

Musterlösung

Automatisierungstechnik I – SS20

Nachname:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
Hörsaal:	Sitzplatz:	Unterschrift:

Prüfungstag: 07.08.2020 **Prüfungsumfang:** 7 Aufgaben (18 Seiten)
Prüfungsdauer: 120 Minuten **Hilfsmittel:** Alle, außer
Maximalpunktzahl: 120 Punkte Kommunikations-
geräte

- Hinweise:**
- 1.) Verlangt sind alle Aufgaben.
 - 2.) Verwenden Sie **keinen Rotstift / Grünstift / Bleistift**.
 - 3.) Tragen Sie auf diesem **Deckblatt** Ihren **Vor- und Nachnamen**, Ihre **Matrikelnummer**, die **Hörsaal-** und **Sitzplatznummer** ein und **unterschreiben** Sie anschließend.
 - 4.) Tragen Sie auf **allen Blättern** Ihre **Initialen** (1. Buchstabe von Vor- und Nachnamen) ein.
 - 5.) Verwenden Sie für **Ihre Lösungen unbedingt** die jeweiligen Lösungsfelder.
 - 6.) Geben Sie dieses **Deckblatt zusammen** mit Ihren in der **richtigen Reihenfolge sortierten Aufgabenblättern** ab.

Alle Angaben ohne Gewähr auf Richtigkeit oder Vollständigkeit.

Stand: 22.02.2021

----- Nicht von Studierenden auszufüllen -----

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	
Maximal	11	17	16,5	16	16	13,5	30	
Erreicht								

Aufgabe 1: CAN-Bus (11 Punkte)

Es soll ein Datenanforderungstelegramm mit dem Identifier 001(hex) angefordert werden. Erstellen Sie das Anforderungstelegramm bis zum Beginn des CRC-Segments. Benennen Sie die einzelnen (Unter-)Segmente und kennzeichnen Sie Stuffings-Bits mit einem „*“.

Hinweis: Die Länge der Tabelle erlaubt keinen Rückschluss auf die Anzahl notwendiger Bits.

Tabelle 1: Anfang des zu sendenden CAN-Telegramms

Bezeichnung	S O F	ID					*	ID (cont.)					*	ID (cont.)		R T R
Bit-Wert	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Bit-Nummer	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Bezeichnung	I D E	F D F	DLC			*	D L C									
Bit-Wert	0	0	0	0	0	1	0									
Bit-Nummer	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	

Bezeichnung																
Bit-Wert																
Bit-Nummer	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	

Aufgabe 2: Scheduling (17 Punkte)

Hinweis: Die Teilaufgaben in Aufgabe 2 können alle unabhängig voneinander bearbeitet werden.

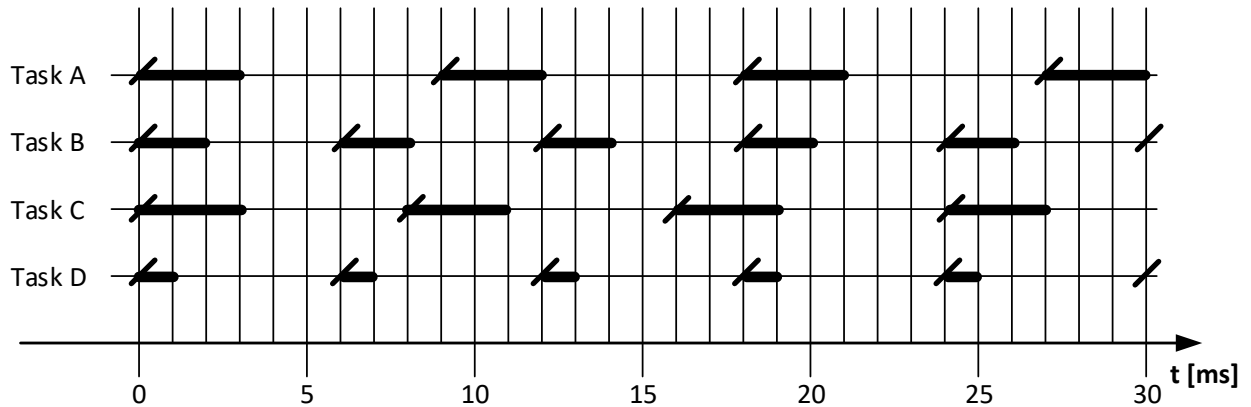


Abbildung 1: Soll-Ablauf der Tasks A, B, C und D

Gegeben sei ein periodisches Taskset mit vier Tasks und einem Soll-Ablaufverhalten entsprechend Abbildung 1. Die Periode ist gleichzeitig als Deadline für die Ausführung zu interpretieren. Die Prioritäten der Tasks können der Tabelle 2 entnommen werden (kleinste Zahl entspricht höchster Priorität). Es steht ein Rechenkern zur Verfügung.

