe *1 /* Show next symbol when entering monitor */* und klicken *OK*. Im Menü *Show* auf *Next Symbol* klicken und der *SDL-Editor* wird gestartet.

Trace→SDL Level: Set
OK
1 / Show next symbol when entering monitor */* auswählen und *OK*
Show→ Next Symbol

5.2 Das System ausführen

Nun kann schrittweise das SDL-System ausgeführt werden. Es stehen dabei verschiedene Granularitäten zur Verfügung.

5.2.1 Symbolweise ausführen



Symbol

Zunächst wollen wir symbolweise durch das System steppen. Dies geschieht mit dem Button *Symbol* in der Abteilung *Execute*.

Im *SDL-Editor* wird nun das Symbol angezeigt, das zur Ausführung ansteht, und im Textfenster des Simulators wird der Beginn der *Transition* angezeigt. (Evtl. wird nicht der Prozess *Getraenkeausgabe* – wie abgebildet – sondern der Prozess *Muenzpruefer* zuerst ausgeführt.)

```
*** TRANSITION START
*      PId    : Getraenkeausgabe:1
*      State  : start state
*      Now    : 0.0000
```

Symbol bis zum Ende der *Transition*

Nun solange symbolweise das System ausführen, bis die aktuelle *Transition* beendet ist, d.h. der Zustand *warten* eingenommen wird, was im Textfenster wie nebenstehend angezeigt wird. (Der *SDL-Editor* zeigt immer das nächste *Symbol* an – nicht das aktuelle!) Die Sternchen umfassen jeweils eine Transition (die aus mehreren Symbolen besteht) wie eine eckige Klammer.

```
Command : Step-Symbol
*** NEXTSTATE  warten
```

Als nächstes durchlaufen wir auf dieselbe Weise die *Starttransition* des nächsten Prozesses.

Symbol bis zum Ende der *Transition*

5.2.2 Signale senden

Irgendwann meldet der Simulator, daß keine weiteren *Transitionen* mehr zum Ausführen da sind. Das SDL-System wartet nun auf eine Eingabe, z.B. den Einwurf einer Münze.

```
Command : Step-Symbol
No process instance scheduled for a transition
```

Dies geschieht in der Abteilung *Send Signal*. Da wir uns nicht gemerkt haben, an wen wir die *Signale* schicken sollen, verwenden wir den Button *Send Via* in der Abteilung *Send Signal*. Darauf erscheint – mal wieder – der *Select*-Dialog, in dem das *Signal Muenze* z.B. per Doppelklick ausgewählt wird. Nun muß noch der *Kanal* angegeben werden, über den dieses *Signal* geschickt werden soll. Da *Muenze* nur über einen *Kanal* geschickt werden kann, reicht *OK*.

Send Via
Doppelklick auf *Muenze*

OK

Da nun der nötige Stimulus vorliegt, kann das System wieder weiter ausgeführt werden.

5.2.3 Noch ein paar Features des Simulators

Wer will, kann nun noch weiter symbolweise durch das System laufen und z.B. die Reaktion auf das *Signal Getraenkanforderung* studieren. Schneller geht's, indem transitionsweise durch

das System gesteppt wird. Dafür ist das aber auch nicht so spannend, da das System im Zweifel nur in *warten*-Zuständen stehenbleibt und die nächste *Transition* noch nicht anzeigen kann, da diese von der nächsten Eingabe, die noch nicht feststeht, abhängt.

Wenn man noch mehr Interna des SDL-Systems sehen will, empfiehlt sich das *View*-Menü:

In das *Watch Window* lassen sich per *Watch→Add...* Variablennamen eintragen, deren Wert in jedem Simulationsschritt aktualisiert angezeigt wird (z.B. *Betrag*).

View→Watch Window
Watch→Add...
Betrag, OK

Im *Command Window* lassen sich die laufend aktualisierten Ergebnisse bestimmer Simulator-Befehle anzeigen. Standardmäßig sind dort die Listen für *Ready-Queue* und *Process* aufgeführt (evtl. Fenster größer ziehen!). Per *Command→Add Command...* läßt sich z.B. der Befehl *List-Input-Port* dauerhaft anzeigen, so die Input-Queue des aktuellen Prozesses beobachtet werden kann.

