

Musterlösung (INTERN)

Automatisierungstechnik I – WS20/21

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

Prüfungstag: 23.02.2021 **Prüfungsumfang:** 6 Aufgaben (19 Seiten)
Prüfungsdauer: 120 Minuten
Maximalpunktzahl: 120 Punkte **Hilfsmittel:** Alle, außer Kommunikationsgeräte

- 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: 01.03.2021

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

Aufgabe	1	2	3	4	5	6		
Maximal	20	16	18	18	18	30		
Erreicht								

Aufgabe 1: CAN-Bus (20 Punkte)

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

Aufgabe 1.1: Auslegung CAN-Netzwerk (6,5 Punkte)

Sie wollen einen Youngtimer, also ein zwanzig bis dreißig Jahre altes Auto, restaurieren und haben leider keinen Zugriff auf die Dokumente, die die CAN-Kommunikation dieses Autos beschreibt.

a) Sie haben herausfinden können, dass für die drei Komponenten

- ABS (Anti-Blockier-System, ein Sicherheitssystem zur Vermeidung blockierender Bremsen),
- Kombi-Instrument (enthält bspw. die Geschwindigkeits-, Drehzahl- und Tank-Füllstandsanzeige) und
- Radio mit CD-Spieler

die drei CAN-Adressräume 000(hex) bis 010(hex), 100(hex) bis 110(hex) und 200(hex) bis 210(hex) zur Verfügung stehen. Leider haben Sie keine Information darüber, welcher Adressraum zu welcher Komponente gehört.

Welche Zuordnung wäre sinnvoll? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Komponente	Adressraum	
ABS	000(hex) bis 010(hex)	0,5P
Kombi-Instrument	100(hex) bis 110(hex)	0,5P
Radio mit CD-Spieler	200(hex) bis 210(hex)	0,5P
Begründung: Arbitrierung: Umso niedriger die Adresse, umso höherprior die Nachricht. ^{2P} ABS ist wichtiger als Kombi-Instrument ist wichtiger als Radio. Diese weitergehende Erläuterung ist nicht notwendig.		

3,5

b) Die Länge des CAN-Netzwerkes in dem Auto beträgt 85 Meter. Welche maximale Übertragungsrate können Sie unter der Annahme einer elektrischen Schaltzeit von 200ns erreichen?

$\left(\frac{2 \cdot L_{Ltg}}{v_{sig}} + T_{el} \right)^{-1} = \ddot{U}R \cdot Bit$ $\left(\frac{2 \cdot 85 \, m}{0,2 \cdot \frac{m}{10^{-9}s}} + 200 \cdot 10^{-9}s \right)^{-1} = \frac{1}{1,05} \cdot \frac{MBit}{s}$		
Maximale Übertragungsrate:	952,38	$\frac{kBit}{s}$

3

6,5

Aufgabe 1.2: Sicherheitsmechanismen (13,5 Punkte)

Eine Bekannte bittet Sie um Hilfe bei der Erstellung eines CAN-Telegramms. Die Bit-Folge des Telegramm-Rumpfs bis zum (also ohne) CRC-Segment lautet:

Bit-Wert	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Bit-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Bit-Wert	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Bit-Nr.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Bit-Wert	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Bit-Nr.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

a) Hat das Telegramm einen Extended Identifier? Bitte nennen Sie die Nummer des Bits, das Ihrer Antwort zugrunde liegt.

- ☐ Standard-Identifier-Format 0,5P
☒ Extended-Identifier-Format

Bit-Nummer: 16 1P

1,5

b) Ist das Telegramm ein Daten- oder ein Datenanforderungs-Telegramm? Bitte nennen Sie die Nummer des Bits, das Ihrer Antwort zugrunde liegt.

- ☐ Datentelegramm 0,5P
☒ Datenanforderungstelegramm Folgefehler möglich, wenn a) falsch ist und die Antwort von b) dazu passt.

Bit-Nummer: 37 o. 40, 41, 42, 44 ^{1P}

1,5

c) Nennen Sie – sofern überhaupt zutreffend – alle Bit-Nummern, an denen ein Stuffing-Bit auftritt.

Hinweis: Die Anzahl der Kästchen lässt keinen Rückschluss auf die Antwort zu.

Je 0,5P

Bit-Nummer:	6	12	29	36	43
-------------	---	----	----	----	----

2,5

d) Bestimmen Sie die CRC-Sequenz, die sich aus dem CAN-Telegramm-Rumpf ergeben würde.

Hinweis: Die Anzahl der Zeilen und Spalten der Vordrucke lässt keinen Rückschluss auf die Antwort zu. Bitte beachten Sie die Rechenhilfe auf der nächsten Seite.