Tabelle 2: Prioritäten

Task	Priorität
Task A	4
Task B	1
Task C	2
Task D	3

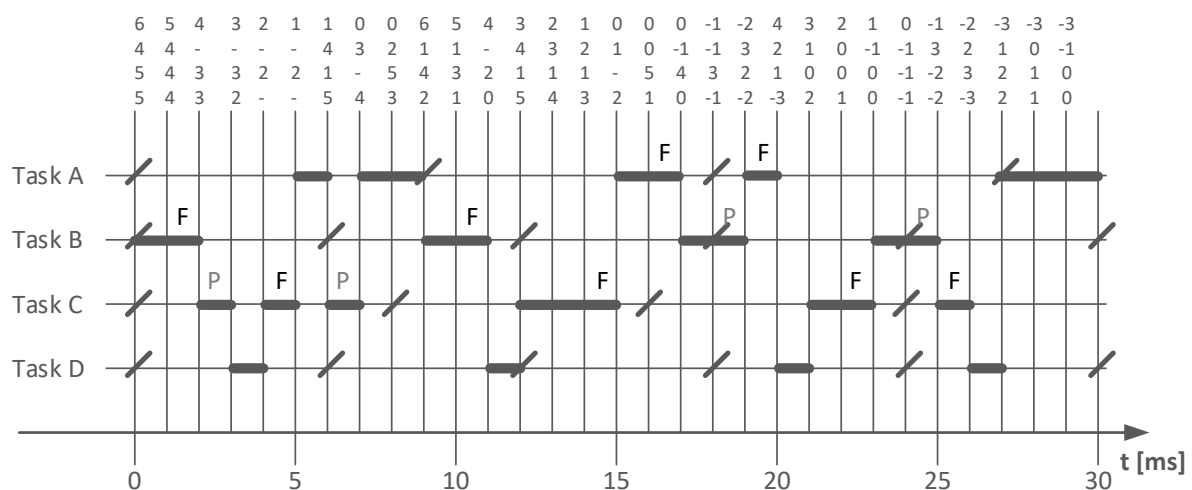


Abbildung 2: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Verfahren des kleinsten Spielraums)

Aufgabe 2.1: Kleinsten Spielraum (4 Punkte)

Bitte kennzeichnen Sie – soweit zutreffend – alle Entscheidungen, die nicht auf dem primären Entscheidungs-Kriterium des Spielraum-Schedulings, sondern auf der Fortführung der jeweiligen Task beruhen in Abbildung 2 mit einem „F“.

Aufgabe 2.2: Abweichungen (7 Punkte)

Wie oft werden die einzelnen Tasks im Bereich $0 \leq t < 30$ ms gemäß Abbildung 2 jeweils beauftragt? Wie viele Beauftragungen gibt es in diesem Zeitraum insgesamt?

Anzahl Beauftragungen von Task A:	4	Anzahl Beauftragungen von Task B:	5
Anzahl Beauftragungen von Task C:	4	Anzahl Beauftragungen von Task D:	5
Anzahl Beauftragungen insgesamt:	18		

Wie groß sind die jeweiligen Summen der Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Ablauf der einzelnen Tasks sowie des Tasksets im Bereich $0 \leq t < 30$ ms gemäß Abbildung 2?

Hinweis: Bei unvollendeten Beauftragungen sind auch und nur die bis zum Ende des Betrachtungszeitraums entstandenen Abweichungen zu betrachten.

Abweichungen Task A (Ausführungsbeginn):	≥ 23 ms	Abweichungen Task A (Ausführungsende):	≥ 26 ms
Abweichungen Task B (Ausführungsbeginn):	≥ 19 ms	Abweichungen Task B (Ausführungsende):	≥ 19 ms
Abweichungen Task C (Ausführungsbeginn):	≥ 17 ms	Abweichungen Task C (Ausführungsende):	≥ 21 ms
Abweichungen Task D (Ausführungsbeginn):	≥ 30 ms	Abweichungen Task D (Ausführungsende):	≥ 30 ms
Abweichungen Taskset (Ausführungsbeginn):	≥ 89 ms	Abweichungen Taskset (Ausführungsende):	≥ 96 ms

Wie groß sind die mittleren Abweichungen der einzelnen Tasks im Bereich $0 \leq t < 30$ ms gemäß Abbildung 2? Wie groß ist die mittlere Abweichung des Tasksets in diesem Zeitraum?

Mittlere Abweichung Task A (Ausführungsbeginn):	$\geq 5,75$ ms	Mittlere Abweichung Task A (Ausführungsende):	$\geq 6,5$ ms
Mittlere Abweichung Task B (Ausführungsbeginn):	$\geq 3,8$ ms	Mittlere Abweichung Task B (Ausführungsende):	$\geq 3,8$ ms
Mittlere Abweichung Task C (Ausführungsbeginn):	$\geq 4,25$ ms	Mittlere Abweichung Task C (Ausführungsende):	$\geq 5,25$ ms
Mittlere Abweichung Task D (Ausführungsbeginn):	≥ 6 ms	Mittlere Abweichung Task D (Ausführungsende):	≥ 6 ms
Mittlere Abweichung Taskset (Ausführungsbeginn):	$\geq 4,94$ ms	Mittlere Abweichung Taskset (Ausführungsende):	$\geq 5,33$ ms

Aufgabe 2.3: Kleinste Restantwortzeit (6 Punkte)

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 4 verwenden. Er dient als Ersatz. Kennzeichnen Sie eindeutig, welche Zeichnung gewertet werden soll.

Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks bei einer Beauftragung entsprechend Abbildung 1 und Tabelle 2 beim Scheduling nach dem Verfahren der kleinsten Restantwortzeit im Bereich $0 \leq t < 30$ ms. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 3 ein. Bitte kennzeichnen Sie dabei alle Entscheidungen, die nicht auf dem primären Entscheidungs-Kriterium des Restantwortzeit-Schedulings beruhen mit „F“ bzw. „P“.

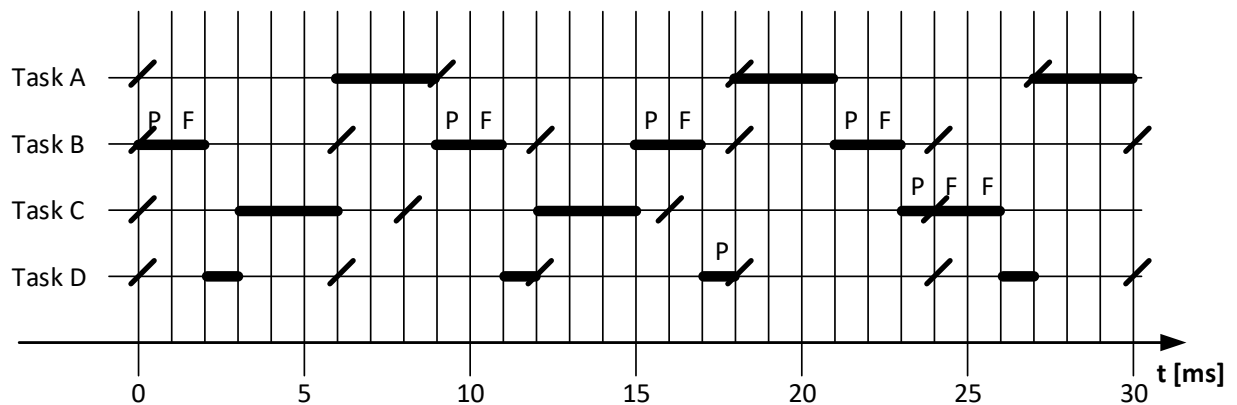


Abbildung 3: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Verfahren der kleinsten Restantwortzeit)

