Universität Stuttgart
Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. M. Weyrich

Musterlösung

PRÜFUNG

Automatisierungstechnik I – SS22

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

Prüfungstag: 12.08.2022
Prüfungsdauer: 120 Minuten
Maximalpunktzahl: 120 Punkte

Prüfungsumfang: 6 Aufgaben (20 Seiten)
Hilfsmittel: Alle, außer Kommunikationsgeräte

Hinweise:

1.) Verlangt sind alle Aufgabe.

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: 15.06.2023

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

Aufgabe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
Maximal	**20**	**23**	**17**	**19**	**11**	**30**		
Erreicht								

Aufgabe 1: Bussysteme (20 Punkte)

Hinweis: Die Teilaufgaben in Aufgabe 1 können unabhängig voneinander bearbeitet werden.

Ein Förderbandsystem soll mit diversen Sensoren und Aktuatoren erweitert werden. Deshalb entschließen Sie sich ein Bussystem zu verwenden, um eine Reduktion des Verdrahtungsaufwandes zu erreichen. CAN und Profibus kommen in Frage, die Sie dann auf Eignung im vorliegenden Fall überprüfen.

Aufgabe 1.1: CAN-bus (14 Punkte)

Es sollen insgesamt 40 Sensoren und Aktuatoren über den Bus vernetzt werden. Jeder Sensor und Aktuator kann als Knote betrachtet werden und hat jeweils einen 5 m Abstand zu dem nächsten Knoten. Zunächst soll die Signallaufzeit auf den Bus berechnet werden. Die Signalausbreitungsgeschwindigkeit beträgt v_{sig} = 0.2 m/ns (Signalausbreitungsgeschwindigkeit auf Draht) und die Verzögerungszeit durch die Verarbeitung 100 ns.

a) Berechnen Sie die maximale Übertragungsrate

Raum für Nebenrechnungen:

$$Baudrate = \frac{v_{sig}}{T_{el} \cdot v_{sig} + 2 \cdot L_{line}} = \frac{0.2 \cdot 10^9 \frac{m}{s}}{100 \cdot 10^{-9} s \cdot 0.2 \cdot 10^9 \frac{m}{s} + 2 \cdot 200m} \approx 476.19 kbit/s$$

Maximale Übertragungsrate	$476.19 kbit/s$

3

b) Berechnen Sie die Bitzeit sowie die einfache Signallaufzeit auf den Bus.

Raum für Nebenrechnungen:

$$T_{bit} = \frac{2 \cdot L_{line} + v_{sig} \cdot T_{el}}{v_{sig}} \frac{2 \cdot 200m + 0.2 \cdot 10^9 \frac{m}{s} \cdot 100 \cdot 10^{-9} s}{0.2 \cdot 10^9 \frac{m}{s}} = xxns$$

$$T_{ltg} = \frac{T_{bit} - T_{el}}{2} = \frac{xxns - 100ns}{2} = xxns$$

4

T_{bit} 2.16 μs	T_{ltg} 1 μs

Es soll ein Datentelegramm mit dem Identifier 0x62E und einer Zeichenfolge 0x0F übermittelt werden
c) Erstellen Sie das SOF-, Arbitrierungs-, Steuer- und Datenfeld dieses Telegramms (inklusive Stuffing-Bits). Bennen Sie die einzelnen (Unter-)Segmente und kennzeichnen Sie die Stuffings-

Bezeichnung	SOF	Object-Identifier											RTR	IDE	FDF
Bit Wert	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
Bit Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Bits mit einem „*“.

Tabelle 1: Übermittelter Buspegel

Bezeichnung	DLC	*	DLC			Data									
Bit-Wert	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1		
Bit-Nummer	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

7

16

Die folgende Teilaufgabe adressiert Profibus.

Aufgabe 1.2: Profibus (6 Punkte)

Für die 40 Sensoren und Aktuatoren mit dem jeweiligen 5m Abstand voneinander stehen sollen nun die Übertragungszeiten für einen SRD-Dienst (Send and Request Data with reply) berechnet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Telegramm mit fester Datenlänge benutzt wird.
a) Berechnen Sie die Dauer für die Übertragung eines einzelnen Telegramms.

4

Raum für Nebenrechnungen:

8 Byte für Daten und 6 Byte für Telegrammkopf und –ende → L_T = 14 Byte
In UART-Codierung: 1 Byte = 11 Bit → L_T = 154 Bit

$$T_T = \frac{L_T}{BR} = \frac{154\ Bit}{1500\ \frac{kBit}{s}} = 102{,}667\ \mu s$$

b) Eine Nachricht hat den Inhalt **0101 0110**. Codieren Sie das Byte im UART-Format und markieren Sie den Byteinhalt.

0**01010110**11

2

6

∑=20

Aufgabe 2: Scheduling (23 Punkte)

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

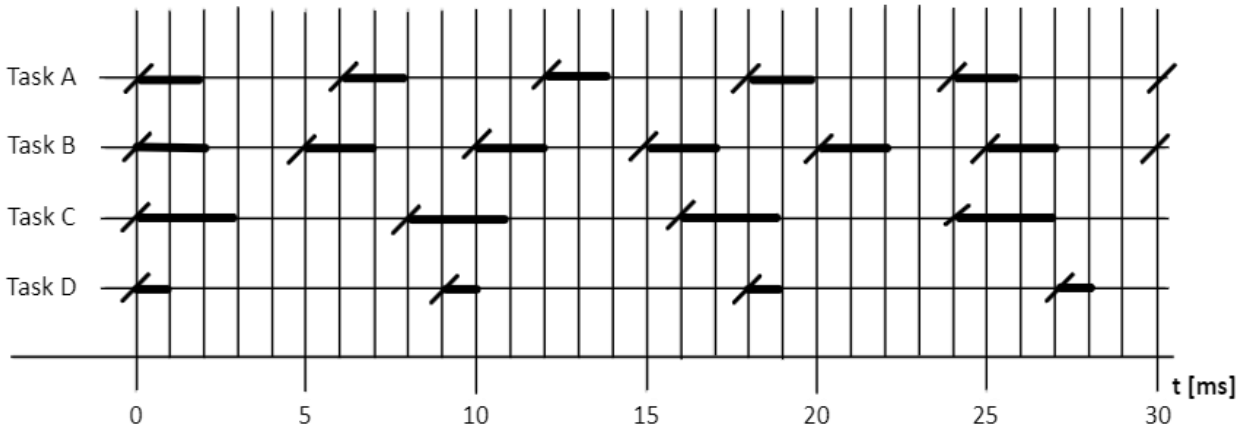


Abbildung 1: Soll-Ablauf der Tasks A, B, C und D

Gegeben sei ein periodisches Taskset mit vier Tasks und einem Soll-Ablaufverhalten entsprechend