8.5

CRC-Sequenz:

Je 0,5P, Markierung des Stuffing-Bits ist nicht erforderlich

												0	0	0	0	0	1*	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

13,
5

[illegible]

Aufgabe 2: Scheduling (16 Punkte)

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

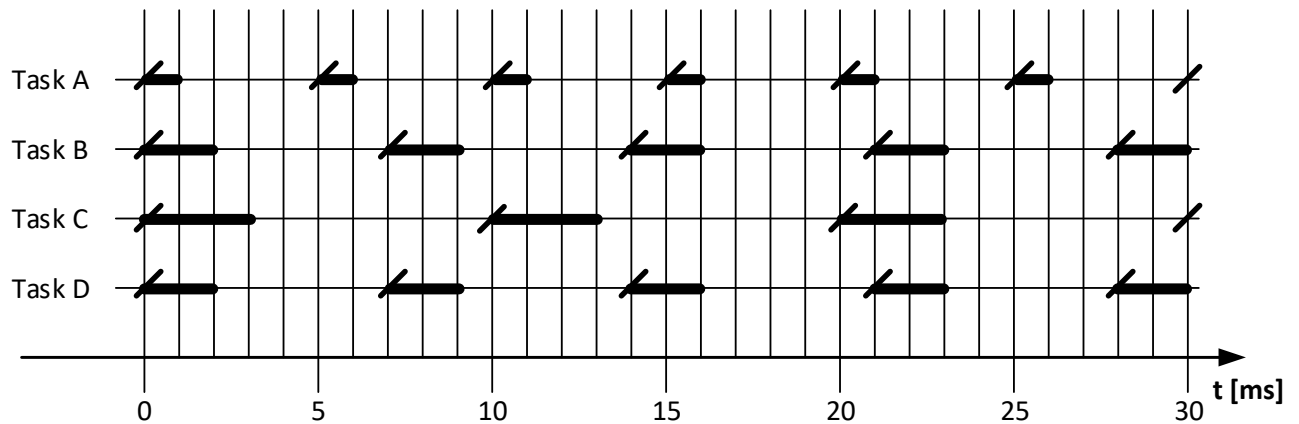


Abbildung 1: Soll-Ablauf der Tasks A, B, C und D

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 1 entnommen werden (kleinste Zahl entspricht höchster Priorität). Es steht ein Rechenkern zur Verfügung.

Tabelle 1: Prioritäten

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

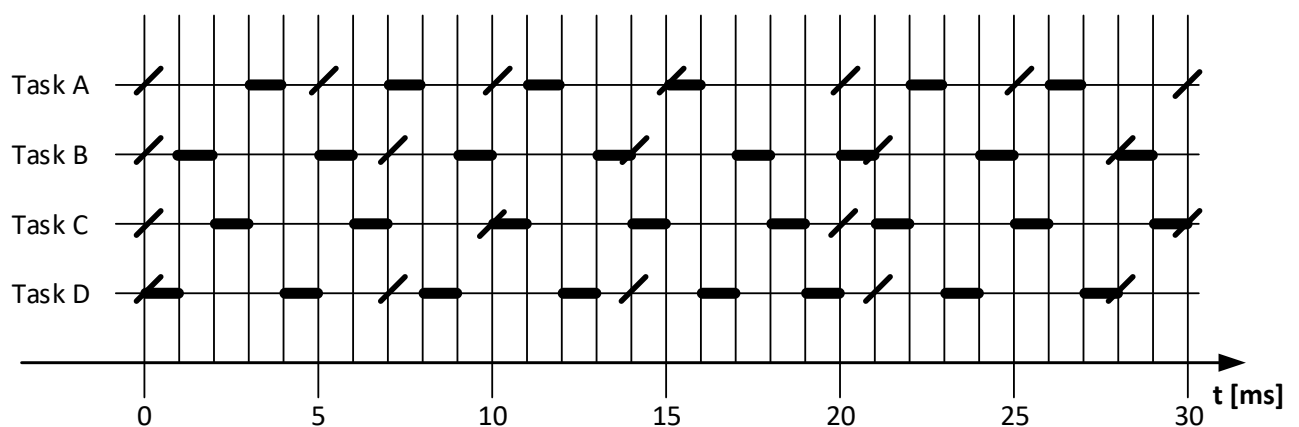


Abbildung 2: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Zeitscheiben-Verfahren)

Aufgabe 2.1: Rechtzeitigkeit und Auslastung (3 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. verletzt die Rechtzeitigkeits-Bedingung wann zum ersten Mal?

Task	Rechtzeitige Abarbeitung?		Wenn nein, zu welchem Zeitpunkt wird die erste Deadline verletzt?	
	Ja	Nein		
Task A	☒	☐	t = _____ ms	
Task B	☐	☒	t = <u>28</u> ms	0,5P
Task C	☐	☒	t = <u>10</u> ms	0,5P
Task D	☒	☐	t = _____ ms	

0,5P für
korrektes
Ankreuzen

1,5

b) Bestimmen Sie die Auslastung des Rechenkerns bei einer Beauftragung entsprechend Abbildung 2 und Tabelle 1.

Raum für Nebenrechnungen:

$$U = \frac{1}{5} + \frac{2}{7} + \frac{3}{10} + \frac{2}{7} = 1,0714$$

Rechenkernauslastung 1,07

1,5

3

Aufgabe 2.2 Kleinsten Spielraum (9 Punkte)

Abbildung 3 soll das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks bei einer Beauftragung entsprechend Abbildung 1 und Tabelle 1 beim Scheduling nach dem Verfahren des kleinsten Spielraums im Bereich $0 \leq t < 30$ ms darstellen. Es haben sich jedoch sieben Fehler eingeschlichen. Markieren Sie die Fehler in Abbildung 3 und begründen Sie Ihre Wahl in Tabelle 2. Die Fehler können sämtliche Elemente des Diagramms betreffen, wobei jeder Fehler nur ein einzelnes Element betrifft (ein Fehler erzeugt also keine Folgefehler).