Aufgabe 2._____:

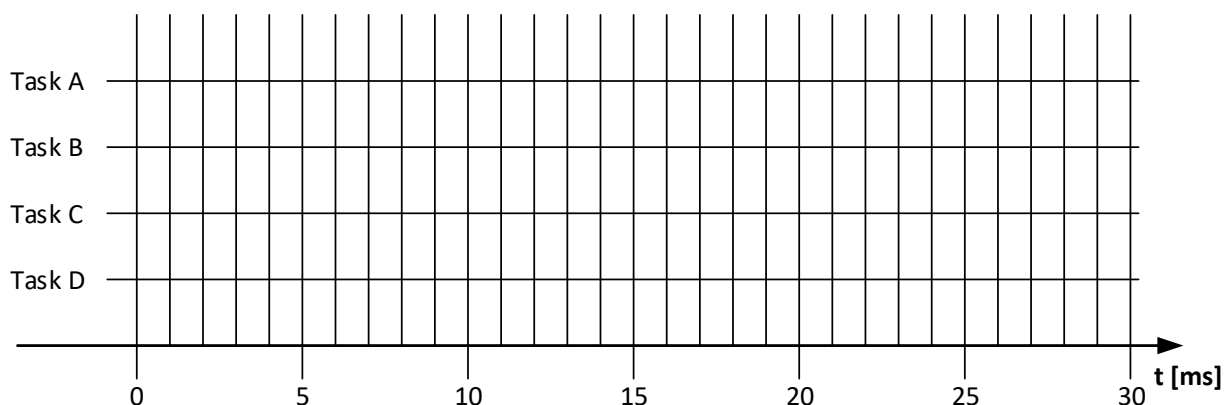


Abbildung 4: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Ersatzdiagramm)

Aufgabe 3: Semaphore (16,5 Punkte)

Hinweis: Die Teilaufgaben in Aufgabe 3 können alle unabhängig voneinander bearbeitet werden.

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 10 verwenden. Er dient als Ersatz. Kennzeichnen Sie eindeutig, welche Zeichnung gewertet werden soll.

Gegeben sei der Ablauf dreier Tasks A, B und C gemäß Abbildung 5. Das ausführende System verfügt über einen Rechenkern. Zu Beginn haben alle Semaphore S0, S1 und S2 den Wert 1. Ferner hat Task B die niedrigste Priorität und Task C die höchste.

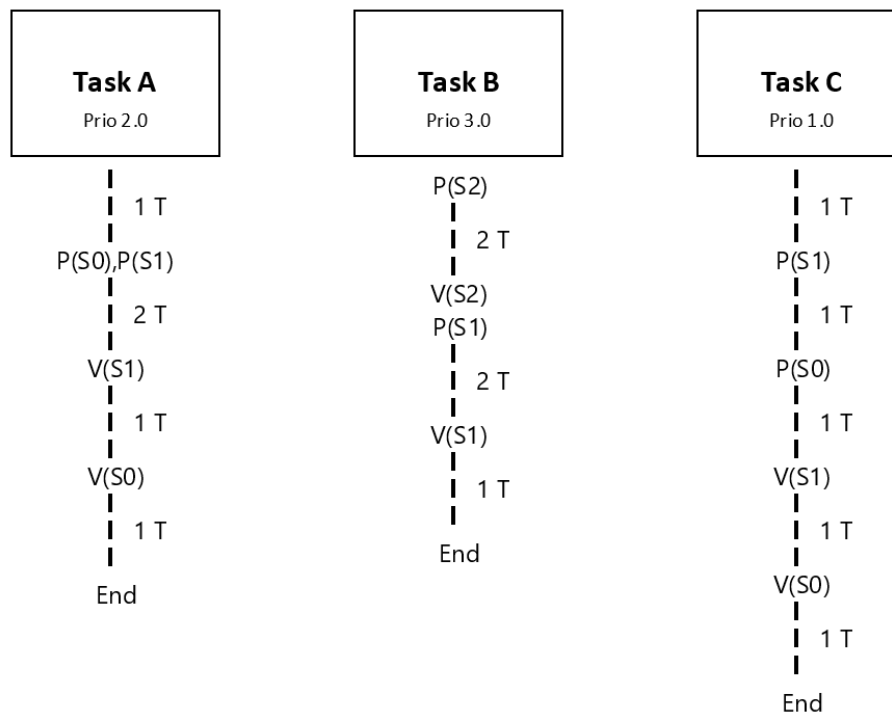


Abbildung 5: Struktur des Tasksets

Tabelle 3 nennt den Zeitpunkt der einmaligen Aktivierung der drei Tasks.

Tabelle 3: Aktivierungszeiten

Task	Aktivierungszeit
A	$t = 3 T$
B	$t = 0 T$
C	$t = 6 T$

Nutzen Sie im Folgenden das präemptive Scheduling nach festen Prioritäten.

Aufgabe 3.1: Soll-Ablauf (1,5 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Soll-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 15 T$. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 6 ein.

