

Musterlösung

Automatisierungstechnik I – WS21/22

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

Prüfungstag: 22.02.2022 **Prüfungsumfang:** 6 Aufgaben (18 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: 22.02.2022

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

Aufgabe	1	2	3	4	5	6		
Maximal	24	13,5	9	23,5	20	30		
Erreicht								

Aufgabe 1: Scheduling (24 Punkte)

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

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 7 verwenden. Er dient als Ersatz. Kennzeichnen Sie eindeutig, welche Zeichnung gewertet werden soll.

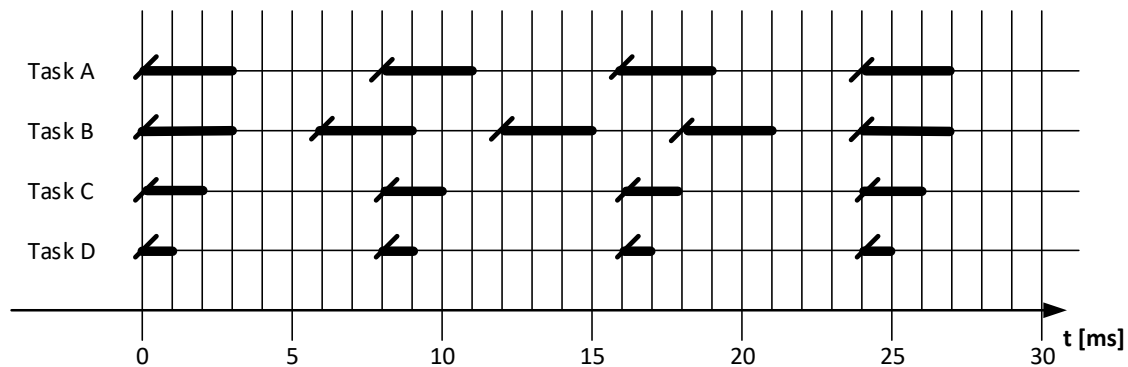


Abbildung 1: Soll-Ablauf der Tasks A, B, C und D

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	3
Task C	2
Task D	1

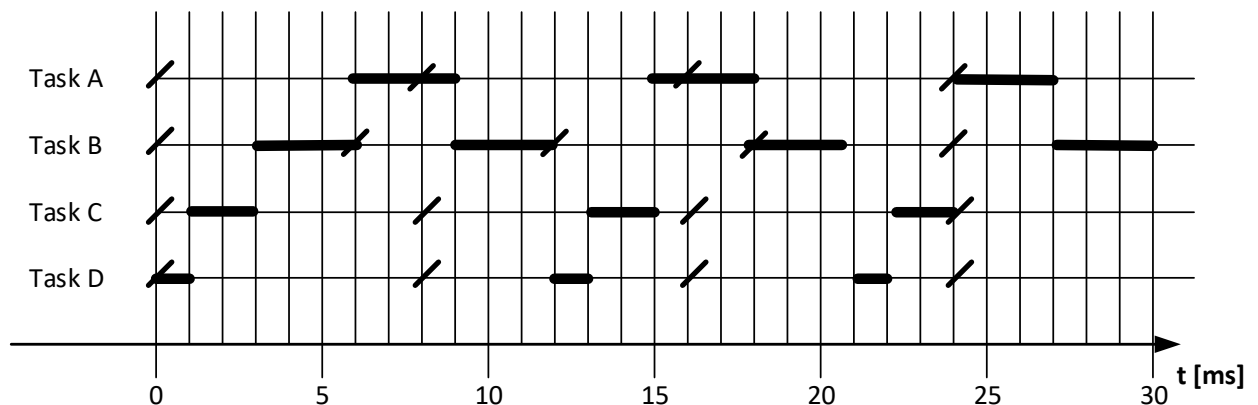


Abbildung 2: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (First-In-First-Out Verfahren)

Aufgabe 1.1: Rechtzeitigkeit und Auslastung (2,5 Punkte)

Erfüllt die Abarbeitung der einzelnen Tasks im Bereich $0 \leq t < 30$ ms gemäß Abbildung 2 die Rechtzeitigkeits-Bedingung bei einer Beauftragung entsprechend Abbildung 1 und Tabelle 1? Wenn nein, welche Task(s) verletzt bzw. verletzt den die Rechtzeitigkeits-Bedingung wann zum ersten Mal?

Task	Rechtzeitige Abarbeitung?		Wenn nein, zu welchem Zeitpunkt wird die erste Deadline verletzt?
	Ja	Nein	
Task A	☐	☒	$t = 8$ ms
Task B	☐	☒	$t = 18$ ms
Task C	☒	☐	$t =$
Task D	☒	☐	$t =$

Aufgabe 1.2: Scheduling nach dem Zeitscheiben-Verfahren (4,5 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks bei einer Beauftragung entsprechend Abbildung 1 und Tabelle 1 beim Scheduling nach dem Zeitscheibenverfahren im Bereich $0 \leq t < 30$ ms. Der Systemtakt beträgt 1 ms. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 3 ein.

