

**Prüfungsklausur
im Fach
Automatisierungstechnik 1**


11. Februar 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 chemischen Produktionsanlage befindet sich ein Reaktionsbehälter, der durch eine exotherme Reaktion einem stark schwankenden Druck ausgesetzt ist. Die sensible Prozessführung erfordert die ständige Anwesenheit eines Anlagenfahrers in unmittelbarer Nähe des Reaktionsbehälters. Schon geringe Ungenauigkeiten in der Prozessführung bewirken ein unzulässiges Ansteigen des Druckes im Behälter. In dieser Situation, die infolge schwankender Qualität der Reaktanten relativ häufig eintritt, kann nur durch ein Überdruckventil das Bersten des Behälters verhindert werden. Wie groß muss die sicherheitstechnische Verfügbarkeit der zugehörigen PLT-Schutzeinrichtung sein? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 2

Zur Kühlwasserversorgung einer Anlage sei ein Volumenstrom von 100 l/min erforderlich, der von einem System aus mehreren Pumpen zu erbringen ist. Für die Auslegung des Systems bieten sich zu gleichen Kosten folgende Varianten an:

Variante A: zwei baugleiche Pumpen vom Typ A mit je maximal 100 l/min Fördervolumenstrom und einer konstanten Ausfallrate von $\lambda_A = 2000 \text{ FIT}$;

Variante B: drei baugleiche Pumpen vom Typ B mit je maximal 50 l/min Fördervolumenstrom und einer konstanten Ausfallrate von $\lambda_B = 1500 \text{ FIT}$.

- Prüfen Sie rechnerisch, mit welcher der beiden Varianten das Pumpensystem nach 5 Jahren die höhere Verfügbarkeit liefert.
- Berechnen Sie die MTTF des Pumpensystems nach Variante A.

Aufgabe 3

Eine 3-kanalige PLT-Schutzeinrichtung werde mit Hilfe des in Bild 1 gezeigten Markov-Modells beschrieben. Die Kanalzustände sind dabei jeweils mit „OK“ (= Kanal funktionsfähig) und „D“ (= Kanal ausgefallen) bezeichnet.

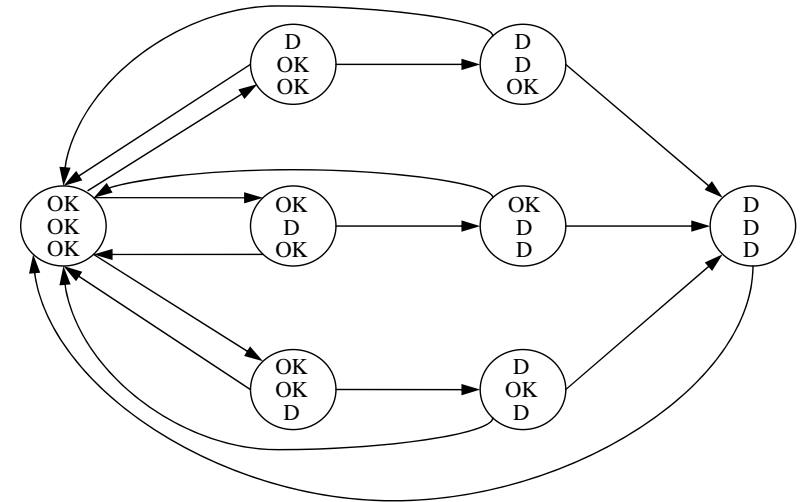


Bild 1: Markov-Modell zur PLT-Schutzeinrichtung.

- Die Ausfallraten der Kanäle seien λ_1 , λ_2 und λ_3 . Die gesamte Schutzeinrichtung werde einmal jährlich in einer Inspektion überprüft, wobei alle ausgefallenen Kanäle repariert werden. Dieser Vorgang ist im Markov-Modell durch die Reparaturraten μ_{1K} (bei Reparatur *eines* Kanals), μ_{2K} (bei Reparatur *zweier* Kanäle) und μ_{3K} (bei Reparatur aller *drei* Kanäle) modelliert. Beschriften im Markov-Modell auf dem Lösungsblatt Sie die Transitionen mit den entsprechenden Raten.
- Die Diagramme in Bild 2 zeigen die Verläufe der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten in den acht Zuständen des Markov-Modells. Ermitteln Sie hieraus die Wahrscheinlichkeit, dass nach einem Jahr keiner der drei Kanäle ausgefallen ist. Erläutern Sie Ihr Vorgehen.