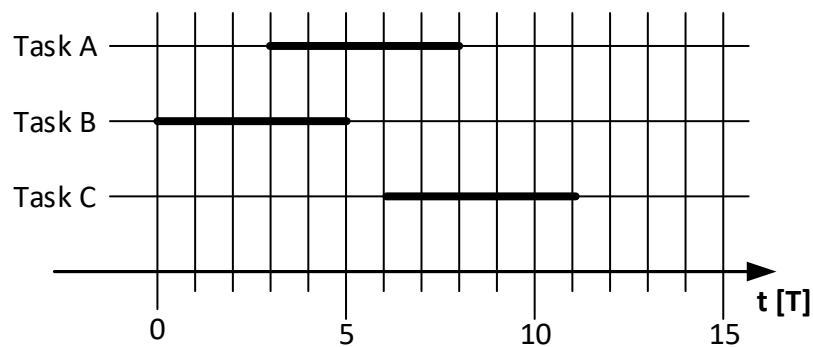


Abbildung 6: Soll-Ablauf der Tasks A, B und C

Aufgabe 3.2: Ist-Ablauf (4,5 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 15 T$ bei einer Beauftragung gemäß Abbildung 5 und Tabelle 3. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 7 ein. Nennen Sie auch den Wert der einzelnen Semaphore für das Ende jeden Zeitschritts und nutzen Sie dafür die über dem Diagramm abgedruckten Kästchen.

S0:	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
S1:	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
S2:	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

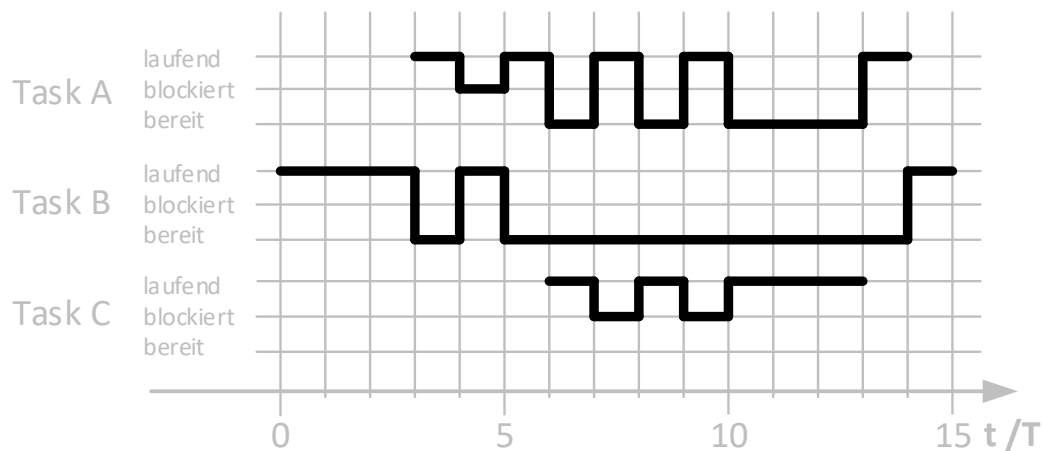


Abbildung 7: Ist-Ablauf der Tasks A, B und C

Aufgabe 3.3: Priority Inheritance Protocol (4,5 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 15 T$ bei einer Beauftragung gemäß Abbildung 5 und Tabelle 3 unter Anwendung des Priority Inheritance Protocols. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 8 ein. Nennen Sie auch den Wert der einzelnen Semaphore für das Ende jeden Zeitschritts und nutzen Sie dafür die über dem Diagramm abgedruckten Kästchen.

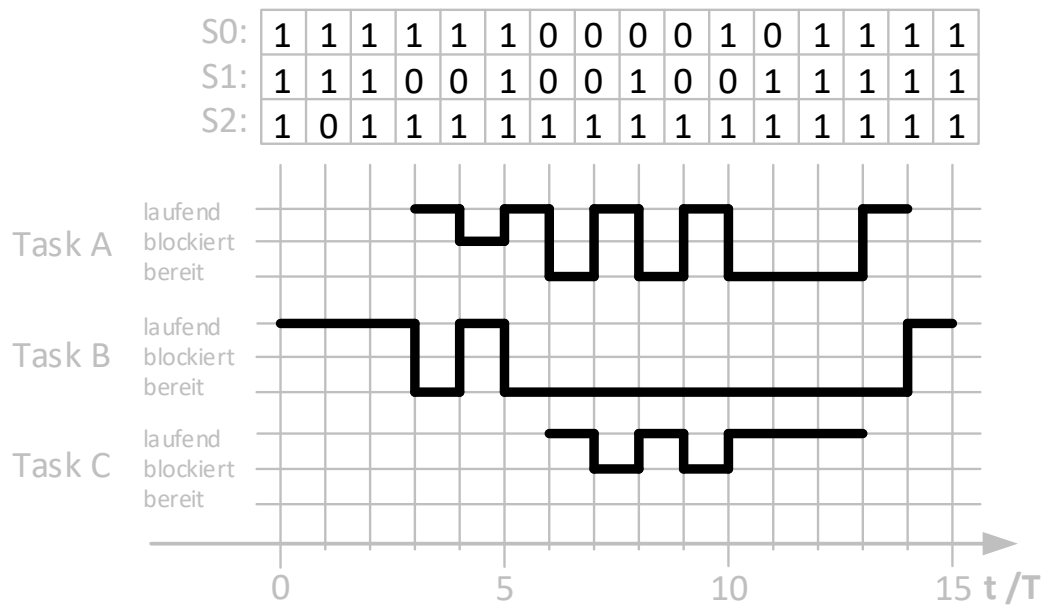


Abbildung 8: Ist-Ablauf der Tasks A, B und C (Priority Inheritance)

Aufgabe 3.4: Priority Ceiling Protocol (6 Punkte)

a) Geben Sie in Tabelle 4 die Prioritätsüberschranken der Semaphore S0, S1 und S2 bei einer Beauftragung gemäß Abbildung 5 und Tabelle 3 an.

Tabelle 4: Prioritätsüberschranken

Priority Ceiling S0	1
Priority Ceiling S1	1
Priority Ceiling S2	3

b) Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 15 T$ bei einer Beauftragung gemäß Abbildung 5 und Tabelle 3 unter Anwendung des Priority Ceiling Protocols. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 9 ein. Nennen Sie auch den Wert der einzelnen Semaphore für das Ende jeden Zeitschritts und nutzen Sie dafür die über dem Diagramm abgedruckten Kästchen.