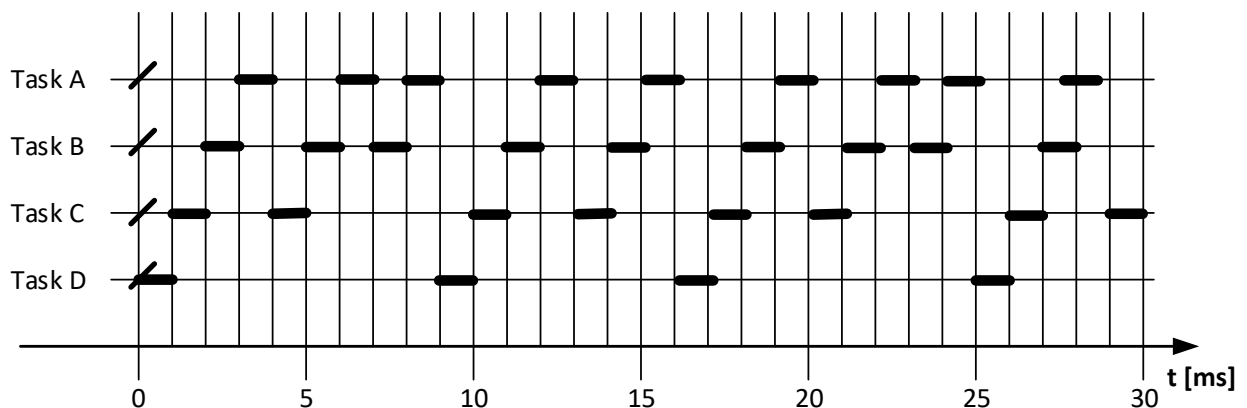


Abbildung 3: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Zeitscheiben-Verfahren)

Aufgabe 1.3: Scheduling nach dem kleinsten Spielraum Verfahren (6,5 Punkte)

Ermitteln Sie 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. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 4 ein und geben Sie dabei auch die jeweils verbleibenden Spielräume an. Bitte kennzeichnen Sie alle Entscheidungen, die nicht auf dem primären Entscheidungs-Kriterium des Spielraum-Schedulings beruhen mit „F“ bzw. „P“.

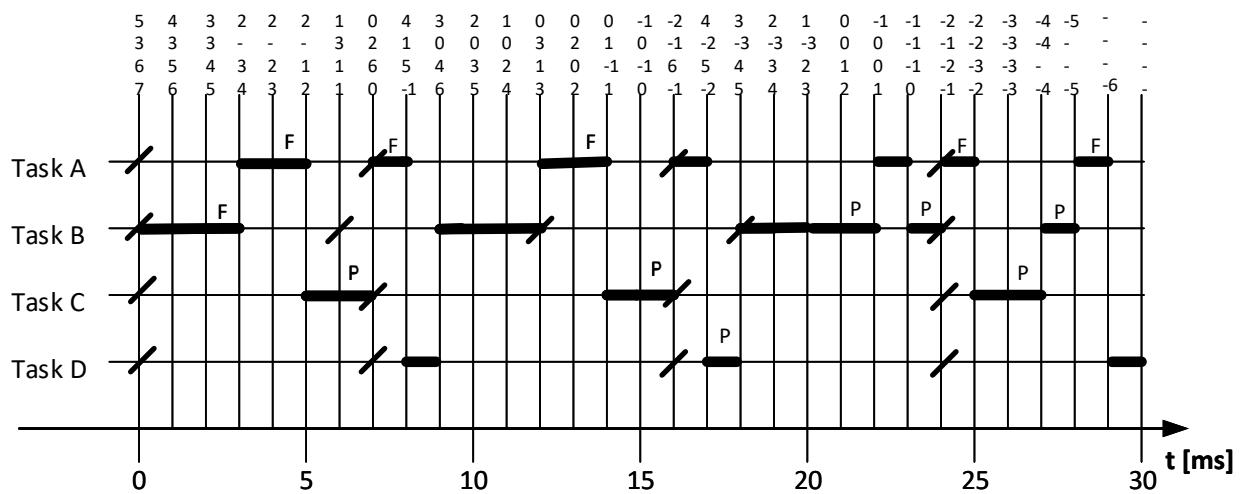


Abbildung 4: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Kleinstes Spielraum Verfahren)

Aufgabe 1.4: Restantwortzeit-Scheduling (5 Punkte)

a) Abbildung 5 zeigt das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks bei einer Beauftragung entsprechend Abbildung 1 und Tabelle 1 beim Scheduling nach dem Verfahren der kleinsten Restantwortzeit im Bereich $0 \leq t < 30$ ms. Bitte kennzeichnen Sie dabei alle Entscheidungen, die nicht auf dem primären Entscheidungs-Kriterium des Restantwortzeit-Schulings beruhen mit „F“ bzw. „P“.

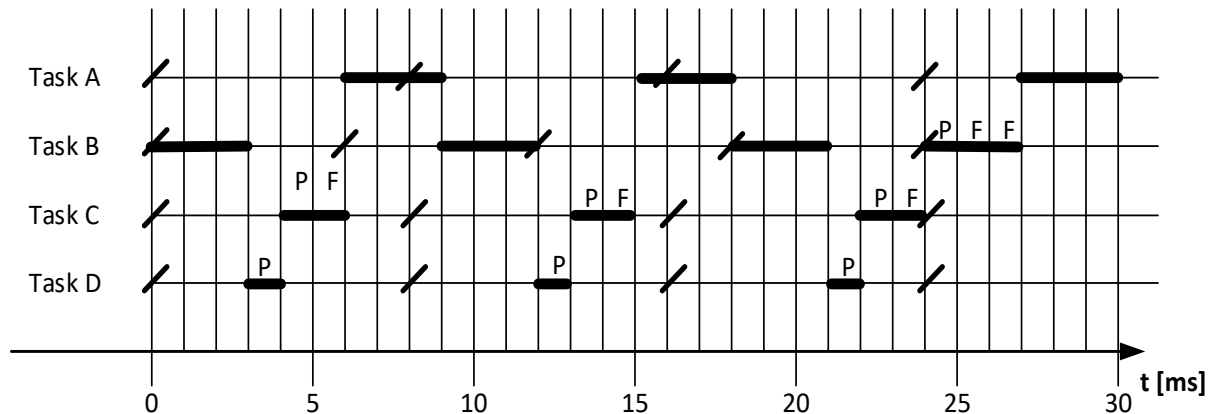


Abbildung 5: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Restantwortzeit-Scheduling)