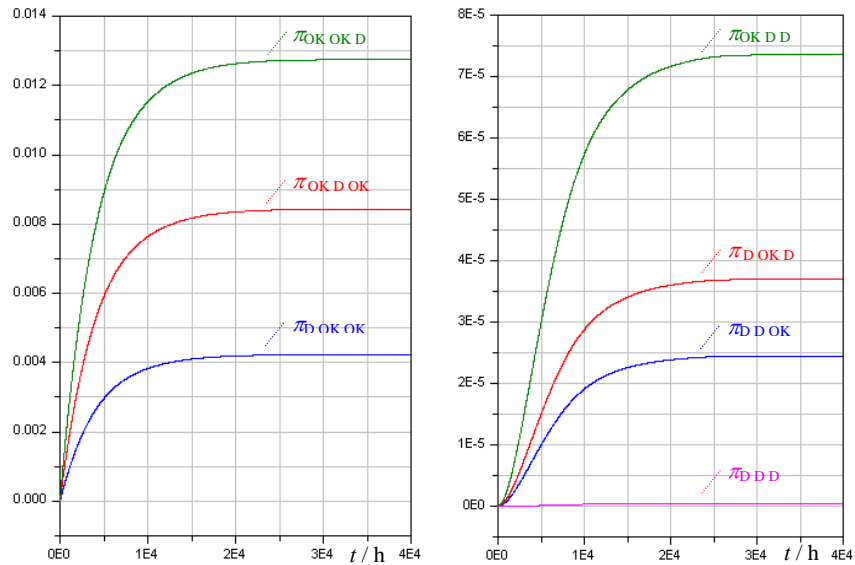


Bild 2: Zeitverläufe der Zustandswahrscheinlichkeiten des Markov-Modells zur PLT-Schutzeinrichtung.

- c) Bestimmen Sie mit Hilfe von Bild 2 die PFD der Schutzeinrichtung, wenn diese mit einer 2oo3-Redundanz über einen Zeitraum von vielen Jahren betrieben werden soll. Erläutern Sie Ihre Vorgehensweise kurz.

Aufgabe 4

Bild 3 zeigt schematisch eine Anlage zum automatischen Befüllen von Flaschen.

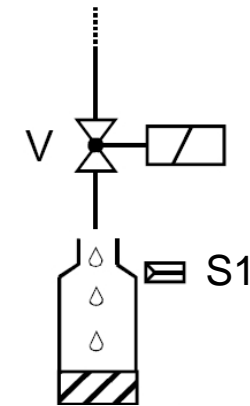


Bild 3: Schematischer Aufbau des Prozesses.

Die Anlage verfügt über einen Sensor S1 und einen Aktuator V. Über das Ventil V werden die Flasche befüllt. Der Sensor S1 zeigt an, wann das gewünschte Füllvolumen erreicht ist. Die Anlage wird durch eine SPS gesteuert, die dafür sorgt, dass das Ventil V geschlossen wird, sobald der Sensor S1 aktiviert ist.

S1 wird aktiviert, wenn die Flüssigkeit in der befüllten Flasche ein Volumen von 500 ml erreicht. Der Volumenstrom durch das Ventil V beträgt 6 l/min. Die SPS hat eine Zykluszeit von 20 ms. Es sei angenommen, das Ventil verhalte sich ideal, d.h., sobald die SPS das entsprechende Ausgangssignal gesetzt hat, schließt sich das Ventil vollständig und verzögerungsfrei.

- a) Sind die tatsächlichen Füllvolumen in allen Flaschen gleich? Begründen Sie Ihre Antwort.
- b) Falls sich das Füllvolumen von Flasche zu Flasche unterscheidet, in welchem Bereich variiert es?

Aufgabe 5

Bild 4 zeigt ein Druckluftsystem mit Drucktank und zwei Druckluftkompressoren (angetrieben von Motor A bzw. Motor B).

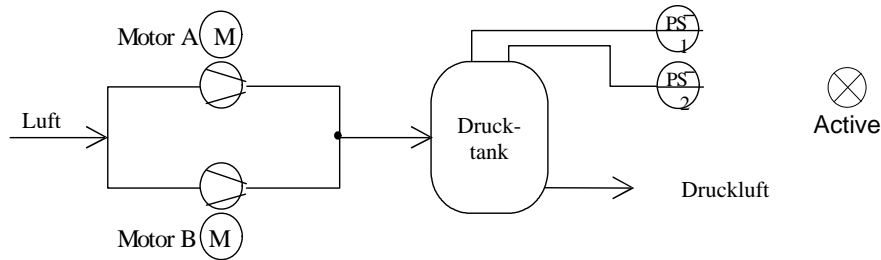


Bild 4: Druckluftsystem

Die informelle Spezifikation des Steuerungsalgorithmus macht folgende Angaben:

1. Ist der Druck niedriger als 5,1 bar (PS1 löst aus), soll Motor A laufen.
2. Ist der Druck größer oder gleich 5,1 bar (PS1 löst nicht aus), soll kein Motor laufen.
3. Ist der Druck niedriger als 4,9 bar (PS2 löst aus), sollen beide Motoren laufen.
4. Die Leuchte "Active" blinkt (500 ms an, 500 ms aus), sobald mindestens einer der beiden Sensoren auslöst (PS1 oder PS2 oder beide). Sonst ist die Lampe aus.