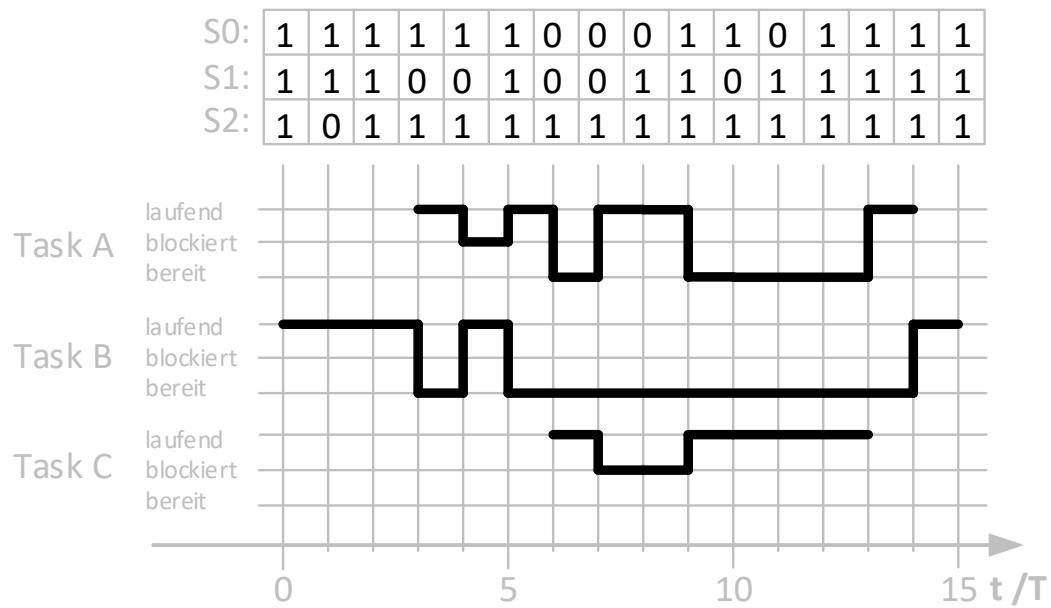


Abbildung 9: Ist-Ablauf der Tasks A, B und C (Priority Ceiling)

Aufgabe 3. _____:

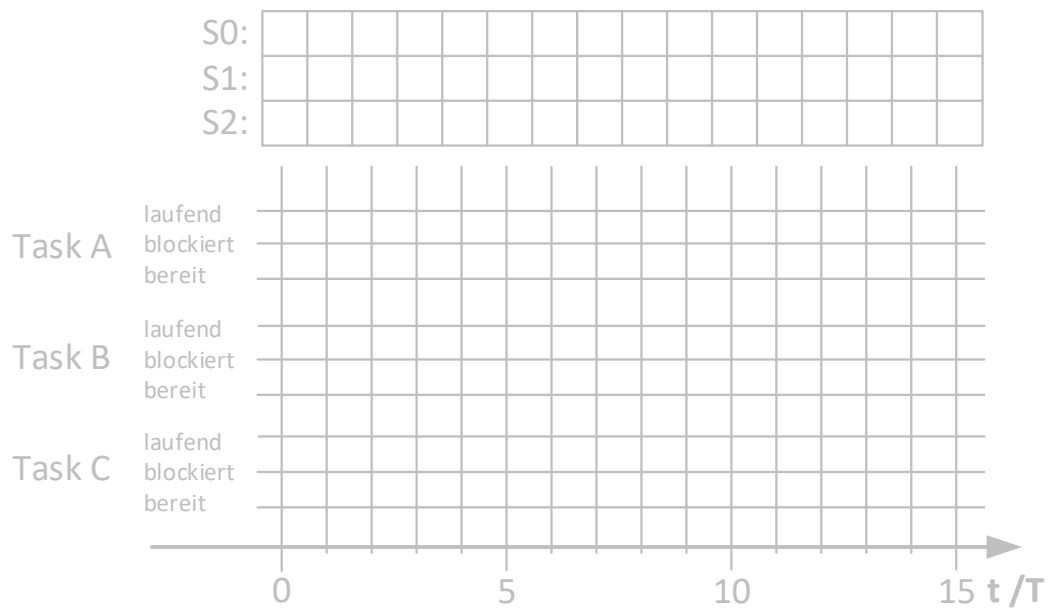


Abbildung 10: ____-Ablauf der Tasks A, B und C (Ersatz-Diagramm)

Aufgabe 4: Automatisierungsprojekt (16 Punkte)

Sie arbeiten in der Entwurfsabteilung eines kleinen Anlagenbauers. Ein Kunde wünscht sich von Ihnen ein modulares Produktionssystem (MPS) bestehend aus vier Förderbändern und acht Bearbeitungsmodulen. Das MPS soll sehr flexibel unterschiedliche Produkte ohne großen Anpassungsaufwand produzieren können.

Führen Sie eine SWOT-Analyse zum Einsatz einer Service-orientierten Architektur (SoA) für den Entwurfsauftrag durch. Beschriften Sie dabei zuerst die Zeilen, Spalten und Zellen des SWOT-Diagramm-Vordrucks in Tabelle 5. Nennen Sie anschließend jeweils zwei voneinander unabhängige Einschätzungen für jede der vier Kategorien.

