

# Modellierung und Analyse eingebetteter und verteilter Systeme

## Übungsblatt 7

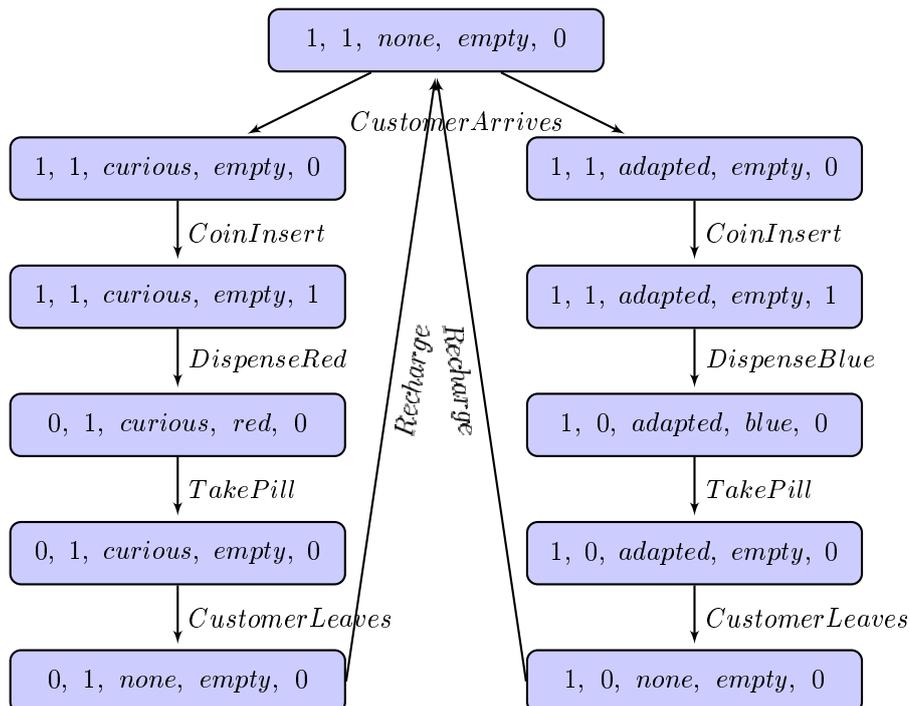
**Ausgabe:** 22. November, **Abgabe:** 29. November, 12 Uhr

### Aufgabe 7.1 (6 Punkte) Safety-/Livenessbeweise

Für den bekannten Münzautomaten der White Rabbit Ltd. für rote und blaue Pillen aus Übungsblatt 4 soll gezeigt werden:

- Jeder Kunde erhält nach Münzeinwurf eine Pille (Safety). Formulieren Sie dazu zuerst die Eigenschaft als induktive Invariante.
- Der Pillenautomat wird immer aufgefüllt (Liveness). Formulieren Sie dazu zuerst die Eigenschaft als Formel vom Typ  $P \rightsquigarrow Q$ .

Beweisen Sie anschließend die beiden Eigenschaften mittels Induktion bzw. Liveness-Regeln. Der Münzautomat wurde vereinfacht: Jede Pille kostet nur noch eine Münze. Der vereinfachte Automat besitzt folgendes Zustandsdiagramm:



Das STS des Automaten ist:

VAR:

$stRed, stBlue : \{0, 1\}$   
 $disp : \{empty, red, blue\}$   
 $coins : \{0, 1\}$   
 $customer : \{none, curious, adapted\}$

INIT:

$stRed = 1 \text{ AND } stBlue = 1 \text{ AND } customer = none \text{ AND } disp = empty \text{ AND } coins = 0$

ACTIONS:

*CustomerArrives* :  $customer = none \text{ AND } (customer' = curious \text{ OR } customer' = adapted)$

*CustomerLeaves* :  $customer \neq none \text{ AND } customer' = none \text{ AND } disp = empty$

*Recharge* :  $customer = none \text{ AND } stRed' = true \text{ AND } stBlue' = true$

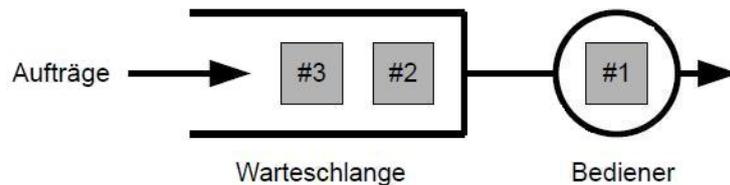
*CoinInsert* :  $customer \neq none \text{ AND } coins = 0 \text{ AND } coins' = 1$

