

**Prüfungsklausur
im Fach
Automatisierungstechnik 1**


27. Juli 2010


Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Zugelassene Hilfsmittel:

Ausdruck der Vorlesungsfolien, Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug
(kein roter Stift) .

Das Mitbringen nicht zugelassener Hilfsmittel wie Schriftstücke oder lose Blätter gilt als Täuschung und führt zur Nichtanerkennung der Klausur .

Telefone, PDAs und andere Kommunikationsmittel bitte ausschalten!

Bitte beachten:

1. Schreiben Sie auf dieses Deckblatt Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer.
2. Alle Lösungen samt Lösungsweg (Begründungen) sind in eindeutiger Weise an den gekennzeichneten Stellen einzutragen.

 **Viel Erfolg!**

Aufgabe 1

In einer petrochemischen Anlage führen je nach Tageszeit ständig 5 bis 10 Personen Wartungsarbeiten durch. Die Anlage verarbeitet große Mengen einer entzündlichen Substanz, die, vermischt mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft, eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann. Durch sorgfältigen Explosionsschutz bei der Anlagenkonstruktion und ihre häufige Wartung ist die Explosionsgefahr sehr niedrig. Zusätzlich werden sicherheitskritische Prozessgrößen von einer PLT-Schutzeinrichtung überwacht.

- a) Welchen Wert darf die sog. Probability of Failure on Demand der PLT-Schutzeinrichtung höchstens haben? Begründen Sie Ihre Antwort.
- b) Könnte man durch die Umrüstung auf eine wartungsarme Anlagentechnik mit einer geringeren sicherheitstechnischen Verfügbarkeit der PLT-Schutzeinrichtung auskommen? Falls ja, unter welchen Umständen?

Aufgabe 2

Das Brandschutzsystem einer Industriehalle verwendet Rauchmelder mit einer mittleren Lebensdauer von 10 Jahren. Es sei angenommen, dass die Lebensdauern exponentialverteilt sind.

- a) Berechnen Sie die Ausfallrate eines solchen Rauchmelders.
- b) Bestimmen Sie die Zuverlässigkeitsfunktion eines solchen Rauchmelders.
- c) Ermitteln Sie die Wahrscheinlichkeit, dass ein solcher Rauchmelder innerhalb der ersten zwei Jahre nach Inbetriebnahme passiv ausfällt,
 - direkt aus der Ausfallrate des Rauchmelders (Wahrscheinlichkeit p_{c1}),
 - anhand der Zuverlässigkeitsfunktion des Rauchmelders (Wahrscheinlichkeit p_{c2}).Begründen Sie, welche der beiden Wahrscheinlichkeiten genauer im Sinne der genannten Angaben ist.
- d) Berechnen Sie die sicherheitstechnische Verfügbarkeit eines Brandmeldesystems, bei dem vier der o.g. Rauchmelder in einer 2oo4-Redundanz verschaltet sind. Die PFD eines Rauchmelders ergebe sich infolge entsprechender Wartung zu 5 %.
- e) Berechnen Sie die betriebstechnische Verfügbarkeit des Brandmeldesystems aus Teil d), wenn jeder Rauchmelder im Nichtauslösefall mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 % auslöst.

Aufgabe 3

Eine neue zweikanalige PLT-Schutzeinrichtung werde mit einer 2oo2-Redundanz betrieben. Beide Kanäle haben dieselbe Ausfallrate von 1000 FIT.

In einer jährlichen Inspektion werden beide Kanäle auf Funktionstüchtigkeit geprüft. Bei dieser Gelegenheit (und nur dann) werden defekte Kanäle erkannt und quasi verzögerungsfrei repariert.

- a) Zeichnen und beschriften Sie ein Markov-Modell mit den möglichen Kanalzuständen der Schutzeinrichtung; beschriften Sie die Zustandsübergänge mit den Übergangsraten, die sich aus der Beschreibung ergeben.

