Universität Erlangen-Nürnberg
Technische Fakultät
Lehrstuhl für Hardware-Software-Co-Design
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich

Klausur
Ereignisgesteuerte Systeme

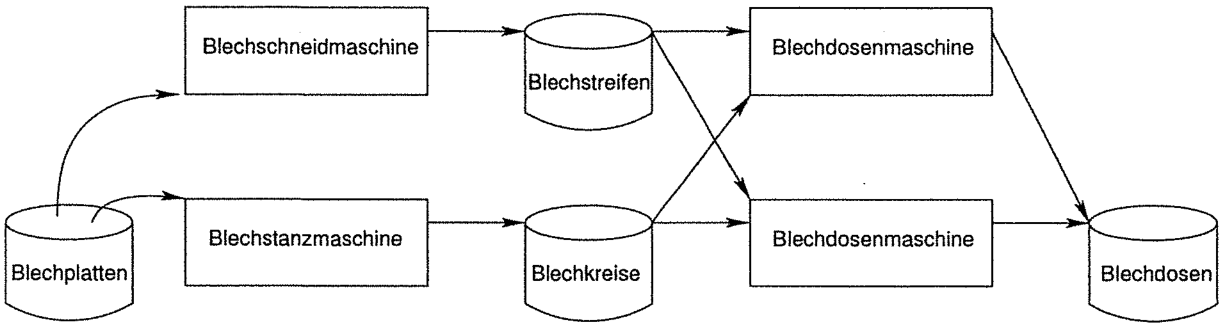
7. September 2005

Name	
Matrikelnummer	
Studienrichtung	

Aufgabe	1	2	3	Σ
max. Punkte	20	40	30	90
erreichte Punkte				
Note				

Aufgabe 1 (Petri-Netze) (20 Punkte)

Die Firma "Blechmaier & Co. KG" stellt Getränkedosen aus Blech her. Das Ausgangsmaterial für diesen Prozess sind kleine Blechplatten, die von verschiedenen Maschinen bearbeitet werden. Eine Maschine zerschneidet je eine Blechplatte in 6 rechteckige Blechstreifen. Diese Blechstreifen werden nach dieser Maschine in einem Behälter mit der Kapazität von 9 Blechstreifen zwischengelagert. Eine weitere Maschine stanzt aus einer Blechplatte immer 10 Blechkreise. Auch diese Blechkreise werden nach dieser Maschine in einem Behälter mit der Kapazität von 18 Blechkreisen zwischengelagert. Je ein Blechstreifen und zwei Blechkreise aus den Zwischenbehältern werden von zwei identischen Maschinen immer zu je einer Blechdose verarbeitet.
Die Anordnung der Maschinen kann also wie folgt schematisch dargestellt werden:



a) Stellen Sie dieses System als Petri-Netz dar. Modellieren Sie Kapazitätsbeschränkungen durch den Einsatz nicht kapazitätsbeschränkter Stellen. (5 Punkte)

b) Welche Möglichkeiten zur Analyse von Petri-Netzen kennen Sie? (2 Punkte)

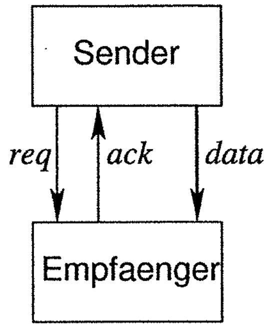
c) Stellen Sie zur Analyse des betrachteten Petri-Netzes dessen Inzidenzmatrix A auf. Zeigen Sie anhand von Stellen- und Transitionsinvarianten, ob das Petri-Netz <u>regulär</u> bzw. <u>reversibel</u> ist. Welche Stellen sind nicht sicher? (7 Punkte)

d) In jeder Stunde verarbeitet dieses System 110 Blechplatten. Ist es möglich, dass diese Blechplatten komplett zu Dosen verarbeitet werden, oder müssen noch Blechstreifen bzw. Blechkreise in den Zwischenbehältern liegen bleiben? Wie viele Blechdosen können aus diesen 110 Blechplatten gefertigt werden? (6 Punkte)