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

Raum für Nebenrechnungen:

$$\frac{3}{8} + \frac{3}{6} + \frac{2}{8} + \frac{1}{8} = 1,25$$

Rechenkernauslastung

125

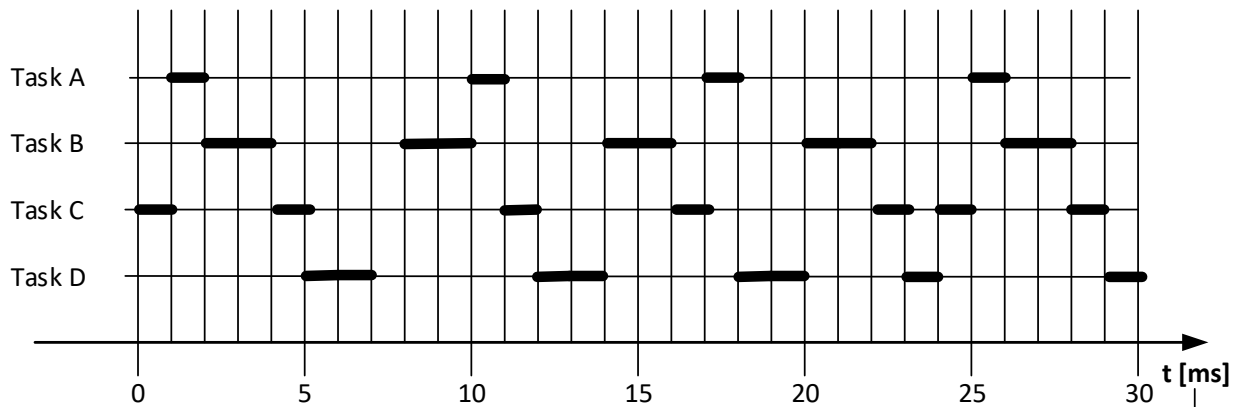
%

Aufgabe 1.5: Bestimmung der Prozessparameter (5,5 Punkte)

Gegeben ist der in Abbildung 6 dargestellte Ist-Ablauf von vier Tasks nach dem Scheduling-Verfahren mit festen Prioritäten (nicht-präemptiv). Nach der Erstbeauftragung werden die Tasks in regelmäßigen Abständen (Periode) neu beauftragt. Gehen Sie davon aus, dass die Periode einer Task konstant und gleichzeitig als die Deadline für deren Ausführung zu betrachten ist. Der Systemtakt beträgt 1 ms. 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	1
Task B	2
Task C	3
Task D	4

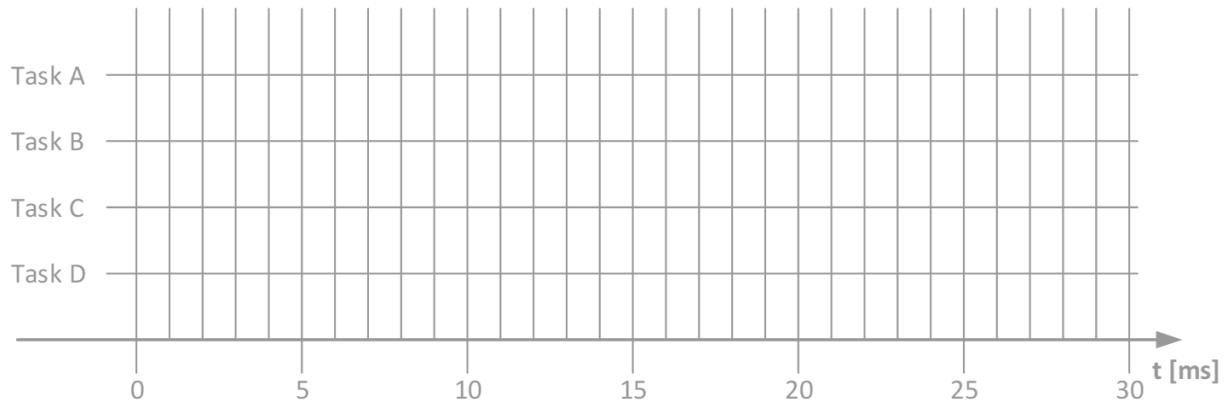
**Abbildung 6: Ist-Ablauf der Tasks A, B, C und D (feste Prioritäten)**

Ermitteln Sie den Zeitpunkt der Erstbeauftragung, die Ausführungsdauer und die Periode der einzelnen Tasks und tragen Sie Ihre Ergebnisse in Tabelle 3 ein.

Tabelle 3: Parameter des Tasksets

Task	Erstbeauftragung	Ausführungsdauer	Periode
Task A	1 ms	1 ms	8 ms
Task B	2 ms	2 ms	6 ms
Task C	0 ms	1 ms	4 ms
Task D	4 ms	1 ms	2 ms

Aufgabe 1. _____:

**Abbildung 7: _____-Ablauf der Tasks A, B, C und D (Ersatzdiagramm)**

Aufgabe 2: Semaphore (13,5 Punkte)

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

Hinweis: Sollten Sie sich verzeichnen, so können Sie den Diagrammvordruck aus Abbildung 12 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 8. Das ausführende System verfügt über einen Rechenkern. Zu Beginn haben alle Semaphore S0, S1 und S2 den Wert 1. Ferner hat Task B die höchste Priorität und Task C die niedrigste.