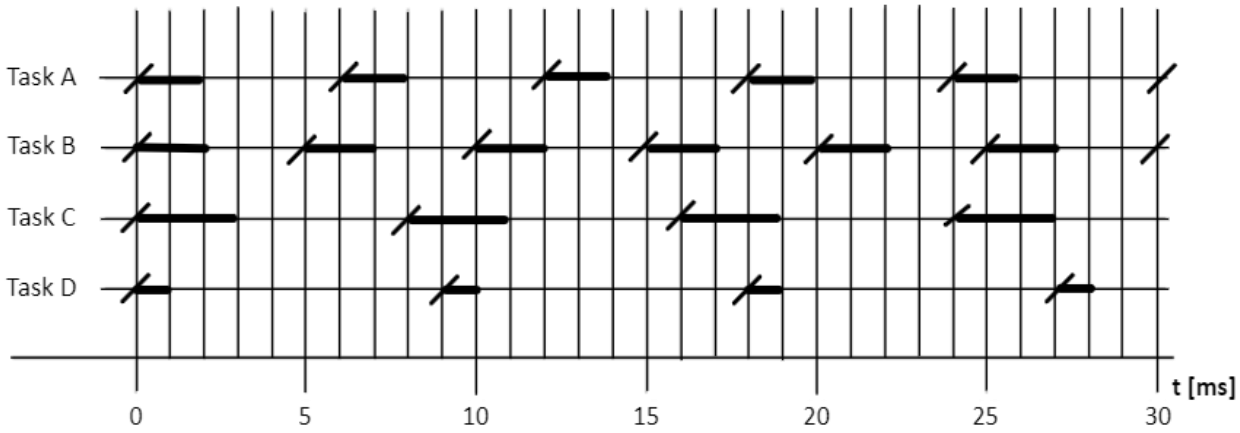


Abbildung 1. Die Periode ist gleichzeitig als Deadline für die Ausführung zu interpretieren. Die Prioritäten der Tasks können der Tabelle 2 entnommen werden (kleinste Zahl entspricht höchster Priorität). Es steht ein Rechenkern zur Verfügung.

Tabelle 2: Prioritäten

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

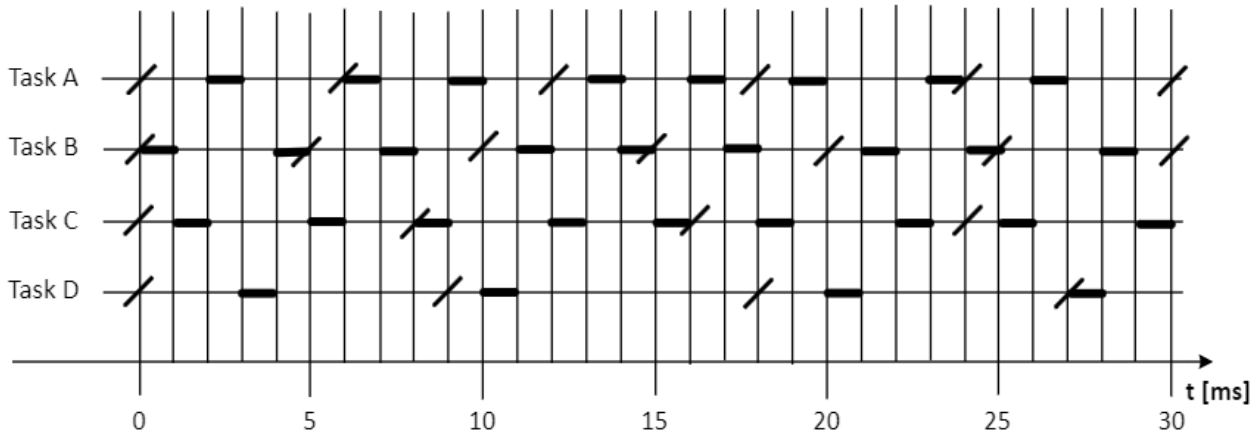


Abbildung 2: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Zeitscheiben-Verfahren)

Aufgabe 2.1: Gleichzeitigkeit und Rechtzeitigkeit (4 Punkte)

a) Erfüllt die Abarbeitung der einzelnen Tasks im Bereich $0 \leq t < 30$ ms gemäß Abbildung 2 die Rechtzeitigkeits-Bedingung? Wenn nein, welche Task(s) verletzt bzw. verletzten die Rechtzeitigkeits-Bedingung wann zum ersten Mal?

Task	**Rechtzeitige Abarbeitung?**		**Wenn nein, zu welchem Zeitpunkt wird die erste Deadline verletzt?**
Task A	Ja ☐	Nein X	t = _____6_____ ms
Task B	Ja ☐	X	t = _____10_____ ms
Task C	Ja ☐	Nein X	t = _____8_____ ms
Task D	Ja ☐	Nein ☐	t = _____ ms