View→Command Window

Command→Add Command...
List-Input-Port, OK

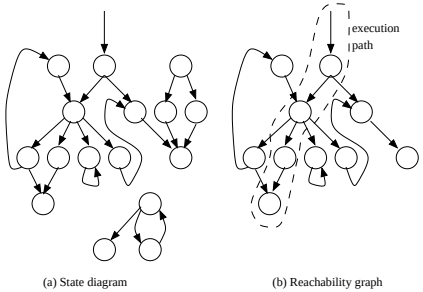
Kurz bevor Du die Lust am Simulator verliert, solltest Du diesen – mit welchem Menüpunkt bloß? – beenden. Falls Du das *Command Window* oder *Watch Window* modifiziert habt, kannst Du beim Beenden noch sagen, ob diese Änderungen beim nächsten Mal übernommen werden sollen oder nicht. Da Du den Simulator noch nicht so gut kennst, sag' im Zweifel lieber *Discard*!

6 Validieren

Der Validitor ist dem Simulator recht ähnlich. Das Konzept der Validierung sieht vor, daß alle verschiedenen Zustände, die das SDL-System annehmen kann, herausgefunden werden, um festzustellen, ob es irgendwo Probleme geben könnte (z.B. es ist ein Zustand erreichbar, in dem ein Signal gesendet werden soll, das in dieser Situation von niemandem empfangen werden kann).

Fleissige können dies per Hand mit dem Simulator machen, indem alle Permutionen der jeweils möglichen Eingaben ausprobiert werden, ein wenig einfacher geht's mit dem Validator. Dieser ermittelt – ausgehend vom Startzustand – alle möglichen Folgezustände, indem ggf. die nötigen Eingaben gesendet werden, und setzt diese Suche rekursiv fort, um so den *Zustandsraum* bzw. den *Erreichbarkeitsgraphen* (aus dem sich alle möglichen *Ausführungspfade* ergeben) des Systems zu ermitteln.

Der Validator kann direkt im *Organizer* per Buttonleiste aufgerufen, werden, wobei darauf zu achten ist, daß zu diesem Zeitpunkt das *System Cola_Automat* ausgewählt ist. Nachdem – wie beim Simulator – ein ausführbares SDL-System erzeugt wurde, erscheint das Fenster *SDL Validator UI*.



(a) State diagram (b) Reachability graph

System Cola_Automat auswählen

6.1 Vollständige Validierung

Zunächst soll der Validator versuchen, den kompletten *Zustandsraum* des Automaten zu erkunden. Dies geschieht über den Button *Exhaustive* in der Abteilung *Explore*.

Exhaustive

Darauf rattert der Validator los und beendet den Versuch der vollständigen Validierung mit einem *Report Viewer*-Fenster, in dem – falls Fehler gefunden wurden – der genaue Fehlertyp angezeigt wird (Doppelklick hilft dann weiter). Außerdem erscheint eine Statistik im Textfeld: Die Suchtiefe betrug 100, d.h. die maximale Länge eines untersuchten möglichen *Ausführungspfades* war 100 Zustände. In 3 Fällen wurde diese maximale Länge erreicht, d.h. 3 *Ausführungspfade* konnten nicht bis zu Ende geführt werden, dennoch wurde alle SDL-Symbole mindestens einmal besucht (100% coverage).

```
** Starting exhaustive exploration **
Search depth : 100

** Exhaustive exploration statistics **
No of reports: 0
Generated states: 319
Truncated paths: 3.
Unique system states: 257.
Size of hash table: 100000 (400000 bytes)
Current depth: -1
Max depth: 100
Min state size: 56
Max state size: 112
Symbol coverage : 100.00
```

Warum wurden einige *Ausführungspfade* nicht bis zu Ende ausgeführt? Die Tatsache, daß dennoch 100% Symbolüberdeckung vorliegt, deutet darauf hin, daß es sich hierbei um schleifenartige Pfade handelt. Solche Pfade sind möglich, da ja z.B. beliebig oft hintereinander Münzen in den Automaten geworfen werden, was dazu führt, daß die Variable *Betrag* hochgezählt wird und der Pfad der bisher besuchten Zustande, die sich jeweils in der Variablen *Betrag* unterscheiden, länger wird. Der *Zustandsraum* des Systems ist daher unendlich groß und kann nie vollständig validiert werden!

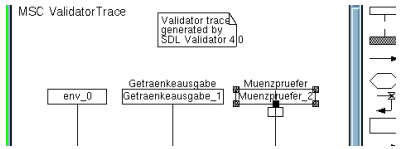
6.2 Validieren per Navigation

In solchen Fällen, in denen eine vollständige Validierung nicht möglich ist, bleiben verschiedene Möglichkeiten, zumindest Teile des Systems gezielt zu besuchen. Eine Möglichkeit ist der *Navigator*, der – vom aktuellen Zustand ausgehend – alle erreichbaren Folgezustände anzeigt und die Auswahl des zu besuchenden Folgezustands ermöglicht. (Im Gegensatz zum Simulator, der auch symbolweise durch das System laufen kann, erlaubt der Validator nur, von einer Transition zur nächsten zu laufen.)