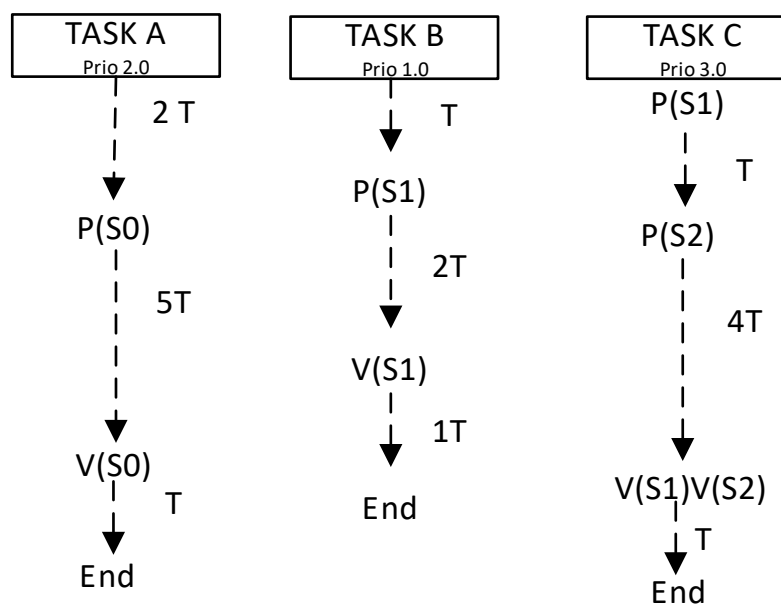


Abbildung 8: Struktur des Tasksets

Tabelle 4 nennt den Zeitpunkt der einmaligen Aktivierung der drei Tasks.

Tabelle 4: Aktivierungszeiten

Task	Aktivierungszeit
A	$t = 2 T$
B	$t = 4 T$
C	$t = 0 T$

Nutzen Sie im Folgenden das präemptive Scheduling-Verfahren nach festen Prioritäten.

Aufgabe 2.1: Soll-Ablauf (1,5 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Soll-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 20 T$. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 9 ein.

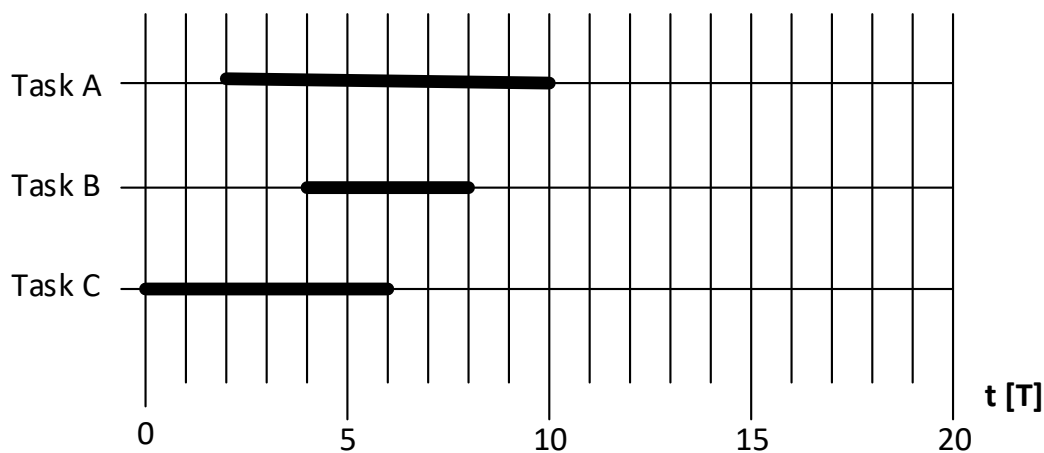


Abbildung 9: Soll-Ablauf der Tasks A, B und C

Aufgabe 2.2: Ist-Ablauf (6 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 20 T$ bei einer Beauftragung gemäß Abbildung 8 und Tabelle 4. Zeichnen Sie Ihre Lösung in Abbildung 10 ein. Nennen Sie auch den Wert der einzelnen Semaphore für das Ende jeden Zeitschritts und nutzen Sie dafür die über dem Diagramm abgedruckten Kästchen.

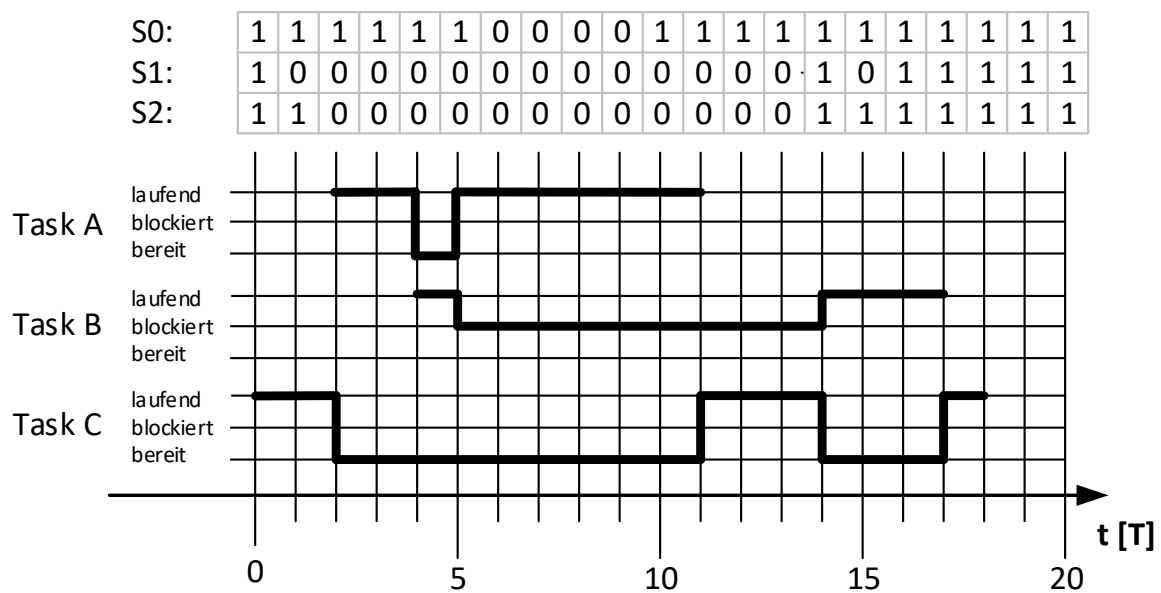


Abbildung 10: Ist-Ablauf der Tasks A, B und C

Aufgabe 2.3: Priority Inheritance Protocol (6 Punkte)

Ermitteln Sie das zeitliche Ist-Verhalten der Tasks im Bereich $0 \leq t < 20 T$ bei einer Beauftragung gemäß Abbildung 8 und Tabelle 4 unter Anwendung des Priority Inheritance Protocols. Zeichnen Sie Ihre Lösung in ein. Nennen Sie auch den Wert der einzelnen Semaphore für das Ende jeden Zeitschritts und nutzen Sie dafür die über dem Diagramm abgedruckten Kästchen.