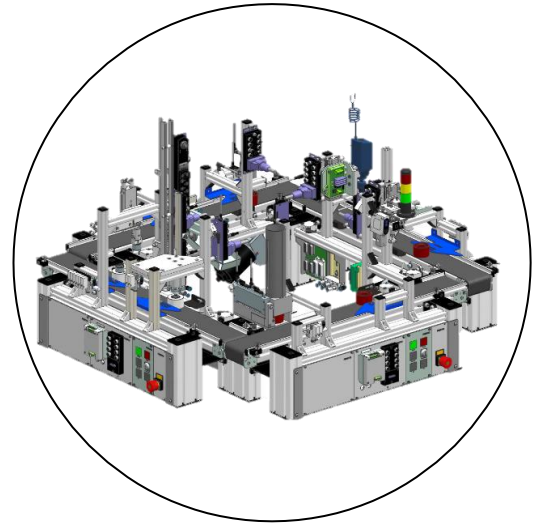


Abbildung 11: Modulares Produktionssystem (MPS)

Tabelle 5: SWOT-Diagramm

	Nützlich	Schädlich
	Strengths	Weaknesses
Innere Einflüsse („bietet“)	- Einfache Austauschbarkeit von Komponenten (Plug and Produce) - Einfaches Hinzufügen neuer Services / Funktionalitäten - Hohe Ausfallsicherheit des Gesamtsystems (ausgefallene Komponenten bieten einfach keine Services mehr an)	- Abhängigkeit von gemeinsamen Schnittstellen - Dezentralität erhöht im Entwurf die Komplexität (Koordinationsaufwand) - Discovery Server ist Single Point of Failure
	Opportunities	Threats
Äußere Einflüsse („ermöglicht“)	- Hohe Flexibilität in der Produktion (bspw. für Losgröße 1) - Hohe Rekonfigurierbarkeit erlaubt einfache Anpassung zur Betriebszeit - Einfache Einbindung in übergeordnete ERP- und MES-Systeme	- Updates können zu Inkompatibilitäten führen - Inkompatibilitäten zwischen Standards können Integration verhindern

Aufgabe 5: Programmierung von Industriesteuerungen (16 Punkte)

Hinweis: Die Teilaufgaben in Aufgabe 5 können alle unabhängig voneinander bearbeitet werden.

Aufgabe 5.1: Ergänzung eines SPS-Programms (9 Punkte)

Um die Sicherheit der Mitarbeiter während der Ausbreitung von COVID-19 zu gewährleisten, soll eine Desinfektionseinheit über dem Förderband für den Transport eingehender Pakete in ein Lagerhaus installiert werden. Abbildung 12 stellt diese Installation dar.

Wenn das Paket auf das Band geladen wird, erkennt ein Näherungssensor das Paket und der Motor des Förderbands wird aktiviert.

Wenn das Paket die Desinfektionssprüheinheit erreicht, erfasst ein zweiter Näherungssensor die Position des Pakets, woraufhin der Motor gestoppt und die Desinfektionslösung versprüht wird. Die Auslösung des Sprühstoßes ist eine Einzelaktion, die zusätzlich einen Timer startet.

Nach einer Wartezeit von 3 Sekunden wird der Förderbandmotor erneut aktiviert und das Paket wird in das Lager abtransportiert.

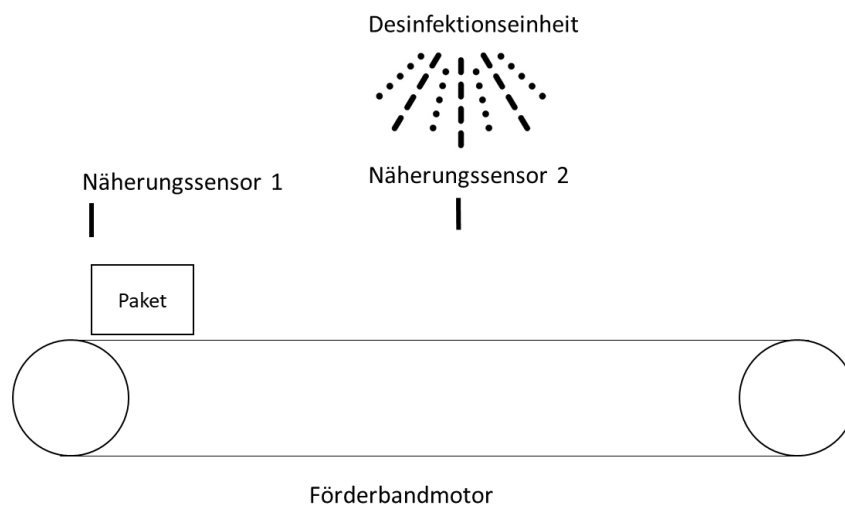


Abbildung 12: Desinfektionseinheit

Die Ein- und Ausgänge sind folgendermaßen gewählt:

Eingang	Typ	Bezeichner	Ausgang	Bezeichner
Näherungssensor 1	Schließer	E0.0	Förderbandmotor	A0.0
Näherungssensor 2	Schließer	E0.1	Desinfektionseinheit	A0.1
Aktivitätssensor Desinfektionseinheit	Schließer	E0.2		

a) Ein Kontaktplan, der den Prozessablauf beschreibt, wurde von einem Ingenieur entworfen, aber in Netzwerk 3 scheinen noch einige Informationen zu fehlen. Ergänzen Sie die drei fehlenden Informationen in Abbildung 13.