Die Eingangs- und Ausgangssignale sowie die Bedeutung der logischen 1 sind Tabelle 1 gegeben.

Signal	I/O	Label	Bedeutung der logischen 1
PS1	I	i1	PS1 löst aus: i1=1
PS2	I	i2	PS2 löst aus: i2=1
MotorA	O	o1	Motor A läuft: o1=1
MotorB	O	o2	Motor B läuft: o2=1
Active	O	o3	Lampe leuchtet: o3=1

Tabelle 1: Belegung der Ein- und Ausgangssignale

Entwerfen Sie ein SIPN, welches das Verhalten des Steuerungsalgorithmus abbildet.

Aufgabe 6

Konstruieren Sie den Erreichbarkeitsgraphen des SIPN in Bild 5 (nicht denjenigen des unterlagerten Petrinetzes). Markieren Sie, sofern vorhanden, alle Livelocks und Deadlocks.

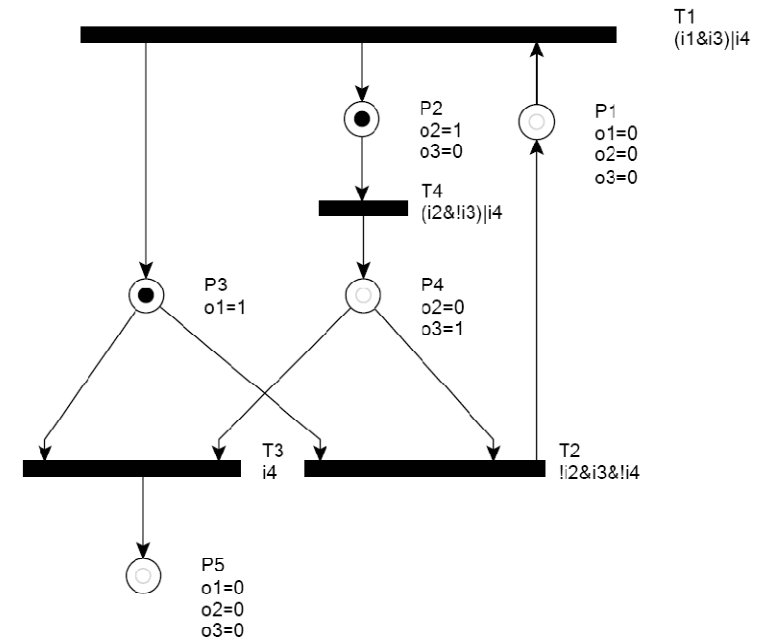


Bild 5: SIPN zu Aufgabe 6

Aufgabe 7

Implementieren Sie das SIPN in Bild 6 in struktur-erhaltender Weise als Anweisungs-liste / Instruction List (AWL bzw. IL) nach IEC 61131-3. Tabelle 2 zeigt die zugehörigen Eingangs- und Ausgangssignale.

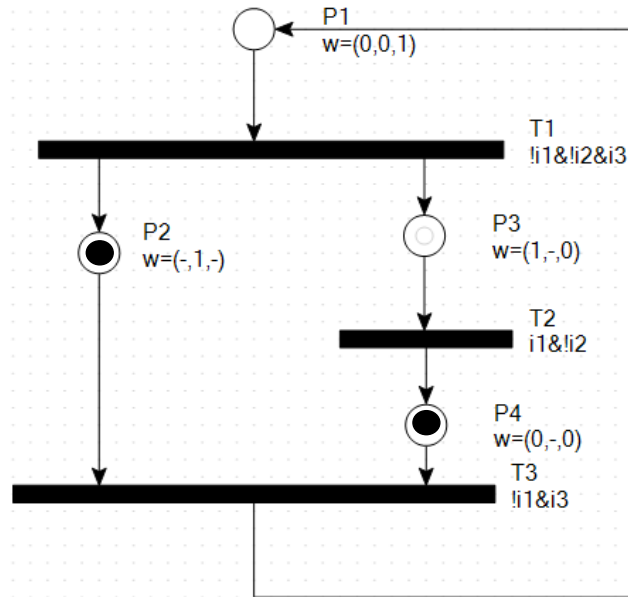
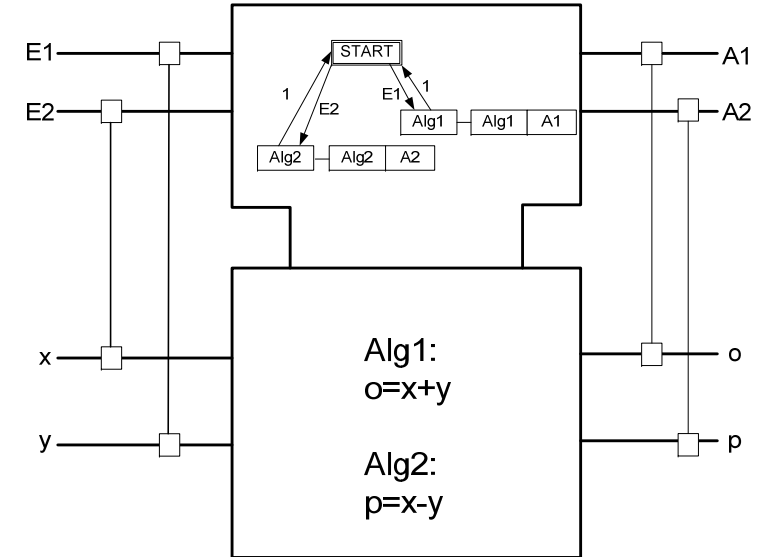