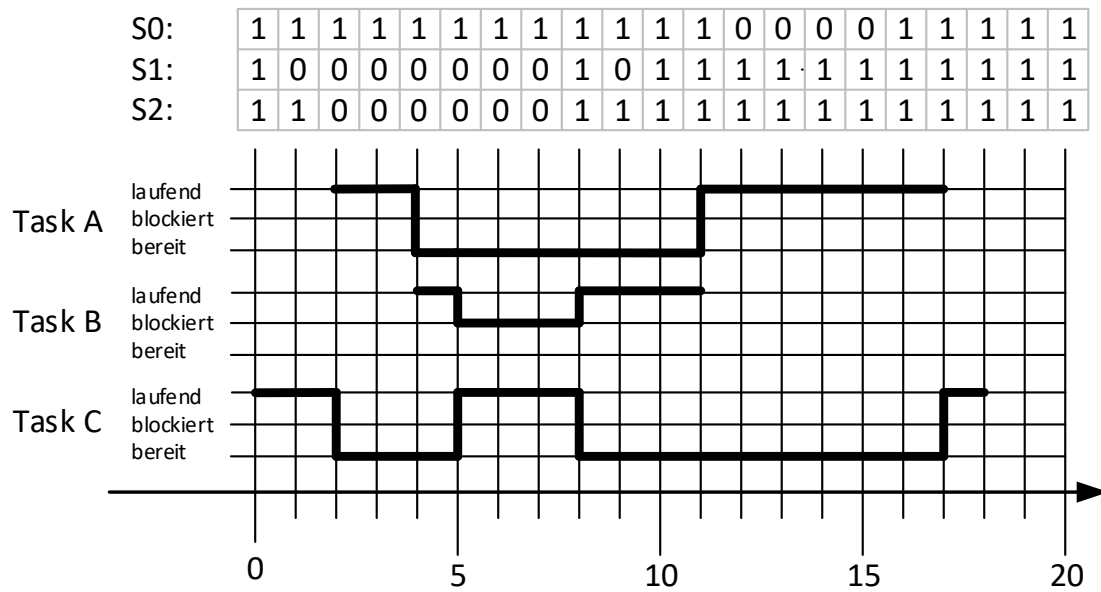


Abbildung 11: Ist-Ablauf der Tasks A, B und C (Priority Inheritance)

Aufgabe 2. _____:

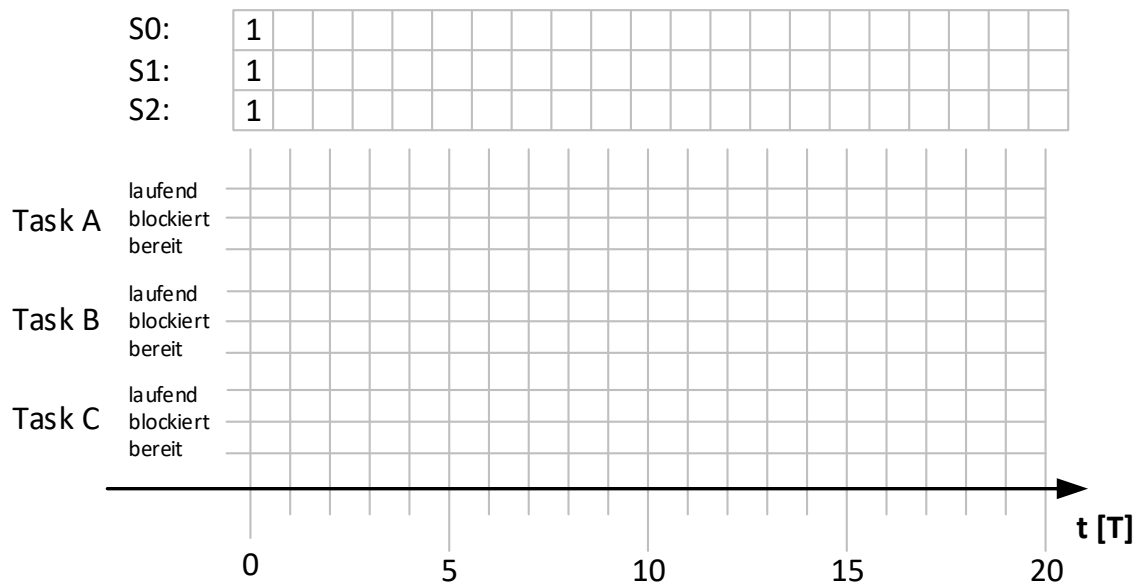
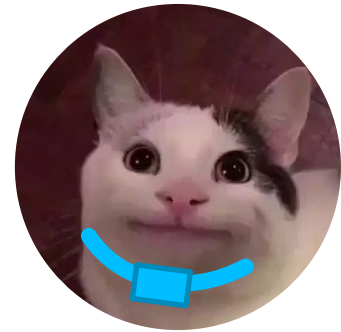


Abbildung 12: _____-Ablauf der Tasks A, B und C (Ersatz-Diagramm)

Aufgabe 3: Funktionsanalyse (9 Punkte)

Sie sind Entwickler in einem Startup für smarte Katzen-Halsbänder. Diese Halsbänder sollen Benutzer*innen mittels einer Smartphone-App in Echtzeit Informationen über ihre Katzen bereitstellen.

Da die Entwicklung noch ganz am Anfang steht, sollen Sie im Rahmen einer Funktionsanalyse mögliche Funktionen ihres neuen Produkts ermitteln.