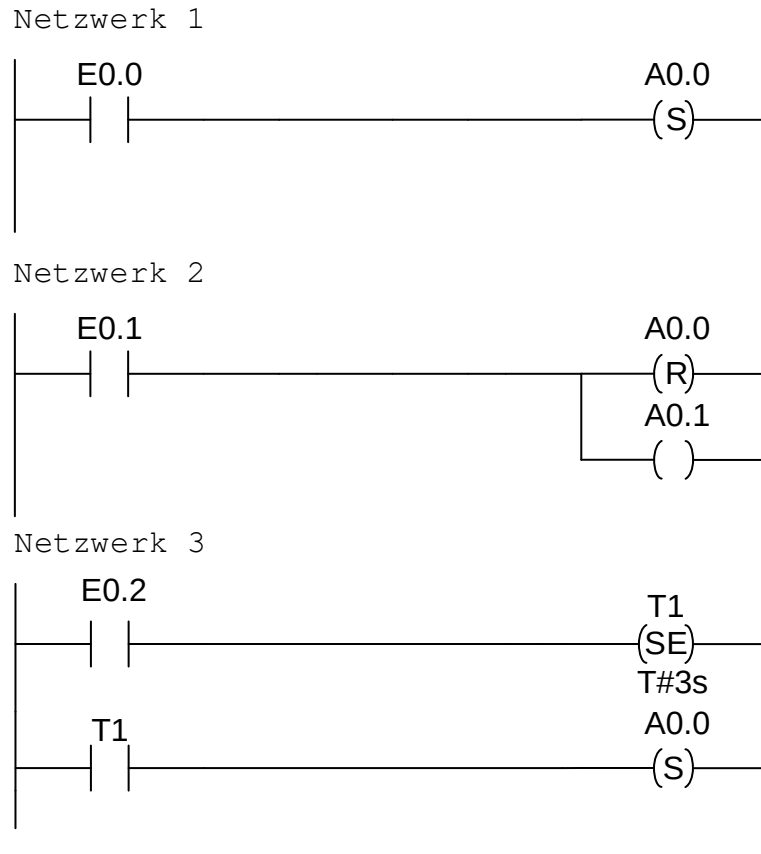
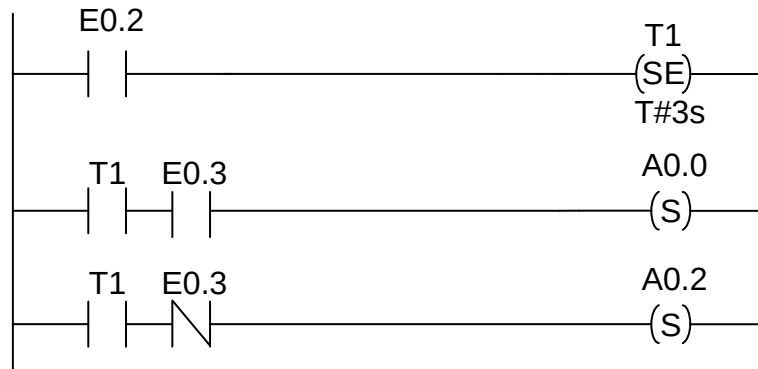


Abbildung 13: Kontaktplan Desinfektionseinheit

b) Um sicherzustellen, dass die Desinfektionsflasche genügend Flüssigkeit enthält, wurde ein Füllstandssensor (Öffner) mit dem Bezeichner E0.3 an der Flasche angebracht sowie eine Warnlampe mit dem Bezeichner A0.2 installiert. Wenn die Flasche leer ist, öffnen sich die normalerweise geschlossenen Kontakte dieses Füllstandssensors und verhindern, dass der Motor wieder anläuft. Wenn der Timer nun abläuft und der Motor nicht gestartet werden kann, wird die Warnlampe aktiviert, um die Beschäftigten auf das Problem aufmerksam zu machen. Integrieren Sie die neuen Komponenten entsprechend der genannten Anforderungen in den Kontaktplan.

Hinweis: Die Sprühfunktion kann auch dann ausgelöst werden, wenn die Flasche leer ist.

Netzwerk 3



Aufgabe 6: Kurzaufgaben (13,5 Punkte)

Hinweis: Die Teilaufgaben in Aufgabe 6 können alle unabhängig voneinander bearbeitet werden.

Frage 6.1: Vektor-Uhren (7 Punkte)

a) Abbildung 15 zeigt ein Vektoruhrsystem mit 3 Prozessen aber ohne die Pfeile, die normalerweise die zeitlichen Beziehungen zwischen den Prozessen kennzeichnen. Ermitteln Sie die entsprechenden Informationen aus den Zeitvektoren und zeichnen Sie die vier fehlenden Pfeile in die Abbildung ein.

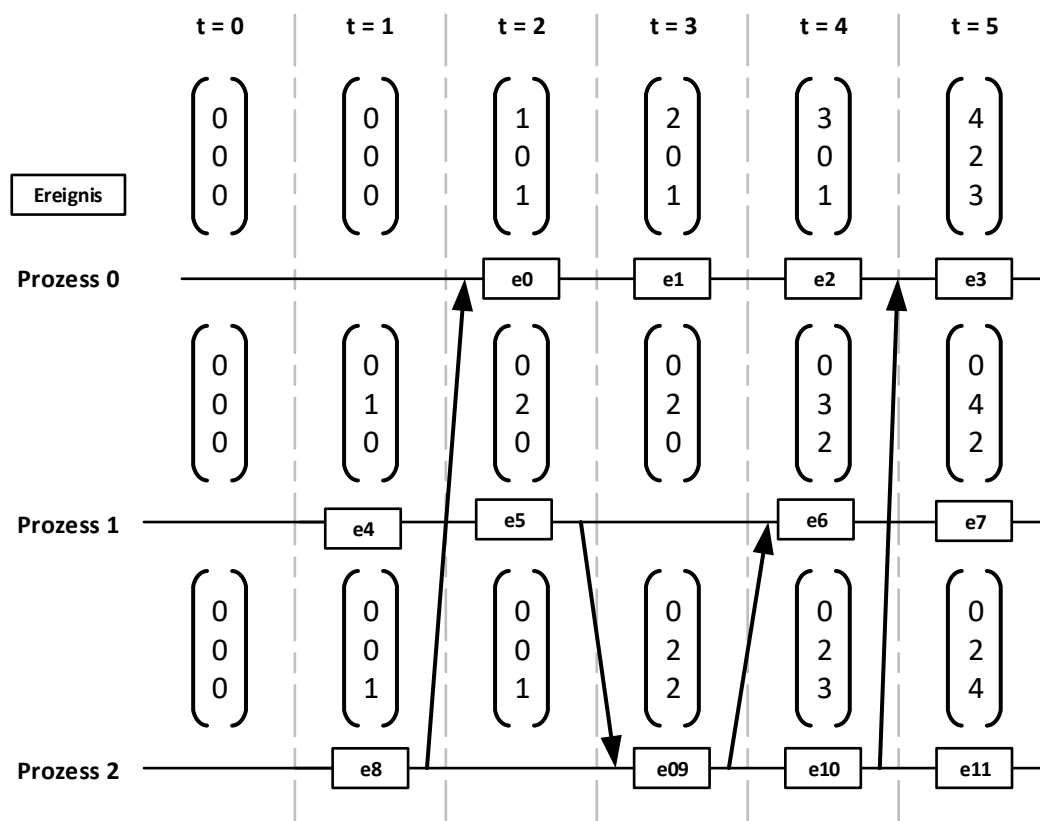


Abbildung 15: Vektor-Uhr mit drei Prozessen

b) Stimmt die Behauptung $C_1(e5) < C_2(e10)$ in Bezug auf das Vektoruhrsystem aus Abbildung 15? Bitte begründen Sie Ihre Antwort mathematisch.

