



Ergänzende Handreichung zum Fachlehrplan Elektrotechnik

WAKE

Weiterentwicklung der **A**ufgaben**K**ultur **E**lektrotechnik

Erstellt von der Arbeitsgruppe WAKE

| | |
|------------------|---|
| Otto Allendorff | (Bezirksregierung Köln) |
| Burkhard Häger | (Börde-Berufskolleg Soest) |
| Carsten Irmer | (Börde-Berufskolleg Soest) |
| Andreas Knuhr | (Carl-Miele-Berufskolleg des Kreises Gütersloh) |
| Christoph Töller | (Berufskolleg für Technik und Informatik – Neuss) |

März 2014

Vorwort

Die vorliegende Handreichung **WAKE** („Weiterentwicklung der **AufgabenK**ultur in **Elektrotech**nik“ ergänzt den Fachlehrplan für den Profil bildenden Leistungskurs Elektrotechnik des Beruflichen Gymnasiums der Berufskollegs. Mit Blick auf die zentrale Abiturprüfung werden die zu überprüfenden Kompetenzen, die sie fundierenden Inhalte und die zur Überprüfung geeigneten Aufgabenarten beschrieben. Weiter enthält die Handreichung einen Leitfaden zur kompetenzorientierten Entwicklung von Prüfungsaufgaben und mit Aufgabenbeispielen wird die Umsetzung von Kompetenzen in Prüfungsaufgaben exemplarisch verdeutlicht.

In jedem Jahr werden vom Schulministerium Berufskollegs mit der Erstellung von Abiturprüfungsvorschlägen im Fach Elektrotechnik beauftragt. Inzwischen haben fast alle Berufskollegs mit dem Profil bildenden Leistungskursfach Elektrotechnik Vorschläge für die zentrale Abiturprüfung vorgelegt. Auf der Basis der von den Berufskollegs vorgelegten Prüfungsvorschläge erstellt eine vom Ministerium eingesetzte Aufgabenkommission „Elektrotechnik“ die landeszentralen Prüfungsvorschläge; sie trifft dabei aus den vorgelegten Prüfungsvorschlägen eine Auswahl oder modifiziert diese.

Im Februar 2011 wurde die Aufgabenkommission „Elektrotechnik“ um die Arbeitsgruppe **WAKE** erweitert. Auf der Basis der seit 2008 durchgeführten Evaluationen und den Erfahrungen aus der Praxis der Aufgabenkommission hat die Arbeitsgruppe die vorliegende Handreichung erarbeitet. Ziel der Handreichung ist die Unterstützung der Fachkolleginnen und Fachkollegen bei der Entwicklung von Prüfungsaufgaben und der Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf die Anforderungen der zentralen Abiturprüfung.

Für die Arbeitsgruppe und ihr Ergebnis war die fortlaufende Diskussion mit Fachkolleginnen und Fachkollegen wichtig. Stellvertretend für alle an der Diskussion Beteiligten wird an dieser Stelle den Kolleginnen und Kollegen, die im Januar 2013 auf einer Fachtagung die Arbeit an der Handreichung durch ein konstruktives Feedback unterstützt haben, gedankt. Dank gilt Reinhard Glaßmeier (Berufskolleg Rheine) und Steffen Rottig (Berufskolleg Mies-v.d.-Rohe – Aachen) für ihre wichtige Mitarbeit bis Juli 2012.

Soest, im Juli 2013

Arbeitsgruppe **WAKE**

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort | 3 |
| Inhaltsverzeichnis | 4 |
| KAPITEL 1 EINFÜHRUNG | 9 |
| 1.1 Aufgaben sind die entscheidenden Elemente einer Prüfung..... | 9 |
| 1.2 Prüfungsaufgaben brauchen Kultur | 10 |
| 1.3 Die Entwicklung von Aufgaben ist anspruchsvoll | 12 |
| 1.4 WAKE: Arbeitshilfen für die Aufgabenentwicklung | 13 |
| KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR | 15 |
| 2.1 Die Leitfrage der Aufgabenkultur | 15 |
| 2.2 Kompetenzbeschreibung | 16 |
| 2.2.1 Kompetenzbegriff | 16 |
| 2.2.2 Kompetenzbereiche | 18 |
| 2.2.3 Anforderungsbereiche | 19 |
| 2.2.4 Operatoren | 19 |
| 2.2.5 Kompetenzmatrix | 20 |
| 2.2.6 Kompetenzfundierende Inhalte | 21 |
| 2.2.7 Kompetenzmodell | 22 |
| 2.3 Arbeitsfeld Elektrotechnik | 22 |
| 2.3.1 Leitideen | 23 |
| 2.3.2 Technikverständnis | 23 |
| 2.4 Prüfungsqualität | 24 |
| 2.4.1 Gütekriterien | 24 |
| 2.4.2 Objektivität / Personenunabhängigkeit | 26 |
| 2.4.3 Reliabilität / Zuverlässigkeit | 26 |
| 2.4.4 Gültigkeit / Validität | 27 |
| 2.4.5 Akzeptanz | 29 |
| 2.4.6 Ökonomie | 29 |
| 2.4.7 Nützlichkeit und Zumutbarkeit | 30 |
| 2.5 Aufgabenvielfalt | 30 |
| 2.5.1 Basisformen | 30 |
| 2.5.2 Offenheit der Aufgaben | 31 |
| 2.5.3 Aufgabenschwierigkeit | 31 |
| 2.6 Anforderungen an kultivierte Prüfungen und Prüfungsaufgaben | 31 |
| 2.6.1 Gesamtanlage der Prüfung | 31 |
| 2.6.2 Entwicklung des Aufgabenteils der Teilaufgaben | 32 |
| 2.6.3 Entwicklung des Lösungs- und Bewertungsteils | 32 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| KAPITEL 3 | KOMPETENZEN - INHALTE - OPERATOREN..... | 33 |
| 3.1 | Vorbemerkungen..... | 33 |
| 3.2 | Kompetenzen und Inhalte..... | 34 |
| 3.2.1 | Kompetenzbereich A - Umgang mit Fachwissen | 34 |
| 3.2.2 | Kompetenzbereich B - Methodenbeherrschung | 55 |
| 3.2.3 | Kompetenzbereich C - Kommunikation | 90 |
| 3.2.4 | Kompetenzbereich D - Reflexion..... | 93 |
| 3.3 | Operatoren | 96 |
| KAPITEL 4 | AUFGABENARTEN | 99 |
| 4.1 | Beschreibung | 99 |
| 4.1.1 | Aufgabenarten: Verknüpfung von Basisformen und Offenheit | 99 |
| 4.1.2 | Basisformen von Prüfungsaufgaben | 100 |
| 4.1.3 | Offenheit der Prüfungsaufgaben | 103 |
| 4.1.4 | Aufgabenarten im Überblick..... | 105 |
| 4.2 | Beispiele..... | 106 |
| | Beispiel 1: Technische Problemstellung ohne Lösungsweg | 107 |
| | Beispiel 2: Technische Problemstellung mit Lösungsweg | 108 |
| | Beispiel 3: Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug | 110 |
| | Beispiel 4: Technische Problemstellung mit Lösungsweg und Anwendungsbezug | 111 |
| | Beispiel 5: Materialgebundene Aufgabe..... | 114 |
| | Beispiel 6: Experimentbezogene Aufgabe..... | 118 |
| | Beispiel 7: Aufgabe mit offenem Lösungsweg (lösungswegoffen) | 120 |
| | Beispiel 8: Aufgabe mit offenem Ergebnis (ergebnisoffen) | 123 |
| KAPITEL 5 | LEITFADEN AUFGABENGESTALTUNG | 125 |
| 5.1 | Der Prozess der Aufgabengestaltung | 125 |
| 5.1.1 | Umsetzung von Kompetenzen, Inhalten, Operatoren in Aufgaben | 125 |
| 5.1.2 | Erfüllung von Anforderungen..... | 125 |
| 5.1.3 | Abiturprüfung = 3 Prüfungsaufgaben..... | 126 |
| 5.1.4 | Gleichwertigkeit der Prüfungsaufgaben..... | 127 |
| 5.1.5 | Teilprozesse der Aufgabengestaltung | 127 |
| 5.2 | Prüfungsaufgaben abstimmen..... | 128 |
| 5.2.1 | Repräsentation des Faches durch Prüfungsaufgaben..... | 128 |
| 5.2.2 | Verteilung von Kompetenzen und Inhalten auf drei gleichwertige Aufgaben | 128 |
| 5.2.3 | Drei Abstimmungsaspekte | 129 |
| 5.3 | Prüfungsaufgaben strukturieren | 131 |
| 5.3.1 | Prüfungsaufgabe = Thema + Aufgabenteil + Lösungsteil + Anhänge | 132 |
| 5.3.2 | Aufgabenteil einer Teilaufgabe..... | 133 |
| 5.3.3 | Lösungsteil einer Teilaufgabe | 135 |
| 5.3.4 | Beispiel: Aufbau und Struktur einer Prüfungsaufgabe (Auszug) | 136 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 5.4 | Teilaufgaben formulieren | 139 |
| 5.4.1 | Vier Merkmale der Verständlichkeit | 139 |
| 5.4.2 | Formulierung von Ausgangssituationen | 143 |
| 5.4.3 | Formulierung von Informationsteilen | 144 |
| 5.4.4 | Formulierung von Auftragsteilen | 144 |
| 5.4.5 | Bearbeitungsteil erstellen | 145 |
| 5.4.6 | Anhang erstellen | 145 |
| 5.4.7 | Lösungsteil erstellen | 145 |
| 5.5 | Prüfungsaufgaben prüfen (Checklisten) | 146 |
| 5.5.1 | Checkliste - Prüfungsvorschlag Nr. ____ (gesamt) | 146 |
| 5.5.2 | Checkliste Aufgabenteil von Teilaufgabe Nr. ____ | 147 |
| 5.5.3 | Checkliste – Lösungsteil - Teilaufgabe Nr. ____ | 147 |
| KAPITEL 6 | AUFGABENBEISPIELE | 149 |
| 6.1 | Aufgabenbeispiel 1: Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG) | 150 |
| A: | Aufgabenteil | 150 |
| B: | Lösungsteil | 161 |
| C: | Prüfungsdidaktischer Kommentar | 174 |
| 6.2 | Aufgabenbeispiel 2: Bedienfeldfreischaltung | 182 |
| A: | Aufgabenteil | 182 |
| B: | Lösungsteil | 188 |
| C: | Prüfungsdidaktischer Kommentar | 194 |
| 6.3 | Aufgabenbeispiel 3: Frequenzumrichter | 197 |
| A: | Aufgabenteil | 197 |
| B: | Lösungsteil | 205 |
| C: | Prüfungsdidaktischer Kommentar | 209 |
| 6.4 | Aufgabenbeispiel 4: Digitaler Kalender | 212 |
| A: | Aufgabenteil | 212 |
| B: | Lösungsteil | 229 |
| C: | Prüfungsdidaktischer Kommentar | 239 |
| 6.5 | Aufgabenbeispiel 5: Rolllorsteuerung | 243 |
| A: | Aufgabenteil | 243 |
| B: | Lösungsteil | 253 |
| C: | Prüfungsdidaktischer Kommentar | 265 |
| 6.6 | Aufgabenbeispiel 6: Brennofentemperaturregelung | 268 |
| A: | Aufgabenteil | 268 |
| B: | Lösungsteil | 273 |
| C: | Prüfungsdidaktischer Kommentar | 276 |
| 6.7 | Aufgabenbeispiel 7: Fahrtregler | 278 |
| A: | Aufgabenteil | 278 |

| | |
|--|---------|
| B: Lösungsteil | 291 |
| C: Prüfungsdidaktischer Kommentar | 297 |
| 6.8 Aufgabenbeispiel 8: Brennofensteuerung | 301 |
| A: Aufgabenteil | 301 |
| B: Lösungsteil | 311 |
| C: Prüfungsdidaktischer Kommentar | 318 |
| Anhang | 321 |
| A Prüfungsdidaktik | 321 |
| B Technik (allgemein) | 322 |
| C Elektrotechnik | 323 |
| D Verwaltungsvorgaben | 324 |
| E Internetquellen | 324 |

KAPITEL 1

EINFÜHRUNG

1.1 Aufgaben sind die entscheidenden Elemente einer Prüfung

Mit der Umstellung von der dezentralen zur zentralen Abiturprüfung sind die Abiturprüfungsaufgaben in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Schüler wie Lehrer erwarten die zentral gestellten Prüfungsaufgaben an den Prüfungsterminen mit großer Spannung und hoffen, dass sich ihre Vorbereitungen auf die Prüfung als lohnend erweisen. Die zentralen Prüfungen stehen auch deshalb im Fokus der Aufmerksamkeit, da mit ihnen der Anspruch erhoben wird, dass die Qualität der Prüfungen im Vergleich zu den dezentralen Prüfungen verbessert wird.

Mit den Abiturprüfungsaufgaben werden die Anforderungen der Abiturprüfung operationalisiert. Sie bilden quasi einen abschlussbe-

Mit Prüfungsaufgaben werden die Anforderungen der Abiturprüfung operationalisiert.

zogenen Standard für die Abiturprüfungsfächer. Damit sind die Prüfungsaufgaben auch Impulsgeber für den der Abiturprüfung vorausgehenden Unterricht, da sich dieser an den Prüfungsanforderungen orientiert. Mit den zentral gestellten Prüfungsaufgaben erhalten die unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer wichtige Informationen über die Entwicklung der Anforderungen in der Abiturprüfung.

Prüfungsaufgaben erfassen den Stand erworbener Kompetenzen; sie sind (Mess-) Instrumente, mit denen die Leistungen der

Prüfungsaufgaben sind Messinstrumente, mit denen Kompetenzen erfasst und bewertet werden

Schülerinnen und Schüler erfasst und bewertet werden. Die Schülerinnen und Schüler sind in der Prüfung mit den Aufgaben auf sich allein gestellt; Rückfragen und weitere Erläuterungen sind in der Prüfung nicht möglich. Prüfungsaufgaben müssen deshalb mit besonderer Verantwortung und Sorgfalt erstellt werden.

Schülerinnen und Schüler und die sie auf die Prüfung vorbereitenden Lehrerinnen und Lehrer beurteilen die Schwierigkeit und Fairness der Prüfungsaufgaben.

Prüfungsaufgaben müssen mit besonderer Sorgfalt und Verantwortung erstellt werden.

Lehrkräfte prüfen die zentral gestellten Abi-

turprüfungsaufgaben kritisch, da auftretende Mängel gravierendere Folgen für die Durchführung der Prüfung und die Korrektur der Schülerleistungen haben als bei dezentral gestellten Prüfungsaufgaben.

Die Abiturprüfungsaufgaben sind die entscheidenden Elemente für eine faire, akzeptable und aussagefähige Prüfung.

Gute Prüfungsaufgaben führen zu einer fairen, akzeptablen und aussagefähigen Prüfung.

1.2 Prüfungsaufgaben brauchen Kultur

Für die Aufgabenentwicklung von Prüfungsaufgaben ist zu klären, was und wie geprüft werden soll. Mit diesen beiden Fragen wird die Frage nach den Aspekten der Aufgabenkultur der Prüfung gestellt. Die Aufgabenkultur wird durch vier Aspekte bestimmt.

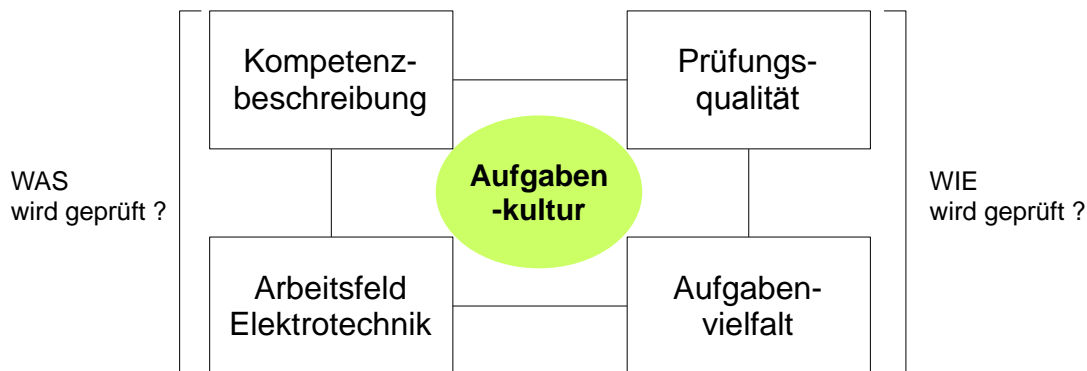


Abb. 1: Aspekte der Aufgabenkultur

Bei der Entwicklung von Prüfungsaufgaben geht es darum, Kompetenzen in Aufgaben umzusetzen. Nach den Empfehlungen der EPA Technik (Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik) sollen Prüfungen Kompetenzen in einer größtmöglichen Breite mit differenzierten Anforderungsbereichen und an geeigneten Inhalten erfassen und bewerten. Es ist deshalb notwendig, die Kompetenzen, auf die sich die Aufgaben beziehen, zu beschreiben. Ohne eine Beschreibung der zu erfassenden und zu bewertenden Kompetenzen kann eine Prüfungsaufgabe nicht konstruiert werden. Die **Kompetenzbeschreibung** im Fach Elektrotechnik erfolgt nach einem Modell, das Kompetenzbereiche, Inhaltsbereiche und Anforderungsbereiche sinnvoll aufeinander bezieht. Das Modell zur Beschreibung der Kompetenzen wird in KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR erläutert; auf der Basis dieses Modells werden die Kompetenzen nach Anforderungsbereichen und die

Kulturaspekt 1:

Die **Kompetenzbeschreibung** verknüpft:

- a.) Kompetenzbereiche
 - b.) Anforderungsbereiche
 - c.) Inhaltsbereiche
-

Inhalte nach Inhaltsbereichen im KAPITEL 3 KOMPETENZEN, INHALTE, OPERATOREN beschrieben.

Kompetenzen sind immer auf Arbeitsfelder, die so genannten Domänen, bezogen. Die Kompetenzentwicklung im Fach Elektrotechnik bezieht sich auf das ingenieurwissenschaftliche **Arbeitsfeld**

Kulturaspekt 2:

Beschreibung des **Arbeitsfeldes Elektrotechnik** als Kompetenzdomäne.

Elektrotechnik. In den Bildungsplänen Teil 1 „Didaktische Organisation ...“ und Teil 2 „Fachlehrplan Elektrotechnik“ ist das Arbeitsfeld bereits beschrieben. Im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR wird das Arbeitsfeld Elektrotechnik im Hinblick auf die Entwicklung einer Abiturprüfung weiter konkretisiert.

Ein weiterer Aspekt von Aufgabenkultur ist die **Aufgabenvielfalt**. Keine Aufgabenart eignet sich zur Überprüfung aller Kompetenzen, insbesondere bei Berücksichtigung der unterschiedlichen In-

Kulturaspekt 3:

Eine Prüfung sollte sich durch eine **Aufgabenvielfalt** auszeichnen.

haltsbereiche und der zu berücksichtigenden Anforderungsniveaus. Der Einsatz von nur einer Aufgabenart würde bestimmte Schüler bevorzugen; deshalb sollte in einer Prüfung zwischen unterschiedlichen Aufgabenarten variiert werden. In KAPITEL 4 AUFGABENARTEN werden die für die Abiturprüfung in Frage kommenden Aufgabenarten vorgestellt. Dabei werden die Vorgaben der EPA Technik in besonderer Weise berücksichtigt. Im KAPITEL 6 kommen die Aufgabenarten in den jeweiligen AUFGABENBEISPIELEN zum Einsatz.

Die **Prüfungsqualität** wird bestimmt durch textpsychologische Gütekriterien. Es wird unterschieden zwischen Hauptgütekriterien und Nebengütekriterien. Zu den Hauptgütekriterien gehören die Gültigkeit (Validität), die Zuverlässigkeit (Reliabilität) und die Objektivität. Zu den Nebengütekriterien gehören die Akzeptanz, die Ökonomie und die Zumutbarkeit und Nützlichkeit der Prüfung.

Kulturaspekt 4: **Prüfungsqualität**

Hauptgütekriterien:

- ▷ Gültigkeit
- ▷ Zuverlässigkeit
- ▷ Objektivität

Nebengütekriterien

- ▷ Akzeptanz
 - ▷ Ökonomie
 - ▷ Nützlichkeit und Zumutbarkeit
-

Die Kriterien von Prüfungsqualität werden im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR beschrieben. Inhaltlich fließen die Gütekriterien in das Konzept der AUFGABENGESTALTUNG, wie es in KAPITEL 5 dargestellt wird, ein.

1.3 Die Entwicklung von Aufgaben ist anspruchsvoll

Prüfungsaufgaben haben eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen. Der Prozess der Aufgabenentwicklung ist dementsprechend anspruchsvoll und schwierig; der Entwicklungsaufwand ist erheblich.

Die Abiturprüfungen müssen die Inhalte des der Abiturprüfung vorausgehenden Unterrichts genauso repräsentativ abbilden wie die geltenden Bildungspläne.

Zu berücksichtigen:

- ▷ relevante Inhalte
 - ▷ Aufgabenformen des Unterrichts
 - ▷ Formale Abiturvorgaben
-

Die Abiturvorschläge müssen den allgemeinen Abiturvorgaben hinsichtlich der Bearbeitungszeiten, der zu verteilenden Anspruchsniveaus, der Bewertungspunkte und der redaktionellen Form entsprechen. Bei der Erstellung der Abiturprüfungen sind die testpsychologischen Gütekriterien zu beachten. Prüfungsaufgaben sollten das Richtige erfassen; die Fehler bei der Erfassung sollten minimal sein und die Lösungs- und Bewertungsvorgaben sollten zu einer Bewertung führen, die unabhängig von den korrigierenden Lehrkräften ist.

Die Aufgaben sind auf Kompetenzen bzw. Kompetenzbündel in ausreichender Breite zu beziehen.

Die Aufgaben sind sinnvoll und fair zu stellen; sie sollten motivierend sein.

Prüfungsaufgaben sind mehr als nur die Aufgabenstellung. Zu einer Prüfungsaufgabe gehört die eigentliche Aufgabe wie auch die Lösungserwartungen mit einer Musterlösung und der Angabe von kleinschrittigen Lösungsaspekten. Die Lösungserwartungen sollen eine objektive Bewertung der Lösungen ermöglichen.

Anforderungen:

- ▷ Güterkriterien
 - ▷ anregende Aufgaben
 - ▷ angemessene Schwierigkeit
 - ▷ Kompetenzorientierung
 - ▷ Lösungserwartungen mit Musterlösung
 - ▷ Lösungserwartungen mit kleinschrittigen Lösungsaspekten
-

Der Prozess der Aufgabenentwicklung erweist sich als zeitaufwändig und mühsam. Eine kontinuierliche Qualitätssicherung erfordert eine fortlaufende Überarbeitung der entwickelten Aufgaben. Insbesondere der Pretest, bei dem Lehrkräfte die Prüfungsvorschläge unter Klausurbedingungen bearbeiten, ist qualitätssichernd.

Prüfungsaufgaben sind absolut verständlich zu formulieren. Die Schwierigkeit der Prüfungsaufgaben soll bei der Bearbeitung liegen und nicht im Verständnis der Aufgabenstellung.

Prüfungsaufgaben müssen zu 100 % verständlich sein.

1.4 WAKE: Arbeitshilfen für die Aufgabenentwicklung

Mit **WAKE** wird die Entwicklung kompetenzorientierter Aufgaben für die Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik unterstützt.

Auf der Basis des Konzepts der Aufgabenkultur wurden in dem Projekt **WAKE** Arbeitshilfen für die Aufgabenentwicklung erarbeitet.

Im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR wird das grundlegende Konzept für die entwickelten Materialien dargestellt. Auf der Basis der gel-

tenden Bildungspläne wurden die Kompetenzen und die Inhalte beschrieben, die von den Schülern in der Abiturprüfung erwartet werden. Im Zusammenhang mit den Kompetenzen und Inhalten wurde eine Liste der Operatorverben für die Formulierung der Aufträge in den Aufgaben erstellt.

Das KAPITEL 3 beschreibt KOMPETENZEN, INHALTE, OPERATOREN konkret für die Aufgabenentwicklung.

Im KAPITEL 4 AUFGABENARTEN werden konkret und beispielhaft für das Fach Elektrotechnik die möglichen Aufgabenarten für die Gestaltung von Prüfungsaufgaben dargestellt. KAPITEL 5 AUFGABENGESTALTUNG enthält einen Leitfaden für die Konstruktion und Formulierung von Prüfungsaufgaben.

Mit KAPITEL 6 AUFGABENBEISPIELE sollen die beschriebenen Kompetenzen, die Aufgabenarten und die Hinweise zur Aufgabengestaltung beispielhaft verdeutlicht werden.

WAKE

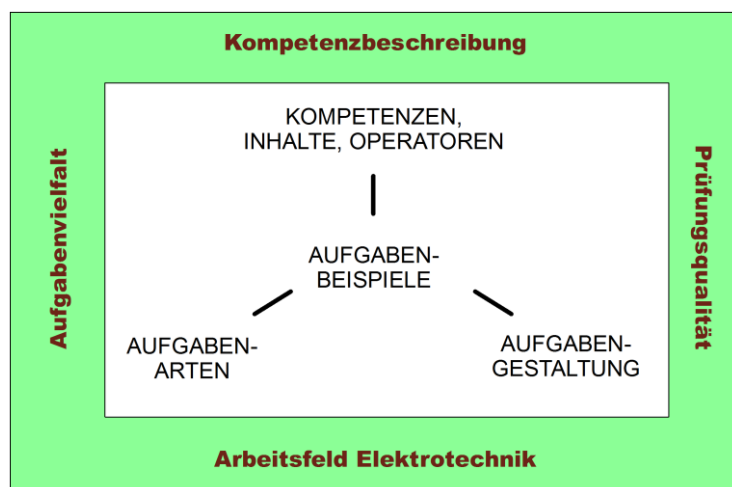
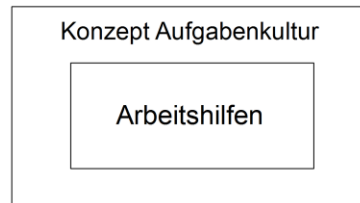


Abb. 2: Übersicht WAKE

KAPITEL 2

AUFGABENKULTUR

2.1 Die Leitfrage der Aufgabenkultur

Wie sind welche Aufgaben zu gestalten, damit die im Fach Elektrotechnik erworbenen Kompetenzen erfasst und bewertet werden können? Mit dieser Frage beschäftigt sich die Aufgabenkultur.

Aufgabenkultur bezieht sich auf die Fragen „WAS wird geprüft?“ und „WIE wird geprüft?“.

Weiter ausdifferenziert wird hier Aufgabenkultur als das Zusammenwirken der Aspekte „Kompetenzbeschreibung“, „Prüfungsqualität“, „Aufgabenvielfalt“ und „Arbeitsfeld Elektrotechnik“ verstanden.

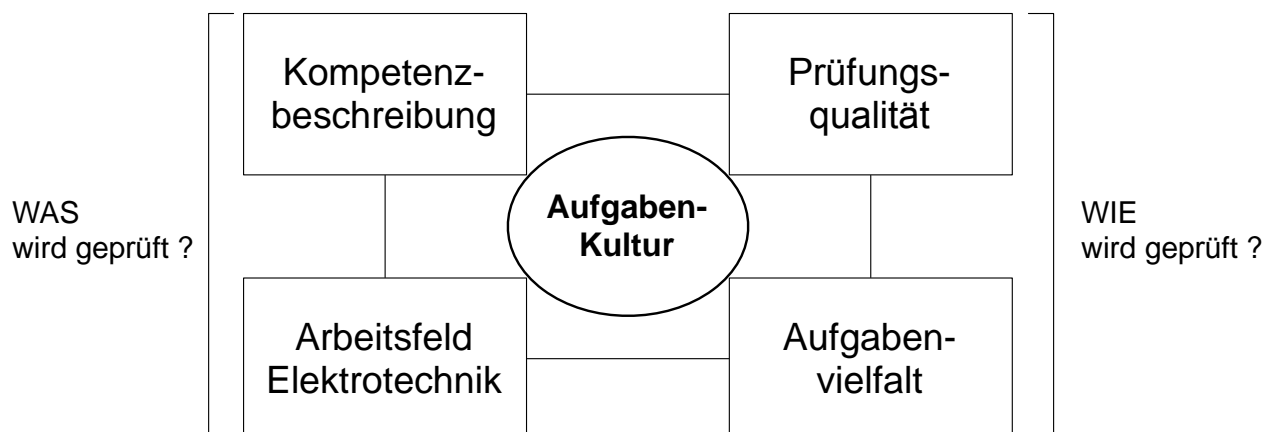


Abb. 3: Aspekte der Aufgabenkultur

Ein geeignetes Messverfahren kann nur ausgewählt und eingesetzt werden, wenn man weiß, was zu messen ist. Um Prüfungsaufgaben als „Messinstrumente“ für die Erfassung und Bewertung von Kompetenzen zu erstellen, ist es daher notwendig, die zu prüfenden Kompetenzen zu beschreiben. Mit den **Kompetenzbeschreibungen** wird angegeben, was von den zu prüfenden Schülerinnen und Schülern in der Abiturprüfung erwartet wird. In diesem Kapitel wird das Modell für eine Kompetenzbeschreibung dargestellt. Im KAPITEL 3 KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN werden die in der Abiturprüfung erwarteten Kompetenzen, Inhalte und Operatoren zur Formulierung von Arbeitsaufträgen konkret angegeben.

Die Überprüfung von Kompetenzen bezieht sich immer auf Lern- und Handlungsbereiche (Domänen). In der Abiturprüfung Elektrotechnik bezieht sich die Kompetenzprüfung auf die Domäne **Arbeitsfeld Elektrotechnik**. Im Hinblick auf die Entwicklung von Aufgaben für die Abiturprüfung Elektrotechnik ist die Analyse des Arbeitsfeldes Elektrotechnik ein wichtiger Aspekt der Aufgabenkultur.

Für die **Prüfungsqualität** wie auch die Qualität der Prüfungsaufgaben sind testpsychologische Gütekriterien maßgebend. Jede Prüfung mit ihren Prüfungsaufgaben hat sich diesen Gütekriterien zu unterwerfen. Die Qualität der Abiturprüfung Elektrotechnik wird entscheidend von der Umsetzung und Berücksichtigung dieses Kulturaspektes bestimmt.

In dem der Abiturprüfung vorausgehenden Unterricht werden unterschiedlichste Formen von Lernaufgaben wie auch Prüfungs- und Klausuraufgaben eingesetzt. Eine Prüfung sollte diese Vielfalt an Aufgabenformen angemessen abbilden. Durch ein angemessenes Maß an Aufgabenvielfalt werden den Schülerinnen und Schülern in der Prüfung auch unterschiedliche Wege geboten, ihre Leistungen in der Prüfung zu zeigen.

2.2 Kompetenzbeschreibung

In der Abiturprüfung Elektrotechnik sollen Kompetenzen in möglichst großer Breite, mit differenzierten Anforderungsbereichen, an geeigneten Inhalten erfasst und bewertet werden. Eine Kompetenzbeschreibung hat daher Kompetenzbereiche, Anforderungsstufen und Inhalte miteinander zu verknüpfen. Die Systematik dieser Beschreibung wird im Folgenden dargestellt.

2.2.1 Kompetenzbegriff

Die Beschreibung der zu prüfenden Kompetenzen fußt auf dem Kompetenzbegriff, wie er im Teil II der Bildungspläne (Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Technik, MSW (2006), S. 11) verwendet wird. Dieser Kompetenzbegriff ist fächerübergreifend und bildungsgangbezogen angelegt. Für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik ist dieser Kompetenzbegriff daher zu konkretisieren.

Auf der Grundlage des in den Bildungsplänen definierten Kompetenzbegriffs sind zu prüfende Kompetenzen im Fach Elektrotechnik

- kognitive Leistungsdispositionen (Fähigkeiten und Fertigkeiten),
- um Probleme
- in variablen Anforderungssituationen
- des Arbeitsfeldes Elektrotechnik
- erfolgreich lösen zu können.

Kompetenzen ergeben sich aus der Verknüpfung von Wissen und Können.

| |
|--|
| $\text{Kompetenz} = \text{Wissen} + \text{Können}$ |
|--|

Aus der Definition von Kompetenz ergeben sich Konsequenzen für die Gestaltung von Prüfungsaufgaben.

Kompetenzen sind Dispositionen oder Verhaltensmöglichkeiten. Kompetenzen können nicht direkt beobachtet oder erfasst werden; sie zeigen sich indirekt in einer Prüfungssituation durch ein Lösungsverhalten, das als Performanz bezeichnet wird. Nur durch die gezeigte Performanz kann auf die zugrunde liegende Kompetenz geschlossen werden. Prüfungsaufgaben müssen daher so angelegt sein, dass der Rückschluss von dem gezeigten Lösungsverhalten auf die zu prüfende Kompetenz möglich ist. Derartige Prüfungsaufgaben zeichnen sich durch differenzierte Lösungswege aus.

Eine kompetenzorientierte Prüfung kann nicht ausschließlich darin bestehen, Fachwissen abzufragen. Kompetenzprüfungen müssen die Könnens-Dimension berücksichtigen. In diesem Sinne sind die zu Prüfenden mit Problemen zu konfrontieren, die sich aus problemhaltigen Anforderungssituationen ergeben.

2.2.2 Kompetenzbereiche

Die prüfungsrelevanten Kompetenzen werden nach vier Kompetenzbereichen geordnet (siehe Abb. 4)

| D Reflexion | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| A Umgang mit Fachwissen | B Methoden- beherrschung | C Kommunikation |

Abb. 4: Kompetenzbereiche

Die Prüflinge

- müssen über ein solides Fachwissen verfügen und damit sachgerecht umgehen können
(■ Kompetenzbereich **A Umgang mit Fachwissen**)
- müssen das, was sie wissen, fachmethodisch anwenden können
(⇒□ Kompetenzbereich **B Methodenbeherrschung**)
- müssen in und über Elektrotechnik anforderungsgerecht kommunizieren können
(■ Kompetenzbereich **C Kommunikation**) und
- müssen das, was sie wissen, methodisch beherrschen und was sie kommunizieren, reflektieren können
(■ Kompetenzbereich **D Reflexion**)

Die Kompetenzbereiche sind miteinander verknüpft und können nicht isoliert voneinander betrachtet werden: Der Umgang mit Fachwissen erfordert immer auch methodisches Handeln. Methodenbeherrschung zeigt sich konkret immer in der Verknüpfung mit Fachwissen. Fachliche Kommunikation ist ohne Fachwissen und Fachmethoden undenkbar, wie auch eine Reflexion im Fach Elektrotechnik auf konkrete elektrotechnische Sachverhalte bezogen ist.

2.2.3 Anforderungsbereiche

Die Abiturprüfung soll die Kompetenzen der Schüler differenziert erfassen. Dazu werden drei Anforderungsbereiche unterschieden (vgl. Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik, KMK (2006)). In den drei Anforderungsbereichen werden folgende Leistungen erwartet:

Anforderungsbereich I (Reproduktion):

- Wiedergabe von Sachverhalten aus einem abgegrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang
- Beschreibung und Verwendung gelernter und geübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenztem Gebiet und einem wiederholenden Zusammenhang

Anforderungsbereich II (Anwendung):

- Selbstständiges Auswählen, Anordnen und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang
- Selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare Sachverhalte

Anforderungsbereich III (Transfer)

- Planmäßiges und kreatives Bearbeiten komplexerer Problemstellungen mit dem Ziel, selbstständig zu Lösungen, Deutungen, Wertungen und Folgerungen zu gelangen
- Bewusstes und selbstständiges Auswählen und Anpassen geeigneter gelernter Methoden

2.2.4 Operatoren

Bei der Formulierung der zu prüfenden Kompetenzen wie auch bei der Formulierung der Prüfungsaufgaben werden Operatoren verwendet. Operatoren sind Tätigkeitsverben, die dem Prüfling angegeben, was von ihm erwartet wird. Auch die zu überprüfenden Kompetenzen werden mit Hilfe der Operatoren formuliert. Dabei wird mit den Operatoren die Könnens-Dimension der Kompetenzen verdeutlicht. Die Operatoren sind den Anforderungsbereichen zugeordnet. Die Operatoren geben den Prüflingen Hinweise auf das Anspruchsniveau der jeweiligen Teilaufgabe. Eine Liste der Operatoren für die Abiturprüfung in Elektrotechnik enthält das folgende KAPITEL 3: KOMPETENZEN – INHALTE - OPERATOREN.

2.2.5 Kompetenzmatrix

Die vier Kompetenzbereiche werden jeweils in die drei Anforderungsbereiche untergliedert. Es ergibt sich somit die in Tab. 1 dargestellte Verknüpfung der vier Kompetenzbereiche mit den Anforderungsbereichen.

| | | Kompetenzbereiche | | | |
|----------------------|-------------------|---|--|---|--|
| | | A | B | C | D |
| | | Umgang mit Fachwissen | Methodenbeherrschung | Kommunikation | Reflexion |
| | | Fachwissen darstellen und anwenden | Methoden der Elektrotechnik nutzen | In und über Elektrotechnik kommunizieren | Bezüge der Elektrotechnik beschreiben und bewerten |
| Anforderungsbereiche | I Reproduktion | Einfache Sachverhalte eines abgegrenzten Themenbereichs wiedergeben und in vertrautem Kontext nutzen | Einfache Methoden der Elektrotechnik beschreiben und einsetzen | Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen | Einfache Bezüge angeben und beschreiben |
| | II Anwendung | Sachverhalte eines abgegrenzten Bereichs selbstständig ordnen und auf vergleichbare Kontexte übertragen | Fachmethoden der Elektrotechnik situationsgerecht anwenden | Darstellungsformen situationsgerecht auswählen und anwenden | Einfache Bezüge herstellen und Bewertungsansätze wiedergeben |
| | III Transfer | Sachverhalte problembezogen erarbeiten, einordnen, nutzen und bewerten | Fachmethoden problembezogen auswählen und problemorientiert anwenden | Darstellungsformen selbstständig auswählen und problemorientiert nutzen | Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten |

Tab. 1: Kompetenzmatrix

2.2.6 Kompetenzfundierende Inhalte

In der Abiturprüfung können Kompetenzen nur an geeigneten Inhalten geprüft werden. Für eine Kompetenzbeschreibung ist es daher notwendig, die kompetenzfundierenden Inhalte (Wissensbereiche) zu beschreiben. Es wird erwartet, dass die Schüler das beschriebene Wissen bis zur Abiturprüfung erworben haben.

Folgende Inhaltsbereiche gehören zur Kompetenzbeschreibung:

- Inhalte Kompetenzbereich A „Umgang mit Fachwissen“:

A1: Analoge Schaltungstechnik

A2: Digitaltechnik

A3: Elektrische Maschinen

A4: Regelungstechnik

A5: Mikrocontrollertechnik

- Inhalte Kompetenzbereich B „Methodenbeherrschung“:

Fachmethoden der Elektrotechnik

- Inhalte Kompetenzbereiche C „Kommunikation“:

Darstellungsformen der Elektrotechnik

- Inhalte Kompetenzbereich D „Reflexion“:

Bezüge der Elektrotechnik

2.2.7 Kompetenzmodell

In Abb. 5 wird die Struktur der Kompetenzbeschreibung dargestellt. Diese Struktur bildet die Grundlage für die Beschreibung der Kompetenzen im folgenden KAPITEL 3: KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN.

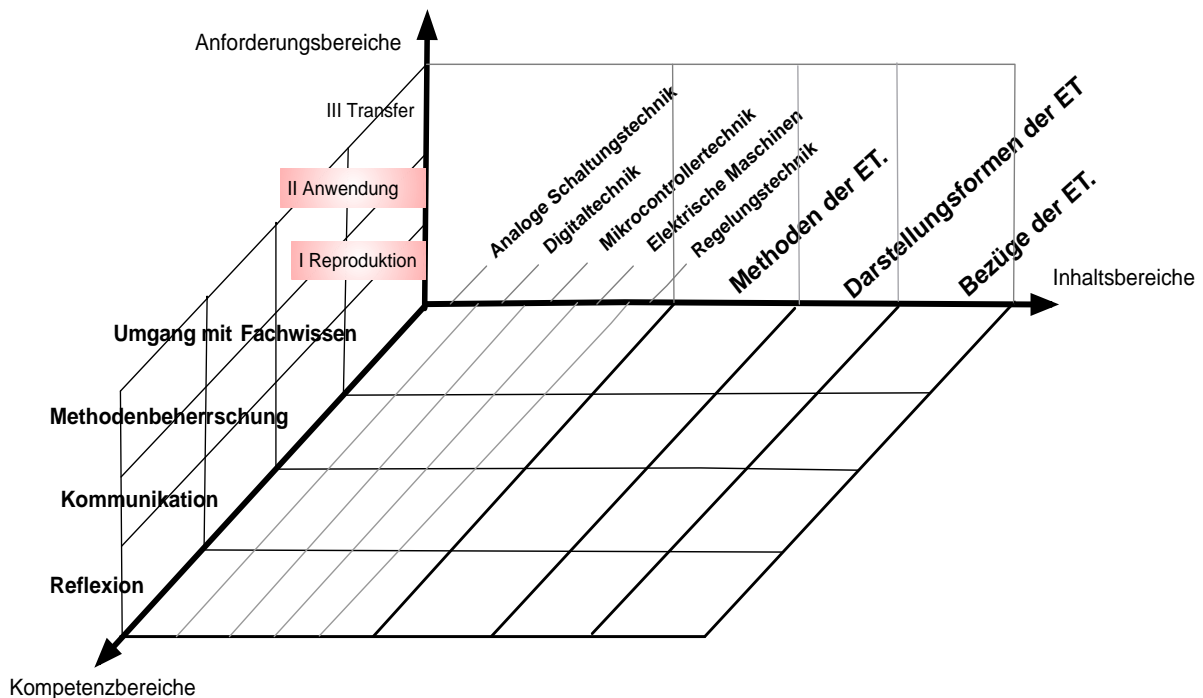


Abb. 5: Kompetenzmodell

2.3 Arbeitsfeld Elektrotechnik

Die zu prüfenden Kompetenzen in der Abiturprüfung Elektrotechnik beziehen sich auf Anforderungssituationen des Arbeitsfeldes Elektrotechnik. Das Arbeitsfeld Elektrotechnik ist somit der Handlungsbereich (Domäne), auf den sich die Prüfungsaufgaben beziehen (vgl. oben Kompetenzbegriff). Die Entwicklung der Prüfungsaufgaben wird also entscheidend durch das Verständnis dieses Arbeitsfeldes geprägt.

Im Teil II (Didaktische Organisation) und im Teil III (Fachlehrplan Elektrotechnik) der Bildungspläne wird das Arbeitsfeld Elektrotechnik beschrieben. Im Folgenden soll diese Beschreibung des Arbeitsfeldes Elektrotechnik im Hinblick auf die Entwicklung von Prüfungsaufgaben zusammenfassend dargestellt werden.

Elektrotechnik ist eine ingenieurwissenschaftliche Querschnittsdisziplin. Elektrotechnik ist in allen Teilen von technischen Systemen zu finden. Elektrotechnische Systeme können grund-

sätzlich Bestandteil aller Teile (z.B.: Energieteil, Bearbeitungsteil, Steuerungsteil,) eines technischen System sein. Dabei bezieht sich die Elektrotechnik auf alle Phasen eines elektrotechnischen Systems: von der Planung, über die Konstruktion und die Erstellung, bis hin zur Wartung und Entsorgung.

Als Technikdisziplin ist sie final- und zweckorientiert. Das heißt, es geht im Arbeitsfeld Elektrotechnik nicht um eine kausalerorientierte Betrachtung des Zusammenhangs von Ursachen und Wirkungen wie bei naturwissenschaftlichen Fragestellungen, sondern um die Realisierung von Handlungszwecken.

Demzufolge sind für das Arbeitsfeld folgende Leitideen bestimmend:

2.3.1 Leitideen

- Energie übertragen, wandeln und stellen
- Messen und Prüfen
- Steuern
- Digitale Informationsverarbeitung
- Regeln

2.3.2 Technikverständnis

Dem Technikverständnis folgend, soll Elektrotechnik nicht auf die Anwendung physikalischer Prinzipien reduziert werden. Ebenso wird man der Technikwissenschaft Elektrotechnik nicht gerecht, wenn man elektrotechnische Systeme primär mathematisch beschreibt und analysiert. Die Prüfungsaufgaben sollten sich auf funktionale Anwendungen in komplexen technischen Systemen beziehen, um die Leitideen des Faches zu berücksichtigen.

2.4 Prüfungsqualität

2.4.1 Gütekriterien

Ziel der Entwicklung von Prüfungsaufgaben ist eine faire, akzeptable und aussagefähige Prüfung. Um dieses Ziel zu erreichen, sind testpsychologische Gütekriterien zu beachten. Jede Prüfung hat sich den testpsychologischen Gütekriterien zu unterwerfen (siehe Abb. 6 und Tab. 2). Es wird zwischen Haupt- und Nebengütekriterien unterschieden.

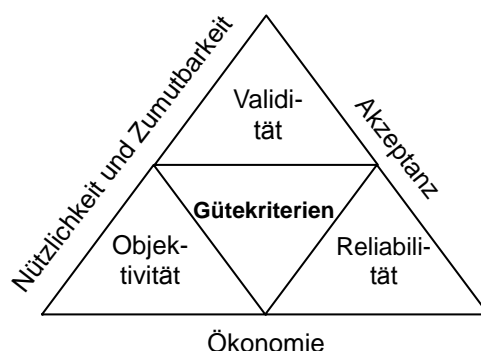


Abb. 6: Gütekriterien für Prüfungen

| GÜTEKRITERIEN | |
|---|--|
| Hauptkriterien | Nebenkriterien |
| Validität / Gültigkeit /Aussagekraft: „Es wird das erfasst, was erfasst werden soll“ | Akzeptanz: „ ... Zustimmung bei Schülern und Lehrkräften ...“ |
| Reliabilität / Zuverlässigkeit : „ ... Genauigkeit und Sicherheit, mit der Kompetenzen erfasst und bewertet werden ...“ | Ökonomie: „.... Erstellung, Durchführung und Auswertung der Prüfung sind leistbar.“ |
| Objektivität / Personenunabhängigkeit: „ Prüfungsergebnisse sind unabhängig von Schule und korrigierenden Lehrkräften... „ | Nützlichkeit und Zumutbarkeit: „.... die Aufgaben sind interessant und entsprechen dem vorausgegangenen Unterricht ...“ |

Tab. 2: Gütekriterien im Überblick

Die Hauptgütekriterien sind voneinander abhängig. Die Zuverlässigkeit einer Prüfung setzt die Objektivität der Prüfung voraus. Die Validität fußt auf einer hohen Objektivität und einem hohen Maß an Zuverlässigkeit (siehe Abb. 7). Bei der Gültigkeit handelt es sich um das wichtigste Gütekriterium, da es sich am meisten an inhaltlichen Maßstäben orientiert. Objektivität und Zuverlässigkeit bilden eher die notwendigen Voraussetzungen für eine hohe Gültigkeit. Die Nebenkriterien akzentuieren die Gütekriterien zusätzlich im Hinblick auf die schulischen Anforderungen.

Die Gütekriterien können nicht alle zugleich eine maximale Ausprägung erfahren. Die Kunst der Aufgabenentwicklung besteht darin, bei der Berücksichtigung der Gütekriterien ein Optimum zu finden und die sechs Gütekriterien auszutarieren.

Eine Prüfung kann nur so gültig sein, wie sie zuverlässig ist, und nur so zuverlässig sein, wie sie objektiv ist (vgl. Abb. 7). Das wichtigste Gütekriterium Validität bezieht sich zentral auf die Vorgaben der Lehrpläne (curricularer Aspekt der Validität) und auf den Unterricht.

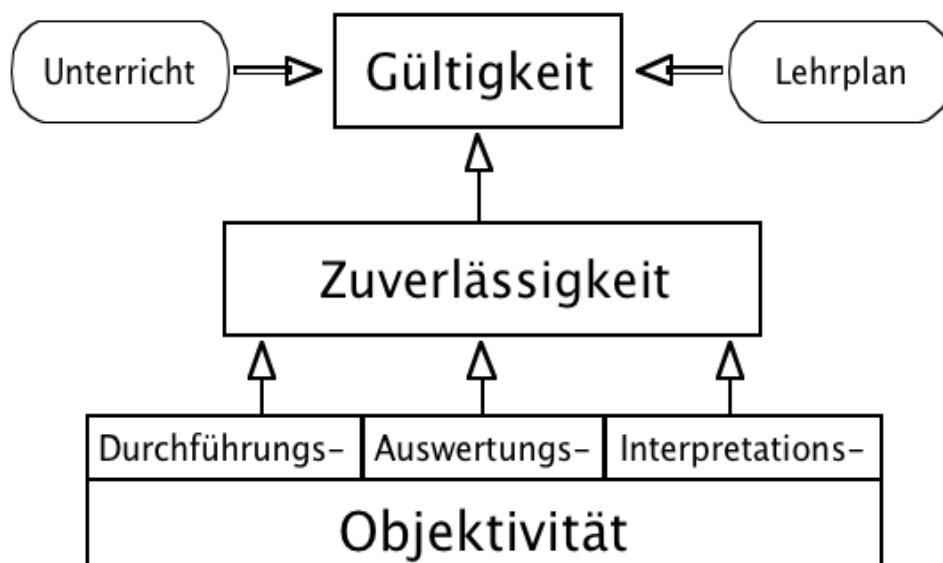


Abb. 7: Zusammenhang der Gütekriterien

2.4.2 Objektivität / Personenunabhängigkeit

Die Leitfrage der Objektivität lautet: Sind die Ergebnisse einer Prüfung unabhängig von der Person der Prüfenden?

Man unterscheidet drei Aspekte der Objektivität:

- Durchführungsobjektivität liegt vor, wenn das Prüfverfahren klar reglementiert und vereinheitlicht ist. Mit den Maßnahmen zur Durchführung der Prüfung soll sichergestellt werden, dass alle Prüflinge den gleichen Anforderungen unter gleichen Bedingungen unterliegen.
- Auswertungsobjektivität liegt vor, wenn alle korrigierenden Prüfer nach demselben Schema die Leistungen der Prüflinge auswerten und zu dem gleichen Ergebnis kommen.
- Interpretationsobjektivität liegt vor, wenn alle korrigierenden Prüfer die Bewertungsvorgaben in gleicher Weise anwenden und verschiedene Prüfer aus gezeigten Prüfungsergebnissen die gleichen Schlüsse ziehen.

Bei der Durchführung der zentralen Abschlussprüfungen im Fach Elektrotechnik ist aufgrund des vorgegebenen Verfahrens ein hohes Maß an Objektivität gegeben.

Bei der Entwicklung von Prüfungsaufgaben steht die Auswertungsobjektivität im Mittelpunkt.

Die Auswertungsobjektivität ist optimal im Falle geschlossener Aufgaben, die dem Prüfling eine bestimmte Anzahl von wählbaren Alternativen anbieten. Bei offenen oder halboffenen Aufgaben kann die Auswertungsobjektivität durch Angabe detaillierter Lösungen bzw. Lösungserwartungen und durch Angabe klarer Auswertungsregeln gewährleistet werden.

Maßnahmen zur Sicherung der Objektivität bei zentral gestellten Aufgaben:

- Präzise Lösungserwartungen / Musterlösungen angeben
- Bewertungsaspekte kleinschrittig und präzise angeben

2.4.3 Reliabilität / Zuverlässigkeit

Eine Prüfung kann als zuverlässig bezeichnet werden, wenn sie nicht über die Gebühr mit Messfehlern behaftet ist.

Eine perfekte Messung liegt dann vor, wenn eine Prüfung von einer Person unter gleichen Bedingungen mehrere Male zu dem gleichen Ergebnis führt. Eine Prüfung wird demzufolge als reliabel bezeichnet, wenn sie zu einem Prüfungsergebnis führt, das den aktuellen Grad an Kompetenzen des Prüflings exakt / genau zum Ausdruck bringt.

Um die Genauigkeit einer Prüfung zu bestimmen, werden in der pädagogischen Diagnostik die Methoden der Parallelmessung und der Wiederholungsmessung angewendet. Bei der Wiederholungsmessung wird die Prüfung bei derselben Prüfgruppe wiederholt. Bei der Parallelmessung werden zwei Prüfungen eingesetzt, die beide die gleichen Kompetenzen prüfen. Zeigen beide Prüfungen ähnliche Ergebnisse, erweist sich die Genauigkeit (Reliabilität) als gut ausgeprägt.

In der schulischen Praxis lassen sich Parallelmessungen und Wiederholungsmessungen nur schwer durchführen. Allerdings liefern die Erfahrungen aus der Prüfungspraxis folgende Anforderungen hinsichtlich der Messgenauigkeit:

- In der Prüfung sollte eine hohe Anzahl von (Teil-) Aufgaben gestellt werden.
- Die Aufgaben sind prägnant, klar und strukturiert zu formulieren.
- Keine mehrdeutigen Formulierungen in der Aufgabenstellung .
- Die Aufgaben sind fachlich richtig zu formulieren.
- Es sind stabile Aufgaben zu stellen, die sich auf „Fakten“ beziehen.

2.4.4 Gültigkeit / Validität

Eine Prüfung gilt dann als gültig bzw. valide, wenn sie wirklich das misst, was sie zu beurteilen vorgibt. Auf die schriftliche Prüfung im Fach Elektrotechnik bezogen, bedeutet dies:

- Erfasst die Prüfung vor allem die Kompetenzen, die für das Fach Elektrotechnik repräsentativ und den Handlungsanforderungen des Arbeitsfeldes Elektrotechnik entsprechen?
- Konnten die Kompetenzen im Unterricht vor der Abiturprüfung erworben werden?
- Werden durch die Prüfung die relevanten Lerninhalte erfasst?
- Wird durch die Aufgabenstellungen keine Gruppe von Prüflingen benachteiligt (Chancengleichheit / Fairness)?

Die Kompetenzen in der Prüfung im Fach Elektrotechnik können nicht isoliert von anderen Fächern erfasst werden. So werden Kompetenzen aus dem Fach Informatik, dem Fach Deutsch

wie auch dem Fach Mathematik mit erfasst. Mögliche Erfassungsfehler sollten bei der Prüfung minimiert werden.

Zwei Aspekte werden hier bei der Gültigkeit einer Abschlussprüfung unterschieden:

- (1) Inhaltsvalidität
- (2) Konstruktvalidität

Zu (1) Inhaltsvalidität

Bei der Bestimmung der Inhaltsvalidität gibt es zwei Zugangsweisen. Zunächst wird gefragt, ob die Prüfung mit den curricularen Anforderungen, den Zielen der Lehr- und Bildungspläne übereinstimmt - **curriculare Validität**. Dann wird danach gefragt, inwieweit die Prüfung das wirkliche Lernangebot des vorangegangenen Unterrichts berücksichtigt - **Unterrichtsvalidität**.

Die Grundfrage zur curricularen Validität lautet: „Stimmen die Anforderungen der Prüfung mit den Vorgaben des gültigen Lehrplans überein?“ Aus der Perspektive der curricularen Validität darf nur das geprüft werden, was unter Bezug auf den Lehrplan begründet werden kann. Die curriculare Validität einer Prüfung wird gestützt durch curriculare Vorgaben, die die geforderten Kompetenzen operationalisiert beschreiben. Im Rahmen von WAKE wird dieser Forderung im KAPITEL 3 KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN entsprochen. Hier werden auf der Basis der gültigen Lehrpläne die für das Fach Elektrotechnik abschlussrelevanten Kompetenzen und Inhalte dargestellt.

Die Leitfrage zur Unterrichtsvalidität lautet: „Erfasst die Prüfung Kompetenzen, welche die Schülerinnen und Schüler im Unterricht wirklich erwerben konnten?“ Aus der Perspektive der Unterrichtsvalidität darf nur das geprüft werden, was auch von allen Prüflingen gelernt werden konnte (Fairness / Chancengleichheit). Hierzu gehört auch, dass die Leistungsaufgaben im vorangegangenen Unterricht sich auch an den Aufgabenformaten der Prüfung orientierten.

Zu (2) Konstruktvalidität

Konstruktvalidität liegt vor, wenn die gemessenen Kompetenzen mit einem theoretischen Modell der erfassten Kompetenz übereinstimmen. Die Frage hierbei lautet: „Berücksichtigt die Prüfung angemessen die Dimensionen und Aspekte von Kompetenz?“ So ist eine Prüfung, die Wissen abfragt und sich nicht auf Könnensaspekte bezieht, nicht konstruktvalid im Hinblick auf die Überprüfung von Kompetenzen.

Maßnahmen zur Gewährleistung der Validität bei der Erstellung von (Prüfungs-) Aufgaben im Fach Elektrotechnik des Beruflichen Gymnasiums:

- Bei der Erstellung einer Prüfungsaufgabe sollten die zu erfassenden Kompetenzen formuliert und mit dem Lehrplan abgeglichen werden.
- Die geprüften Inhalte sollten repräsentativ für den Unterricht im Fach Elektrotechnik sein.
- Die zentralen Inhaltsbereiche des Unterrichts sollten Gegenstand der Prüfung sein.
- Die geprüften Kompetenzen sollten relevant für das Fach Elektrotechnik sein.
- Es sollten keine fachfremden Anforderungen gestellt werden. Im Fach Elektrotechnik zählen hierzu Leistungen aus den Bereichen Allgemeinwissen, Allgemeinintelligenz, Mathematik, Sprachverstehen, Sprachproduktion, Informatik und Physik.
- Es sollten nur die elektrotechnischen Bauelemente, Gruppen und Systeme Gegenstand einer Aufgabe sein, die Gegenstand des Unterrichts waren.
- Es sollte eine hohe Anzahl inhaltlich trennscharfer Aufgaben angestrebt werden.
- Die Aufgaben sollten hinsichtlich der überprüften Kompetenzen und Inhalte trennscharf formuliert werden.

2.4.5 Akzeptanz

Mit Akzeptanz wird darauf verwiesen, dass Prüfungen übereinstimmen mit den verbreiteten Meinungen, didaktischen Schwerpunkten und Einstellungen. Die Prüfung sollte den schulischen Lern- und Lehrbedingungen entsprechen. Die Akzeptanz einer Prüfung steigt, wenn Aufgabenstellungen von den Geprüften als fair empfunden werden.

2.4.6 Ökonomie

Das Gütekriterium wird dann erfüllt, wenn der Aufwand an Zeit, Personal und Material für die Erstellung, Durchführung und Auswertung der Prüfung in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen steht. Der Nutzen zeigt sich wiederum in der Qualität der Prüfung, also in dem Maße, wie die Gütekriterien verwirklicht werden.

2.4.7 Nützlichkeit und Zumutbarkeit

Die Beanspruchung durch eine Prüfung sollte für die Schule wie für den Prüfling in einem angemessenen Verhältnis zu ihrer Bedeutung stehen. Insbesondere sollte dabei beachtet werden, dass nicht nur in einem Fach geprüft wird. Der Nutzen einer Prüfung besteht zunächst darin, dass sie zu einem aussagefähigen Ergebnis führt. Er besteht auch darin, dass die Prüfungsaufgaben Eingang in die Aufgabenkultur des Unterrichts vor der Abiturprüfung finden. Dies geschieht, wenn die Aufgaben herausfordernd und interessant sind.

2.5 Aufgabenvielfalt

Die Aufgabenkultur einer Prüfung wird entscheidend geprägt durch den differenzierten Einsatz unterschiedlicher Aufgabenarten. Nur durch die Auswahl geeigneter Aufgabenarten für bestimmte Kompetenzen und Leistungsanforderungen kann das Leistungskönnen der Schüler sicher und angemessen erfasst werden. Eine Aufgabenart „liegt“ bestimmten Schülern und benachteiligt andere. Deshalb sollten Aufgabenarten in großer Bandbreite zum Einsatz kommen. In Prüfungen sollten auch deshalb unterschiedliche Aufgabenarten eingesetzt werden, um die vielfältigen Lern- und Arbeitsformen wie auch die unterschiedlichsten Klausuraufgaben im Unterricht des Faches Elektrotechnik angemessen abzubilden.

Die möglichen Aufgabenarten in der Abiturprüfung ergeben sich aus der Verknüpfung der Aufgaben-Basisformen und der Offenheit der Aufgabe (vgl. Abb. 8).

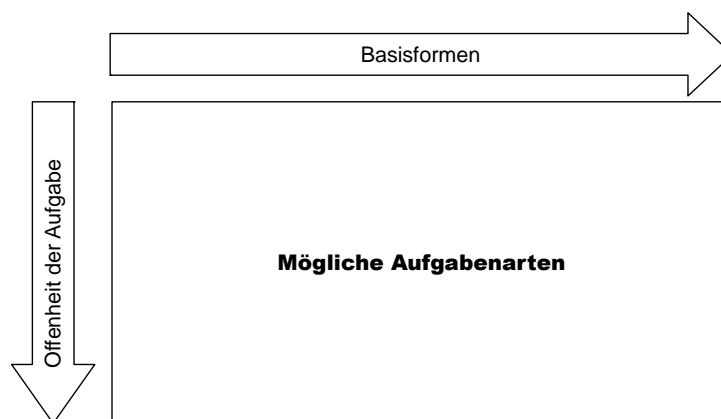


Abb. 8: Mögliche Aufgabenarten

2.5.1 Basisformen

Unter Basisformen versteht man Varianten technischer Problemstellungen.

2.5.2 Offenheit der Aufgaben

Bei der Offenheit der Aufgaben sind Abstufungen möglich. Geschlossene Aufgaben sind das Gegenteil von offenen Aufgaben; bei diesen geschlossenen Aufgaben haben die Prüflinge keine Gestaltungsmöglichkeiten bei der Bearbeitung der Aufgaben. Bei halboffenen Aufgaben existiert eine präzise Vorstellung über das Ergebnis und die erforderlichen Lösungsschritte. Der Prüfling kann jedoch bei der Darstellung der erwarteten Lösung unterschiedlich vorgehen. Bei offenen Aufgaben sind mehrere Lösungswege oder Ergebnisse möglich und richtig. Offene Aufgaben korrespondieren in der Regel mit einem erhöhten Anforderungsniveau.

2.5.3 Aufgabenschwierigkeit

Die Schwierigkeit einer Aufgabe ergibt sich aus dem „Produkt“ von Komplexität der Ausgangssituation, Offenheit der Aufgabe und Bearbeitungszeit (Abb. 9).

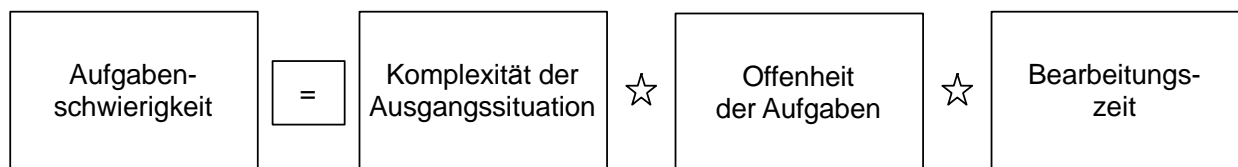


Abb. 9: Schwierigkeit von Prüfungsaufgaben

2.6 Anforderungen an kultivierte Prüfungen und Prüfungsaufgaben

Aus den dargestellten Aspekten von Aufgabenkultur ergeben sich Anforderungen an die Gestaltung einer kultivierten Prüfung.

2.6.1 Gesamtanlage der Prüfung

- Eine Abiturprüfung in Elektrotechnik besteht aus drei gleichwertigen Prüfungsaufgaben.
- Jede Prüfungsaufgabe besteht aus Teilaufgaben.
- Weniger anspruchsvolle Teilaufgaben (Anforderungsbereich I) sollten am Beginn einer Prüfungsaufgabe stehen.
- Eine Abiturprüfung unterscheidet sich inhaltlich von der Prüfung des Vorjahres.
- Die Prüfungsaufgaben berücksichtigen die relevanten Themen, Sachgebiete und Leitideen des Faches Elektrotechnik.
- Die möglichen Aufgabenarten kommen in der Prüfung zum Einsatz.

- Jede Prüfungsaufgabe berücksichtigt alle vier Kompetenzbereiche.
- Die geprüften Kompetenzen sind für das Fach Elektrotechnik und den Unterricht repräsentativ.
- Eine Kompetenz wird nur einmal überprüft.
- Die Anforderungsbereiche Reproduktion (I), Anwendung (II) und Transfer (III) werden vorgabengemäß durch die Teilaufgaben abgedeckt.
- Die Bearbeitungszeit ist für die Prüfungsaufgaben angemessen.
- Der Umfang der zu nutzenden Materialien steht in einem angemessenen Verhältnis zur Bearbeitungszeit und der zu prüfenden Kompetenzen.
- Die Bearbeitungszeiten der Prüfungsaufgaben sollten in etwa gleich sein.

2.6.2 Entwicklung des Aufgabenteils der Teilaufgaben

- Jede Teilaufgabe besteht aus einem Aufgabenteil (Schülerteil) und einem Lösungs- und Bewertungsteil (Lehrerteil).
- Die Teilaufgaben einer Prüfungsaufgabe beziehen sich auf einen komplexen und problemhaltigen technischen Kontext (Ausgangssituation).
- Je weniger anspruchsvoll eine Aufgabe ist, desto kürzer sollte die Aufgabenstellung sein.
- Aus der Aufgabenstellung sollen die Prüflinge klar erkennen, was von ihnen erwartet wird.
- Die Aufgabenstellung ist zu 100% verständlich zu formulieren.
- Die Anzahl der (Teil-)Aufgaben je Prüfungsaufgabe ist hinreichend groß (5-10 Teilaufgaben pro Prüfungsaufgabe).
- Jede Teilaufgabe ist unabhängig von der Bearbeitung anderer Teilaufgaben bearbeitbar.
- Die Bearbeitungszeit der Teilaufgaben ist angemessen.

2.6.3 Entwicklung des Lösungs- und Bewertungsteils

- Eine Aufgabe ist erst dann vollständig, wenn klar gezeigt wird, wie sie korrigiert wird.
- Der Lösungsteil ermöglicht eine klare und transparente Erfassung und Bewertung der Lösungsschritte.
- Für die Erfassung und Bewertung werden im Lösungsteil der Aufgabe kleinschrittige Erfassungs- und Bewertungskriterien angegeben.
- Der Lösungsteil enthält in kleinen Schritten (1 Punkt-Schritte) die Lösungsaspekte der Aufgaben.
- Bei offenen Aufgaben sollten mindestens zwei unterschiedliche Musterlösungen angegeben werden.

KAPITEL 3

KOMPETENZEN - INHALTE - OPERATOREN

3.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel werden die in der Abiturprüfung Elektrotechnik erwarteten Kompetenzen und Kenntnisse angegeben. Ebenso erfolgt eine Beschreibung der Operatoren, die bei der Formulierung von Kompetenzen und Aufgaben verwendet werden.

Den Beschreibungen liegt das im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR dargestellte Kompetenzmodell zugrunde (siehe Abb. 10: Kompetenzmodell).

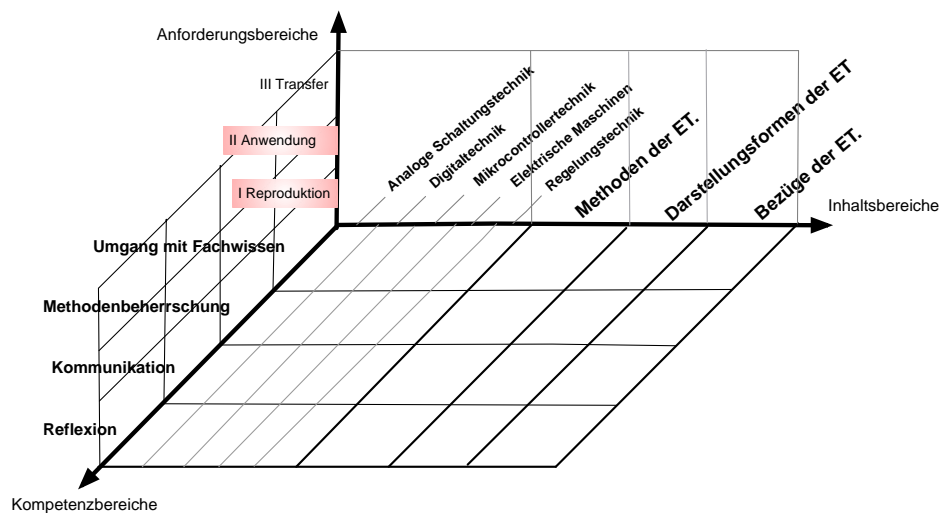


Abb. 10: Kompetenzmodell

Die Beschreibung der Kompetenzen und Inhalte in diesem Kapitel folgt der Struktur des Kompetenzmodells (Abb. 10).