Hinweis: Ein Fehler wurde als Beispiel bereits markiert. Es verbleiben sechs Fehler für Sie.

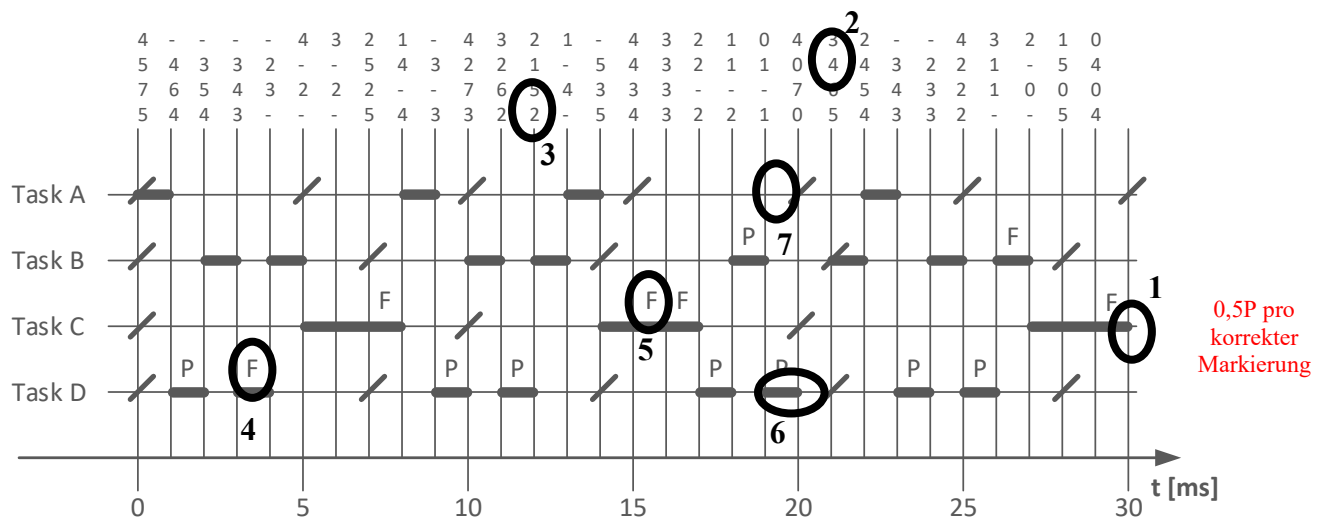


Abbildung 3: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Kleinsten Spielraum)

Tabelle 2: Begründung bzw. Korrektur der gefundenen Fehler

Nr.	Begründung / Korrektur („Warum ist das ein Fehler?“ oder „Wie wäre es richtig?“)
1	Beauftragungsmarkierung fehlt
2	Spielraum falsch (korrekt: „-1“)
3	Spielraum falsch (korrekt: „-“)
4	Kriterium falsch (korrekt: „P“)
5	Kriterium falsch (korrekt: Primäres Kriterium reicht aus.)
6	Zu frühe Ausführung (korrekt: Ausführung bei $t = 20$ ms)
7	Ausführung fehlt

Anmerkung: Es sind verschiedene Varianten von Fehler 6 und 7 möglich. In allen müssten es aber zwei separate Markierungen und Begründungen sein.

Aufgabe 2.3: Scheduling mit festen Prioritäten (4 Punkte)

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 5 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 1 beim präemptiven Scheduling mit festen Prioritäten im Bereich $0 \leq t < 30$ ms. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 4 ein.

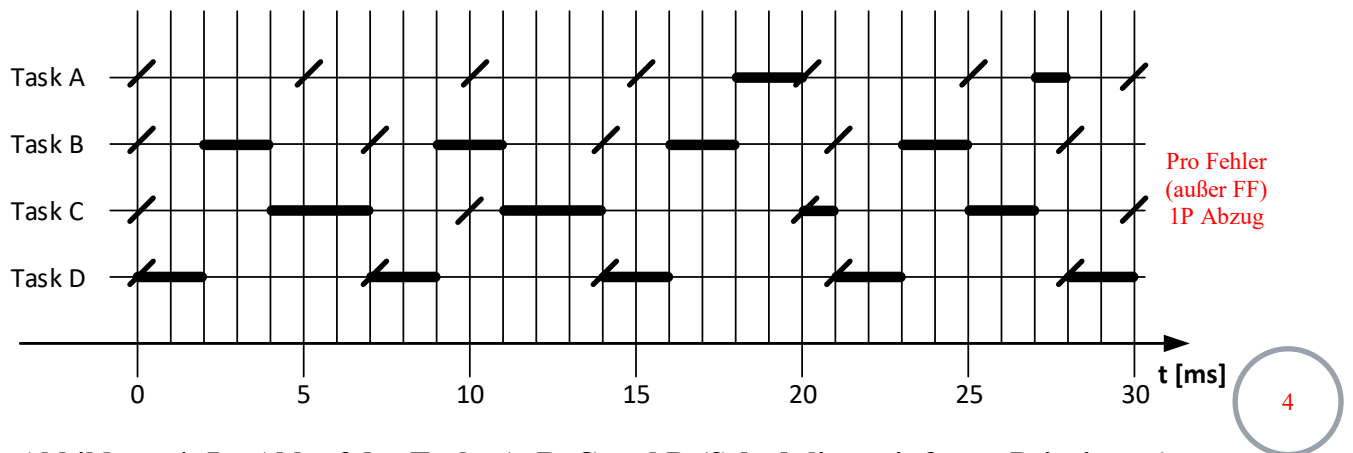


Abbildung 4: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Scheduling mit festen Prioritäten)