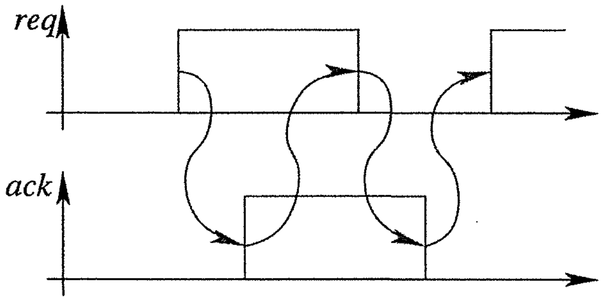
Aufgabe 2 (Verifikation) (40 Punkte)

In den folgenden Abbildungen ist ein System eines Senders und eines Empfängers zu sehen. Zum Austausch von Daten wird ein 4-Flanken-Protokoll verwandt, das ebenfalls skizziert ist.

System:



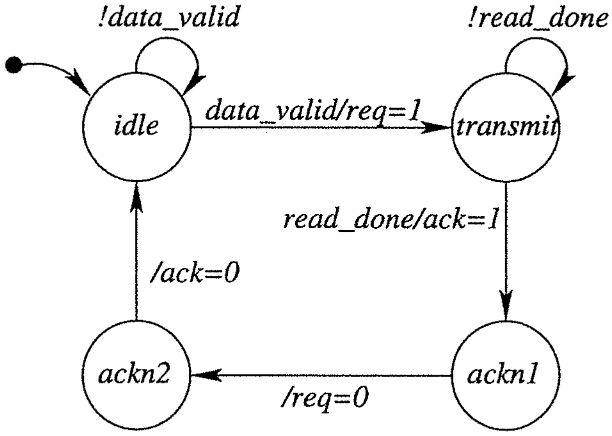
Protokoll:



Im Sender und Empfänger koordiniert je ein endlicher Zustandsautomat mit 4 Zuständen das Protokoll. Der Zustandsautomat im Sender hat neben dem Ausgangssignal *req* und dem Eingangssignal *ack* noch ein weiteres internes Eingangssignal *data_valid*, das anzeigt, wann ein Sendezyklus beginnen soll. Der Zustandsautomat im Empfänger hat neben dem Ausgangssignal *ack* und dem Eingangssignal *req* noch ein weiteres internes Eingangssignal *read_done*, das anzeigt, wann die Daten vom Eingang gelesen wurden und ein Acknowledge auf der Leitung *ack* gesendet werden soll.

a) Zeichnen Sie die Zustandsautomaten des Senders und des Empfängers. Einer der Zustände soll der Fehlerzustand *error* sein, der betreten wird, wenn ein unerwartetes *ack* oder ein verfrühtes Entfernen des *req* Signals auftritt. (8 Punkte)

In der folgenden Abbildung ist ein Zustandsautomat des kompletten Systems zu sehen, bei dem alle nicht erreichbaren Zustände entfernt wurden.



b) Geben Sie eine Kodierung der Zustände *idle*, *transmit*, *ackn*1 und *ackn*2 des kombinierten Automaten mit 2 Bits an, bei der ein Bit den Status von *ack* und das andere Bit den Status von *req* anzeigt. (4 Punkte)