In Abschnitt 3.2 „Kompetenzen und Inhalte“ werden die Kompetenzen und die sie fundierenden Inhalte geordnet nach den Kompetenzbereichen beschrieben. Für jeden Kompetenzbereich werden die Kompetenzen gestuft nach Anforderungsbereichen angegeben. Jede Kompetenz wird beispielhaft durch einen Arbeitsauftrag (kursiv) illustriert. Danach werden die Inhalte des Kompetenzbereichs angegeben.

Zu den Inhalten der analogen Schaltungstechnik und der Digitaltechnik gehören jeweils auch die Grundbauelemente und Grundbausteine. In der Abiturprüfung werden die beschriebenen

Kompetenzen bei den Prüflingen erwartet. Ebenso wird erwartet, dass die Schüler die angegebenen Inhalte erworben haben.

In der Abiturprüfung werden die angegebenen Bauelemente als bekannt vorausgesetzt. Datenblätter bzw. Datenblattangaben werden in der Prüfung bereitgestellt. Der Umgang mit Datenblättern der angegebenen Bauelemente wird als vertraut vorausgesetzt.

3.2 Kompetenzen und Inhalte

3.2.1 Kompetenzbereich A - Umgang mit Fachwissen

3.2.1.1 A1 Analoge Schaltungstechnik

Kompetenzen

Grundwissen über Analoge Schaltungstechnik darstellen, erläutern, beurteilen und anwenden.

A1 Anforderungsbereich I

Grundbauelemente und Grundsaltungen der Analogen Schaltungstechnik darstellen, beschreiben und berechnen.

Kompetenzen:

- (1) Den Unterschied zwischen idealen und realen Bauelementen beschreiben.
 - *Benennen Sie in Tabelle 1 für fünf Parameter des Operationsverstärkers LM324 die idealen und realen Kenndaten.*
- (2) Das Verhalten der Grundbauelemente durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben und Kennlinien darstellen.
 - *Zeichnen Sie die prinzipielle Z-Diodenkennlinie für $U_Z = 6,2V$.*
- (3) Kennwerte von Grundbauelementen und Signalen berechnen.
 - *Berechnen Sie die maximal auftretende Verlustleistung beim Widerstand R_L des FET-Schaltverstärkers.*
 - *Stellen Sie die aufgenommenen Kennwerte im Diagramm dar.*

A1 Anforderungsbereich II

Elektronische Schaltungen beschreiben, analysieren, dimensionieren, anwenden und entwickeln.

Kompetenzen:

(1) Elektronische Grundsaltungen dimensionieren.

- *Dimensionieren Sie den Kondensator C in der B2U-Gleichrichterschaltung.*

(2) Verhalten von Grundsaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen.

- *Stellen Sie den Zusammenhang zwischen den Eingangsspannungen U_1 und U_2 und der Ausgangsspannung U_A durch eine mathematische Formel dar.*
- *Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung am Triac und des Verbraucherstromes bei einem Steuerwinkel von 85° .*
- *Ermitteln Sie die zu erwartenden Spannungspegel gegen Masse an den ausgewählten Messpunkten MP1 bis MP6 der Schaltung.*

(3) Größen für Anwendungsschaltungen berechnen.

- *Berechnen Sie den Strom im Lastwiderstand des Schaltverstärkers.*

(4) Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundsaltungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren.

- *Skizzieren Sie unter Verwendung des Bausteins LM317 eine einstellbare Festspannungsquelle.*

(5) Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundsaltungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren.

- *Analysieren Sie die Prinzipschaltung des elektronischen Lastrelais.*

(6) Schaltungen mithilfe von Blockschaltbildern beschreiben.

- *Zeichnen Sie ein Blockschaltbild des in Abb. 1 dargestellten Treppenspannungsgenerators.*
- *Zeichnen Sie ein Blockschaltbild für die gezeigte Temperaturanzeige.*

(7) Die Verwendung von Grundbauelementen in Schaltungen begründen.

- *Begründen Sie den Einsatz der Diode V2 in der gezeigten Schaltung.*

A1 Anforderungsbereich III

Elektronische Anwendungsschaltungen analysieren, entwerfen und bewerten.

Kompetenzen:

- (1) Elektronische Schaltungen anwendungsbezogen mit der Fachmethode Schaltungsentwurf entwickeln.
 - *Entwickeln Sie die durch das Funktionssymbol dargestellte Schmitt-Trigger-Schaltung.*
- (2) Verknüpfungen von erweiterten Grundsaltungen (bestehend aus der Kombination von mindestens zwei Grundsaltungen) anwendungsbezogen dimensionieren.
 - *Dimensionieren Sie die aus den Schaltungsteilen Signalverstärkung, Gleichrichtung und Glättung bestehende Messschaltung.*
- (3) Elektronische Schaltungen mit der Fachmethode Schaltungsanalyse analysieren.
 - *Analysieren Sie die in Abb. 2 dargestellte Schaltung der Temperaturüberwachung.*
- (4) Grundsaltungen anwendungsbezogen mit unbekannten¹ Bauelementen dimensionieren.
 - *Dimensionieren Sie die gezeigte Schaltung zum Zuschalten des Relais mit dem MOS-FET IRF530 (siehe Datenblatt).*
- (5) Einsatz von Bauelementen in Schaltungen auf der Basis von Datenblättern beurteilen.
 - *Prüfen Sie den Einsatz des Leistungs-MOS-FET in der Schaltung zur Drehzahleinstellung des Gleichstrommotors.*
- (6) Funktionale Zusammenhänge von Schaltungen nachweisen.
 - *Zeigen Sie, dass die Ausgangsspannung des Rechteckgenerators eine Frequenz von 123Hz besitzt.*
 - *Vergleichen Sie die Funktion und Leistungsfähigkeit der beiden angegebenen Schaltungen zur Temperaturüberwachung.*
 - *Weisen Sie nach, dass die Verstärkung des gezeigten Instrumentenverstärkers nur mit dem Potentiometer eingestellt werden kann.*

¹ Als unbekannt werden Elemente bezeichnet, die nicht in der Liste der Grundbauelemente aufgeführt sind. Vgl. Inhalte – (AST1).

Inhalte

(AST1) Grundbauelemente

- Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten
- LDR (z.B. LDR03), VDR (z.B. VAR200V04W), PTC, NTC
- Relais (z.B. OMRON G5V-2)
- Diode (z.B. 1N4007), Leuchtdioden, Photodiode (z.B. BPW34), Brückengleichrichter (z.B. B40C1500), Z-Diode (z.B. ZD5,6)
- Thyristor (TIC126D), Diac (DB3), Triac (TIC226D)
- Transistoren
 - Bipolare Transistoren (BC548B, BC558B, BD139C, BD140C)
 - Unipolare Transistoren (IRFN 150N, IRF9540)
 - Fototransistor (BP103)
- Integrierte Bauelemente
 - Operationsverstärker (LM324)
 - NE 555
 - Integrierte Spannungsregler (LM 317, 78xx, 79xx)
 - Temperatursensoren (KTY 81-110)
 - Optokoppler (LTV 825)
- Herstellerunterlagen (deutsch, englisch)
 - Datenblätter
 - Applikationshinweise

(AST2) Grundsaltungen

- Einfache zusammengesetzte Schaltungen aus Bauelementen (z. B. Spannungsteiler)
- Transistor als Schalter
- Transistor in Emitterschaltung
- Operationsverstärkerschaltungen (invertierender und nicht invertierender Verstärker, Integrator, Differenzierer, Spannungsfolger, Differenzverstärker, Summierverstärker, Addierer, Schmitt-Trigger, Komparator, Rechteckoszillator)
- NE555 als Oszillator und Timer
- Phasenanschnittsteuerung
- Gleichrichterschaltungen (B2U/C, B6U/C, M1U/C, B1U/C)
- Stromkonstantschaltung
- Spannungskonstantschaltung / Spannungsreglerschaltungen (mit Z-Diode, Längstransistor und Festspannungsregler)

3.2.1.2 **A2 Digitaltechnik**

Kompetenzen

Grundwissen über Digitaltechnik darstellen, erläutern, beurteilen und anwenden.

A2 Anforderungsbereich I

Digitaltechnische Grundbausteine und einfache Schaltnetze und Schaltwerke darstellen und beschreiben.

Kompetenzen:

- (1) Grundbausteine normgerecht darstellen.
 - *Zeichnen Sie das Schaltzeichen eines getakteten JK-Flipflops.*

- (2) Die Funktion der einzelnen Anschlüsse und die Symbole der Normdarstellung von digitaltechnischen ICs beschreiben.
 - *Beschreiben Sie die Funktion der Eingänge EN, b und c für die Arbeitsweise des Zählers.*
 - *Erklären Sie das Schaltzeichen des IC74190.*

- (3) Schaltnetze mit Funktionsgleichungen oder Wertetabellen beschreiben.
 - *Beschreiben Sie das Verhalten des Dekoders durch eine Funktionsgleichung (Wertetabelle).*
 - *Nennen Sie die Funktionsgleichung des AND-Bausteins mit drei Eingängen.*

- (4) Schaltnetze, Schaltwerke und Blocksymboldarstellungen einander zuordnen.
 - *Ordnen Sie den Funktionsblock Monatsende dem entsprechenden IC im Schaltplan zu.*

- (5) Schaltnetze oder Schaltwerke mit gleichem Verhalten einander zuordnen.
 - *Benennen Sie die Schaltungen mit gleichem Verhalten.*

- (6) Elektrische Verhalten von Grundbausteinen beschreiben.
 - *Bestimmen Sie mit Hilfe des Datenblattes in Anhang 1 den minimalen Eingangsspannungspegel, den der IC als High-Pegel erkennt.*

A2 Anforderungsbereich II

Digitale Schaltnetze und Schaltwerke beschreiben, erstellen und dimensionieren.

Kompetenzen:

- (1) Das Verhalten von Schaltnetzen oder Schaltwerken durch verbale Erklärungen, Signal-Zeit-Verläufe, Wertetabellen, Funktionsgleichungen, Ausgangszustände oder Bitfolgen beschreiben.
 - Erklären Sie das Prinzip der Rücksetzung beim abgebildeten Zähler.
 - Zeichnen Sie die Signal-Zeit-Verläufe der Spannungen U_A , U_B , U_C und U_D für die Zeitsteuerung.
 - Ermitteln Sie die Ausgangszustände des Schieberegisters nach dem 1., 2., 3. und 4. Takt.
- (2) Digitaltechnische Bausteine, Schaltnetze und Schaltwerke vergleichen.
 - Vergleichen Sie die Bausteine 74LS123 und 74LS121 hinsichtlich ihres Einsatzes in der Schaltung zur Erfassung der Motordrehzahl.
- (3) Größen von digitaltechnischen Bausteinen, Schaltnetzen und Schaltwerken datenblatt-gestützt bestimmen.
 - Bestimmen Sie die minimal und maximal einstellbare Pulslänge des Monoflops 74121.
 - Bestimmen Sie für den dargestellten Digital-Analog-Umsetzer U_{MSB} , U_{LSB} , U_{amax} .
- (4) Schaltnetze und Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen.
 - Erstellen Sie das Schaltwerk für die Verriegelungssteuerung der beiden Motoren.
- (5) Digitale Schaltungen in NAND- und NOR-Technologie erstellen.
 - Entwerfen Sie das Schaltnetz des gezeigten Dekoders ausschließlich mit NAND-Gattern.
- (6) Schaltnetze, Schaltwerke oder Kopplung von Grundbausteinen unterschiedlicher Logik-familien dimensionieren.
 - Dimensionieren Sie die Beschaltung des Monoflops 74121 so, dass sich ein Puls mit einer Länge von 7ms ergibt.
 - Dimensionieren Sie die gezeigte Schaltung zur Eingangspegelanpassung für den TTL-Baustein.
- (7) Elektrisches Verhalten von digitaltechnischen Grundbausteinen hinsichtlich des zeitli-chen Verhaltens, der Pegel und der Strombelastbarkeit analysieren.

- *Weisen Sie nach, dass der eingesetzte Baustein 7400 die Anforderungen hinsichtlich des geforderten zeitlichen Verhaltens, des Ein- und Ausgangspegels und der Strombelastbarkeit erfüllt.*

A2 Anforderungsbereich III

Komplexe digitaltechnische Steuerungseinheiten problem- und anwendungsorientiert entwickeln, beurteilen und analysieren.

Kompetenzen:

- (1) Anwendungsbezogen eine digitaltechnische Steuerung unter Verwendung von Schaltnetzen und Schaltwerken entwickeln.
 - *Entwickeln Sie eine digitaltechnische Lösung für den Transistortester.*
 - *Entwickeln Sie einen Schaltplan für die Zählerschaltung.*
- (2) Mit unbekannten Bausteinen datenblattgestützt Schaltungen entwerfen.
 - *Entwickeln Sie eine Multiplexerschaltung aus zwei 74153N Bausteinen mit der gleichen Funktion wie die gezeigte Schaltung.*
- (3) Einsatz von Bauelementen in Schaltungen auf der Basis von Datenblättern beurteilen.
 - *Bewerten Sie den Einsatz des IC74190 in der gezeigten Schaltung.*
- (4) Schaltungstechnische Lösungen für eine gegebene Problemstellung vergleichen.
 - *Vergleichen Sie das elektrische Verhalten des gezeigten Schaltnetzes Pulsformerstufe mit dem Monoflop-IC 74121.*
- (5) Analysieren von komplexen digitaltechnischen Steuerungen unter Anwendung der Fachmethode Schaltungsanalyse.
 - *Analysieren Sie die digitale Steuerschaltung des Rolltores.*

Inhalte

(DT1) Grundbausteine

| Grundbaustein | Exemplarisch | |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|
| NAND | 74LS00 | 4011 |
| NOR | 74LS02 | 4001 |
| AND | 74LS08 | 4081 |
| Inverter(NOT) | 74LS04 | 4096 |
| OR | 74LS32 | 4071 |
| XOR | 74LS86 | 4070 |
| JK-FF | 74LS73 | 4027 |
| XNOR (Äquivalenz) | 74LS266 | 4077 |
| RS-FF | 74LS279 | 4044 |
| D-FF | 74LS74 | 4013 |
| | Verbindlich | Exemplarisch |
| BCD to 7-Segment Decoder/Driver | 74LS48 | 4543 |
| 8:1 Multiplexer | 74LS151 | 4051 |
| 1:8 Demultiplexer | 74F138 | 4051 |
| 4-bit synchronous Binary Counter | 74LS190 | 40193 |
| 8-bit Shift Register | 74LS165 | 4021 |
| Analog to digital Converter | ADC 0808 | - |
| Digital to analog Converter | DAC 0808 | - |
| Schmitt-Trigger | 74LS14 | 4584 |
| Timer | NE555 | - |
| Monoflop | 74LS123 | 4047 |
| 7-Segmentanzeige | - | - |

Der Umgang mit Datenblättern beider Technologien (74xx 40xx) wird als vertraut vorausgesetzt.

(DT2) Grundsaltungen

- Schaltnetze mit Grundbausteinen
- Synthese von Schaltnetzen (Normalformen)
- Technologie der Schaltkreisfamilien (Logikpegel, elektrische Eigenschaften)
- Kippschaltungen
- Register (D-Register, Schieberegister)
- Zählschaltungen (synchron/asynchron, binär/dekadisch)

(DT3) Darstellungsformen

- Normdarstellung in IEC- und DIN-Norm
- Logiktabellen / Wahrheitstabellen
- Disjunktive-Normalform
- Impuls- / Zeitablaufdiagramme
- Funktionsgleichungen
- Logikplan
- Zahlensysteme (Dezimal, Hexadezimal, Dual)

3.2.1.3 A3 Elektrische Maschinen

Kompetenzen

Basiswissen über elektrische Maschinen darstellen, erläutern und einordnen.

A3 Anforderungsbereich I

Basisanwendungen von elektrischen Maschinen benennen und darstellen.

Kompetenzen:

- (1) Last- und Steuerstromkreise für elektrische Motoren zeichnen.
 - *Zeichnen Sie den Laststromkreis des Motors für Stern-Dreieck-Betrieb.*
- (2) Arbeitspunkte in Drehzahl-Drehmoment-, Schrittfrequenz-Drehmoment- und Belastungskennlinien kennzeichnen.
 - *Bestimmen Sie für die gegebene Schrittfrequenz das Drehmoment des Schrittmotors.*
- (3) Kenngrößen von elektrischen Maschinen benennen.
 - *Bestimmen Sie aus dem Typenschild des angegebenen Motors die Nenndrehzahl und die Nennleistung.*
- (4) Einfache Steuerungen mit Wirkschaltplänen beschreiben.
 - *Beschreiben Sie mit Hilfe eines Wirkschaltplanes die Rolltorsteuerung.*

A3 Anforderungsbereich II

Arbeitsverhalten elektrischer Maschinen in einfachen Anwendungskontexten beschreiben.

Kompetenzen:

- (1) Kenngrößen (Stromaufnahme, Drehzahl, Drehmoment, Leistungsaufnahme, Wirkungsgrad) von elektrischen Maschinen berechnen.
 - *Berechnen Sie die Leistung, die der Motor bei Antrieb der Schwungscheibe mit Nenndrehzahl aufnimmt.*
- (2) Geeignete Maschinen nach Leistung, Drehmoment und Drehzahlverhalten anwendungsbezogen ermitteln.
 - *Ermitteln Sie aus der Liste (Anhang 2) einen geeigneten Motor für den Pumpenantrieb.*

A3 Anforderungsbereich III

Ansteuerung und Verhalten elektrischer Maschinen in Anwendungskontexten analysieren.

Kompetenzen:

- (1) Funktionen von Schaltungen zur Ansteuerung von Motoren mit Hilfe von Impuls-/ Zeitdiagrammen beschreiben.
 - *Erstellen Sie zu den Impulsdigrammen in Abb. 4 die Verläufe für Q2 und Q3 passend zu den Signalverläufen von S0 – S4 und B1 – B2.*
- (2) Elektrische Maschinen vergleichend bewerten.
 - *Bewerten Sie die drei angegebenen Motoren hinsichtlich der beschriebenen Antriebsaufgabe.*
- (3) Auswahl von elektrischen Maschinen auf der Basis von Datenblattangaben begründen.
 - *Begründen Sie anhand der Kenndaten aus dem Datenblatt, welcher Motor das Tor antreiben kann.*
- (4) Antriebssysteme mit Kennliniendarstellungen beschreiben.
 - *Erstellen Sie die Hochlaufkennlinie des Motors.*

Inhalte

(EM1) Maschinen

- Einphasen-Transformator (Übersetzungsverhältnis, Wirkungsgrad)
- Schrittmotor
- Drehstrom Asynchron Motor mit Kurzschlussläufer²
- Gleichstrommotor als Energiewandler

(EM2) Betriebsverhalten

- Hochlauf- / Belastungskennlinien
- Kenngrößen von Motoren (Bemessungsstrom, Bemessungsdrehzahl, Bemessungsleistung, Bemessungsdrehmoment, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Nennspannung, Nennfrequenz, Anlaufstrom, Anlaufmoment, mechanische Leistung)
- Nutzung von Herstellerunterlagen (deutsch/englisch)

² Unter Angabe von Typenschildern

(EM3) Ansteuerung elektrischer Maschinen

- Schützsteuerung (einfacher Last- und Steuerstromkreis für Ein-/Aus, Stern/Dreieck, Drehrichtungsänderung)
- Motorvollbrücke bei Gleichstrommaschinen,
- z.B.: L298
- Motorschutzschalter

3.2.1.4 **A4 Regelungstechnik**

Kompetenzen

Grundwissen über Regelkreise darstellen, beschreiben, einordnen und anwenden.

A4 Anforderungsbereich I

Grundbegriffe der Regelungstechnik wiedergeben und in einem vertrauten Kontext verwenden.

Kompetenzen:

- (1) Regelkreisglieder normgerecht (DIN 19226, 19227) darstellen.
 - *Zeichnen Sie das Normsymbol der P-T1 Strecke.*
- (2) Elemente oder Größen in einem Regelkreis nennen.
 - *Nennen Sie drei mögliche Störgrößen, die in dem gegebenen Regelkreis auftreten können.*
- (3) Statische und dynamische Kenngrößen aus Sprungantworten ermitteln.
 - *Bestimmen Sie den Typ und die Kennwerte der Regelstrecke.*
 - *Ermitteln Sie aus der Kennlinie in Abb. 1 die Zeitkonstanten T_u und T_g .*
 - *Bestimmen Sie mithilfe des in den Oszillogrammen gezeigten Zeitverhaltens die Kenngrößen K_{PR} und T_n des PI-Reglers.*
- (4) Regeleinrichtungen und Operationsverstärkerschaltungen einander zuordnen.
 - *Ordnen Sie die Operationsverstärkerschaltungen den Elementen der Regeleinrichtung zu.*
- (5) Stabilität von Regelkreisen mithilfe von Sprungantworten bestimmen.
 - *Bestimmen Sie aus den angegebenen Sprungantworten diejenigen, die ein stabiles Regelungsverhalten zeigen.*

A4 Anforderungsbereich II

Regelungstechnische Zusammenhänge im Anwendungskontext erklären, beschreiben und darstellen und geeignete Regler ermitteln und berechnen.

Kompetenzen:

- (1) Regelkreisstrukturen im realen Technologieschema ermitteln und Wirkpläne zeichnen.
 - *Zeichnen Sie den Wirkungsplan für die technologisch realisierte Drehzahlregelung in Abb. 1.*
- (2) Parameter, Kennwerte, Größen für Regelungen mit Diagrammen oder Tabellen ermitteln.
 - *Ermitteln Sie mit Hilfe der angegebenen Tabelle die Regelbarkeit der Strecke.*
 - *Ermitteln Sie anhand der gegebenen Sprungantwort die Schwellspannungswerte des Zweipunktreglers und die Schalthysterese.*
- (3) Parameter, Kennwerte, Größen für Regelungen mit OPV ermitteln.
 - *Berechnen Sie mit den Werten der Operationsverstärkerschaltung die Parameter des PI-Reglers.*
 - *Untersuchen Sie, ob mit den vorgeschlagenen Bauteilwerten die optimierten Parametereinstellungen T_n , T_v und K_{PR} realisiert werden können.*
- (4) Geeignete Regler für Regelungsaufgaben bestimmen.
 - *Bestimmen Sie für die in Abb.1 dargestellte Regelungsaufgabe einen geeigneten Regler.*
- (5) Signalverläufe im geschlossenen Regelkreis mit unstetigen Reglern zeichnen und analysieren.
 - *Ermitteln Sie mithilfe des gezeigten Temperaturverlaufes die Verzugszeit der Regelstrecke und die Einschalt- und Ausschaltzeit des Zweipunktreglers.*
 - *Berechnen Sie die Schalthysterese und die Schaltfrequenz des Reglers.*
 - *Zeichnen Sie das Diagramm für den zeitlichen Verlauf der Regelgröße und der Stellgröße in Abb. 3.*
- (6) Wirkzusammenhänge in Regelkreisen beschreiben.
 - *Beschreiben Sie den Regelvorgang, wenn der Wasserablauf plötzlich weiter geöffnet wird.*
 - *Erstellen Sie eine Kausalkette für die Signale w , r , e , x , y und z der Temperaturregelung für den Fall eines Anstieges der Raumtemperatur.*

A4 Anforderungsbereich III

Komplexe Regelungen analysieren, Regelungen modellieren, entwerfen und bewerten.

Kompetenzen:

(1) Regler mit OPV anwendungsbezogen entwerfen und dimensionieren.

- *Entwerfen Sie für jeden Block der Regeleinrichtung eine Operationsverstärkerschaltung.*

(2) Die Güte einer Regelung bewerten.

- *Werten Sie die Führungssprungantworten hinsichtlich der Anforderungen an die An- und Ausregelzeit, die Regeldifferenz und die Überschwingweite aus.*

Inhalte

(RT1) Grundbegriffe

- Einfacher Regelkreis
- Größen der Regelungstechnik (z. B. Führungsgröße, Störgröße)

(RT2) Regelstrecken

- Blockdarstellung – Regelstrecke als Übertragungsglied
- Sprungantwortverhalten
- Streckenarten (P-, I-, P-T1, P-T2, P-Tn, P-Tt, P-Tn-Tt)
- Stabilität von Regelkreisen

(RT3) Regler

- stetige Regler (P-, D-, I- Regler und Kombinationen aus diesen)
- unstetige Regler (Zwei-, Dreipunktregler)
- Übertragungsverhalten
- Eignung von Reglertypen für Regelstrecken
- Operationsverstärkerschaltungen (z. B. Addierer)

(RT4) Einstellen von Reglern

- Anregelzeit / Ausregelzeit
- Max. Überschwingweite
- Einstellregeln nach Ziegler und Nichols und Chien, Hrones und Reswick

3.2.1.5 A5 Mikrocontrollertechnik

Kompetenzen

Hard- u. Softwarekomponenten von Mikrocontrollersystemen beschreiben, externe Peripheriebausteine in ein Mikrocontrollersystem integrieren und anwendungsorientierte Programme entwickeln.

A5 Anforderungsbereich I

Komponenten des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollers und einfache Programmabläufe beschreiben.

Kompetenzen:

- (1) Die Bestandteile des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollersystems beschreiben.
 - *Beschreiben Sie anhand des Datenblattauszugs die Eigenschaften der im Mikrocontroller eingesetzten Speichertypen.*
- (2) Benötigte Anschlusspins des Mikrocontrollers für externe Beschaltungen mit Hilfe des Datenblattes ermitteln.
 - *Erstellen Sie eine Tabelle, in der die anzuschließenden Eingabe- und Ausgabeeinheiten Port-Pins des Mikrocontrollers zugeordnet sind.*
- (3) Kommentierung für einen vorhandenen C-Code erstellen.
 - *Erstellen Sie für das vorgegebene C-Programm zeilenweise eine Kommentierung.*
- (4) Syntaxfehler in C-Programmen ermitteln.
 - *Erstellen Sie aufgrund der angegebenen Fehlermeldung des Compilers einen syntaktisch fehlerfreien C-Code.*

A5 Anforderungsbereich II

Externe Peripherieeinheiten integrieren und Programme anwendungsorientiert analysieren und erstellen.

- (1) Die Funktion programmierter Mikrocontrollersysteme beschreiben.
 - *Zeichnen Sie auf Grundlage des vorliegenden C-Programmes und des Technologieschemas in Abb.1 den Verlauf der Ausgangsspannung des mit dem Mikrocontroller programmierten Sägezahn-Rechteck-Generators.*

- (2) Modifikationen bei vorgegebenen Programmablaufplänen bzw. C-Programmen erstellen.
 - *Erstellen Sie entsprechend der beschriebenen Anforderungen die geänderten Programmzeilen im C-Code.*
 - *Erstellen Sie die fehlenden Schritte im Programmablaufplan in Anhang 1.*
- (3) Einstellungen von Spezial-Funktions-Registern des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollers anwendungsbezogen im C-Programm ermitteln.
 - *Ermitteln Sie die Einstellungen des SFRs von Timer 1 zur Realisierung der geforderten Zeitverzögerung.*
- (4) Schaltungen von ausgewählten externen Peripherieeinheiten an den Mikrocontroller skizzieren.
 - *Skizzieren Sie die Verbindung zum Anschluss des Analogsensors an den Mikrocontroller.*
- (5) Einen Mikrocontroller anforderungsgerecht ermitteln.
 - *Begründen Sie Ihre Auswahlentscheidung eines geeigneten Mikrocontrollers.*

A5 Anforderungsbereich III

Programme problem- und anwendungsorientiert entwickeln.

Kompetenzen:

- (1) Programme in Programmablaufplänen bzw. in der Programmiersprache „C“ für anwendungsbezogene Aufgaben entwickeln.
 - *Erstellen Sie für die Teilfunktion „Anhalten“ den Programmablaufplan.*
- (2) Unbekanntes On-Chip-Peripherie Datenblatt gestützt analysieren und für diese Peripherie Programme entwerfen.
 - *Bestimmen Sie die Frequenz des PWM-Signals anhand der Einstellungen von Timer 2, der im Capture-Compare-Modus betrieben wird.*
- (3) Schaltungen von unbekannter externer Peripherie Datenblatt gestützt an den Mikrocontroller skizzieren und dazu Programme entwickeln.
 - *Entwerfen Sie einen Schaltplan zum Anschluss des Digital-Analog-Wandlers an den Mikrocontroller.*

Inhalte

(MCT1) Hardware des Mikrocontrollers

- Grundsätzliche Bestandteile eines Mikrocontrollers (CPU, Programm- und Datenspeicher, Takterzeugung)
- Ausgewählte On-Chip-Peripherie:
 - Digitale Ein-/Ausgaberegister (Ports)
 - Timer
 - Analog- Digital Wandlereinheit mit 8 bzw. 10 Bit Auflösung
 - Interrupt- System
- Datenblatt – Blockschaltbilder von Funktionseinheiten des Mikrocontrollers

(MCT2) Einfache Grundschaltungen mit μC

- Eingabe
 - Schalter / Taster
 - Potentiometer
 - Analoge Signalgeber
- Ausgabe
 - LED- und 7-Segment-Anzeigen
 - Relais
 - Summer
 - DC-Motoren
 - Transistor als Schalter

(MCT3) Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“

- Grundsätzlicher Aufbau eines C-Programms
- Erstellen von Kommentaren
- Deklaration und Initialisierung von einfachen Variablen
- Anwenden von Rechenoperatoren (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und Modulo)
- Bitoperationen (UND, ODER, Exklusiv ODER, Negation, Bitverschiebung und Maskierung)
- Logikfunktionen (UND, ODER, NICHT)
- Vergleichsoperatoren (größer, kleiner und gleich)

- Verzweigungen, Fallunterscheidungen und Schleifen
- Umgang mit Funktionen
 - Funktionsprototypen
 - Aufruf von Funktionen mit Parameterübergabe und Rückgabe wert
 - Interrupt Funktionen
- Eindimensionales Felde(Array)

C-Befehle, Operationen, Bitmanipulationen, Vergleiche und logische Verknüpfungen

Mit folgenden C-Befehlen und Operationen sollen die Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf die Abiturprüfung vertraut sein:

| C-Befehl | Bedeutung |
|--|---|
| #include <****.h> | Einbinden von Headerdateien |
| // Kommentar /* Kommentar1 Kommentar 2*/ | Einfügen eines zeilenweisen Kommentares Einfügen eines mehrzeiligen Kommentars |
| int variable = 28; | Deklarieren und Initialisieren von Variablen |
| for (i=10;i<=10;i--) { Anweisung; } | Zähl-Schleife: führt die Anweisung für eine bestimmte Anzahl von Durchläufen aus |
| do { Anweisung; } while (Bedingung); | Fußgesteuerte-Schleife: führe Anweisung aus, solange Bedingung erfüllt ist |
| while (Bedingung) { Anweisung; } | Kopfgesteuerte-Schleife: solange Bedingung erfüllt, führe Anweisung aus |
| if (Bedingung) { Anweisung 1; } else Anweisung 2; | Alternativ-Verzweigung: wenn Bedingung erfüllt, führe Anweisung 1 aus; sonst führe Anweisung 2 aus. |

| | |
|---|--|
| <pre>switch (<i>Ausdruck</i>) { case konstante1: <i>Anweisung1</i>; break; case konstante2: <i>Anweisung2</i>; break; default: <i>Anweisung3</i>; }</pre> | <p>switch-Case-Anweisung (Mehrfachauswahl):</p> <p>Bearbeitung beginnt an dem case-Label, dessen Bedingung erfüllt ist, spätestens am (optionalen) Default-Label.</p> |
| <pre>int summe_aus(int, int); int summe_aus (int a, int b) ergebnis=summe_aus (3, 4);</pre> | <p>Funktionsprototyp</p> <p>Deklaration einer Funktionen:</p> <p>Ergebnistyp <i>Name</i> (Parameterdeklarationsliste);</p> <p>Aufruf der Funktion mit Übergabe der Parameter a und b</p> |

Arithmetische Operationen

| Operand | Bedeutung | Anweisung in C |
|---------|----------------------|----------------|
| + | positives Vorzeichen | x = +a; |
| - | negatives Vorzeichen | x = -a; |
| * | Multiplikation | x= a * b; |
| / | Division | x= a / b; |
| % | Modulo-Operation | x= a % b; |
| + | Addition | x = a + b; |
| - | Subtraktion | x = a – b; |

Logische Verknüpfungen

| Operand | Bedeutung | Anweisung in C |
|---------|-----------------|----------------|
| && | Logisches UND | a && b |
| | Logisches ODER | a b |
| ! | Logisches NICHT | !a |

Bitmanipulationen

| Operand | Bedeutung | Anweisung in C |
|---------|-------------------------|----------------------------------|
| ~ | bitweises Komplement | <code>x = ~x;</code> |
| << | bitweiser Links-Shift | <code>x = x<<4;</code> |
| >> | bitweiser Rechts-Shift | <code>x = 0xC0 >>4;</code> |
| & | bitweises UND | <code>x = (a & 0x0F);</code> |
| ^ | bitweises EXKLUSIV-ODER | <code>x = (a ^ 0x0F);</code> |
| | bitweises ODER | <code>x = a 0x0F;</code> |

Vergleiche

| Operand | Bedeutung | Anweisung in C |
|---------|----------------|-------------------------|
| < | kleiner | <code>a < b;</code> |
| > | größer | <code>a > b;</code> |
| <= | kleiner gleich | <code>a <= b;</code> |
| >= | größer gleich | <code>a >= b;</code> |
| == | gleich | <code>a == 0x03;</code> |
| != | ungleich | <code>a != 0x07;</code> |

3.2.2 Kompetenzbereich B - Methodenbeherrschung

Kompetenzen

Methoden der Elektrotechnik nutzen.

B Anforderungsbereich³ I

Methoden der Elektrotechnik beschreiben und in einfachen Situationen nutzen.

Kompetenzen:

(1) Fachmethoden der Elektrotechnik beschreiben.

- *Beschreiben Sie die Fachmethode Schaltungsanalyse.*

(2) Teilschritte der Fachmethoden in einfachen Ausgangssituationen ausführen.

- *Ordnen Sie in der Tabelle 1 die Komponenten des Schaltplans den angegebenen Blocksymbolen zu.*
- *Beschreiben Sie den C-Code für den im Teilmodul realisierten PI-Regler durch zeilenweise Kommentare.*
- *Bestimmen Sie aufgrund der angegebenen Ergebnisse der Anwendung der Dimensionierungsvorschrift die Widerstände R9 und R13 aus der Normreihe E12.*
- *Nennen Sie fünf verschiedene Fehlerhypothesen als Beginn der vorzunehmenden Fehlersuche.*
- *Zeichnen Sie die Verbindungen für das Multimeter so ein, dass die Spannung U0 gemessen werden kann.*
- *Benennen Sie Mess- und Prüfmittel für die vorzunehmende Fehlersuche.*

(3) Kennwerte für Grundbauelemente mithilfe von Diagrammen bestimmen und Kennwerte in Diagrammen darstellen

- *Ermitteln Sie die Drain-Source-Spannung im eingezeichneten Arbeitspunkt des FET.*

³ Im Anforderungsbereich I bezieht sich die Fachmethode Dimensionieren ausschließlich auf passive Bauelemente (R, C).

B Anforderungsbereich II

Fachmethoden in vertrauten Kontexten anwenden.

Kompetenzen:

(1) Statische und dynamische Kenngrößen aus Diagrammen grafisch ermitteln.

- *Ermitteln Sie den Arbeitspunkt für den Triac.*

(2) Teilschritte von Fachmethoden anwenden.

- *Erstellen Sie eine Messschaltung zur Überprüfung des Verhaltens der Ausgangsspannung des Bausteins 7400 in Abhängigkeit vom Belastungsstrom.*
- *Beschreiben Sie die Messschritte, die notwendig sind, um das Belastungsverhalten des Bausteins zu erfassen.*
- *Dimensionieren Sie die Widerstände des Instrumentenverstärkers.*
- *Beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Eingrenzung der Fehlerursachen beim astabilen Multivibrator mit dem Baustein NE 555.*
- *Zeichnen Sie für den gekennzeichneten Schaltplanbereich ein Blockschaltbild.*
- *Skizzieren Sie für den Funktionsblock "Differenzierer" eine Schaltung mit OPV.*
- *Erstellen Sie für den angegebenen PAP einen vollständigen C-Code.*
- *Zeichnen Sie für die im dargestellten C-Code (Abb.3) programmierte Unterfunktion "P-Regler" einen Programmablaufplan.*

B Anforderungsbereich III

Fachmethoden auf komplexe elektrotechnische Sachverhalte problemorientiert anwenden.

Kompetenzen:

(1) Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden.

- *Entwerfen Sie unter Anwendung der angegebenen Blockstruktur das verfeinerte Blockschaltbild des analogen Schlüssels.*
- *Entwickeln Sie eine Digitalschaltung für die Garagentorsteuerung, die die beschriebenen Funktionen erfüllt.*
- *Dimensionieren Sie die dargestellte Verstärkerschaltung unter Beachtung der elektrischen Eigenschaften des Mikrocontrollers.*
- *Entwickeln Sie eine Messschaltung zur Aufnahme der Übertragungskennlinie des Operationsverstärkers.*
- *Entwerfen Sie einen Ablaufplan zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Leistung an der Last und dem Zündverzögerungswinkel des Thyristors in der dargestellten Schaltung.*

- *Entwickeln Sie eine logisch stimmige und nachvollziehbare Suchstrategie zur Identifizierung des beschriebenen Fehlers.*
- *Entwerfen Sie einen Programmablaufplan, der die beschriebene Anlagenfunktion erfüllt.*

(2) Den Einsatz von Bauelementen, Schaltungen und Maschinen auf der Basis ihrer Beschreibung durch Diagramme / Kennlinien bewerten.

- *Bewerten Sie anhand der dargestellten Messergebnisse (Kennlinien) die Eignung des Operationsverstärkers für die Temperatursensorschaltung.*

Inhalte

Im Folgenden werden die inhaltlichen Kenntnisse für den Kompetenzbereich B "Fachmethoden" dargestellt.

Bis zur Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik sollen die Schülerinnen und Schüler Kenntnisse über die acht angegebenen Fachmethoden erwerben.

B Fachmethoden

- (B1) Schaltungsanalyse
- (B2) Schaltungsentwurf
- (B3) Dimensionieren
- (B4) Messen
- (B5) Fehlersuche
- (B6) Programmentwurf
- (B7) Programmanalyse
- (B8) Arbeit mit Diagrammen

Die Fachmethoden werden im Folgenden beschrieben.

3.2.2.1 *B1 Analysieren von Schaltungen / Schaltungsanalyse*

Beschreibung

Unter der Methode „Analysieren von Schaltungen / Schaltungsanalyse“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Beschreibung der Funktionsstruktur einer Schaltung (black-boxing) verstanden. Das Ergebnis einer Schaltungsanalyse ist ein Blockschaltbild, das die verkoppelten Funktionsblöcke der Schaltung enthält.

Folgende Regeln gelten für das Erstellen der Blockschaltbilder:

- Ein Block muss eine Funktion und nicht dessen Realisierung darstellen.
- Ein Blockschaltbild muss sich stufenweise verfeinern lassen. Die letzte Verfeinerungsstufe stellt die Ebene der Bauelemente dar.
- Die dargestellten Funktionsblöcke müssen verkoppelt sein.
- Ein Funktionsblock wird beschrieben durch die Eingangsgrößen (Eingangsobjekte), die Ausgangsgrößen und das Übertragungsverhalten des Funktionsblockes.
- Die Gesamtschaltung muss auch als Funktionsblock erkennbar sein.
- Bei der Schaltungsanalyse werden Schaltungsteile, die der Bereitstellung und Sicherstellung der Schaltungsfunktion dienen, also Kompensations- und Schutzschaltungen und Schaltungen der Spannungsversorgung, in der Regel nicht berücksichtigt.

Die Erstellung von Blockschaltbildern in der Regelungstechnik erfolgt durch die bekannten Signalflusspläne; hier ist die Funktionsstruktur normiert und eindeutig beschrieben. In der analogen und digitalen Schaltungstechnik können die Blockschaltbilder mit ihren Funktionsblöcken frei angepasst werden.

Die Methode „Analysieren von Schaltungen /Schaltungsanalyse“ nutzt die gleichen Darstellungsmittel wie die Fachmethode „Schaltungsentwurf“. Beim Schaltungsentwurf wird eine zu realisierende Funktion vorgegeben. Der Entwurf besteht darin, ausgehend von der zu realisierenden Gesamtfunktion durch schrittweises Verfeinern der Funktionsblöcke letztlich die schaltungstechnische Realisierung anzugeben.

Aufgabenbeispiele

Aufgabe 1: Astabiler Multivibrator (Rechteckgenerator)

Abb. 1 zeigt die Schaltung eines astabilen Multivibrators (AMV). Der AMV erzeugt eine Rechteckspannung U_a , deren Frequenz variiert werden kann. Der AMV in Abb. 1 wird realisiert durch einen invertierenden Schmitt-Trigger, der sich selbst über einen Tiefpass (RC-Glied) steuert. Bei $U_a = -U$ würde sich der Kondensator C auf die Spannung $-U$ aufladen, wenn nicht vorher der untere Triggerwert des Schmitt-Triggers erreicht würde. Sobald $U_c = U_e$ wird $U_a = +U$. Der Kondensator C wird nun umgeladen auf $+U$. Auch dieser Ladevorgang wird abgebrochen, wenn U_c den oberen Triggerpunkt des Schmitt-Triggers erreicht. Dann wird wieder $U_a = -U$ und der dargestellte Vorgang wiederholt sich.

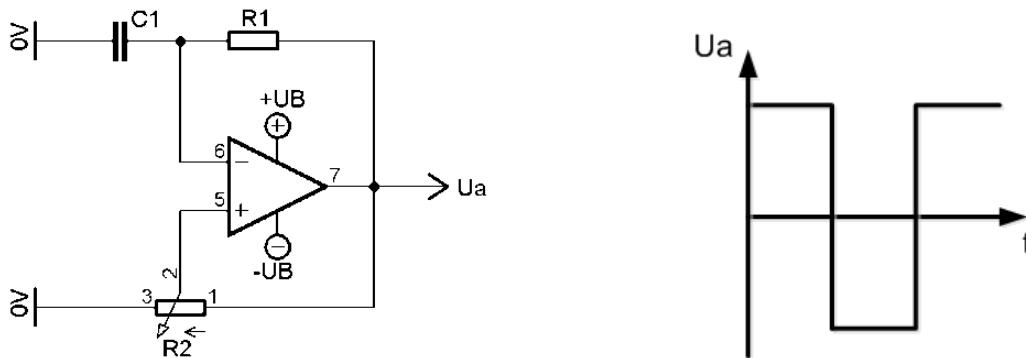
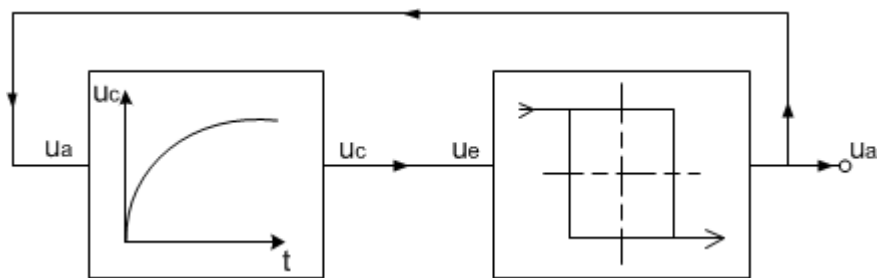


Abb. 1: Astabiler Multivibrator (Rechteckgenerator) mit Operationsverstärker

Analysieren Sie die Schaltung des in Abb. 1 dargestellten astabilen Multivibrators.

| Lösungsaspekte: | Punkte |
|--|---------------|
| AMV als Funktionsblock (Oberste Darstellungsstufe) | 1 |
| Funktionsblock Schmitt-Trigger | |
| Eingangssignale | 1 |
| Ausgangssignal | 1 |
| Übertragungsverhalten | 1 |
| Funktionsblock Tiefpass | |
| Eingangssignale | 1 |
| Ausgangssignal | 1 |
| Übertragungsverhalten | 1 |
| Summe: | 7 |

Musterlösung:



Aufgabe 2: Analoger Schlüssel

Die Schaltung Abb. 1 zeigt die Auswerteschaltung für einen „analogen Schlüssel“. Wenn die Widerstandskombination R4, R8 einen bestimmten Wert (Schlüsselwert) besitzt, wird das an der Auswerteschaltung angeschlossene Bedienfeld an die Netzspannung (L1) geschaltet. Weicht die Widerstandskombination R4, R8 von dem „Schlüsselwert“ ab, wird das Bedienfeld nicht an das Netz geschaltet.

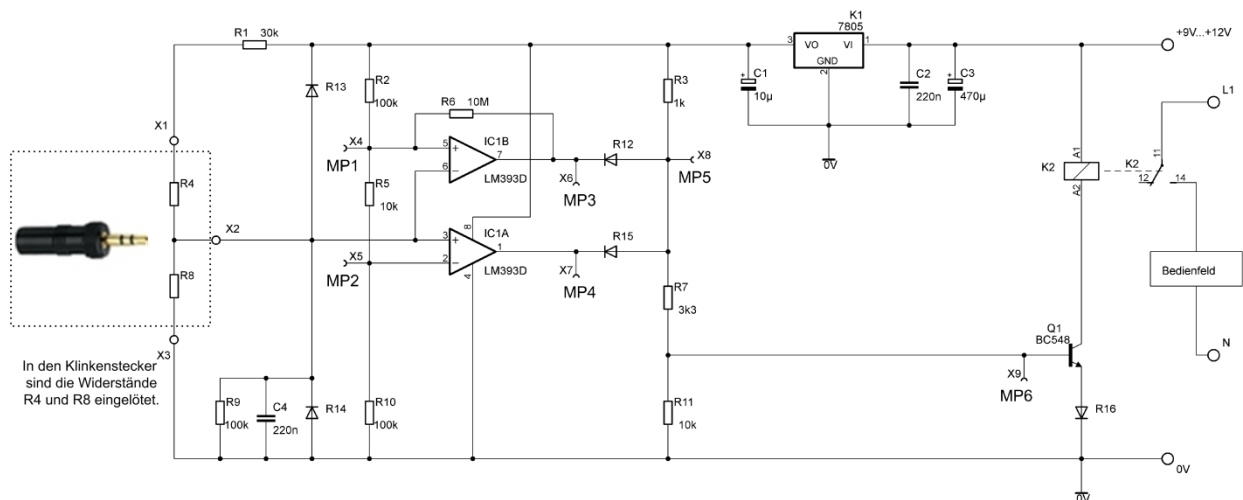
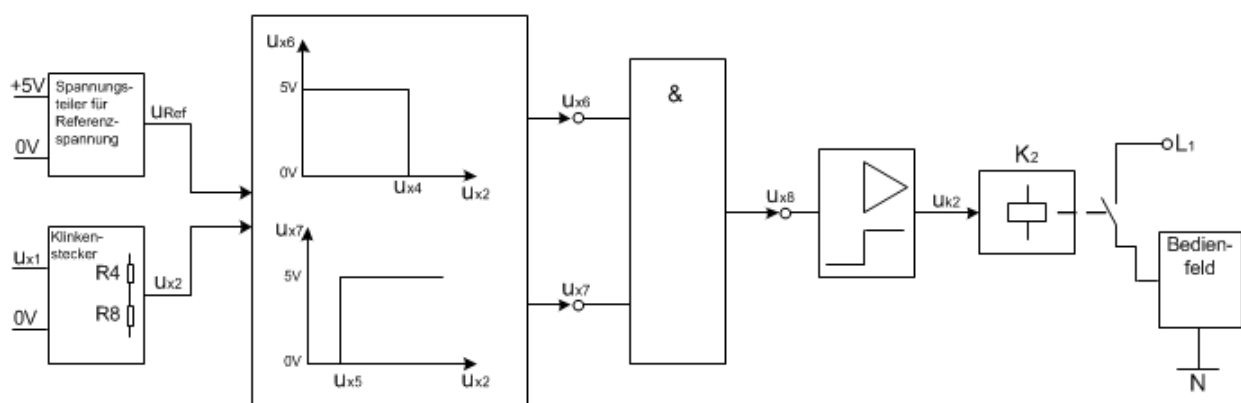


Abb. 1: Auswerteschaltung für einen analogen Schlüssel

Analysieren Sie die in Abb. 1 dargestellte Auswerteschaltung für einen analogen Schlüssel.

| Lösungsaspekte | Punkte |
|--------------------------------------|-----------|
| Auswerteschaltung als Funktionsblock | |
| Eingangsgrößen | 1 |
| Ausgangsgrößen | 1 |
| Übertragungsverhalten | 1 |
| Funktionsblock Fensterkomparator | |
| Eingangsgröße | 1 |
| Ausgangsgröße | 1 |
| Übertragungsverhalten | 1 |
| Funktionsblock UND-Verknüpfung | |
| Eingangsgröße | 1 |
| Ausgangsgröße | 1 |
| Übertragungsverhalten | 1 |
| Funktionsblock Schaltverstärker | |
| Eingangsgröße | 1 |
| Ausgangsgröße | 1 |
| Übertragungsverhalten | 1 |
| Summe | 12 |

Musterlösung:



3.2.2.2 B2 Schaltungsentwurf

Beschreibung

Schrittweiser Entwurf einer Schaltung: Vom Funktionsblock über Teilfunktionsblöcke zur einer dimensionierungsfähigen Schaltung.

Ausgehend von der Entwurfsaufgabe mit den zu erfüllenden Anforderungen an die zu entwerfende Schaltung wird in einem ersten Schritt (Schritt 1) die Schaltung als ein Funktionsblock dargestellt. Der Funktionsblock wird durch sein Übertragungsverhalten (Funktion), die Eingangsgrößen (E_1, E_2, E_3, S) und die Ausgangsgrößen (A_1, A_2, A_3) beschrieben. In weiteren Verfeinerungsschritten werden miteinander verknüpfte Teilfunktionsblöcke erstellt. Der letzte Entwurfsschritt bezieht sich auf die technologische Realisierung einer dimensionierungsfähigen Schaltung. Abb. 1 zeigt die typischen Arbeitsschritte beim Schaltungsentwurf und die Struktur der Funktionsblöcke.

Die Arbeitsschritte bei der Methode Schaltungsentwurf entsprechen den Schritten bei der Methode Schaltungsanalyse mit dem Unterschied, dass bei der Schaltungsanalyse die realisierte Schaltung den Ausgangspunkt der Analyse darstellt, während beim Schaltungsentwurf die dimensionierungsfähige Schaltung das Ergebnis des Schaltungsentwurfes ist.

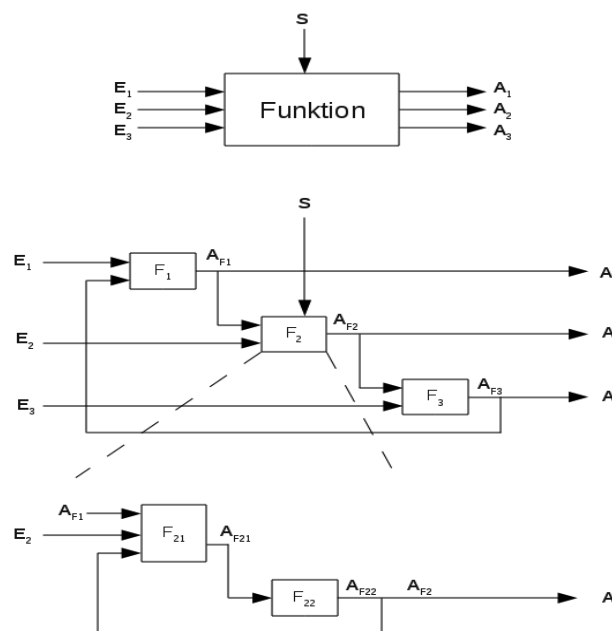


Abb. 1: Entwurfsschritte beim Schaltungsentwurf

Aufgabenbeispiel

Aufgabe 1: Batterie-Spannungs-Überwachung

Abb. 2 zeigt eine Kfz-Batterie. Es soll eine Schaltung entworfen werden, die den Ladezustand der Batterie durch drei LEDs mit verschiedenen Farben anzeigt. Eine rote LED soll signalisieren, dass die Ladespannung U_B zu niedrig ist, also kleiner als 12V. Eine grüne LED signalisiert den normalen Ladebetrieb mit einer Ladespannung U_B zwischen 12 V und 14V. Eine gelbe LED soll dann leuchten, wenn die Ladespannung U_B größer als 14 Volt ist.

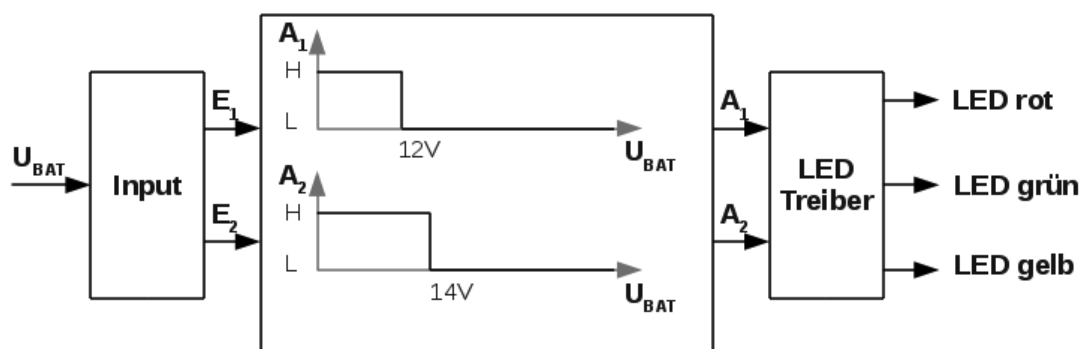
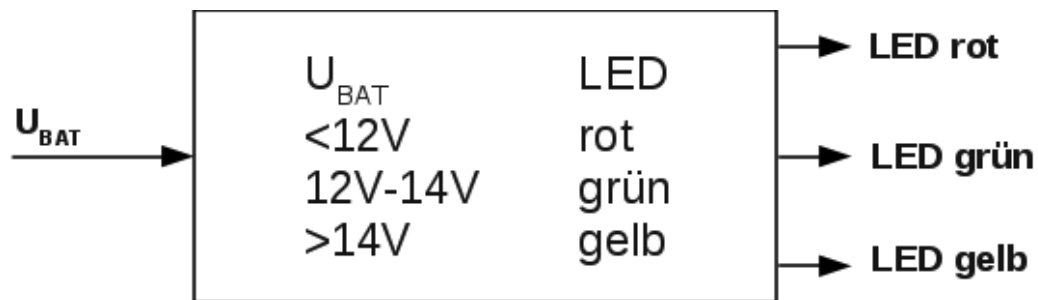


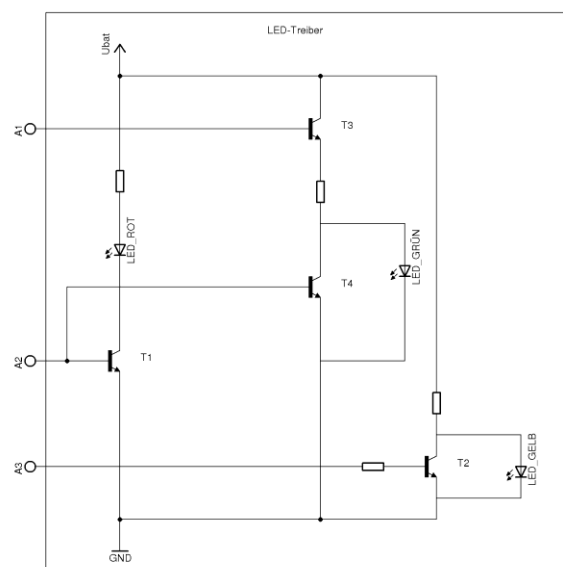
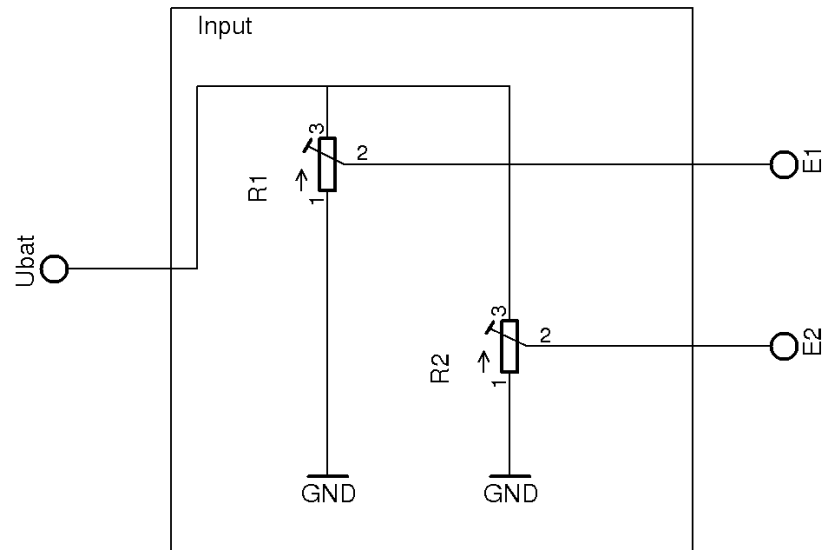
Abb. 2: Kfz-Batterie

Entwerfen Sie eine Schaltung zur Überwachung der Batteriespannung, sodass die Ladezustände durch die drei LEDs grün, rot und gelb signalisiert werden.

| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|----------|
| Funktionsblock der Schaltung (Eingänge, Funktion der Schaltung, Ausgänge) | 1 |
| Teilfunktionsblöcke (Eingang, Vergleiche, Logische Verknüpfung der Komparatorausgänge, Ansteuerung für LED) | 4 |
| Eingangsbeschaltung: Referenzspannung mit Z-Diode | 1 |
| Widerstandbeschaltung für die Eingänge der Komparatoren | 1 |
| Schaltung der Komparatoren | 1 |
| Realisierung der Funktionsblöcke | 1 |
| Summe: | 9 |

Musterlösung:





3.2.2.3 B3 Dimensionieren

Beschreibung

Unter der Methode „Dimensionieren“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Vorgehensweise bei der Auslegung und Bestimmung der Bauelemente einer Schaltung verstanden.

Die Methode „Dimensionieren“ wird angewendet bei der Bestimmung von Bauelementen einer Schaltung. Ausgangspunkt des Dimensionierens ist eine Schaltung mit ihren Funktionsdaten und technischen Rahmenbedingungen. Zu den Funktionsdaten gehören z.B.: Übertragungsverhalten, Ausgangsverhalten, Eingangsverhalten, Sicherheits- und Schutzvorrichtungen, Leistungsdaten, etc.. Zu den technischen Rahmenbedingungen gehören die zur Verfügung stehenden Bauelemente und die zu erfüllenden technischen Funktionen.

Die Dimensionierungsaufgabe besteht darin, noch unbestimmte Bauelemente technisch hinsichtlich der Einhaltung der Funktionsanforderungen zu bestimmen.

Für die Bestimmung der Bauelemente ist eine Dimensionierungsvorschrift zu entwickeln, die eine rechnerische Bestimmung oder Auslegung der Bauelemente ermöglicht. In Abb. 1 sind die Schritte des Dimensionierens dargestellt.

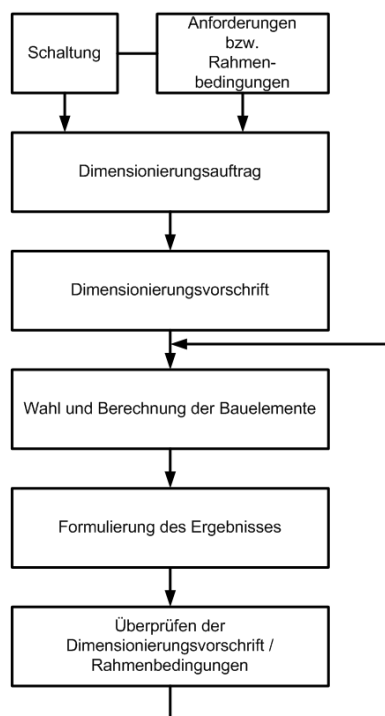


Abb. 1: Dimensionierungsschritte

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Astabiler Multivibrator (Rechteckgenerator)

Abb. 1 zeigt die Schaltung eines Rechteckgenerators. Der Rechteckgenerator erzeugt eine Rechteckspannung U_a mit der Frequenz $f = 500 \text{ Hz}$ (siehe Abb. 2). Es stehen nur Widerstände aus der E24-Reihe im $\text{k}\Omega$ - Bereich zur Verfügung.

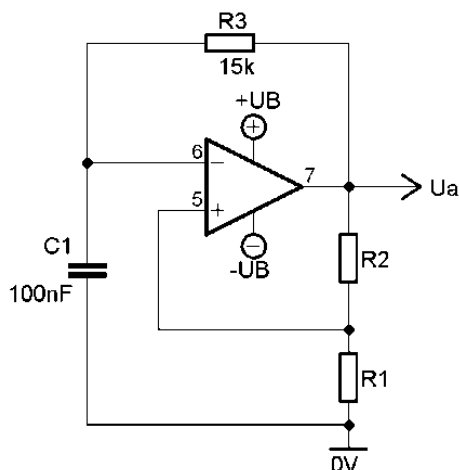


Abb.1: Astabiler Multivibrator, $R_3=15\text{k}\Omega$

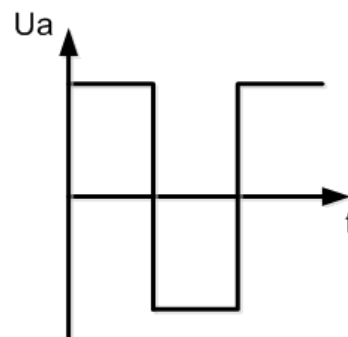


Abb. 2: Rechteckspannung

Die Frequenz f der Ausgangsspannung U_a wird mit folgenden Formeln bestimmt:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \tau \cdot \ln\left(\frac{1+\alpha}{1-\alpha}\right)} ; \quad \alpha = \frac{R_1}{R_1 + R_2} ; \quad \tau = R_3 \cdot C_1$$

Dimensionieren Sie die Widerstände R_1 und R_2 für eine Frequenz $f = 500 \text{ Hz}$.

| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|----------|
| Umformen der gegebenen Berechnungsformel zur Dimensionierungsvorschrift | 5 |
| Geeignete Wahl von R_2 bzw. R_1 | 1 |
| Berechnung von R_1 bzw. R_2 | 1 |
| Auswahl von R_1 und R_2 | 1 |
| Summe: | 8 |

Musterlösung:

$$\tau = R_3 \cdot C_1 = 15k\Omega \cdot 100nF = 1,5ms$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \tau \cdot \ln\left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2}\right)}$$

$$2 \cdot \tau \cdot \ln\left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2}\right) = \frac{1}{f}$$

$$\ln\left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2}\right) = \frac{1}{f \cdot 2 \cdot \tau}$$

$$1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} = e^{\left(\frac{1}{f \cdot 2 \cdot \tau}\right)}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{f \cdot 2 \cdot \tau}\right)} - 1}{2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{500Hz \cdot 2 \cdot 1,5ms}\right)} - 1}{2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{500Hz \cdot 2 \cdot 1,5ms}\right)} - 1}{2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{1,5}\right)} - 1}{2} = 0,47387$$

Gewählt: $R_2 = 10k\Omega$

$$R_1 = \frac{e^{\left(\frac{1}{1,5}\right)} - 1}{2} \cdot R_2 = 4,74k\Omega$$

Gewählt: $R_1 = 4,7k\Omega$

3.2.2.4 B4 Messen

Beschreibung

In der Elektrotechnik ist der Einsatz von Messtechnik notwendig, um Aussagen über die Funktion technischer Systeme zu erhalten. Im Fach Elektrotechnik steht das Messen elektrischer Größen im Vordergrund, um die Funktion elektrischer Bauelemente, Schaltungen, Geräte und Anlagen zu überprüfen. Messungen sind die notwendige Voraussetzung für die Steuerung und Regelung technischer Prozesse.

Das Messen zielt auf die Feststellung, ob das Messobjekt die Funktionsanforderungen erfüllt oder nicht erfüllt, z.B. in dem einfachen Fall: Kabel hat Durchgang / hat keinen Durchgang. In der Regel wird jedoch durch Messungen die zu messende Größe quantitativ erfasst (Messwert).

Das „Messen“ ist eine geplante Tätigkeit, die in folgenden Schritten erfolgt:

1. Definieren der Messaufgabe (Messproblem) und der Messgröße
2. Skizzieren einer Messschaltung mit Messgeräten
3. Festlegen des Messablaufs
4. Durchführen der Messung und Ermitteln des Messergebnisses
5. Dokumentieren und Auswerten des Messergebnisses

Im Fach Elektrotechnik wird von den Prüflingen erwartet, dass sie in der Abiturprüfung Kenntnisse über die Aufgaben der Messtechnik und folgende Messtechniken haben:

- a) Spannungsprüfung (Verwendung von zweipoligen Spannungsprüfern)
- b) Durchgangsprüfung
- c) Strom- und Spannungsmessungen mit Analoginstrumenten
- d) Strom - und Spannungsmessung mit Digitalinstrumenten
- e) Messen von elektrischen Misch- und Wechselgrößen mit dem Oszilloskop
- f) Aufnahme von Kennlinien und Übertragungsfunktionen mit dem Oszilloskop
- g) Leistungsmessung
- h) Messung ohmscher Widerstände (spannungsrichtige und stromrichtige Messung)

3.2.2.5 B5 Fehlersuche

Beschreibung

Unter Fehlersuche wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Vorgehensweise bei der Identifizierung eines Fehlers in einem elektrischen Prüfobjekt (Anlage, Gerät, Schaltung, Bauelement) verstanden. Außerdem umfasst diese Methode die Festlegung der notwendigen Schritte zur Fehlerbehebung und der Maßnahmen zur zukünftigen Fehlervermeidung.

Ausgangspunkte für eine Fehlersuche in der Elektrotechnik können sein:

- Verbale Fehlerbeschreibungen
- Dokumentierte Messergebnisse in fehlerhaften Schaltungen
- Fehler im Schaltungsdesign (z. B. in Stromlaufplänen oder im Layout)
- Daten zu einem Fehler

Verfahren (Herangehensweisen) zur Eingrenzung des Fehlers können sein:

- Sichtkontrolle
- Spannungs-, Potential- oder Signalverfolgung
- Durchgangsprüfung
- Strommessung

Bei der Fehlersuche ergibt sich ausgehend von Fehlerbeschreibungen bzw. Daten zu einem Fehler folgende typische Abfolge (Abb. 1):

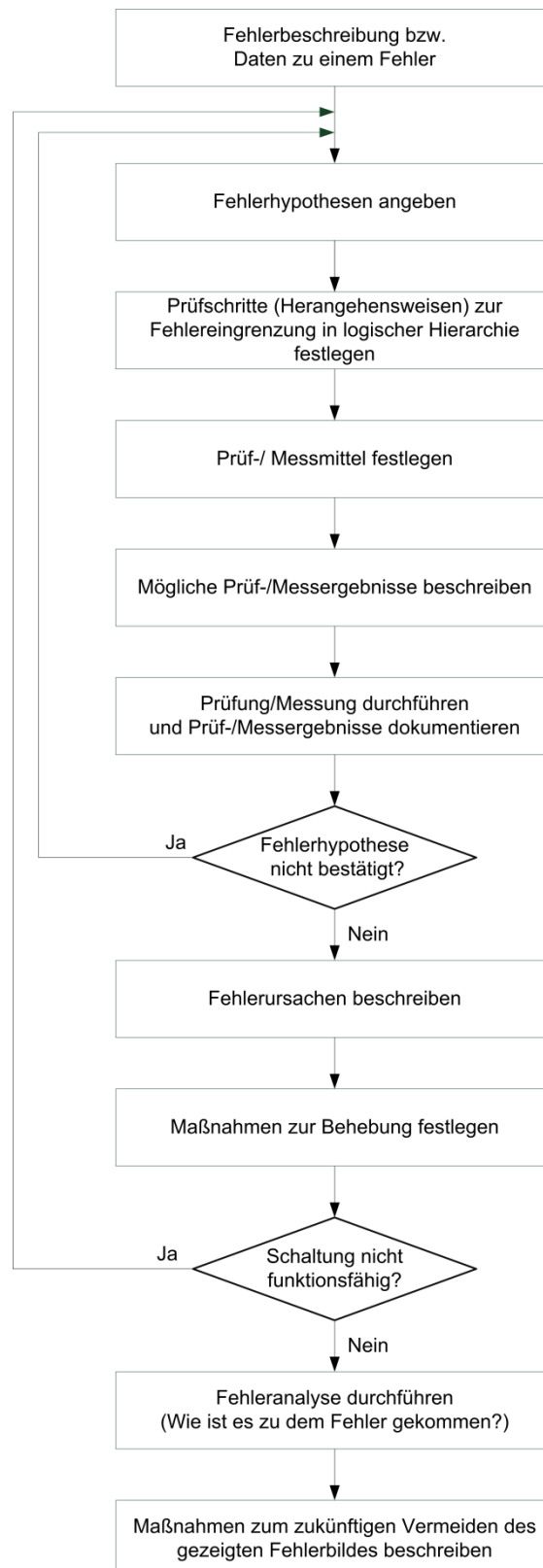


Abb. 1: Typische Abfolge bei der Fehlersuche

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Fehlersuche in lichtabhängiger LED-Steuerung

Bestimmungsgemäße Funktion der Schaltung:

Bei der lichtabhängigen Steuerung mit LDR in Abb. 2 wird die LED P1 bei Dunkelheit über den Transistor Q1 zugeschaltet. Bei Überschreiten einer durch das Potentiometer einstellbaren Beleuchtungsstärkeschwelle schaltet der Transistor Q1 ab und die LED P1 aus.