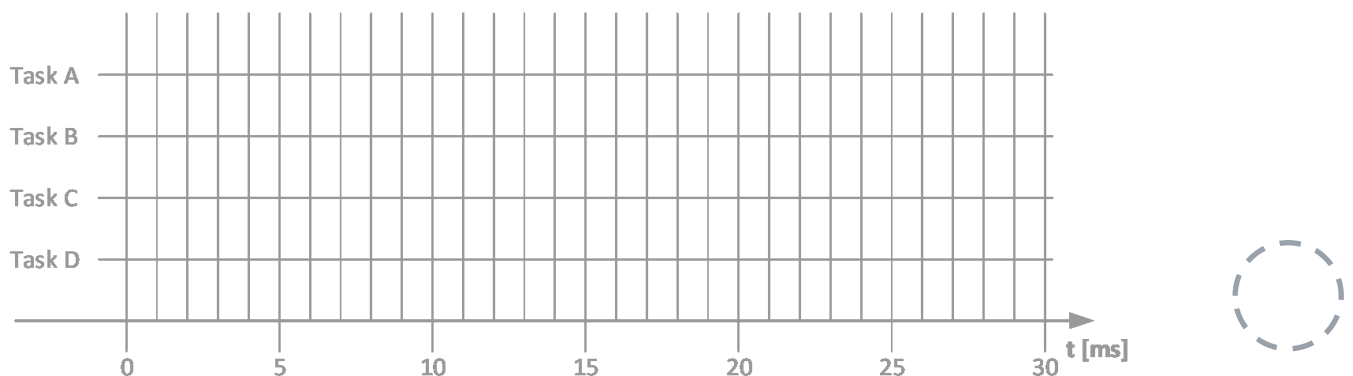


Abbildung 5: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Ersatzdiagramm)

Aufgabe 3: Software-Architekturen (18 Punkte)

Moderne Autos sind keine rein mechanischen oder lediglich um Software erweiterten Maschinen mehr, sondern zunehmend hochvernetzte cyber-physische Systeme.

Um die daraus resultierende System-Komplexität beherrschbar zu halten, gibt es zwei konkurrierende Ansätze:

Im klassischen, dezentralisierten Ansatz produzieren Original Equipment Manufacturers (OEM) Fahrzeuge mit Hilfe einer komplexen Zuliefererstruktur (siehe Abbildung 6). Die Zulieferer liefern dabei voll funktionsfähige, weitestgehend unabhängige Komponenten, die vom OEM nur noch in das Fahrzeug integriert werden müssen.

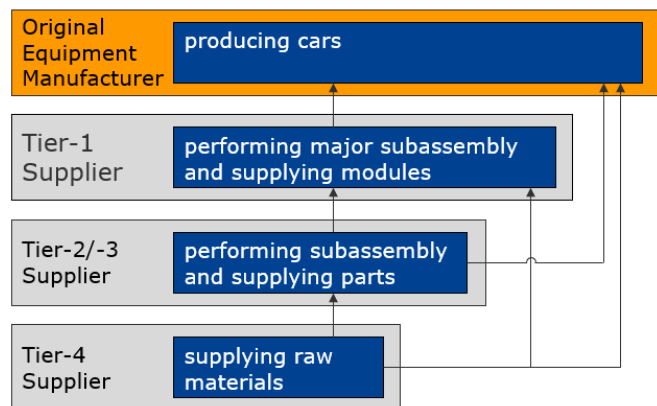


Abbildung 6: Klassische Zuliefererstruktur in der Automobilindustrie

Auch im neu aufgekommenen, zentralisierten Ansatz nutzen OEM die

Dienste von Zulieferern. Die gelieferten Komponenten sind aber deutlich weniger unabhängig voneinander, weil ihre Software auf gemeinsam genutzten, zentralen Servern im Fahrzeug läuft.

Aufgabe 3.1: Dezentralisierter Ansatz für Software-Architekturen im Automobil (6 Punkte)

a) Nennen Sie zwei Anforderungen, die erfüllt sein müssen, damit der dezentralisierte Ansatz für Software-Architekturen im Automobil funktionieren kann.

- Modularisierbarkeit der Funktionen
- Standardisierte Schnittstellen / Kommunikationsprotokolle

Je 1P,
max. 2P

b) Nennen Sie zwei Vorteile, die der dezentralisierte Ansatz für Software-Architekturen im Automobil den Tier-1 **Zulieferern** bietet. Bitte begründen/erläutern Sie diese Vorteile knapp.

- Knowhow bleibt beim Zulieferer, da die Komponenten für den OEM eine Blackbox sind.
- Klare Zuständigkeiten, weil der Zulieferer sowohl die Hardware als auch die Software seiner Komponenten vollständig kontrolliert.
- Einfache Belieferung mehrerer OEMs, da maximal die Schnittstellen der Komponenten angepasst werden müssen.