Um auch noch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen zu können, welcher *Ausführungspfad* dabei durchlaufen wurde, kann *Toggle MSC Trace* aus dem *Command*-Menü aufgerufen werden. Dadurch werden die im folgenden auftretenden Ereignisse "mitgeschnitten".

Command→Toggle MSC Trace

Das Fenster *MSC Editor* erscheint und zeigt einen *Message Sequence Chart* mit dem Namen *Validator Trace* an. Da die Namen der SDL-Prozesse relativ lang sind, überlappen diese sich teilweise. Um dies zu ändern, sollen die senkrechten (Zeit-)Achsen verschoben werden, damit der *MSC* wie nebenstehend aussieht:



In die weiße Arbeitsfläche klicken, damit nichts mehr selektiert ist. Nun die Achse des Prozesses *Muenzpruefer* mit gedrückter

In die weiße Arbeitsfläche klicken
Muenzpruefer nach rechts ziehen

linker Maustaste ein wenig nach rechts schieben und dort loslassen. Das gleiche Spiel wiederholen wir dann mit der mittleren Achse.

Der eigentliche *Navigator* versteckt sich hinter einem Klick auf den Button *Navigator* in der Abteilung *Explore*.

Das *Navigator*-Fenster erscheint. Dort wird im Kasten *Next 1* der nächste erreichbare Zustand angezeigt. Zunächst kommt nur die Starttransition in Frage. Nach einem Doppelklick auf diesen Kasten erscheint der nächste erreichbare Zustand. Dies ist der Startzustand des zweiten Prozesses. Im *MSC Editor* erscheinen nun zeitgleich die Nachrichten, die in jedem Schritt ausgetauscht werden.

Nachdem der nächste Zustand ebenfalls per Doppelklick besucht wurde, stehen zwei mögliche *Signale*, die vom *Environment* zum System geschickt werden können, zur Auswahl. Anhand dieser Eingabe entscheidet sich, welcher Zustand als nächstes angenommen wird.

Da eine sinnvolle Benutzung des Cola-Automaten mitgeschnitten werden soll, soll zunächst eine Münze eingeworfen werden. D.h. es ist der Zustand auszuwählen, in dem das *Signal Muenze* an den Empfänger *Muenzpruefer* geschickt wird.

(Falls man sich verklickt hat bzw. sich später noch entscheidet, doch einen anderen Pfad einzuschlagen, kann mit dem Kasten *Up 1* auch zurück navigiert werden.)

Die nächsten beiden Zustände sollen ebenfalls angenommen werden, damit der Münzeinwurf in der Getränkeausgabe auch wahrgenommen wird.

Nun soll ein Getränk angefordert werden: D.h. es ist der Zustand auszuwählen, in dem das *Signal Getraenkanforderung* an den Empfänger *Getraenkeausgabe* geschickt wird. Die Getränkeausgabe soll dieses Signal nun konsumieren.

An dieser Stelle beenden wir die Validierung per *Navigator*. Zunächst soll der erzeugte *MSC* unter dem Namen `TraceLeadingToSuccess.msc` gespeichert werden. Dies geschieht im *MSC Editor* per *Save as...* im *File*-Menü.

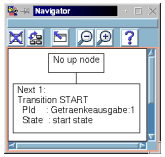
Die Aufzeichnung diese *MSCs* kann nun beendet werden: *Toggle MSC Trace* aus dem *Command*-Menü. Das *MSC Editor*-Fenster verschwindet.

6.3 Erfüllbarkeit von MSCs validieren

Wir haben nun mit Hilfe des Validators sichergestellt, daß es in unserem Modell einen Pfad gibt, der es erlaubt, nach Münzeinwurf ein Getränk am Automaten zu ziehen. Als letztes soll noch überprüft werden, ob es möglich ist, nur einmal zu bezahlen,

Getraenkeausgabe nach rechts ziehen

Navigator



Doppelklick auf Kasten *Next 1*

Doppelklick auf Kasten *Next 1*

Doppelklick auf Kasten mit *Signal Muenze* und Empfänger *Muenzpruefer*

Doppelklick auf Kasten *Next 1*

Doppelklick auf Kasten *Next 1*

Doppelklick auf Kasten mit *Signal Getraenkanforderung* und Empfänger *Getraenkeausgabe*

Doppelklick auf Kasten *Next 1*

File→*Save as...*, `TraceLeadingToSuccess.msc`, *OK*

Command→*Toggle MSC Trace*

aber zweimal hintereinander ein Getränk zu ziehen.

6.3.1 MSCs editieren

Hierzu fügen wir im *MSC Editor* noch eine zweite Getränkanforderung samt (fälschlicher) Getränkausgabe hinzu.