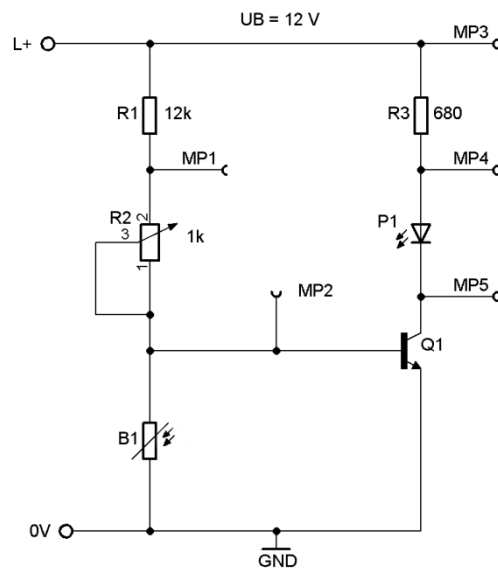


Abb. 2: Lichtabhängige LED Steuerung mit LDR

Fehlerbeschreibung:

Diese Schaltung wurde auf einem Steckboard (Abb. 3) mit den angegebenen Werten aufgebaut, zeigt jedoch bei der ersten Inbetriebnahme nicht das oben beschriebene Verhalten. Die LED leuchtet auch bei völliger Dunkelheit nicht. Somit liegt ein Fehler vor.

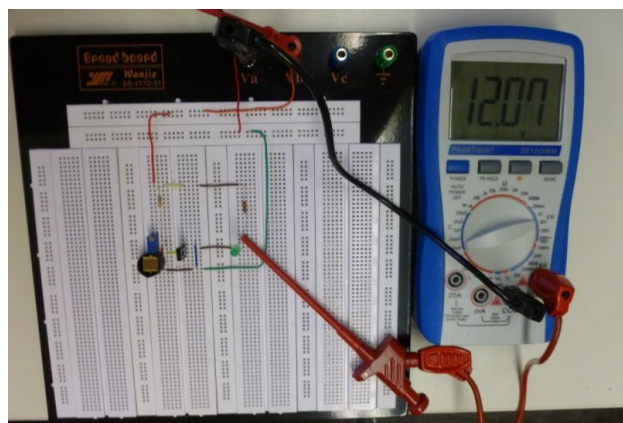


Abb. 3: Verdrahtete Schaltung auf dem Steckboard

Bereits durchgeführte Fehlersuchschritte:

Um die Anzahl möglicher Fehlerhypothesen einschränken zu können und einen konkreten Anhaltspunkt für die weitere Fehlersuche zu bekommen, wurden folgende Fehlersuchschritte durchgeführt:

- Alle Bauteile wurden bereits einzeln getestet und funktionieren.
- Das Potentiometer wurde in Mittelstellung gebracht und der LDR abgedeckt.
- Mit einem Digitalmultimeter (Abb. 3) wurden die Spannungspotentiale an den Messpunkten MP1 bis MP5 gegen Masse gemessen.
- Die gemessenen Spannungspotentiale wurden den bei einer funktionstüchtigen Schaltung zu erwartenden Spannungssollwerten in Tab. 1 gegenübergestellt.

| | U_{MP1} / V | U_{MP2} / V | U_{MP3} / V | U_{MP4} / V | U_{MP5} / V |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Sollwerte | 1,57 | 0,7 | 12 | 2,2 | 0,1 |
| Gemessene Werte (Fehlerfall) | 11,88 | 11,87 | 12 | 12 | 12 |

Tab. 1: Gegenüberstellung der Sollwerte und der gemessenen Werte

Teilaufgabe 1: Fachmethode Fehlersuche

Beschreiben Sie die Fachmethode Fehlersuche.

Teilaufgabe 2: Fehlersuchschritte (Prüfschritte)

Beschreiben Sie das Vorgehen bei der Fehlersuche.

Teilaufgabe 1: Fachmethode Fehlersuche

| Lösungsaspekte | Punkte |
|--|------------------|
| Aufzeichnen der Blockstruktur aus Abb. 1 | 1 Punkt je Block |
| Summe: | 12 Punkte |

Teilaufgabe 2: Fehlersuchschritte

| Lösungsaspekte | Punkte |
|--|---------------|
| Sinnvolle Fehlerhypothesen aufstellen | 2 |
| Weitere Prüfschritte festlegen | 2 |
| Prüf-/Messmittel festlegen | 1 |
| Mögliche Prüf-/Messergebnisse beschreiben | 2 |
| Fehlerursachen beschreiben | 2 |
| Maßnahmen zur Behebung festlegen | 2 |
| Fehleranalyse durchführen | 2 |
| Maßnahmen zum zukünftigen Vermeiden des gezeigten Fehlerbildes beschreiben | 2 |
| Summe: | 15 |

Musterlösung:

1. Fehlerhypothese:

Fehlende Verbindung zum Transistor.

2. Weitere Prüfschritte:

Sichtkontrolle:

- Kontrolle, ob alle notwendigen Verbindungsleitungen zum Transistor gesteckt wurden
- Kontrolle, ob der Transistor gemäß der PIN-Belegung im Datenblatt angeschlossen wurde

Durchgangsprüfung

3. Prüf-/Messmittel festlegen:

- Multimeter oder Durchgangsprüfer

4. Mögliche Prüf-/Messergebnisse beschreiben:

- Durchgangsprüfung zwischen MP5 und dem Kollektor von Q1
- Durchgangsprüfung zwischen MP2 und dem Basisanschluss von Q1
- Durchgangsprüfung zwischen Masse und dem Emitteranschluss von Q1
- Bei der Durchgangsprüfung wird jeweils 0Ω erwartet

5. Mögliche Ursachen:

- Fehlende Leitung
- Falsch gesteckte Leitung
- Defekte Leitung

6. Maßnahmen zur Behebung des Fehlers:

- Überprüfte Leitungen verwenden und diese richtig stecken

7. Fehleranalyse durchführen (Wie ist es zu dem Fehler gekommen?):

- Nicht systematisches Vorgehen bei der Verdrahtung
- Leitung durch häufige Benutzung defekt

8. Maßnahmen zum zukünftigen Vermeiden des gezeigten Fehlerbildes beschreiben:

- Systematisches Verdrahten
- Beschriften des Steckboards (Markieren von verbundenen Steckplätzen)
- Defekte Leitungen sofort entsorgen

3.2.2.6 B6 Programmentwurf

Beschreibung

Unter der Methode „Programmentwurf“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Beschreibung der Ablaufstruktur eines Programmes verstanden. Das Ergebnis eines Programmentwurfes ist eine Tabelle mit allen verwendeten Ein- und Ausgängen des Mikrocontrollers (Zuordnungsliste), ein Programmablaufplan sowie ein Mikrocontroller gerechter C-Code.

Der Entwurf erfolgt in diesen Schritten:

1. Zuordnungsliste des Mikrocontrollers/Portbelegung anlegen
2. Programmablaufplan (ggf. mit weiteren Programmablaufplänen zu Unterprogrammen) zeichnen
3. Verfeinerung des Programmablaufplanes, bis alle Unterprogramme/Unterfunktionen ausdifferenziert sind, sodass sie in C-Code umgewandelt werden können
4. Ergänzung des PAP mit Initialisierung benötigter Mikrocontroller Hardware
5. Übersetzung des PAP in C-Code mit Kommentierung
6. Ergänzung der Variablen Deklaration
7. Deklaration der SFR oder Einbindung einer geeigneten Bibliothek

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Küchentimer mit einem Mikrocontroller

Es handelt sich um einen Küchentimer, mit dem Zeiten gemessen werden können.

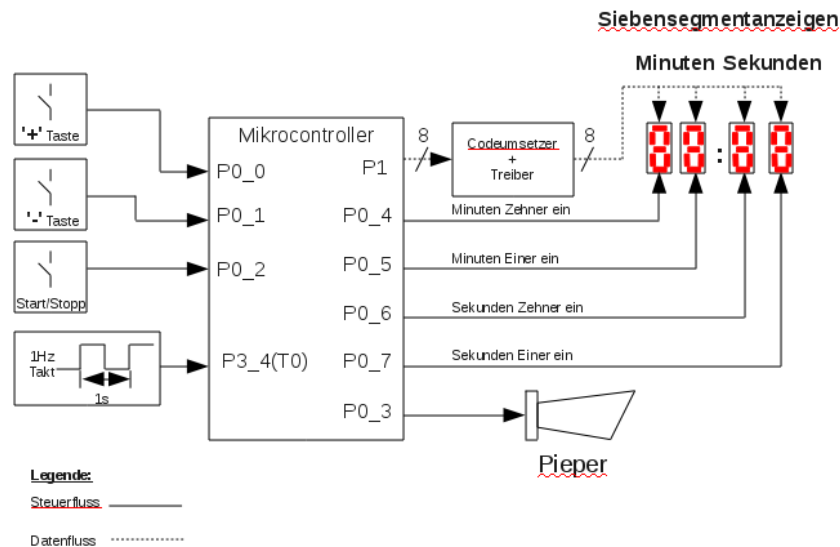


Abb. 1: Technologieschema Küchentimer

Nach Start des Programmes oder einem Reset steht die Anzeige auf 00 Minuten und 00 Sekunden. Wird die Taste '+' gedrückt, erhöht sich der Wert um eine Minute pro Tastendruck. Das Maximum sind 99 Minuten. Wird die Taste '-' gedrückt, verringert sich der Wert um eine Minute pro Tastendruck. Das Minimum sind 00 Minuten.

Das SFR für Port 0 hat die Adresse 0x80.

Entwerfen Sie ein Unterprogramm, das die Funktion der Tasten '+' und '-' des Küchentimers erfüllt.

Zuordnungsliste

| Lösungsaspekte | Punkte |
|--|---------------|
| Die benötigten Ein- und Ausgänge werden vollständig aufgelistet. | 2 |
| Die Zuordnung PIN/PORT zu den Namen stimmt. | 2 |
| Die Zuordnung PIN/PORT zur SFR Adresse ist richtig. | 2 |
| Summe: | 6 |

Programmablaufplan (PAP)

| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|---------------|
| Symbol Start und Ende | 1 |
| Bedingung Plustaste betätigt (nicht Plus und Minus) | 1 |
| Test, ob Obergrenze des Zählwertes erreicht ist | 1 |
| Zählwert erhöhen | 1 |
| Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss verringert werden Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden | 2 |
| Bedingung Minustaste betätigt (Plus und nicht Minus) | 1 |
| Test, ob Untergrenze des Zählwertes erreicht ist | 1 |
| Zählwert verringern | 1 |
| Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss erhöht werden Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden | 2 |
| Summe | 11 |

C-Code

| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|---------------|
| Einführender Kommentar (Aufgabe, Programm, Autor, Datum, Version) | 1 |
| Hardware Deklaration: E/A (P0 muss nicht zwingend deklariert werden) | 2 |
| Funktionsname | 1 |
| Deklaration benötigter Variablen (mindestens die Variable „zaehlwert“) | 1 |
| Port 0 zum Lesen auf 0xFF setzen | 1 |
| Abfrage Plustaster (nicht Plus und Minus) | 1 |
| Test, ob Obergrenze des Zählwertes erreicht ist | 1 |
| Zählwert erhöhen | 1 |
| Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss verringert werden Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden | 2 |
| Abfrage Minustaster (Plus und nicht Minus) | 1 |
| Test, ob Untergrenze des Zählwertes erreicht ist | 1 |
| Zählwert verringern | 1 |
| Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss erhöht werden Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden | 2 |
| Summe: | 16 |

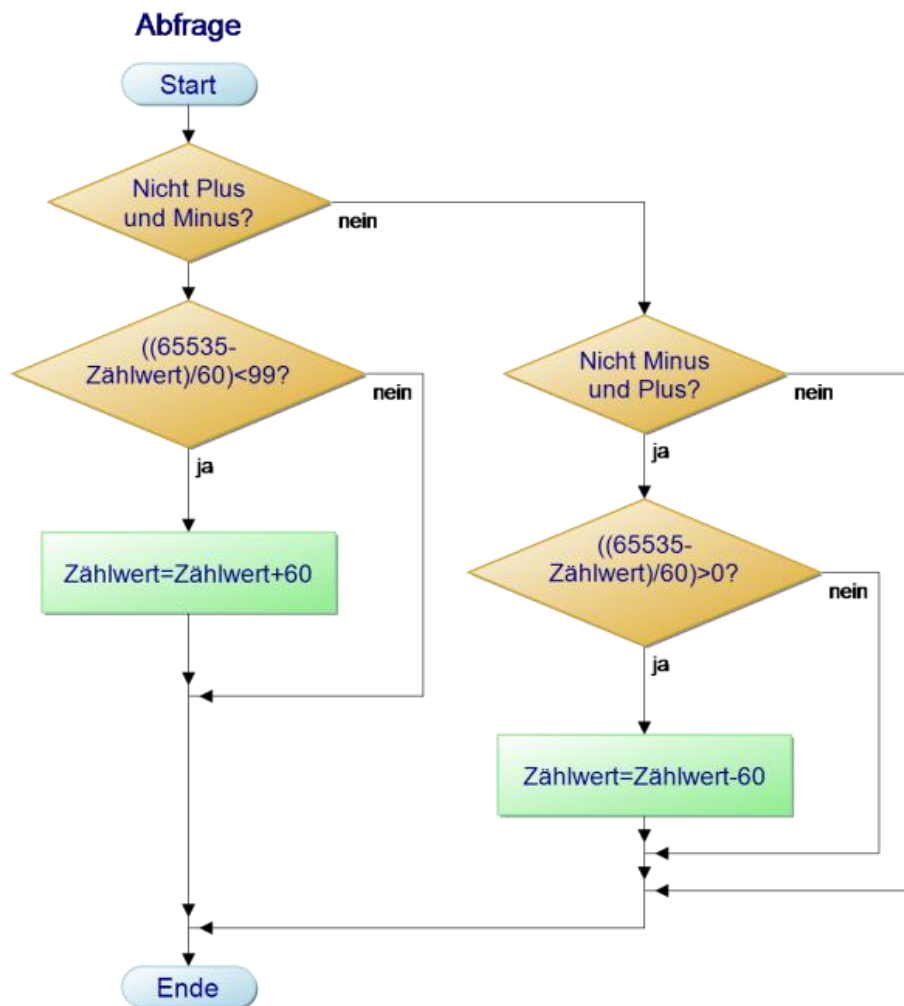
Musterlösung:

Zuordnungsliste

| Eingang | | | Ausgänge | | |
|----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-------------|
| Funktion | PIN/ PORT | SFR Adresse | Funktion | PIN/ PORT | SFR Adresse |
| + Taste | P0_0 | at 0x80 sbit | | | |
| - Taste | P0_1 | at 0x81 sbit | | | |

Tab. 1: Zuordnungsliste

Programmablaufplan



C-Code

```
//Unterfunktion zur Abfrage der Tasten + und -
//eieruhr.c
//C. Toeller
//25.11.2012
//V1

at 0x80 sfr P0;
at 0x80 sbit Plus;
at 0x81 sbit Minus;

P0=0xFF;                //Port0 zum Lesen vorbereiten (Pull-Up-Widerstaende)

void abfrage(unsigned int zaehlwert)
{
    if((!Plus)&&Minus)
    {
        if((65535-zaehlwert)<99)    //Pruefen, ob maximaler Zaehlwert erreicht ist.
        {
            zaehlwert=zaehlwert+60;    //Da der Zaehler Sekunden zaehlt,
                                         //muessen pro min. 60s hinzugefuegt werden.
        }
    }
    else if(Plus&&!Minus)
    {
        if((65535-zaehlwert)>0)    //Pruefen, ob minimaler Zaehlwert erreicht ist.
        {
            zaehlwert=zaehlwert-60;    //Da der Zaehler Sekunden zaehlt,
                                         // muessen pro min. 60s abgezogen werden.
        }
    }
}
```

3.2.2.7 B7 Programmanalyse

Beschreibung

Unter der Methode „Programmanalyse“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Beschreibung der Ablaufstruktur eines Programmes verstanden.

Die Analyse erfolgt in diesen Schritten:

1. Zuordnungsliste aus der Deklaration der SFR ableiten.
2. C-Code kommentieren.
3. Übersetzen des C-Codes in einen PAP ggf. mit weiteren Programmablaufplänen zu Unterprogrammen.
4. Ggf. Teilfunktionen zu Modulen zusammenfassen.

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Abfrage der Taster ‚UP‘ und ‚DOWN‘

Die folgende Abb. 1 zeigt das Technologieschema einer Motorsteuerung.

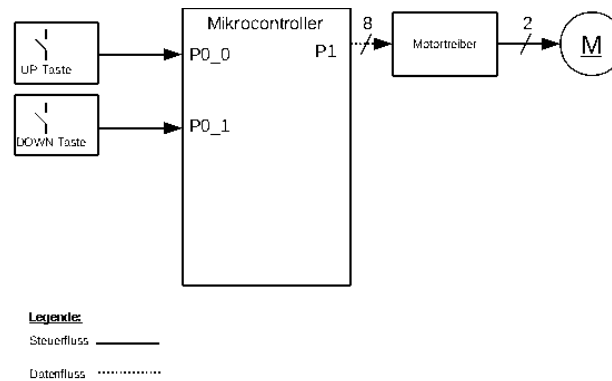


Abb. 1: Technologieschema Motorsteuerung

Das folgende Listing 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Programm, das auf dem Mikrocontroller des oben stehenden Technologieschemas läuft. Es fragt die Taster „UP“ und „DOWN“ ab.

```

/*1*/      if ((!UP)&&(!DOWN)) {
/*2*/          speed=0;
/*3*/      }
/*4*/      else if ((!UP)&&DOWN) {
/*5*/          if (speed<100) {
/*6*/              speed++;
/*7*/          }
/*8*/      }
/*9*/      else if (UP&&(!DOWN)) {
/*10*/          if (speed>0) {
/*11*/              speed--;
/*12*/          }
/*13*/      }
  
```

Listing 1: C-Programm Tasterauswertung

Analysieren Sie das im Listing angegebene Programm.

Kommentierung

| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|-------------|
| Reset: <ul style="list-style-type: none"> Abfrage (UP und DOWN) Wert von speed Rücksetzen | 1 1 |
| UP-Taste (nicht UP und DOWN): <ul style="list-style-type: none"> Abfrage Test, ob Obergrenze erreicht ist Wert von speed erhöhen | 1 1 1 |
| DOWN-Taste (Nicht DOWN und UP) <ul style="list-style-type: none"> Abfragen Test, ob Untergrenze erreicht ist Wert von speed vermindern | 1 1 1 |
| Summe: | 8 |

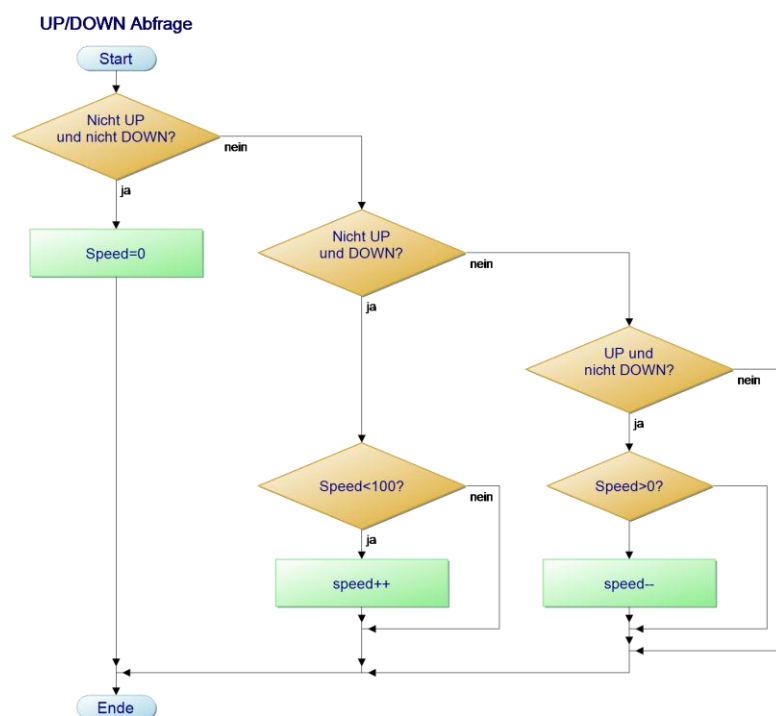
Musterlösung:

| | | |
|--------|-------------------------|---|
| /*1*/ | if ((!UP)&&(!DOWN)) { | //Wenn beide Tasten gleichzeitig gedrückt werden |
| /*2*/ | speed=0; | //...wird der Wert von speed auf 0 gesetzt (Reset) |
| /*3*/ | } | |
| /*4*/ | else if ((!UP)&&DOWN) { | //Wenn nur UPs gedrückt wird... |
| /*5*/ | if (speed<100) { | //und wenn der max. Wert von 100 nach dem Hochzählen |
| | | // nicht überschritten wird... |
| /*6*/ | speed++; | //...wird speed inkrementiert |
| /*7*/ | } | |
| /*8*/ | } | |
| /*9*/ | else if (UP&&(!DOWN)) { | //Wenn nur DOWN gedrückt wird... |
| /*10*/ | if (speed>0) { | // und wenn der min. Wert von 0 nach dem Runterzählen |
| | | // überschritten wird... |
| /*11*/ | speed--; | //...wird speed dekrementiert. |
| /*12*/ | } | |
| /*13*/ | } | |

Programmablaufplan (PAP)

| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|-------------|
| Reset: <ul style="list-style-type: none"> Abfrage (UP und DOWN) Wert von speed Rücksetzen | 1 1 |
| UP-Taste (nicht UP und DOWN): <ul style="list-style-type: none"> Abfrage Test, ob Obergrenze erreicht ist Wert von speed erhöhen | 1 1 1 |
| DOWN-Taste (Nicht DOWN und UP) <ul style="list-style-type: none"> Abfragen Test, ob Untergrenze erreicht ist Wert von speed vermindern | 1 1 1 |
| Summe: | 8 |

Musterlösung:



3.2.2.8 B8 Arbeiten mit Diagrammen

Beschreibung

Bei dieser Methode wird die Arbeit mit sämtlichen grafischen Darstellungen in Diagrammen zusammengefasst.

Dies umfasst zum einen das quantitative Ermitteln

- von statischen oder dynamischen Kennwerten,
- von Arbeitspunkten,
- des Steigungsverhaltens

mithilfe von Diagrammen.

Zum anderen umfasst diese Methode auch das quantitative Darstellen von

- Kennlinien,
- Arbeitspunkten,
- Wendetangenten,
- Verlustleistungshyperbeln,
- Signal-Zeit-Verläufen,
- Arbeitsgeraden / Widerstandsgeraden

in Diagrammen.

Bei der Arbeit mit Darstellungen ist zu beachten, dass

- Einheiten angegeben werden,
- Maßstäbe und Skalierungen sinnvoll gewählt werden,
- relevante Informationen in Darstellungen markiert werden.

Das Arbeiten mit Darstellungen umfasst folgende Tätigkeiten:

- Ermitteln von relevanten Informationen aus Diagrammen,
- Interpretieren von Informationen aus Diagrammen,
- Erstellen von Diagrammen,
- Beschreiben von Zusammenhängen mit Diagrammen.

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Steuerkennlinie des Transistors BC 548

Ein Transistor BC 548 wird, wie in Abb. 1 gezeigt, mit einem Lastwiderstand von 220 Ohm eingesetzt. Mit R_3 kann der Steuerstrom I_B des Transistors und somit der Arbeitspunkt des Widerstands R_1 eingestellt werden.

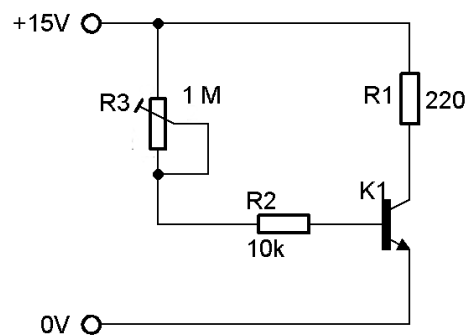


Abb. 1: Transistorschaltung

Abb. 2 zeigt das Ausgangskennlinienfeld dieses Transistors K1 mit bereits eingezeichneter Arbeitsgeraden für diesen Belastungsfall.

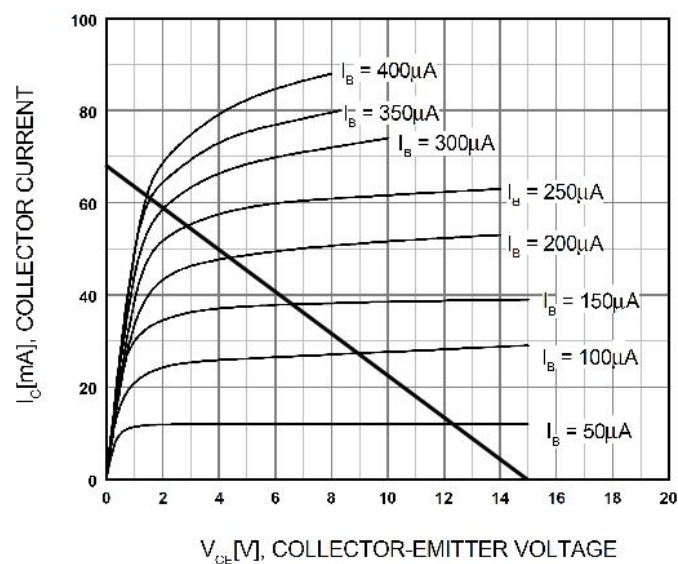


Abb. 2: Ausgangskennlinienfeld des BC 548

Zeichnen Sie die Steuerkennlinie (die Kollektorstromstärke in Abhängigkeit von der Basisstromstärke).

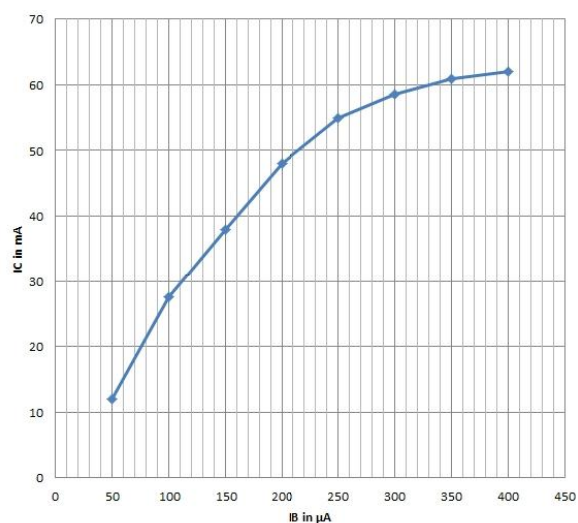
| Lösungsaspekte | Punkte |
|---|----------|
| $I_B - I_C$ – Wertepaare ablesen und tabellarisch angeben (Dieser Aspekt kann auch erst später durch die direkte Eintragung der Wertepaare in das zu zeichnende Diagramm gelöst werden.) | 2 |
| $I_B - I_C$ – Diagramm zeichnen und Achsen beschriften | 1 |
| Diagramm mit geeigneter Achsenskalierung versehen | 1 |
| $I_B - I_C$ – Wertepaare eintragen | 2 |
| Wertepaare durch Linie verbinden | 1 |
| Summe: | 7 |

Musterlösung:

$I_B - I_C$ – Wertepaare

| $I_B / \mu A$ | I_C / mA |
|---------------|------------|
| 50 | 12 |
| 100 | 27,5 |
| 150 | 38 |
| 200 | 48 |
| 250 | 55 |
| 300 | 58,5 |
| 350 | 61 |
| 400 | 62 |

Steuerkennlinie



3.2.3 Kompetenzbereich C - Kommunikation

Kompetenzen

Sachverhalte in und über Elektrotechnik darstellen.

C Anforderungsbereich I

Darstellungsformen der Elektrotechnik beschreiben und für einfache Sachverhalte nutzen.

Kompetenzen:

(1) Technische Darstellungsformen benennen und beschreiben.

- *Benennen Sie drei verschiedenen Darstellungsformen in der Elektrotechnik.*

(2) Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen.

- *Stellen Sie die Messwerte für das Belastungsverhalten des CMOS - Schmitt-Triggers in der Tabelle 1 dar.*
- *Erstellen Sie eine tabellarische Zuordnungsliste für die in der Ausgangssituation beschriebene digitale Steuerung.*
- *Zeichnen Sie mithilfe der erhobenen Messwerte im vorbereiteten Diagramm (Abb.1) den Signalverlauf für $u_c(t)$.*

(3) Einfache Datenblätter auswerten.

C Anforderungsbereich II

Darstellungsformen anwenden.

Kompetenzen:

(1) Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben.

- *Beschreiben Sie die Funktionsweise des dargestellten Schmitt-Triggers mit Hilfe eines Ablaufplanes.*

(2) Für die Darstellung einfacher Sachverhalte eine Darstellungsform erstellen.

- *Erstellen Sie für die Dokumentation der Messwerte der Messschaltung (Abb.1) eine Messwerttabelle.*

(3) Einfache Wirkzusammenhänge mit Kausaldiagrammen darstellen.

- *Beschreiben Sie den Zusammenhang der Größen I_L , U_D , U_{CE} , I_B und U_F der Spannungsstabilisierungsschaltung mit einem Kausaldiagramm.*

(4) Aussagen von technischen Darstellungen beschreiben.

- *Beschreiben Sie den in dem Technologieschema dargestellten Zusammenhang zwischen der Anzahl der zugeführten Werkstücke und der Drehzahl des Motors.*

(5) Alltagskommunikation über Technik fachsprachlich bewerten.

- *Bewerten Sie die Aussagen des vorliegenden Presstextes über die Leistungsfähigkeit einer Generatoranlage unter fachsprachlichen Gesichtspunkten.*

(6) Umfangreiche (industrielle) Datenblätter auswerten.

C Anforderungsbereich III

Technische Darstellungsformen selbstständig auswählen und anwenden.

Kompetenzen:

(1) Technische Dokumentationen für Geräte und Schaltungen erstellen.

- *Erstellen Sie für den beschriebenen digitalen Kalender eine Betriebsanleitung.*
- *Beschreiben Sie die Funktionen der Tasten S1 bis S6 des voreinstellbaren Zählers der Digitalschaltung.*

(2) Technische Prozesse unter Verwendung von Darstellungsformen erläutern.

- *Erläutern Sie einen möglichen Funktionsablauf für die Steuerung der Palletiereinrichtung.*

(3) Vorgehensweisen beim Dimensionieren und bei der Fehlersuche in Schaltungen erläutern.

- *Erläutern Sie den Prozess der Fehlersuche unter Verwendung geeigneter Darstellungsformen.*

Der Kompetenzbereich umfasst die verständliche, übersichtliche und strukturierte Darstellung technikwissenschaftlicher Ergebnisse und Erkenntnisse zum Zwecke des Wissensaustausches und die Formulierung durch die angemessene Nutzung der Fachsprache.

Inhalte

(K1) Grundbegriffe der Technikwissenschaften

- Applikation
- Technisches Problem
- Funktionsblock
- Modell
- Technisches System

(K2) Darstellungsformen in der Elektrotechnik

- Blockschaltbilder
- Schaltpläne
- Tabellen
- Signalflusspläne
- Impulsdiagramme
- Kausalketten-/diagramme, Programmablaufplan
- Protokolle
- Liniendiagramme
- Formeln
- C-Programm
- Datenblätter
- Applikationsunterlagen
- Sachtexte

(K3) Grundbegriffe des technischen Englischs

3.2.4 Kompetenzbereich D - Reflexion

Kompetenzen

Bezüge der Elektrotechnik beschreiben und bewerten.

D Anforderungsbereich I

Einfache Bezüge der Elektrotechnik beschreiben.

Kompetenzen:

- (1) Einsatzmöglichkeiten von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in technischen Teilsystemen beschreiben.
 - *Benennen Sie drei Anwendungsmöglichkeiten für die Schaltung zur Drehzahlmessung.*
 - *Beschreiben Sie drei mögliche Einsatzmöglichkeiten des C-Programms BLINK-INT.c.*
- (2) Die Verwendung von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in der Alltagswelt (Haushalt) darstellen.
 - *Beschreiben Sie zwei Regelungen, die in einem üblichen Haushalt zur Anwendung kommen.*
 - *Beschreiben Sie zwei Steuerungen, die in Wohnhäusern zum Einsatz kommen.*

D Anforderungsbereich II

Einfache Bezüge erläutern und Bewertungsansätze wiedergeben.

Kompetenzen:

- (1) Gegebene Bewertungskriterien erläutern.
 - *Erläutern Sie am Beispiel der Schaltung zur Tastenverriegelung die Bewertungskriterien: Funktionalität, Bauelementeaufwand, Bediensicherheit, Erstellungsaufwand.*
 - *Erläutern Sie das Kriterium Messgenauigkeit am Beispiel der Messschaltung zur Aufnahme der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie des Drehstrommotors.*
- (2) Bewertungskriterien für elektrotechnische Schaltungen, Geräte oder Programme ermitteln.
 - *Beschreiben Sie vier relevante Kriterien zur Bewertung der Treppenhausbeleuchtungsschaltung.*

(3) Vorgegebene Bewertungen beurteilen.

- *Beschreiben Sie das Phänomen des „overengineering“ am Beispiel der beschriebenen Schaltung zur Drehrichtungserkennung.*

D Anforderungsbereich III

Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten.

Kompetenzen:

(1) Funktionalität von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen bewerten.

- *Bewerten Sie die Schaltung des Sägezahn-Rechteckgenerators hinsichtlich möglicher Schaltungserweiterungen.*

(2) Alternativen zu einer Schaltung, einem Gerät oder einem Programm diskutieren.

- *Bewerten Sie die in Abb. 1 und Abb. 2 angegebenen Schaltungen zur Temperaturüberwachung für den Anschluss an den Mikrocontroller in Abb. 4.*
- *Diskutieren Sie mögliche Funktionserweiterungen des in Abb. 1 dargestellten Treppenspannungsgenerators.*
- *Vergleichen Sie die beiden Schaltungen in Abb. 1 und Abb. 2 für einen Dämmerungsschalter.*

(3) Technische Beschreibungen beurteilen.

- *Beurteilen Sie die Beschreibung der Messschaltung „Sperrströme von Dioden“ hinsichtlich Klarheit, Verständlichkeit und Vollständigkeit.*

Inhalte

(RB1) Determinanten der Technik

- Natur
- Gesellschaft
- Mensch
- Wissenschaft
- Technisches Umfeld

(RB2) Elektrotechnische Funktionseinheiten, Geräte, Schaltungen und Programme in den Teilsystemen eines technischen Systems

- Teilsysteme
 - Verarbeitungssysteme
 - Antriebssysteme
 - Energiesysteme
 - Informationssysteme

(RB3) Durch die Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft

- Z.B.: Elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen
- Z.B.: Automatisierungsprozesse in der Haustechnik

(RB4) Handlungsphasen technischen Denkens und Handelns

- Planung
- Entwicklung
- Konstruktion
- Inbetriebnahme
- Wartung
- Distribution
- Entsorgung

3.3 Operatoren

| Operator | AFB | Definition | Beispiele |
|-----------------------|----------|--|--|
| analysieren | II - III | Siehe Fachmethoden Schaltungsanalyse oder Programmanalyse. | Siehe Fachmethoden Schaltungsanalyse oder Programmanalyse. |
| auswerten | | Datenblattinformation, technische Informationen, Messergebnisse, Einzelergebnisse in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen | Werten Sie die Datenblätter und die gegebenen Messwerte hinsichtlich Dimensionierung der Schaltung in Abb. 1 aus. |
| begründen | II - III | Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführen. | Begründen Sie, warum bei dieser Schaltung eine Mikrocontrollerschaltung nicht sinnvoll eingesetzt werden kann. |
| berechnen | I - II | Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen. | Berechnen Sie die Verstärkung der Operationsverstärkerschaltung. |
| beschreiben | I - II | Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich mit eigenen Worten verständlich wiedergeben. | Beschreiben Sie die Auswirkungen des Fehlers einer Leiterunterbrechung zwischen dem Emitter des Transistors und Masse. |
| beurteilen / bewerten | II - III | Zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren. | Beurteilen Sie, ob das eingesetzte Netzteil die Anforderungen an die Spannungsversorgung erfüllt. |
| darstellen | I - II | Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und mit grafischen Mitteln wiedergeben. | Stellen Sie die Methode des Programmmentwurfs dar. |
| dimensionieren | II - III | Siehe Fachmethode „Dimensionieren“. | Siehe Fachmethode „Dimensionieren“. |
| entwickeln / | III | Siehe Fachmethoden Schaltungs- | Siehe Fachmethoden Schaltungs- |

| | | | |
|-----------------------------|----------|--|---|
| entwerfen | | entwurf oder Programmentwurf. | entwurf oder Programmentwurf. |
| erläutern / erklären | II - III | Einen Sachverhalt so darlegen, dass er verständlich wird. | Erläutern Sie die Notwendigkeit des Anlaufverfahrens. |
| ermitteln / bestimmen | I - II | Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren. | Ermitteln Sie den maximal zulässigen Laststrom. Ermitteln Sie die erforderliche Einstellung des Timer-Registers. |
| erörtern | II-III | Einen eigenen Standpunkt argumentativ darlegen. | Erörtern Sie den Einsatz dieses Bauteils unter wirtschaftlichen und technologischen Gesichtspunkten. |
| erstellen | II-III | Sachverhalte oder Werte in vorgegebener Form angeben. | Erstellen Sie das $u(t)$ -Diagramm. Erstellen Sie die Zuordnungstabelle für das Programm. Erstellen Sie den Kommentar für den angegebenen C-Code. |
| markieren / kennzeichnen | I | Ohne weitere Erläuterung kennzeichnen. | Markieren Sie den Stern-Dreieck-Umschaltpunkt durch ein farbiges Kreuz in der Hochlaufkennlinie. |
| nachweisen | II-III | Einen Sachverhalt oder eine Aussage durch Berechnung, (mathematischer) Herleitung und logischer Begründung nachvollziehbar bestätigen. | Weisen Sie nach, dass mit den angegebenen Reglerkenndaten die geforderten Stabilitätskriterien für die Regelung des Wasserstandes erfüllt werden. |
| nennen/ be- nennen | I | Ohne weitere Erläuterung aufzählen. | Nennen Sie zwei typische Anlassverfahren. Benennen Sie die verschiedenen Komponenten eines Regelkreises. |
| ordnen / zuordnen | I-II | Äquivalenz zwischen verschiedenen Darstellungsformen eines technischen Sachverhaltes angeben. | Ordnen Sie den verschiedenen Blöcken die Bauelemente der Schaltung zu. |
| (über-)prüfen | II-III | Sachverhalte oder Aussagen an | Überprüfen Sie die Dimensionierung |

| | | | |
|-------------|----------|---|--|
| | | Fakten oder innerer Logik messen oder eventuelle Widersprüche aufdecken. | der Schaltung hinsichtlich der Strombelastung der verwendeten Bauelemente. |
| skizzieren | I - II | Die qualitativen Eigenschaften eines Objektes oder Sachverhaltes graphisch darstellen. (Auch Freihandskizze möglich) | Skizzieren Sie die Sprungantwort des PI-Reglers. |
| vergleichen | II - III | Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Sachverhalten gewichtend einander gegenüberstellen. | Vergleichen Sie die beiden Anlassverfahren hinsichtlich des Drehmomentverhaltens des Motors. |
| zeichnen | I - II | Einen technischen Sachverhalt unter Beachtung der relevanten Größenordnung unter Einhaltung von Normen darstellen. | Zeichnen Sie in das vorgegebene Diagramm die Ladekurve des Kondensators von 0 bis 10 s ein. |
| realisieren | II | Einen technischen Sachverhalt unter Einhaltung einer techn. Vorgabe erfüllen. | Realisieren Sie unter Verwendung der angegebenen Bauelemente und Grundsaltungen eine Schaltung, die die angegebene Stromessfunktion erfüllt. |
| eintragen | I | Werte und Größen in eine vorgegebene Darstellungsform eintragen. | Tragen Sie die Messwerte in die Tabelle ein. |

KAPITEL 4

AUFGABENARTEN

In Prüfungen sollten unterschiedliche Aufgabenarten zum Einsatz kommen, da nicht jede Aufgabenart für die Erfassung und Bewertung bestimmter Kompetenzen geeignet ist. In diesem Kapitel werden die für die Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik verwendbaren Aufgabenarten erläutert und dargestellt. Im KAPITEL 4.1 AUFGABENARTEN – BESCHREIBUNG werden die möglichen Aufgabenarten beschrieben. Das KAPITEL 4.2 AUFGABENARTEN – BEISPIELE enthält Beispiele zu den in 4.1 beschriebenen Aufgabenarten. Weitere Beispiele für unterschiedliche Aufgabenarten finden sich in den Aufgabenbeispielen in KAPITEL 6 AUFGABENBEISPIELE.

4.1 Beschreibung

4.1.1 Aufgabenarten: Verknüpfung von Basisformen und Offenheit

Die Vielfalt der möglichen Aufgabenarten ergibt sich aus der Verknüpfung der Basisformen von Aufgaben mit der Offenheit des Lösungsweges (vgl. Abb. 11).

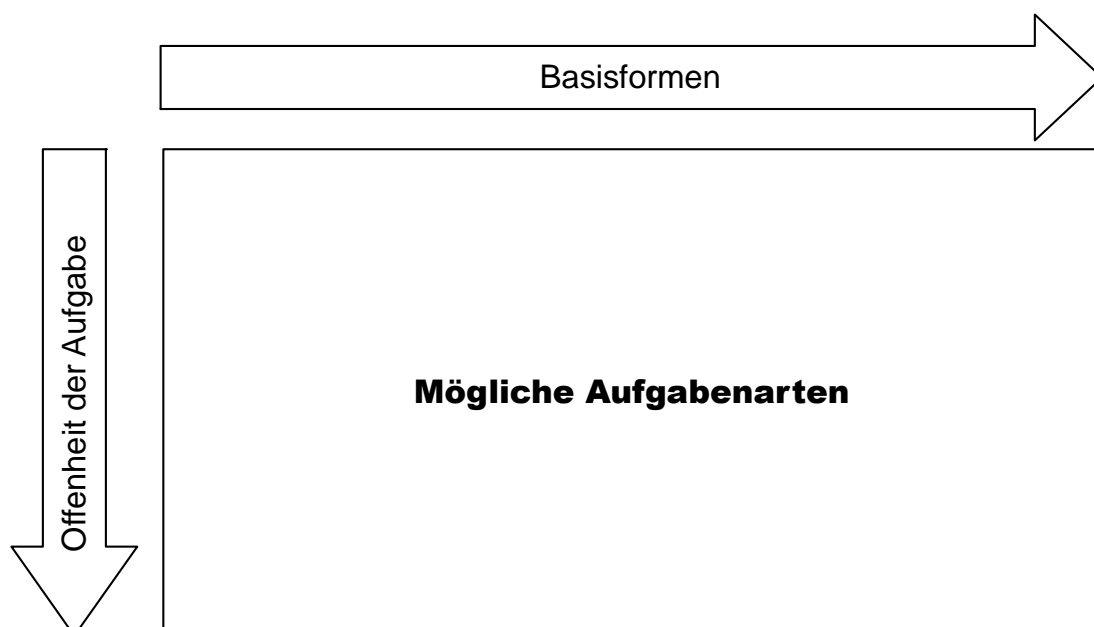


Abb. 11: Mögliche Aufgabenarten als Verknüpfung von Basisformen mit der Offenheit der Lösungswege

4.1.2 Basisformen von Prüfungsaufgaben

Die Aufgaben in der Abiturprüfung sollen „eine vielschichtige Auseinandersetzung mit komplexen Problemen zulassen“ (KMK 2006 – EPA-Technik, S. 13).

Prüfungsaufgaben im Fach Elektrotechnik beziehen sich auf elektrotechnische Problemstellungen. Gegenstand der Problemstellungen sind elektrotechnische

- Elemente
(z. B.: Dioden, Widerstände, Motoren, TTL-Gatter, etc.),
- Gruppen
(z. B.: Schaltverstärker, Regler, Gleichrichter, Steuerstromkreise, Leitungen, etc.),
- Funktionseinheiten
(z. B.: Frequenzmesser, Messschaltungen, Dimmer, Regeleinrichtungen, Anlasssteuerungen, Spannungsversorgungen, etc.) und
- Teilsysteme in technischen Systemen
(z. B.: Energieteil, Informationsteil, Bearbeitungsteil, etc.).

Bei den technischen Problemstellungen wird unterschieden zwischen:

- Problemstellungen mit Anwendungsbezug und
- Problemstellungen ohne Anwendungsbezug.

Weiter werden folgende Basisformen unterschieden:

- Materialgebundene Aufgaben
- Experimentbezogene Aufgaben

In Abb. 12 werden die Basisformen dargestellt. Experimentbezogene und materialgebundene Aufgaben sind i.d.R. immer Aufgaben mit einem Anwendungsbezug.

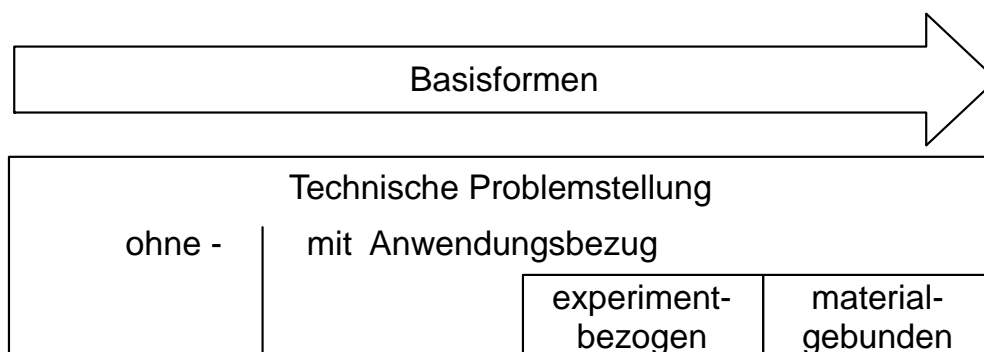


Abb. 12: Übersicht über Basisformen von elektrotechnischen Aufgaben

4.1.2.1 Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug

Bei einer Aufgabenstellung mit Anwendungsbezug erfordert die Bewältigung der Aufgabe eine funktionale Auseinandersetzung mit einem technischen oder soziotechnischen Kontext (Handlungskontext). Aus der Anwendungssituation ergibt sich eine funktionale Anforderung an ein technisches Sachsystem (vgl. Abb. 13 Technisches Sachsystem im Anwendungskontext und KAPITEL 4.2: Beispiel 3).

Ein Kontext, der nur eine übergeordnete Thematik der Fachinhalte illustriert, gilt nicht als anwendungsbezogener Kontext; Aufgaben mit derartigen Pseudokontexten werden als Aufgaben ohne Anwendungsbezug charakterisiert.

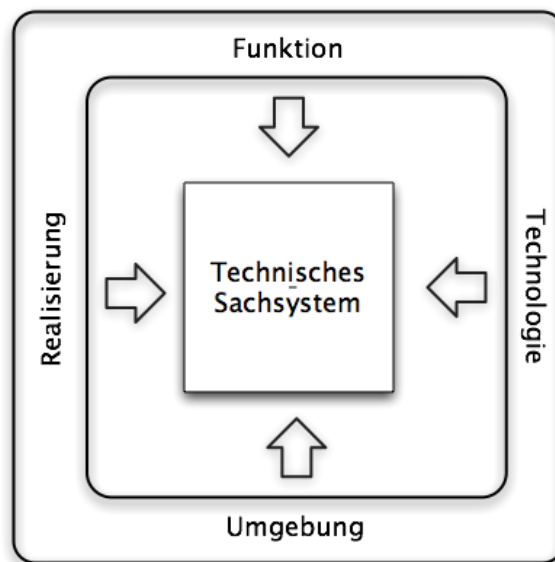


Abb. 13: Technisches Sachsystem im Anwendungskontext

Der Anwendungskontext für ein technisches Sachsystem ergibt sich aus der zu erfüllenden Funktion, der verwendeten bzw. zu verwendenden Technologie, den Bedingungen der technischen Realisierung und der Einordnung in eine technische Umgebung.

4.1.2.2 Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug

Aufgabenstellungen ohne Anwendungsbezug beziehen sich allein auf einen elektrotechnischen Zusammenhang. Ein übergeordneter Zweck der technischen Lösung wird dabei nicht berücksichtigt (siehe auch KAPITEL 4.2: Beispiel 1 und Beispiel 2).

4.1.2.3 *Materialgebundene Aufgaben*

Eine materialgebundene Aufgabe enthält technische Unterlagen, die bisher im Unterricht nicht verwendet wurden. Aufgaben ohne Materialbezug beziehen sich ausschließlich auf Inhalte, die durch den Lehrplan vorgegeben sind.

Bei materialgebundenen Aufgaben müssen sich die Prüflinge mit neuen technischen Informationen auseinandersetzen.

Bei der Bearbeitung einer materialgebundenen Aufgabe sollen die Prüflinge mit dem zur Verfügung gestellten Material arbeiten. Die zur Verfügung gestellten Materialien sollen analysiert, ausgewertet, kommentiert, interpretiert oder bewertet werden.

Für die Materialien gilt:

- Die Materialien sind technische Unterlagen (Techn. Abbildungen, Tabellen, Messreihen, Datenblätter, Applikations-unterlagen, wissenschaftliche Texte).
- Didaktische Materialien (Lehrbuchtexte, etc.) sind ausgeschlossen.
- Materialien gehören zum Informationsteil einer Aufgabe und befinden sich i.d.R. im Anhang einer Aufgabe.
- Die Materialien gehören nicht zu den Lehrmaterialien des vorangegangenen Unterrichts.

In KAPITEL 4.2 ist Beispiel 5 eine materialgebundene Aufgabe.

4.1.2.4 *Experimentbezogene Aufgaben*

„Experimentbezogene Aufgaben“ oder Aufgaben mit Experimenten beziehen sich im Fach Elektrotechnik auf Problemstellungen der Prüf- und Messtechnik. Prüfen und Messen sind grundlegende Methoden, die in allen Bereichen der Elektrotechnik zur Anwendung kommen.

Der Gegenstand experimentbezogener Aufgaben bezieht sich auf die Messung und Prüfung elektrischer und nichtelektrischer Größen.

- Experimentgebundene Aufgaben bestehen
- aus der Planung und dem Entwurf von Prüf- und Messschaltungen,
- aus der Erstellung von Versuchsunterlagen,

- aus der Auswertung von durchgeführten oder dokumentierten Experimenten und Messungen und
- aus der messtechnischen Fehlersuche in elektrischen Schaltungen.

4.1.3 Offenheit der Prüfungsaufgaben

Im Sinne der Kompetenzorientierung der Abiturprüfungen fordert die EPA-Technik ausdrücklich offene Aufgabenstellungen (vgl. KMK (2006), S.14).

Durch die Gestaltung der Offenheit der Aufgaben besteht die Möglichkeit, die Bandbreite der Aufgabenarten zu erweitern.

Aufgaben sind inhaltsbezogene Denk- und Handlungsaufforderungen. Sie lassen sich durch drei Komponenten strukturieren (vgl. W. Reisse (2008), R. Sell / R. Schimweg (2002)):

- Die Ausgangssituation = „IST“
- Das Ziel = „SOLL“
- Der Weg = „TRANSFORMATION“ von der Ausgangssituation (IST) zum Ziel (SOLL).

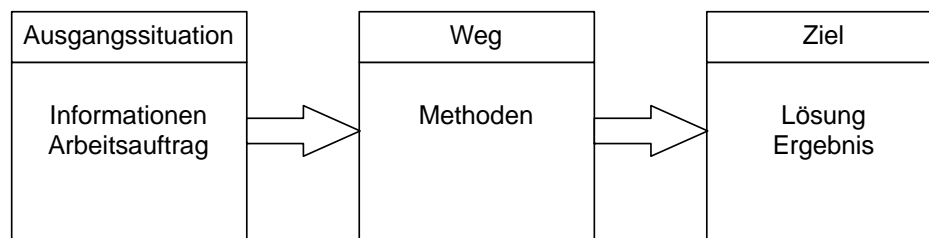


Abb. 14: Bereiche einer Prüfungsaufgabe

Aufgaben lassen sich unter der Perspektive der Offenheit dahingehend einordnen, ob die Ausgangssituation (IST=Anfangssituation) und das Ziel sowie der dazwischen liegende Weg (TRANSFORMATION) jeweils eindeutig oder offen sind.

Bei Prüfungsaufgaben sind die Ausgangssituation und damit der Arbeitsauftrag eindeutig. Offene Prüfungsaufgaben zeichnen sich dadurch aus, dass der Weg (lösungswegoffene Aufgabe) und das Ziel (ergebnisoffene Aufgabe) offen gehalten werden. Es können mehrere Lösungswege (Methoden) angewendet werden oder es sind mehrere Ergebnisse möglich und richtig.

Aufgaben, bei denen die Darstellung der Lösung oder der Lösungsschritte nicht vorgegeben werden, werden in dem hier verstandenen Sinne nicht als „offen“ bezeichnet; es sind so genannte „halboffene Aufgaben“. Bei „halboffenen“ Aufgaben hat der Aufgabenersteller eine präzise Vorstellung vom Lösungsweg bzw. vom Ergebnis; der Bearbeiter hat bei diesen Aufgaben lediglich einen gewissen Spielraum bei der Formulierung von Ergebnis und Lösungsweg. Insofern werden in den Abiturprüfungen in der Regel „halboffene“ Aufgaben gestellt. Wird in einer Aufgabenstellung die Form der Lösungsdarstellung vorgegeben (zum Beispiel: Vervollständigung eines Impulsdigramms für eine Digitalschaltung), spricht man von einer „geschlossenen“ Aufgabe.

Im Rahmen von WAKE wird die Offenheit in vier Stufen eingeteilt:

Stufe 1: Aufgaben ohne Lösungsweg

Aufgaben, bei denen der Lösungsweg mit dem Ergebnis übereinstimmt, machen keinen Lösungsweg erforderlich.

Stufe 2: Aufgaben mit Lösungsweg

Bei Aufgaben, die einen Lösungsweg erforderlich machen, besteht der Weg mindestens aus zwei Arbeitsschritten. Bei diesen Aufgaben wird die Lösungsstrategie durch die Aufgabenstellung implizit oder explizit vorgegeben (vgl. KAPITEL 4.2, Beispiel 6). Aufgaben mit Lösungsweg sind die dominierende Aufgabenart bei Abiturprüfungen.

Stufe 3: Aufgaben mit offenem Lösungsweg

Bei lösungswegoffenen Aufgaben kann die Aufgabe durch verschiedene Wege und Strategien bearbeitet werden. Bei diesen Aufgaben soll i. d. R. ein Sachverhalt überprüft oder nachgewiesen werden. Das Ziel ist gegeben und der Weg muss gesucht oder begründet werden. Beispiel: „Weisen Sie nach, dass mit NAND-Verknüpfungen jedes beliebige Schaltnetz realisiert werden kann.“ (Vgl. KAPITEL 4.2, Beispiel 7).

Stufe 4: Aufgaben mit offenem Ergebnis

Bei ergebnisoffenen Aufgaben sind mehrere Ergebnisse möglich und richtig. Im Fach Elektrotechnik sind es i.d.R. Entwicklungs- oder Konstruktionsaufgaben (vgl. KAPITEL 4.2, Beispiel 8).

4.1.4 Aufgabenarten im Überblick

Abschließend werden die möglichen Aufgabenarten als eine Verknüpfung von Basisformen und Offenheit dargestellt.

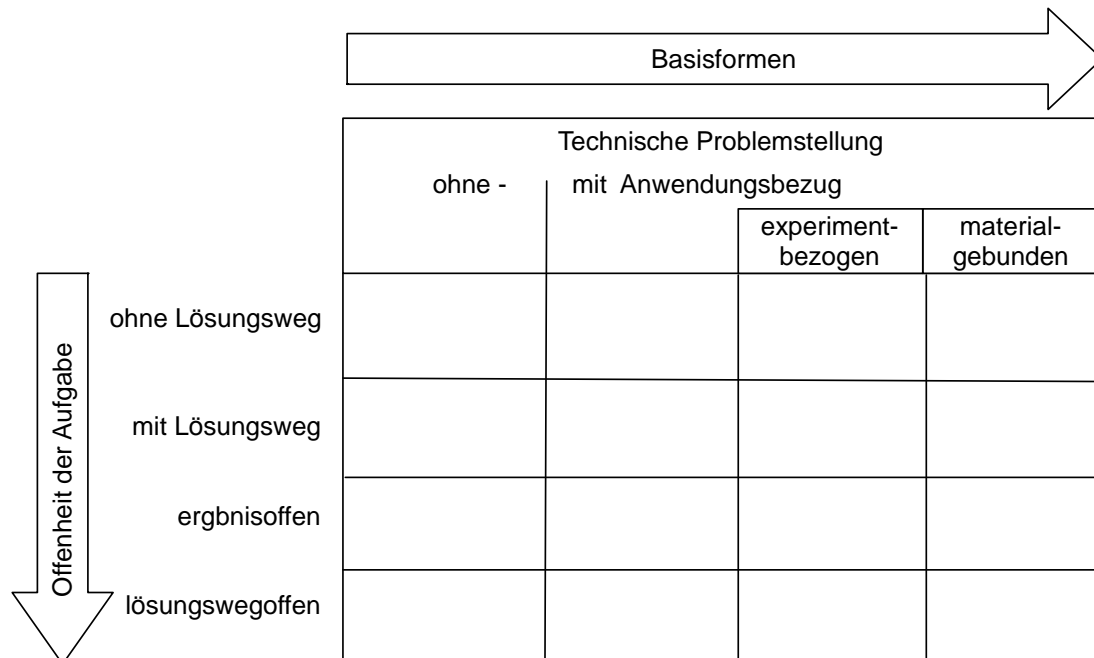


Abb. 15: : Aufgabenarten im Überblick (vgl. KAPITEL 6, Aufgabenbeispiel 1, S. 27)

Zur Einschätzung der Aufgaben kann die Aufgabenschwierigkeit herangezogen werden. Die Schwierigkeit einer Aufgabe ergibt sich aus dem „Produkt“ von Komplexität der Ausgangssituation, Offenheit der Aufgabe und Bearbeitungszeit.

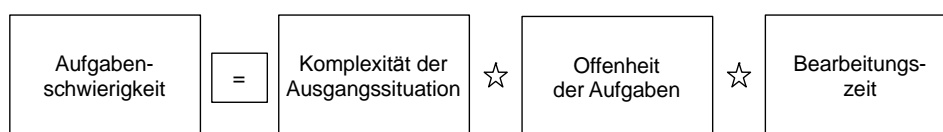


Abb. 16: Aufgabenschwierigkeit

Die Komplexität der Ausgangssituation ergibt sich aus der Unüberschaubarkeit der bereitgestellten Informationen, insbesondere dann, wenn eine anwendungsorientierte Ausgangssituation vorliegt. Es müssen dann für die Bearbeitung der Aufgabe geeignete Informationen erschlossen werden. Die Offenheit einer Aufgabe bestimmt entscheidend die Problemorientierung und damit die Schwierigkeit einer Aufgabe.

Eine hohe Aufgabenschwierigkeit kann auch durch eine hohe Anzahl von zeitintensiven Lösungsschritten erreicht werden. Eine geringe Schwierigkeit weisen Aufgaben auf, deren Bearbeitung keinen Lösungsweg erfordern.

4.2 Beispiele

Übersicht

Beispiel 1: Technische Problemstellung ohne Lösungsweg

Aufgabe: Operationsverstärker – Ausgangsspannung

Beispiel 2: Technische Problemstellung mit Lösungsweg

Aufgabe: Verlustleistung einer Leuchtdiode

Beispiel 3: Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug

Aufgabe: Spannungsversorgung im "Tauchcomputer"

Beispiel 4: Technische Problemstellung mit Lösungsweg und Anwendungsbezug

Aufgabe: Messbrücke im Tauchcomputer

Beispiel 5: Materialgebundene Aufgabe

Aufgabe: Schaltnetz mit Multiplexer

Beispiel 6: Experimentbezogene Aufgabe

Aufgabe: Messungen an einer Gleichrichterschaltung

Beispiel 7: Technische Problemlösung – lösungswegoffen

Aufgabe: Spannungsstabilisierung

Beispiel 8: Technische Problemstellung - ergebnisoffen

Aufgabe: Beschreibung einer Spannungsstabilisierung

Beispiel 1: Technische Problemstellung ohne Lösungsweg**A: Aufgabenteil****Aufgabe: Operationsverstärker - Ausgangsspannung**

Die Abb. 1 zeigt eine Operationsverstärkerschaltung. Diese Schaltung wird bei einem Messverstärker eingesetzt.

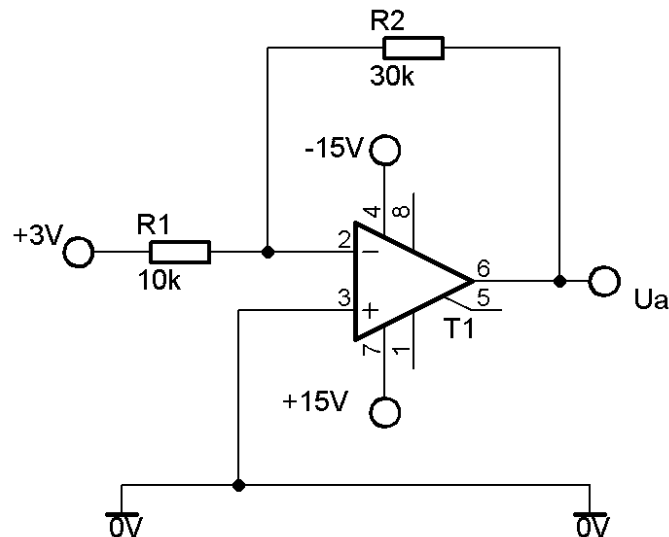


Abb. 1: Operationsverstärkerschaltung

Ermitteln Sie den Wert der Ausgangsspannung U_a .

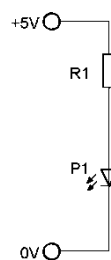
B: Lösungsteil

$$\text{Ausgangsspannung: } U_a = -U_e \cdot \frac{R_2}{R_1} = -3V \cdot \frac{30k\Omega}{10k\Omega} = -9V$$

Beispiel 2: Technische Problemstellung mit Lösungsweg**A: Aufgabenteil****Aufgabe: Verlustleistung einer Leuchtdiode**

Die Leuchtdiode P1 soll in der Schaltung (Abb. 1) mit der Lichtstärke (engl.: luminous intensity) $I_V = 16 \text{ mcd}$ (milli candela) leuchten.

Die Kenndaten der verwendeten Leuchtdiode L-53LGD sind dem Datenblattauszug (Abb. 2) zu entnehmen. Die einzelnen Datenblattauszugsteile a), b) und c) sind miteinander verknüpft. Das Diagramm c) bezieht sich auf den in Tabelle a) angegebenen Referenzwert von I_V .

**Abb. 1: LED-Schaltung**

a)

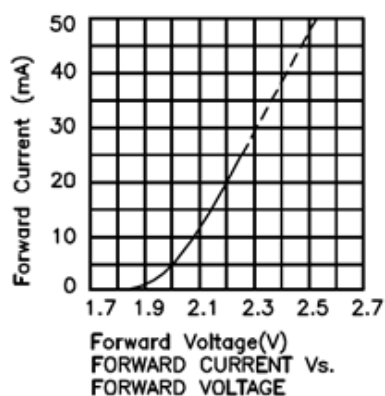
| Part No. | Dice | Lens Type | Iv (mcd) [2] @ 2mA | | Viewing Angle [1] |
|----------|-------------|----------------|-----------------------|------|-------------------|
| | | | Min. | Typ. | 2θ1/2 |
| L-53LGD | GREEN (GaP) | GREEN DIFFUSED | 0.7 | 2 | 60° |

Notes:

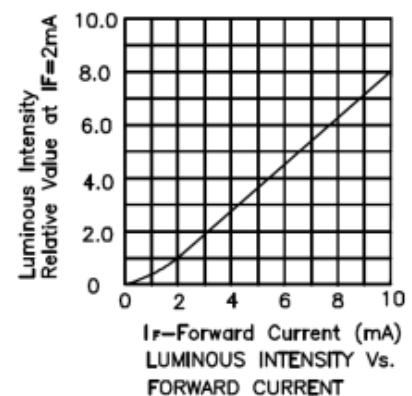
1. θ1/2 is the angle from optical centerline where the luminous intensity is 1/2 the optical centerline value.

2. Luminous Intensity/ Luminous Flux: +/-15%.

b)



c)

**Abb. 2: Datenblattauszug der Leuchtdiode L-53LGD (Kingbright)**

Ermitteln Sie die Verlustleistung der Leuchtdiode.

B: Lösungsteil

1. Lösungsschritt:

Die typische Referenzlichtstärke beträgt 2mcd bei 2mA (Abb. 2a).

2. Lösungsschritt:

16mcd sind das 8-fache des typischen Wertes.

3. Lösungsschritt:

Bei 16mcd beträgt der Strom $I_F = 10\text{mA}$ (Abb. 2c).

4. Lösungsschritt:

Bei $I_F = 10\text{mA}$ beträgt U_F ca. 2,09V (Abb. 2b).

5. Lösungsschritt:

Die Verlustleistung beträgt $P_V = U_F \cdot I_F = 2,09\text{V} \cdot 10\text{mA} = 20,9\text{mW}$.

Beispiel 3: Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Spannungsversorgung im „Tauchcomputer“

Der Schaltplan in Abb. 1 zeigt einen Tauchcomputer. Es soll die Versorgungsspannung an Pin 2 des Displays und an Pin 10 des Mikrocontrollers überprüft werden.

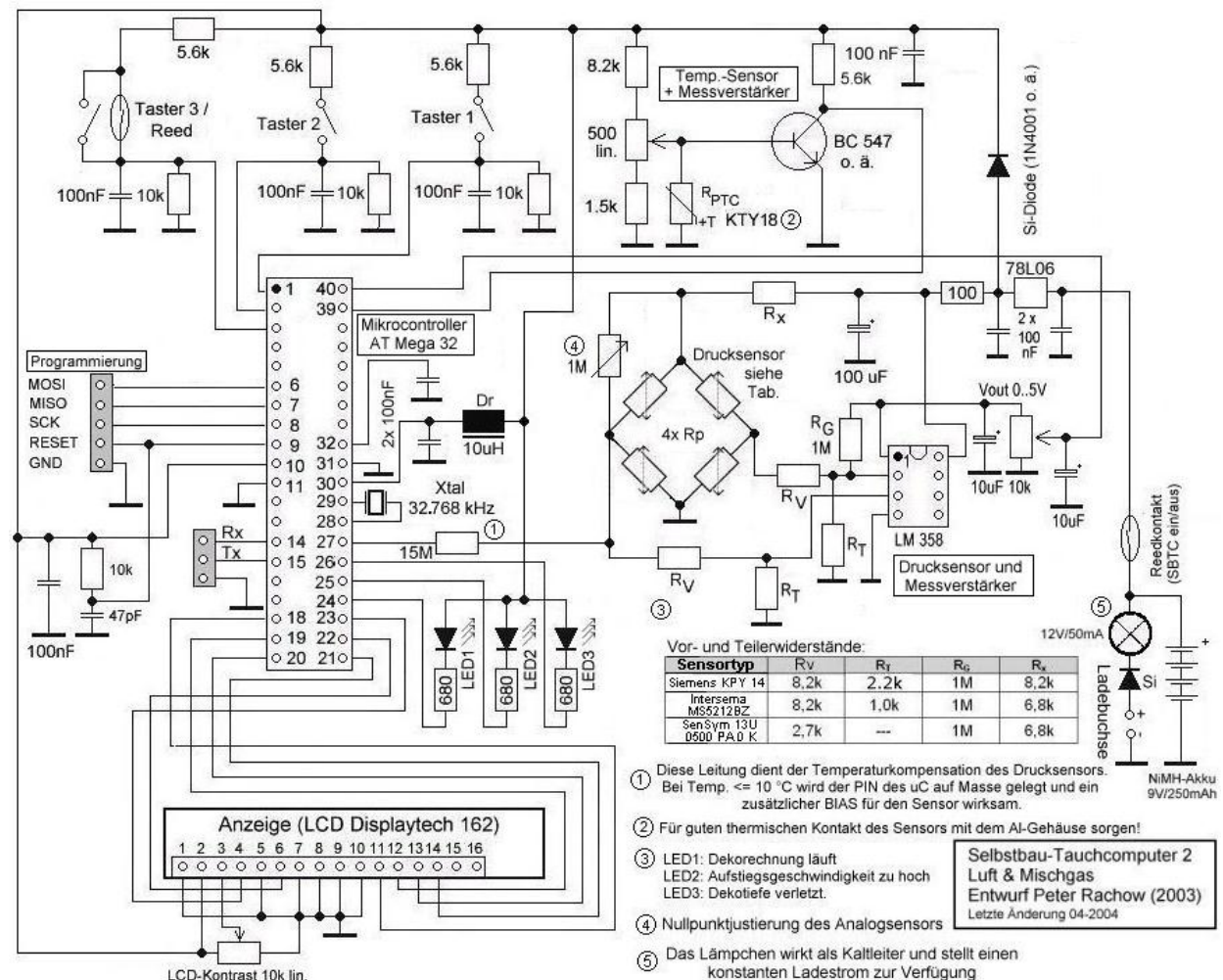


Abb. 1: Schaltplan eines Tauchcomputers

Ermitteln Sie den Spannungswert am Pin 2 des Displays und an Pin 10 des Mikrocontrollers.