Nötig wäre:

1. $\forall x: \vec{C}_i[x] \leq \vec{C}_j[x]$: erfüllt für $x = 1$ ($0=0$) $x = 2$ ($2=2$) und $x = 3$ ($0 < 3$)
2. $\exists x: \vec{C}_i[x] < \vec{C}_j[x]$: Erfüllt für $x = 3$ ($0 < 3$)

Daher: Ja, die Behauptung stimmt.

Frage 6.2: Network Time Protocol (2,5 Punkte)

Gegeben ist das Diagramm in Abbildung 16.

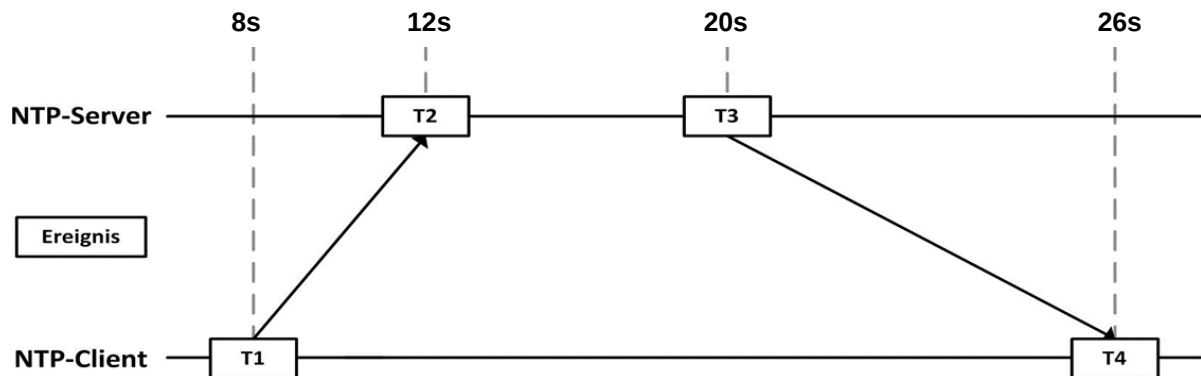


Abbildung 16: Zeitsynchronisierung gemäß NTP

a) Berechnen Sie den Client-Offset θ gemäß NTP Berechnungsvorschrift.

$$\theta = \frac{T2 + T3}{2} - \frac{T1 + T4}{2}$$

$$\theta = -1$$

b) Geben Sie den maximalen Fehler für asymmetrische Laufzeiten an.

$$\delta = (T4 - T1) - (T3 - T2)$$

$$\text{Maximum Error} = \frac{\delta}{2}$$

$$\text{Maximum Error} = 5s$$

Frage 6.3: Auswahl eines A/D-Wandlers (4 Punkte)

Um ein analoges Temperatursignal zur Weiterverarbeitung zu digitalisieren, müssen Sie einen geeigneten A/D-Wandler auswählen. Die folgende Gleichung beschreibt dabei den Zusammenhang zwischen physischer Messgröße ϑ und dem Rohwert y :

$$y_{\vartheta,R}(\vartheta) = \frac{80 \, \Omega - 0,5 \cdot \frac{\Omega}{^{\circ}\text{C}} \cdot \vartheta}{800 \, \Omega} \cdot y_{\max}$$

a) Welche Wortlänge muss der A/D-Wandler mindestens aufweisen, um im Temperaturbereich von $0^{\circ}\text{C} \leq \vartheta < 100^{\circ}\text{C}$ eine Genauigkeit von $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ zu garantieren?

$$1000 \leq \left(\frac{80 \, \Omega - 0,5 \cdot \frac{\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot 0^\circ\text{C}}{800 \, \Omega} - \frac{80 \, \Omega - 0,5 \cdot \frac{\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot 100^\circ\text{C}}{800 \, \Omega} \right) \cdot y_{\max}$$

$$\Leftrightarrow \frac{800.000 \, \Omega}{-0,5 \cdot \frac{\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot 0^\circ\text{C} + 0,5 \cdot \frac{\Omega}{^\circ\text{C}} \cdot 100^\circ\text{C}} \leq y_{\max} \Leftrightarrow 16.000 \leq y_{\max}$$

Damit muss der A/D-Wandler eine Wortlänge von mindestens 14 Bit (entspricht $y_{\max} = 16.383$) aufweisen.

b) Ist die gewählte Messschaltung für den Temperaturbereich von $0^\circ\text{C} \leq \vartheta < 100^\circ\text{C}$ optimal? Begründen Sie Ihre Antwort.

Nein, da ein A/D-Wandler mit einer unnötig großen Wortlänge benötigt wird.

oder

Nein, da lediglich ein sehr kleiner Ausschnitt des Wertbereichs des A/D-Wandlers genutzt wird.

oder

Nein, da der Widerstand im Nenner deutlich zu groß ist.

Aufgabe 7: Single-Choice-Fragen (30 Punkte)

Hinweis: Bitte kennzeichnen Sie Ihre Antworten eindeutig. Pro Frage ist genau eine Antwort korrekt. Pro korrekt beantworteter Frage werden 2 Punkte vergeben.

a) Welche der folgenden Aussagen ist **wahr**?

☒	Mikrocontroller enthalten üblicherweise Datenspeicher.
☐	Mikrocontroller und Mikroprozessoren sind üblicherweise ähnlich leistungsfähig.
☐	Mikroprozessoren haben üblicherweise keinen Speicher integriert.
☐	Mikroprozessoren werden vielfach auf Feldgerät-Ebene eingesetzt.

...