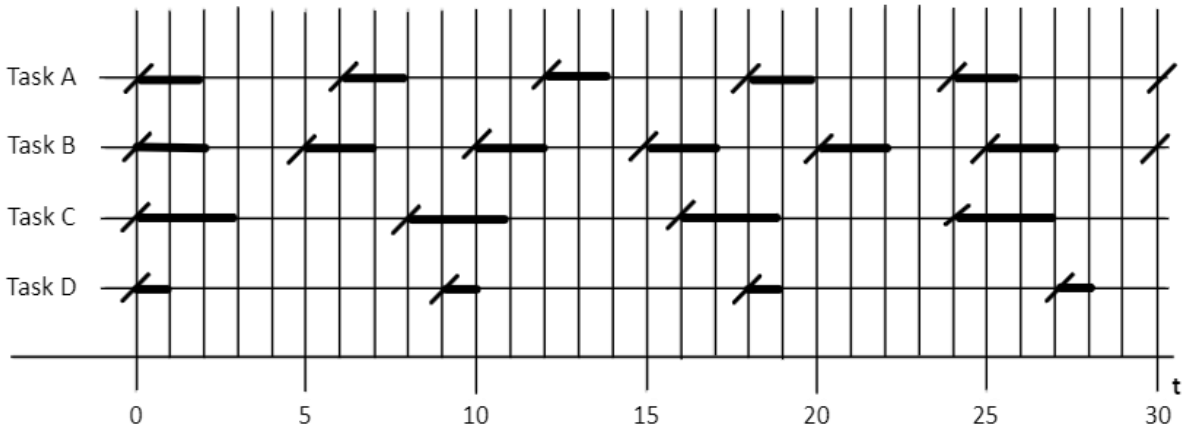
2

b) Erfüllt die Abarbeitung der einzelnen Tasks im Bereich $0 \leq t < 30$ ms gemäß Abbildung 2 die Anforderungen für Gleichzeitigkeit? Wenn nein, nennen Sie den Zeitpunkt der ersten auftretenden Verletzung der Gleichzeitigkeits-Bedingung.

Nein. bei t=7 ms

1

c) Bestimmen Sie die Auslastung des Rechenkerns bei einer Beauftragung entsprechend



1

4

Abbildung 1 und Tabelle 2.

Raum für Nebenrechnungen: $\frac{2}{6}+\frac{2}{5}+\frac{3}{8}+\frac{1}{9}=1.22$	
Rechenkernauslastung [%]	122%

Aufgabe 2.3: Restantwortzeit-Scheduling (5 Punkte)

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 3 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

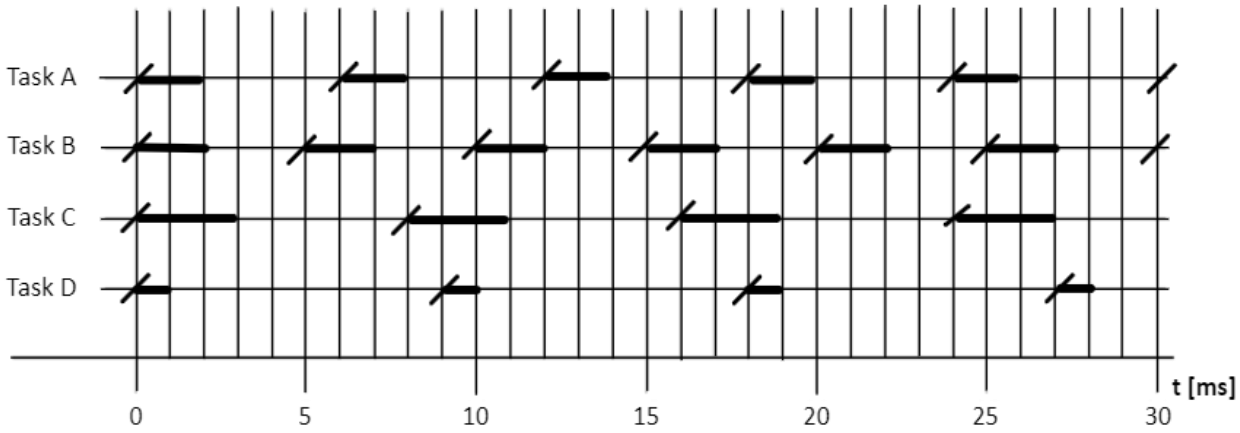
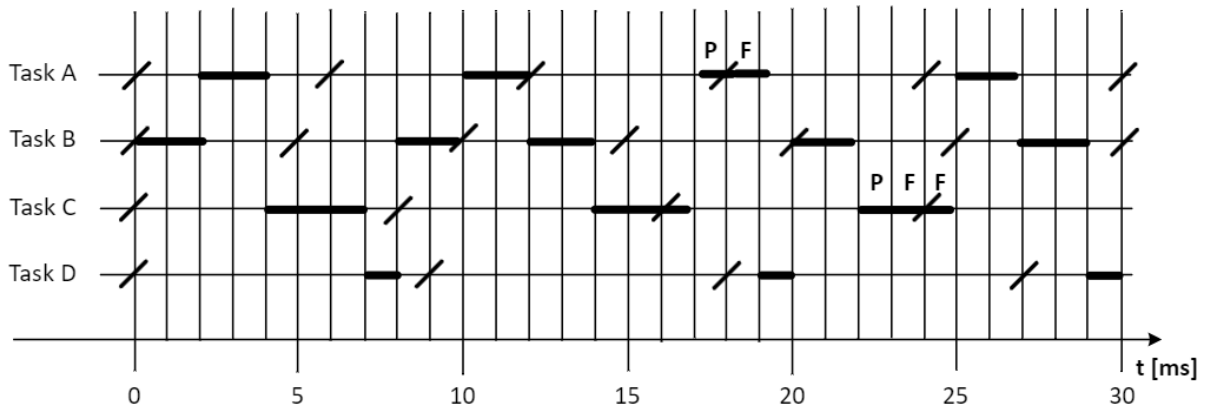


Abbildung 1 und Tabelle 2 beim Scheduling nach dem Verfahren der kleinsten Restantwortzeit im Bereich $0 \leq t < 30$ ms. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 3 ein. Bitte kennzeichnen Sie dabei alle Entscheidungen, die nicht auf dem primären Entscheidungs-Kriterium des Restantwortzeit-Schedulings beruhen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



5

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

Aufgabe 2.2: Spielraum Scheduling (6 Punkte)

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 3 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