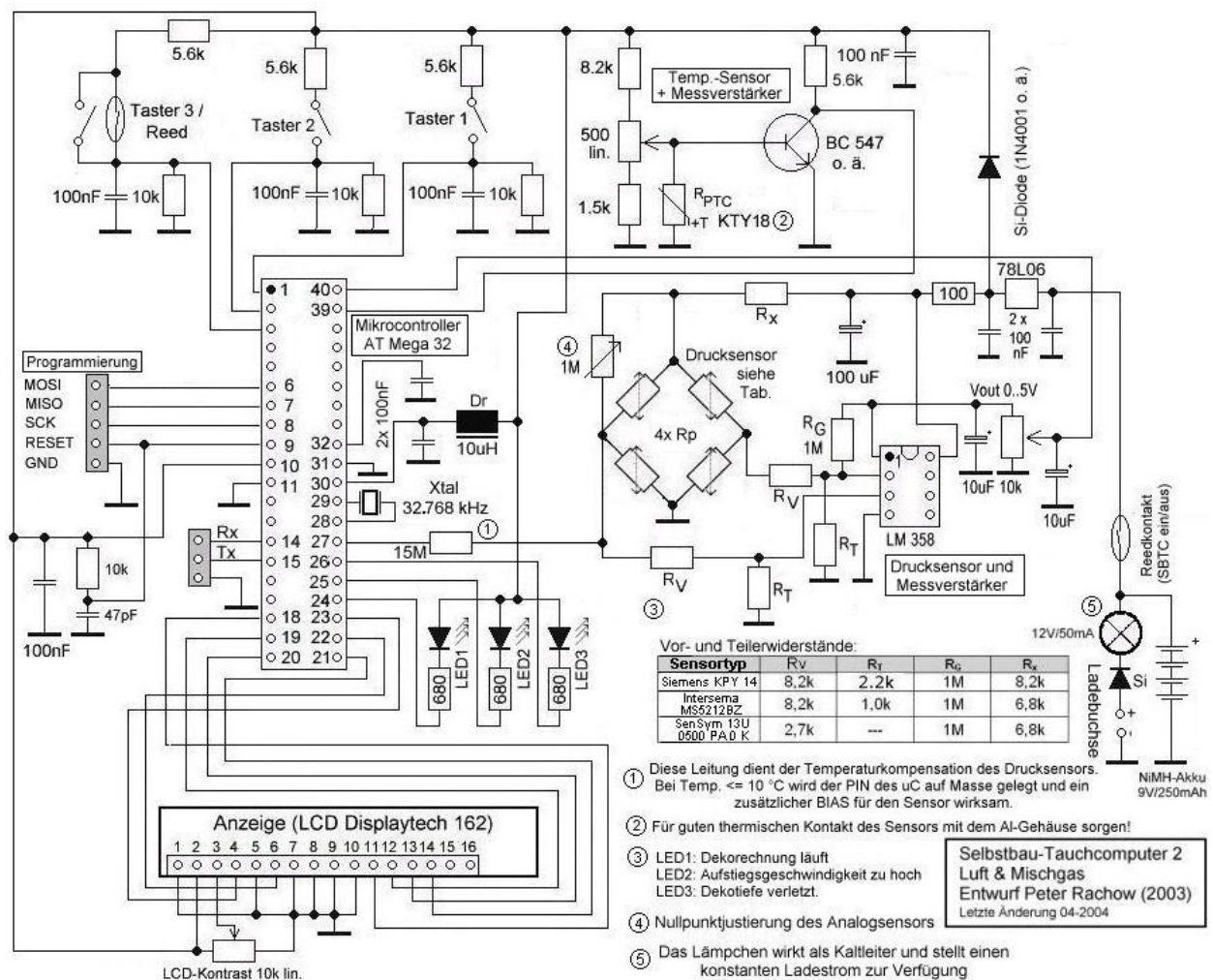
B: Lösungsteil

$$U_{\text{LCD, PIN 2}} = U_{78L06} - U_{\text{Diode}} = 6V - 0,7V = 5,3V;$$

$$U_{\text{MC, PIN 10}} = U_{\text{LCD, PIN 2}} = 5,3V$$

Beispiel 4: Technische Problemstellung mit Lösungsweg und Anwendungsbezug**A: Aufgabenteil****Aufgabe: Messbrücke im Tauchcomputer**

Der Schaltplan in Abb. 1 zeigt einen Tauchcomputer, der während des Tauchgangs die aktuelle Tauchtiefe anzeigt. Dazu wertet der Mikrocontroller die Informationen eines analogen Drucksensors (Innenschaltung siehe Abb. 3) aus und ermittelt daraus die Tauchtiefe.

**Abb. 1: Schaltplan eines Tauchcomputers**

PIN CONFIGURATION

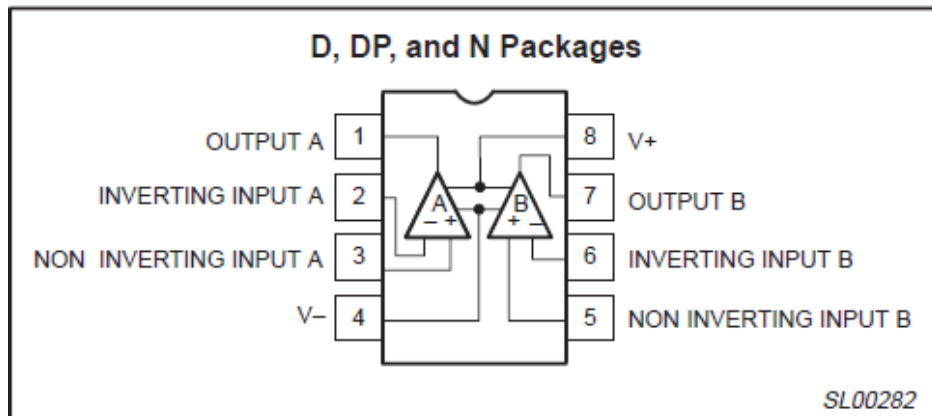


Abb. 2: Pinbelegung des LM358

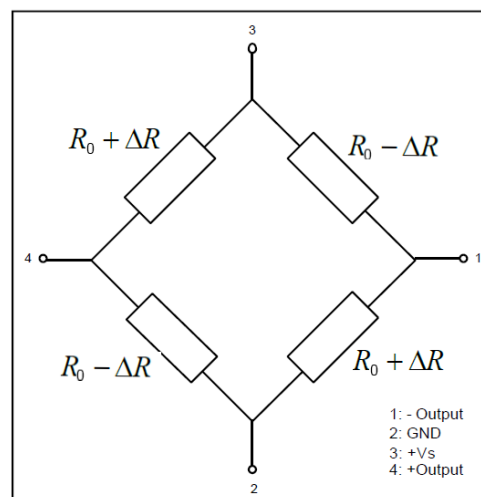


Abb. 3: Innenschaltung des Drucksensors

Bei Umgebungsdruck soll auf dem Display eine Tauchtiefe von 0m angezeigt werden. Dazu muss der Drucksensor mit Hilfe der Nullpunktjustierung so eingestellt werden, dass an Pin 40 des Mikrocontrollers eine Spannung von $U=0V$ anliegt. Die Pinbelegung des LM358 kann der Abb. 2 entnommen werden.

Beschreiben Sie den Abgleichvorgang mit den daran beteiligten Bauelementen.

B: Lösungsteil

1. Lösungsschritt:

Der Operationsverstärker arbeitet als Differenzverstärker.

2. Lösungsschritt:

Ist die Messbrücke abgeglichen, liegt an Pin 2 und 3 des Operationsverstärkers die gleiche Spannung und das Ausgangssignal an Pin 1 sollte $U_a = 0V$ betragen.

3. Lösungsschritt:

Ein Abgleich der Messbrücke erfolgt durch Änderung des Widerstandswertes des Potenziometers. Damit ändert sich das Widerstandsverhältnis von $(R_{P1} \parallel R_{Trim})$ und R_{P2} und somit auch deren Spannungsverhältnis. Man verstellt also das Potenziometer von exakt „0V“ gemessen wird. Die Spannungsmessung am Ausgang des OPV sollte dann ebenfalls $U_a = 0V$ ergeben und das Display eine Tauchtiefe von 0m anzeigen.

Beispiel 5: Materialgebundene Aufgabe

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Schaltnetz mit Multiplexer

Abb. 1 zeigt die Schaltung eines Schaltnetzes mit dem „Dual-four-input multiplexer“ 74LS153. Der Anhang der Aufgabe enthält einen Auszug aus dem Datenblatt des Bausteins.

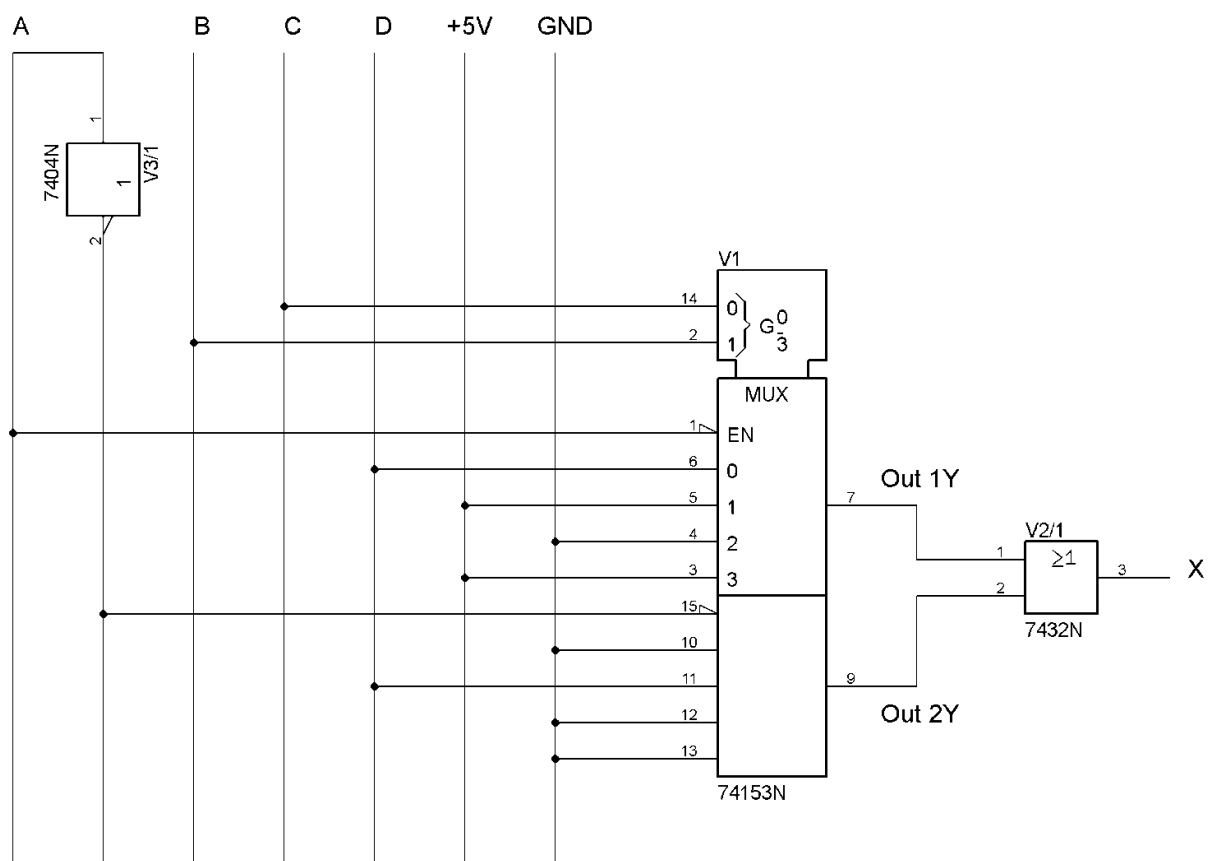


Abb. 1: Schaltnetz mit dem Multiplexer-Baustein 74LS153

Beschreiben Sie die Funktion der Schaltung in Abb. 1 mit der Funktionstabelle in Tab. 1.

| A | B | C | D | Out 1Y | Out 2Y | X |
|---|---|---|---|--------|--------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | |

Tab. 1: Funktionstabelle für das Schaltnetz in Abb. 1

Auszug aus dem Datenblatt



August 1986
Revised March 2000

DM74LS153

Dual 1-of-4 Line Data Selectors/Multiplexers

General Description

Each of these data selectors/multiplexers contains inverters and drivers to supply fully complementary, on-chip, binary decoding data selection to the AND-OR-invert gates. Separate strobe inputs are provided for each of the two four-line sections.

Features

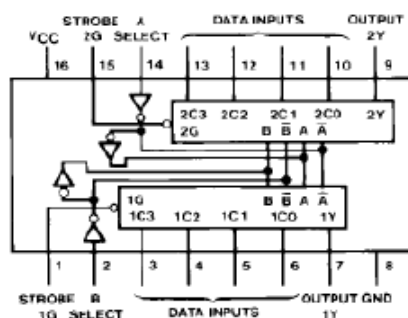
- Permits multiplexing from N lines to 1 line
- Performs at parallel-to-serial conversion
- Strobe (enable) line provided for cascading (N lines to n lines)
- High fan-out, low impedance, totem pole outputs
- Typical average propagation delay times
 - From data 14 ns
 - From strobe 19 ns
 - From select 22 ns
- Typical power dissipation 31 mW

Ordering Code:

| Order Number | Package Number | Package Description |
|--------------|----------------|---|
| DM74LS153M | M16A | 16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow |
| DM74LS153N | N16E | 16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide |

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

| Select Inputs | | Data Inputs | | | | Strobe | Output |
|---------------|---|-------------|----|----|----|--------|--------|
| B | A | C0 | C1 | C2 | C3 | G | Y |
| X | X | X | X | X | X | H | L |
| L | L | L | X | X | X | L | L |
| L | L | H | X | X | X | L | H |
| L | H | X | L | X | X | L | L |
| L | H | X | H | X | X | L | H |
| H | L | X | X | L | X | L | L |
| H | L | X | X | H | X | L | H |
| H | H | X | X | X | L | L | L |
| H | H | X | X | X | H | L | H |

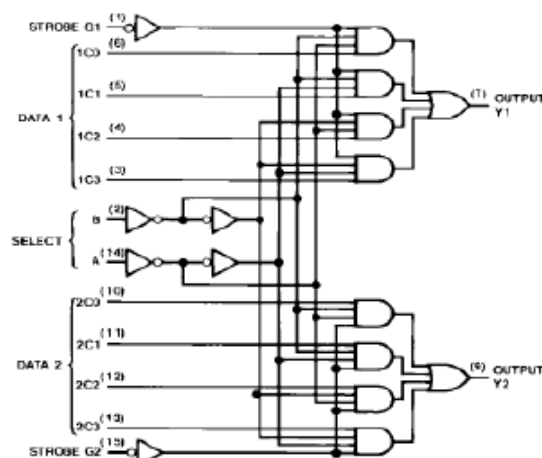
Select inputs A and B are common to both sections.

H = HIGH Level

L = LOW Level

X = Don't Care

Logic Diagram



DM74LS153 Dual 1-of-4 Line Data Selectors/Multiplexers

B: Lösungsteil

Siehe folgende Tabelle (Tab. 2)

| A | B | C | D | Out 1Y | Out 2Y | X |
|---|---|---|---|--------|--------|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 2: Funktionstabelle für das Schaltnetz in Abb. 1

Beispiel 6: Experimentbezogene Aufgabe

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Messungen an einer Gleichrichterschaltung

Teilaufgabe 1: Versuchsplanung

Teilaufgabe 2: Messschritte

Am Ausgang der vorliegenden Gleichrichterschaltung (Abb. 1) soll bei einem Laststrom von 100mA (+/- 5%) und einer Eingangswechselspannung von $U_e = 12V$ die Brummspannung an der Last maximal $U_w = 1,2V$ betragen.

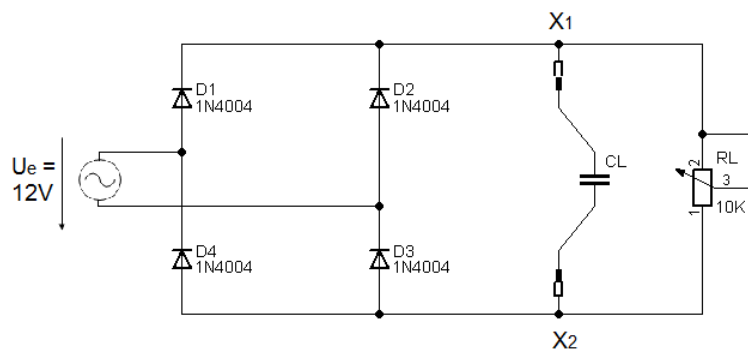


Abb. 1: Gleichrichterschaltung

Teilaufgabe 1: Versuchsplanung

Zur Einstellung der Brummspannung soll ein Ladekondensator CL mit möglichst geringer Kapazität aus Ihrem Standardlabor messtechnisch bestimmt und ausgewählt werden.

Entwickeln Sie einen Versuch zur experimentellen Ermittlung des geeigneten Ladekondensators CL.

Teilaufgabe 2: Messschritte

Zur Erstellung eines vollständigen Versuchsprotokolls sollen Sie die Vorgehensweise bei der Messung dokumentieren.

Beschreiben Sie die Arbeitsschritte zur Durchführung der Messung.

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Versuchsplanung**

Siehe folgende Abb. 2

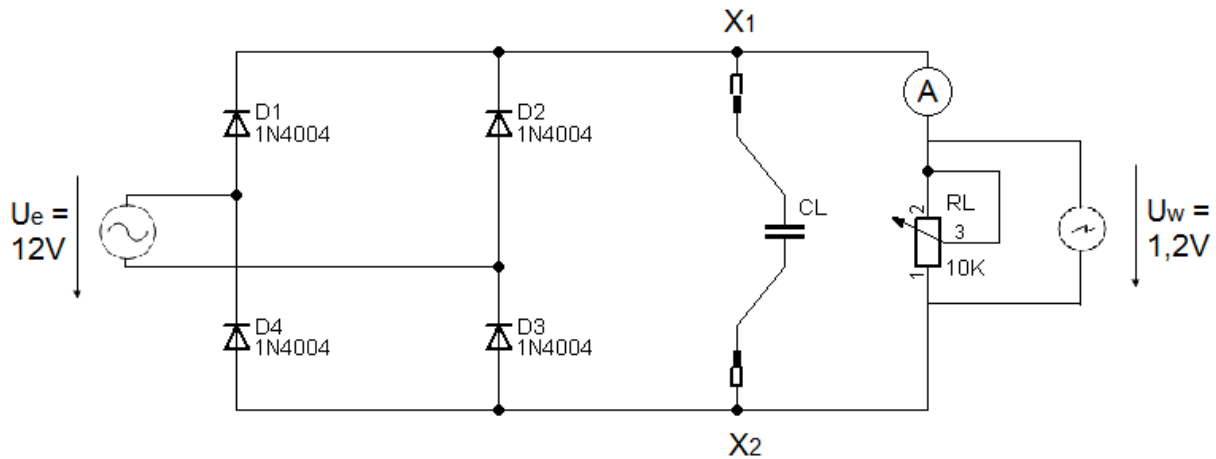


Abb. 2: Messaufbau

Teilaufgabe 2: Messschritte

- Aufbau der Schaltung mit größtem Ladekondensator C_x zwischen den Anschlussklemmen X1 und X2, sowie den Messgeräten an den markierten Messpunkten.
- Einstellung des Lastwiderstandes auf den maximalen Widerstandswert $R = 10K$.
- Einstellen des Oszilloskops (AC-Ankopplung zur Messung des Wechselspannungsanteils des Ausgangssignals).
- Einstellung und Anschluss der Versorgungsspannung $U_e = 12V / 50Hz$ (messtechnisch überprüfen).
- Messen der Ausgangsgleichspannung mit dem Oszilloskop und Messen des Stroms durch die Last mit dem Multimeter.
- Verändern des Lastwiderstandes, bis ein Laststrom von 100mA fließt.
- Messen der Brummspannung mit dem Oszilloskop.
- Messungen wiederholen bei gleichem Lastwiderstand und verändertem Kondensator.

Beispiel 7: Aufgabe mit offenem Lösungsweg (lösungswegoffen)

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Spannungsstabilisierung

Abb. 1 zeigt das Schaltbild einer Spannungsstabilisierung. Am Eingang liegt eine unregelte Gleichspannung U_e . Am Ausgang kann eine Ausgangsspannung U_a abgegriffen werden, die weitgehend unabhängig von Veränderungen des Lastwiderstandes R_L ist. Die Ausgangsspannung U_a kann durch das Potentiometer R_3 eingestellt werden.

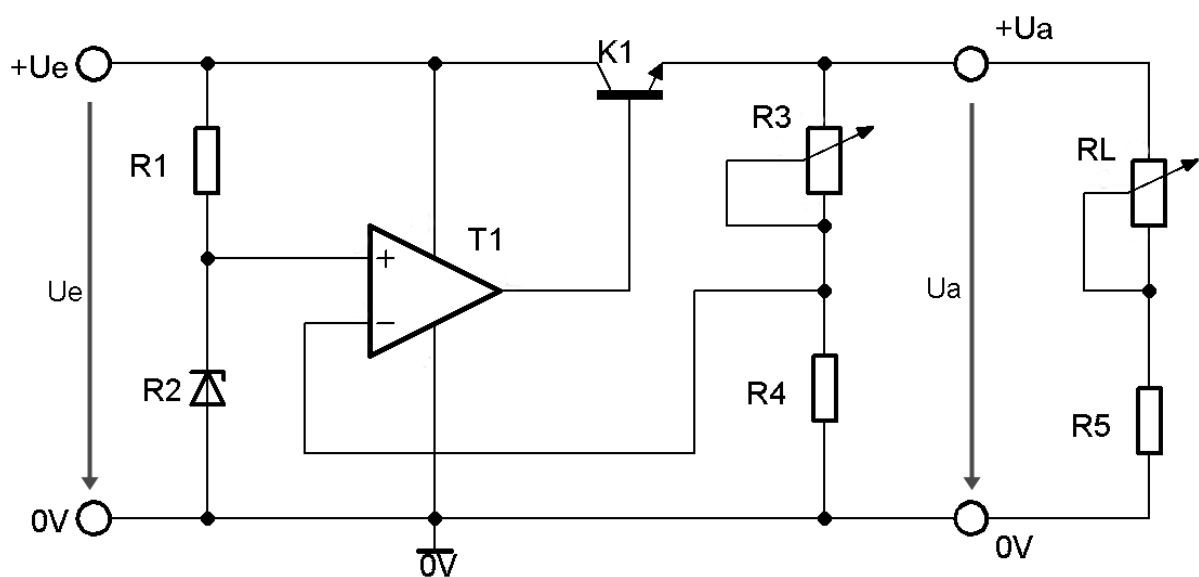


Abb. 1: Schaltung zur Spannungsstabilisierung

Weisen Sie nach, dass die Ausgangsspannung U_a in der Spannungsstabilisierungsschaltung (Abb. 1) gegenüber Veränderungen am Lastwiderstand R_L konstant ist.

B: Lösungsteil

Drei mögliche Musterlösungen

a) Mathematische Beschreibung

I. $U_{R2} = U_{R4}$, da $U_{d,op} \approx 0V$

II. $I_{R3} = I_{R4}$, da $I_{e,op} \approx 0A$

III. $I_{R3} = \frac{U_{R3}}{R_3} = \frac{U_a - U_{R4}}{R_3}$ mit Gleichung I. folgt
 $I_{R3} = \frac{U_a - U_{R2}}{R_3}$

IV. $I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4}$ mit Gleichung I. folgt
 $I_{R4} = \frac{U_{R2}}{R_4}$

Gleichung III. und IV. in Gleichung II. eingesetzt ergibt:

$$\frac{U_a - U_{R2}}{R_3} = \frac{U_{R2}}{R_4} \quad \Leftrightarrow \quad U_a = U_{R2} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)$$

Das bedeutet:

$$U_a = f(U_{R2}, R_3, R_4) \neq f(U_e, R_L)$$

Die Ausgangsspannung ist nur abhängig von U_{R2} und den Widerständen R_3 und R_4 .

b) Beschreibung der Spannungsregelung mit zwei Kausaldiagrammen

Der Lastwiderstand wird kleiner:

$$R_L \downarrow \rightarrow U_a \downarrow \rightarrow I_{R4} \downarrow \rightarrow U_{\text{Basis}} = V_{\text{op}} \cdot (U_{R2} - U_{R4}) \uparrow \rightarrow \\ U_{\text{BE}} \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow U_a \uparrow$$

Der Lastwiderstand wird größer:

$$R_L \uparrow \rightarrow U_a \uparrow \rightarrow I_{R4} \uparrow \rightarrow U_{\text{Basis}} = V_{\text{op}} \cdot (U_{R2} - U_{R4}) \downarrow \rightarrow \\ U_{\text{BE}} \downarrow \rightarrow I_C \downarrow \rightarrow U_a \downarrow$$

Beide Kausaldiagramme zeigen, dass die Schaltung der Abb. 19 einer Ausgangsspannungsänderung entgegenwirkt. Somit ist nachgewiesen, dass $U_a \neq f(R_L)$.

c) Beschreibung der Spannungsstabilisierung mit dem Wirkplan einer Regelung

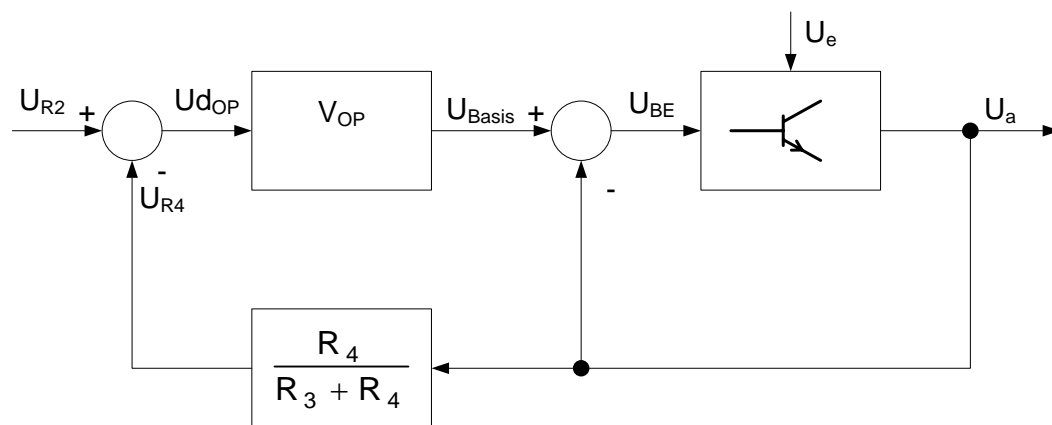


Abb. 2: Wirkplan der Spannungsstabilisierung

Der Wirkplan der Spannungsstabilisierung in Abb. 2 zeigt, dass die Ausgangsspannung geregelt wird.

Beispiel 8: Aufgabe mit offenem Ergebnis (ergebnisoffen)**A: Aufgabenteil****Aufgabe: Beschreibung einer Spannungsstabilisierung**

Aus einer nichtstabilisierten Gleichspannung, die zwischen 10 V und 14 V schwanken kann, soll mithilfe einer in dieser Aufgabe zu entwickelnden Schaltung eine stabilisierte Gleichspannung für ein Mikrocontrollerboard erzeugt werden (vgl. Abb. 1). Dabei sollen die aufgeführten Kriterien erfüllt werden:

- erforderliche Ausgangsspannung: 5 V (+/- 5%)
- maximale Strombelastung durch das Mikrocontrollerboard: 500 mA
- eingangsseitiger elektronischer Schutz der Schaltung gegen Verpolung
- ausgangsseitiger Kurzschlussschutz der Schaltung

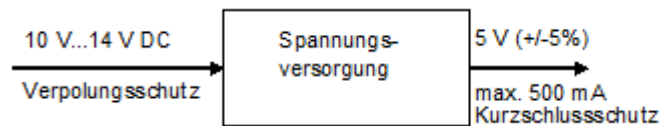
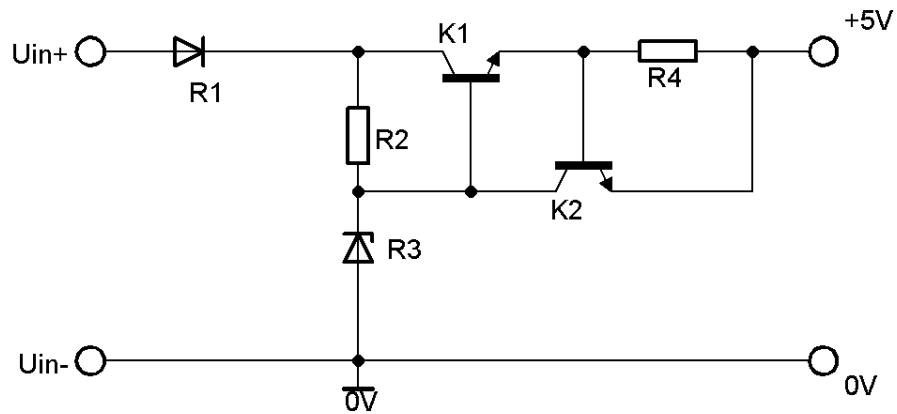


Abb. 1: Ein- und Ausgangsverhalten

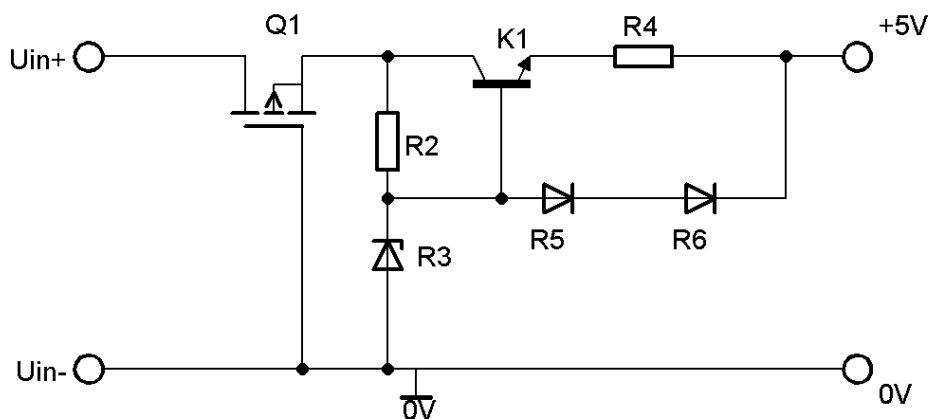
Zeichnen Sie die Schaltung.

B: Lösungsteil

Lösungsmöglichkeit 1: Stabilisierung mit Längstransistor, Verpolungsschutz mit Diode



Lösungsmöglichkeit 2: Stabilisierung mit Längstransistor, Verpolungsschutz mit MOSFET



Lösungsmöglichkeit 3: Stabilisierung mit Festspannungsregler, Verpolungsschutz mit Brückengleichrichter

KAPITEL 5

LEITFADEN AUFGABENGESTALTUNG

5.1 Der Prozess der Aufgabengestaltung

5.1.1 Umsetzung von Kompetenzen, Inhalten, Operatoren in Aufgaben

Die Aufgabengestaltung setzt Kompetenzen, Inhalte und Operatoren in Aufgaben der Abiturprüfung um (siehe Abb. 17). Die zu gestaltenden Prüfungsaufgaben beziehen sich auf die zu prüfenden Kompetenzen und die sie fundierenden Inhalte. Die Prüfungsaufgaben werden mit den vorgegebenen Operatoren formuliert.

5.1.2 Erfüllung von Anforderungen

Die Aufgabengestaltung hat die administrativen Vorgaben für die Abiturprüfung ebenso zu berücksichtigen wie die administrativen und curricularen Vorgaben.

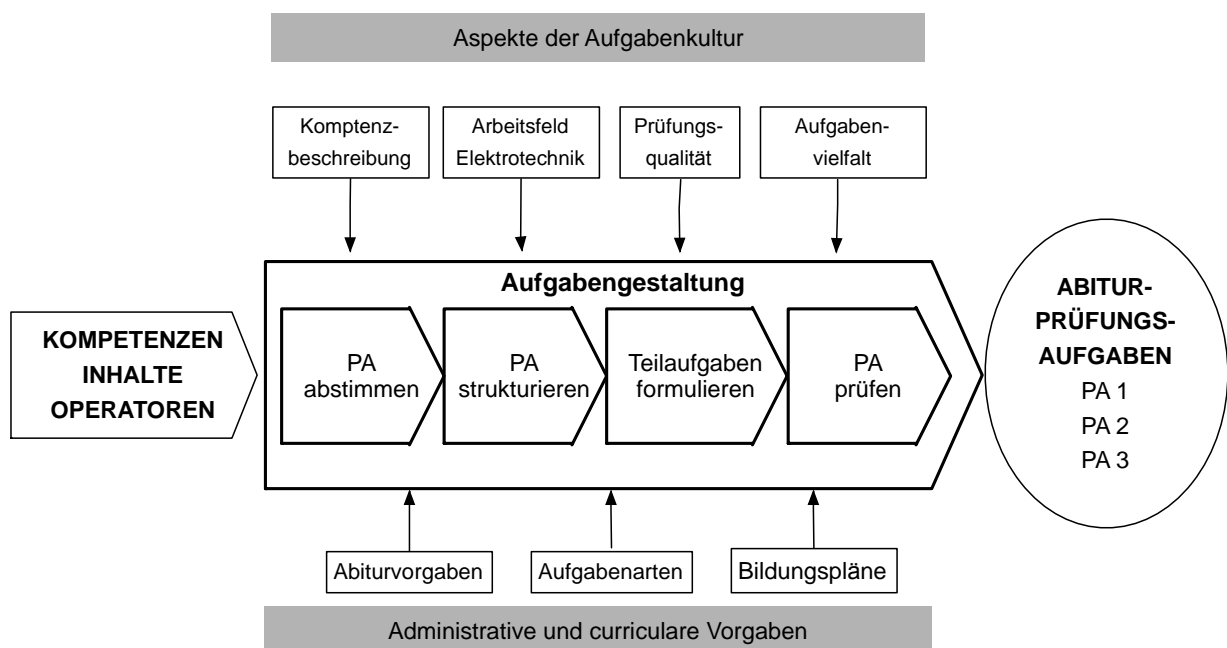


Abb. 17: Prozess der Aufgabengestaltung

Für die Aufgabengestaltung sind die Aspekte der Aufgabenkultur im Fach Elektrotechnik wichtig (vgl. KAPITEL 2: AUFGABENKULTUR). Die Aufgaben sind kompetenzorientiert zu formulieren, d.h. die Aufgabenstellungen sind auf problemhaltige Ausgangssituationen des Arbeitsfeldes Elektrotechnik zu beziehen. Die Gestaltung der Prüfungsaufgaben hat die Gütekriterien

der Prüfungsqualität zu erfüllen: Gültigkeit, Zuverlässigkeit, Objektivität, Akzeptanz, Nützlichkeit und Zumutbarkeit sowie Ökonomie. Die Abiturprüfung sollte sich durch ein hohes Maß an Aufgabenvielfalt auszeichnen.

Zwei Anforderungen stehen bei der Aufgabengestaltung besonders im Fokus:

Die Prüfungsaufgaben sind so zu gestalten, dass sie von den Schülerinnen und Schülern zu 100% verstanden werden - die zu Prüfenden müssen formell klar erkennen können, was von ihnen erwartet wird. Ebenso sollen die Prüfungsaufgaben den korrigierenden Lehrkräften klar aufzeigen, wie die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zu erfassen und zu bewerten sind.

Eine Prüfungsaufgabe ist erst dann vollständig, wenn beide Anforderungen erfüllt werden.

5.1.3 Abiturprüfung = 3 Prüfungsaufgaben

Eine Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik besteht aus drei Prüfungsaufgaben (**PA**) (siehe Abb. 18 und Abb. 19).

Jede Prüfungsaufgabe umfasst eine Anzahl von Teilaufgaben. Zu einer Prüfungsaufgabe gehören nicht nur die Teilaufgaben, die die Schülerinnen und Schüler in der Prüfung bearbeiten, sondern auch die Lösungen zu den Teilaufgaben. Die Lösungen der Teilaufgaben sind eine Vorgabe für die korrigierenden Lehrkräfte.

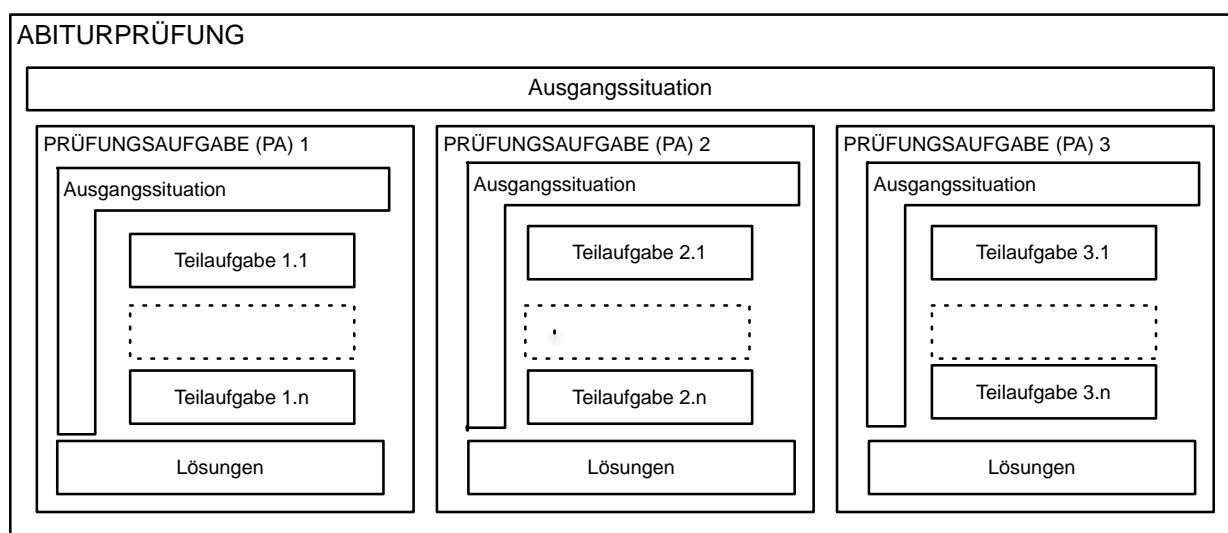


Abb. 18: Anlage der Abiturprüfung

Der Prozess der Aufgabengestaltung bezieht sich also auf die Erstellung der Teilaufgaben wie auch auf die Erstellung der Lösungen. Die drei Prüfungsaufgaben der Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik bilden für sich jeweils eine thematische Einheit. Das Thema einer Prüfungsaufgabe wird insbesondere durch den Bezug zur jeweiligen Ausgangssituation deutlich gemacht.

5.1.4 Gleichwertigkeit der Prüfungsaufgaben

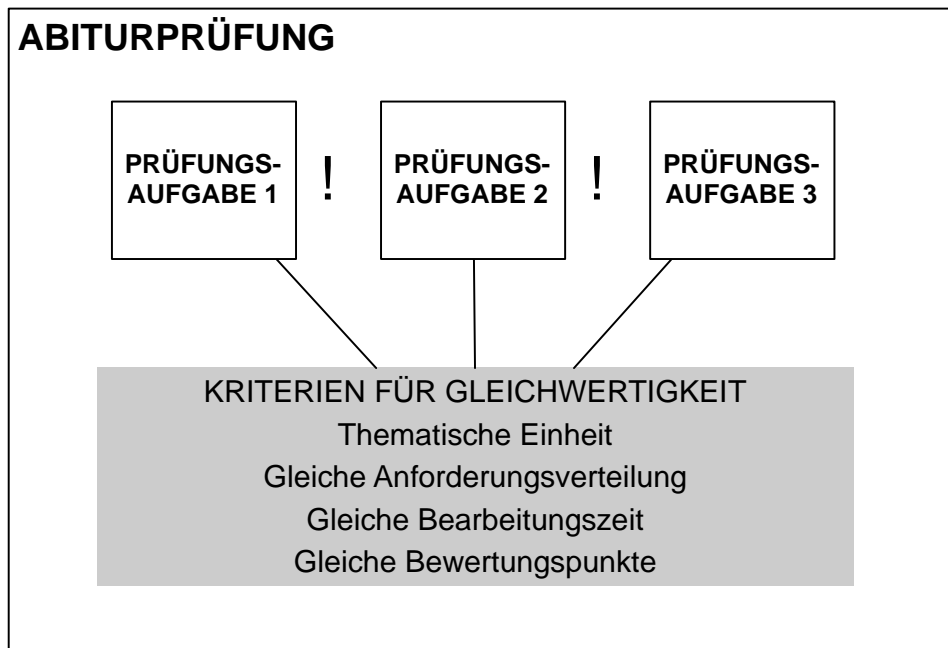


Abb. 19: Gleichwertigkeit der Aufgaben einer Abiturprüfung

Die Prüfungsaufgaben sind annähernd gleich bei der Bearbeitungszeit und den zu verteilenden Bewertungspunkten. Jede Aufgabe berücksichtigt in gleicher Weise die Verteilung der Anforderungsbereiche entsprechend den Vorgaben für die Abiturprüfung (siehe Abb. 19).

5.1.5 Teilprozesse der Aufgabengestaltung

Die Aufgabengestaltung besteht aus vier Teilprozessen (siehe Abb.17):

- **Prüfungsaufgaben abstimmen:** Der erste Prozessschritt der Aufgabengestaltung besteht darin, dass die drei Aufgaben einer Abiturprüfung inhaltlich abgestimmt werden. Mit der Abstimmung soll erreicht werden, dass die Aufgabenstichprobe der Prüfung die möglichen Prüfungsanforderungen des Faches Elektrotechnik repräsentiert.

- **Prüfungsaufgaben strukturieren:** Ein klarer Aufbau und eine logische Struktur der Prüfungsaufgaben erleichtern deren Bearbeitung. Deshalb sind Prüfungsaufgaben eindeutig zu strukturieren. Der zweite Prozessschritt bezieht sich auf den Aufbau und die Struktur der Prüfungsaufgaben.
- **Teilaufgaben formulieren:** Nach der Abstimmung und Strukturierung der Prüfungsaufgaben können die Teilaufgaben formuliert werden. Hierfür können Regeln aufgestellt werden.
- **Prüfungsaufgaben prüfen:** Der Prozess der Aufgabengestaltung schließt ab mit der Prüfung der Prüfungsaufgaben anhand von Checklisten.

5.2 Prüfungsaufgaben abstimmen

5.2.1 Repräsentation des Faches durch Prüfungsaufgaben

Ziel der Abstimmung der Aufgaben ist eine konsistente Aufgabenstichprobe, die die möglichen Prüfungsaufgaben im Fach Elektrotechnik repräsentativ abbildet.

5.2.2 Verteilung von Kompetenzen und Inhalten auf drei gleichwertige Aufgaben

Die zu prüfenden Kompetenzen und Inhalte müssen auf die drei Prüfungsaufgaben verteilt werden. Im KAPITEL 3 KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN sind die möglichen Kompetenzen und Inhalte für das Fach Elektrotechnik dargestellt. Im Rahmen der Aufgabengestaltung gilt es also, aus den möglichen Kompetenzen und Inhalten eine geeignete Auswahl zu treffen.

5.2.3 Drei Abstimmungsaspekte

Die Abstimmung der drei Prüfungsaufgaben erfolgt hinsichtlich der (1) zu überprüfenden Kompetenzen, Inhalte und Anforderungen, (2) den technologischen Ausgangssituationen und den (3) Aufgabenarten (siehe Abb. 20).

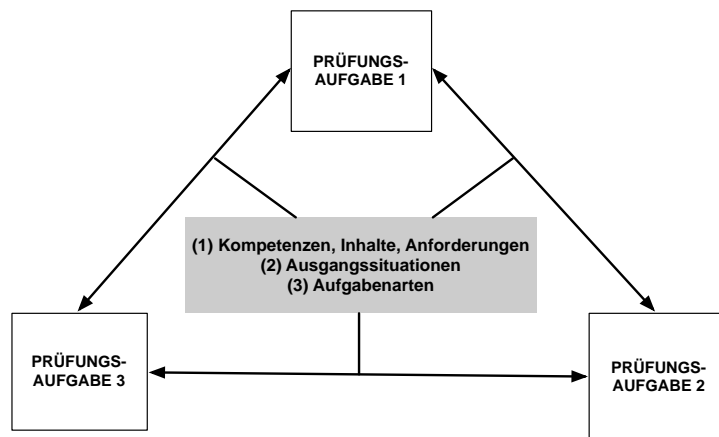


Abb. 20: Abstimmung der Prüfungsaufgaben

5.2.3.1 Abstimmung der Kompetenzen, Inhalten und Anforderungen

Grundlage für die Abstimmung der Prüfungsaufgaben ist das Modell für die Kompetenzbeschreibung im Fach Elektrotechnik (siehe Abb. 21). Im KAPITEL 3: KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN sind alle prüfungsrelevanten Inhalte der Abiturprüfung dargestellt.

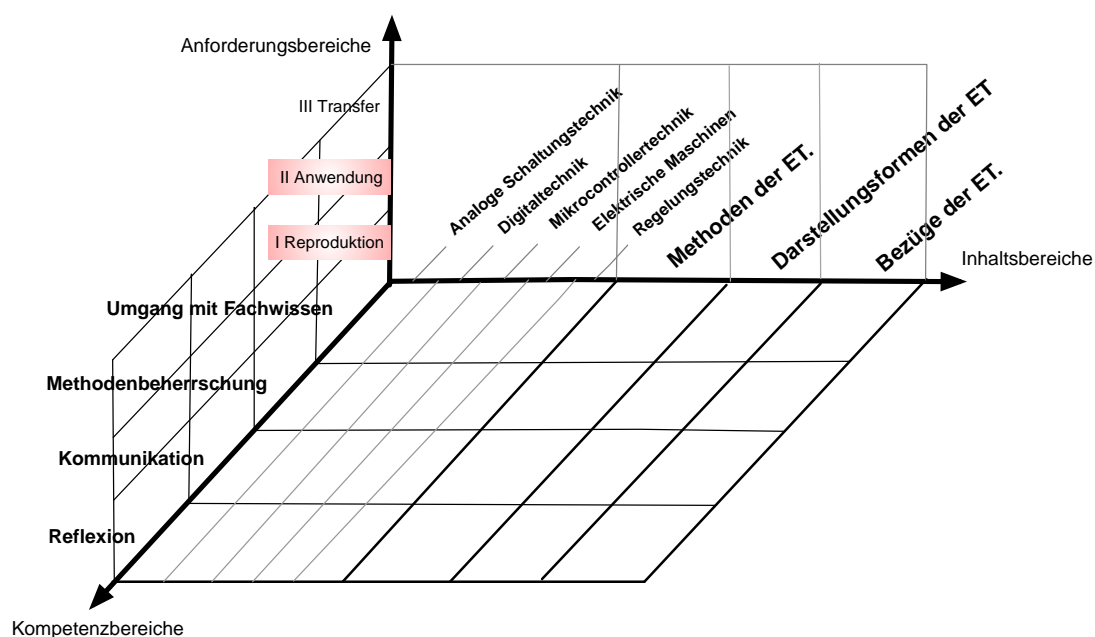


Abb. 21: Kompetenzmodell für das Fach Elektrotechnik

Jede Prüfungsaufgabe berücksichtigt Kompetenzen aus allen vier Kompetenzbereichen. Eine ausgewählte Kompetenz und der dazugehörige Inhalt werden in der Abiturprüfung nur einmal überprüft. Bei jeder Prüfungsaufgabe werden die Anforderungsbereiche entsprechend den Anforderungen der Abiturvorgaben verteilt.

Die Kompetenzbereiche werden in einem unterschiedlichen Umfang berücksichtigt. Der Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ besitzt den größten Anteil an der Abiturprüfung, gefolgt von dem Bereich „Methodenbeherrschung“ und den Bereichen „Kommunikation“ und „Reflexion“. Dabei hat der Inhaltsbereich „Analoge Schaltungstechnik“ im Vergleich zu den anderen Inhaltsbereichen deutlich den größten Anteil an der Prüfung.

5.2.3.2 *Abstimmung der Ausgangssituationen*

Die zu überprüfenden Kompetenzen einer Prüfungsaufgabe beziehen sich auf eine Ausgangssituation, die einen problemhaltigen technologischen Kontext repräsentiert. Bei den Ausgangssituationen handelt es sich in der Regel um Technologieschemata, die ein komplexes technisches System darstellen.

Bei der Erstellung der Abiturprüfung ist zu entscheiden, ob für jede Prüfungsaufgabe eine Ausgangssituation entwickelt wird oder ob sich alle Prüfungsaufgaben auf eine Ausgangssituation beziehen.

5.2.3.3 *Abstimmung der Aufgabenarten*

Bei der Gestaltung einer Prüfung sollten alle möglichen Aufgabenarten berücksichtigt werden. Da nicht durch jede Prüfungsaufgabe jede mögliche Aufgabenart (vgl. KAPITEL 4: AUFGABENARTEN) berücksichtigt werden kann, muss hinsichtlich der zu berücksichtigenden Aufgabenarten eine Abstimmung zwischen den Prüfungsaufgaben erfolgen.

Für jede Teilaufgabe ist eine Aufgabenart vorzusehen.

Unter Berücksichtigung des Konstruktionsaufwandes und der Bearbeitungszeit für die zu Prüfenden werden folgende Empfehlungen für die Verteilung der Aufgabenarten gegeben:

| Aufgabenart | Häufigkeit |
|---|-----------------------------------|
| Materialgebundene Aufgabe | Maximal 2mal in der Abiturprüfung |
| Experimentbezogene Aufgabe | Maximal 1mal pro Prüfungsaufgabe |
| Lösungswegoffene Aufgabe | Maximal 2mal in der Abiturprüfung |
| Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug | Keine Begrenzung |
| Ergebnisoffene Aufgabe | Maximal 2mal in der Abiturprüfung |
| Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug | Keine Begrenzung |

Tab. 3: Verteilung der Aufgabenarten

5.3 Prüfungsaufgaben strukturieren

Eine klare Struktur unterstützt die Verständlichkeit einer Aufgabe. Im Folgenden werden der Aufbau und die Struktur einer Prüfungsaufgabe beschrieben. Jede Prüfungsaufgabe sollte die beschriebene Struktur aufweisen.

Im Beispiel 1 wird die Struktur einer Aufgabe exemplarisch dargestellt. Das gezeigte Beispiel ist Teil des Aufgabenbeispiels „Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)“ (siehe KAPITEL 6: AUFGABENBEISPIELE).

5.3.1 Prüfungsaufgabe = Thema + Aufgabenteil + Lösungsteil + Anhänge

Abb. 22 zeigt den Aufbau einer Prüfungsaufgabe. Zunächst können drei Teile unterschieden werden: Aufgabenthema, Aufgabenteil und Lösungsteil.

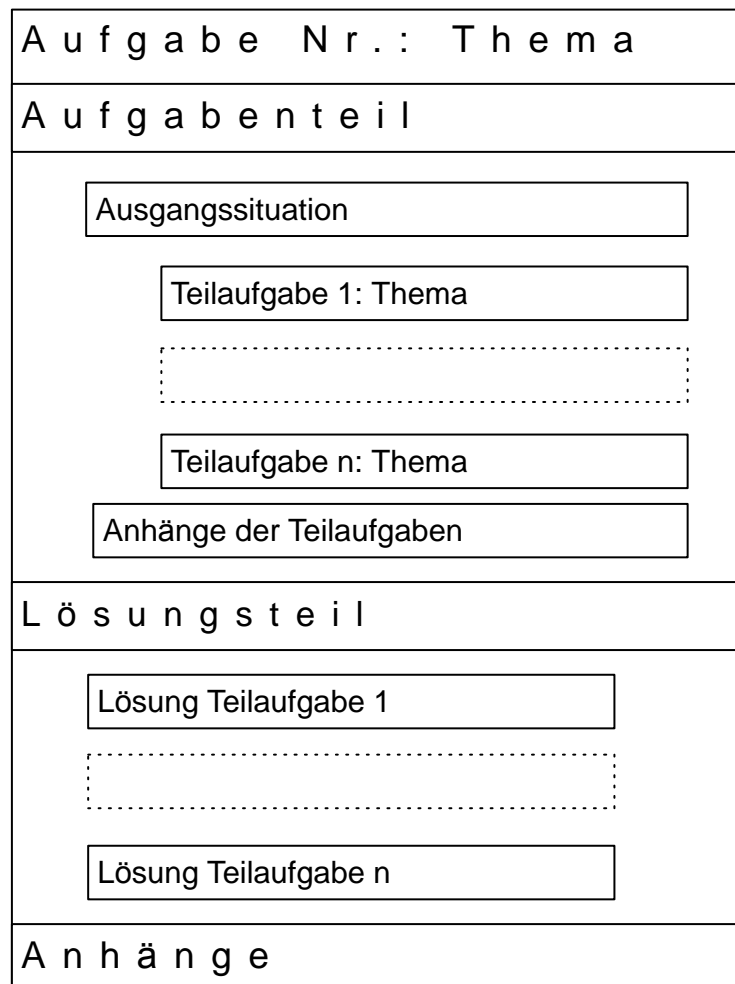


Abb. 22: Aufbau einer Prüfungsaufgabe

Den Aufgabenteil erhalten die Schülerinnen und Schüler in der Prüfung zur Bearbeitung. Er enthält die Ausgangssituation der Prüfungsaufgabe, die zu bearbeitenden Teilaufgaben und deren möglichen Anhänge.

Der Lösungsteil enthält die Lösungen für die Teilaufgaben. Der Lösungsteil dient den korrigierenden Lehrerinnen und Lehrern als Vorgabe für die Erfassung und Bewertung der Prüfungsleistungen.

5.3.2 Aufgabenteil einer Teilaufgabe

Thema + Informationsteil + Auftragsteil + Bearbeitungsteil + Anhang

Die Teilaufgaben einer Prüfungsaufgabe haben eine einheitliche Struktur (siehe Abb. 23). Jede Teilaufgabe wird fortlaufend nummeriert und mit einem Thema versehen. Die Teilaufgaben bestehen aus dem Informationsteil, dem Auftragsteil, dem Bearbeitungsteil und dem Anhang. Der Bearbeitungsteil und der Anhang sind dabei optionale Bestandteile einer Teilaufgabe. Der Anhang einer Teilaufgabe ist i. d. R. Teil des Gesamtanhangs (Anhänge) der jeweiligen Prüfungsaufgabe (vgl. Abb. 22).

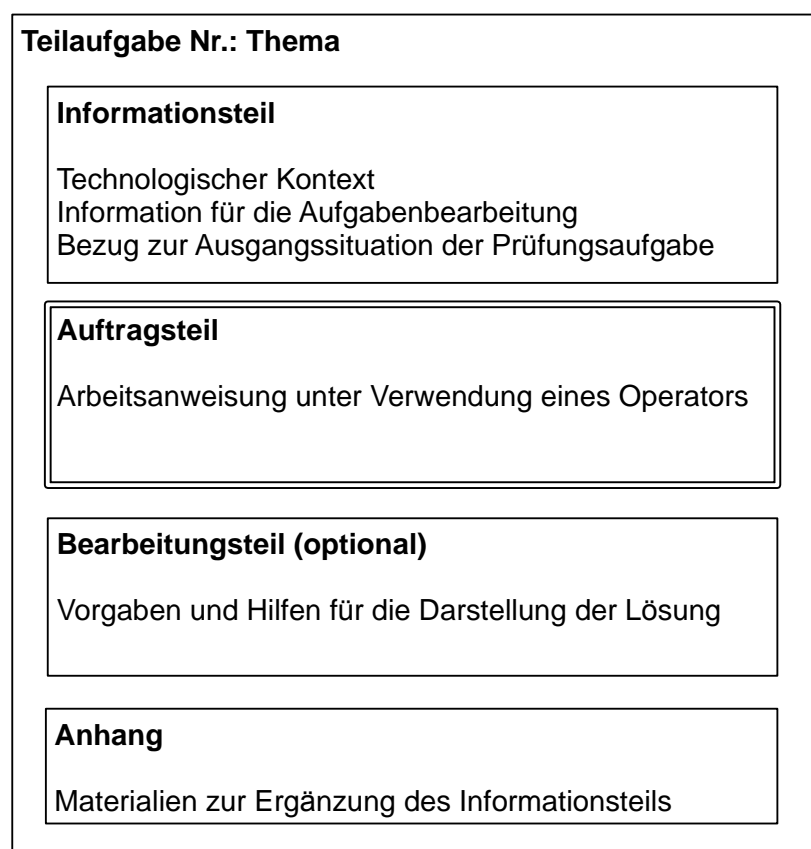


Abb. 23: Aufbau des Aufgabenteils einer Teilaufgabe

Teilaufgabe Nr.

Jede Teilaufgabe wird nummeriert.

Aufgabenthema

Jede Aufgabe hat ein Thema. Das Thema bezieht sich auf den inhaltlichen Schwerpunkt der Aufgabe. Das Thema wird verbfrei formuliert.

Informationsteil

Der Informationsteil enthält in übersichtlicher Darstellung alle Informationen, die die Schülerinnen und Schüler für die Lösung der Aufgabe benötigen. Dementsprechend gehört die Ausgangssituation einer Prüfungsaufgabe zum Informationsteil der Teilaufgaben. Über die reine Information hinaus wird mit dem Informationsteil auch in die jeweilige Teilaufgabe eingeführt, um den zu Prüfenden die Orientierung in der Prüfung zu erleichtern. Mit dem Informationsteil kann die Ausgangssituation für die entsprechende Teilaufgabe ergänzt werden. In einer Prüfungsaufgabe kann ein Informationsteil auch für mehrere Teilaufgaben ausgewiesen werden; dies bedarf jedoch einer deutlichen Kennzeichnung.

Auftragsteil

Im Auftragsteil wird das zu lösende Problem - die eigentliche Aufgabe - beschrieben. Hier erfahren die zu Prüfenden, was von ihnen erwartet wird. Nur im Auftragsteil werden Operatoren zur Formulierung der Aufgaben verwendet. Der Auftragsteil wird gegenüber den anderen Teilen der Teilaufgaben optisch hervorgehoben (siehe Beispiel 1). In der Abiturprüfung für das Fach Elektrotechnik wird jeder Auftragsteil einer Teilaufgabe mit einem Rahmen versehen.

Bearbeitungsteil

Der Bearbeitungsteil ist optionaler Bestandteil des Aufgabenteils. Er enthält Vorgaben bzw. Hilfen für die Darstellung der Lösung (vgl. Beispiel 1).

Anhang

Der Anhang gehört zum Informationsteil. Umfangreiche Materialien, die die Übersichtlichkeit des Informationsteils, der vor dem Auftragsteil liegt, beeinträchtigen würden, werden in dem Anhang aufgenommen. Umfangreiche Materialien sind z.B. Schaltpläne, Datenblätter, etc..

5.3.3 Lösungsteil einer Teilaufgabe

Thema + Auftragsteil + Lösungsaspekte + Musterlösung

Die Lösung einer Teilaufgabe besteht aus dem (Aufgaben-)Thema, dem Auftragsteil, den Lösungsaspekten und der Musterlösung (siehe Abb. 24).

| Teilaufgabe Nr.: Thema | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--------|-----------------------|-----|--------|----------|--|--|----------|--|--|--|--|--|----------|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Auftragsteil</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <th style="padding: 5px;">Lösungsaspekte</th> <th style="padding: 5px;">AFB</th> <th style="padding: 5px;">Punkte</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Aspekt 1</td> <td style="width: 100px;"></td> <td style="width: 100px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Aspekt 2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Aspekt n</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 40px;">Musterlösung(en)</div> | | | Lösungsaspekte | AFB | Punkte | Aspekt 1 | | | Aspekt 2 | | | | | | Aspekt n | | |
| Lösungsaspekte | AFB | Punkte | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aspekt 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aspekt 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aspekt n | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abb. 24: Aufbau des Lösungsteils einer Teilaufgabe

Teilaufgabe Nr.

Jeder Lösungsteil wird nummeriert.

Auftragsteil

Der Auftragsteil der jeweiligen Teilaufgabe wird an dieser Stelle wiederholt.

Lösungsaspekte

Mit den Lösungsaspekten werden die erwarteten Lösungen kleinschrittig – möglichst in 1-Punkteschritten – angegeben. Jeder Lösungsaspekt wird einem Anforderungsbereich (AFB) zugeordnet. Bei der Ausformulierung der (Teil-) Aufgaben sollte angestrebt werden, einen Lösungsschritt mit einem (1) Punkt zu versehen (siehe Beispiel 1).

Musterlösung

Die Musterlösung enthält die Ausführung einer Lösung. Wenn die Lösungsaspekte weitgehend eine Musterlösung beschreiben, kann auf die Musterlösung verzichtet werden.

5.3.4 Beispiel: Aufbau und Struktur einer Prüfungsaufgabe (Auszug)

Aufgabe: Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)

(Informationsteil / Aufgabe gesamt)

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben:

Schaltung eines Sägezahn-Rechteck-Generators (SRG)

In Abb. 1 wird durch Zusammenschalten eines nichtinvertierenden Schmitt-Triggers und eines Integrierers ein einfacher und selbstanlaufender Sägezahn-Rechteck-Generator realisiert. Der Generator erzeugt eine Rechteckspannung U_{A1} und eine Sägezahnspannung U_{A2} (siehe Abb. 2).

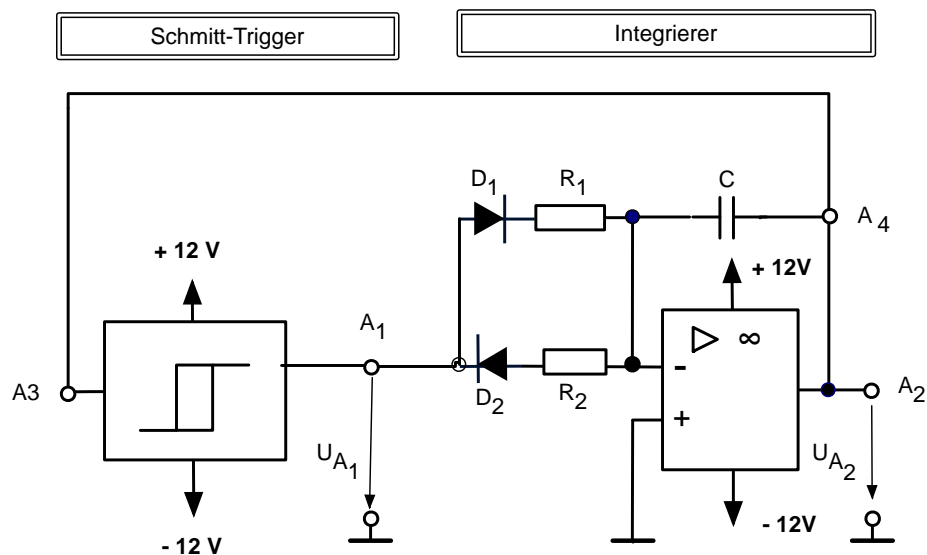


Abb. 1: Schaltung eines Sägezahn-Rechteck-Generators

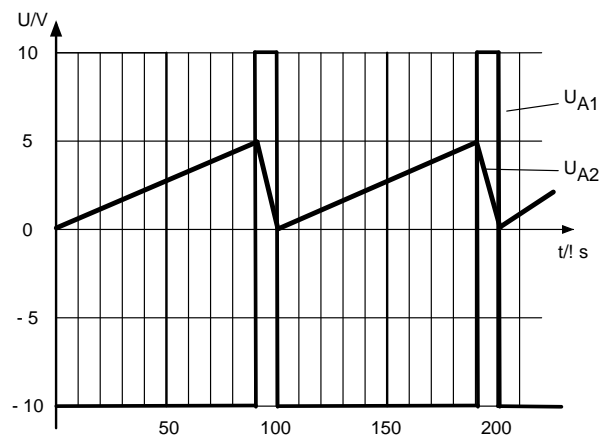


Abb. 2: Ausgangsspannungen U_{A1} und U_{A2} des Sägezahn-Rechteck-Generators

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

(Informationsteil)

Das Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers bestimmt den Verlauf der Rechteckspannung und Sägezahnspannung des Funktionsgenerators (Abb. 1).

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie in Abb. 3 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so ein, dass sich Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

(Bearbeitungsteil)

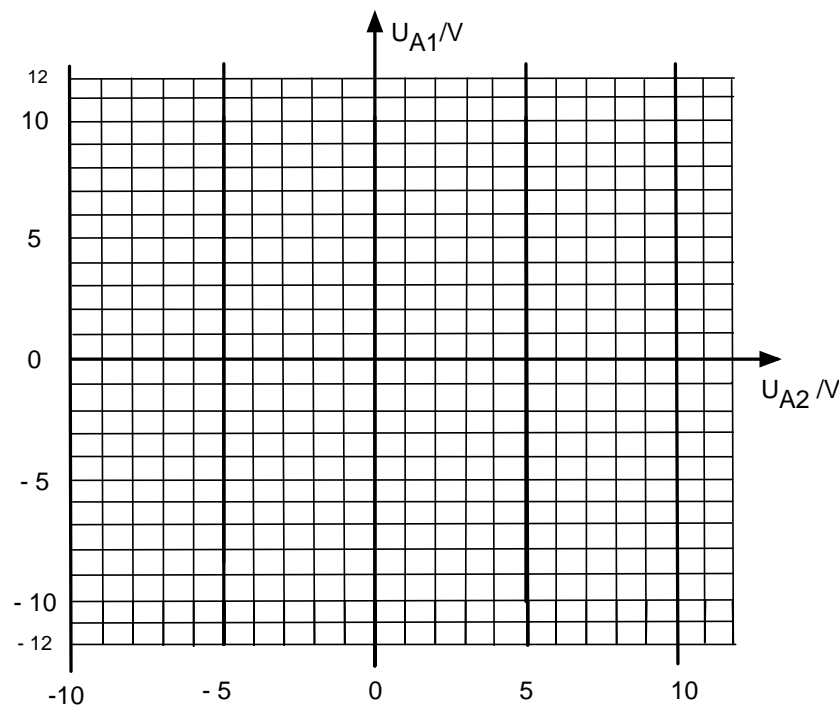


Abb. 3: Diagramm für die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers

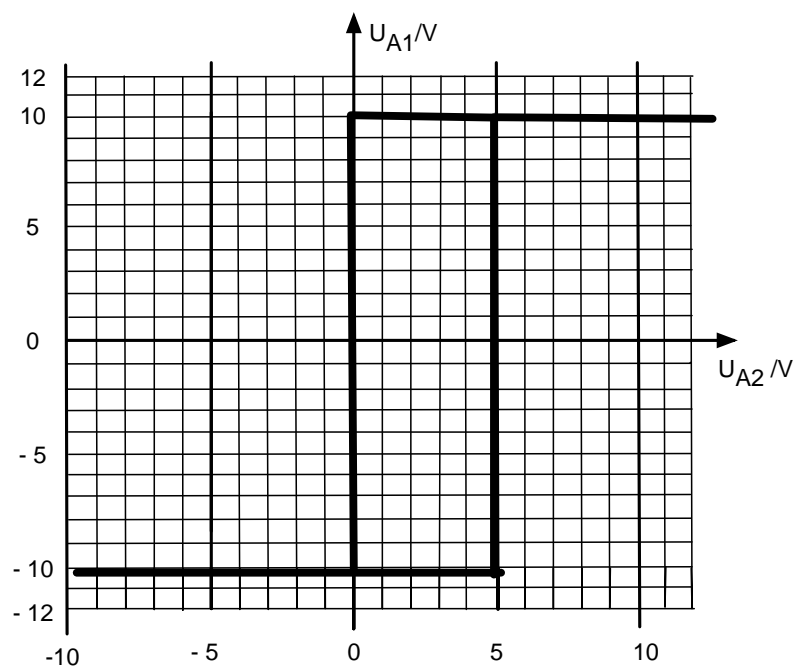
Lösungsteil

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

Zeichnen Sie in Abb. 3 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so, dass sich Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

| Lösungsaspekte | AFB | Punkte |
|-------------------------|-----|--------|
| Oberer Triggerpunkt 5V | II | 1 |
| Unterer Triggerpunkt 0V | II | 1 |
| U_{A1} max: +10V | II | 1 |
| U_{A1} min: -10V | II | 1 |
| Gesamtverlauf | II | 1 |

Musterlösung:



5.4 Teilaufgaben formulieren

Prüfungsaufgaben müssen verständlich formuliert werden, so dass Nachfragen und zusätzliche Erklärungen nicht erforderlich sind. Die Prüflinge sollen aus der Aufgabenstellung klar erkennen, was von ihnen erwartet wird.