Aufgabe 3.1: Benutzerbedürfnisse (3 Punkte)

Benennen Sie drei mögliche Benutzerbedürfnisse, die im oben beschriebenen Szenario vorliegen könnten.

1. Tiergesundheit
2. Tiersicherheit
3. Datenschutz
4. Benutzerfreundlichkeit
5. Tragekomfort
- ...

Aufgabe 3.2: Benutzer-bezogene Funktionen (3 Punkte)

Leiten Sie aus den drei in Aufgabe 3.1 ermittelten Benutzerbedürfnissen jeweils eine passende Benutzer-bezogene Funktion ab.

- zu 1.: Angabe des Kalorienbedarfs der Katze
- zu 2.: Ortung der Katze
- zu 3.: Sicherstellen, dass Daten nur Befugten zugänglich sind
- zu 4.: Einfache Bedienbarkeit
- zu 5.: Katzen lehnen das Halsband nicht ab
- ...

Aufgabe 3.3: Produkt-bezogene Funktionen (3 Punkte)

Leiten Sie aus den drei in Aufgabe 3.2 ermittelten Benutzer-bezogenen Funktionen jeweils eine passende Produkt-bezogene Funktion ab.

- zu 1.: Tracking der Katzen-Aktivitäten und daraus Berechnung des Kalorienbedarfs
- zu 2.: Tracking des Katzenstandorts
- zu 3.: Nutzung von Servern mit hohen Sicherheitsstandards
- zu 4.: Intuitive Benutzungsoberfläche
- zu 5.: Ergonomisches Halsband aus geeigneten Materialien
- ...

--

Aufgabe 4: Programmierung von Industriesteuerungen (23,5 Punkte)

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

Aufgabe 4.1: Entwurf eines SPS-Programms (9,5 Punkte)

In einem Wasserbecken soll der Wasserstand gesteuert werden. Drei Schwimmerschalter S1, S2, S3 erfassen den Wasserstand und zwei Pumpen P1, P2 mit unterschiedlicher Förderleistung ermöglichen eine Wasserzufuhr bei Wasserentnahme durchs Abflussrohr.

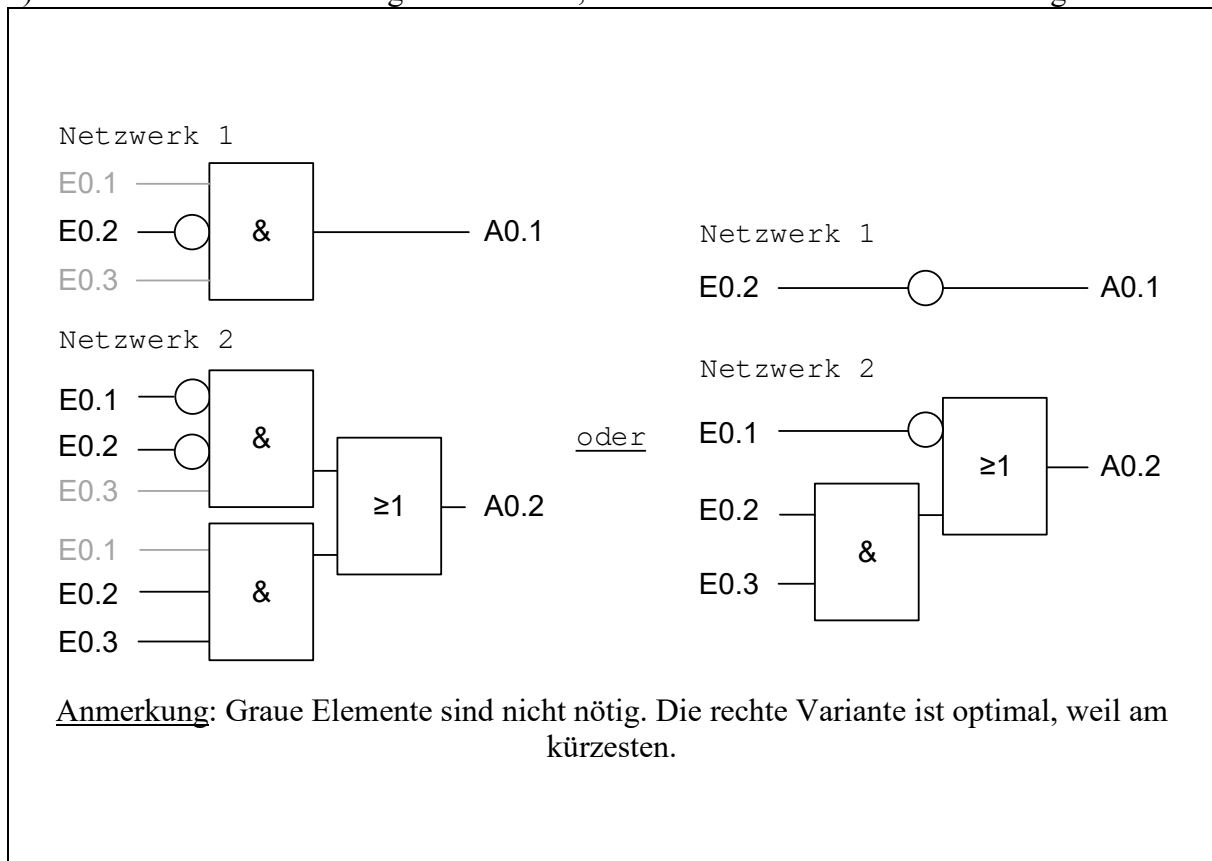
Bei Wasserstand unterhalb von S1 sollen beide Pumpen fördern, zwischen S1 und S2 soll nur P1 und zwischen S2 und S3 nur P2 fördern.

a) Der Schwimmerschalter S2 ist ein Schließer. Der Behälter darf bei Drahtbruch in der Zuleitung des Sensors S1 nicht leerlaufen und bei Drahtbruch in der Zuleitung des Sensors S3 nicht überlaufen. Bitte vervollständigen Sie entsprechend dieser Anforderungen Tabelle 5.