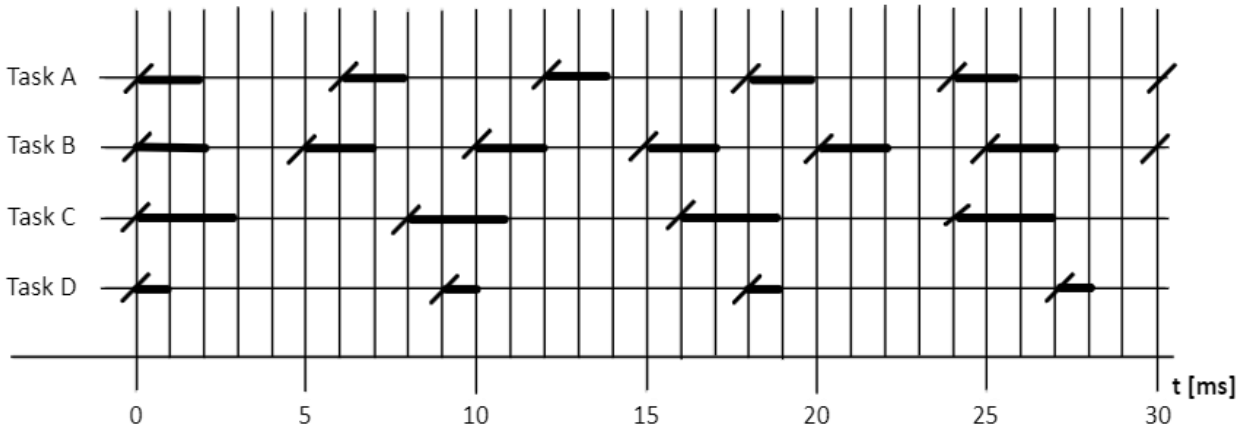
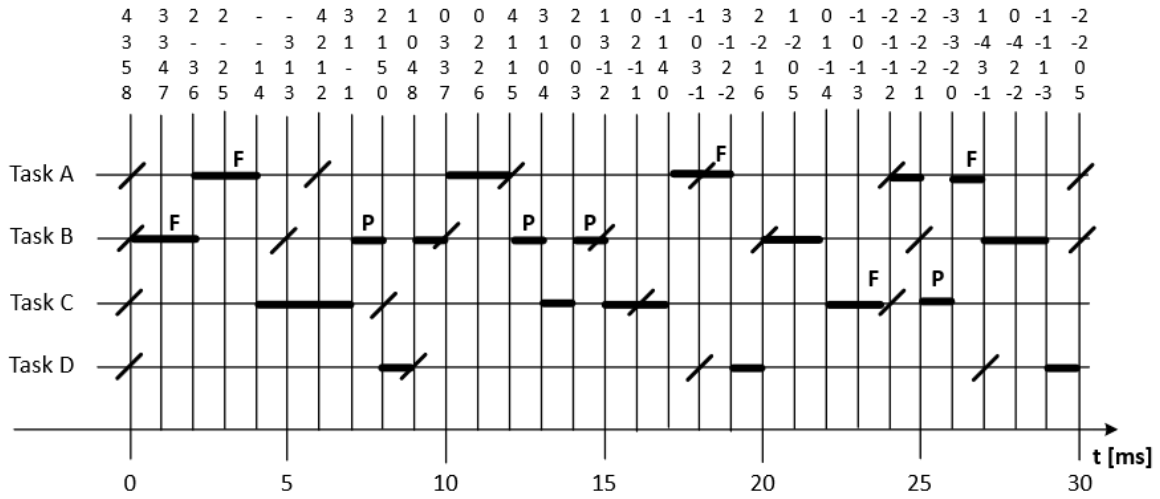


Abbildung 1 und Tabelle 2 beim Scheduling nach dem Verfahren des kleinsten Spielraums im Bereich $0 \leq t < 30$ ms. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung ein. Bitte kennzeichnen Sie dabei alle Entscheidungen, die nicht auf dem primären Entscheidungs-Kriterium des ratenmonotonen Schedulings beruhen mit „F“ bzw. „P“.



6

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

Aufgabe 2.4: Bestimmung der Prozessparameter (6 Punkte)

Hinweis: Diese Teilaufgabe kann unabhängig von den vorhergehenden bearbeitet werden.

Gegeben ist der in

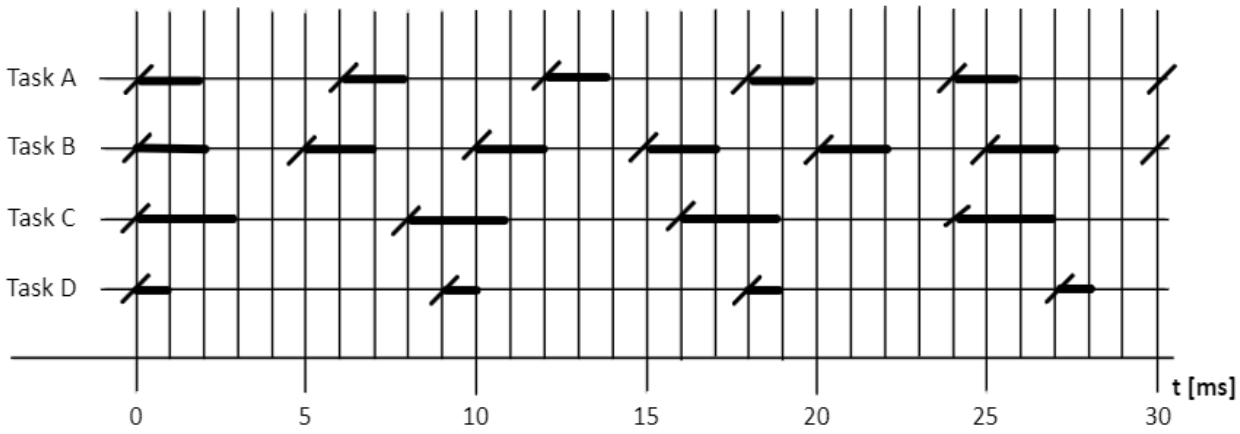


Abbildung 1**Error! Reference source not found.** dargestellte Ist-Ablauf von vier Tasks nach dem Scheduling-Verfahren mit festen Prioritäten (non-präemptiv). Gehen Sie davon aus, dass alle Tasks bei t = 0 ms zum ersten Mal beauftragt wurden und dass die Periode eines Task konstant und gleichzeitig als die Deadline für deren Ausführung zu betrachten ist. Der Systemtakt beträgt 1 ms.