Auch die Lösungsteile der Aufgaben sind klar und eindeutig zu formulieren. Die Lösungsaspekte und die Musterlösungen müssen den korrigierenden Lehrkräften klar zeigen, wie die Prüfungsleistungen zu erfassen und zu bewerten sind.

5.4.1 Vier Merkmale der Verständlichkeit

Vier Merkmale bestimmen die Verständlichkeit von Aufgabenformulierungen (siehe Abb. 25).

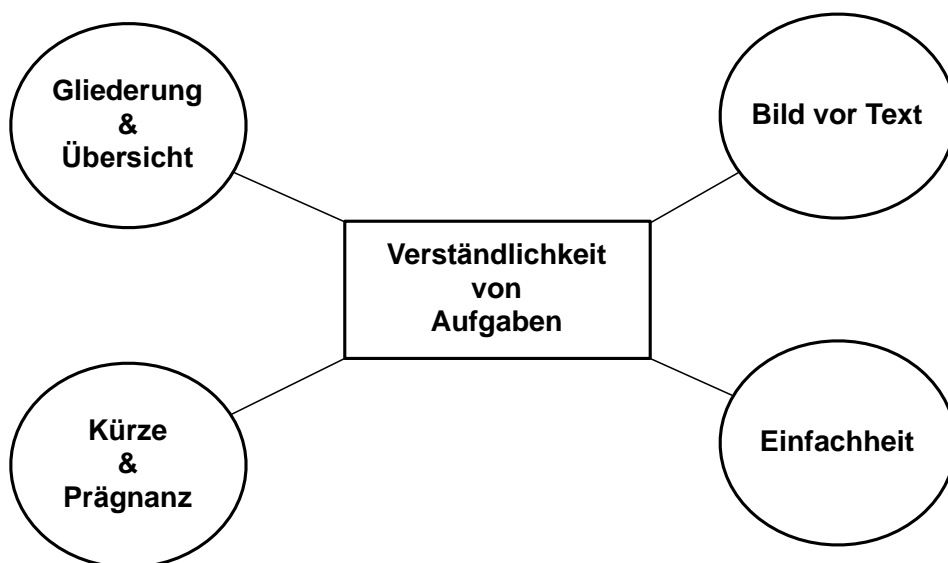


Abb. 25: Merkmale der Verständlichkeit

Merkmal „Einfachheit“

Dieses Merkmal bezieht sich auf die sprachliche Formulierung und Gestaltung aller Aufgabenteile, also um die Wortwahl und den Satzbau.

- a) Satzlänge: Kurze Sätze bzw. einfache Satzkonstruktionen erleichtern das Textverständnis. Ein Satz ist grammatikalisch einfach, wenn ein einfacher, häufig verwendeter Satzbauplan mit möglichst wenigen zusätzlichen Angaben, Attributen, Einschüben oder Nebensätzen realisiert wird.
- b) Sätze und Struktur: Satzgegenstand und Satzaussage sollten möglichst nah beieinander stehen. Damit der Arbeitsauftrag problemlos erschlossen werden kann, sollten Ergänzungen (z.B. in Form von Beobachtungsschwerpunkten, Einschränkungen, Aspektierungen etc.) nicht eingeschoben, sondern nachgeordnet aufgeführt werden.
- c) Substantive: Sätze mit vielen Substantiven sind weniger leicht verständlich. Der Hauptwortstil ist zu vermeiden. Im so genannten Hauptwortstil (germanistisch genau: „Nominalstil“) werden Verben zu Hauptwörtern. Dieser Stil bewirkt häufig einen vermeidbar komplexeren Satzbau und erschwert ggf. die Identifikation des Arbeitsauftrages. Wo möglich, sollten Verben verwendet werden - im Auftragsteil die einschlägigen Operatoren.

Beispiele:

So lieber nicht:

„Fertigen Sie eine Analyse....unter besonderer Berücksichtigung.....an, in der Sie

„Führen Sie eine Berechnung durch, indem Sie..“

„Von der Geschäftsführung wird der Beschluss gefasst, die Anschaffung modernerer Maschinen vorzunehmen.“

Eher so:

„Analysieren Sie... Berücksichtigen Sie dabei vor allem...“

„Berechnen Sie...“

„Die Geschäftsführung beschließt, modernere Maschinen anzuschaffen.“

- d) Länge der Wörter: Lange, ungeläufige Wörter erschweren das Textverständnis. Lange, ungeläufige Wörter (z.B. Nominalkomposita) sind schwer zu verstehen. Wenn Nominalkomposita nicht zu vereinfachen sind, da es sich dabei z.B. um Fachtermini handelt, empfiehlt sich die Gliederung durch Bindestriche.

Beispiele:

So lieber nicht:

„Bei dem durchzuführenden Maschinenprüfverfahren hat sich herausgestellt,...“

„Sägezahn-generator“; „Spulenkapselferteil“

Eher so:

„Die Prüfung der Maschine hat ergeben,...“

„Sägezahn-Generator“; „Spulenkapselferteil“

- e) Konditionale Sätze: Konditionale Sätze (Bedingungssätze) führen häufig zu Verständnisschwierigkeiten.
- f) Fragesätze: Fragestellungen sollten vermieden werden.
- g) Negationen: Sätze, die Negationen (nicht, keine, usw.) enthalten, sind weniger gut verständlich.
- h) Vertrautheit mit den Wörtern: Wörter, die aus der Erfahrung der Schülerinnen und Schüler und aus dem Unterricht vertraut sind, erhöhen die Verständlichkeit.
- i) Abstrakte / konkrete Darstellung: Informationen (Vorgaben, Sachverhaltsdarstellungen) sollten konkret angegeben werden. Auf abstrakte, vermeintlich wissenschaftlich gehaltene Aussagen sollte verzichtet werden.

Merkmal „Bild vor Text“

Symbole, Bilder, Diagramme sind schneller zu erfassen als Texte. Informationen, die grafisch illustriert aufbereitet sind, entlasten den Textanteil einer Aufgabe und erleichtern die Aufgabenerschließung.

Wichtig dabei ist: Grafiken müssen vollständig, gut lesbar sowie sachlich und fachlich richtig sein.

Folgende Kriterien müssen bei der Umsetzung des zweiten Merkmals der Verständlichkeit beachtet werden:

- a) Symbole: Symbole sind ein gutes visuelles Hilfsmittel, weil sie meist unmittelbar verständlich sind und die Aussagekraft der Information verstärken.

- b) Bilder: Gut gestaltete Bilder (Technologieschemata, Blockschaltbilder, Schaltbilder, Diagramme usw.) sind unmittelbar ansprechend. Sie stellen einen technischen Sachverhalt präzise da. Der Einsatz von Bildern verlangt daher auch eine passgerechte Auswahl, um Missverständnissen und Fehldeutungen vorzubeugen.
- c) Diagramme: In Diagrammen lassen sich Informationen übersichtlich und strukturiert aufbereiten. Zu beachten ist dabei: Nicht jeder Diagrammtyp eignet sich für jede Informationsaufbereitung gleich gut!
- d) Stimmigkeit von Text und Bild: Die Stimmigkeit zwischen Text und grafischer Darstellung ist die Voraussetzung für eine korrekte Aufgabenerschließung. In Textpassagen sind die Bezüge auf grafische Elemente der Aufgaben nachvollziehbar zu gestalten, damit deren Relevanz im Kontext der Aufgabe korrekt und unmittelbar erkannt werden kann. Widersprüche und Unstimmigkeiten zwischen Text- und Bildanteilen sind unbedingt zu vermeiden. Es muss eine logische Zuordnung erkennbar sein. Technische Größen sind in Text und Bild einheitlich zu bezeichnen.

Merkmal „Gliederung und Übersicht“

Eine gute Gliederung der Aufgaben und eine übersichtliche Ordnung der Informationen ist eine wichtige Grundvoraussetzung für die Verständlichkeit einer Aufgabe. Folgende Kriterien müssen bei der Umsetzung des Merkmals beachtet werden:

- a) Sinnvolle Reihenfolge der Informationen
- b) Fachlich richtige und logisch aufgebaute Texte
- c) Sichtbare Trennung von Teilaufgaben: Abstand, Thema, Fettdruck
- d) Weniger anspruchsvolle Aufgaben zu Beginn einer Prüfungsaufgabe
- e) Klare Trennung zwischen Informationsteil und Auftragsteil

Merkmal „Kürze und Prägnanz“

Dieses Merkmal bezieht sich auf eine angemessene Länge des Aufgabentextes zum Informationsziels. Bei guten Aufgabenformulierungen kann nichts mehr weggelassen werden. Aller-

dings muss dabei beachtet werden, dass eine gewisse Redundanz zum Verständnis einer Aufgabe notwendig ist.

Folgende Regeln sollten bei der Umsetzung des Verständnismerkmals „Kürze und Prägnanz“ beachtet werden:

- a) Weitschweifige Formulierungen vermeiden
- b) Füllwörter weglassen (Rein, aber, nun, jetzt, an sich, quasi usw.)
- c) Pronomen vermeiden – Substantive und Bezeichnungen ruhig wiederholen

Nachdem die Merkmale der Verständlichkeit beschrieben und erläutert wurden, werden im Folgenden für die Formulierung der Aufgabenteile spezielle Hinweise gegeben. Für alle Aufgabenteile gelten natürlich die vier Merkmale für die Verständlichkeit von Prüfungsaufgaben.

5.4.2 Formulierung von Ausgangssituationen

Die Ausgangssituation steht zu Beginn einer Prüfungsaufgabe. Mit ihr wird in die Aufgabenthematik eingeführt. Gleichzeitig erhalten die Prüflinge notwendige Informationen für die Bearbeitung der Teilaufgaben. Folgende Aspekte sind bei der Formulierung zu beachten:

- Zentrales Element einer Ausgangssituation ist in der Regel ein Technologieschema. Das Technologieschema kann sich umfassend auf alle Teile eines technischen Systems beziehen (Energieteil, Informationsteil, Bearbeitungsteil, Optimierungsteil).
- Situative „Aufhänger“ ohne relevante Funktion für die zu bearbeitenden Aufgaben gelten als Pseudo-Situationen. Sie verwirren oftmals die Prüflinge unnötig, kosten Zeit und sind daher zu vermeiden.
- In der Ausgangssituation sollten primär die Informationen gegeben werden, die für alle folgenden Teilaufgaben relevant sind.

- Die Ausgangssituationen sollten keine Informationsflut bieten. So können technische Details in den Informationsteilen der folgenden Teilaufgaben aufgabennah dargestellt werden.

5.4.3 Formulierung von Informationsteilen

Der Informationsteil steht zu Beginn einer Teilaufgabe. Folgende Aspekte sind bei seiner Formulierung zu beachten:

- Die angegebenen Informationen beziehen sich ausschließlich auf die jeweilige Teilaufgabe.
- Soll ein Informationsteil für mehrere Teilaufgaben gelten, ist dies deutlich zu kennzeichnen.
- Der Informationsteil kann auch als Bearbeitungsteil genutzt werden, Die Darstellung im Informationsteil müssen dann Ergänzungen, Eintragungen und Erweiterungen ermöglichen bzw. unterstützen.
- Jede Abbildung und Tabelle im Informationsteil ist zu bezeichnen.

5.4.4 Formulierung von Auftragsteilen

Im Auftragsteil der Aufgabe erhalten die Prüflinge eine präzise und unmissverständliche Anweisung, was sie zu tun haben. Die zu Prüfenden sollen formell erkennen, was von ihnen erwartet wird.

Bei der Formulierung des Auftragsteils sind folgende Aspekte zu beachten:

- Der Auftragsteil ist optisch gegenüber den anderen Bestandteilen des Aufgabenteils hervorzuheben.
- Ein Auftragsteil verwendet nur einen Operator.
- Es sind für die Arbeitsanweisungen die einschlägigen Operatorverben zu verwenden.
- Der Arbeitsauftrag sollte auch als solcher formuliert sein – daher sind imperativisch formulierte Aufgaben (statt Fragen) zu verwenden.
- Der Arbeitsauftrag sollte die Bestandteile des Informationsteils, auf die er sich bezieht, benennen und ausweisen.

5.4.5 Bearbeitungsteil erstellen

Im Bearbeitungsteil werden Vorgaben für die Darstellung der Lösung gegeben.

Bei der Erstellung des Bearbeitungsteils sind folgende Aspekte zu beachten:

- Abbildungen und zeichnerische Darstellungen sind bezeichnet.
- Die Darstellungen im Bearbeitungsteil stimmen mit denen im Informations- und Auftragsenteil überein (fachliche Stimmigkeit).
- Die Darstellung ist gut leserlich.
- Die Darstellung bietet genügend Platz für handschriftliche Eintragungen und Handzeichnungen.

5.4.6 Anhang erstellen

Mit dem Anhang kann der Informationsteil und der Bearbeitungsteil ergänzt werden. Er enthält Materialien wie Zeichnungen, Datenblätter, Herstellerunterlagen (➔ Teilaufgabe 8).

Bei der Erstellung des Anhangs ist insbesondere auf gute Lesbarkeit der Unterlagen zu achten.

5.4.7 Lösungsteil erstellen

Folgende Aspekte sind bei der Erstellung des Lösungsteils zu beachten:

- Die Lösungserwartungen sollen aus möglichst kleinen bzw. kleinsten logischen Lösungsschritten bestehen.
- Die Musterlösung sollte einer erwartete Schülerlösung entsprechen

5.5 Prüfungsaufgaben prüfen (Checklisten)

5.5.1 Checkliste - Prüfungsvorschlag Nr. ____ (gesamt)

| Nr. | Prüfmerkmal | <input type="checkbox"/> |
|-----|--|--------------------------|
| 1 | Die Prüfung unterscheidet sich von denen der Vorjahre. | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Die drei Prüfungsaufgaben haben die gleiche Bearbeitungszeit. | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Gleiche Bewertungspunkte der Prüfungsaufgaben. | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Prüfungsaufgaben berücksichtigen alle vier Kompetenzbereiche. | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Jede Prüfungsaufgabe besitzt ein Aufgabenthema. | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Alle Aufgabenarten kommen zum Einsatz. | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Die Prüfung besitzt max. 2 experimentbezogene Aufgaben. | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Die Prüfung besitzt max. 2 materialgebundene Aufgaben. | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Die Prüfung besitzt max. 2 ergebnisoffene Aufgaben. | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Die Prüfung besitzt max. 2 lösungswegoffene Aufgaben. | <input type="checkbox"/> |
| 11 | Gleiche Verteilung der Anforderungsstufen (Reproduktion, Anwendung, Transfer). | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Problemhaltige Ausgangssituation für jede Prüfungsaufgabe ist gegeben. | <input type="checkbox"/> |
| 13 | Eine Kompetenz wird in der Prüfung nur einmal geprüft. | <input type="checkbox"/> |
| 14 | Alle Abbildungen sind nummeriert und bezeichnet. | <input type="checkbox"/> |
| 15 | Die Bearbeitungszeit ist angemessen. | <input type="checkbox"/> |

5.5.2 Checkliste Aufgabenteil von Teilaufgabe Nr. _____

| Nr. | Prüfmerkmal | <input type="checkbox"/> |
|-----|--|--------------------------|
| 1 | Eine Nummerierung liegt vor. | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Das Aufgabenthema ist angegeben. | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Der Informationsteil bezieht sich auf die Ausgangssituation der Prüfungsaufgabe. | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Der Informationsteil liegt vor dem Auftragsteil. | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Der Informationsteil ist verständlich formuliert (Einfachheit, Kürze & Prägnanz, Gliederung & Übersicht, Bild vor Text). | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Der Auftragsteil ist gerahmt. | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Der Auftragsteil wird nur mit einem Operator formuliert. | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Der Auftragsteil enthält keine Fragen. | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Der Auftragsteil ist einfach und kurz formuliert. | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Der Bearbeitungsteil bietet Raum für die Darstellung der Lösung. | <input type="checkbox"/> |
| 11 | Die Teilaufgabe ist unabhängig von anderen Teilaufgaben bearbeitbar. | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Die Teilaufgabe berücksichtigt eine Aufgabenart. | <input type="checkbox"/> |

5.5.3 Checkliste – Lösungsteil - Teilaufgabe Nr. _____

| Nr. | Prüfmerkmal | <input type="checkbox"/> |
|-----|---|--------------------------|
| 1 | Der Auftragsteil stimmt mit dem des Aufgabenteils überein. | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Die Lösungsaspekte bestehen aus kleinsten Lösungsschritten (1-Punktschritte). | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Die Musterlösung berücksichtigt alle Lösungsaspekte. | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Die Musterlösung hat den Charakter einer Schülerlösung. | <input type="checkbox"/> |

KAPITEL 6

AUFGABENBEISPIELE

Vorbemerkung

Dieses Kapitel enthält acht Aufgabenbeispiele.

Die Aufgabenbeispiele orientieren sich an dem Konzept einer kompetenzorientierten Aufgabekultur für das Fach Elektrotechnik.

Die Aufgabenbeispiele bestehen jeweils aus drei Teilen:

A: Aufgabenteil

B: Lösungsteil

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

6.1 Aufgabenbeispiel 1⁴: Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)

A: Aufgabenteil

(Übersicht)

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben:

Schaltung eines „Sägezahn-Rechteck-Generators“

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D_2

Teilaufgabe 4: Programmablaufplan für den Sägezahn-Rechteck-Generator

Teilaufgabe 5: Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers

Teilaufgabe 6: Integrierers als Funktionsblock

Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

Teilaufgabe 8: Werte für R_1 , R_2 und C des Integrierers

Ergänzende Ausgangssituation für die Teilaufgaben 9 und 10:

Nichtinvertierende Operationsverstärker (OPV) – Schaltung

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

Teilaufgabe 10: Leerlauf-Verstärkung eines Operationsverstärkers (in Arbeit)

Teilaufgabe 11: Frequenz einer astabilen Kippschaltung (Rechteck-Generator)

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Kenndaten eines Operationsverstärkers

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik

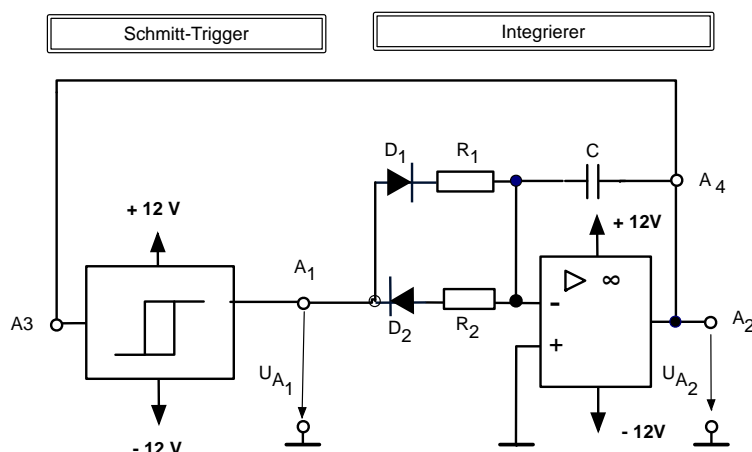
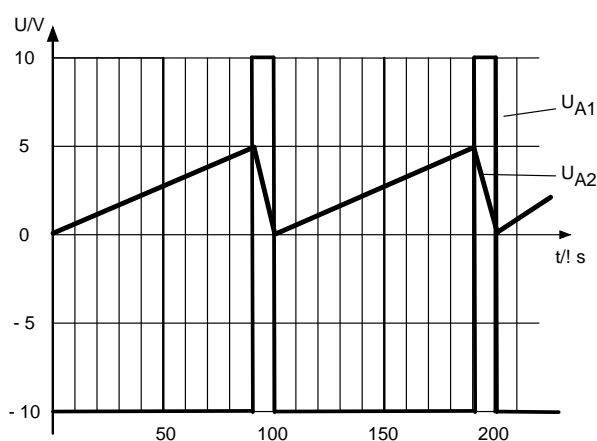
Anhang: Datenblatt des Operationsverstärkers OV 741 – (Coverseite)

⁴ In diesem Beispiel werden die Bestandteile einer Aufgabe (Informationsteil, Auftragsteil, Bearbeitungsteil) explizit ausgewiesen und benannt. Hierdurch sollen die Ausführungen im KAPITEL 5 AUFGABENGESTALTUNG veranschaulicht werden.

(Informationsteil / Aufgabe gesamt)

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

In Abb. 1 wird durch Zusammenschalten eines nichtinvertierenden Schmitt-Triggers und eines Integrierers ein einfacher und selbstanlaufender Sägezahn-Rechteck-Generator realisiert. Der Generator erzeugt eine Rechteckspannung U_{A1} und eine Sägezahnspannung U_{A2} (siehe Abb. 2).

**Abb. 1: Schaltung eines Sägezahn-Rechteck-Generators****Abb. 2: Ausgangsspannungen U_{A1} und U_{A2} des Sägezahn-Rechteck-Generators**

Funktionsbeschreibung:

Ist die Ausgangsspannung U_{A1} des Schmitt-Triggers positiv, so erzeugt der Integrierer eine abfallende Rampenspannung U_{A2} , die auf den Eingang des Schmitt-Triggers rückgekoppelt wird. Sobald diese Spannung die untere Schaltschwelle des Schmitt-Triggers erreicht, kippt dessen Ausgangsspannung auf einen negativen Wert. Der Integrierer erzeugt nun eine positive Rampenspannung. Wenn diese Spannung U_{A2} die obere Schaltschwelle des Schmitt-Triggers erreicht, kippt die Ausgangsspannung des Schmitt-Triggers U_{A1} auf einen positiven Wert.

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannungen U_{A2}

(Informationsteil)

siehe Informationsteil Aufgabe gesamt)

(Auftragsteil)

Berechnen Sie die Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2} (Abb. 2) des Sägezahn-Rechteck-Generators (Abb. 1).

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop M1

(Informationsteil)

In Abb. 3 ist die Schaltung des Sägezahn-Rechteck-Generators um ein Oszilloskop M1 erweitert. Mit dem Oszilloskop M1 sollen die Ausgangsspannungen des Rechteck-Generators U_{A1} und U_{A2} gemessen werden.

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie in Abb. 3 die Messleitungen für das Oszilloskop M1 so ein, dass auf Kanal 1 (Chn I) die Spannung U_{A1} und auf Kanal 2 (Chn II) die Spannung U_{A2} angezeigt wird.

(Bearbeitungsteil)

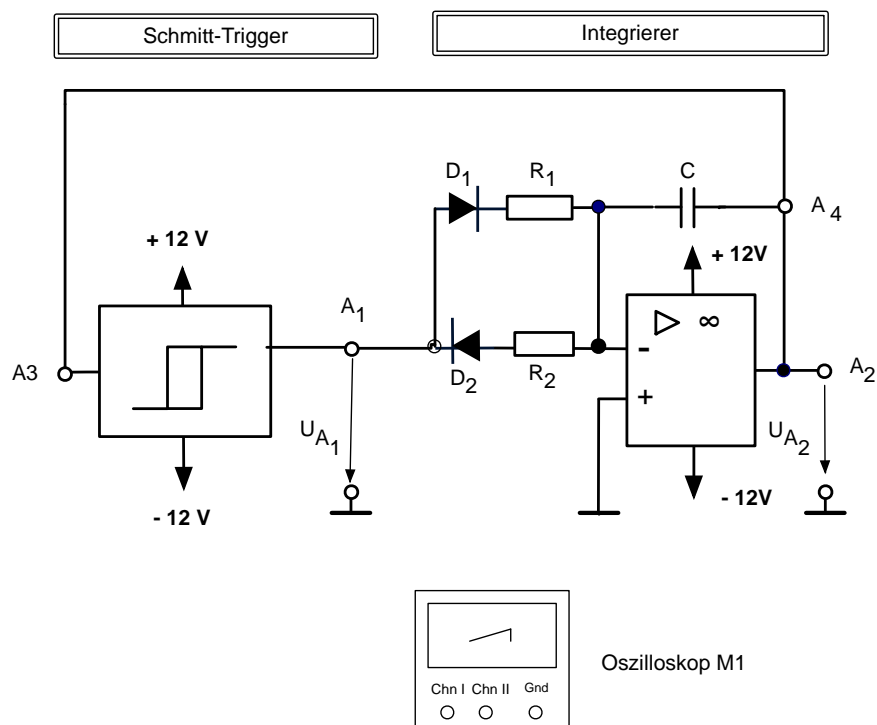


Abb. 3: Sägezahn-Rechteck-Generator mit Oszilloskop M1

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D_2 *(Informationsteil)*

In der Schaltung des Sägezahn-Rechteck-Generators (Abb. 1) sind die Dioden D_1 und D_2 in bestimmten Zeitabschnitten der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (vgl. Abb. 2) entweder leitend oder gesperrt.

(Auftragsteil)

Bestimmen Sie die Zeitabschnitte in Abb. 2, in denen die Diode D_2 leitend, und die Zeitabschnitte, in denen die Diode D_2 gesperrt ist.

Teilaufgabe 4: Programmablaufplan für den Sägezahn-Rechteck-Generator*(Informationsteil)*

Mit der Symbolik der Programmablaufpläne kann die Funktionsweise des Sägezahn-Rechteck-Generators aus Abb. 1 dargestellt werden.

(Auftragsteil)

Beschreiben Sie die Funktionsweise des Sägezahn-Rechteck-Generators aus Abb. 1 mit einem Programmablaufplan.

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers*(Informationsteil)*

Das Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers bestimmt den Verlauf der Rechteckspannung und Sägezahnspannung des Funktionsgenerators (Abb. 1).

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie in Abb. 4 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so ein, dass sich die Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

(Bearbeitungsteil)

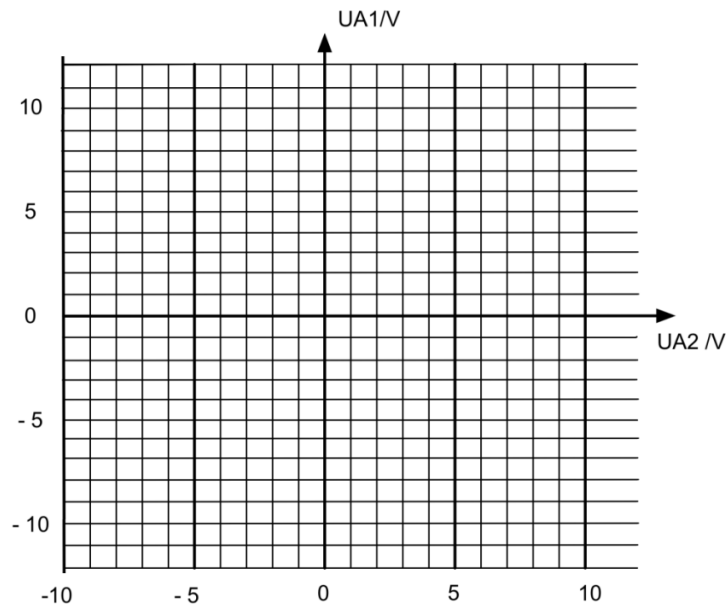


Abb. 4: Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers

Teilaufgabe 6: Funktionsblock des Integrierers

(Informationsteil)

Um für den Sägezahn-Rechteck-Generator aus Abb. 1 ein vollständiges Blockschaltbild zu erstellen, sind der Schmitt-Trigger und der Integrierer als Funktionsblöcke darzustellen. In der Abb. 1 ist der Schmitt-Trigger bereits als Funktionsblock (Eingang, Übertragungsverhalten, Ausgang) dargestellt. Der Integrierer wird als diskrete Schaltung dargestellt. Um das vollständige Blockschaltbild zu erstellen, ist es notwendig, den Funktionsblock des Integrierers aus Abb. 1 zu erstellen.

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie für den Integrierer aus Abb. 1 den Funktionsblock.

Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers*(Informationsteil)*

Um die Funktion des nichtinvertierenden Schmitt-Triggers in Abb. 1 zu realisieren, soll eine elektronische Schaltung entwickelt werden. Die Spannungsversorgung wird mit $\pm 12V$ angenommen. Der Mittelpunkt des Hysteresebereichs soll in der Schaltung mit einem Potentiometer verschoben werden können.

(Auftragsteil)

Entwerfen Sie eine elektronische Schaltung für den Schmitt-Trigger in Abb. 1, in der durch ein Potentiometer der Mittelpunkt des Hysteresebereichs verschoben werden kann.

Teilaufgabe 8: Werte von R_1 , R_2 und C des Integrierers*(Informationsteil)*

Das Ausgangssignal U_{A2} des Sägezahn-Rechteck-Generators (Abb. 1) ist bekannt (vgl. Abb. 2). Noch unbestimmt sind die Kapazität des Kondensators C in Abb. 1 und die Widerstände R_1 und R_2 .

Die Dioden D_1 und D_2 weisen eine konstante Durchlassspannung von $0,6V$ und ein ideales Sperrverhalten auf. Bei der Dimensionierung des Integrators sind die Widerstände zwischen $10k\Omega$ und $1M\Omega$ zu wählen.

(Auftragsteil)

Dimensionieren Sie die Kapazität C und die Widerstände R_1 und R_2 des Integrierers in Abb. 1 so, dass sich der Verlauf der Ausgangsspannung U_{A2} (Abb. 2) ergibt.

Ergänzende Ausgangssituation für die Teilaufgaben 9 und 10

Nichtinvertierende Operationsverstärker (OPV) - Schaltung

(Informationsteil)

Abb. 5 zeigt die Schaltung eines nichtinvertierenden Verstärkers mit dem Operationsverstärker (OPV) N1 und den Widerständen $R_2 = 90\text{k}\Omega$, $R_1 = 10\text{k}\Omega$. Der Operationsverstärker N1 hat eine endliche Leerlaufverstärkung V_0 (open loop gain).

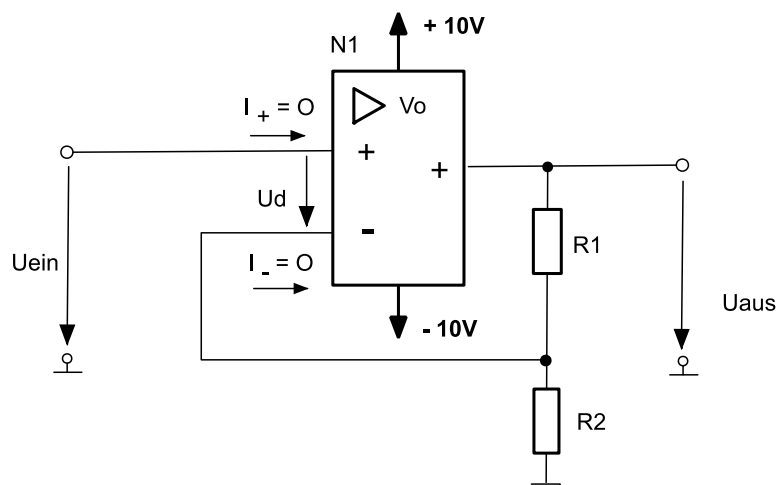


Abb. 5: : Nichtinvertierende OPV-Schaltung

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

(Informationsteil)

Bei der Schaltung in Abb. 5 wird durch die Widerstände R_1 und R_2 ein Teil der Ausgangsspannung auf den invertierenden Eingang des OPV zurückgekoppelt. Durch die Widerstände R_1 und R_2 wird eine Gegenkopplung vorgenommen, da eine Änderung der Ausgangsspannung einer Änderung der Eingangsspannung entgegenwirkt. Die Ausgangsspannung eines gegengekoppelten OPV stellt sich immer so ein, dass die Eingangsspannungsdifferenz U_d Null wird. Man kann deshalb einen gegengekoppelten OPV als Regelkreis beschreiben.

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie einen regelungstechnischen Wirkungsplan für die nichtinvertierende OPV-Schaltung in Abb. 5.

Teilaufgabe 10: Leerlaufverstärkung eines Operationsverstärkers (OPV)

(Informationsteil)

Der OPV in der Schaltung des nichtinvertierenden Verstärkers in Abb. 5 besitzt eine endliche Leerlaufverstärkung V_o ($V_o \neq \infty$). Die Gesamtverstärkung $V = U_{\text{aus}} / U_{\text{ein}}$ des Verstärkers soll $V = 10 \pm 0,1\%$ betragen. Bei einem bestimmten Wert von $V_o = V_{o,\text{min}}$ kann diese Toleranz noch eingehalten werden. Es soll der minimale Wert von V_o ermittelt werden, der den angegebenen Fehler nicht überschreitet.

(Auftragsteil)

Berechnen Sie die minimale Leerlaufverstärkung $V_{o,\text{min}}$, die der Operationsverstärker N1 besitzen muss, damit die Fehlergrenze $\pm 0,1\%$ bei der Verstärkung $V = U_{\text{aus}} / U_{\text{ein}}$ der Schaltung eingehalten wird.

Teilaufgabe 11: Frequenz einer instabilen Kippschaltung (Rechteckgenerator)

(Informationsteil)

Der Sägezahn-Rechteck-Generator (Abb. 1) erzeugt eine Sägezahnspannung (U_{A2}) und eine unsymmetrische Rechteckspannung U_{A1} . Für den Prüf- und Testbetrieb von elektronischen Schaltungen sind in der Regel symmetrische Rechteckspannungen erforderlich. In Abb. 6 ist eine instabile Kippschaltung mit einem Operationsverstärker dargestellt. Die Schaltung ist so dimensioniert, dass sie eine symmetrische Rechteckspannung U_{aus} mit $U_{\text{aus,max}} = \pm 14\text{V}$ und $f \approx 300\text{Hz}$ erzeugt.

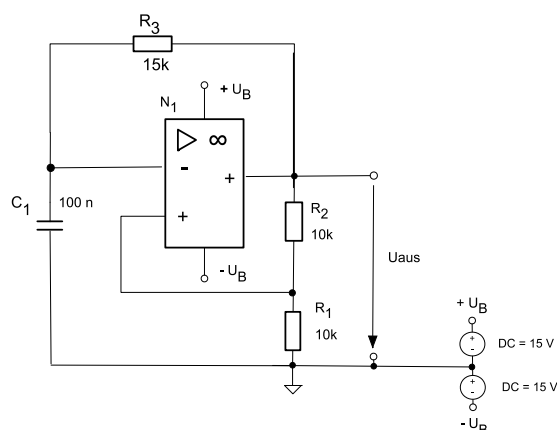


Abb. 6: Schaltung einer instabilen Kippschaltung mit OPV

(Auftragsteil)

Weisen Sie nach, dass die instabile Kippschaltung in Abb. 6 eine Rechteckspannung U_{aus} mit der Frequenz $f \approx 300\text{Hz}$ erzeugt.

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

(Informationsteil)

Eine Dimensionierung des Integrierers in Abb. 1 ergab folgende Werte für die Beschaltung des OPV: $R_1 = 180\Omega$, $R_2 = 1,5k\Omega$ und $C = 100nF$. Der OPV in der Integriererschaltung (Abb. 1) hat einen maximalen Ausgangsstrom von $I_{Amax} = \pm 6mA$. Die Dioden D_1 und D_2 in Abb. 1 weisen eine konstante Durchlassspannung von $0,6V$ und ein ideales Sperrverhalten auf.

(Auftragsteil)

Überprüfen Sie die Dimensionierung des Integrierers hinsichtlich der Strombelastbarkeit des OPV.

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Eigenschaften des OPV 741

(Informationsteil)

Bei der Beschreibung des Sägezahn-Rechteck-Generators (siehe Abb. 1) wurde angenommen, dass die Kenndaten der Operationsverstärker (OPV) ideale Werte besitzen. In praktischen Anwendungen müssen jedoch die realen Eigenschaften der OPV berücksichtigt werden. Der Anhang dieser Aufgabe enthält das vollständige Datenblatt des OPV 741. Hier sind die realen Kenndaten dieses Bausteins angegeben. Die realen Kenndaten unterscheiden sich von den idealen Kennwerten.

In Tabelle 1 sind beispielhaft für das Kenndatum „Gleichtaktunterdrückung“ CMRR der ideale und der reale Wert angegeben.

(Auftragsteil)

Benennen Sie in Tabelle 1 für fünf Kenndaten des OPV 741 die idealen und realen Werte.

(Bearbeitungsteil)

| Kenndaten | ideal | real |
|--|-----------|------|
| Gleichtaktunterdrückung, Common-Mode-Rejection Ration (CMRR) | unendlich | 90dB |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |

Tabelle 1: Ideale und reale Kenndaten des OPV 741

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators*(Informationsteil)*

Bei der in Abb. 1 dargestellten Schaltung des Sägezahn-Rechteck-Generators handelt es sich um eine Prinzipschaltung. Für den Einsatz als Spannungsquelle bei Experimenten muss die Prinzipschaltung um Funktionen und Leistungsdaten erweitert werden.

(Auftragsteil)

Beschreiben Sie fünf mögliche Funktions- und Leistungserweiterungen des Funktionsgenerators aus Abb. 1 im Hinblick auf den Einsatz als Spannungsquelle bei Experimenten.

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik*(Informationsteil)*


Die Schaltung in Abb.1 erzeugt eine Sägezahn- und eine Rechteckspannung. In der Elektrotechnik gibt es weitere Systeme, die eine Spannung erzeugen (generieren).

(Auftragsteil)

Benennen Sie drei Schaltungen und Geräte, die in der Elektrotechnik die Funktion eines Generators erfüllen.

Anhang: Datenblatt des Operationsverstärkers OPV 741 – (Coverseite)

Das vollständige Datenblatt (20 Seiten) ist zu finden unter: datasheet@sgs-thompson.uk



UA741

GENERAL PURPOSE SINGLE OPERATIONAL AMPLIFIER


- LARGE INPUT VOLTAGE RANGE
- NO LATCH-UP
- HIGH GAIN
- SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- NO FREQUENCY COMPENSATION REQUIRED
- SAME PIN CONFIGURATION AS THE UA709

DESCRIPTION

The UA741 is a high performance monolithic operational amplifier constructed on a single silicon chip. It is intended for a wide range of analog applications.

- Summing amplifier
- Voltage follower
- Integrator
- Active filter
- Function generator

The high gain and wide range of operating voltages provide superior performances in integrator, summing amplifier and general feedback applications. The internal compensation network (6dB/octave) insures stability in closed loop circuits.



N
DIP8
(Plastic Package)

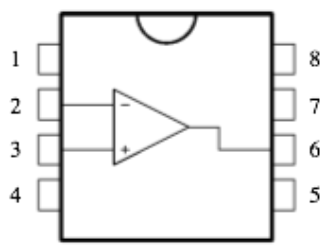
D
SO8
(Plastic Micropackage)

ORDER CODES

| Part Number | Temperature Range | Package | |
|-------------|-------------------|---------|---|
| | | N | D |
| UA741C | 0°C, +70°C | • | • |
| UA741I | -40°C, +105°C | • | • |
| UA741M | -55°C, +125°C | • | • |

Example : UA741CN

PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - Offset null 1
- 2 - Inverting input
- 3 - Non-inverting input
- 4 - Vcc⁻
- 5 - Offset null 2
- 6 - Output
- 7 - Vcc⁺
- 8 - N.C.

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}

Berechnen Sie die Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| $T = 100\mu\text{s}$ | I | 1 |
| $f_{UA2} = 1/T = 1/100\mu\text{s} = 10\text{kHz}$ | I | 1 |

Musterlösung: identisch mit Lösungsaspekten

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop

Zeichnen Sie in Abb. 1 die Messleitungen für das Oszilloskop M1 so ein, dass auf Channel I die Spannung U_{A1} und auf Channel II die Spannung U_{A2} angezeigt wird.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Verbindung Chn I - A1 zeichnen | I | 1 |
| Verbindung Chn II – A2 zeichnen | I | 1 |
| Verbindung Oszk.Gnd mit Schaltungs-Gnd. zeichnen | I | 1 |

Musterlösung: identisch mit Lösungsaspekten

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D_2

Bestimmen Sie die Zeitabschnitte in Abb. 2, in denen die Diode D_2 leitend, und die Zeitabschnitte, in denen sie gesperrt ist.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| $0 < t < 90\mu\text{s}$: D_2 leitend | I | 1 |
| $90\mu\text{s} < t < 10\mu\text{s}$: D_2 gesperrt | I | 1 |
| $100\mu\text{s} < t < 190\mu\text{s}$: D_2 leitend | I | 1 |
| $190\mu\text{s} < t < 200\mu\text{s}$: D_2 gesperrt | I | 1 |

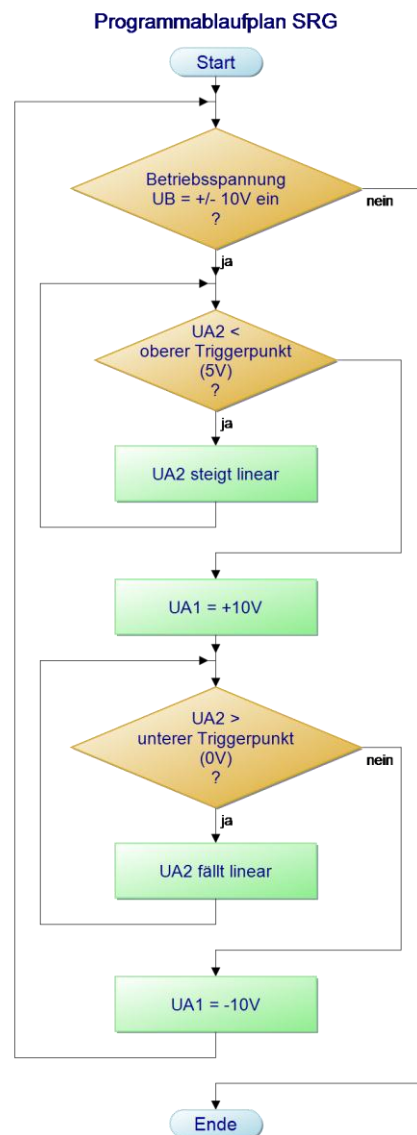
Musterlösung: identisch mit Lösungsaspekten

Teilaufgabe 4: Programmablaufplan für den Sägezahn-Rechteck-Generator

Beschreiben Sie die Funktionsweise des Sägezahn-Rechteck-Generators in Abb. 1 mit einem Programmablaufplan.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Verzweigungssymbol: oberer Triggerpunkt ($U_{A2} = 5V$)? | II | 1 |
| Prozesssymbol: U_{A2} steigt linear an | II | 1 |
| Prozesssymbol: Ausgabe der max. Ausgangsspannung ($U_{A1} = 10V$) | II | 1 |
| Verzweigungssymbol: U_{A2} unterer Triggerpunkt (0V) | II | 1 |
| Prozesssymbol: U_{A2} fällt linear | II | 1 |
| Prozesssymbol: Ausgabe der min. Ausgangsspannung ($U_{A1} = 0V$) | II | 1 |

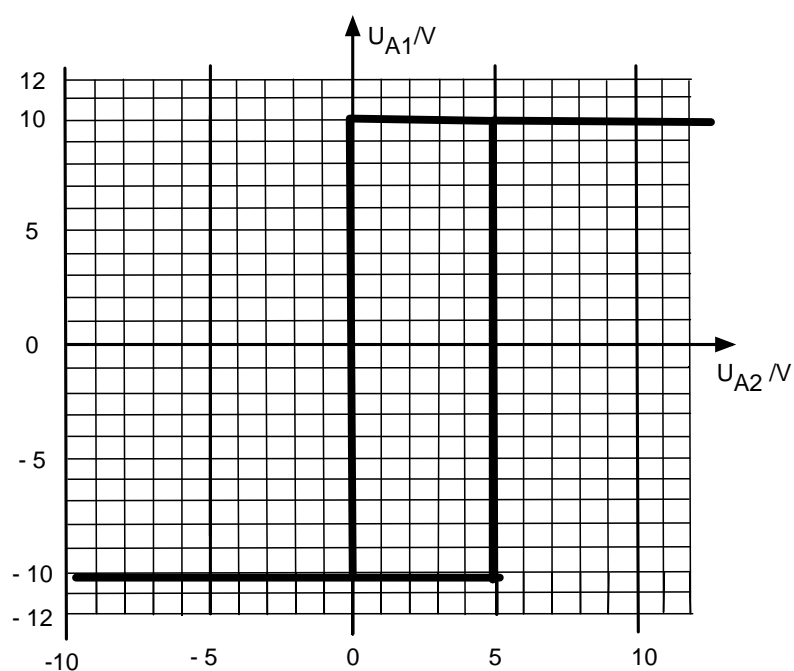
Musterlösung:



Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

Zeichnen Sie in Abb. 4 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so ein, dass sich die Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|-------------------------|-----|--------|
| Oberer Triggerpunkt 5V | II | 1 |
| Unterer Triggerpunkt 0V | II | 1 |
| U_{A1} max: +10V | II | 1 |
| U_{A1} min: -10V | II | 1 |
| Gesamtverlauf | II | 1 |

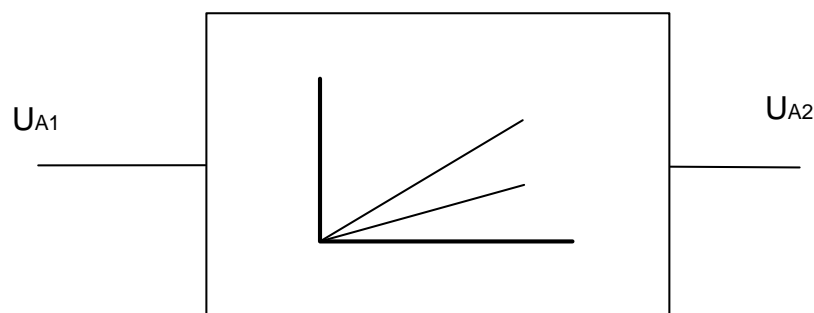
Musterlösung:

Teilaufgabe 6: Funktionsblock des Integrierers

Zeichnen Sie für den Integrierer in Abb. 1 den Funktionsblock

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Eingangsgröße U_{A1} | I | 1 |
| Ausgangsgröße U_{A2} | I | 1 |
| Übertragungsverhalten 1: pos. Sprung $U_{A1} \gg$ linearer Abfall von U_{A2} mit $T1$ | I | 1 |
| Übertragungsverhalten 2: neg. Sprung $U_{A1} \gg$ linearer Anstieg von U_{A2} mit $T2$ | I | 1 |
| $T1 > T2$ | I | 1 |

Musterlösung:



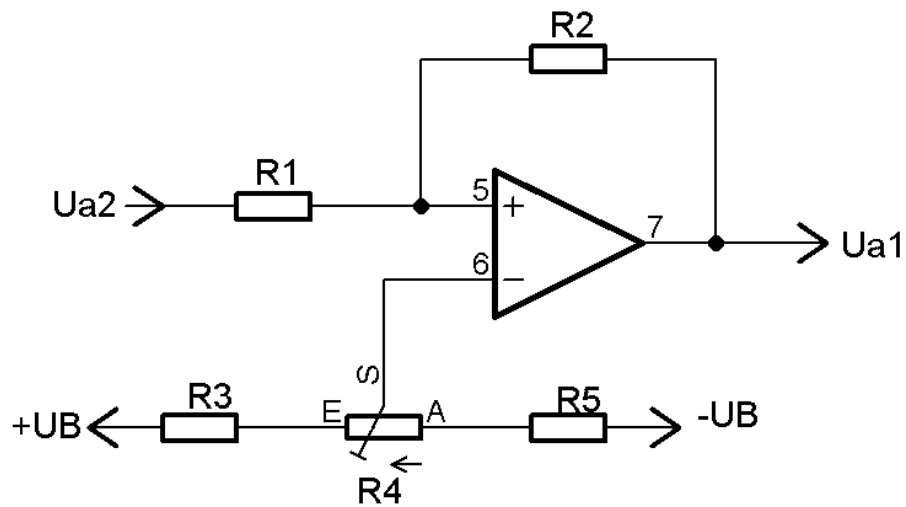
Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

Entwerfen Sie eine elektronische Schaltung für den Schmitt-Trigger, in der durch ein Potentiometer der Mittelpunkt des Hysteresebereichs verschoben werden kann.

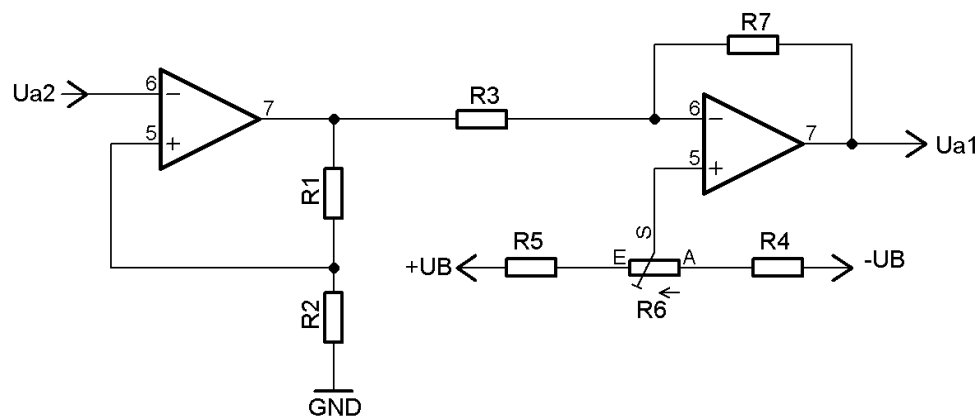
| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Nichtinvertierender Schmitt-Trigger (Funktion) | III | 1 |
| Hysteresis | III | 2 |
| Potentialverschiebung mit Poti am nichtinvertierenden Eingang | III | 3 |
| Gesamtzeichnung | III | 1 |

Drei mögliche Musterlösungen für die ergebnisoffene Aufgabenstellung:

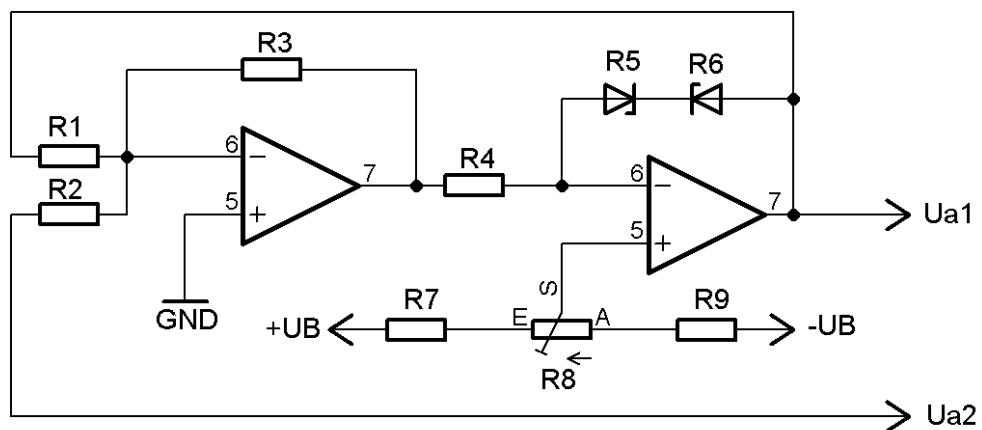
Lösungsmöglichkeit 1:



Lösungsmöglichkeit 2:



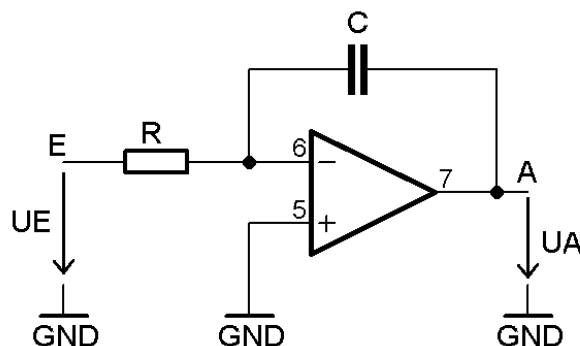
Lösungsmöglichkeit 3:



Teilaufgabe 8: Werte für R1, R2 und C des Integrierers

Dimensionieren Sie die Kapazität C und die Widerstände R₁ und R₂ des Integrierers so, dass sich der Verlauf der Ausgangsspannung U_{A2} (Abb. 2) ergibt.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Ansatz | II | 1 |
| Ansatz auf Anwendungsfall übertragen | | |
| U _{A2} steigend für t = 90μs, T = R ₂ ·C | II | 2 |
| U _{A2} fallend für t = 10μs, T = R ₁ ·C | II | 2 |
| Dimensionierungsformel | II | 1 |
| Wahl von C | II | 1 |
| Berechnung von R ₁ | II | 1 |
| Berechnung von R ₂ | II | 1 |

Musterlösung:


Lösungsschritt 1: Ansatz

$$\Delta U_A = -U_E \cdot \Delta t \cdot \frac{1}{\tau}$$

$$\tau = R \cdot C$$

$$U_E = \Delta U_E = |U_{A1}| - |U_{D1,2}|$$

Lösungsschritt 2: Ansatz übertragen

U_{A2} steigend: U_{A1} = -10V; Δt = 90μs

D₂ leitend

$$\Delta U_E = |U_{A1}| - |U_{D2}| = 9,4V$$

$$\tau = R_2 \cdot C; \quad \Delta U_A = \Delta U_{A2} = 5V$$

U_{A2} fallend: $U_{A1} = +10V$; $\Delta t = 10\mu s$

D_1 leitend

$$\Delta U_E = |U_{A1}| - |U_{D1}| = 9,4V$$

$$\tau = R_1 \cdot C; \quad \Delta U_A = \Delta U_{A2} = 5V$$

Lösungsschritt 3: Formeln zur Dimensionierung

$$\frac{\Delta U_{A2}}{\Delta U_E} = -\Delta t \cdot \frac{1}{\tau_{1,2}}; \quad \tau_1 = R_1 \cdot C; \quad \tau_2 = R_2 \cdot C$$

Lösungsschritt 4:

Berechnung R_2, C

$$\frac{5V}{9,4V} = -90\mu s \cdot \frac{1}{R_2 \cdot C}$$

$$R_2 \cdot C = \frac{9,4V}{5V} \cdot 90\mu s = 169,2\mu s$$

$$\text{gewählt: } C = 1nF \Rightarrow R_2 = 169,2k\Omega$$

$$10k\Omega < R_2 < 10M\Omega$$

Berechnen von R_1, C

$$\frac{5V}{9,4V} = -10\mu s \cdot \frac{1}{R_1 \cdot C}$$

$$R_1 \cdot C = \frac{9,4V}{5V} \cdot 10\mu s = 18,8\mu s$$

$$\text{gewählt: } C = 1nF \Rightarrow R_1 = 18,8k\Omega$$

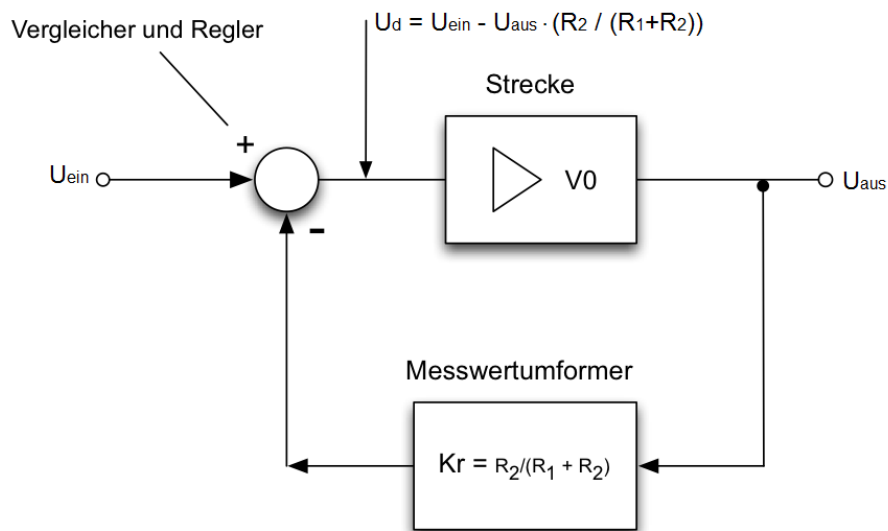
$$10k\Omega < R_1 < 10M\Omega$$

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

Zeichnen Sie einen regelungstechnischen Wirkungsplan für die nichtinvertierende OPV-Schaltung in Abb. 5.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Führungsgröße U_{Ein} | II | 1 |
| Regelgröße U_{aus} | II | 1 |
| Vergleicher: $e = w - r \Leftrightarrow U_d = U_{\text{ein}} - R_2 / (R_1 + R_2) \cdot U_{\text{aus}}$ | II | 1 |
| Messwertumformer: $K_r = R_2 / (R_1 + R_2)$ | II | 1 |
| Verstärker als Strecke: V_0 | II | 1 |
| Geschlossener Wirkungsablauf | II | 1 |

Musterlösung:



Teilaufgabe 10: Leerlaufverstärkung eines Operationsverstärkers (OPV)

Berechnen Sie die minimale Leerlaufverstärkung $V_{o,\min}$, die der Operationsverstärker N1 besitzen muss, damit die Fehlergrenze $\pm 0,1\%$ bei der Verstärkung $V = U_{\text{aus}} / U_{\text{ein}}$ der Schaltung eingehalten wird.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Ansatz: $V = U_{\text{aus}} / U_{\text{ein}} = V_o \cdot (U_{\text{ein}} - (R_2 / (R_1 + R_2)) \cdot U_{\text{aus}}) / U_{\text{ein}}$; $Kr = R_2 / (R_1 + R_2)$ | III | 2 |
| $V = V_o / (1 + Kr \cdot V_o)$ | III | 2 |
| $V_{\min} = V - 0,1\% = 10 - 0,1\% = 9,99$ | III | 1 |
| $V_{o,\min} = V_{\min} / (1 - Kr \cdot V_{\min})$ | III | 1 |
| $V_{o,\min} = 9,99 / (1 - 0,1 \cdot 9,99) = 9990$ | III | 1 |

Musterlösung:

Siehe Lösungsaspekte!

Teilaufgabe 11: Frequenz einer astabilen Kippschaltung

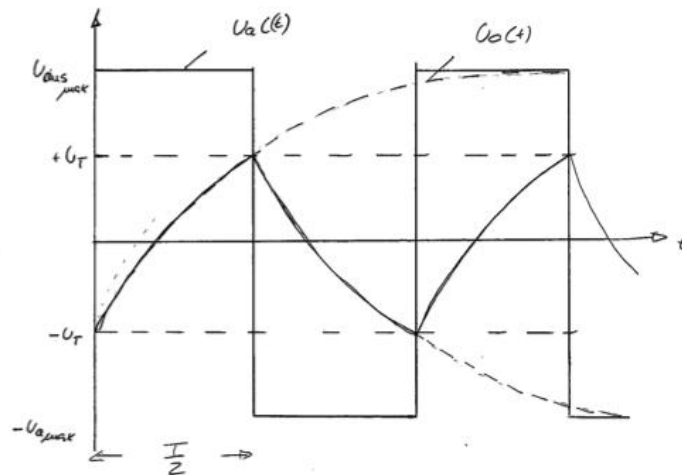
Weisen Sie nach, dass die astabile Kippschaltung in Abb. 6 eine Rechteckspannung U_{aus} mit der Frequenz $f \approx 300\text{Hz}$ erzeugt.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|------------|---------------|
| a) Mathematische Lösung b) Zeichnerische Lösung c) Mischform aus a) und b) | | |
| a1, b1: Zeitdiagramm für die astabile Kippstufe | III | 2 |
| a2, b2: Nachweisaufrag | II | 1 |
| a3, b3: Triggerspannung U_T | II | 2 |
| a4, b4: Zeitkonstante τ | II | 1 |
| a5: $U_C(t) = U \cdot (1 - e^{t/\tau})$ | III | 1 |
| a6: $U_C(t) = U_{\text{aus,max}} \cdot (1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-t/\tau})$ | III | 1 |
| a7: Für $t = T/2$: $U_C\left(\frac{T}{2}\right) = U_{\text{aus,max}} \cdot (1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-T/2\tau})$... $T = 2 \cdot \tau \cdot \ln\left(\frac{(1 + \alpha)}{(1 - \alpha)}\right) = 2 \cdot \tau \cdot \ln(3) = 2 \cdot 1,5\text{ms} \cdot \ln(3) = 3,31\text{ms}$ | III | 2 |
| a8: $f = 1/T = 303\text{Hz}$ | II | 1 |
| a9: Mathematisch ist nachgewiesen, dass die Frequenz der astabilen Kippstufe ca. 300Hz beträgt. | I | 1 |
| b5: $U_C(t)$ – Werte für $t = 0,7\tau, \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$ berechnen | III | 3 |
| b6: Zeitdiagramm erstellen: $U_{\text{aus}}(t), U_C(t)$, Zeitbereich: 0ms bis 8ms, Spannungsbereich: -15V bis +15V | III | 2 |
| b6: $U_C(t)$ – Werte in das Zeitdiagramm eintragen | II | 2 |
| b7: $U_C(t)$ - Verlauf zeichnen | II | 2 |
| b8: Zeichnerisch ist nachgewiesen, dass nach $T/2 = 1,62\text{ms}$ die Ausgangsspannung U_{aus} kippt. Demzufolge hat die Ausgangsspannung $U_{\text{aus}}(t)$ die Frequenz von $f = 2/T = 300\text{Hz}$. | III | 1 |

Musterlösungen a und b:

a) Mathematische Lösung

a1: Zeitdiagramm für die astabile Kippstufe



a2: Es ist nachzuweisen, dass die Umladezeit des Kondensators von $-U_T$ auf $+U_T$ bzw. von $+U_T$ auf $-U_T$ die Hälfte der Periodendauer beträgt. D.h. nach jeder Periodenhälfte hat die Kondensatorspannung U_C den Wert von U_T : $U_C(0) = -U_T$, $U_C(T/2) = +U_T$

$$a3: U_T = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{aus,max} = \alpha \cdot U_{aus,max} = 0,5 \cdot 14V = 7V$$

$$a4: \tau = C_1 \cdot R_3 = 100nF \cdot 15k\Omega = 1,5ms$$

$$a5: U_C(t) = U \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$a6: U_C(t) = U_{aus,max} \cdot (1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-t/\tau})$$

$$a7: \text{Für } t = T/2: \quad \alpha \cdot U_{aus,max} = U_{aus,max} \cdot (1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-T/2\tau})$$

$$\text{daraus folgt: } T = 2 \cdot \tau \cdot \ln\left(\frac{1+\alpha}{1-\alpha}\right) = 2 \cdot \tau \cdot \ln(3) = 2 \cdot 1,5ms \cdot \ln(3) = 3,31ms$$

$$a8: f = 1/T = 303Hz$$

a9: Mathematisch ist nachgewiesen, dass die Frequenz der astabilen Kippstufe ca. 300Hz beträgt.

b) Zeichnerische Lösung

b1: wie a1

b2: wie a2

b3: wie a3 (ohne Festlegung von α)

b4: wie a4

b5: Der Verlauf der Spannung am Kondensator C_1 wird in das Liniendiagramm für die Ausgangsspannung U_{aus} eingetragen.

Zeichnerische Fixpunkte:

$$U_C(0s) = -7V$$

$$U_C(0,7\tau) = U_C(1,05ms) = -7V + (14V + 7V) \cdot 0,5 = 3,5V$$

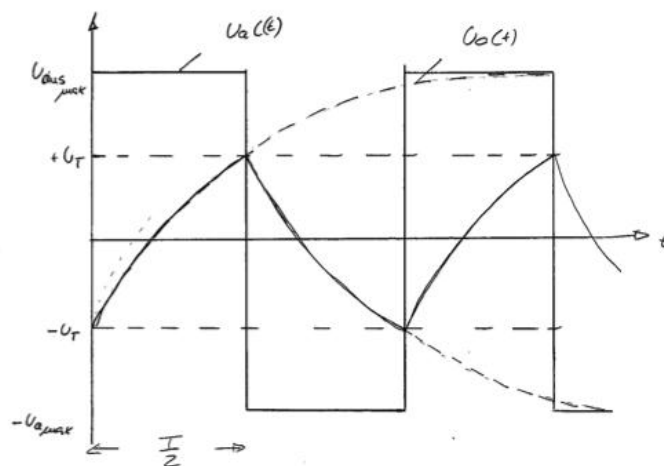
$$U_C(\tau) = U_C(1,5ms) = -7V + 0,63 \cdot 21V = 5V$$

$$U_C(2\tau) = U_C(3ms) = -7V + 0,86 \cdot 21V = 12V$$

$$U_C(3\tau) = U_C(4,5ms) = -7V + 0,95 \cdot 21V = 13,02V$$

$$U_C(4\tau) = U_C(6ms) = -7V + 0,98 \cdot 21V = 13,96V$$

$$U_C(5\tau) = U_C(7,5ms) = U_{\text{aus,max}} = 14V$$

b6: U_C - Fixpunkte eintragenb7: U_C - Verlauf zeichnen

b8: $U_C(T/2) = U_C(1,62ms) = 7V = +U_T$: Zeichnerisch konnte nachgewiesen werden, dass die Spannung $U_C(t)$ bei $t = T/2 = 1,62ms$ kippt. Demzufolge ist die Frequenz $f = 1/T = 300Hz$.

c) Lösung aus a) und b)

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

Überprüfen Sie die Dimensionierung des Integrierers hinsichtlich der Strombelastbarkeit des OPV.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| $U_{A1} = -10V$: $I_A = I_C = I_{R1} = (U_{A1} - 0,6V) / R_2 = 4,8mA$ | II | 1 |
| $U_{A1} = -10V$: $I_A = I_C = I_{R2} = (U_{A1} - 0,6V) / R_1 = 4,8mA$ | II | 1 |
| $I_{R1} > I_{Amax}$, $I_{R2} < I_{Amax} = 5mA$ | II | 1 |
| Die Strombelastung des OV liegt über dem zulässigen Wert $I_{Amax} = 5mA$. | II | 1 |

Musterlösung:

Siehe Lösungsaspekte!

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Eigenschaften des OPV 741

Benennen Sie in Tabelle 1 für fünf Kenndaten des OPV 741 die idealen und realen Werte.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|----------------------|-----|--------|
| Je Kenndatum 1 Punkt | I | 5 |

Musterlösung:

| Kenndaten | ideal | real |
|--|-----------------|------------------------------|
| Gleichtaktunterdrückung, Common-Mode-Rejection Ration (CMRR) | >>>>> unendlich | 90dB |
| Eingangsoffsetspannung | 0 Volt | einige μV ---- mV |
| Eingangswiderstand | unendlich | 100k Ω - 20M Ω |
| Leerlaufverstärkung | unendlich | 90dB - 120dB |
| Ausgangsstrom | unendlich | $\leq 25mA$ |
| Bandbreite | unendlich | < 100MHz |

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators

Beschreiben Sie fünf mögliche Funktions- und Leistungserweiterungen des Funktionsgenerators aus Abb. 1 im Hinblick auf den Einsatz als Spannungsquelle bei Experimenten.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--------------------------------|-----|--------|
| Je Erweiterungsaspekt: 1 Punkt | II | 5 |

Musterlösung:

Um den Funktionsgenerator flexibel einsetzen zu können, müsste(n)

- die Amplituden der Ausgangsspannungen einstellbar sein,
- die Frequenz der Ausgangsspannungen einstellbar sein,
- das Impuls-Pausen-Verhältnis der Ausgangsspannung U_{A1} einstellbar sein,
- die Flankensteilheit der Sägezahnspannung einstellbar sein,
- der Funktionsgenerator einen erhöhten Ausgangsstrom ermöglichen,
- der Funktionsgenerator kurzschlussfest gemacht werden,
- der Offset der Ausgangsspannung einstellbar sein.