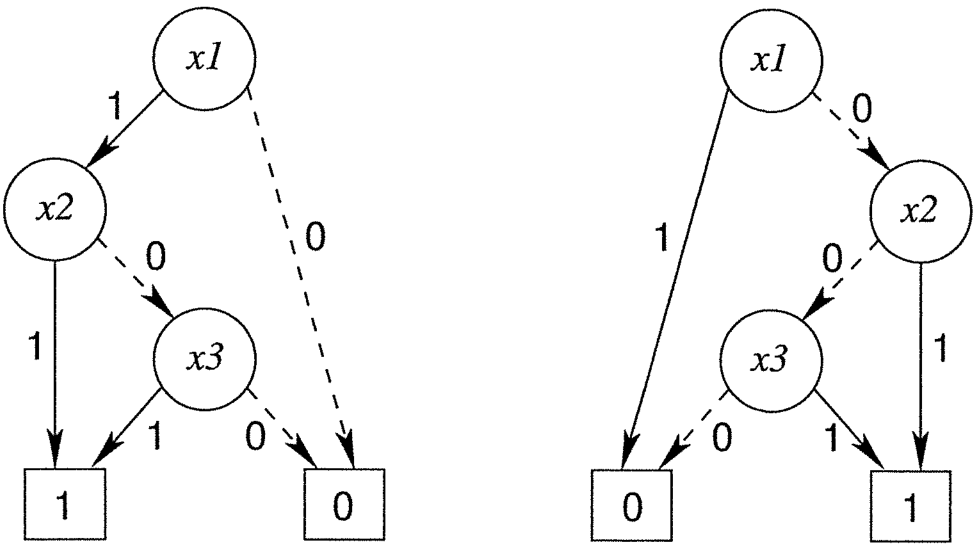
c) Erstellen Sie die charakteristische Funktion $\Psi_T(s_0, s_1, s'_0, s'_1)$ der Transitionsrelation T des kombinierten Automaten. (7 Punkte)

d) Bestimmen Sie mittels symbolischer Methoden die Menge der direkten Nachfolgezustände der Zustandsmenge $S = \{idle, ackn1\}$ (nur 1 Schritt). (8 Punkte)

e) Formulieren Sie folgende Eigenschaften des kombinierten Automaten als CTL-Formeln und berechnen Sie die Menge der Zustände, die diese CTL-Formel erfüllen: (7 Punkte)

- Nachdem das Signal *req* wahr wurde, wird unter allen Umständen auch das Signal *ack* wahr werden.
- Es gibt mindestens eine Möglichkeit, aus dem Zustand *idle* in den Zustand *ackn*1 zu gelangen.

f) Benutzen Sie den APPLY-Operator um die beiden unten abgebildeten OBDDs mit einem logischen ODER zu verknüpfen. Stellen Sie das Ergebnis wieder als reduzierten OBDD mit der Variablenordnung $x1 < x2 < x3$ dar. (6 Punkte)



$\overline{x_1}\,(\overline{x_2}\ x_3 + x_2) + \overline{x_1}$

Aufgabe 3 (Markov-Ketten) (30 Punkte)

Bei der Erprobung einer neuen Gangschaltung ergab sich bei verschiedenen Testläufen folgende Statistik für die Schaltvorgänge:

von Gang...	nach Gang...	% der Fälle
L (Leerlauf)	R (Rückwärtsgang)	10
L	1	80
L	2	10
1	L	15
1	2	85
2	L	20
2	1	80

War der Rückwärtsgang einmal eingelegt, dann konnte dieser nicht ohne Reparatur herausgenommen werden.

a) Wie viele Zustände besitzt die Markov-Kette? (2 Punkte)

b) Stellen Sie die Markov-Kette dar. (6 Punkte)

c) Bestimmen Sie die Übergangsmatrix P für die in b) aufgestellte Markov-Kette. (6 Punkte)

d) Sei $\vec{\pi}(0) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ der Anfangszustand. Die Elemente des Vektors $\vec{\pi}$ sind R, L, 1. Gang und 2. Gang. Wie sieht dann die Zustandswahrscheinlichkeit nach zwei Schritten aus? (8 Punkte)

e) Erläutern Sie den Begriff der transienten Zustände sowie der periodischen Zustände. (3 Punkte)

f) Gibt es in der Markov-Kette aus b) rückkehrende Zustände? Falls vorhanden, zählen Sie diese auf. (2 Punkte)

g) Was beschreibt die stationäre Zustandswahrscheinlichkeit und welche Bedingungen müssen zu ihrer Existenz eingehalten werden? (3 Punkte)

$\pi(n) = \pi(0) P^n$