Je 1P,
max. 2P

c) Nennen Sie zwei Nachteile, die der dezentralisierte Ansatz für Software-Architekturen im Automobil den Tier-1 **Zulieferern** bietet. Bitte begründen/erläutern Sie diese Nachteile knapp.

- Mangelnde Zugänglichkeit der Komponenten-Software (bspw. für Datenerhebung, Over-the-air-updates), da sie durch
- Teure Parallelstrukturen (bspw. weil Kapazitätsreserven auf jeder einzelnen Komponente bereitgehalten werden müssen)
- Notwendige Beherrschung spezialisierter Automotive-Entwicklungsprozesse

Je 1P,
max. 2P

2

6

Aufgabe 3.2: Zentralisierter Ansatz für Software-Architekturen im Automobil (6 Punkte)

a) Nennen Sie zwei Anforderungen, die erfüllt sein müssen, damit der zentralisierte Ansatz für Software-Architekturen im Automobil funktionieren kann.

- Verfügbarkeit performanter Zentralrechner im Fahrzeug
- Standardisierte Schnittstellen innerhalb der Software des Zentralrechners (bspw. mittels Virtualisierung, Container, Sandboxing)
- Starke Sicherheitsmechanismen, um ein Übergreifen eines Teilsystems auf andere Teilsysteme zu vermeiden (bspw. mittels Virtualisierung, Container, Sandboxing)

Je 1P,
max. 2P

b) Nennen Sie zwei Vorteile, die der zentralisierte Ansatz für Software-Architekturen im Automobil den klassischen Tier-1 **Zulieferern** bietet. Bitte begründen/erläutern Sie diese Vorteile knapp.

- Einfache Zugänglichkeit der Software (bspw. für Datenerhebung, Over-the-air-updates)
- Nutzbarkeit moderner Software-Entwicklungs-Ansätze und Methoden, da die Zentralrechner konventionellen Serverarchitekturen ähnlich sind.

Je 1P,
max. 2P

c) Nennen Sie zwei Nachteile, die der zentralisierte Ansatz für Software-Architekturen im Automobil den klassischen Tier-1 **Zulieferern** bietet. Bitte begründen/erläutern Sie diese Nachteile knapp.

- Große Abhängigkeit vom fremden Zentralrechner (Qualität der Software, Kapazitätsreserven)
- Rechtliche Risiken durch unklare Verantwortlichkeiten im Schadensfall
- Höhere Hürden für die Belieferung mehrerer OEMs, da sich die Zentralrechner deutlich unterscheiden werden.

Je 1P,
max. 2P

6

Aufgabe 3.3: Empfehlung für Software-Architekturen im Automobil (6 Punkte)

Was wäre Ihre Empfehlung an einen **OEM**, der Sie um Ihren Rat zur Entscheidung zwischen zentralisiertem und dezentralisiertem Ansatz für Software-Architekturen im Automobil bittet? Bitte schreiben Sie nicht mehr als insgesamt 40 Wörter und begründen Sie Ihre Empfehlung mit 4 Argumenten.

OEM sollte sich auf zentralisierten Ansatz zuentwickeln, um bspw.

- Over-the-air-updates zu ermöglichen,
- Datenerhebung und -auswertung zu ermöglichen,
- Neue Funktionalitäten auch für Gebrauchtfahrzeuge anbieten zu können,
- Zulieferer zu entmachten,
- Moderne Softwareentwicklungs-Ansätze und Methoden nutzen zu können.

OEM sollte dezentralisierten Ansatz beibehalten, um bspw.

- (Software-)Komplexität beherrschbar zu halten,
- Sicherheitsrisiken klein zu halten,
- Zusammenarbeit mit Zulieferern (erhebliches Knowhow) nicht zu gefährden,
- Eigene, bewährte Prozesse zu erhalten,
- Verantwortlichkeiten und Risiken getrennt zu halten.

Je
passendem
Argument
1,5P,
max. 6P

OEM sollte einen Mittelweg wählen, um bspw.

<Mischung aus Argumenten von oben>.

Aufgabe 4: Programmierung von Industriesteuerungen (18 Punkte)

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

Aufgabe 4.1: Lüftungsanlage (9,5 Punkte)

Für eine Arbeitshalle sollen Maßnahmen zum Schutz gegen das Corona-Virus ergriffen werden. Dazu werden eine Lüftungsanlage, ein Kartenleser sowie jeweils eine rote und grüne Lampe installiert. Eine SPS wird zur Steuerung verwendet. Abbildung 7 stellt diese Installation dar.

Es sollen sich maximal 10 Arbeiter in der Halle befinden. Dies wird durch den Kartenleser erfasst und als Integer-Zahl an die SPS weitergegeben. Bei bis zu 10 Arbeitern leuchtet die grüne Lampe. Falls die Anzahl überschritten wird, leuchtet die rote Lampe.

Die Lüftungsanlage hat 2 Lüftungsstufen. Bei bis zu 5 Arbeitern wird die Lüftungsstufe 1 aktiviert, zwischen 5 und 10 Arbeitern wird Lüftungsstufe 2 aktiviert.