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik

Benennen Sie drei Schaltungen und Geräte, die in der Elektrotechnik die Funktion eines Generators erfüllen.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|------------------------|-----|--------|
| Generatorart 1 | I | 1 |
| Generatorart 2 | I | 1 |
| Generatorart 3 | I | 1 |

Musterlösung:

Gleichspannungsgenerator (Lichtmaschine)

Drehstromgeneratoren in Kraftwerken

Gleichspannungsnetzteil

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Übersicht

C 1: Inhaltsbereich:

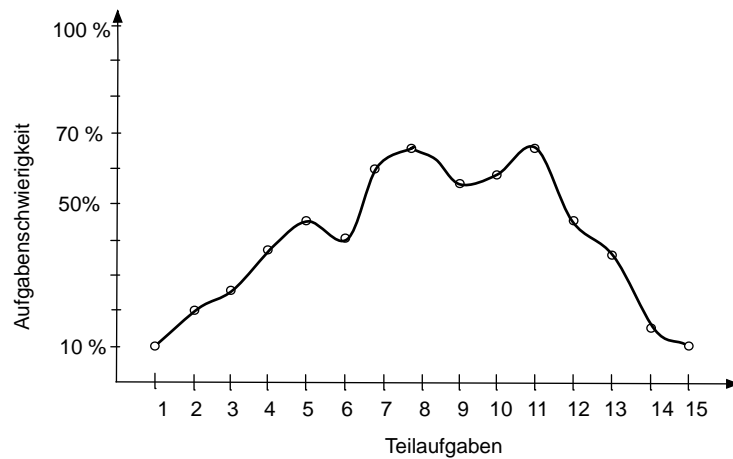
Analoge Schaltungstechnik (+ Regelungstechnik in Teilaufgabe 9)

C 2: Geprüfte Kompetenzen

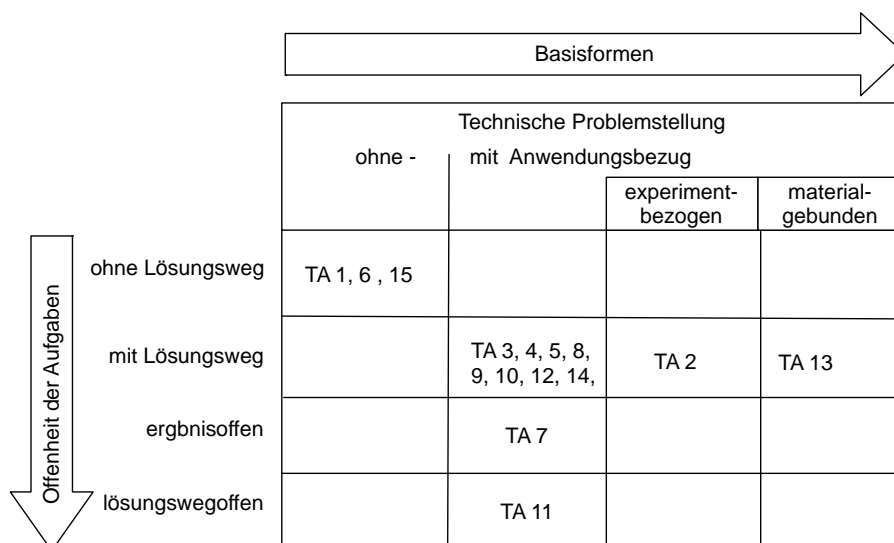
| | | Kompetenzbereiche | | | |
|--------------|---|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| | | Fachwissen A | Methoden- beherrschung B | Kommuni- kation C | Reflexion D |
| Teilaufgaben | | | | | |
| 1 | Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2} | A1, I (3) | | | |
| | Messung mit dem Oszilloskop | | B, I (1) | | |
| 3 | Schaltzustände der Diode D_2 | A1, II (1) | | | |
| 4 | Ablaufdiagramm für den Sägezahn-Rechteck-Generator | | | C, II (1) | |
| 5 | Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers | A1, II (5) | B, II (2) | | |
| 6 | Integrierer als Funktionsblock | A1, II (2) | B, II (1) | | |
| 7 | Schaltung des Schmitt-Triggers | A1, III(1) | B, II (1) | | |
| 8 | Werte für R_1 , R_2 und C des Integrierers | A1, II (4) | B, II (4) | | |
| 9 | Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis | A1, I (4) A4, III (1) | | | |
| 10 | Leerlauf-Verstärkung eines OPV | A1, II (3) | | | |
| 11 | Frequenz einer astabilen Kippschaltung (Rechteck-generator) | A1, III (6) | B, III (1) | | |

| | | | | | |
|----|--|------------|--|-----------|------------|
| 12 | Strombelastung des Integrierers | A1, II (2) | | | |
| 13 | Ideale und reale Eigenschaften eines Operationsverstärkers | A1, I (1) | | C, II (7) | |
| 14 | Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators | | | C, II (6) | D, III (1) |
| 15 | Generatoren in der Elektrotechnik | | | | D, I (1) |

C 3: Verteilung der Teilaufgaben nach Aufgabenschwierigkeit



C 4: Eingesetzte Aufgabenarten



C 5: Kommentare zu den Teilaufgaben

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannungen

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 I (3): Kennwerte von Grundbauelementen und Signalen berechnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST3: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung ohne Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 2 Minuten |

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> B I (2): Teilschritte der Fachmethode in einfachen Ausgangssituationen ausführen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Methodenbeherrschung (B) - B4: Messen |
| Aufgabenart | Experimentbezogene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 2 Minuten |

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D2

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundsaltungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 2 Minuten |

Teilaufgabe 4: Ablaufdiagramm für den Sägezahn-Rechteck-Generator

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (2): Verhalten von Grundsaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 6: Funktionsblock des Integrierers

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (2): Verhalten von Grundsaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen, • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen • Methodenbeherrschung (B) - B1: Schaltungsanalyse |

| | |
|------------------|--|
| Aufgabenart | Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug, ohne Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 3 Minuten |

Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 III (1): Elektronische Schaltungen anwendungsbezogen mit der Fachmethode Schaltungsentwurf entwickeln B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen Methodenbeherrschung (B) - B2: Schaltungsentwurf |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug, Ergebnisoffene Aufgabe: 3 Musterlösungen |
| Bearbeitungszeit | 8 Minuten |

Teilaufgabe 8: Werte von R_1 , R_2 und C des Integrators

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST), B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A II (4), Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundsaltungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren B III (1), Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen Methodenbeherrschung (B) - B3: Dimensionieren |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (2): Verhalten von Grundsaltungen und Anwendungssaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen, • A4 I (4): Regeleinrichtungen und Operationsverstärkerschaltungen einander zuordnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen • Fachwissen - Regelungstechnik (RT) - RT1: Grundbegriffe |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 4 Minuten |

Teilaufgabe 10: Leerlauf-Verstärkung eines Operationsverstärkers (OPV)

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (3): Größen für Anwendungssaltungen berechnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 11: Frequenz einer instabilen Kippschaltung

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST), • B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 III (6): Funktionale Zusammenhänge von Schaltungen nachweisen • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden |

| | |
|------------------|---|
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeiten mit Diagrammen |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug, Lösungsweg-offene Aufgaben |
| Bearbeitungszeit | 12 Minuten |

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (3): Größen für Anwendungsschaltungen berechnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug, Lösungsweg-offene Aufgaben |
| Bearbeitungszeit | 4 Minuten |

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Parameter des OPV 741

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST), C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 I (1): Den Unterschied zwischen idealen und realen Bauelementen beschreiben, C I (3): Einfache Datenblätter auswerten |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 6 Minuten |

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation • D - Reflexion |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • C II (4): Aussagen von technischen Darstellungen beschreiben • D III (1): Funktionalität von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen bewerten |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - K1: Grundbegriffe der Technikwissenschaften • Reflexion (D) - RB2: Elektrotechnische Funktionseinheiten, Geräte, Schaltungen und Programme in den Teilsystemen eines technischen Systems |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 8 Minuten |

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • D - Reflexion |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • D I (1): Einsatzmöglichkeiten von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in technischen Teilsystemen beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Reflexion (D) - RB3: Durch Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 3 Minuten |

6.2 Aufgabenbeispiel 2: Bedienfeldfreischaltung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch überprüfen

Teilaufgabe 6: Schaltungsänderung

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Die Bedien- und Anzeigeeinheit in einer Steuerung kann nur durch das Einstecken eines Klinensteckers in die zugehörige Buchse X der Auswerteschaltung freigeschaltet werden (Abb. 1). Der Klinenstecker mit den eingelöteten Widerstände R4 und R8 dient als elektronischer analoger Schlüssel.

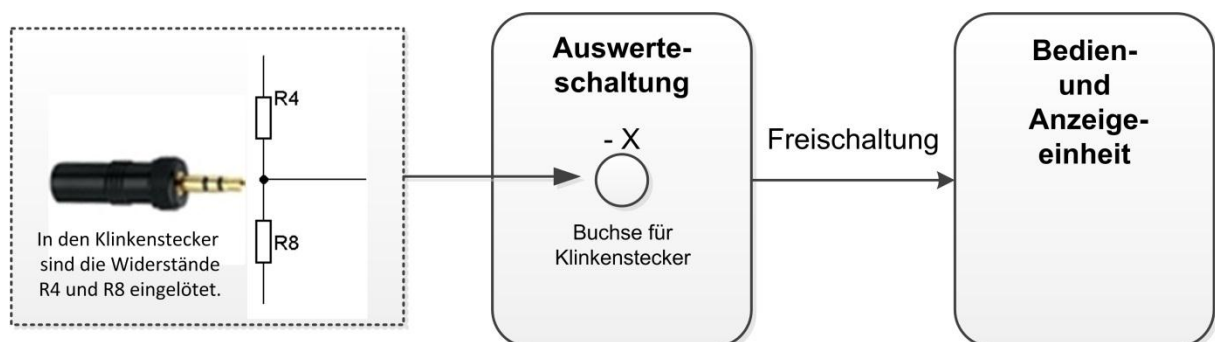


Abb. 1: Freischaltung der Bedien- und Anzeigeeinheit einer Steuerung

Abb. 2 zeigt die Auswerteschaltung für den analogen Schlüssel (Klinkenstecker)

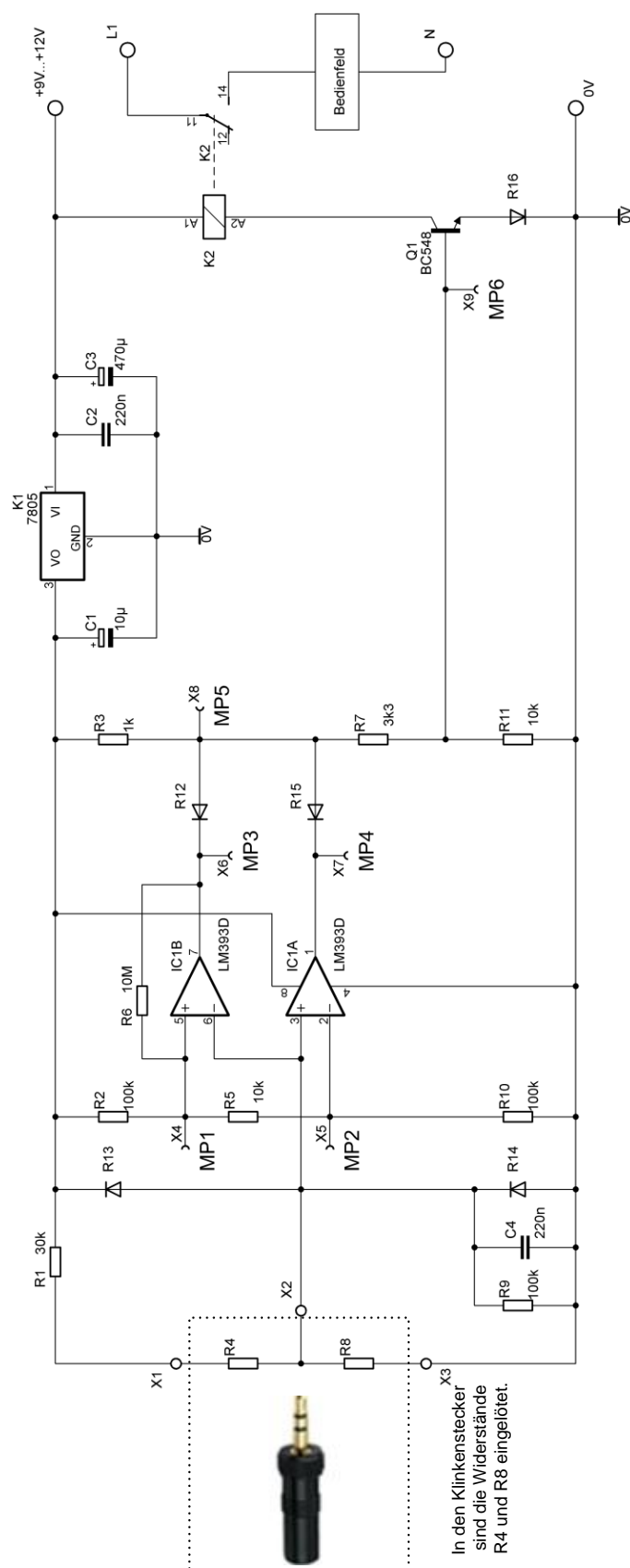


Abb. 2: Auswerteschaltung für den analogen elektronischen Schlüssel

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

Die Schaltung in Abb. 2 soll vor Verpolung der Betriebsspannung und vor zu hohen Induktionsspannungen durch das Abschalten des Relais K2 geschützt werden. Dies soll durch Dioden geschehen.

Zeichnen Sie die Dioden so in die Schaltung (Abb. 2) ein, dass die geforderten Schutzfunktionen erfüllt werden.

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

Durch das Einstecken des Klinkensteckers in die vorgesehene Buchse des Bedienfeldes wird eine Verbindung zwischen den Klemmen X1, X2 und X3 hergestellt (siehe Abb. 2).

Bei einer stimmigen Widerstandskombination von R4 und R8 zieht das Relais K2 an und schaltet das Bedienfeld frei. In einem Test wurden drei verschiedene Widerstandskombinationen ausprobiert. Es ergaben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Spannungspegel an der Klemme X2. Es zeigte sich in diesem Test, dass das Relais bei einer Spannung von 2,5V an Klemme X2 anzieht und somit das Bedienfeld freischaltet.

Die Dioden besitzen eine Durchlassspannung von 0,7V.

Ermitteln Sie die in der Tabelle 1 fehlenden zu erwartenden Spannungspegel gegen Masse an den ausgewählten Messpunkten MP1 bis MP6.

| U_{X2}/V | U_{MP1}/V | U_{MP2}/V | U_{MP3}/V | U_{MP4}/V | U_{MP5}/V | U_{MP6}/V | Schaltzustand Relais |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| 1,5 | | | | | | | Nicht angezogen |
| 2,5 | 2,62 | 2,38 | 5 | 5 | 4,2 | 1,4 | Angezogen |
| 3,5 | | | | | | | Nicht angezogen |

Tabelle 1: Spannungspegel und Schaltzustand des Relais

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

Die Widerstände R4 und R8 müssen so gewählt werden, dass eine Spannung von 2,5V an Klemme X2 liegt, um das Bedienfeld freizuschalten.

Hinweis: Die Dioden R13 und R14 haben ideale Eigenschaften.

Dimensionieren Sie die Widerstände R4 und R8 (E-24-Reihe), um das Bedienfeld freizuschalten.

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

Nach Lötarbeiten an der Platine der Schaltung zieht das Relais nicht mehr an, auch wenn der Schlüssel mit der richtigen Widerstandskombination eingesetzt wird. Somit liegt eine Fehlfunktion vor. Der Schlüssel wurde durchgemessen und ist in Ordnung.

Eine erste Messung an der Schaltung mit eingestecktem Schlüssel ergab an der Klemme X2 eine Spannung von 0V statt der zur Freischaltung benötigten 2,5V.

Beschreiben Sie zwei mögliche Fehlerursachen.

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch überprüfen

Bei der anschließenden Inbetriebnahme soll die Funktionsfähigkeit der beiden Operationsverstärker IC1A und IC1B durch Messung der Ausgangssignale der Operationsverstärker in der Schaltung nachgewiesen werden, ohne diese auszulöten. An Stelle verschiedener Schlüssel steht eine einstellbare Gleichspannungsquelle zur Verfügung.

Zeichnen Sie die Verbindungen zu den benötigten Messgeräten P1 und P2 und der einstellbaren Gleichspannungsquelle G1 in Abb. 3 ein.

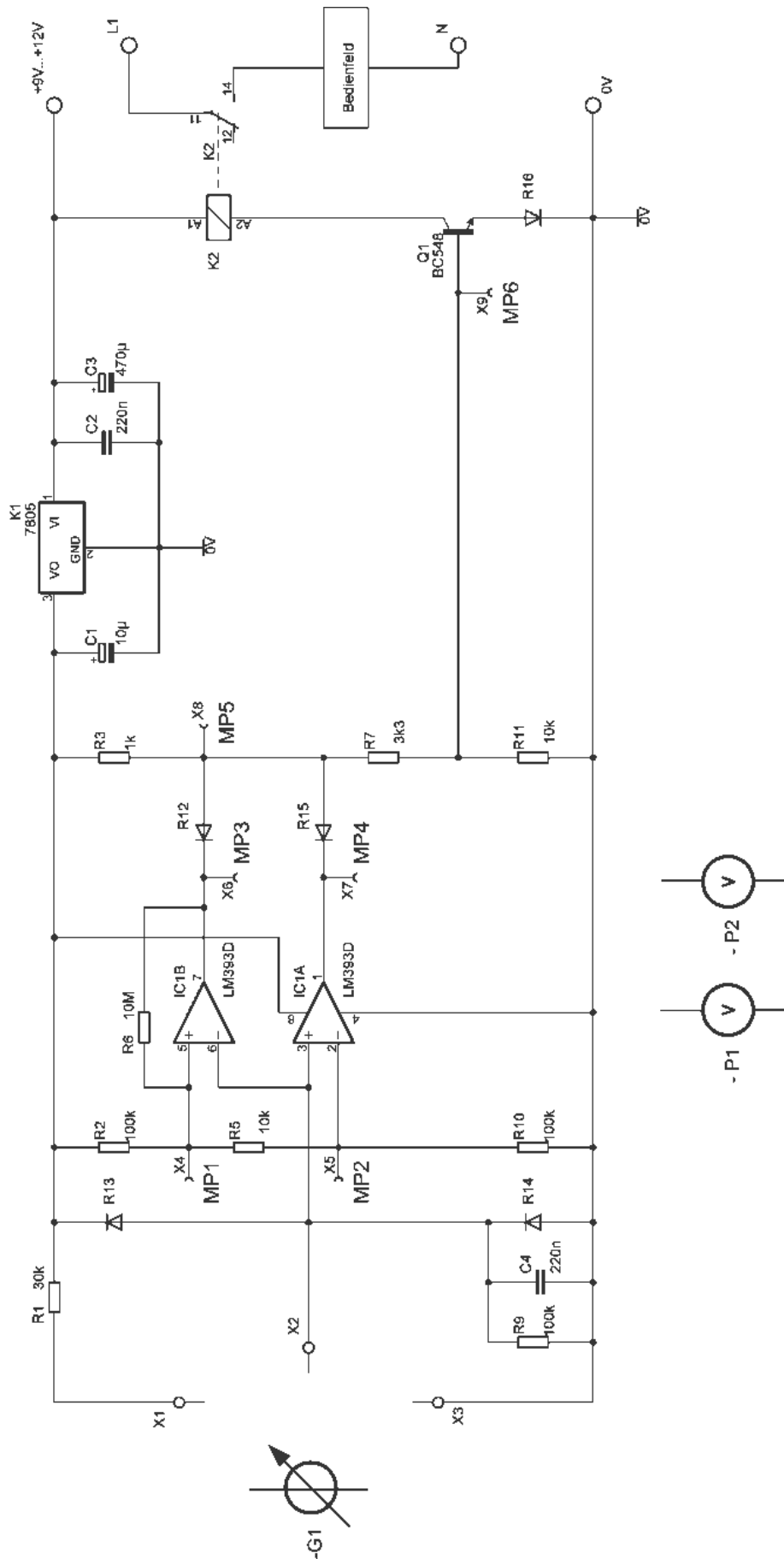


Abb. 3: Messschaltung

Teilaufgabe 6: Schaltungsänderung

Der Schaltungsteil in Abb. 2, bestehend aus R3, R7, R11, R12 und R15, bildet eine UND-Verknüpfung und soll durch den TTL-Logikbaustein 7400 (Abb. 4) ersetzt werden. Zusätzlich benötigte Standardbauelemente wie z. B. Widerstände und Kondensatoren stehen zur Verfügung.

Hinweis: Die Ausgangsspannung des TTL-Logikbausteins 7400 beträgt bei High-Signal 3,5V.

Entwickeln Sie eine Schaltung für die geforderte Änderung in Abb. 4.

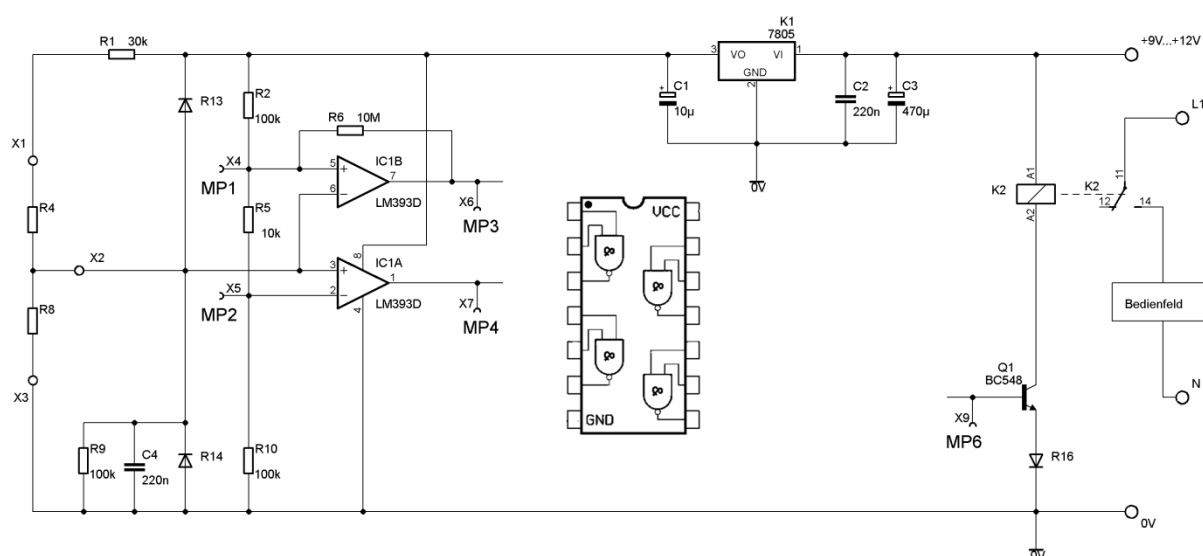


Abb. 4: Schaltung mit Logikbaustein 7400

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

Zeichnen Sie die Dioden so in die Schaltung (Abb. 2) ein, dass die geforderten Schutzfunktionen erfüllt werden.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Freilaufdiode parallel zu K2 zeichnen | II | 1 |
| Polung der Freilaufdiode richtig | II | 1 |
| Diode Verpolungsschutz zeichnen | II | 1 |
| Polung der Diode Verpolungsschutz richtig | II | 1 |

Musterlösung:

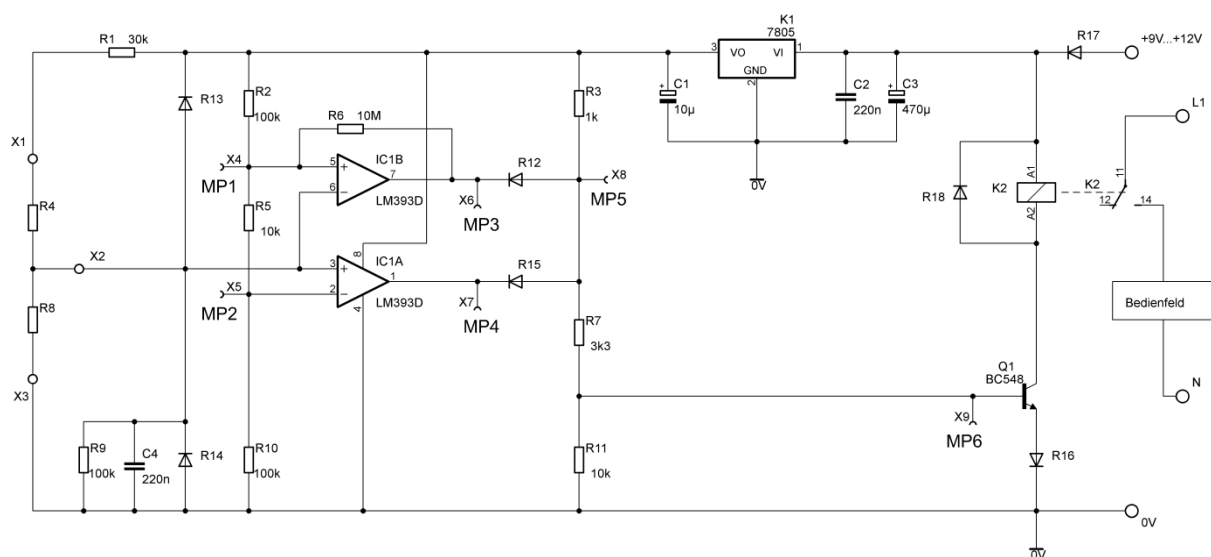


Abb. 5: Schaltung mit Schutzdioden

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

Ermitteln Sie die in der Tabelle 1 fehlenden zu erwartenden Spannungspegel gegen Masse an den ausgewählten Messpunkten MP1 bis MP6.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|------------------------------------|-----|--------|
| Spannungspegel U_{MP1} ermittelt | II | 2 |
| Spannungspegel U_{MP2} ermittelt | II | 2 |
| Spannungspegel U_{MP3} ermittelt | II | 2 |
| Spannungspegel U_{MP4} ermittelt | II | 2 |
| Spannungspegel U_{MP5} ermittelt | II | 2 |
| Spannungspegel U_{MP6} ermittelt | II | 2 |

Musterlösung:

| U_{X2}/V | U_{MP1}/V | U_{MP2}/V | U_{MP3}/V | U_{MP4}/V | U_{MP5}/V | U_{MP6}/V | Zustand Relais |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1,5 | 2,62 | 2,38 | 5 | 0 | 0,7 | 0,53 | Nicht angezogen |
| 2,5 | 2,62 | 2,38 | 5 | 5 | 4,2 | 1,4 | Angezogen |
| 3,5 | 2,62 | 2,38 | 0 | 5 | 0,7 | 0,53 | Nicht angezogen |

Tabelle 2: Spannungspegel und Schaltzustand des Relais

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

Dimensionieren Sie die Widerstände R4 und R8 (E-24-Reihe), um das Bedienfeld freizuschalten.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Reihenschaltung R1 und R4: $R_r = R_1 + R_4$ | I | 1 |
| Parallelschaltung R8 und R9: $R_p = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9}$ | II | 1 |
| Spannung von jeweils 2,5V an Rr und Rp | II | 1 |
| $R_r = R_p$ | II | 1 |
| Sinnvolle Wahl von R8 (alternativ R4) | II | 1 |
| Umstellen der Formel nach R4 (alternativ nach R8) | II | 1 |
| R4 ermitteln (alternativ R8) | II | 1 |

Musterlösung:

1. Lösungsschritt:

- Gesamtwiderstand der Reihenschaltung mit R1 und R4: $R_r = R_1 + R_4$
- Gesamtwiderstand der Parallelschaltung mit R8 und R9: $R_p = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9}$

2. Lösungsschritt:

Die an Klemme X2 liegenden 2,5V sind genau die Hälfte der Ausgangsspannung des Festspannungsreglers K1 (5V):

$$R_r = R_p \quad \text{bzw.} \quad R_1 + R_4 = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9}$$

3. Lösungsschritt:

Sinnvolle Wahl von R8 (z. B. R8 = 100kΩ)

(Anmerkung: Es muss $R_8 \geq 42,857\text{k}\Omega$ gelten, da ansonsten der Gesamtwiderstand der Parallelschaltung von R8 und R9 kleiner als der kleinstmögliche Widerstand der Reihenschaltung aus R1 und R4 wird.)

Alternativ: Sinnvolle Wahl von R4 (z. B. R4 = 20kΩ)

(Anmerkung: Es muss $R_4 \leq 70k\Omega$ gelten, da ansonsten der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung von R_1 und R_4 größer als der größtmögliche Widerstand der Parallelschaltung aus R_8 und R_9 wird.)

4. Lösungsschritt:

Ermitteln von R_4 ($R_8 = 100k\Omega$ gewählt):

$$R_4 = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9} - R_1 = \frac{100k\Omega \cdot 100k\Omega}{100k\Omega + 100k\Omega} - 30k\Omega = 20k\Omega$$

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

Beschreiben Sie zwei mögliche Fehlerursachen.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---------------------------------------|-----|--------|
| Mögliche Fehlerursache 1 beschrieben. | II | 3 |
| Mögliche Fehlerursache 2 beschrieben. | II | 3 |

Musterlösung:

Fehlerursache 1: Spannungsversorgung fehlt

Die Schaltung wird nicht mit Spannung versorgt, da z. B.

- die Betriebsspannung nicht anliegt,
- die als Verpolungsschutz eingefügte Diode defekt ist,
- der Festspannungsregler 7805 defekt ist
- oder der Widerstand R_1 nicht bestückt wurde.

Fehlerursache 2: Potential an Klemme X2 wird auf Masse gezogen

Das Potential an Klemme X2 wird auf Masse gezogen, da z. B.

- durch einen Lötspritzer eine leitende Verbindung zwischen Pin 3 und 4 des OPs entstanden ist,
- durch einen Lötspritzer eine leitende Verbindung zwischen Klemme X2 und X3 entstanden ist
- oder eines der Bauteile R_9 , C_4 oder D_6 mit einem Kurzschluss ausgefallen ist.

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch prüfen

Zeichnen Sie die Verbindungen zu den benötigten Messgeräten und der einstellbaren Gleichspannungsquelle in Abb. 3 ein.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Voltmeter zwischen X6 und GND geschaltet | II | 2 |
| Voltmeter zwischen X7 und GND geschaltet | II | 2 |
| Gleichspannungsquelle zwischen X2 und X3 geschaltet | II | 2 |

Musterlösung:

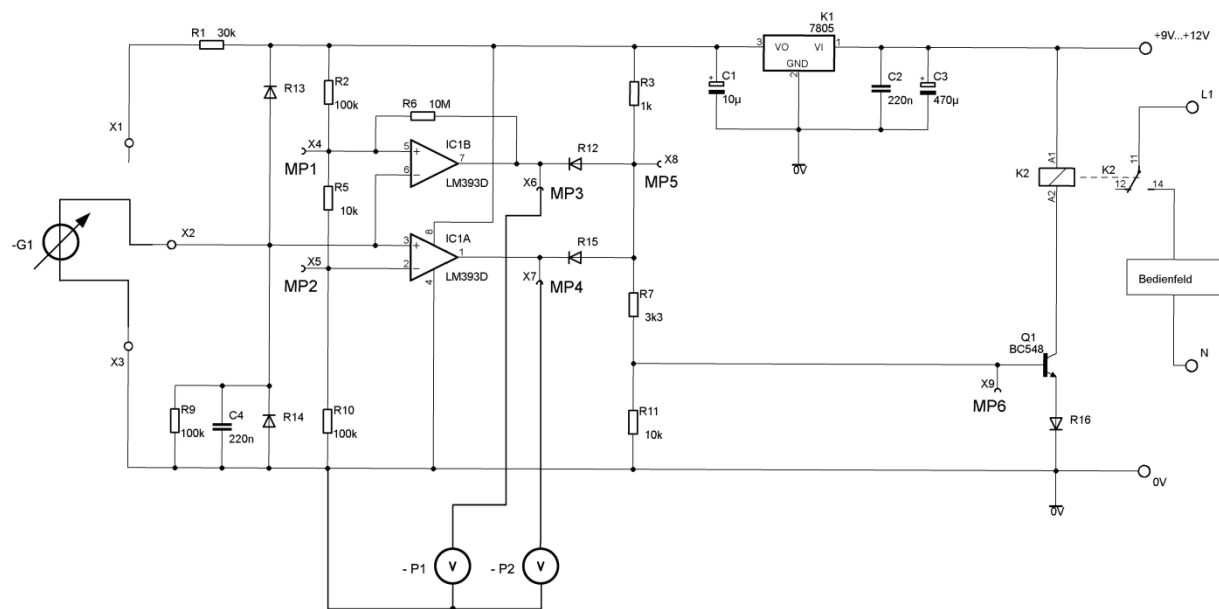


Abb. 6: Messschaltung

Entwickeln Sie eine Schaltung für die geforderte Änderung in Abb. 4.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| VCC auf + 5V verbunden | II | 1 |
| GND auf 0V verbunden | II | 1 |
| X6 und X7 mit Eingängen eines NAND Gatters verbunden | III | 2 |
| Ausgang des ersten NAND-Gatters auf Eingang eines zweiten NAND-Gatters verbunden | III | 1 |
| Offenen Eingang des zweiten NAND-Gatters auf definiertes Potential verbunden | III | 1 |
| Ausgang des zweiten NAND als Ansteuerleitung für die Basis gezeichnet | III | 1 |
| Basisvorwiderstand eingefügt | III | 1 |

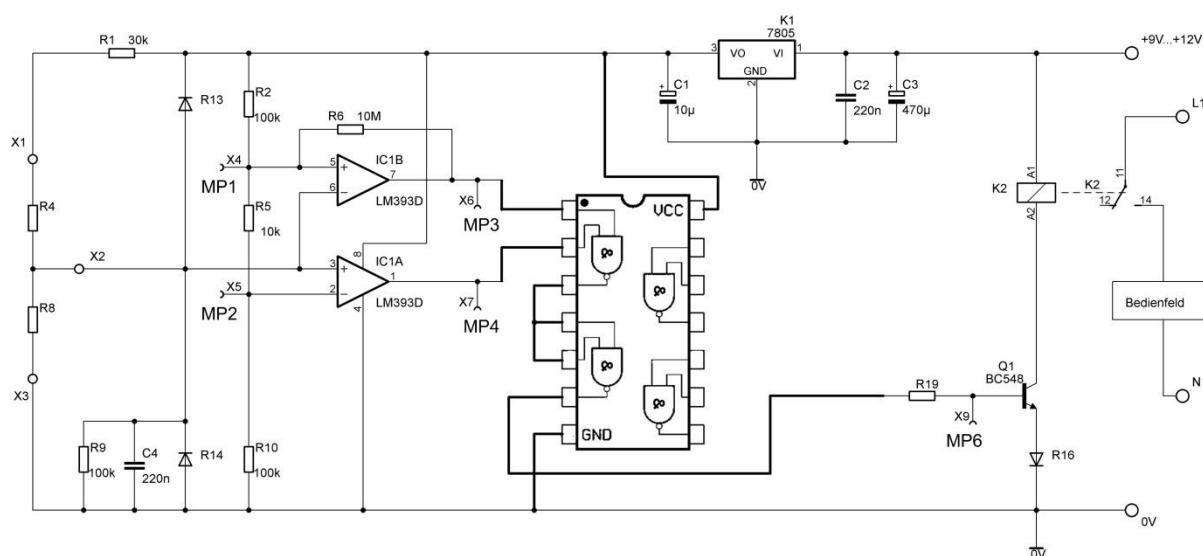


Abb. 7: Schaltung mit 7400

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (4): Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundsaltungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (2): Verhalten von Grundsaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen. A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundsaltungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren. |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (1): Elektronische Grundsaltungen dimensionieren • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen • Methodenbeherrschung (B) - B3: Dimensionieren |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundsaltungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren. • BII (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden. (BII (2)) |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen • Methodenbeherrschung (B) - B5: Fehlersuche |
| Aufgabenart | Experimentbezogene Aufgabe mit Anwendungsbezug ergebnisoffen |
| Bearbeitungszeit | 12 Minuten |

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch prüfen

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundsaltungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren • BII (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden • CI (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen • Methodenbeherrschung (B) - B4: Messen • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Experimentbezogene Aufgabe mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 6 Minuten |

Teilaufgabe 6: Schaltungsänderung

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A2 II (4): Schaltnetze und Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen • CI (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 12 Minuten |

6.3 Aufgabenbeispiel 3: Frequenzumrichter

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators

Teilaufgabe 2: Brummspannung

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Anhang: Erläuterungen zum Typenschild von Frequenzumrichtern

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Ein Frequenzumrichter ist ein Stromrichter, der aus einer in Frequenz und Spannungshöhe konstanten Eingangswechselspannung eine sowohl in der Spannungshöhe als auch in der Frequenz steuerbare Ausgangswechselspannung generiert. Bei dieser Aufgabe werden nur dreiphasige Frequenzumrichter betrachtet (siehe Abb. 1).

Durch die Veränderung der Frequenz und der Spannungshöhe der dreiphasigen Ausgangswechselspannung des Frequenzumrichters können die Drehzahl und das Drehmoment von Drehstromasynchronmotoren gezielt beeinflusst werden.

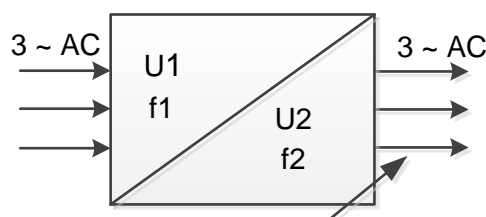


Abb.1: vereinfachtes Blockschaltbild eines Frequenzumrichters

Abb. 2 zeigt das vereinfachte Funktionsprinzip eines Frequenzumrichters. Die Netzspannung mit der Frequenz 50Hz wird zunächst gleichgerichtet. Diese gleichgerichtete Spannung wird mit Kondensatoren geglättet und anschließend mithilfe eines Wechselrichters in die gewünschte Spannung mit der gewünschten Frequenz umgeformt. Dieser Prozess kann durch eine Steuerung beeinflusst werden.

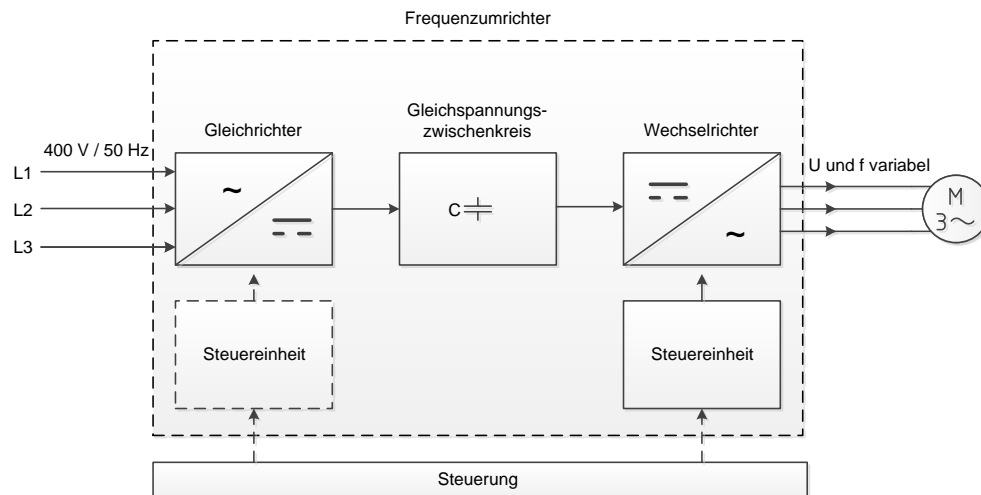


Abb. 2: Blockschaltbild eines Frequenzumrichters mit Motor

Ausgangssituation für die Teilaufgaben 1 und 2:

Abb. 3 zeigt die Eingangsschaltung eines Frequenzumrichters, bestehend aus dem Gleichrichter und dem Kondensator C1.

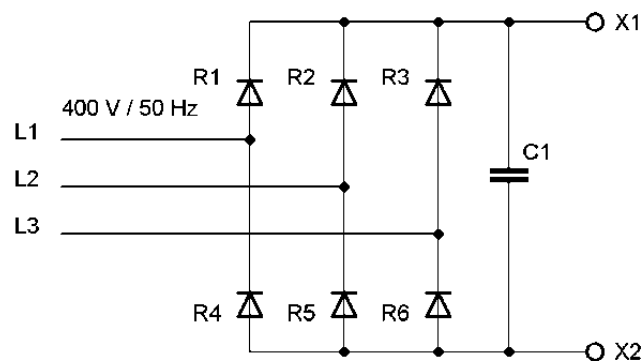


Abb. 3: Eingangsschaltung des Frequenzumrichters

Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators

Begründen Sie die Notwendigkeit für den Einsatz des Kondensators C1.

Teilaufgabe 2: Brummspannung

Berechnen Sie die Brummspannung der Ausgangsspannung U_{X1X2} , falls C1 in Abb. 3 nicht vorhanden ist.

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

In Abb. 4 ist eine gesteuerte Gleichrichterschaltung gezeigt.

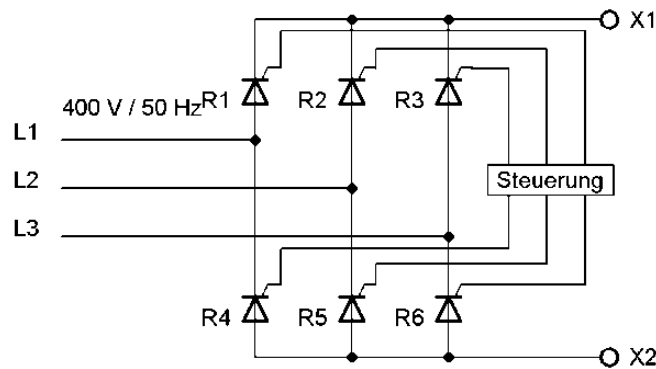


Abb. 4: Gesteuerte Gleichrichterschaltung

Den Zusammenhang zwischen dem Zündverzögerungswinkel α und dem Verhältnis $U_{di\alpha}/U_{dio}$ gibt die in Abb. 5 gezeigte Steuerkennlinie an.

Hinweis: $U_{di\alpha}$ ist die ideale Ausgangsgleichspannung zwischen den Klemmen X1 und X2 beim Zündverzögerungswinkel α . Beim Zündverzögerungswinkel $\alpha=0^\circ$ beträgt die ideale Gleichspannung $U_{dio} = 540\text{V}$.

Die Ausgangsspannung der steuerbaren Gleichrichterschaltung soll zwischen $U_{di\alpha1} = 400\text{V}$ und $U_{di\alpha2} = 500\text{V}$ für eine Widerstandslast einstellbar sein.

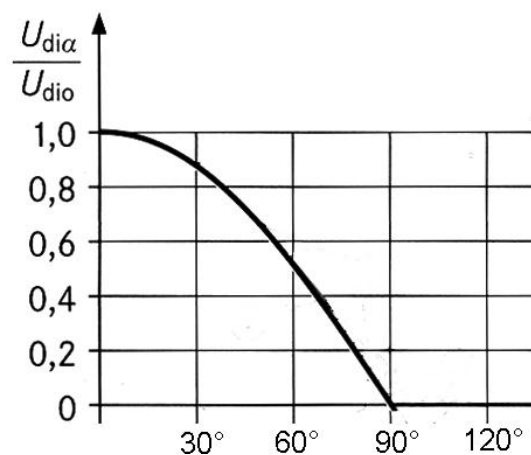


Abb. 5: Steuerkennlinie der Gleichrichterschaltung

Ermitteln Sie aus der Kennlinie den notwendigen Einstellbereich für den Zündverzögerungswinkel α .

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

Die Abb. 6 zeigt die Prinzipschaltung der Hauptstromkreise eines Wechselrichters. Zu Testzwecken wird der Wechselrichter zunächst mit einer ohmschen Last (bestehend aus R1, R2 und R3) betrieben. Die Schaltung zur Steuerung der Thyristoren und die Hilfsstromkreise zum Löschen der Thyristoren werden aus Vereinfachungsgründen nicht dargestellt. Die angelegte Gleichspannung beträgt 600V.

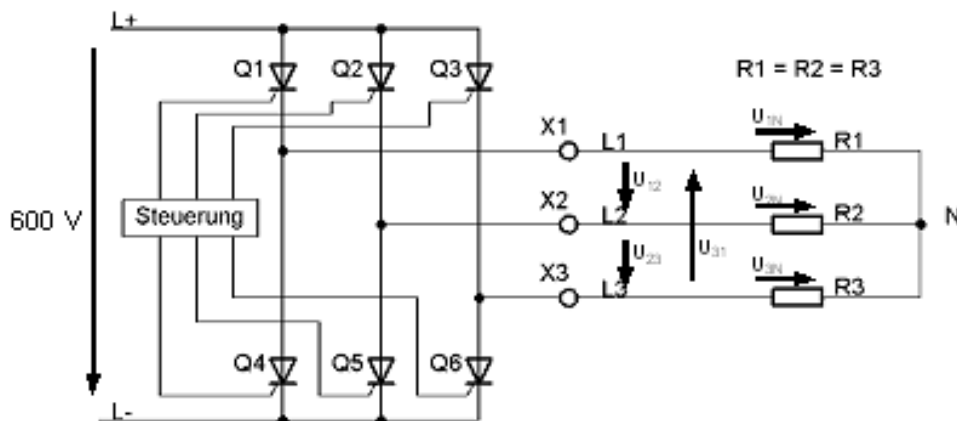


Abb. 6: Wechselrichter mit Thyristoren und externer Widerstandsast

Mit Hilfe des Zündfolgediagramms der Abb. 7 soll für eine Frequenz der Ausgangsspannung von $16\frac{2}{3} \text{ Hz}$ (Periodendauer $T = 60\text{ms}$) exemplarisch der Spannungsverlauf U_{23} zwischen den Außenleitern L2 und L3 und der Spannungsverlauf U_{2N} zwischen dem Außenleiter L2 und dem Neutralleiter N ermittelt werden.

In Abb. 8a und 8b sind die pulsformigen Verläufe der Ausgangsspannungen U_{12} und U_{1N} dargestellt. Die angenommenen Spannungsrichtungen sind in Abb. 6 eingezeichnet.

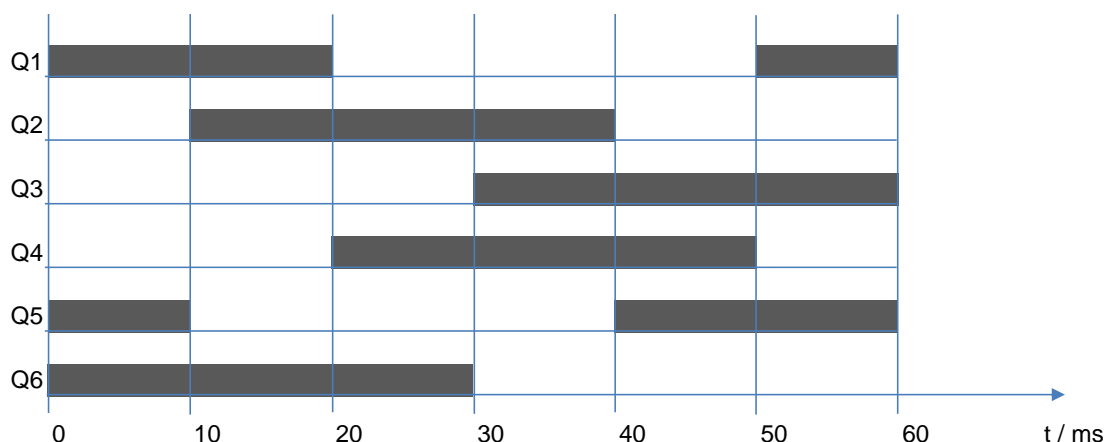


Abb. 7: Zündfolgediagramm

(Während der grau unterlegten Abschnitte sind die jeweiligen Thyristoren leitend).

Zeichnen Sie die Spannungsverläufe der Außenleiterspannung U_{23} und der Spannung zum Neutralleiter U_{2N} in die vorbereiteten Diagramme in Abb. 8a und 8b.

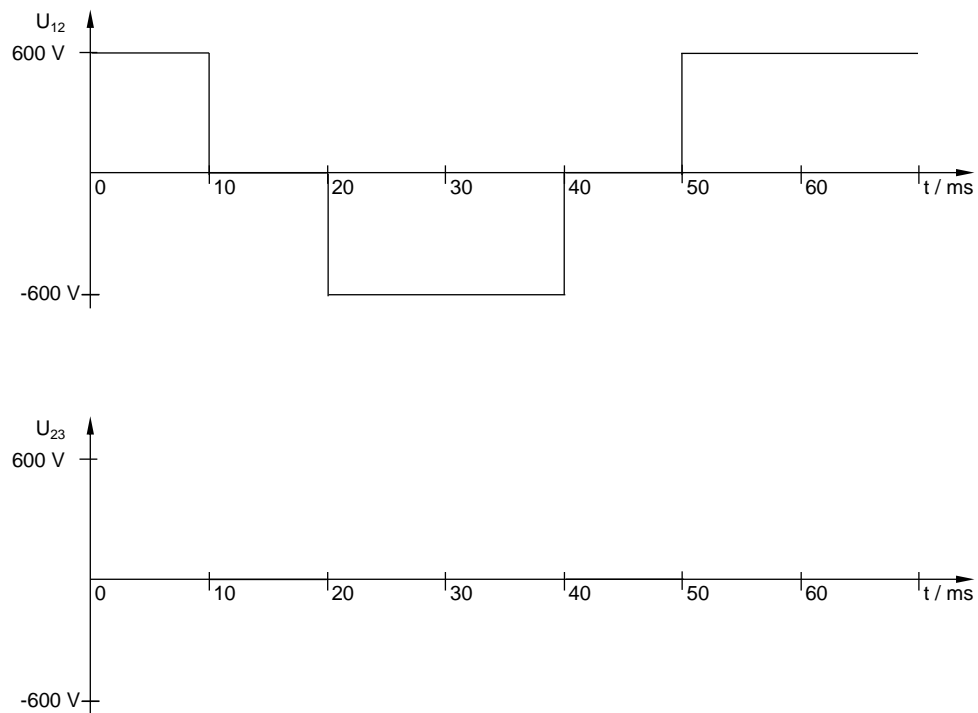


Abb. 8a: Spannungsverläufe zwischen den Außenleitern U_{12} und U_{23}

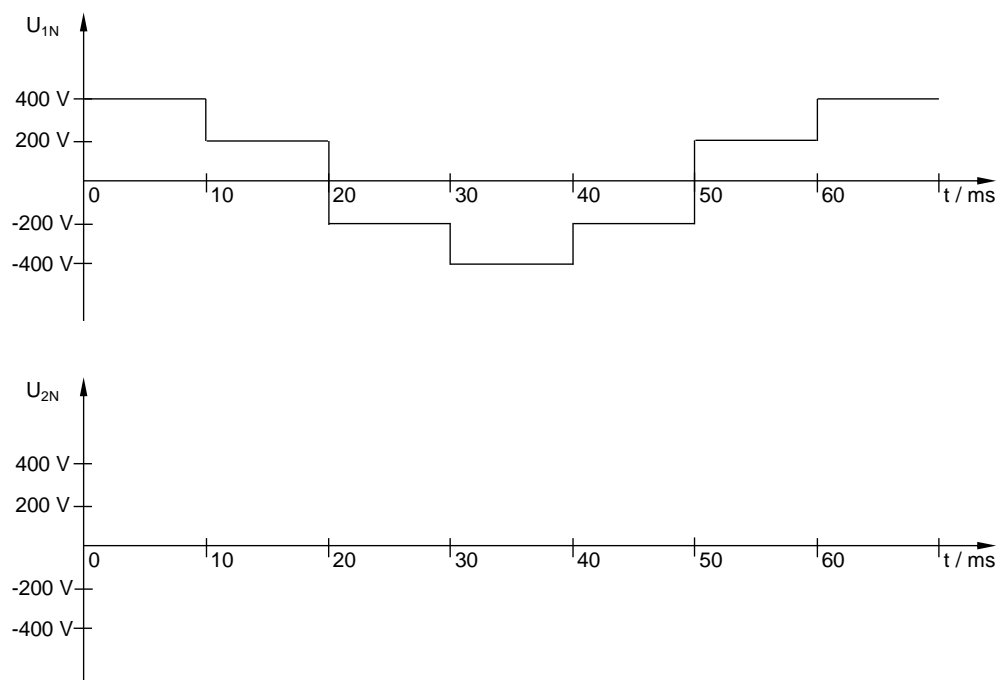


Abb. 8b: Spannungsverläufe der Spannungen zum Neutralleiter U_{1N} und U_{2N}

Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters

Abb. 9 zeigt das Typenschild eines Frequenzumrichters. Für eine Kundenpräsentation sollen die elektrisch relevanten Angaben des Typenschildes in Form eines aussagekräftigen Blockschaltbildes visualisiert werden. Erläuterungen zu den Typenschildangaben eines Frequenzumrichters befinden sich im Anhang.

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| MMX34AA9D0F0-0 | |
| Input: | Ue: 3~ AC, 380 – 480V, 50/60Hz, 11,5A |
| Output: | 3~ AC, 0 – Ue, 0 – 320Hz, 9,0A |
| Motor: | 4,0kW (400V) |

Abb. 9: Typenschild Frequenzumrichter MMX34AA9D0F0-0

Zeichnen Sie zu den Angaben des Typenschildes ein Blockschaltbild mit zugeordneten Werten.

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Ein Hersteller wirbt mithilfe der in Abb. 10 gezeigten Kennlinien für den Einsatz von Frequenzumrichtern.

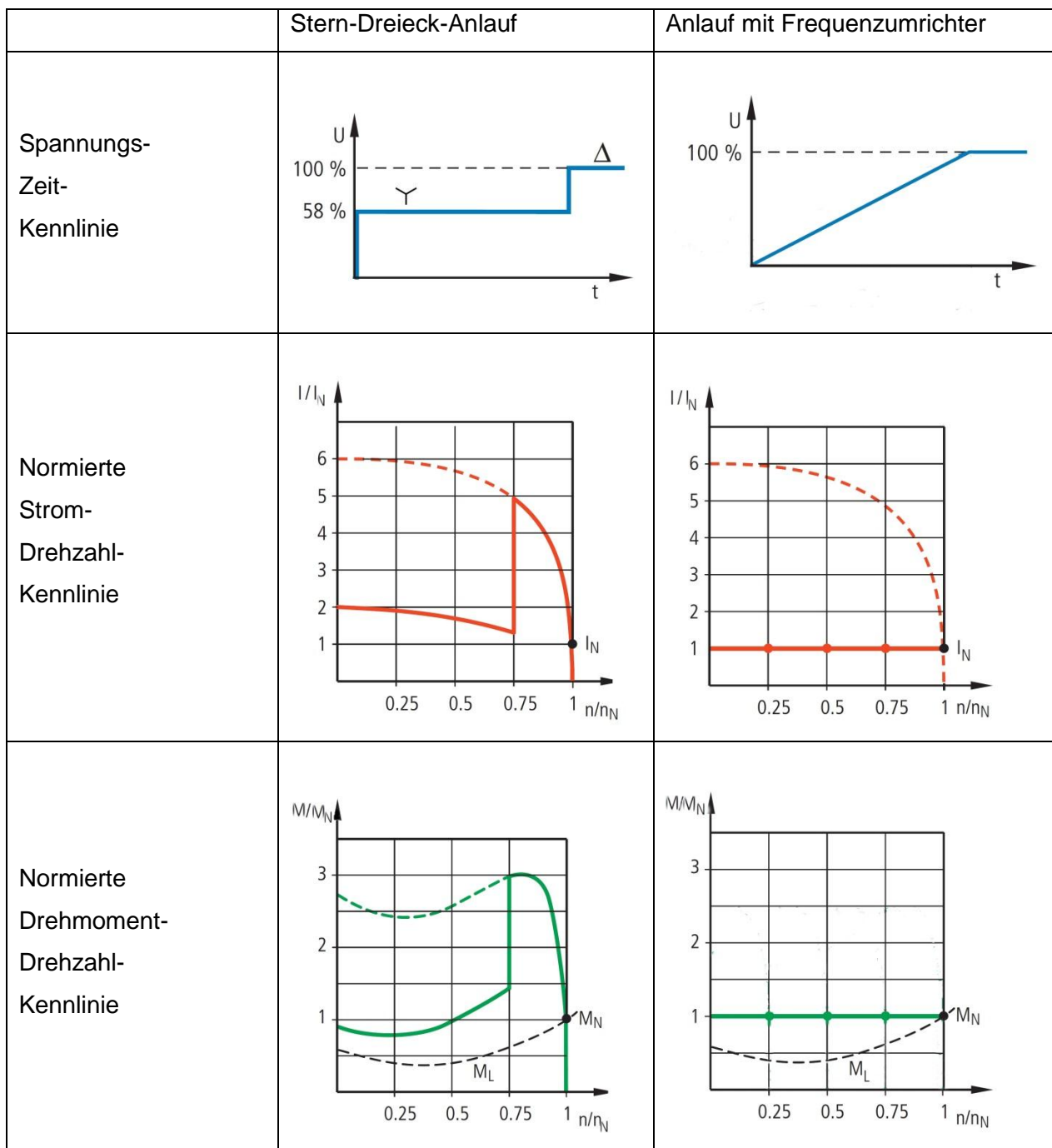


Abb. 10: Gegenüberstellung der Kennlinien für den Stern-Dreieck-Anlauf und den Anlauf mit Frequenzumrichter

Erläutern Sie die Vorteile des Motoranlaufes mit einem Frequenzumrichter in einem Antriebssystem gegenüber dem Stern-Dreieck-Anlassverfahren.

Anhang: Erläuterungen zum Typenschild von Frequenzumrichtern



Abb. 11: Typenschild des Frequenzumrichters MMX34AA3D3F0-0


| Beschriftung | Bedeutung |
|---|--|
| MMX34AA3D3F0-0 | <p>Typenbezeichnung:</p> <p>MMX = Frequenzumrichter der Gerätereihe M-Max</p> <p>3 = Dreiphasen-Netzanschluss</p> <p>4 = Spannungsstufe 400 V</p> <p>AA = Ausprägung (Software-Version A und alphanumerische Anzeige)</p> <p>3D3 = 3,3 A Bemessungsstrom (3-dezimal-3)</p> <p>F = Funk-Entstörfilter integriert</p> <p>0 = Schutzart IP20</p> <p>-0 = keine integrierte Optionsbaugruppe</p> |
| Input | Bemessungsdaten des Netzanschlusses: Dreiphasen-Wechselspannung (U_e 3~ AC), Spannung 380 – 480 V, Frequenz 50/60 Hz, Eingangsphasenstrom (4,0 A) |
| Output | Bemessungsdaten der Lastseite (Motor): Dreiphasen-Wechselspannung (0 - U_e), Ausgangsphasenstrom (3,3 A), Ausgangsfrequenz (0 - 320 Hz) |
| Motor | zugeordnete Motorleistung 1,1 kW bei 400 V/1.5 HP bei 460 V für einen vierpoligen, innen- oder oberflächengekühlten Drehstrom-Asynchronmotor (1500 min ⁻¹ bei 50 Hz/1800 rpm bei 60 Hz) |
| S/N | Seriennummer |
|  | <p>Der Frequenzumrichter ist ein elektrisches Betriebsmittel.</p> <p>Lesen Sie das Handbuch (hier AWB8230-1603) vor dem elektrischen Anschluss und der Inbetriebnahme.</p> |
| Max Amb. 50 °C | Die maximal zulässige Umgebungstemperatur im Betrieb darf +50 °C nicht überschreiten. |

Abb. 12: Bedeutung der Typenschildbeschriftungen

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators

Begründen Sie die Notwendigkeit für den Einsatz des Kondensators C1.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|-----------------------------|-----|--------|
| Ausgangsspannung pulsierend | II | 1 |
| Funktion Glättung genannt | II | 1 |

Musterlösung:

Bei der Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung handelt es sich um eine pulsierende Gleichspannung. Der Kondensator C1 dient zur Glättung dieser pulsierenden Spannung.

Teilaufgabe 2: Brummspannung

Berechnen Sie die Brummspannung der Ausgangsspannung U_{X1X2} , falls C1 in Abb. 3 nicht vorhanden ist.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Formel für die ideale Gleichspannung angegeben | II | 1 |
| Ideelle Gleichspannung berechnet | II | 1 |
| Formel für die Brummspannung angegeben | II | 1 |
| Brummspannung berechnet | II | 1 |

Musterlösung:

Es handelt sich um eine B6U Gleichrichterschaltung:

Ideelle Gleichspannung: $U_{di_X1X2} = U_{V0} \cdot 1,35 = U_{L1L2} \cdot 1,35 = 400V \cdot 1,35 = 540V$

Brummspannung: $U_{W_X1X2} = w_U \cdot U_{di_X1X2} = 0,04 \cdot 400V = 21,6V$

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

Ermitteln Sie aus der Kennlinie den notwendigen Einstellbereich für den Zündverzögerungswinkel α .

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Verhältnis $\frac{U_{di\alpha}}{U_{di0}}$ für beide Fälle ermittelt | I | 2 |
| Zugehöriger Steuerwinkel für beide Fälle abgelesen | I | 2 |
| Angabe des Einstellbereichs | I | 1 |

Musterlösung:

Rechnerische Ermittlung des Verhältnisses $\frac{U_{di\alpha}}{U_{di0}}$ für beide Fälle und Ablesen der zugehörigen Winkel aus der Steuerkennlinie.

Für $U_{di\alpha} = 400V$: $\frac{U_{di\alpha}}{U_{di0}} = \frac{400V}{500V} = 0,74 \rightarrow \alpha \approx 42^\circ$

Für $U_{di\alpha} = 500V$: $\frac{U_{di\alpha}}{U_{di0}} = \frac{500V}{540V} = 0,92 \rightarrow \alpha \approx 22^\circ$

Der notwendige Einstellbereich des Zündverzögerungswinkels α liegt zwischen 22° und 42° .

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

Zeichnen Sie die Spannungsverläufe der Außenleiterspannung U_{23} und der Spannung zum Neutralleiter U_{2N} in die vorbereiteten Diagramme in Abb. 8a und 8b.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Je richtig eingezeichnetem Spannungswert der Spannung U_{23} für ein 10ms Intervall 1 Punkt. | II | 7 |
| Je richtig eingezeichnetem Spannungswert der Spannung U_{2N} für ein 10ms Intervall 1 Punkt. | II | 7 |

Musterlösung:

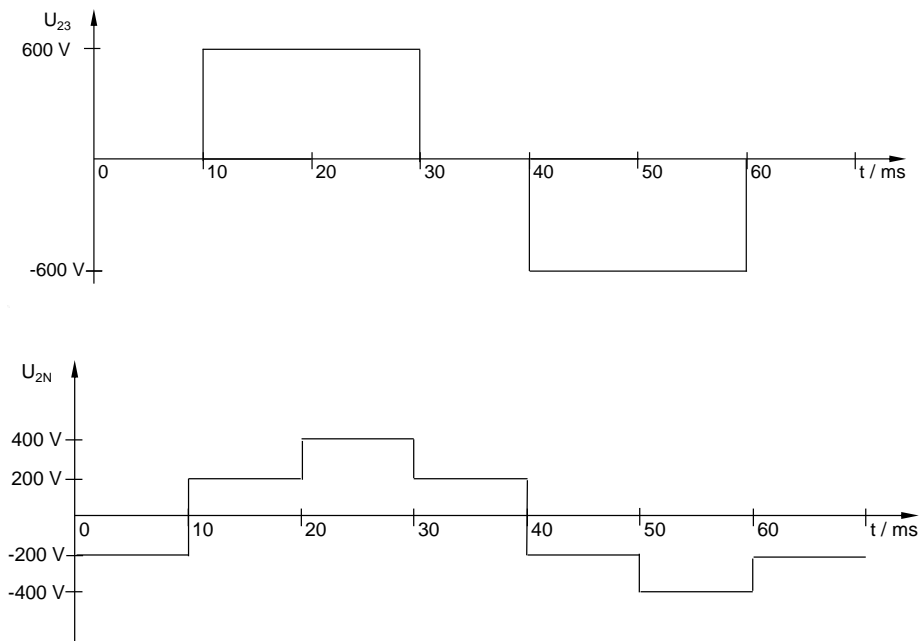


Abb. 13: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters

Zeichnen Sie zu den Angaben des Typenschildes ein Blockschaltbild mit zugeordneten Werten.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|------------|---------------|
| Blocksymbol Umrichter | II | 1 |
| Blocksymbol Motor | II | 1 |
| Jeweils 3 Eingangs- und Ausgangsleiter | II | 2 |
| Angaben 380 – 480V, 50/60Hz und 11,5A auf Eingangsseite | II | 3 |
| Angaben 0 – Ue, 0 – 320Hz und 9A auf Ausgangsseite | II | 3 |
| Motorleistung 4kW | II | 1 |

Musterlösung:

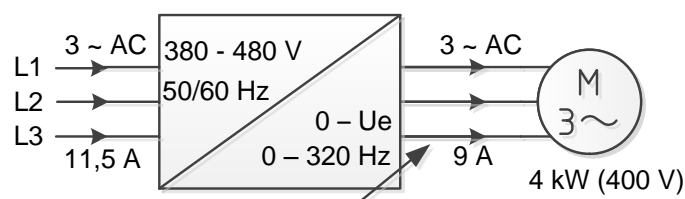


Abb. 14: Blockschaltbild zum Typenschild

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Erläutern Sie die Vorteile des Motoranlaufes mit einem Frequenzumrichter in einem Antriebssystem gegenüber dem Stern-Dreieck-Anlassverfahren.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|------------|---------------|
| Kontinuierliche (lineare)Spannungssteigerung bzw. Entfallen des schlagartigen Umschaltens | III | 1 |
| Vermeidung des sprunghaften Stromanstiegs | III | 1 |
| Vermeidung des sprunghaften Drehmomentanstiegs | III | 1 |
| Reduzierung der mechanischen Belastung des Antriebs | III | 1 |
| Konstanter Stromfluss | III | 1 |
| Vermeidung hoher Anlaufströme | III | 1 |
| Reduzierung der Netzbelastung | III | 1 |
| Konstantes Drehmoment über dem gesamten Drehzahlbereich | III | 1 |

Musterlösung:

Die Spannung lässt sich kontinuierlich linear steigern. Dadurch entfällt das schlagartige Umschalten wie bei der Stern-Dreieck-Schaltung. Hierdurch wird der sprunghafte Anstieg des Stromes und des Drehmomentes vermieden, so dass die mechanische Belastung des gesamten Antriebs auf ein Minimum reduziert wird.

Durch den konstanten Stromfluss über dem gesamten Drehzahlbereich werden hohe Anlaufströme vermieden und das Netz deutlich weniger belastet.

Auch bei gegenüber dem Stern-Dreieck-Anlauf deutlich geringeren Strömen ist schon im Anlauf ein hohes Drehmoment vorhanden. Dieses Drehmoment ist konstant über dem gesamten Drehzahlbereich.

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (7): Die Verwendung von Grundbauelementen in Schaltungen begründen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 2 Minuten |

Teilaufgabe 2: Brummspannung

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (3): Größen für Anwendungsschaltungen berechnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> B II (1): Statische und dynamische Kenngrößen aus Diagrammen grafisch ermitteln |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |

| | |
|------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeit mit Diagrammen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (2): Verhalten von Grundsaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> C II (2): Für die Darstellung einfacher Sachverhalte eine Darstellungsform erstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Materialgebundene Aufgabe mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 15 Minuten |

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation • D - Reflexion |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A3 III (1): Die Funktion von Schaltungen zur Ansteuerung von Motoren mithilfe von Impuls- / Zeitdiagrammen erläutern • B II (7): Statische und dynamische Kennwerte aus Diagrammen grafisch ermitteln • C III (2): Technische Prozesse unter Verwendung von Darstellungsformen erläutern • D III (1): Funktionalität von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen bewerten |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Elektrische Maschinen (EM) - EM2: Betriebsverhalten • Fachwissen - Elektrische Maschinen (EM) - EM3: Ansteuerung elektrischer Maschinen • Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeit mit Diagrammen • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik • Reflexion (D) - RB2: Elektrotechnische Funktionseinheiten, Geräte, Schaltungen und Programme in den Teilsystemen eines technischen Systems |
| Aufgabenart | Materialgebundene Aufgabe mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

6.4 Aufgabenbeispiel 4: Digitaler Kalender

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Funktionsblöcke des digitalen Kalenders
- Teilaufgabe 2:** Zähler für die Tage
- Teilaufgabe 3:** Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“
- Teilaufgabe 4:** Einsatz des Multiplexer 74153N
- Teilaufgabe 5:** Taktsignal mit NE555
- Teilaufgabe 6:** 7-Segment Ansteuerung mit FET
- Teilaufgabe 7:** Kalender mit Mikrocontroller
- Teilaufgabe 8:** RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle
- Teilaufgabe 9:** Ablauf Tage-Zähler
- Teilaufgabe 10:** Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

- Anhang 1:** Blockschaltbild des Digitalkalenders
- Anhang 2:** Schaltplan des Digitalkalenders
- Anhang 3:** Datenblattauszug des Zählers 74190N
- Anhang 4:** Datenblattauszug des Multiplexers 74153N

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Die Abb. 1 zeigt einen digitalen Kalender.