Tabelle 5: Ein- und Ausgänge

Name	Ein-/Ausgang	Typ	Bezeichner
Schwimmerschalter S1	Eingang	Schließer	E0.1
Schwimmerschalter S2	Eingang	Schließer	E0.2
Schwimmerschalter S3	Eingang	Öffner	E0.3
Pumpe P1	Ausgang	-	A0.1
Pumpe P2	Ausgang	-	A0.2

b) Entwerfen Sie ein SPS-Programm in FUP, was die oben beschriebene Steuerlogik umsetzt.



Aufgabe 4.2: Korrektur eines SPS-Programms (6 Punkte)

Ein Kollege zeigt Ihnen folgendes SPS-Anwenderprogramm in der Sprache Structured Text und beklagt sich darüber, dass ihm zwar bekannt sei, dass es fünf Fehler unterschiedlicher Art enthalte, er diese aber nicht finden könne. Markieren Sie die Fehler in Abbildung 13 und begründen Sie Ihre Wahl in Tabelle 6.

Hinweis: Ein Fehler wurde als Beispiel bereits markiert. Es verbleiben vier Fehler unterschiedlicher Art für Sie.

```

1  NETWORK EinProgramm
2
3  IF NOT E0.1 THEN
4      Eingang := E0.2 AND NOT E0.3;
5  ENDIF;
6  Ausschaltverz := S_OFFDT (T_NO:= T1, S:= Eingang, TV:= t#60s);
7  A0.0 := Ausschaltverz;

```

Abbildung 13: SPS-Programm in ST

Tabelle 6: Begründung bzw. Beschreibung der gefundenen Fehler

Nr.	Begründung / Beschreibung („Warum ist das ein Fehler?“)
1	Falsches (Schlüssel-)Wort (Korrekt: „PROGRAM“)
2	Falsches (Schlüssel-)Wort (Korrekt: „END_IF“)
3	Variable „Eingang“ abhängig von Zustand von E0.1 nicht deklariert
4	Semikolon fehlt
5	Nicht das Objekt „Ausschaltverz“ sondern dessen Ausgang „Ausschaltverz.A“ muss auf den Ausgang „A0.0“ gelegt werden.

Aufgabe 4.3: Entwurf einer pneumatischen Steuerung (8 Punkte)

Sie möchten die folgende Schaltlogik realisieren:

(1S1 UND 1S2) ODER 1S3 → 1A1 fährt aus

NICHT (1S1 UND 1S2) UND NICHT 1S3 → 1A1 fährt ein

Sie haben die in Abbildung 14 gezeigten Elemente zur Verfügung. Bitte vervollständigen Sie Abbildung 14.

Hinweis: Sie müssen soweit erforderlich innere Strukturen von Elementen sowie Verbindungen zwischen Elementen ergänzen. Druckleitungen können verzweigen, d.h. der Ausgang eines Elements kann mit mehreren Eingänge anderer Elemente verbunden werden.