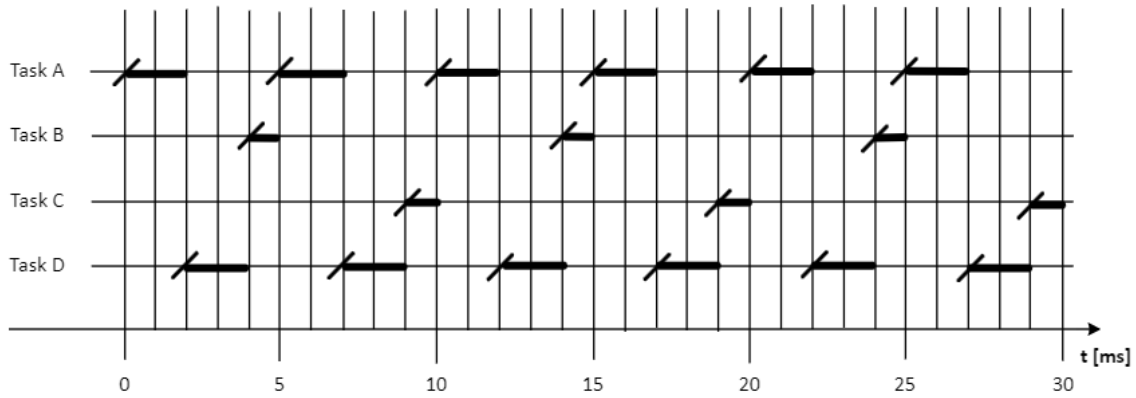


Abbildung 5: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (feste Prioritäten)

Ermitteln Sie Priorität, Ausführungsdauer und Periode der einzelnen Tasks und tragen Sie Ihre Ergebnisse in Tabelle 3 ein.

Tabelle 3: Parameter des Tasksets

Task	**Priorität**	**Ausführungsdauer [ms]**	**Periode [ms]**
Task A	1	2	5
Task B	3	1	10
Task C	4	1	10
Task D	2	2	5

6

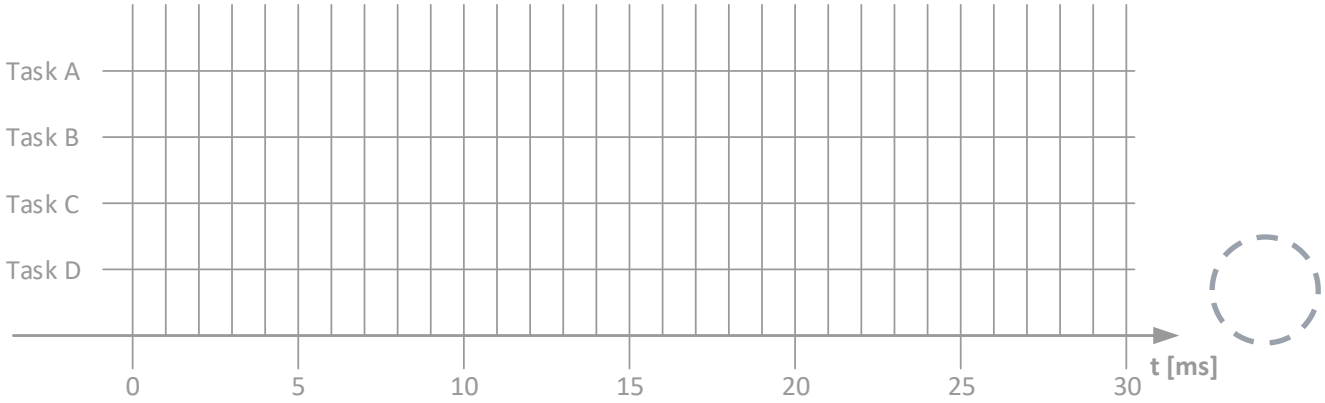


Abbildung 3: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Ersatzdiagramm 1)

Aufgabe 2.5: Amdahl (2 Punkte)

Gegeben ist ein Programm mit einem seriellen Anteil von 16 %. Bisher wurde es auf einem alten Single-Kern-Prozessor ausgeführt und benötigte dafür 400 Sekunden.

a) Wie lange dauert die Ausführung des Programms bei Nutzung eines modernen Acht-Kern-Prozessors unter den Annahmen, dass

(I) die Prozessoren sich nicht weiter unterscheiden,

(II) beide Rechner während der Ausführung des Programms keinerlei andere Aufgaben bearbeiten müssen.

Raum für Nebenrechnungen:
Serial Part: 400. 16% = 64s
Parallelizable Part: 400 - 64s = 336s = 84%

$$T_{8-core} = \left[\frac{64}{400} + \frac{\frac{336}{400}}{8}\right] * 400 = 106s$$

Ausführungsdauer:	$T_{8-Kern} = 106s$

1

b) Was ist die maximale, prozentuale Zeitersparnis, die in dem genannten Szenario unter Verwendung eines hypothetischen Unendlich-Kern-Prozessors erreichbar wäre?

Raum für Nebenrechnungen:
Maximum, precentral time saving is the total parallelizable part: 84%.

Maximale Zeitersparnis (in %)	84%

0.5

c) Was ist die maximale, prozentuale Zeitersparnis, die in dem genannten Szenario unter Verwendung eines hypothetischen Unendlich-Kern-Prozessors und unter der Annahme, dass der serielle Anteil des Programms 0% beträgt, erreichbar wäre?

Maximale Zeitersparnis (in %)	100

0.5

∑= 23

Aufgabe 3: Systematische Bewertung neuer Technologien (17 Punkte)

Zusammen mit Ihren Kolleg:innen haben Sie eine Idee für ein Startup. RoboPill ist ein innovativer Heimroboter, der Medikamente für eine ältere Person zu Hause aufbewahrt und ausgibt. Der Roboter lagert nicht nur die Medikamente und gibt sie wie vorgeschrieben aus, sondern nimmt auch seine Umgebung wahr, wenn er sich im Haus bewegt. Außerdem kennt er den Benutzer und sein Umfeld über ein angeschlossenes, tragbares Gerät, das die Vitalwerte messen und die Aktivitäten des Benutzers bestimmen kann. In Ihrem Ansatz wollen Sie kognitive Sensoren einbeziehen und die verfügbaren Daten nutzen, um kontinuierlich einen "Human Digital Twin" zu modellieren.

Sie sind aufgefordert, diese Idee systematisch zu diskutieren und zu bewerten.

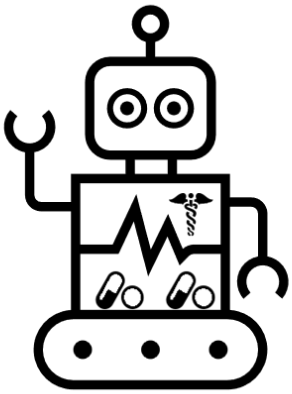


Abbildung 4: Robopill

Aufgabe 3.1: Wertanalyse (5 Punkte)

a) Definieren Sie 3 Nutzerbedürfnisse.