Geben Sie die Zustandswahrscheinlichkeiten bei der Inbetriebnahme und zum Zeitpunkt $t = 1$ h an.
- b) Die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb eines Zeitintervalls beide Kanäle aus demselben Grund ausfallen, betrage 3 % der Ausfallwahrscheinlichkeit jedes einzelnen Kanals. Ergänzen Sie im Markov-Modell aus Teil b) die entsprechende(n) Übergangsraten.

Wie nennt man einen solchen Ausfall mehrerer Kanäle in der englischen Fachsprache?
- c) Erklären Sie kurz (ohne rechnerische Details), wie sich aus obigem Markov-Modell die PFD der Schutzeinrichtung bestimmen lässt.

Aufgabe 4

Eine Prozessgröße y soll geregelt werden. Ihr Sollwert beträgt, abhängig vom Anlagenmodus, entweder 2,5 oder 5,0. Werte über 5,25 führen zu einer starken Belastung der Anlage und sollen vermieden werden. Ein Sprungantwortversuch wurde bereits durchgeführt (siehe Lösungsblätter).

Es soll ein Standardregler nach den Einstellregeln von Chien/Hrones/Reswick ausgelegt werden, der die Sollwerte möglich exakt einregeln kann und wenig empfindlich gegen Messrauschen ist.

- Identifizieren Sie die Parameter des zugrunde liegenden Strecken-Modellansatzes $G_S(s)$.
- Wählen Sie eine geeignete Reglerstruktur und begründen Sie Ihre Wahl anhand der oben beschriebenen Spezifikationen.
- Parametrieren Sie den Regler in geeigneter Weise. Begründen Sie auch hier Ihr Vorgehen.

Aufgabe 5

Mit Hilfe einer SPS sollen Stückgüter auf einem Fließband gezählt werden. Hierzu werden die Stückgüter an einem optischen Sensor vorbeigeführt (siehe Bild 1).

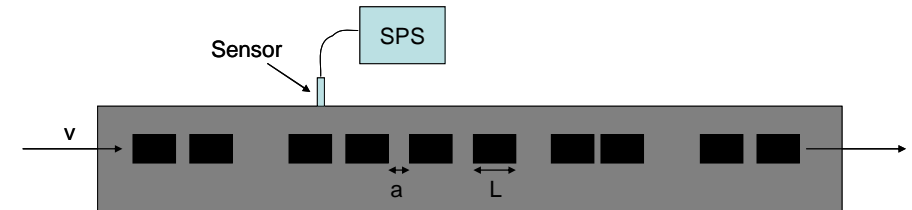


Bild 1: Aufbau der Anlage zum Zählen von Stückgütern

Das Fließband läuft mit einer konstanten Geschwindigkeit v . Die Stückgüter haben die konstante Länge L . Der Abstand a der Stückgüter ist variabel.

Die SPS verwendet zum Zählen positive Signalfanken am Sensor. D.h. bei einem Wechsel von *kein Stückgut* zu *Stückgut* wird der Zähler in der SPS um 1 inkrementiert.

Berechnen Sie die maximale Zykluszeit T der SPS, damit die Anlage kein Stückgut übersieht und nicht mehrere Stückgüter als ein Stückgut erkennt.

Führen Sie Ihre Berechnung für $v = 1$ m/s, $L = 1$ m und einen minimalen Abstand $a = 0,5$ m durch.

Aufgabe 6

Gegeben sei das SIPN in Bild 2:

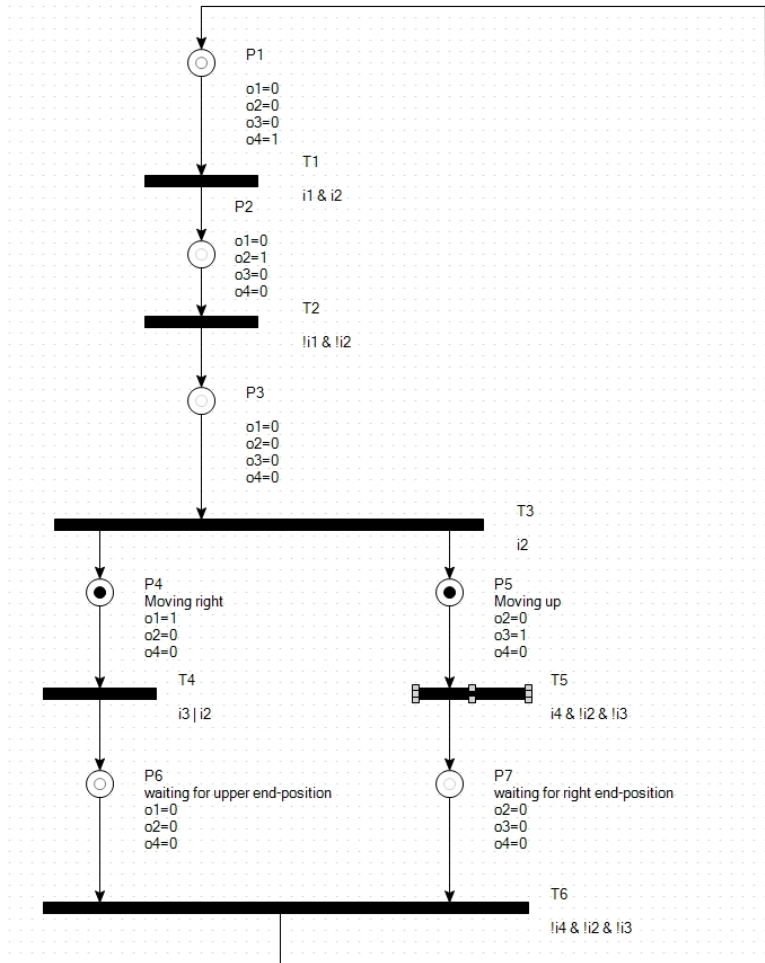


Bild 2: SIPN zu Aufgabe 6

Berechnen Sie den **Erreichbarkeitsgraphen des SIPN** (nicht den des zugrunde liegenden Petri-Netzes). Markieren Sie alle Livelocks und Deadlocks.

Aufgabe 7

Gegeben sei das SIPN in Bild 3:

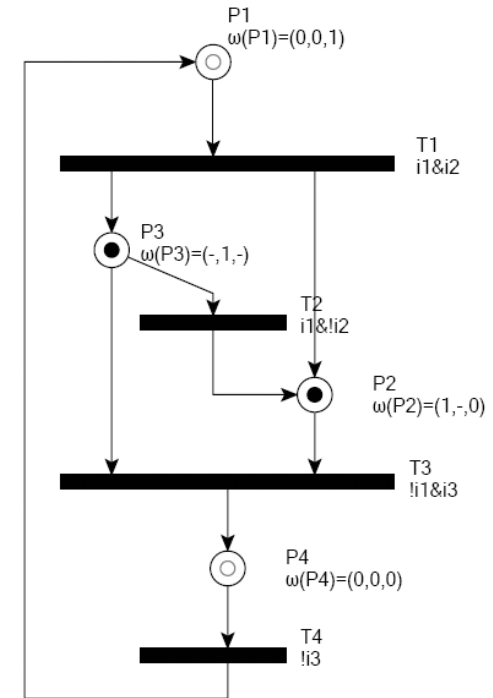


Bild 3: SIPN zu Aufgabe 7

Setzen Sie das SIPN aus Bild 3 strukturiert in SFC (Sequential Function Chart) um. Geben Sie die Schaltbedingungen als Kontaktplan und die Ausgabeanweisungen als Anweisungsliste an.

Aufgabe 8

Bild 4 stellt schematisch eine Anlage zum automatischen Befüllen von Flaschen dar.

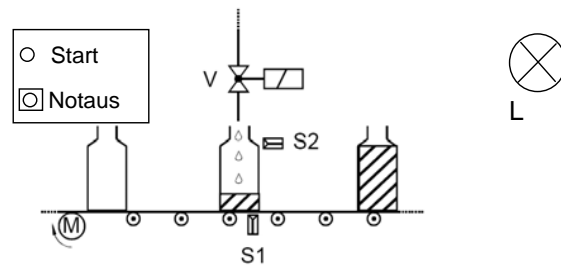


Bild 4: Schematischer Aufbau des Prozesses

Die Anlage verfügt über zwei Sensoren (S1, S2), drei Aktoren (Motor M, Ventil V, Lampe L). Die Anlage kann durch eine Start-Taste (Start) gestartet und durch eine Notaus-Taste (Notaus) gestoppt werden. Die Funktionsweise der Anlage sei wie folgt gegeben.