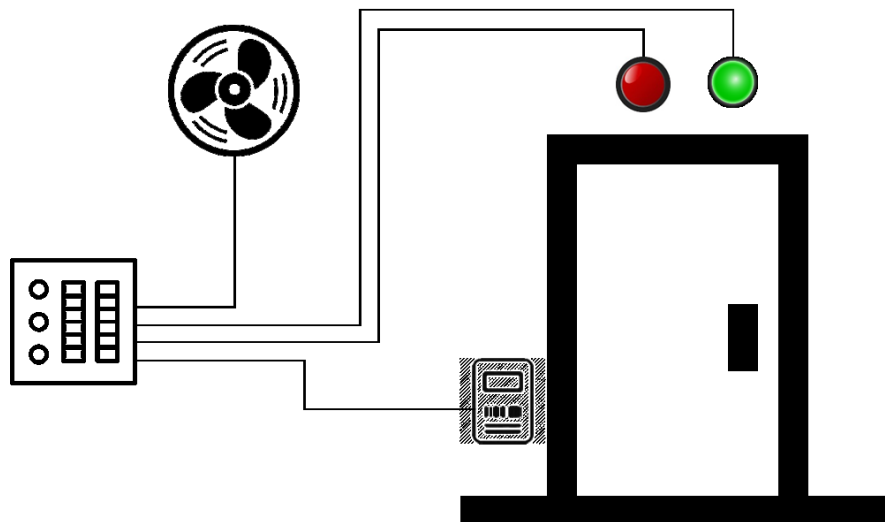


Abbildung 7: Lüftungsanlage

Die Ein- und Ausgänge sind folgendermaßen gewählt:

Eingang	Typ	Ausgang	Bezeichner
Anzahl_Arbeiter	INT	Lüftungsanlage Stufe 1	A0.0
		Lüftungsanlage Stufe 2	A0.1
		Lampe Grün	A0.2
		Lampe Rot	A0.3

a) Geben Sie den Programmcode zur Realisierung der Lüftungsanlagensteuerung in ST an.

Hinweis: Eine Variablen-Deklaration ist nicht erforderlich. Bitte nutzen Sie direkt die Bezeichner.

```
PROGRAM Lueftungsanlagensteuerung
```

```
VAR
```

```
Anzahl_Arbeiter: INT:=0;
```

```
END_VAR
```

```
CASE Anzahl_Arbeiter OF
```

```
  0..5:
```

```
    A0.0 := TRUE;
```

```
    A0.2 := TRUE;
```

```
    A0.1 := FALSE;
```

```
    A0.3 := FALSE;
```

```
  5..10:
```

```
    A0.1 := TRUE;
```

```
    A0.2 := TRUE;
```

```
    A0.0 := FALSE;
```

```
    A0.3 := FALSE;
```

```
  ELSE
```

```
    A0.3 := TRUE;
```

```
    A0.1 := FALSE;
```

```
    A0.2 := FALSE;
```

```
    A0.0 := FALSE;
```

```
END_CASE;
```

Die rot markierten Anweisungen sind optional.

b) In Abbildung 8 ist ein Programm in KOP gegeben.

Netzwerk 1

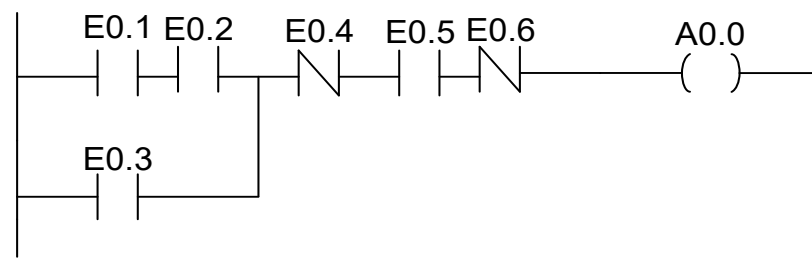
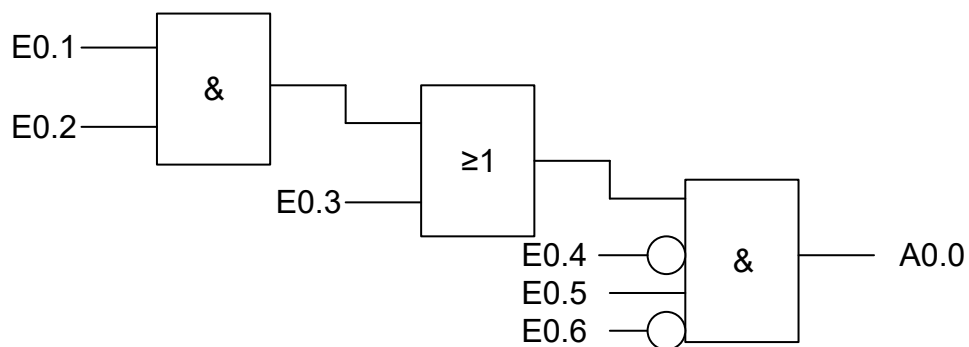


Abbildung 8: Kontaktplan des Programms

Überführen Sie das Programm in FUP.