- taking medications at the correct time in the correct dosis
- being reminded of medication- cognitive/personal assistance
- being safe (avoiding obstacles and overdosis)

1,5

b) Definieren Sie auf der Grundlage der Nutzerbedürfnisse 3 nutzerbezogene, technische Funktionen.

- managing and dispensing medication
- information management and processing
- safe navigation

1,5

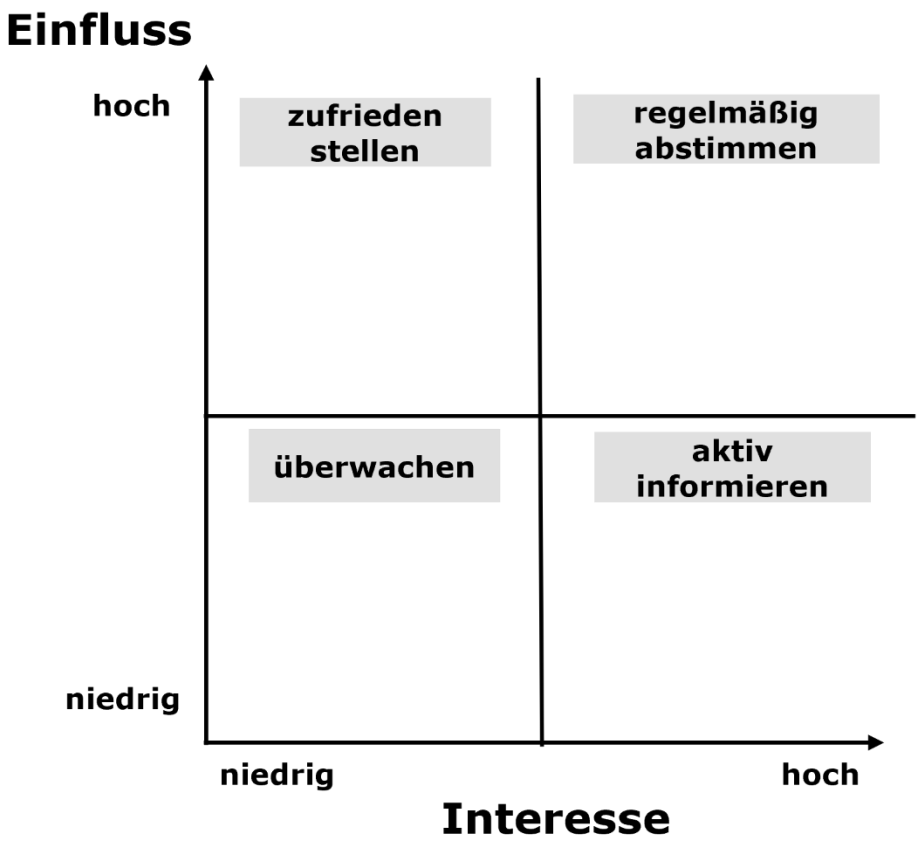
c) Definieren Sie auf der Grundlage der nutzerbezogenen Funktionen 3 produktbezogene Funktionen, die als Teil des Roboters entwickelt werden sollen.

- medication sensory identification
- personal assistant function and individualized reminders
- trajectory planning using AI-algorithms

1,5

Aufgabe 3.2: Stakeholder-Analyse des Human Digital Twins (5 Punkte)

Die Modellierung eines menschlichen digitalen Zwillings erfordert interdisziplinäres Wissen und bezieht verschiedene Interessengruppen (Stakeholder) mit ein. Identifizieren und kategorisieren Sie diese Stakeholder auf der Grundlage der aus der Vorlesung bekannten Einfluss-Interessen-Matrix. Identifizieren Sie 1 Stakeholder pro Kategorie.



Stakeholder: Data privacy legal department, creditors, developer's team, innovation forums

5

Aufgabe 3.3: Kognitive Sensoren zur Erfassung der Umwelt (7 Punkte)

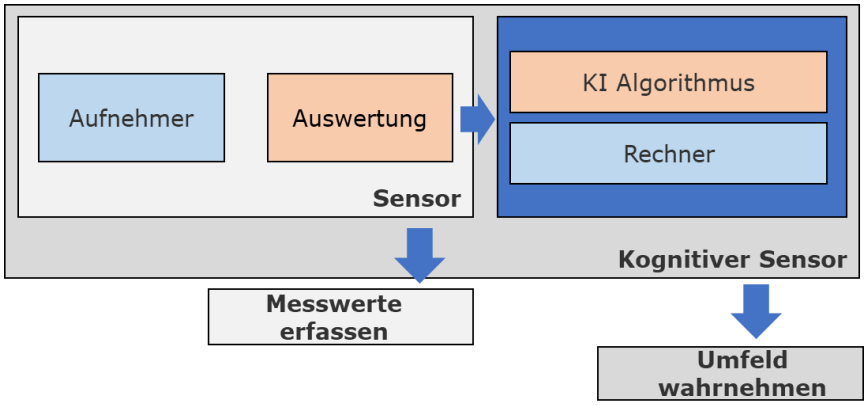
a) Identifizieren Sie 2 Sensoren zur Erfassung der Umgebung.

-LIDAR

-Camera

2

b) Stellen Sie die Funktionsgruppe der kognitiven Sensoren wie in der Vorlesung besprochen dar.



3

c) Für die Verarbeitung der Sensordaten wollen Sie eine geeignete Verarbeitungseinheit wählen. Sie haben die Wahl zwischen ASIC, GPU und CPU. Bestimmen Sie die am besten geeignete Prozessoreinheit und begründen Sie Ihre Entscheidung.

ASIC: batch production, no modifieability

Or:

Combination: CPU and GPU for processing images

Criteria: Size, Cost, Parallel processing ability

2

Aufgabe 4: Programmierung von Industriesteuerungen (19 Punkte)

Hinweis: Die Teilaufgaben in Aufgabe 4 können unabhängig voneinander bearbeitet werden.