Zunächst muß der *MSC Editor* wieder gestartet werden. Im *Organizer*-Menü *Tools* aus dem Submenü *Editors* den Punkt *MSC Editor* aufrufen. Mit *File*→*Open* den *MSC TraceLeadingToSuccess.msc* laden.

Tools→*Editors*→*MSC Editor*
File→*Open*
Doppelklick auf *TraceLeadingToSuccess.msc*

Nun mit gedrückter *Shift*-Taste die beiden Pfeile der Nachrichten *Getraenkanforderung* und *Getraenk* mit der Maus selektieren und aus dem Kontextmenü, das per rechter Maustaste aufgerufen werden kann, *Copy* wählen. Nun die Auswahl deselektieren, indem in den weißen Arbeitsbereich geklickt wird. Anschließend aus dem Kontextmenü *Paste* auswählen, so daß die beiden Nachrichtenpfeile am Mauszeiger "kleben". Diese sollen nun einfach parallel zu den ursprünglichen Nachrichtenpfeilen unter das letzte *Warten*-Symbol plaziert werden.

bei gedrückter *Shift*-Taste Pfeile der Nachrichten *Getraenkanforderung* und *Getraenk* selektieren

rechte Maustaste→*Copy*

rechte Maustaste→*Paste*

unter *warten* plazieren

Dieser neue *MSC* soll unter dem Namen `TraceLeadingToFail.msc` gespeichert werden.

File→*Save as...*, `TraceLeadingToFail.msc`

Der *MSC Editor* kann nun mit *Exit* im Menü *File* beendet werden. Im *Organizer* wurde nun eine *Untitled*-Zeile für diesen *MSC* angelegt. Da diese Anzeige nur irritiert, kann diese markiert und per *Remove...* im Menü *Edit* und anschließender Bestätigung aus der *Organizer*-Anzeige entfernt werden.

File→*Exit*

Untitled-Zeile selektieren
Edit→*Remove...*
Remove

6.3.2 MSCs validieren

Für die beiden gespeicherten *MSCs* kann nun mit dem Validator überprüft werden, ob es im SDL-System *Ausführungspfade* gibt, mit denen sich genau die jeweilige Nachrichtenaustauschsequenz realisieren läßt.

Zunächst sollte das zu validierende System wieder in den Startzustand versetzt werden, da die *MSCs* ebenfalls vom Startzustand ausgehen. Dies geschieht durch den Menüpunkt *Restart* im Menü *File*. Die folgende Nachfrage wird bestätigt.

File→*Restart*

OK

Der Button *Verify MSC* in der Abteilung *Explore* startet die Überprüfung eines *MSCs*. In der Dateiauswahl soll zunächst der *MSC TraceLeadingToSuccess.msc* ausgewählt werden.

Verify MSC
Doppelklick auf *TraceLeadingToSuccess.msc*

Der Validator überprüft nun die Vereinbarkeit des *MSCs* mit dem SDL-System und sollte Erfolg melden.

```
** MSC ValidatorTrace verified **
```

Bevor die Vereinbarkeit mit dem zweiten *MSC* überprüft wird, muß das zu validierende System erneut in den Startzustand ver-

setzt werden. Dies geschieht abermals durch den Menüpunkt *Restart* im Menü *File*. Die folgende Nachfrage wird ebenfalls bestätigt.

File→Restart
OK

Nun kann geprüft werden, ob der zweite *MSC TraceLeadingToFail.msc* mit dem SDL-System vereinbar ist. Wieder den Button *Verify MSC* in der Abteilung *Explore* drücken. In der Dateiauswahl nun *TraceLeadingToFail.msc* auswählen.

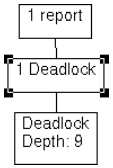
Verify MSC

Doppelklick auf *TraceLeadingToFail.msc*

Der Validator meldet, daß kein Pfad, der mit dem SDL-System vereinbar ist, gefunden werden konnte. Im *Report Viewer* wird außerdem einen Deadlock angezeigt. Ein Doppelklick auf den zughörigen Kasten klappt diesen aus. Ein weiterer Doppelklick auf den gerade herausgeklappten Kasten zeigt die Stelle im *MSC* bis zu der der Validator bisher gelaufen ist. Da es von dieser Stelle aus keine Möglichkeit gibt, das geforderte *Signal Getraenk* zu erhalten, wird ein Deadlock gemeldet.

```
** MSC ValidatorTrace NOT VERIFIED **
```

Doppelklick auf *1 Deadlock*



noch ein Doppelklick

7 Beenden

Der *Organizer* kann per *Exit* im Menü *File* beendet werden. Evtl. Nachfragen zum Speichern können bestätigt werden, falls es noch ungespeicherte Änderungen gibt.

File→Exit