Netzwerk 1



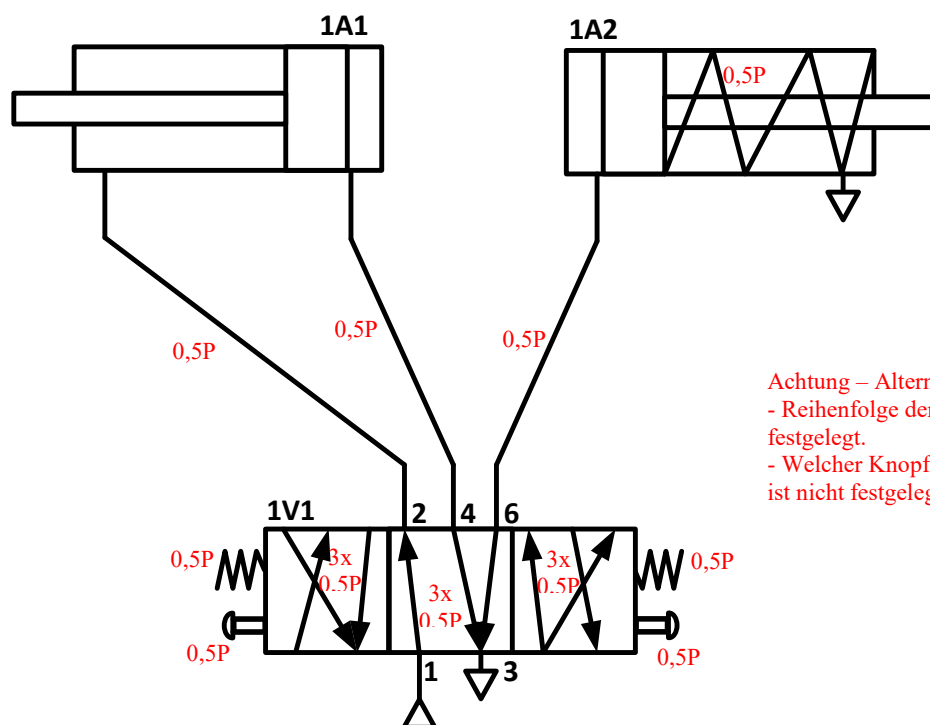
5

9,5

Aufgabe 4.2: Entwurf einer pneumatischen Steuerung (8,5 Punkte)

Sie sollen eine pneumatische Steuerung vervollständigen, die bei Betätigung eines Druckknopfes A einen doppelwirkenden Pneumatikzylinder ausfährt und bei Betätigung eines zweiten Druckknopfes B einen einfachwirkenden Pneumatikzylinder ausfährt. Wird kein Druckknopf betätigt, sollen beide Zylinder einfahren. Außerdem soll ein Zylinder einfahren, wenn der jeweils andere ausgefahren wird. Vervollständigen Sie dazu Abbildung 9.

Hinweis: Sie müssen soweit erforderlich innere Strukturen von Elementen, Verbindungen zwischen Elementen sowie Eingabeelemente ergänzen. Es können mehrere Ausgänge auf einen Eingang geschaltet werden, es ist also bspw. eine Verbindung zwischen den Anschlüssen 1, 2 und 6 von 1V1 möglich.



Achtung – Alternativlösungen möglich:
 - Reihenfolge der Anschlüsse ist nicht festgelegt.
 - Welcher Knopf welches Ventil steuert ist nicht festgelegt.

8,5

Abbildung 9: Pneumatische Steuerung

Aufgabe 5: Kurzaufgaben (18 Punkte)

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

Frage 5.1: Vektor-Uhren (7,5 Punkte)

a) Abbildung 10 zeigt ein Vektoruhrsystem mit 3 Prozessen. Tragen Sie die fehlenden Zeitstempel in das Diagramm in Abbildung 10 ein. Prozess 0 soll dabei dem obersten Element in der Vektoruhr entsprechen (Element 0). Allgemein soll gelten: Prozess i entspricht dem i -ten Element in der Vektoruhr.