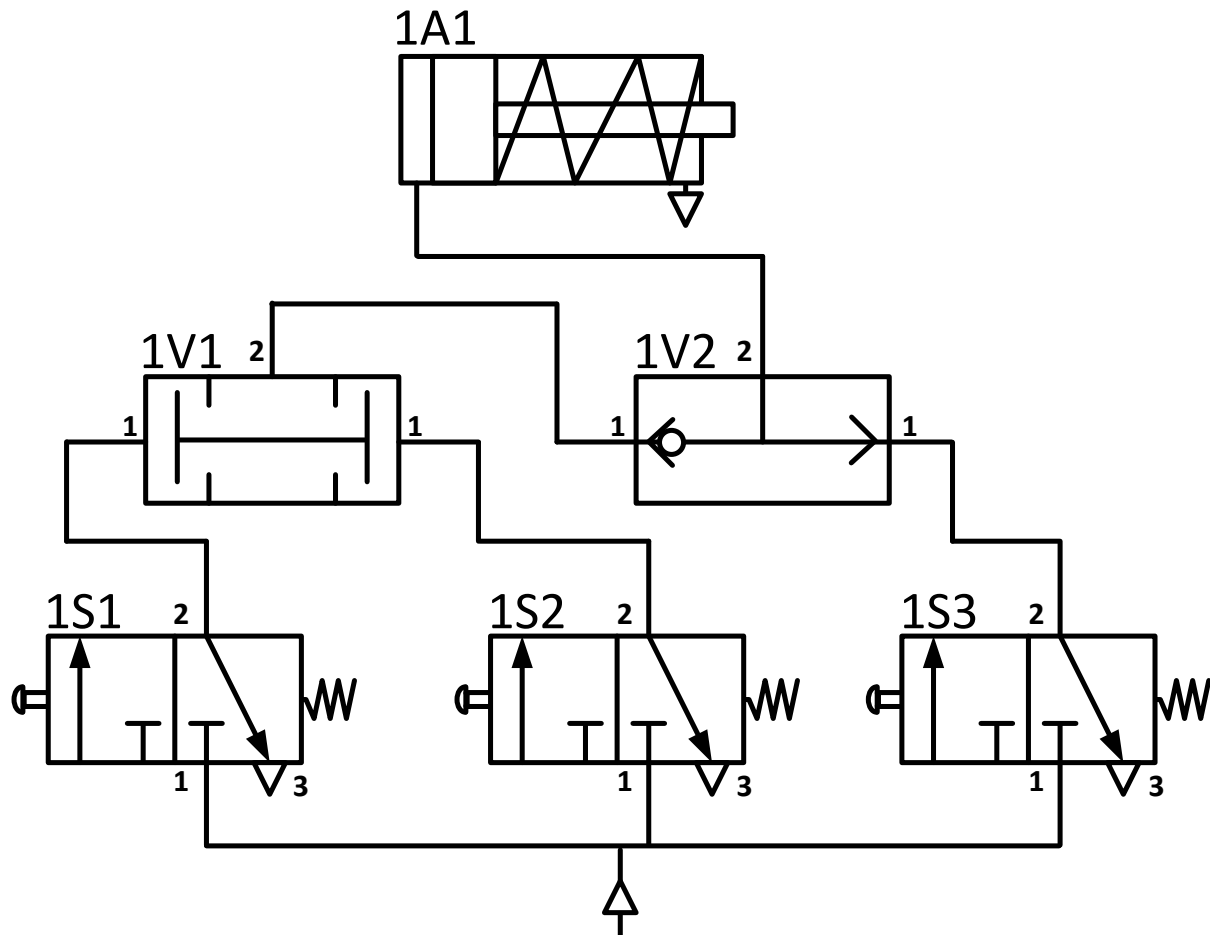


Abbildung 14: Pneumatische Steuerung

Aufgabe 5: Kurzaufgaben (20 Punkte)

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

Frage 5.1: Auswahl A/D-Wandler (7,5 Punkte)

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

$$y_{E_v,R}(E_v) = \frac{50 \, \Omega}{500 \, \Omega + 0,5 \frac{\Omega}{lx} \cdot E_v} \cdot y_{max} \cdot \frac{3 \, V}{6 \, V}$$

Bitte füllen Sie zur Beurteilung der Genauigkeit der A/D-Wandlung Tabelle 7 vollständig aus.

Tabelle 7: Vergleich unterschiedlicher A/D-Wandler-Auflösungen

	8 Bit	12 Bit	16 Bit
$y_{E_v,R}(0 \, lx) =$	12	204	3276
$y_{E_v,R}(100 \, lx) =$	11	186	2978
$ y_{E_v,R}(0 \, lx) - y_{E_v,R}(100 \, lx) =$	1	18	298

Reichen die in Tabelle 7 angestellten Berechnungen prinzipiell aus, um für mindestens eine der betrachteten Auflösungen eine Genauigkeit von $\pm 1 \, lx$ im Wertebereich von $0 \, lx$ bis $100 \, lx$ zu garantieren? Wenn ja, welche A/D-Wandler-Auflösung würde die Anforderung erfüllen? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Nein, da $y_{E_v,R}(E_v)$ nicht linear ist und die Anzahl der zur Verfügung stehender Rohwerte damit noch keine Aussage über die Schrittweite bzw. Genauigkeit zulässt.

Frage 5.2: Vektor-Uhr (7,5 Punkte)

Abbildung 15 zeigt ein Vektoruhrsystem mit 3 Prozessen. Tragen Sie die fehlenden Zeitstempel in das Diagramm in Abbildung 15 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.

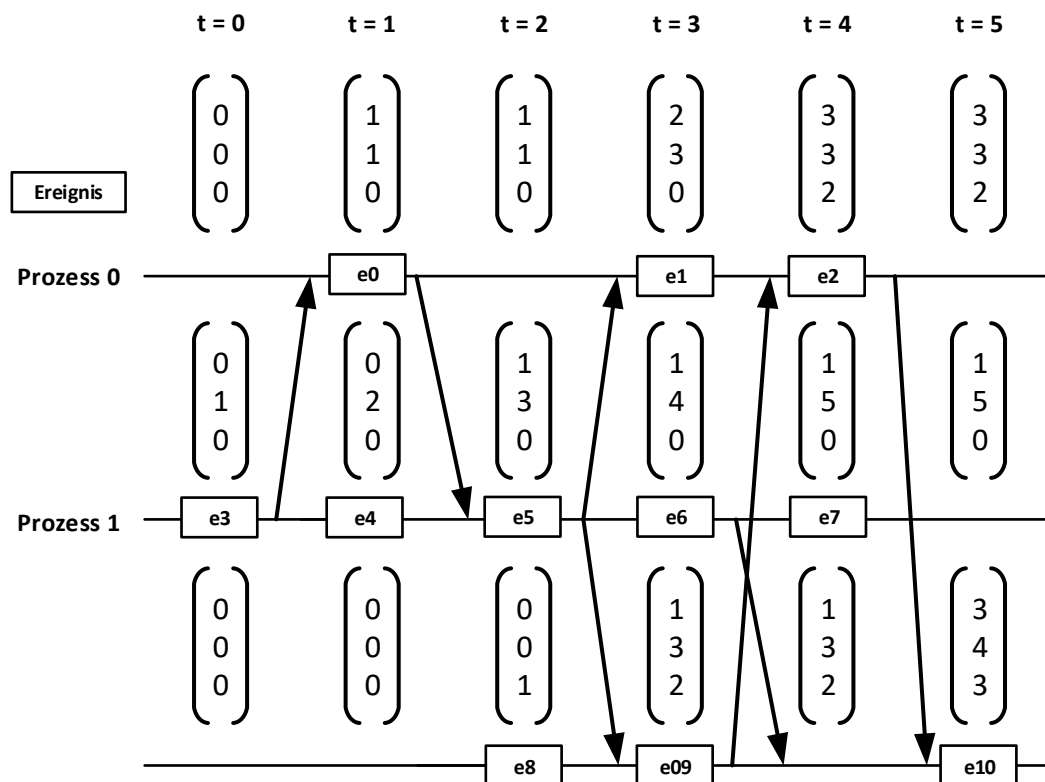


Abbildung 15: Vektor-Uhr mit drei Prozessen

Frage 5.3: CAN-Bus (5 Punkte)

Analysieren Sie den in Tabelle 8 dargestellten Ausschnitt eines Bus-Pegel-Verlaufs. Bezeichnen Sie die einzelnen Telegramm(-sub-)segmente und kennzeichnen Sie Stuffing-Bits mit einem „*“.

Tabelle 8: Empfangener Bus-Pegel

Bezeichnung	EOF			IFS			S O F	Identifizier							
												*			
Bit-Wert	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Bit-Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

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.

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.

...