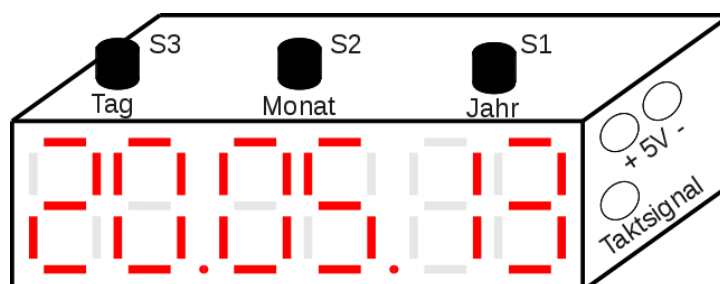


Abb. 1: Digitalkalender

Mit Taster S3 kann der Tag, mit Taster S2 der Monat und mit Taster S1 das Jahr eingestellt werden. Der Schaltung wird ein Taktsignal(Clock)-Signal zugeführt. Der digitale Kalender benötigt eine externe 5V Spannungsversorgung.

Teilaufgabe 1: Funktionsblöcke des digitalen Kalenders

Die Schaltung des digitalen Kalenders ist in Anhang 2 abgebildet. Die Funktionsweise der Schaltung zeigt das Blockschaltbild in Anhang 1. Jede Schaltungskomponente in der Schaltung kann eindeutig einem Funktionsblock aus dem Blockschaltbild zugeordnet werden. In der Tabelle 1 ist beispielhaft eine Zeile ausgefüllt.

Ordnen Sie in der Tabelle 1 die Funktionsblöcke und Bauelemente einander zu.


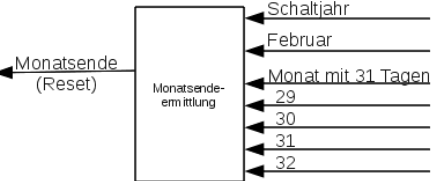
| Funktionsblock | Name des ICs | Bezeichnung des ICs |
|---|--------------|---------------------|
|  | V7 | 74190N |
|  | | |
| | | 7420N |
| | V8/1 | |

Tabelle 1: Zuordnung von Funktionsblock zu Schaltungskomponenten

Teilaufgabe 2: Zähler für die Tage

In Abb. 3 ist ein Ausschnitt aus der Schaltung aus Anhang 2 mit den Zählern für die Tage zu sehen. In Abb.4 ist das Signal-Zeit-Diagramm der beiden Zähler V4 und V7 dargestellt.

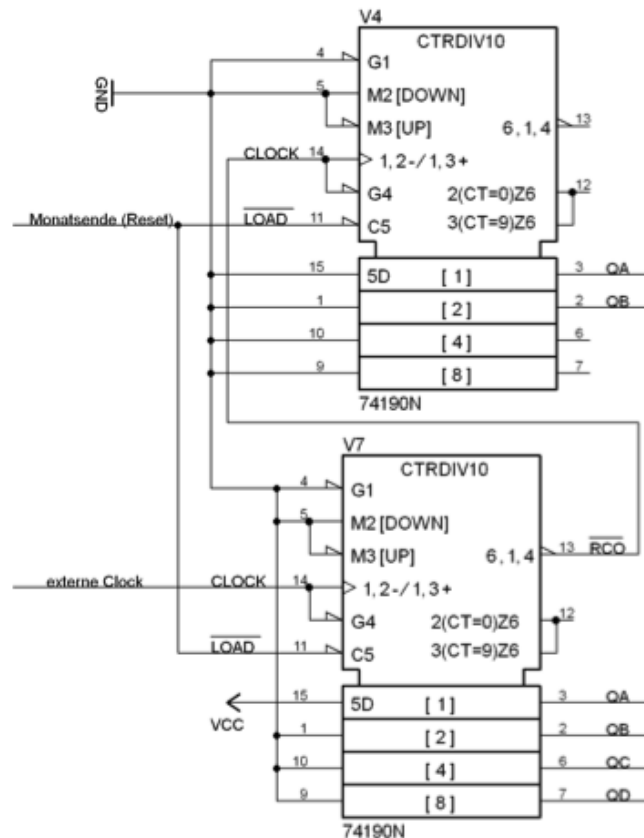


Abb. 3: Schaltungsausschnitt Zähler für die Tage

Der Zähler V4 zählt die Zehnerstelle und Zähler V7 die Einerstelle. Beide Zähler erhalten in dem Fall, der im Signal-Zeit-Diagramm in Abb. 4 dargestellt ist, einen Reset ($\overline{Load} = 0$) nach dem 31. Tag. Nach dem Reset beginnt der Zähler V7 wieder bei 1 zu zählen, da der nächste Monat mit dem 1. beginnt.

Am Anfang des Diagrammes zeigen Q_A und Q_B von V4 die Zehnerstelle „2“ und Q_A bis Q_D von V7 die Einerstelle „0“ (Zählwert = 20). Es folgen die Zählwerte 21 und 22, die noch vollständig eingezeichnet sind.

Im Anhang 3 ist ein Ausschnitt aus dem Datenblatt des IC 74190 gegeben, der zeigt, wie sich \overline{RCO} (Übertrag) in Abhängigkeit vom Zählwert und dem Takt(Clock)-signal verhält.

Zeichnen Sie die Signalverläufe von Q_A , Q_B und CLOCK des Zählers V4 und \overline{RCO} (Übertrag) von V7 in das untenstehende Signal-Zeit-Diagramm Abb. 4.

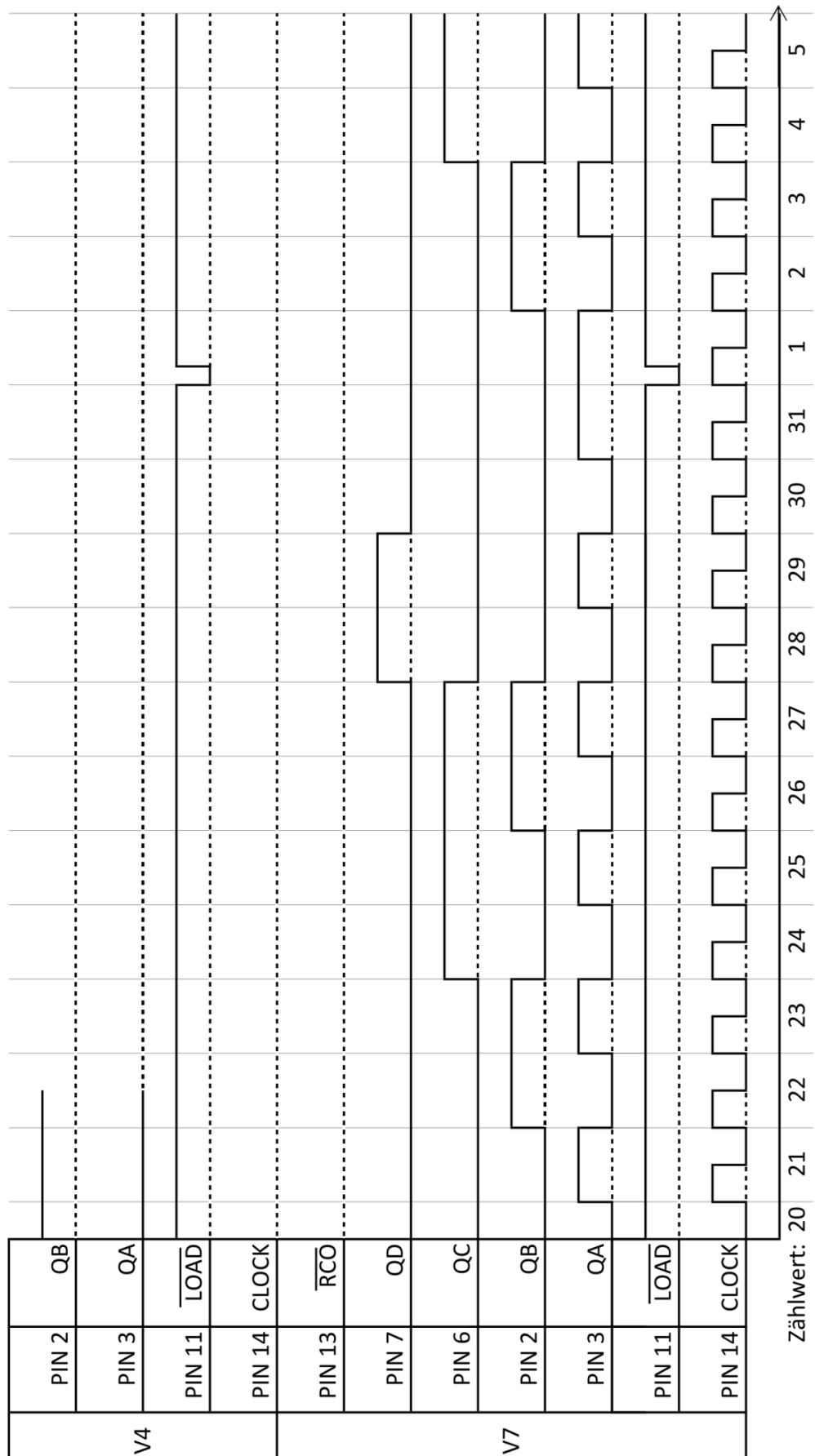


Abb. 4: Signal-Zeit-Diagramm V4, V7

Teilaufgabe 3: Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“

Im Schaltplan des Digitalkalenders im Anhang 2 befindet sich der Funktionsblock „Digitalschaltung 1“. Die folgende Abb. 5 zeigt einen vereinfachten Schaltungsausschnitt.

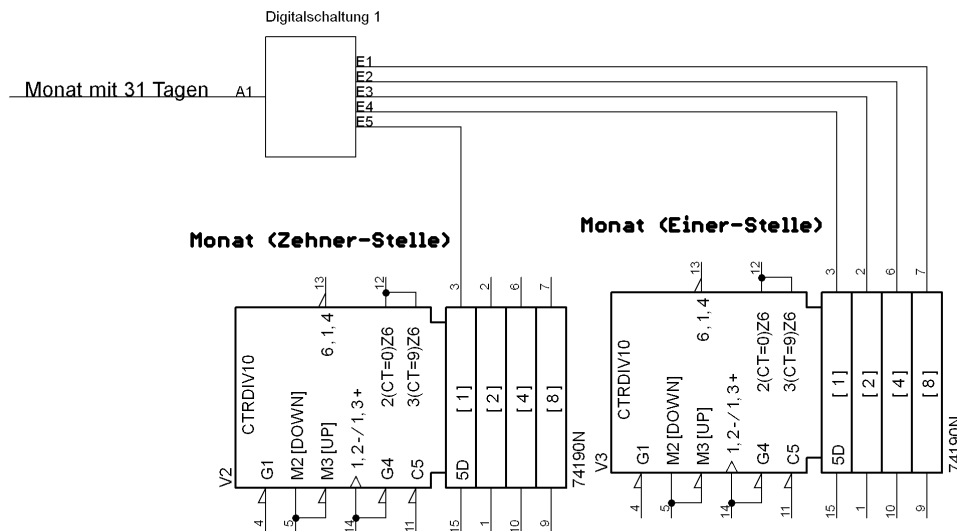


Abb. 5: Vereinfachter Schaltungsausschnitt „Digitalschaltung 1“

Zu dem Funktionsblock „Digitalschaltung 1“ gehört die Funktionstabelle, die in Abb. 6 gezeigt ist. Eingangssignale sind PIN 3, 2, 6, 7 des Monatszählers für die Einer-Stelle V3 und PIN 3 des Monatszählers für die Zehnerstelle V2. Die Schaltung liefert nur dann eine ‚1‘ als Logikpegel am Ausgang, wenn ein Monat mit 31 Tagen vorliegt.

Zeichnen Sie das zugehörige Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“ aus Anhang 1.

| Funktionsstabelle "Digitalschaltung 1" | | | | | | | |
|--|-----|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| Monat | Nr. | E5 | E4 | E3 | E2 | E1 | A1 |
| | | (V2/PIN 3) | (V3/PIN7) | (V3/PIN6) | (V3/PIN2) | (V3/PIN3) | (Monat mit 31 Tagen) |
| / | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Januar | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Februar | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| März | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| April | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Mai | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Juni | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Juli | 7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| August | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| September | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| / | 10 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| / | 11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| / | 12 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| / | 13 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| / | 14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| / | 15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Oktober | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| November | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Dezember | 18 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| / | ... | | | | | | 0 |
| / | 31 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Abb. 6: Funktionstabelle Reset Tages-Zähler

Teilaufgabe 4: Einsatz des Multiplexers 74153

In Abb. 7 ist der Multiplexer aus der Schaltung „Digitalkalender“ (Anhang 2) dargestellt.

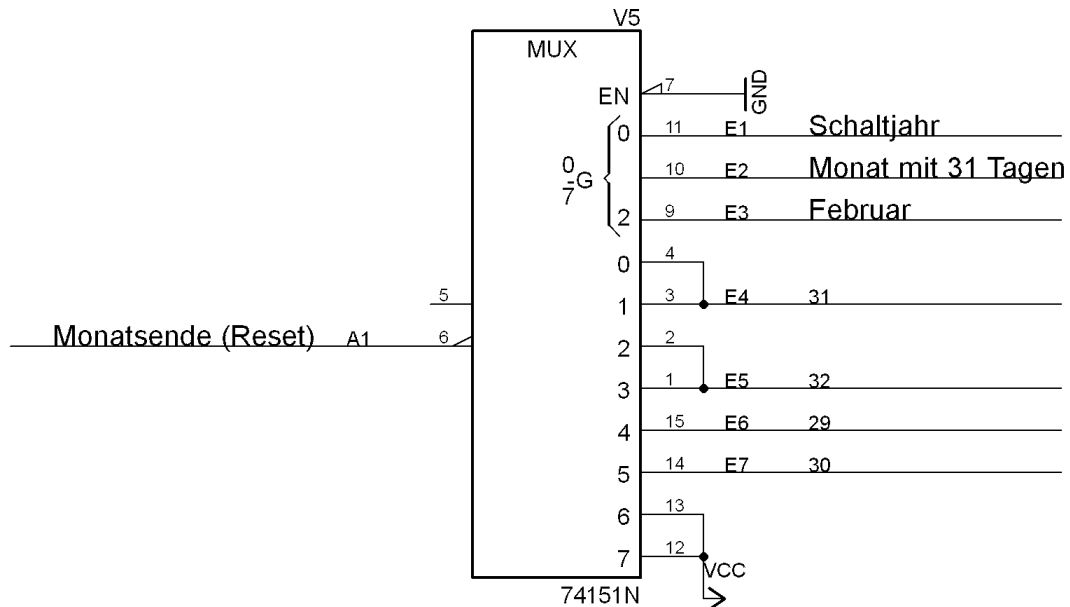


Abb. 7: Multiplexer aus dem Digitalkalender

Er bekommt folgende Eingangssignale: „Februar“, „Monat mit 31 Tagen“, „Schaltjahr“, „29“, „30“, „31“, „32“ und produziert das Signal „Monatsende (Reset)“.

Aus den Eingangssignalen berechnet der Multiplexer das Reset Signal „Monatsende (Reset)“ für die Tageszähler. Wenn zum Beispiel kein Schaltjahr vorliegt und der aktuelle Monat Februar ist, dann wird beim Zählerstand 29 ein Reset erzeugt. Der Reset wird unmittelbar erzeugt, sodass der 29. nicht als Tag angezeigt wird. Nach dem 28. (Februar) kommt der 1. (März). Dieses Signal wird auch dazu verwendet, die Monate hochzuzählen.

Im Fehlerfall, wenn „Monat mit 31 Tagen“ und Februar, 1 sind, soll sofort ein Reset erfolgen. Die Funktionstabelle in Abb. 8 stellt diesen Zusammenhang übersichtlich dar.

| Schaltjahr | Monat mit 31 Tagen | Februar | 31 | 32 | 29 | 30 | Monatsende (Reset) |
|------------|-----------------------|---------|----|----|----|----|-----------------------|
| E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | A1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | X | X | X | X | 1 |
| 1 | 1 | 1 | X | X | X | X | 1 |

Abb. 8: Funktionstabelle Multiplexer

Der Multiplexer V5 (74151N) soll durch zwei Multiplexer des Typs 74153N ersetzt werden.
Im Anhang 4 ist ein Auszug aus dem Datenblatt des Multiplexers ICs 74153N gegeben.

Entwickeln Sie auf der folgenden Seite in Abb. 9 eine Multiplexerschaltung mit der Funktion des in der Kalenderschaltung verwendeten Multiplexers aus zwei 74153N.

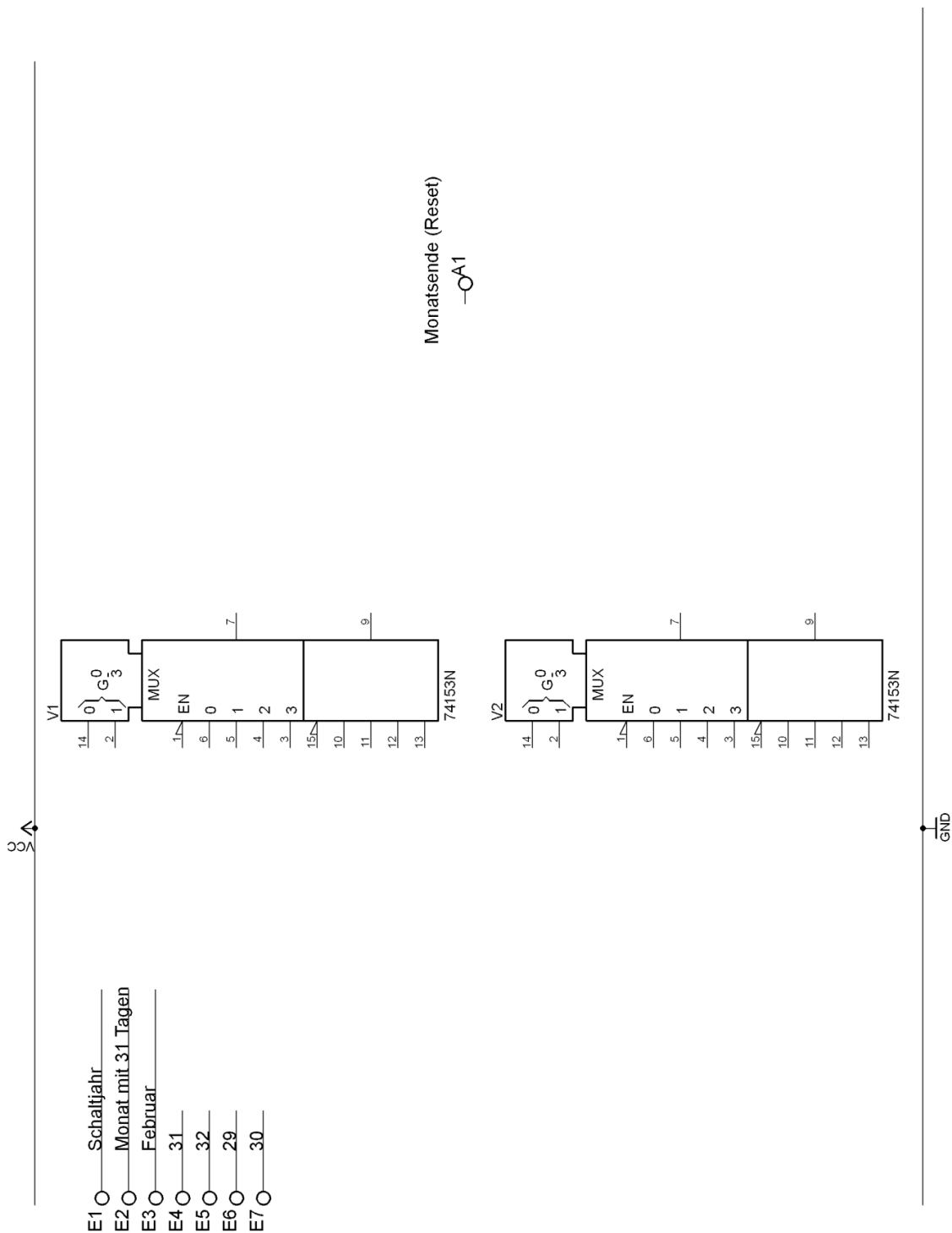


Abb. 9: Schaltung mit zwei 74153

Teilaufgabe 5: Taktsignal mit NE555

Die Schaltung Digitalkalender benötigt ein externes Taktsignal mit der Periodendauer $T = 24\text{h}$ bzw. $f = 1,16\mu\text{Hz}$. Bei jedem Takt wird ein Tag hochgezählt. Das Signal wird erzeugt, wie in Abb. 10 dargestellt.

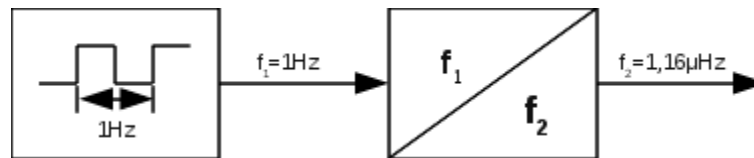


Abb. 10: Blockschaltbild Taktgenerator

Zunächst wird mit Hilfe eines NE555 ein 1Hz-Signal erzeugt, das mit Frequenzteilern auf $1,16\mu\text{Hz}$ heruntergeteilt wird. Die Schaltung in Abb. 11 soll das 1Hz-Signal erzeugen.

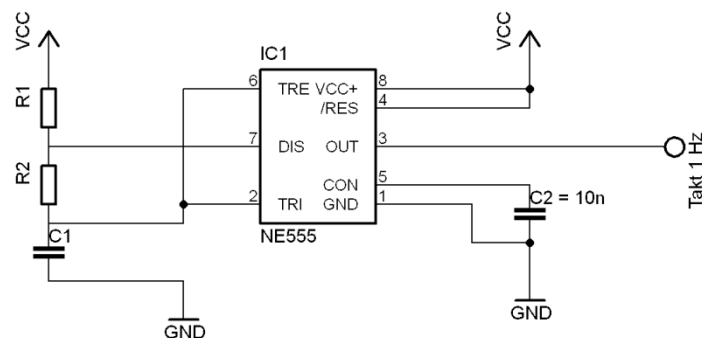


Abb. 11: Schaltung NE555

Die Frequenz des Signals an OUT des NE555 in Abb. 11 berechnet sich wie folgt:

$$t_{\text{ein}} = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot 0,693$$

$$t_{\text{aus}} = R_2 \cdot C \cdot 0,693$$

Für die Schaltung stehen Widerstände der E24 Normreihe von $1\text{k}\Omega$ bis $100\text{k}\Omega$ zur Verfügung. Der Kondensator kann im Bereich von $1\mu\text{F}$ bis $1000\mu\text{F}$ gewählt werden.

Dimensionieren Sie die Widerstände R_1 , R_2 und den Kondensator C_1 .

Teilaufgabe 6: 7-Segment Ansteuerung mit FET

Die Siebensegmentanzeige für die Zehnerstelle der Monatsanzeige zeigt entweder eine 0 oder eine 1 an. Daher ist der Codeumsetzer 74LS48N (IC6) nicht nötig und kann durch einen Feld-effekttransistor (FET) ersetzt werden. Es steht ein PMOS-FET zur Verfügung. Dieser soll dafür sorgen, dass die benötigten Widerstände vor LED2 entsprechend der anzuzeigenden Ziffer mit Spannung versorgt werden. Einige der Widerstände vor LED2 können permanent mit Spannung versorgt werden. Das Signal zur Ansteuerung des FET kommt von PIN3 des ICs V2. Die Segmente sind, wie in Abb. 12 gezeigt, angeschlossen.

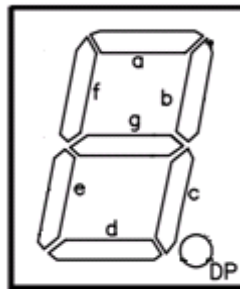


Abb. 12: 7-Segment-Anzeige

Zeichnen Sie die Schaltung des FET in Abb. 13 ein.

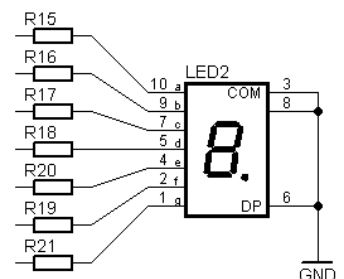
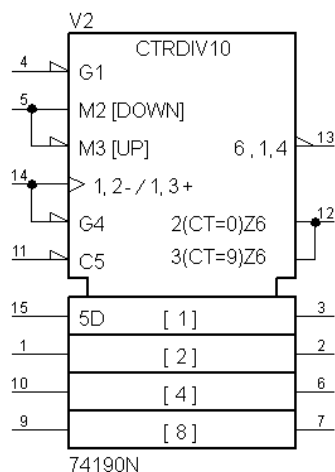


Abb. 13: Ansteuerung LED2

Teilaufgabe 7: Kalender mit Mikrocontroller

Der Digitalkalender soll durch eine Mikrocontrollerschaltung ersetzt werden.

Erörtern Sie Vor- und Nachteile der Realisierung als Mikrocontrollerschaltung gegenüber der Digitalschaltung aus Anhang 2.

Teilaufgabe 8: RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle

In der Schaltung in Abb. 14 ist der Zähler 74190N (V2) für die Zehnerstelle der Monatsanzeige aus Anhang 2 durch ein RS-FlipFlop ersetzt worden.

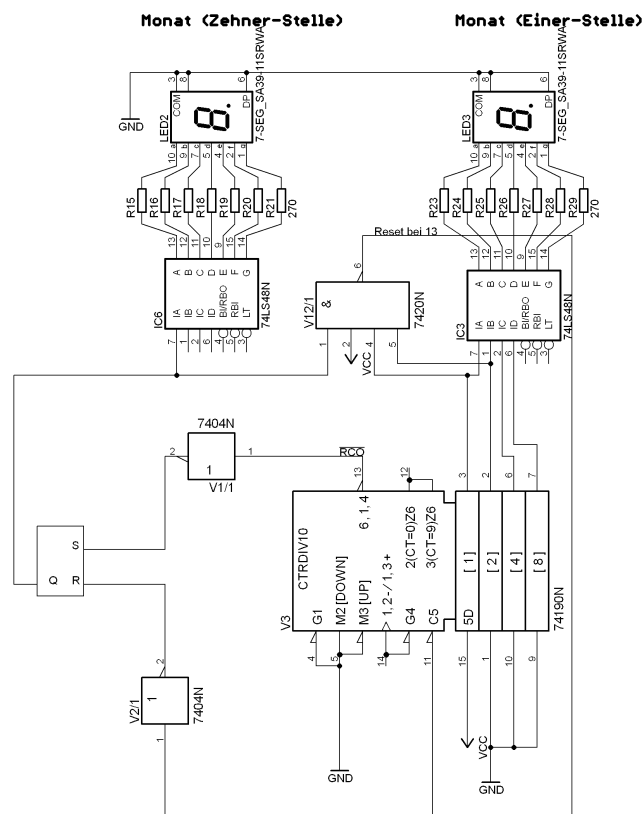


Abb. 14: Monatszähler mit RS-FF

Beschreiben Sie die Funktion des RS-Flipflops im Zusammenhang mit den abgebildeten Komponenten.

Teilaufgabe 9: Ablauf Tage-Zähler

In Anhang 1 ist der digitale Kalender mit Hilfe eines Blockschaltbildes dargestellt. Die Beziehung zwischen den Blöcken ist durch Flüsse beschrieben. Ausgehend von dem Blockschaltbild kann die Funktion einer Schaltung oder eines Teiles der Schaltung beschrieben werden.

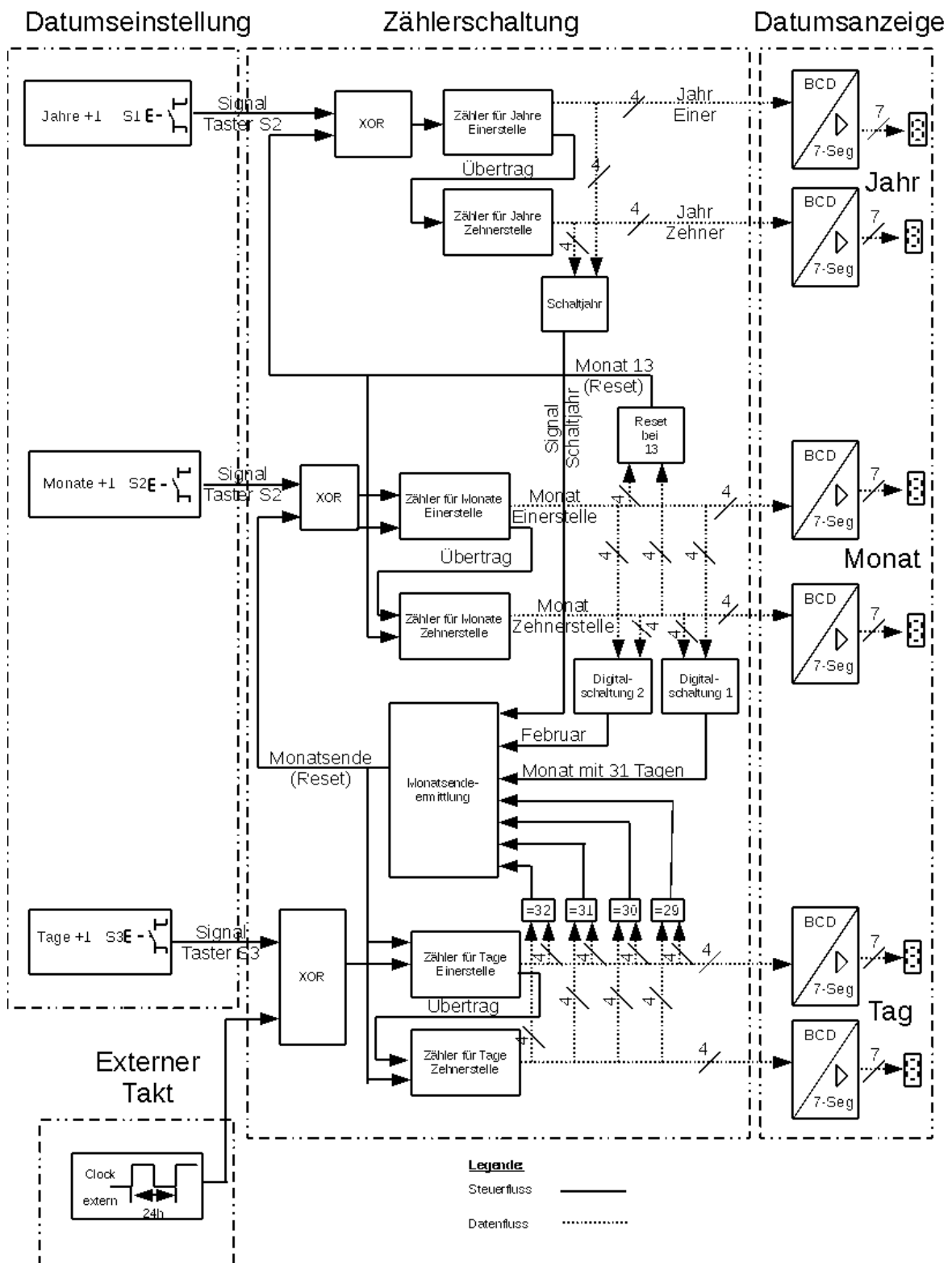
Beschreiben Sie den Ablauf des Zählens der Tage mit einem Programmablaufplan.

Teilaufgabe 10: Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

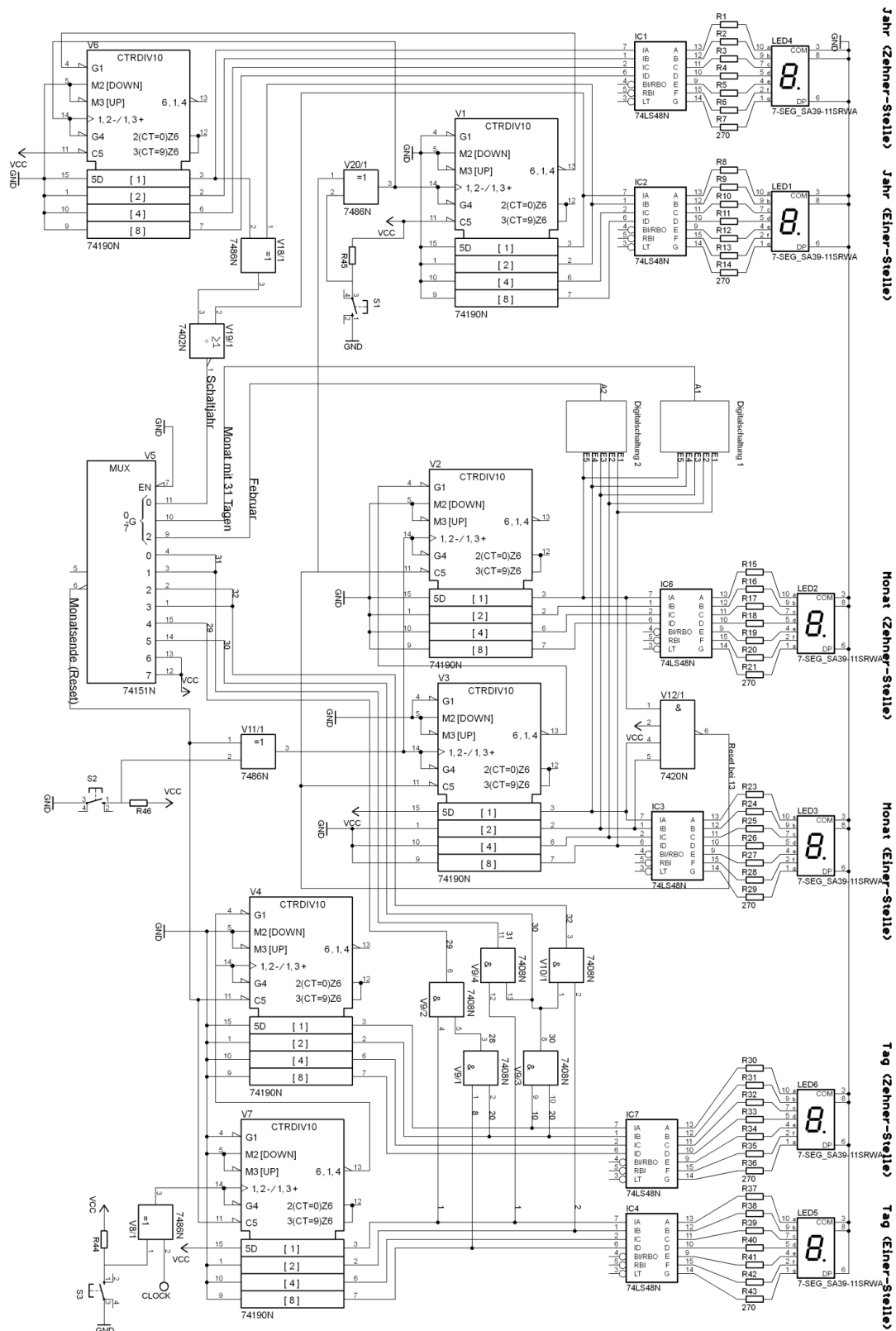
Der digitale Kalender ist eine in sich abgeschlossene Funktionseinheit. Er kann aber auch als Teil in anderen Schaltungen oder einem Gerät genutzt werden. So können einmal entwickelte Schaltungen effizient verwertet werden.

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten und Voraussetzungen für die Nutzung des digitalen Kalenders in anderen Schaltungen.

Anhang 1: Blockschaltbild des Digitalkalenders



Anhang 2: Schaltplan des Digitalkalenders



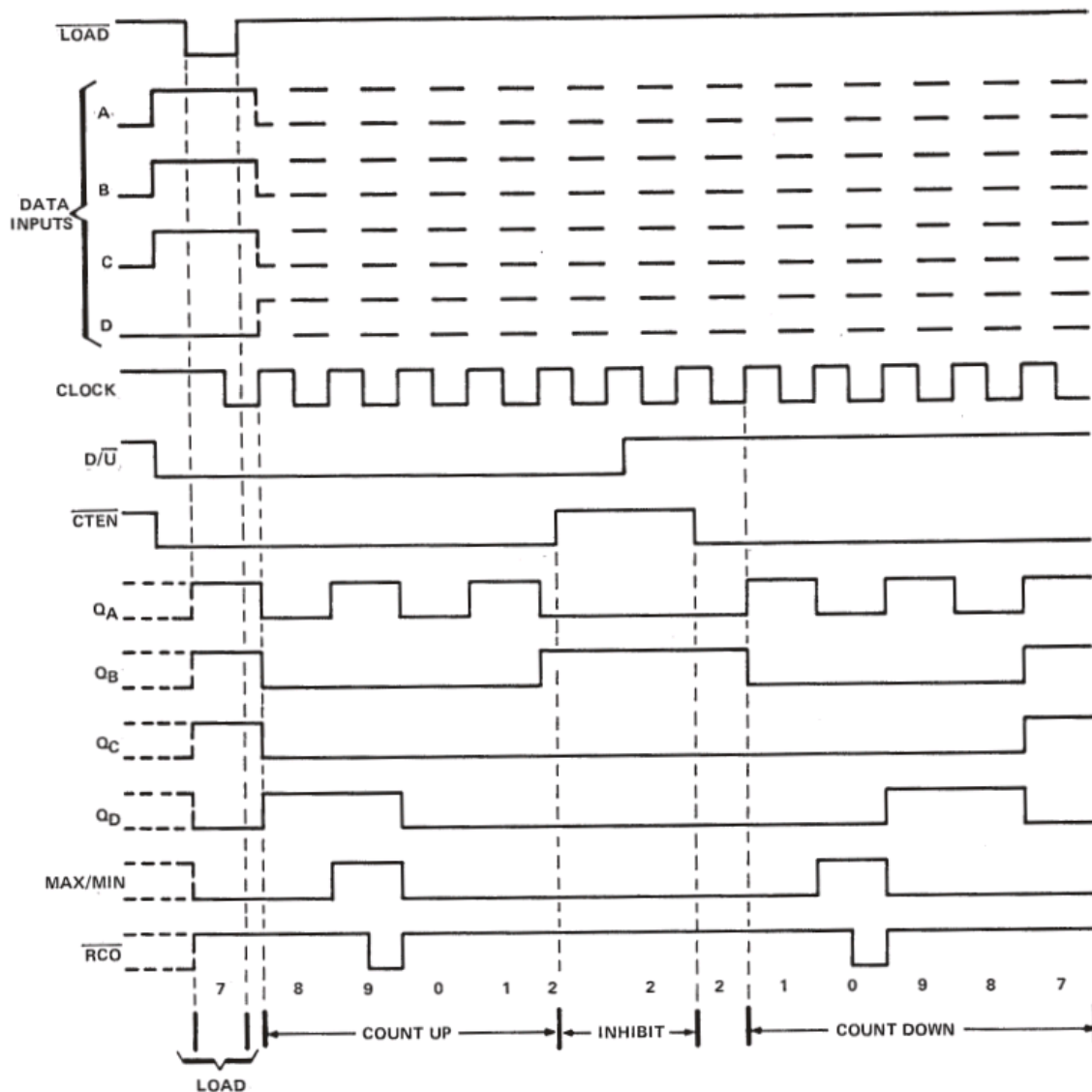
Anhang 3: Datenblattauszug des Zählers 74190N

'190, 'LS190 DECADE COUNTERS

typical load, count, and inhibit sequences

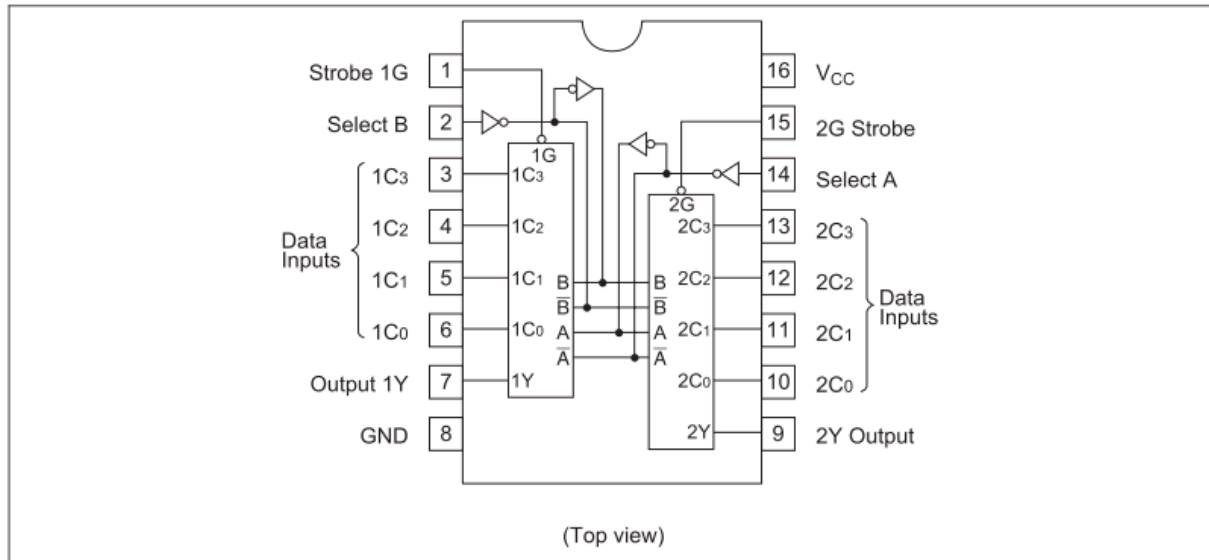
Illustrated below is the following sequence:

1. Load (preset) to BCD seven.
2. Count up to eight, nine (maximum), zero, one, and two.
3. Inhibit.
4. Count down to one, zero (minimum), nine, eight, and seven.



Anhang 4: Datenblattauszug des Multiplexers 74153N

Pin Arrangement



Function Table

| Inputs | | | | | | | Outputs |
|--------|---|------|----|----|----|--------|---------|
| Select | | Data | | | | Strobe | |
| B | A | C0 | C1 | C2 | C3 | | G |
| X | X | X | X | X | X | H | L |
| L | L | L | X | X | X | L | L |
| L | L | H | X | X | X | L | H |
| L | H | X | L | X | X | L | L |
| L | H | X | H | X | X | L | H |
| H | L | X | X | L | X | L | L |
| H | L | X | X | H | X | L | H |
| H | H | X | X | X | L | L | L |
| H | H | X | X | X | H | L | H |

H ; high level, L ; low level, X ; irrelevant

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Funktionsblöcke des Kalenders

Ordnen Sie in der Tabelle 1 die Funktionsblöcke und Bauelemente einander zu.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Name des ICs nennen (V5) | I | 1 |
| Funktionsblock zeichnen für "Reset bei 13" | I | 1 |
| Ein- und Ausgangssignale von Reset bezeichnen | I | 2 |
| Bezeichnung des ICs nennen (7488N) | I | 1 |
| Funktionsblock zeichnen für „Schaltjahr“ | I | 1 |
| Ein- und Ausgangssignale von „Schaltjahr“ bezeichnen | I | 2 |

Musterlösung:

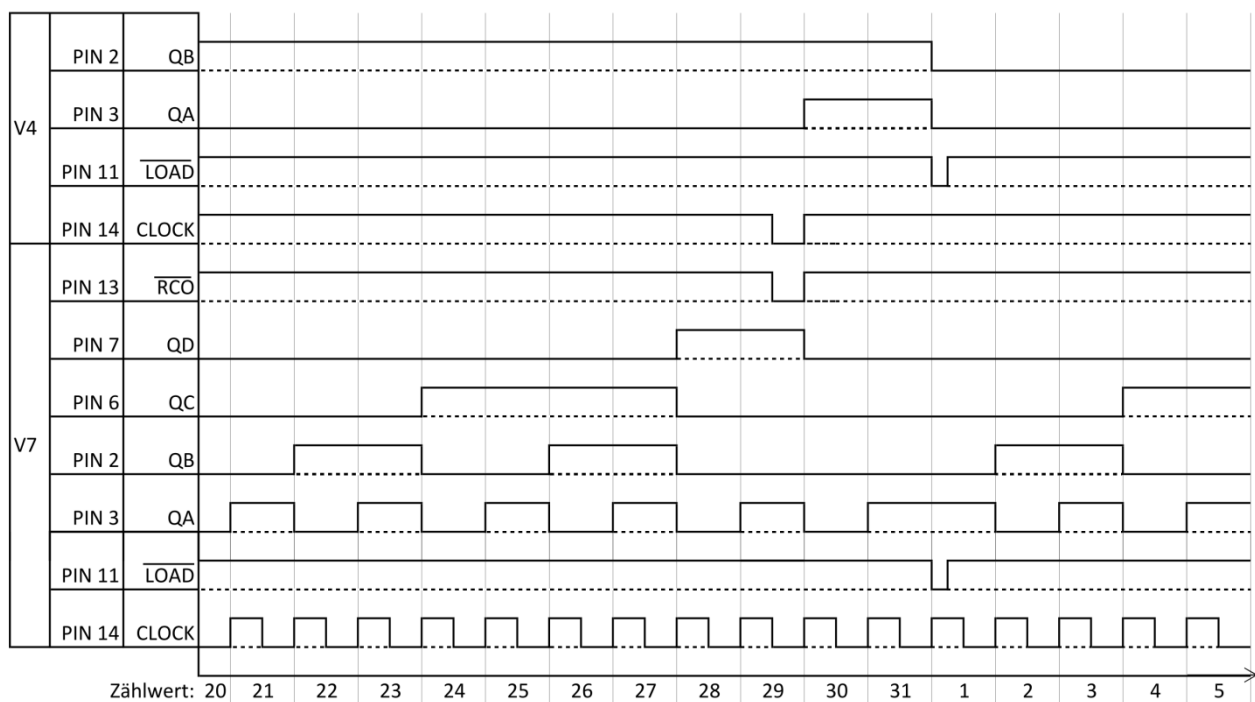
| Funktionsblock | Name des ICs | Bezeichnung des ICs |
|----------------|--------------|---------------------|
| | V7 | 74190N |
| | V5 | 74151N |
| | V12/1 | 7420N |
| | V8/1 | 7488N |

Teilaufgabe 2: Zähler

Zeichnen Sie die Signalverläufe von Q_A , Q_B und CLOCK des Zählers V4 und \overline{RCO} (Übertrag) von V7 in das untenstehende Signal-Zeit-Diagramm Abb. 4.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Zehnerstelle korrekt hochzählen (Q_A , Q_B von V4) | II | 1 |
| Zehnerstelle bei \overline{Load} auf 00 gesetzt (Q_A , Q_B von V4) | II | 1 |
| \overline{RCO} zeigt eine neg. Flanke beim Zahlenwert 9, wenn am Clock-Eingang des Zählers eine negative Flanke ist (bei V7) | II | 1 |
| \overline{RCO} zeigt eine pos. Flanke mit der nächsten positiven Flanke am Clock-Eingang (bei V7) | II | 1 |
| Clock an V4 zeigt denselben Verlauf wie \overline{RCO} an V7 | II | 1 |

Musterlösung:

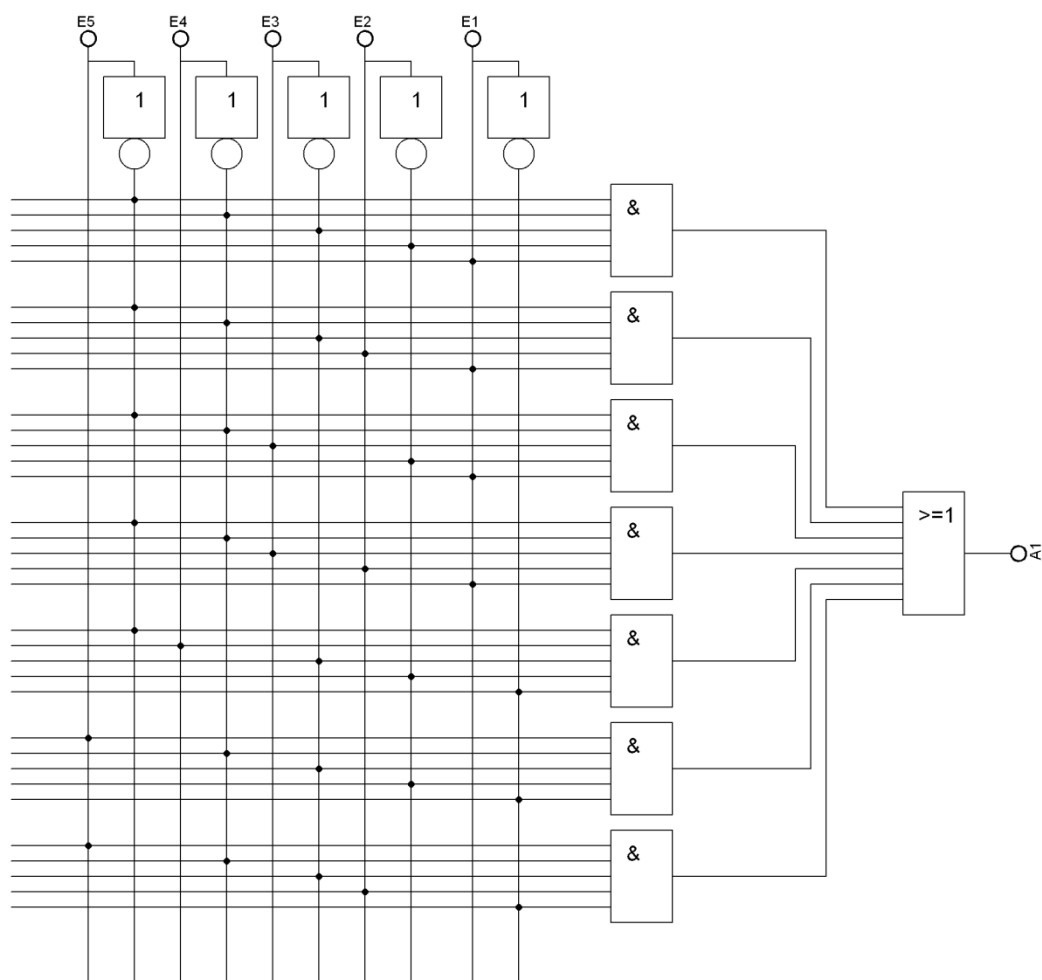


Teilaufgabe 3: Reset Tages-Zähler

Zeichnen Sie das zugehörige Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“ aus Anhang 1.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Logiksymbol NOT für jeden Eingang | II | 5 |
| Je Minterm, der in eine UND Verknüpfung entsprechend der Funktionstabelle umgewandelt wurde, 1P | II | 7 |
| Oder Verknüpfung der Ausgänge der UND-Bausteine | II | 1 |

Musterlösung:



| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|------------|---------------|
| Eingangsvariablen E1-E3 auf Steuereingänge gesetzt je 1P | III | 3 |
| Signalgebende Leitungen E4-E7 auf Multiplexereingänge je 1P | III | 4 |
| Nichtbenötigte Eingänge auf GND | II | 1 |
| Auswahl für Signal von erstem MUX auf VCC (V2 PIN1) | III | 1 |
| Kaskadierung | III | 1 |
| Enable auf GND | II | 1 |
| Wahl eines Signals für den unmöglichen Fall, dass die PINs 14 und 2 an V2 beide 1 sind | III | 1 |

The diagram illustrates the internal wiring of a 74153N dual 4-to-1 multiplexer. Two chips, V1 and V2, are shown. V1's inputs are connected to E1 (Schaltjahr), E2 (Monat mit 31 Tagen), E3 (Februar), E4 (31), E5 (32), E6 (29), and E7 (30). V2's inputs are connected to E1, E2, E3, E4, E5, E6, and E7. The outputs of V1 and V2 are connected to a common output line labeled 'Monatsende (Reset)' and 'A1'.

Teilaufgabe 5: Taktsignal mit NE555

Dimensionieren Sie die Widerstände R1, R2 und den Kondensator C1.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Festlegung des Kondensators | II | 1 |
| Festlegung Verhältnis $f_{\text{ein}}/f_{\text{aus}}$ | III | 1 |
| Formel und Umformung | II | 10 |
| Normreihengerechte Auswahl | II | 1 |

Musterlösung:

1. Festlegung: $C=10\mu\text{F}$
2. Das Verhältnis von t_{ein} zu t_{aus} kann nicht 1/1 sein, da R1 sonst 0Ω hätte. Daher wird das Verhältnis auf 2/1 festgelegt.

$$T = t_{\text{ein}} + t_{\text{aus}}$$

$$T = 2 \cdot t_{\text{aus}} + t_{\text{aus}}$$

$$T = 3 \cdot t_{\text{aus}}$$

$$t_{\text{aus}} = \frac{T}{3}$$

$$R_2 \cdot C \cdot 0,693 = \frac{T}{3}$$

$$R_2 = \frac{T}{3 \cdot C \cdot 0,693}$$

$$R_2 = \frac{1\text{s}}{3 \cdot 10\mu\text{F} \cdot 0,693}$$

$$R_2 = 48,10\text{k}\Omega$$

$$R_1 = R_2$$

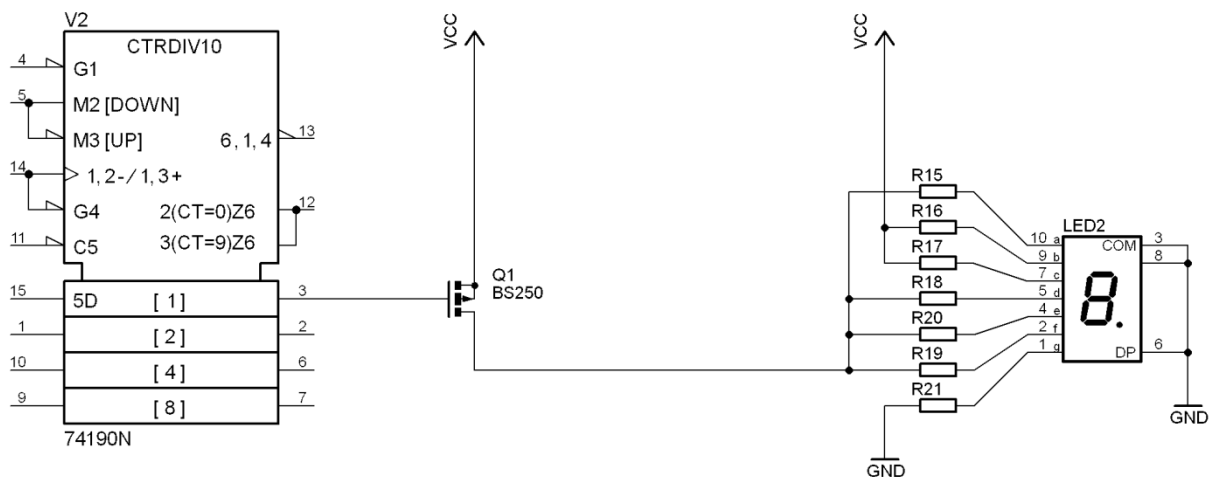
$$R_{1,E12} = R_{2,E12} = 47\text{k}\Omega$$

Teilaufgabe 6: 7-Segment Ansteuerung mit FET

Zeichnen Sie die Schaltung des FET in Abb. 13 ein.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Segmente b und c an Vcc angeschlossen | II | 1 |
| Segment g an GND angeschlossen | II | 1 |
| Restliche Segmente an Drain vom FET angeschlossen | II | 1 |
| Source vom FET an Vcc angeschlossen | II | 1 |
| Gate an PIN3 von V2 angeschlossen | II | 1 |

Musterlösung:



Teilaufgabe 7: Kalender mit Mikrocontroller

Erörtern Sie Vor- und Nachteile der Realisierung als Mikrocontrollerschaltung gegenüber der Digitalschaltung aus Anhang 2.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---------------------------------|-----|--------|
| Nennt wenigstens einen Vorteil | I | 1 |
| Nennt wenigstens einen Nachteil | I | 1 |
| Schlussfolgerung | III | 1 |

Musterlösung:

Vorteile

- weniger Bauteile
 - weniger Planung
 - weniger Einkauf
 - weniger Platzierung
 - weniger Verdrahtung
- Fertigungsaufwand sinkt
- Preis sinkt
- Schaltung ist durch Umprogrammierung flexibel in der Funktion

Nachteile

- andere Arbeitsumgebung als zur Schaltungsentwicklung
- PC mit Software zur Programmierung nötig
- zusätzliche Hardware (Verbindungskabel/Programmiergerät/-adapter) nötig.
- Besondere zusätzliche Qualifizierung der Entwickler nötig

Insgesamt scheint aus den genannten Gründen die Umsetzung des digitalen Kalenders mit einem Mikrocontroller attraktiver.

Teilaufgabe 8: RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle

Beschreiben Sie die Funktion des RS-Flipflops im Zusammenhang mit den abgebildeten Komponenten.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Je richtig zugeordnetem Signal 1 Punkt des RS-Flipflop | II | 3 |
| Je richtig zugeordnetem Signal der Inverter 1 Punkt | II | 2 |
| Interpretation der Signale je 1 Punkt | III | 5 |
| Benennung der Inverter | I | 2 |

Musterlösung:

Das FlipFlop hat zwei Eingänge. Der Setzen-Eingang ist verbunden mit dem Ausgang von V1/1. Bei V1/1 handelt es sich um einen Inverter. Der Inverter bekommt sein Signal vom Ausgang PIN 13 von V3. Es handelt sich dabei um \overline{RCO} des Zählers. Dieser Ausgang wird Null bei einem Übertrag. Diese Null wandelt der Inverter in eine Eins um. Somit wird das FlipFlop bei einem Übertrag gesetzt.

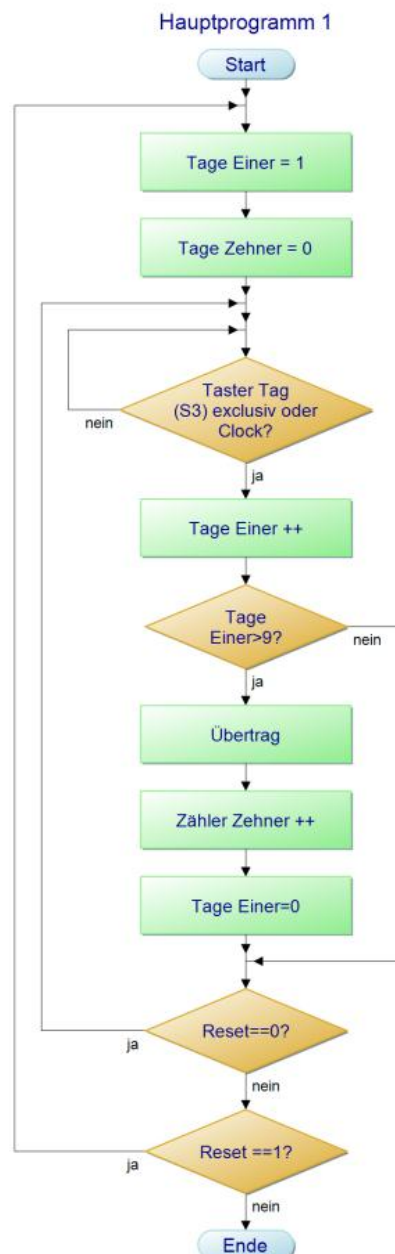
Der Rücksetz-Eingang ist an den Ausgang von V2/1 angeschlossen. V2/1 ist ein Inverter. Der Eingang des Inverters ist an V12/1 angeschlossen. V12/1 ist ein NAND-Gatter. Das Ausgangssignal des Gatters trägt den Namen „Reset bei 13“. Der IC gibt nur dann eine Null am Ausgang aus, wenn der Zählwert 13 ist. Die Zehnerstelle muss somit vom Ausgang des RS-FlipFlop abgelesen werden. Somit erfüllen die beiden Inverter zusammen mit dem RS-Flipflop die Funktion des ersetzten Zählers V2.

Teilaufgabe 9: Ablauf Tage-Zähler

Beschreiben Sie den Ablauf des Zählens der Tage mit einem Programmablaufplan.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|----------------------|-----|--------|
| Startzustand Tage 01 | II | 1 |
| Hochzählen | II | 1 |
| Übertrag bei 9 | II | 1 |
| Zehner hochzählen | II | 1 |
| Reset | II | 2 |

Musterlösung:



Teilaufgabe 10: Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten und Voraussetzungen für die Nutzung des digitalen Kalenders in anderen Schaltungen.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|------------|---------------|
| Nennt mindestens 3 Einsatzmöglichkeiten | I | 3 |

Musterlösung:

- Radiowecker
- Videorecorder
- Kaffeemaschine
- Waschmaschine

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar**Teilaufgabe 1: Funktionsblöcke des Kalenders**

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A2 I (4): Schaltnetze, Schaltwerke und Blocksymboldarstellung einander zuordnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 2: Zähler

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A2 II (1): Das Verhalten von Schaltnetzen oder Schaltwerken durch verbale Erklärungen, Signal-Zeit-Verläufe, Wertetabellen, Funktionsgleichungen, Ausgangszustände oder Bitfolgen beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine / Umgang mit Datenblättern Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen |
| Aufgabenart | Materialgebundene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 3: Reset Tages-Zähler

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A2 II (4): Schaltnetze und Schaltwerke aus Grundbausteinen erstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |

| | |
|------------------|------------|
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |
|------------------|------------|

Teilaufgabe 4: Multiplexer durch zwei 74298N ersetzen

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A2 III (2): Mit unbekannten Bausteinen datenblattgestützt Schaltungen entwerfen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine / Umgang mit Datenblättern Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 5: Taktsignal mit NE555

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Methodenbeherrschung (B) - B3: Dimensionieren |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 6: 7-Segment Ansteuerung mit FET

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A1 II (4): Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundsaltungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 7: Kalender mit Mikrocontroller

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> D - Reflexion |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> D III (2): Alternativen zu einer Schaltung, einem Gerät oder Programm diskutieren |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Reflexion (D) - RB1: Determinanten der Technik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 8: RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A2 II (4): Schaltnetze oder Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 9: Ablauf Tage-Zähler

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 15 Minuten |

Teilaufgabe 10: Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> D - Reflexion |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> D I (1): Einsatzmöglichkeiten von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in technischen Teilsystemen beschreiben DI (2): Die Verwendung von elektrotechnischen Schaltungen |

| | |
|------------------|---|
| | gen, Geräten oder Programmen der Alltagswelt (Haushalt) darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Reflexion (D) - RB1: Determinanten der Technik • Reflexion (D) - RB3: Durch die Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

6.5 Aufgabenbeispiel 5: Rolltorsteuerung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Teilaufgabe 4: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Anhang 1: Schaltplan des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung

Anhang 2: Daten von Zeitrelais

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Die Abb. 1 zeigt das Technologieschema des Rolltores einer Industriehalle. Innerhalb der Halle wird das Tor über ein Bedienfeld und von außen über Schlüsseltaster betrieben. Mit dem Taster S0 kann das Rolltor gestoppt werden.



Abb. 1: Technologieschema der Rolltorsteuerung

Funktion bei Bedienung von außen:

Beim Betätigen des Schlüsselschalters S4 fährt das Tor nach oben, mit S3 nach unten. Der Schlüssel muss nur kurzzeitig nach rechts oder nach links gedreht werden und nicht für die Dauer des gesamten Vorgangs eingesteckt bleiben.

Funktion bei Bedienung von innen:

Betätigung des Tasters S1: Tor fährt aufwärts

Betätigung des Tasters S2: Tor fährt abwärts

Funktion von B1 und B2

Der Torantrieb schaltet bei Erreichen der beiden Endpositionen durch die Sensoren B1 und B2 ab.

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

Die technischen Daten des Drehstromasynchronmotors befinden sich auf dem Leistungsschild in der Abb. 2.

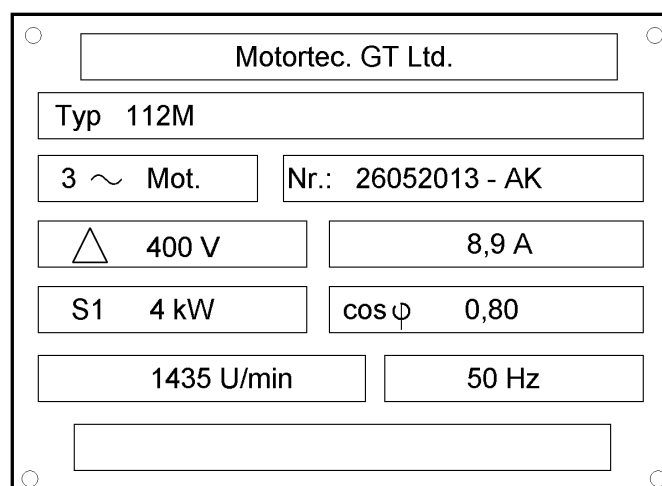


Abb. 2: Leistungsschild des Motors

Bestimmen Sie die Polpaarzahl und den Schlupf in Prozent des im Rolltor eingesetzten Motors.

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Der Antriebsmotor M1 des Rolltores soll sowohl im Linkslauf (Tor aufwärts) als auch im Rechtslauf (Tor abwärts) mit einer Wendeschützschialtung betrieben werden. Der Steuerstromkreis ist in Anhang 1 dargestellt.

Zeichnen Sie den vollständigen Laststromkreis in Abb. 3 ein.

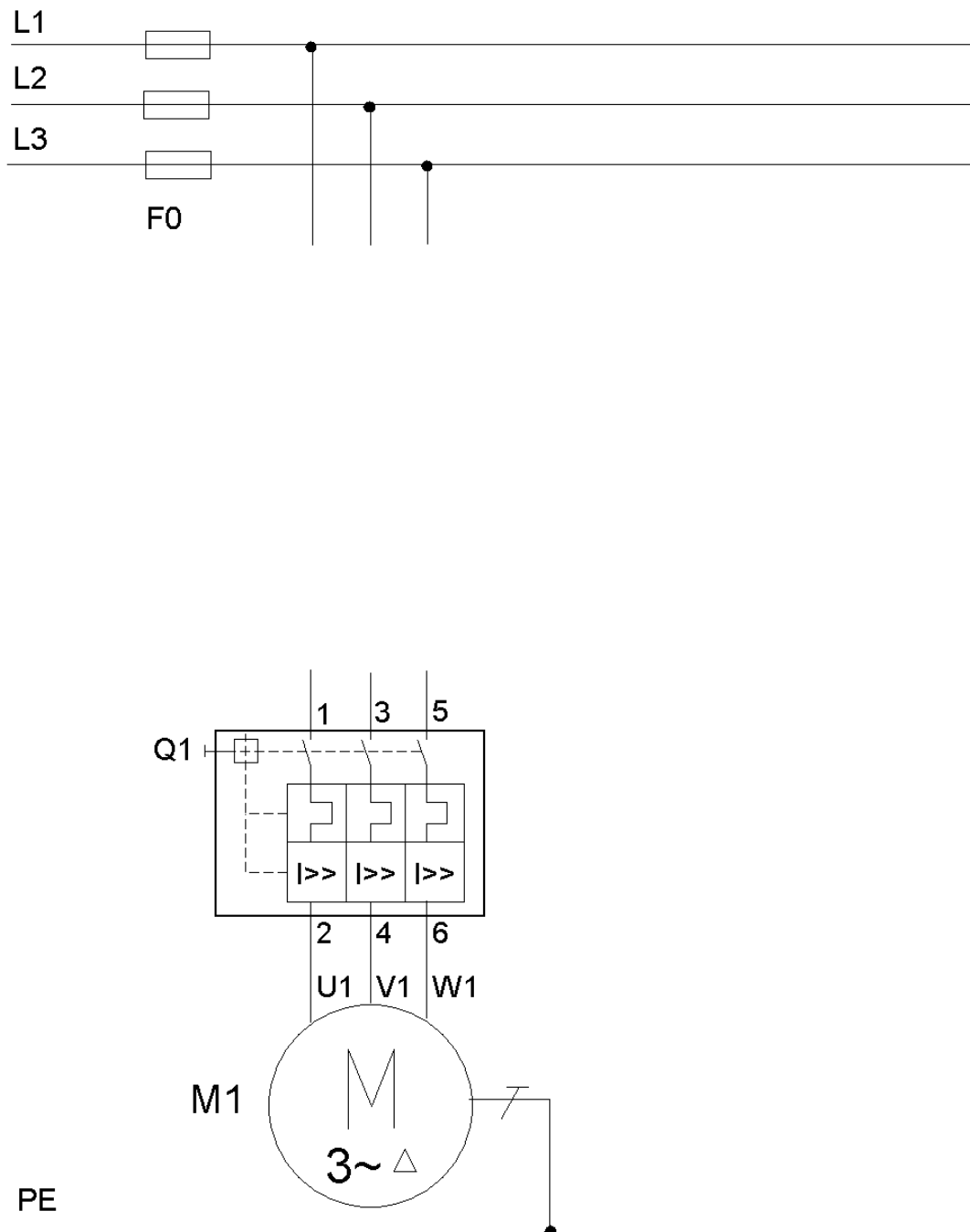


Abb. 3: Laststromkreis der Rolltorsteuerung

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Nach einer Beschädigung soll das Rolltor durch ein neues ersetzt werden. Zur Auswahl stehen drei verschiedene Rolltore in unterschiedlichen Ausführungen. Das Rolltor ist für Dauerbetrieb ausgelegt. Es wird weiterhin der Antriebsmotor aus Teilaufgabe 2 verwendet. Die Drehmomentkennlinien des Motors und der 3 Rolltore sind in der Abb. 4 dargestellt.