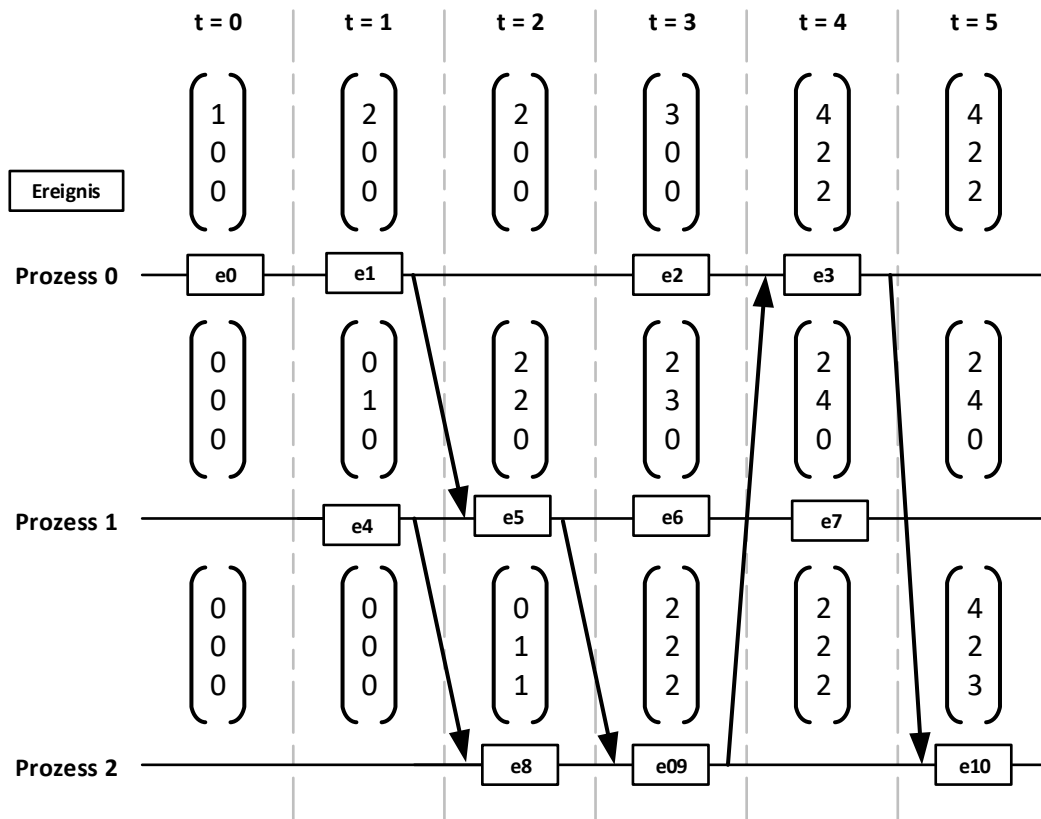


Abbildung 10: Vektor-Uhr mit drei Prozessen

Frage 5.2: Verschlüsselung (4,5 Punkte)

Sarah (Client S) möchte eine Nachricht m an Tom (Client T) senden. Die Nachricht soll vertraulich und authentisch sein.

a) Welche Form soll die gesendete Nachricht haben?

$$c || \text{sig}_{K_S^-, c} || C_S \text{ wobei gilt } c = E(K_T^+, m)$$

7,5

2,5

b) Nun empfängt Tom die Nachricht und will folgendermaßen vorgehen:

Tom prüft zuerst Sarahs Zertifikat auf Gültigkeit. Anschließend überprüft er die Nachricht mit Hilfe seines privaten Schlüssels und entschlüsselt die Nachricht mit Sarahs öffentlichem Schlüssel.

Angenommen, dass Sarahs Zertifikat gültig ist und dass die Nachricht tatsächlich von Sarah geschickt worden ist, ist das oben genannte Verfahren erfolgreich? Wenn nein, warum nicht?

Nein, das Verfahren ist nicht erfolgreich. Tom soll die Nachricht mit Sarahs öffentlichem Schlüssel überprüfen und diese mit seinem privaten Schlüssel lesen.

0,5P für „Nein“, 1,5P für Begründung

2

4,5

Frage 5.3: Profibus (6 Punkte)

Für eine zukünftige Produktionsanlage soll ein Profibus mit einer Buslänge von 400 m eingesetzt werden. Die anzuschließenden Slave-Geräte sollen im Mono-Master-Betrieb über den SRD-Dienst zyklisch abgefragt werden, wobei Anfrage- und Antwort-Telegramm jeweils $L_T = 136$ Bit lang sind. Der Overhead für die Überwachung des Busses und die Telegrammbearbeitung im Slave wird vereinfachend mit $L_O = 500$ Bit zusammengefasst. Für eine fehlerfreie und sichere Steuerung der Anlage ist eine minimale Bus-Zyklus-Zeit $T_{\min} = 10$ ms nötig.

a) Welche Übertragungsrate lässt sich maximal erreichen?

Maximal erreichbare Übertragungsrate	$BR = 500 \frac{kBit}{s}$	0,5P
--------------------------------------	---------------------------	------

b) Wie viele Slave-Geräte können unter diesen Bedingungen maximal angeschlossen werden?

$BR = 500 \frac{kBit}{s}$ $T_{\min} = 10 \text{ ms}, T_{\min} = n_s \cdot T_{SRD}$ $T_T = \frac{L_T}{BR} = \frac{136 \text{ Bit}}{500 \frac{kBit}{s}} = 272 \mu s$ $T_0 = \frac{L_0}{BR} = \frac{500 \text{ Bit}}{500 \frac{kBit}{s}} = 1000 \mu s$ $T_{SRD} = 2 \cdot T_T + T_0 = 1544 \mu s$ Daraus ergibt sich $n_s = 6.47$		
Maximale Anzahl Slave-Geräte	6 Slave-Geräte	

3

c) Nun wurde der Bus eingesetzt und es wurde festgestellt, dass 2 weitere Slaves-Geräte notwendig sind, für die eine Buslängenerweiterung von 100 m erforderlich ist. Wie groß ist die minimale Bus-Zyklus-Zeit in diesem Fall?

$n_s = 8$ Achtung: $BR = 187,5 \frac{kBit}{s}$ $T_T = \frac{L_T}{BR} = \frac{136 Bit}{187,5 \frac{kBit}{s}} = 725 \mu s$ $T_0 = \frac{L_0}{BR} = \frac{500 Bit}{187,5 \frac{kBit}{s}} = 2666 \mu s$ $T_{SRD} = 2 \cdot T_T + T_0 = 4116 \mu s$ $T_{min} = n_s \cdot T_{SRD} = 32928 \mu s$	
Minimale Bus-Zyklus-Zeit	$T_{min} = 33 ms$

3

6

Aufgabe 6: Single-Choice-Fragen (30 Punkte)

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