*DispenseRed* :  $customer = curious \text{ AND } stRed = 1 \text{ AND } disp = empty \text{ AND } coins = 1 \text{ AND } disp' = red \text{ AND } coins' = 0$

*DispenseBlue* :  $customer = adapted \text{ AND } stBlue = 1 \text{ AND } disp = empty \text{ AND } coins = 1 \text{ AND } disp' = blue \text{ AND } coins' = 0$

*TakePill* :  $customer \neq none \text{ AND } disp \neq empty \text{ AND } disp' = none$

### Aufgabe 7.2 (6 Punkte) Ereignisdiskrete Simulation



Aufträge werden von einem System der Reihe nach angenommen. Bearbeitet das System schon einen Auftrag im Bediener, so wird jeder weitere Auftrag in einer FCFS-Warteschlange zwischengelagert. Ist ein Auftrag im Bediener fertig, so verlässt er das System und der nächste Auftrag wird sofort aus der nichtleeren Warteschlange übernommen. Messungen haben die in folgender Tabelle dargestellten Ankunftszeiten und Bedienzeiten von einzelnen Aufträgen ergeben:

Auftrag	Ankunftszeit	Bedienzeit
#1	0	1,5
#2	1,3	2,0
#3	4	3,5
#4	4,5	4,3
#5	5	2,5
#6	15	3,0
#7	16,7	4,5

- a) Führen Sie eine Handsimulation für dieses einfache Warteschlangensystem durch. Stoppen Sie die Simulation zum Zeitpunkt  $t = 20$ . Führen Sie dazu folgende Tabelle fort:

Zeitpunkt $t$	Ereignis	Bediener	Warteschlange	Ereignisliste
0	<i>Ankunft#1</i>	–	#1	$\langle \text{Beginn}\#1; t = 0 \rangle$
0	<i>Beginn#1</i>	#1	–	$\langle \text{Ende}\#1; t = 1,5 \rangle$
1,3	<i>Ankunft#2</i>	#1	#2	$\langle \text{Ende}\#1; t = 1,5 \rangle$
1,5	<i>Ende#1</i>	–	#2	$\langle \text{Beginn}\#2; t = 1,5 \rangle$
...	...	...	...	...

Bei Ankunft eines neuen Auftrages wird dieser zunächst in die Warteschlange eingefügt. Ist der Bediener leer, so wird automatisch das Ereignis  $\langle \text{Beginn}\#x; t = \text{Startzeit} \rangle$  generiert und in die Ereignisliste hinzugefügt.

Bei Abarbeitung des Ereignisses  $\langle \text{Beginn} \rangle$  wandert der Auftrag aus der Warteschlange zum Bediener. Gleichzeitig wird das neue Ereignis  $\langle \text{Ende}\#x; t = \text{Stoppzeit} \rangle$  in die Ereignisliste hinzugefügt, wobei Stoppzeit sich aus der Summation der aktuellen Zeit und der Bedienzeit ergibt. Tritt  $\langle \text{Ende}\#x; t = \text{Stoppzeit} \rangle$  ein, so wird der Auftrag aus dem Bediener entfernt. Sind weitere Aufträge in der Warteschlange, so muss wieder ein  $\langle \text{Beginn}\#x; t \rangle$  erzeugt werden.

Überlegen Sie sich, welche Werte Sie mitprotokollieren müssen, um die Leistungsgrößen im Aufgabenteil b) zu bestimmen.

- b) Bestimmen Sie folgende Leistungsgrößen am Ende der Simulation, indem Sie entsprechende (akkumulierte) Statistiken während der Simulation mitprotokollieren. Achten Sie auf das Ende der Simulation bei  $t = 20$ :
- Gesamtzahl der Aufträge die bearbeitet wurden;
  - Durchschnittliche Wartezeit eines Auftrages in der Warteschlange;
  - Maximale Wartezeit eines Auftrages in der Warteschlange;
  - Durchschnittliche Gesamtzeit eines Auftrages im System;
  - Maximale Gesamtzeit eines Auftrages im System.