Bild 6: SIPN zu Aufgabe 7

Signal	Adresse	Signal	Adresse
i1	%IX0.1	o1	%QX0.1
i2	%IX0.2	o2	%QX0.2
i3	%IX0.3	o3	%QX0.3

Tabelle 2: Eingangs- und Ausgangssignale

Aufgabe 8



a) Erläutern Sie die elementaren Schritte der Abarbeitung des obigen Funktionsblockes, wenn das Ereignis E1 eintrifft. Der ECC befindet sich im Zustand START.

b) Gegeben seien die folgenden Werte der internen Variablen des FBs:

$$x = 3; y = 5; o = 8; p = -2$$

Wenn das Ereignis E1 eintrifft, liegen an den Dateneingängen x und y die folgenden Werte:

$$x = 1; y = 2$$

Geben Sie die Werte der Datenausgänge von o und p nach der Abarbeitung von E1 an.

Aufgabe 9

Das Bussystem in Bild 7 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.

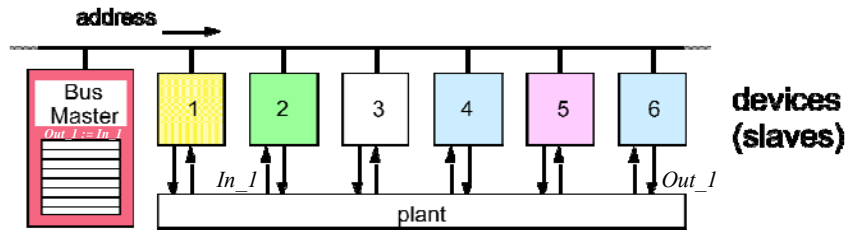


Bild 7: Bussystem

- 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 ändern, wenn statt des Master-Slave-Verfahrens ein CSMA-Verfahren eingesetzt wird?

Aufgabe 10

Es soll die Raumtemperatur T eines Büroraumes bei winterlichen Außentemperaturen geregelt werden. Als Aktuator steht ein elektrischer Heizkörper zur Verfügung, dessen Wärmeabgabe in etwa proportional zur wirksamen Stellgröße ist. In einem Experiment wird die Sprungantwort (siehe Lösungsblätter) aufgenommen (wobei die wirksame Stellgröße bei $t = 0$ von 0 % auf 100 % gesetzt wird). Die Ausgangsgröße $y = T - T_0$ ist die Änderung der Raumtemperatur gegenüber ihrem Anfangswert T_0 . Aufgrund des Verhaltens der Sprungantwort wird entschieden, zur Reglerauslegung die Einstellregeln nach Chien/Hrones/Reswick anzuwenden.

- Identifizieren Sie die Parameter des zugrunde liegenden Strecken-Modellansatzes $G_S(s)$.
- Lässt sich mit einem PI-Regler eine stationär genaue Regelung erreichen? Begründen Sie Ihre Antwort anhand der Übertragungsfunktion des Regelungssystems, $G(s) = W(s)/Y(s)$.
- Dimensionieren Sie die Parameter eines PI-Reglers

$$G_R(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I \cdot s} \right)$$

so, dass nach einem Sollwertsprung eine möglichst kurze Anregelzeit zu erwarten ist. Begründen Sie Ihre Wahl.

- Welches ungünstige Verhalten könnte mit obigem PI-Regler auftreten, nachdem der Raum eine Zeitlang durch geöffnete Fenster gelüftet wurde? Durch welche Ergänzung des Regelgesetzes lässt sich dieses Problem beheben bzw. lindern?