Aufgabe 4.1: Entwurf eines SPS-Programms (7 Punkte)

Betrachtet wird eine pneumatische Presse, die über eine SPS gesteuert wird. Die SPS steuert Ventile, die die Funktionen realisieren. Die Endlagen des Pressenzylinders werden mit Hilfe von zwei Näherungsschaltern (B1 und B2) abgefragt. Der Zustand "eingefahren" wird von Sensor B1, der Zustand "ausgefahren" von Sensor B2 erfasst.

Zum Schutz des Bedieners wird eine Zweihandbetätigung (Taster S1 und S2 simultan betätigt) eingesetzt. Dadurch kann der Presszyklus nur durchgeführt werden, wenn beide Taster gleichzeitig betätigt werden. Um den Zyklus zu starten, muss der Zylinder eingefahren sein.

Sie verwenden ein **selbstständig rückgestelltes 5/3-Wegeventil** (1V1) mit Sperr-Ruhestellung. Dabei ist 1V1.K1 für die Funktion "Ausfahren" (high active) und 1V1.K2 für die Funktion "Einfahren" (high active) zuständig.

a) Welche Konfiguration (Öffner/Schließer) wählen Sie für die Tasten S1/S2? Macht es aus sicherheitstechnischer Sicht (im Fehlerfall z.B. Leitungsunterbrechung) einen Unterschied, ob Öffner oder Schließer gewählt werden?

S1/S2 als Schließer (als Zweihandbedienung) und zum Einschalten der Anlage Drahtbruchsicherheit ist hier nicht erforderlich.

1

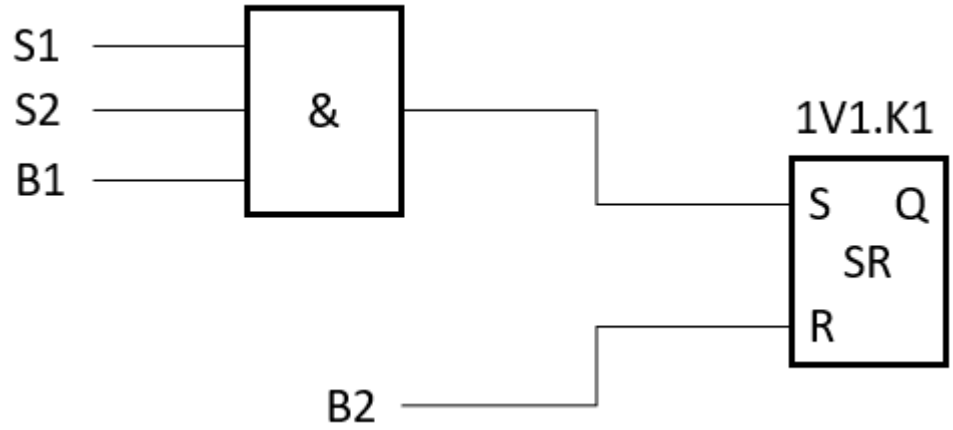
b) Welche Probleme ergeben sich bei einer Leitungsunterbrechung, wenn die Sensoren B1/B2 als Schließer ausgeführt sind? Bitte beschreiben Sie das Ergebnis.

Normally open contacts?
As normally open contact: When the end position is reached and the sensor is defective, the valve does not switch off.

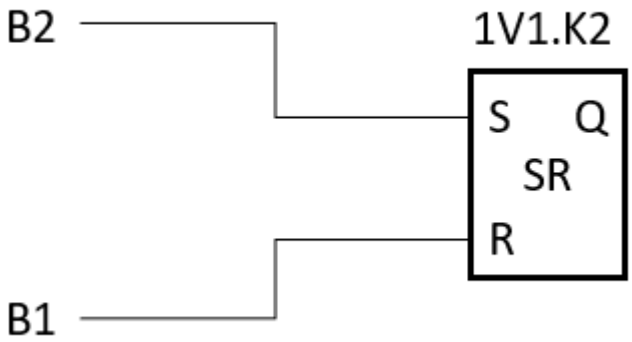
2

c) Erstellen Sie einen reduzierten Funktionsplan (FUP), um die Presse durch Drücken der Tasten S1 und S2 zu aktivieren. Vorausgesetzt, die Ruheposition (B1 aktiv) ist erreicht. Die Presse kehrt nach Erreichen der Endlage (B2 aktiv) automatisch in die Ruheposition zurück (ohne dass S1/S2 benötigt werden). Beachten Sie den Typ des Ventils.

Network 1: Ausfahren



Network 2: Einfahren



4

Aufgabe 4.2: Zweihandbetätigung (6 Punkte)

Abbildung 1 zeigt die mögliche Realisierung einer Zwei-Hand-Betätigung.

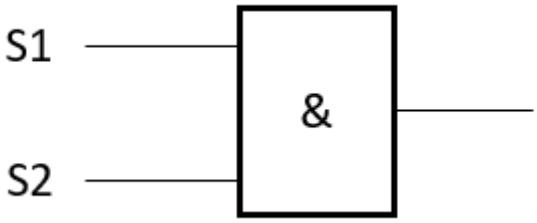


Abbildung 1: Realisierung einer Zwei-Hand-Betätigung

a) Welche Sicherheitsbedenken ergeben sich, wenn bei der beschriebenen Zweihandbedienung eine der beiden Schließer-Tasten blockiert und dauerhaft aktiv ist?

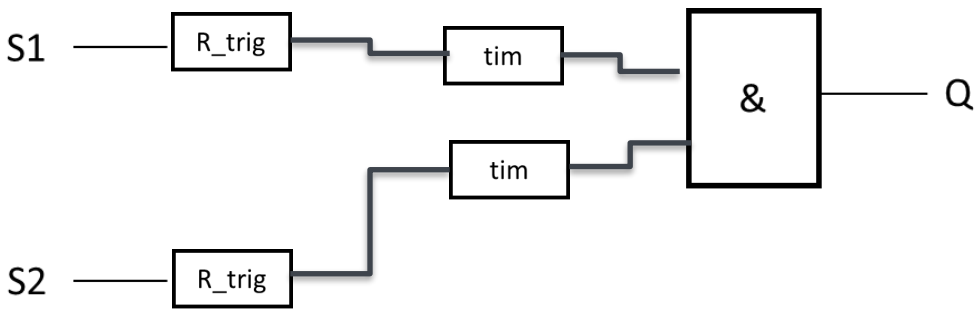
Die Einhandbedienung kann durch Blockieren einer Taste realisiert werden.