Die Anlage befinde sich zuerst in Ruhezustand (alle Aktoren aus). Nach Betätigung der Start-Taste beginne der normale Betrieb. Hierbei werden über das Förderband Flaschen an die Abfüllstelle unter dem Ventil transportiert, wobei der Motor M das Förderband antreibt. Der Sensor S1 detektiert, ob sich eine Flasche an der Abfüllstelle befindet. Dann soll die Flasche angehalten und über das Ventil V befüllt werden. Der Sensor S2 gibt an, ob die gewünschte Füllhöhe erreicht ist. Nach dem Befüllen wird die Flasche über das Förderband abtransportiert. Anschließend soll die nächste Flasche befüllt werden usw. Während des normalen Betriebs soll ständig die Lampe L blinken (500 ms an, 500 ms aus). Mit Betätigung der Notaus-Taste soll die Anlage unverzüglich in den Ruhezustand zurückkehren.

Die Bedeutung der booleschen Werte der Aktoren und Sensoren ist in Tabelle 1 angegeben.

	Logische 0	Logische 1
M	Motor AUS	Motor AN
V	Ventil GESCHLOSSEN	Ventil OFFEN
L	Lampe AUS	Lampe AN
S1	KEINE Flasche in Position	Flasche in Position
S2	Flasche NICHT gefüllt	Flasche GEFÜLLT
Start	Start-Taste nicht betätigt	Start-Taste betätigt
Notaus	Notaus-Taste betätigt	Notaus-Taste NICHT betätigt

Tabelle 1: Bedeutung der booleschen Werte von Aktoren und Sensoren

Entwerfen Sie ein **formal korrektes** SIPN, welches den oben beschriebenen Prozess automatisiert.

Nutzen Sie nach Möglichkeit Nebenläufigkeiten und realisieren Sie die Notaus-Funktion mittels dynamischer Synchronisation.

Aufgabe 9

Das Bussystem in Bild 5 arbeite nach dem Master-Slave-Zugriffsverfahren. Der Bus-Master sei in die Steuerung (SPS) integriert. Diese Steuerung realisiert die Funktion $Out_1 := In_1$. Der Eingang In_1 gehört zu einem Sensor, der an Knoten 2 abgeschlossen ist. Der zu Out_1 gehörige Aktuator ist an Knoten 6 angeschlossen.

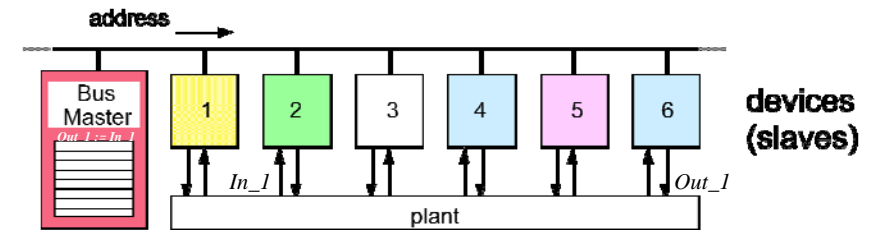


Bild 5: Bussystem

- Erklären Sie, welche Schritte zwischen einer Änderung des Sensorwertes und der entsprechenden Änderung des Aktuatorwertes ablaufen müssen.
- Kann mit der gegebenen Struktur ein Echtzeit-Verhalten erreicht werden?
- Wie würde sich der Ablauf aus Frage a) ändern, wenn statt des Master-Slave-Verfahrens ein CAN-Bus eingesetzt wird?

Was lässt in diesem über die Echtzeitfähigkeit sagen?

Annahmen: Die Identifier der Knoten sind durch die Knotennummer gegeben; die SPS hat den Identifier 0. Die Knoten 1 bis 6 arbeiten ereignisgetrieben; die SPS arbeitet zyklisch.