1

Das Problem kann mit zwei Detektoren für steigende Flanken und zwei Timern gelöst werden.

b) Wie kann dieses Problem mit zwei Erkennungen der steigenden Flanke (R_trig) und zwei Timern (tim) gelöst werden? Erweitern Sie die folgende Abbildung mit:

tim tim R_trig R_trig



2

c) Welchen Timer-Typ (Einschaltverzögerung oder Ausschaltverzögerung) wählen Sie? Erläutern Sie in Stichpunkten, warum Sie sich für diesen Typ entscheiden.

Ausschaltverzögerung, da das durch die Flanke ausgelöste Signal für eine bestimmte Zeitspanne größer als 1 Periode aktiv sein soll.

1,5

d) Warum ist ein Timer überhaupt notwendig?

Eine gleichzeitige Betätigung der Tasten ist nicht möglich (immer ein paar ms/µs Unterschied). Dies würde verhindern, dass die Presse aktiviert wird, weshalb das Tastensignal verlängert werden muss.

1,5

Aufgabe 4.3: Pneumatisches Steuersystem (6 Punkte)

Sie finden den Original-Pneumatikschaltplan der Presse (siehe Abbildung 8) in einem Ordner und wollen damit die Funktionsweise der Presse rekonstruieren. S2, S3 und S4 sind manuelle Schalter.

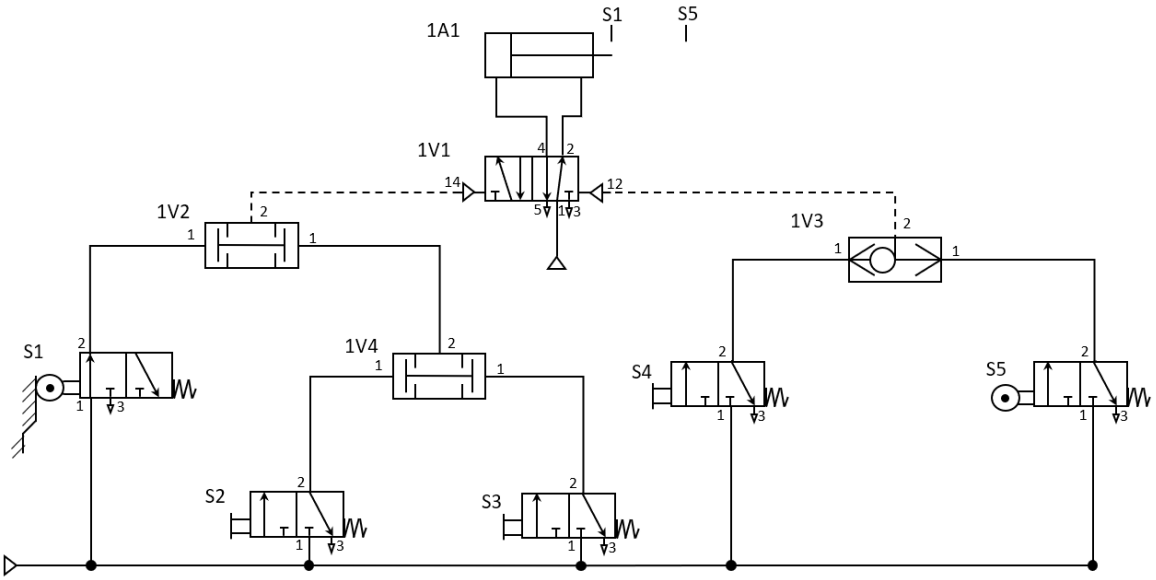


Abbildung 5: Pneumatisches Steuersystem

a) Beschreiben Sie die Schaltfunktion zum Einfahren des Zylinders 1A1.

Einfahren: !1V1 = !S1 & (S4 | S5)

2

b) Beschreiben Sie die Schaltfunktion, um den Zylinder 1A1 auszufahren.

Ausfahren: 1V1 = !(S4 | S5) & (S1 & S2 & S3)

2

c) Welche Funktion wird durch S2 und S3 realisiert?

Diese realisieren die Zweihandbedienung, die den Zylinder ausfahren lässt.

1

d) Welche Funktion realisiert S4?

Erlaubt ein manuelles Einfahren des Zylinders.

1

Aufgabe 5: Kurzaufgaben (11 Punkte)

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

Frage 5.1: MQTT (6 Punkte)

Eine MQTT-PUBLISH-Nachricht mit einer Payload von 15.992 Byte und einem Topic-Name mit 13 Byte Länge soll mit QoS-L2 übertragen werden. Ermitteln Sie die MQTT-Längenangabe für diese Nachricht.

Wie lautet der Zahlenwert der zu übermittelnden Längenangabe (dezimal und binär)?

Raum für Nebenrechnungen: 15992 (payload) +13 (length) +2 (packet ID)	
Zu übermittelnder Zahlenwert (dezimal):	16007
Raum für Nebenrechnungen:	
Zu übermittelnder Zahlenwert (binär):	11 1110 1000 0111

3

Wie lautet die finale Längenangabe (binär und hexadezimal)?

Raum für Nebenrechnungen: Coded binary value for 7 information bits per byte: 1111101 0000111 Coded binary value for 7 information bits per byte plus 1 bit to signalize following bit: 01111101 10000111	
Längenangabe (binär):	01111101 10000111
Raum für Nebenrechnungen: Coded hexadecimal value: 0x7D 0x87 Final hexadecimal value (switched in order because least significant byte is coded first.): 0x87 0x7D	

3

Längenangabe (hexadezimal):	0x87 0x7D

Frage 5.2: Verschlüsselung (5 Punkte)

Alice (Client A) erhält von Bob (Client B) die Nachricht

$$c||sig_{K_A^-,c}||C_B, \text{ wobei gilt } c' = E(K_A^+, m).$$

Das Zertifikat C_B von Bob ist gültig.

a) Beurteilen Sie, ob die Nachricht gültig ist und unverändert tatsächlich von Bob stammt.

Da die Nachricht von Bob und nicht von Alice generiert wurde, ist die Signatur nicht gültig.

b) Wie hätte die Nachricht korrekterweise aussehen müssen??

$sig_{K_B^-,c}$