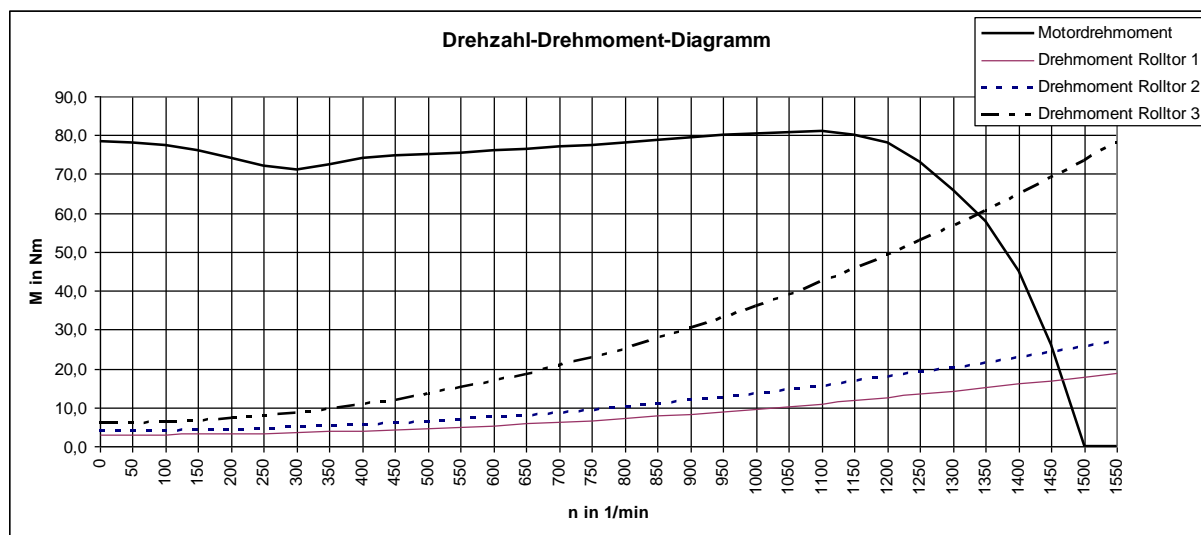


Abb. 4: Drehzahl-Drehmoment-Diagramm

Bewerten Sie die Eignung der drei Rolltore anhand des Drehmomentverlaufs für den Betrieb mit dem Motor.

Teilaufgabe 4: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Die Arbeitsweise des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung soll mit Hilfe eines Impulsdiagramms beschrieben werden.

Zeichnen Sie in Abb. 5 die Verläufe für Q2 und Q3 passend zu den Signalverläufen von S0 – S4 und B1 – B2 ein.

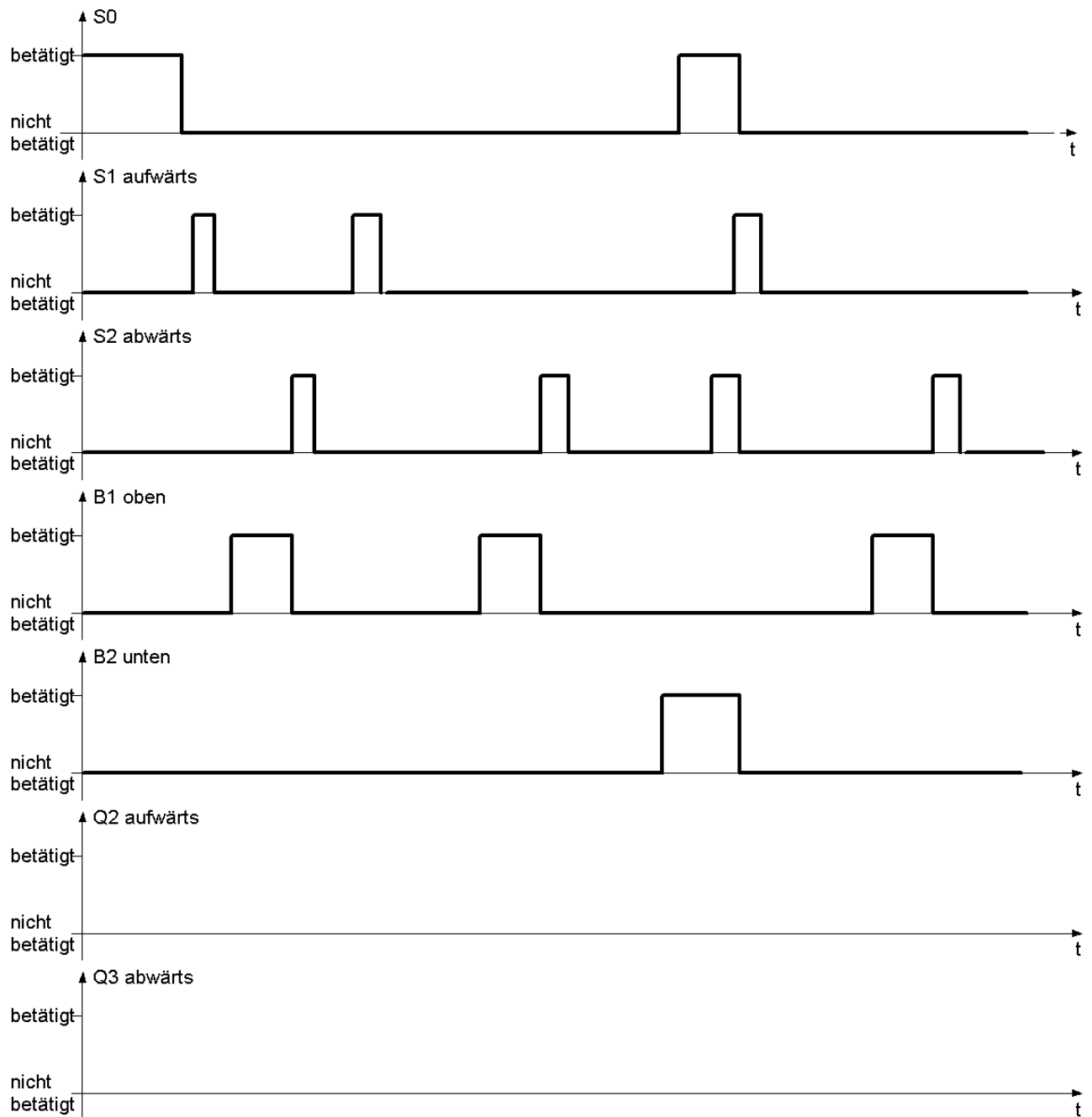


Abb. 5: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Der Steuerstromkreis aus dem Anhang 1 soll als Digitalschaltung dargestellt werden.

Die Lastschütze Q2 und Q3 sowie deren kontaktgesteuerte Schützverriegelungen müssen bestehen bleiben. Die Schalter und Taster werden ebenfalls nicht verändert. Alle Bauelemente, außer Q2 und Q3, werden an eine Spannung von 5V gelegt. Ein Verstärker gibt bei einer Eingangsspannung von 5V die benötigten 24V für die Schütze aus.

Entwickeln Sie in Abb. 6 eine Digitalschaltung, die die Funktionen des Steuerstromkreises erfüllt.

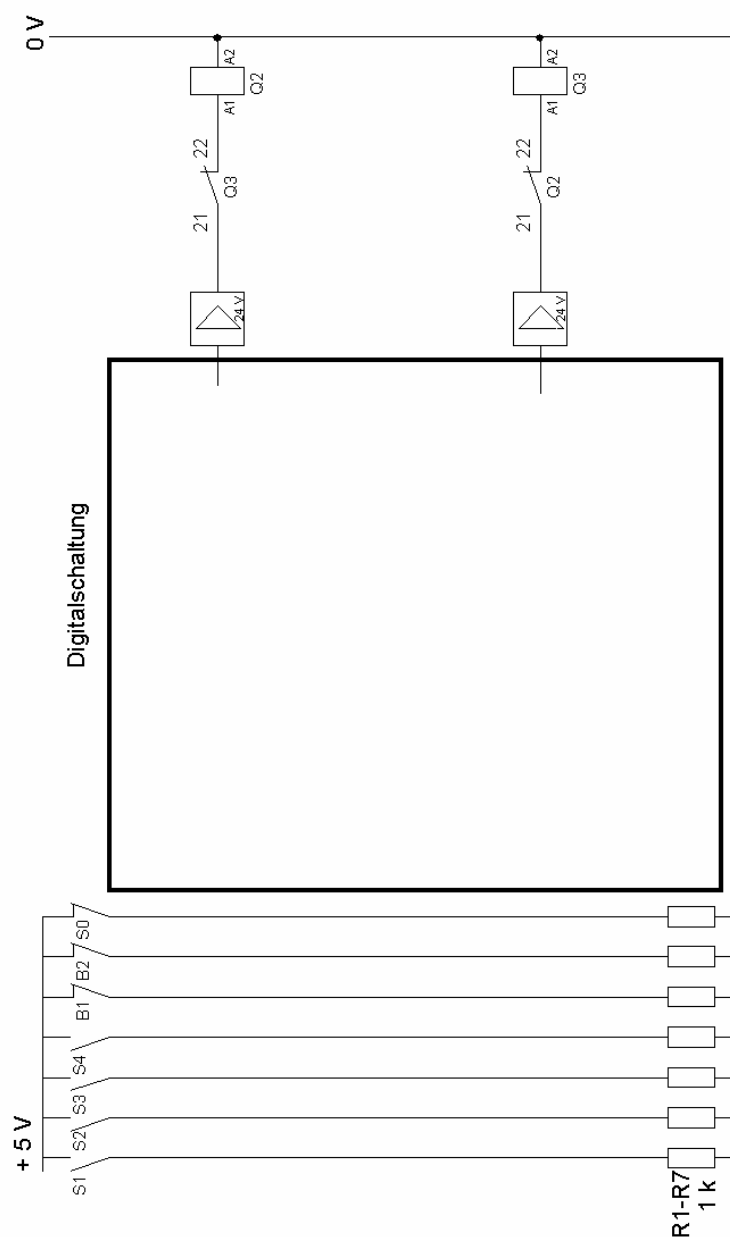


Abb. 6: Steuerung mit Digitalbausteinen

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Nach jahrelanger, häufiger Benutzung des Rolltors mit der angegebenen Steuerung tritt eine Störung auf. Das Rolltor wurde von innen mit dem Taster S1 geöffnet und fuhr bis in seine obere Endstellung. Es lässt sich aber weder mit dem Taster S2 noch mit dem Schlüsselschalter S3 wieder herunterfahren.

Nach dem manuellen Herablassen des Rolltores durch den vorhandenen Handantrieb ohne Motorunterstützung wird die erneute Aufwärtsbewegung durch den Schlüsselschalter S4 gestartet. Das Tor bewegt sich wieder aufwärts. Ungefähr in der Mitte der Aufwärtsbewegung wird der Schlüsselschalter S3 betätigt, das Tor fährt trotzdem weiter nach oben. Wird dagegen während der Aufwärtsbewegung der Taster S2 betätigt, bleibt das Tor stehen, fährt aber nicht abwärts. Beim erneuten Betätigen von S4 fährt es in die obere Endposition und lässt sich nicht mehr abwärts fahren. Die Störung soll behoben werden. Bei der Sichtkontrolle wird kein Fehler festgestellt. Es liegt also ein Defekt in einem Bauelement vor.

Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerursachen für das nicht mehr mögliche Abwärtssteuern des Rolltors.

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Bei einer Reparatur des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung wird überlegt, den Steuerstromkreis durch eine Mikrocontrollerschaltung zu ersetzen. Im Laststromkreis sollen weiterhin Schütze zum Einsatz kommen.

Bewerten Sie den angedachten Mikrocontrollereinsatz unter ökonomischen und technischen Gesichtspunkten.

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Um die Halle im Winter nicht zu stark durch das versehentlich offen gelassene Tor auskühlen zu lassen, soll das Rolltor eine Minute nach Erreichen der oberen Endlage (Betätigung B1) automatisch geschlossen werden. Daher soll der Steuerstromkreis um eine Zeitfunktion zum automatischen Schließen des Rolltores erweitert werden.

Wird das Tor beim Herunterfahren durch das Öffnen von S0 angehalten, so darf es beim Wiedereinschalten von S0 nicht sofort ohne weitere Tasterbetätigung nach oben oder unten fahren. Zur Erweiterung der Schaltung stehen im Anhang 2 Daten von Zeitrelais zur Verfügung.

Entwickeln Sie die Erweiterungsschaltung in Abb. 7 „Steuerstromkreis mit automatischer Schließung“.

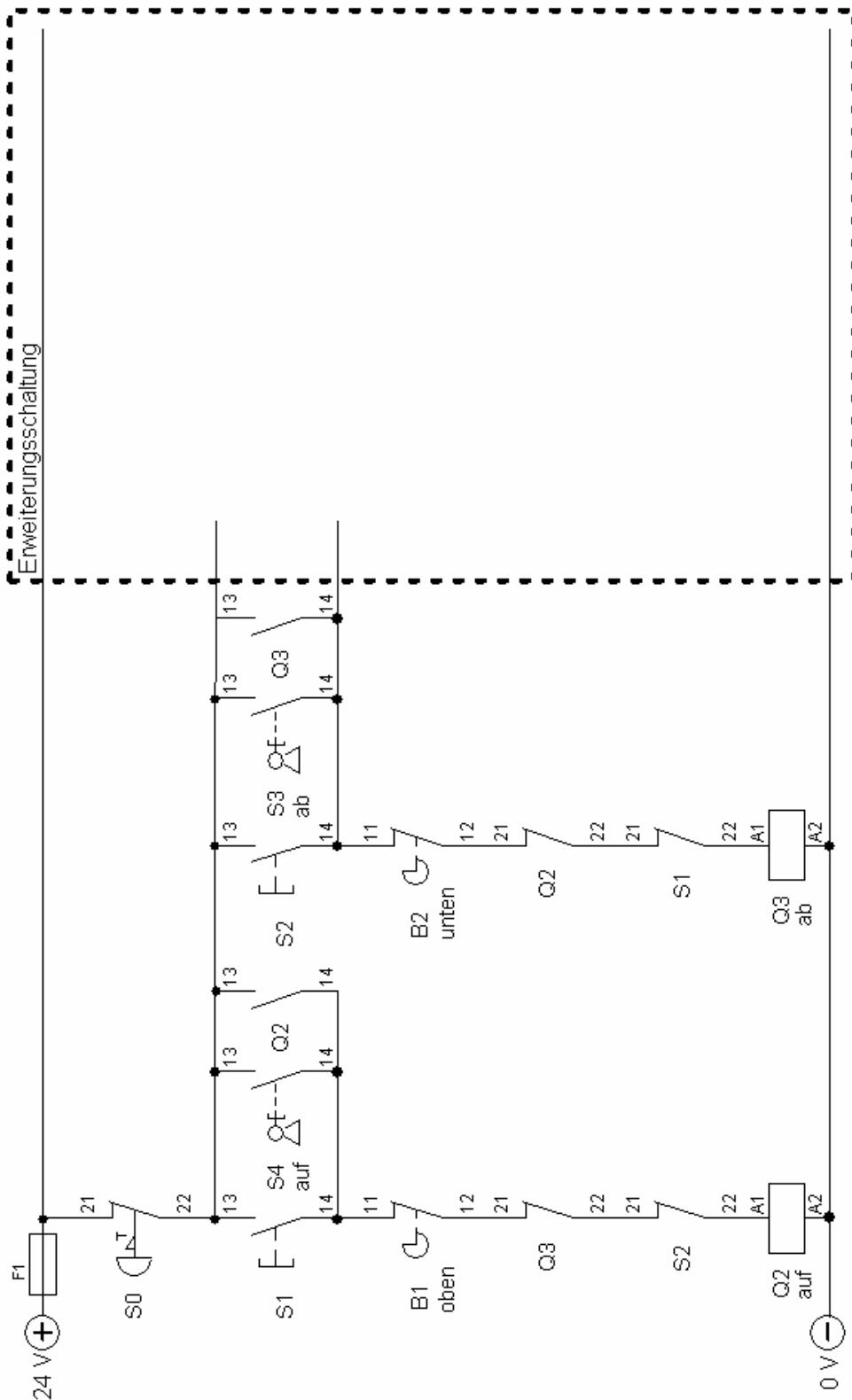


Abb. 7: Steuerstromkreis mit automatischer Schließung

Anhang 1: Schaltplan des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung

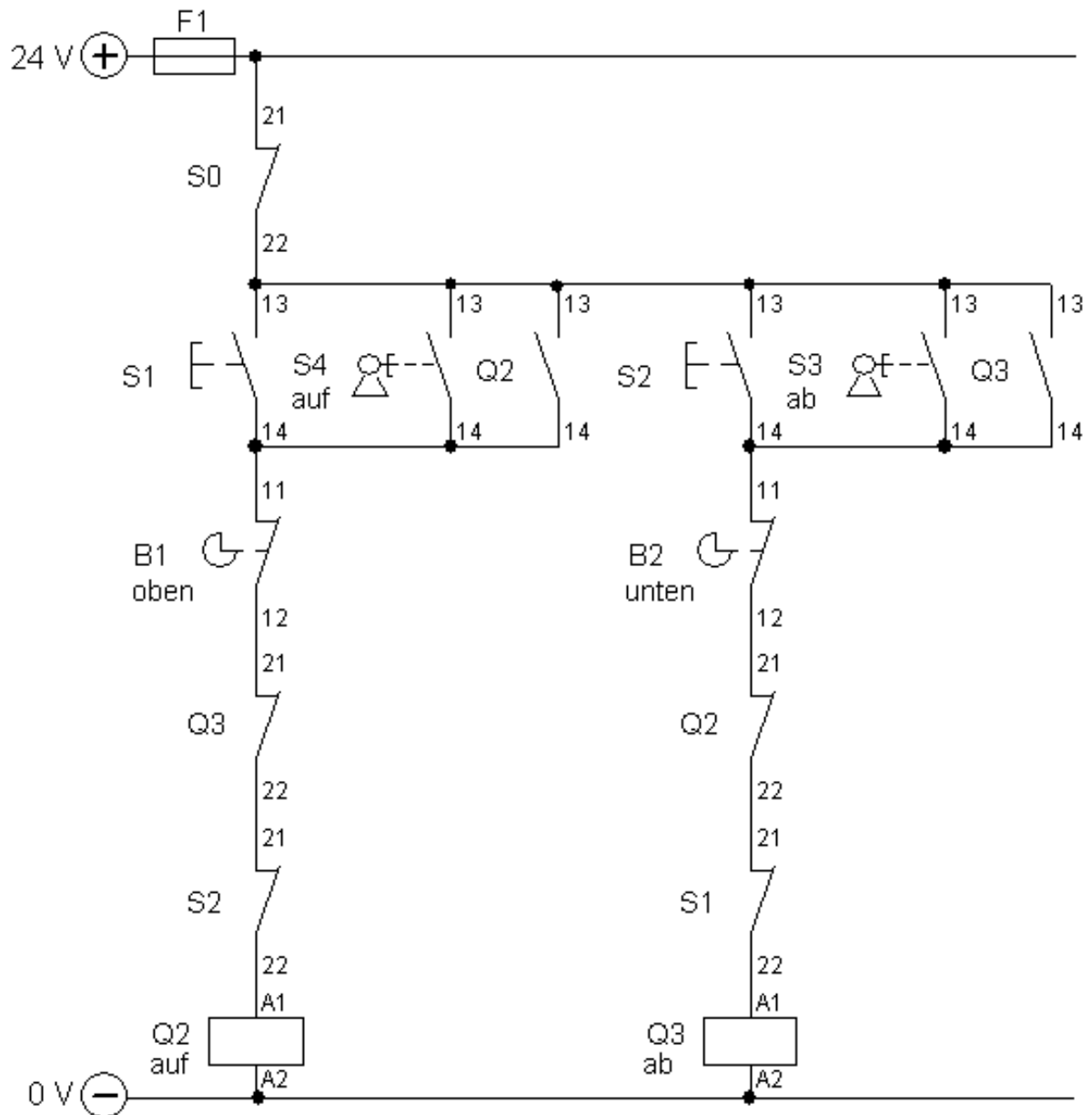
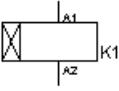
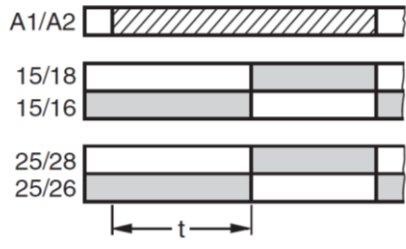
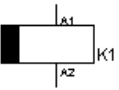
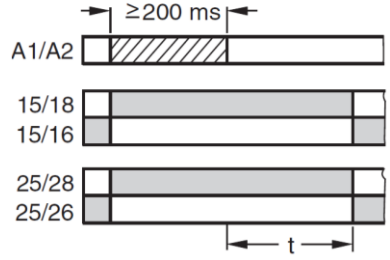





Abb. 8: Steuerstromkreis der Rolltorsteuerung

Anhang 2: Zur Verfügung stehenden Bauelemente / Daten von Zeitrelais

Die Schalter und Taster S0 – S4 und Endlagenschalter B1 - B2 haben jeweils folgende Kontakte: 3 NC / 3 NO

| Anzahl | Bezeichnung/Name/Symbol | Kontakte/Funktion | Funktionsdiagramm |
|--------|---|--|--|
| 1 | Q2 | 3 x NC / 3 x NO 3 x Lastkontakte NO | |
| 1 | Q3 | 3 x NC / 3 x NO 3 x Lastkontakte NO | |
| 2 | K1, K2 ansprechverzögertes Zeitrelais  | Jedes Zeitrelais hat 2 Wechslerkontakte (der Bereich von t kann von 10 – 300 s eingestellt werden) |  |
| 2 | K3, K4 Rückfall- bzw. abfallverzögertes Zeitrelais  | Jedes Zeitrelais hat 2 Wechslerkontakte (der Bereich von t kann von 10 – 300 s eingestellt werden) |  |
| 2 | K5, K6 Hilfsrelais | 3 x NC / 3 x NO | |

Legende zu den Funktionsdiagrammen:

-  Zeitrelais erregt
-  Schaltglied geschlossen
-  Schaltglied geöffnet

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

Bestimmen Sie die Polpaarzahl und den Schlupf in Prozent des im Rolltor eingesetzten Motors.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--------------------|-----|--------|
| Stellt Formeln auf | II | 2 |
| Setzt Werte ein | II | 2 |
| Gibt Lösungen an | II | 2 |

Musterlösung:

Formeln:

$$p = \frac{f}{n_f} = \frac{50\text{Hz}}{25\text{s}^{-1}} = 2$$

$$s_{\%} = \frac{n_f - n}{n_f} \cdot 100\% = \frac{1500\text{min}^{-1} - 1435\text{min}^{-1}}{1500\text{min}^{-1}} \cdot 100\% = 4,33\%$$

Bei einer Drehzahl von $1500 \text{ min}^{-1} = 25 \text{ s}^{-1}$ und einer Frequenz von 50 Hz ergeben sich zwei Polpaare.

Der prozentuale Schlupf beträgt 4,33 Prozent.

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Zeichnen Sie den vollständigen Laststromkreis in Abb. 3 ein.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|----------------------------------|-----|--------|
| Zeichnen von Q2 und Q3 | II | 2 |
| Zeichnen aller Verbindungen | II | 2 |
| Bezeichnen der Schütze Q3 und Q2 | II | 4 |

Musterlösung:

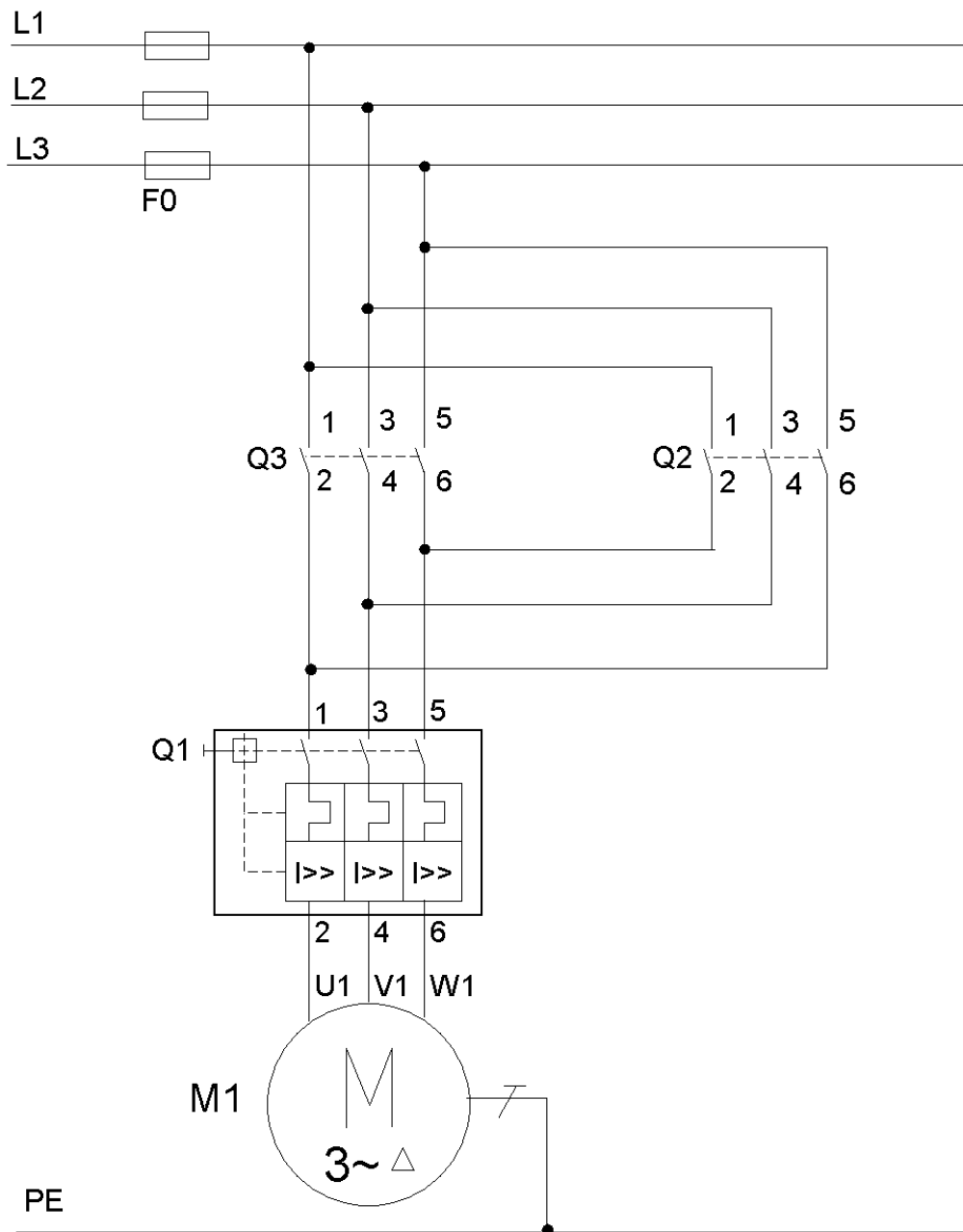


Abb. 3_L: Laststromkreis der Rolltorsteuerung -Lösung

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Bewerten Sie die Eignung der drei Rolltore anhand des Drehmomentverlaufs für den Betrieb mit dem Motor.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|----------------------------------|-----|--------|
| Bestimmen der Schnittpunkte (3x) | II | 3 |
| Aufstellen der Formel für M | II | 1 |
| Einsetzen der Werte | II | 1 |
| Ausgabe des Nenndrehmoments | II | 1 |
| Beurteilung Rolltor 1 | III | 1 |
| Beurteilung Rolltor 2 | III | 1 |
| Beurteilung Rolltor 3 | III | 1 |

Musterlösung:

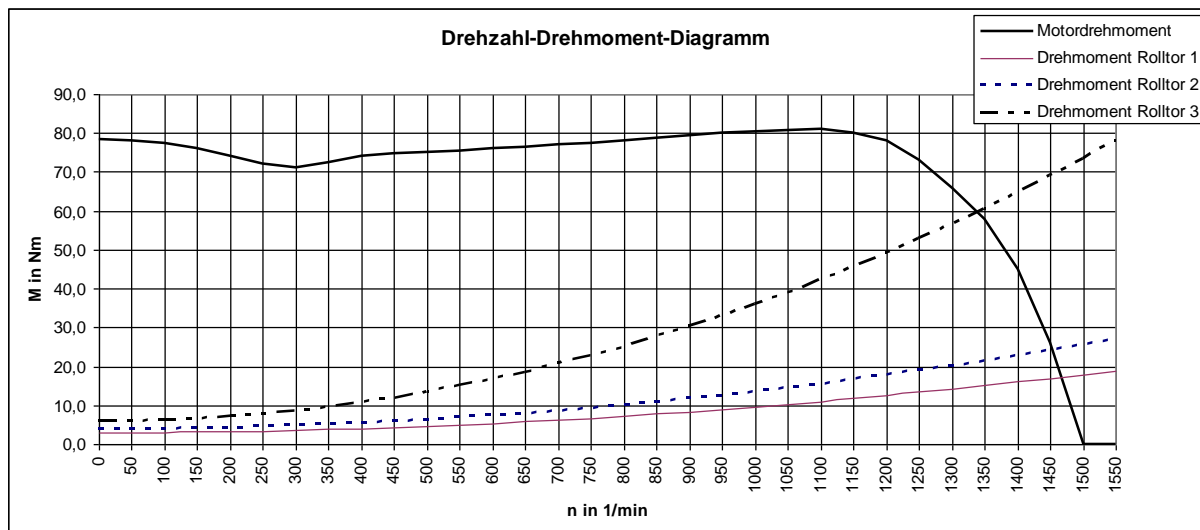


Abb. 4: Drehzahl-Drehmoment-Diagramm

Ermittlung der Schnittpunkte:

Schnittpunkt 1: Drehmoment Rolltor 1 – Motordrehmoment; 22 Nm

Schnittpunkt 2: Drehmoment Rolltor 2 – Motordrehmoment; 25 Nm

Schnittpunkt 3: Drehmoment Rolltor 3 – Motordrehmoment; 61 Nm

Nenndrehmoment des Motors:

$$M_N = \frac{P \cdot 9549}{n} = \frac{4kW \cdot 9549}{1435min^{-1}} = 26,62Nm$$

Folgende Bedingung gilt für den Zusammenhang zwischen Lastdrehmoment des Rolltors und Nenndrehmoment des Motors:

Bedingung: $M_{N\text{Rolltor}} < M_{N\text{Motor}}$

Rolltor 1: $22 \text{ Nm} < M_N \rightarrow \text{Bedingung erfüllt}$

Rolltor 2: $25 \text{ Nm} < M_N \rightarrow \text{Bedingung erfüllt}$

Rolltor 1: $61 \text{ Nm} > M_N \rightarrow \text{Bedingung nicht erfüllt}$

Die Rolltore 1 und 2 sind einsetzbar, da die benötigten Nenndrehmomente der Rolltore kleiner sind als das vom Motor zur Verfügung gestellte.

Bei dem 3. Rolltor ist das benötigte Nenndrehmoment von 61 Nm größer als das Nenndrehmoment des Antriebsmotors, er kann daher nicht eingesetzt werden.

Teilaufgabe 4: Funktionsdiagramm der Rolltorsteuerung

Zeichnen Sie in Abb. 5 die Verläufe für Q2 und Q3 passend zu den Signalverläufen von S0 – S4 und B1 – B2 ein.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Jeder Einschalt- und Abschaltpunkt der Schütze Q2 und Q3 gibt einen Punkt. | II | 12 |
| Die Punkte sind in der Musterlösung von 1 – 12 eingezeichnet. | | |
| Richtige Höhe der Rechteckimpulse von Q2 - Punkt 13 | II | 1 |
| Richtige Höhe der Rechteckimpulse von Q3 – Punkt 14 | II | 1 |

Musterlösung:

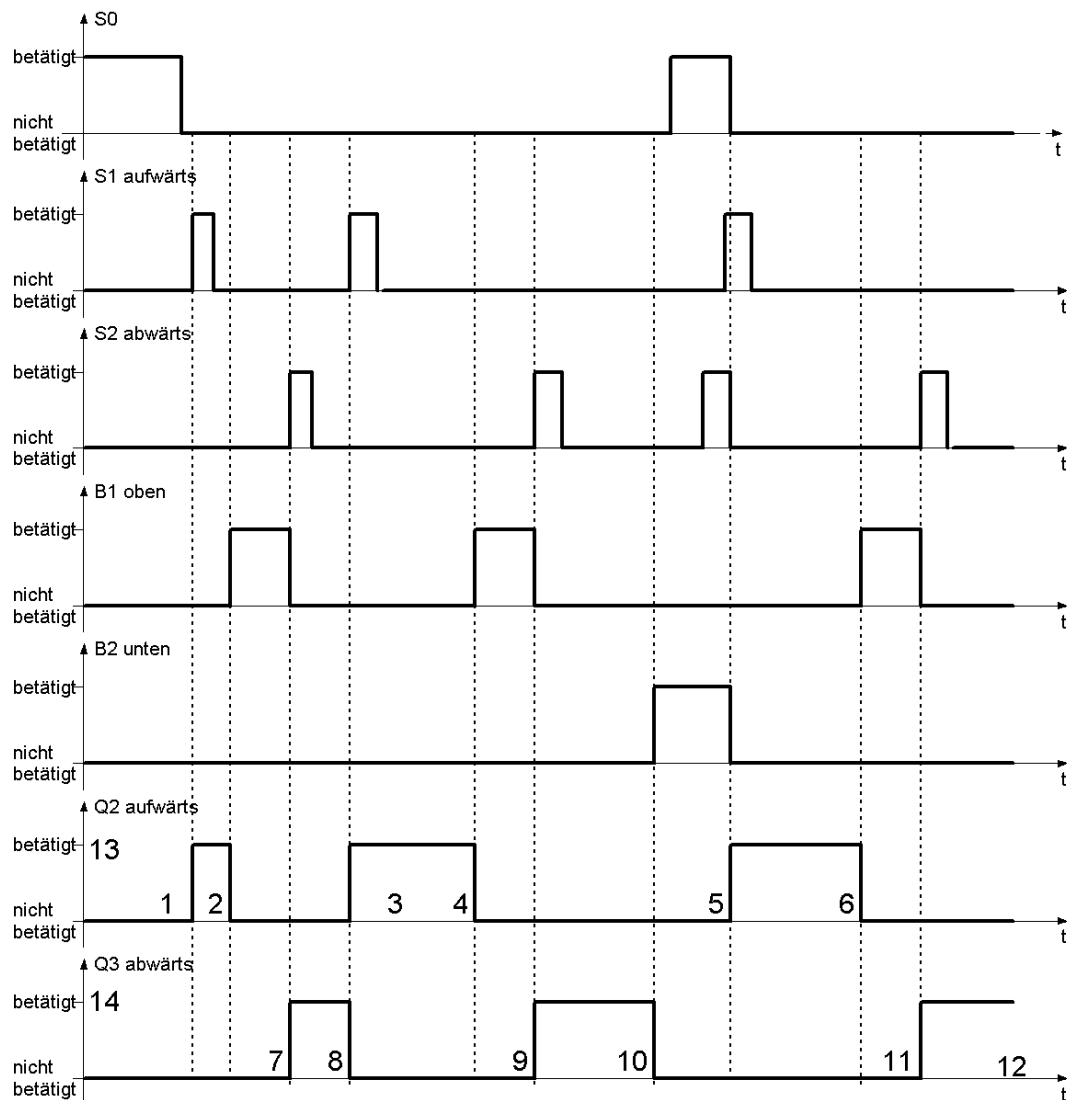


Abb. 5_L: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises - Lösung

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Entwickeln Sie in Abb. 6 eine Digitalschaltung, die die Funktionen des Steuerstromkreises erfüllt.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|------------------------------|-----|--------|
| Speicherfunktion aufwärts | III | 2 |
| Speicherfunktion abwärts | III | 2 |
| Rücksetzen Speicher aufwärts | III | 3 |
| Rücksetzen Speicher abwärts | III | 3 |
| Setzen aufwärts (S1 oder S4) | II | 2 |
| Setzen abwärts (S2 oder S3) | II | 2 |
| Verriegelung Q2 und Q3 | II | 2 |

Hinweis: Sollte keine Verriegelung in Digitaltechnik erstellt werden, erfolgt kein Punktabzug.

Musterlösung 1:

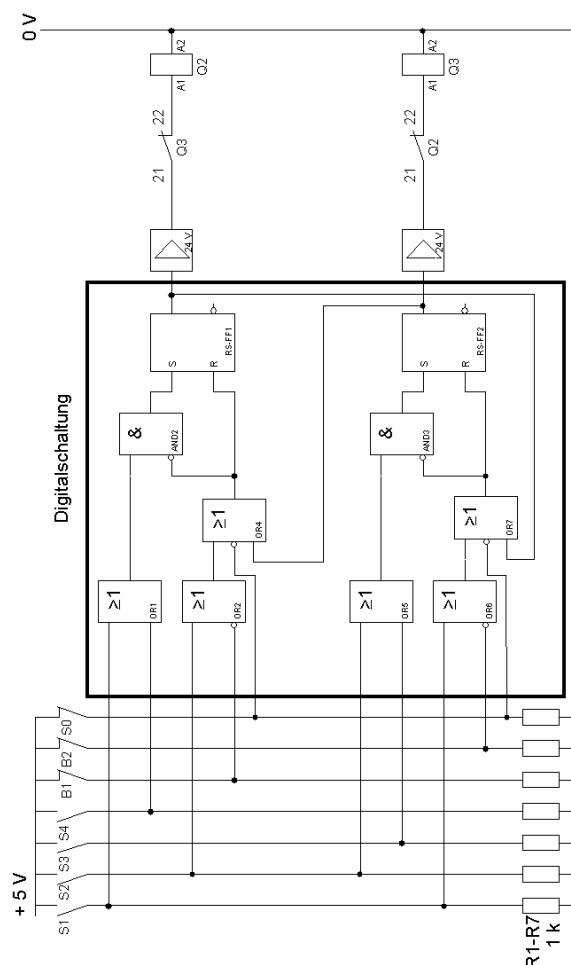


Abb. 6_L1: Steuerung mit Digitalbausteinen – Lösung 1

Musterlösung 2:

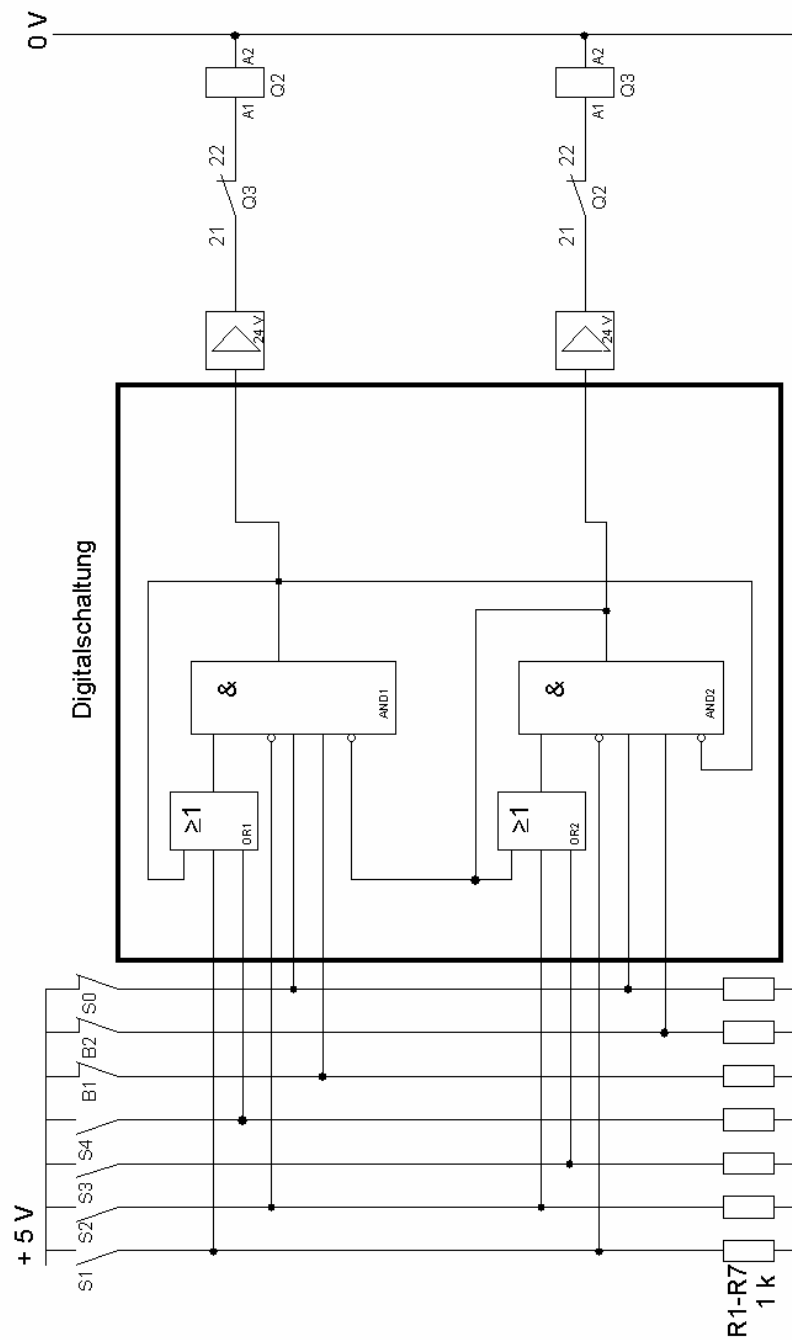


Abb. 6_L2: Steuerung mit Digitalbausteinen – Lösung 2

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerursachen für das nicht mehr mögliche Abwärtssteuern des Rolltors.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|------------|---------------|
| Fehlersuche im linken Teil des Steuerstromkreises | I | 1 |
| Ausschluss Schütz Q2 als Fehlerursache | II | 1 |
| Ausschluss: Fehlerursache liegt nicht im linken Steuerstromkreis | II | 1 |
| Fehlersuche im rechten Teil des Steuerstromkreises | II | 1 |
| Eingrenzen des Fehlers im rechten Teil | II | 1 |
| Ausschluss von Bauelementen | II | 1 |
| Nennt 1. mögliche Fehlerursache | II | 1 |
| Nennt 2. mögliche Fehlerursache | II | 1 |

Musterlösung:

Allgemeine Fehlersuche:

Beim Betätigen von S1 zieht das Schütz Q2 an. Damit ist die Aufwärtsbewegung möglich. Der linke Zweig der Steuerung ist somit in Ordnung. Das Festsitzen (Kleben) von Q2 kann als Fehlerursache ausgeschlossen werden. Laut Fehlerbeschreibung wird während des Hochfahrens der Taster S2 betätigt. Q2 fällt ab, damit ist das Schütz Q2 nicht dauerhaft angezogen und blockiert auch nicht über die Kontakte 21 und 22 den rechten Zweig (abwärts) des Steuerstromkreises. Das Schütz Q3 zieht aber nicht an. Die Fehlerursache muss sich im rechten Zweig des Steuerstromkreises befinden. Folgende relevante Bauelemente befinden sich im rechten Zweig: S2; B2; Q2 K21_22; S1 K21_22 und Q3.

S2 scheidet als Fehlerquelle aus, da mit den Kontakte S2 K21_22 der Stromfluss zu Q2 unterbrochen werden kann.

Q2 K21_22 scheidet ebenfalls als Fehlerquelle aus, da das Schütz sowohl anzieht als auch abfällt.

S1 funktioniert, sonst würde bei der Stellung Tor_unten und keinem gedrückten Taster das Tor sofort hochfahren.

Mögliche Fehlerursache Nr.1:

Das Schütz Q3 zieht nicht an, weil es einen elektrischen oder mechanischen Defekt hat.

Mögliche Fehlerursache Nr.2:

Der Nockenschalter B2 hat einen elektrischen oder mechanischen Defekt und befindet sich dauerhaft in geöffneter Position.

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Bewerten Sie den angedachten Mikrocontrollereinsatz unter ökonomischen und technischen Gesichtspunkten.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Richtige Bewertung bzw. Einschätzung von: | | |
| - Schnelle Programmänderung | II | 1 |
| - Miniaturisierung | II | 1 |
| - Verschleiß | II | 1 |
| - benötigte zusätzliche Bauteile | II | 1 |
| - Installationsaufwand | II | 1 |
| - Programmieraufwand | II | 1 |
| - Hardwareausstattung für die Programmierung | II | 1 |
| - erweitertes Fachwissen für MC | II | 1 |
| - Kostenvergleich beider Systeme | II | 1 |
| - Anlagengröße in Bezug zum Aufwand | II | 1 |

Musterlösung:

Die **Vorteile** eines Steuerstromkreises, realisiert mit einer Mikrocontrollerschaltung gegenüber einer Kontaktsteuerung, liegen in:

- der Minimierung des Verschleißes
- der Miniaturisierung
- der schnellen Veränderung der Programmierung

Die **Nachteile** eines Steuerstromkreises, realisiert mit einer Mikrocontrollerschaltung gegenüber einer Kontaktsteuerung, liegen in:

- einer extra notwendigen Gleichspannungsversorgung
- Koppelschaltungen für die weiter benutzten Lastschütze Q2 und Q3
- der Hardwareausstattung für die Programmierung (Laptop, Schnittstellen, usw.)
- benötigtem erweitertem Fachwissen der installierenden Person

Bewertung:

Die Möglichkeit der schnellen Programmänderung spielt in diesem Fall eine untergeordnete Rolle, da Veränderungen an dieser Anlage selten sein dürften.

Die Miniaturisierung der Steuerung ist in dieser Werkshalle kein Vorteil, da kein Hinweis auf räumliche Enge vorliegt.

Die Kosten für die Installation der Steuerung mit dem Mikrocontroller werden um ein vielfaches über den Installationskosten der kontaktbehafteten Steuerung liegen, da, wie schon in den Nachteilen beschrieben, eine Gleichspannungsversorgung, eine Koppelschaltung und weitere Hard- und Software benötigt wird. Weiterhin wird eine Programmiereinheit für den Mikrocontroller benötigt sowie eine Fachkraft, die den Mikrocontroller programmieren kann. Im Vergleich der Installationszeiten beider Systeme dürfte das konventionelle System im Vorteil liegen, da sehr wenige Bauteile verdrahtet werden müssen.

Der einzige Vorteil der Steuerung mit einem Mikrocontroller liegt im minimierten Verschleiß. Da die Lastschütze aber weiterhin konventionell betrieben werden, spricht kein Vorteil für die Realisierung der Steuerung mit einem Mikrocontroller.

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Entwickeln Sie die Erweiterungsschaltung in Abb. 7 „Steuerstromkreis mit automatischer Schließung“.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|------------|---------------|
| Funktionsrichtiges Zeitrelais eingebaut | II | 1 |
| S0 schaltet alle Anlagenteile des Steuerstromkreises jederzeit ab. | II | 1 |
| Nach dem Wiedereinschalten der Anlage durch S0 startet das Tor nicht automatisch. | II | 1 |
| Immer eine Minute nach Erreichen der oberen Endlage beginnt der automatische Schließvorgang. | II | 1 |
| Der automatische Schließvorgang kann durch Betätigen von S1 unterbrochen werden. | II | 1 |
| Das Tor fährt bis in seine untere Endlage. | II | 1 |
| Das Zeitrelais wird bei Nichtbenutzung abgeschaltet. | II | 1 |

Musterlösungen 1:

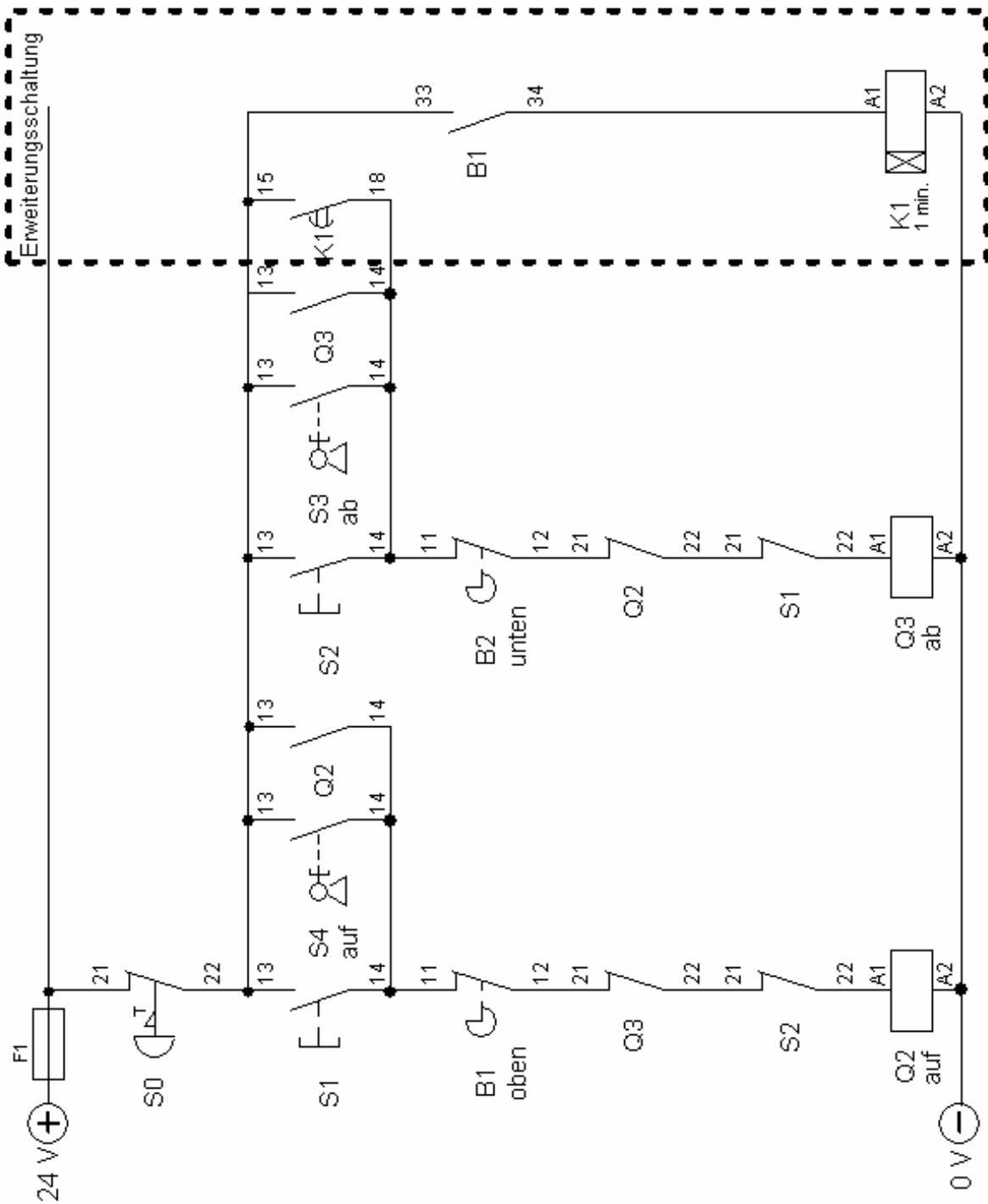


Abb. 7_L1: Steuerstromkreis mit Zeitrelais - Lösung 1

Musterlösungen 2:

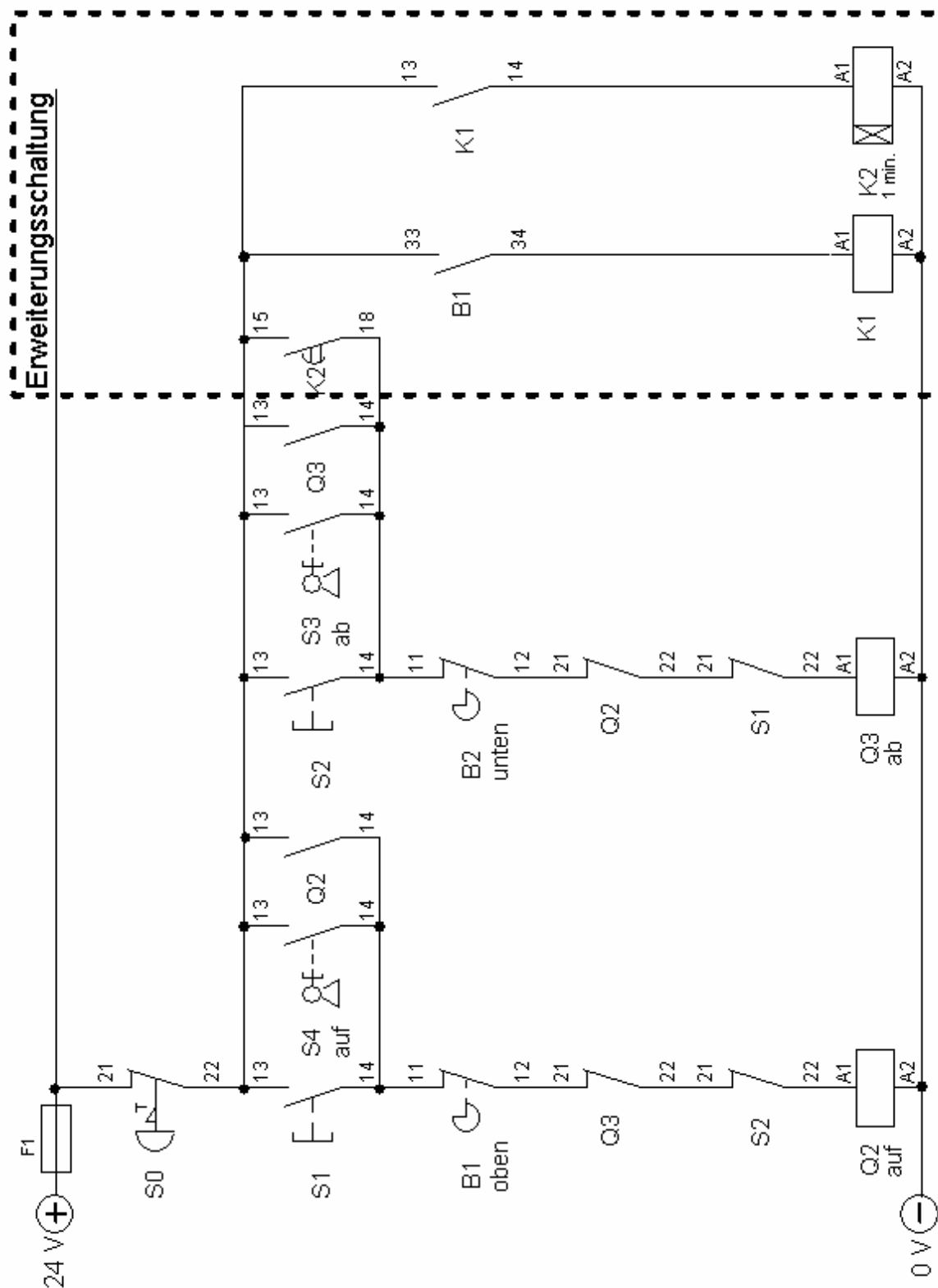


Abb. 7_L2: Steuerstromkreis mit Zeitrelais - Lösung 2

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A3 II (1): Kenngrößen berechnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM2: Betriebsverhalten |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A3 I (1): Last- und Steuerstromkreise für elektrische Motoren zeichnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM3: Ansteuerung elektrischer Maschinen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 8 Minuten |

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A3 III (3): Auswahl von Maschinen auf der Basis von Datenblattangaben begründen B III (2): Den Einsatz von Bauelementen, Schaltungen und Maschinen auf der Basis ihrer Beschreibung durch Diagramme / Kennlinien bewerten |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM2: Betriebsverhalten Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeiten mit Diagrammen |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 4: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 8 Minuten |

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A2 III (1): Anwendungsbezogen eine digitaltechnische Steuerung unter Verwendung von Schaltnetzen und Schaltwerken entwickeln • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Digitaltechnik (DT) - DT2: Grundbausteine • Fachwissen – Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen • Methodenbeherrschung (B) - B2: Schaltungsentwurf |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 18 Minuten |

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Methodenbeherrschung (B) - B5: Fehlersuche |

| | |
|------------------|---|
| Aufgabenart | Experimentbezogene Aufgabe mit Anwendungsbezug - ergebnisoffen |
| Bearbeitungszeit | 12 Minuten |

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

| | |
|-------------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> D - Reflexion |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> D III (2): Alternativen zu einer Schaltung, einem Gerät oder einem Programm diskutieren |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Reflexion (D) - RB3: Durch die Elektrotechnik beeinflusste Technisierungs- prozesse in Industrie und Gesellschaft |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

| | |
|-------------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) B - Methodenbeherrschung C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A3 I (1): Last- und Steuerstromkreise für elektrische Moto- ren zeichnen B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext an- wenden C I (3): Einfache Datenblätter auswerten |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM3: Ansteuerung elektrischer Maschinen Methodenbeherrschung (B) - B2: Schaltungsentwurf Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart | Materialgebundene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 12 Minuten |

6.6 Aufgabenbeispiel 6: Brennofentemperaturregelung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Anhang: Führungssprungantworten 1 - 4

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Abb. 1 zeigt eine geregelte Brennofenanlage.

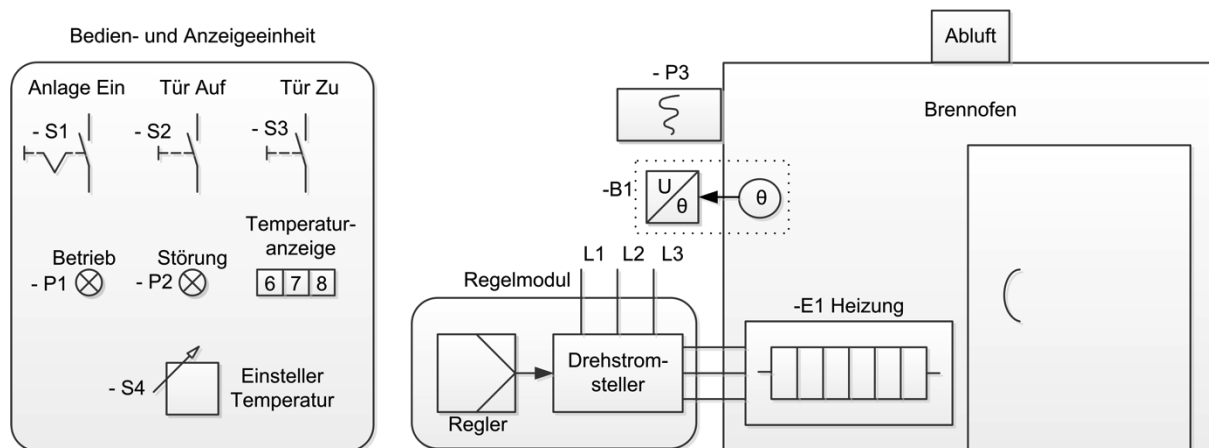


Abb. 1: Technologieschema der Brennofenanlage mit Bedienfeld und Regelmodul

In dem Ofen können Materialien gebrannt werden.

Die Anlage wird über die gezeigten Betriebsmittel in der Bedien- und Anzeigeeinheit bedient (S1 bis S4) und überwacht (P1 und P2). Mit S4 kann die gewünschte Temperatur eingestellt werden. Die aktuelle Ofentemperatur wird auf der Temperaturanzeige ausgegeben.

Der Sensor B1 erfasst die Temperatur und setzt sie in eine Spannung um. Der Temperaturverlauf wird mit einem Kennlinienschreiber P3 aufgezeichnet.

Die Heizung der Brennofenanlage wird über ein Regelmodul, bestehend aus dem Regler und dem Drehstromsteller, angesteuert.

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

Um einen Überblick über die regelungstechnisch relevanten Größen und Betriebsmittel zu bekommen, sollen zunächst anhand des Technologieschemas wichtige Elemente des Regelkreises benannt werden.

Ordnen Sie die technologischen Größen bzw. Betriebsmittel des Technologieschemas den normierten Regelkreisgrößen in der Tabelle 1 zu.

| Normierte Regelkreiselemente und -größen | Größen und Betriebsmittel des Technologieschemas |
|---|--|
| Führungsgrößengeber (Bildung der Führungsgröße) | |
| Stelleinrichtung | |
| Regelstrecke | |
| Messeinrichtung | |
| Regelgröße | |
| Störgröße | |

Tabelle 1: Zuordnung Normbezeichnungen

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

An das Verhalten der Brennofentemperatur nach einem Führungssprung werden folgende Anforderungen gestellt:

- maximale Anregelzeit 120min
- Abweichung des Beharrungswertes der Temperatur maximal $\pm 2\%$ vom eingestellten Temperatursollwert
- maximale Ausregelzeit 240min
- höchster Überschwingwert $+10\%$ vom Beharrungswert

Für verschiedene Reglereinstellungen wurden mit dem Kennlinienschreiber P3 vier Führungssprungantworten des geschlossenen Regelkreises aufgenommen (Abb. 3 - 6 im Anhang). Dabei wurde immer die gleiche Ausgangstemperatur 25°C und der gleiche Temperatursollwert 800°C gewählt.

Werten Sie die Sprungantworten in einer tabellarischen Darstellung hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen aus.

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Zur Regelung wird der in Abb. 2 gezeigte elektronische PID-Regler mit Operationsverstärkern eingesetzt. Mit einem einstellbaren Signalgenerator und einem 4-Kanal-Oszilloskop soll das Sprungantwortverhalten des gezeigten Reglers untersucht werden.

Hierbei werden folgende Festlegungen getroffen:

- Kanal 1 misst das Eingangssignal (den Sprung).
- Kanal 2 misst das Sprungantwortverhalten des P-Reglers.
- Kanal 3 misst das Sprungantwortverhalten des I-Reglers.
- Kanal 4 misst das gesamte Ausgangssignal des Reglers.

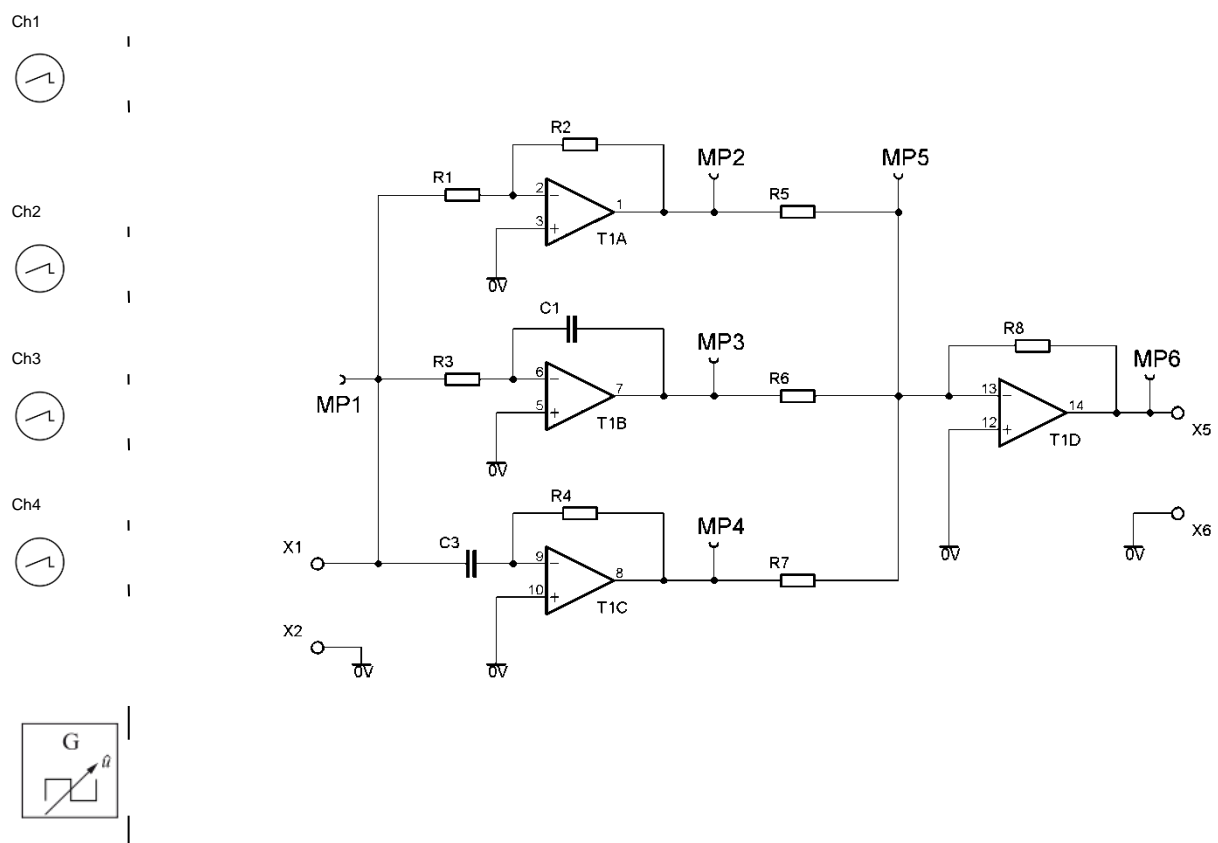


Abb. 2: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Zeichnen Sie für die geforderte Messschaltung die Verbindungen in Abb. 2 ein.

Anhang: Führungssprungantworten 1 - 4

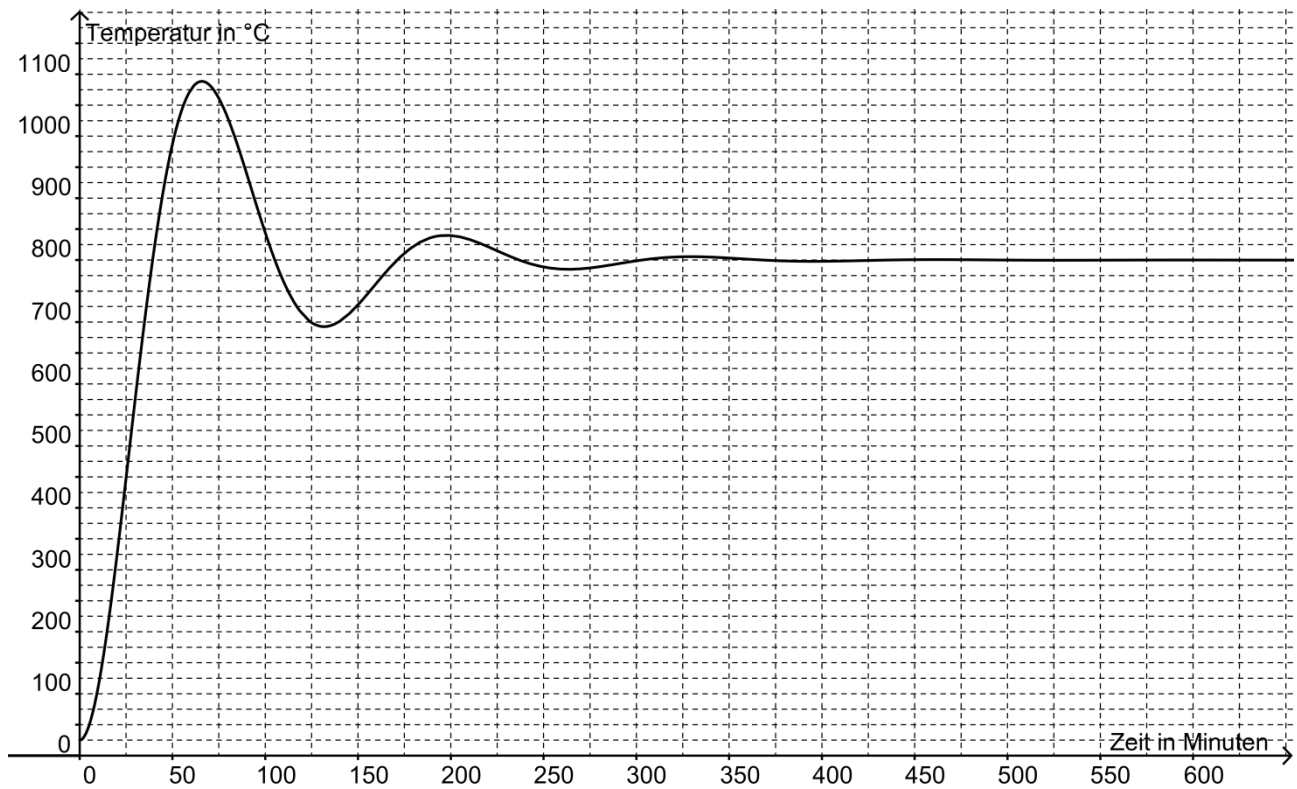


Abb. 3: Führungssprungantwort 1

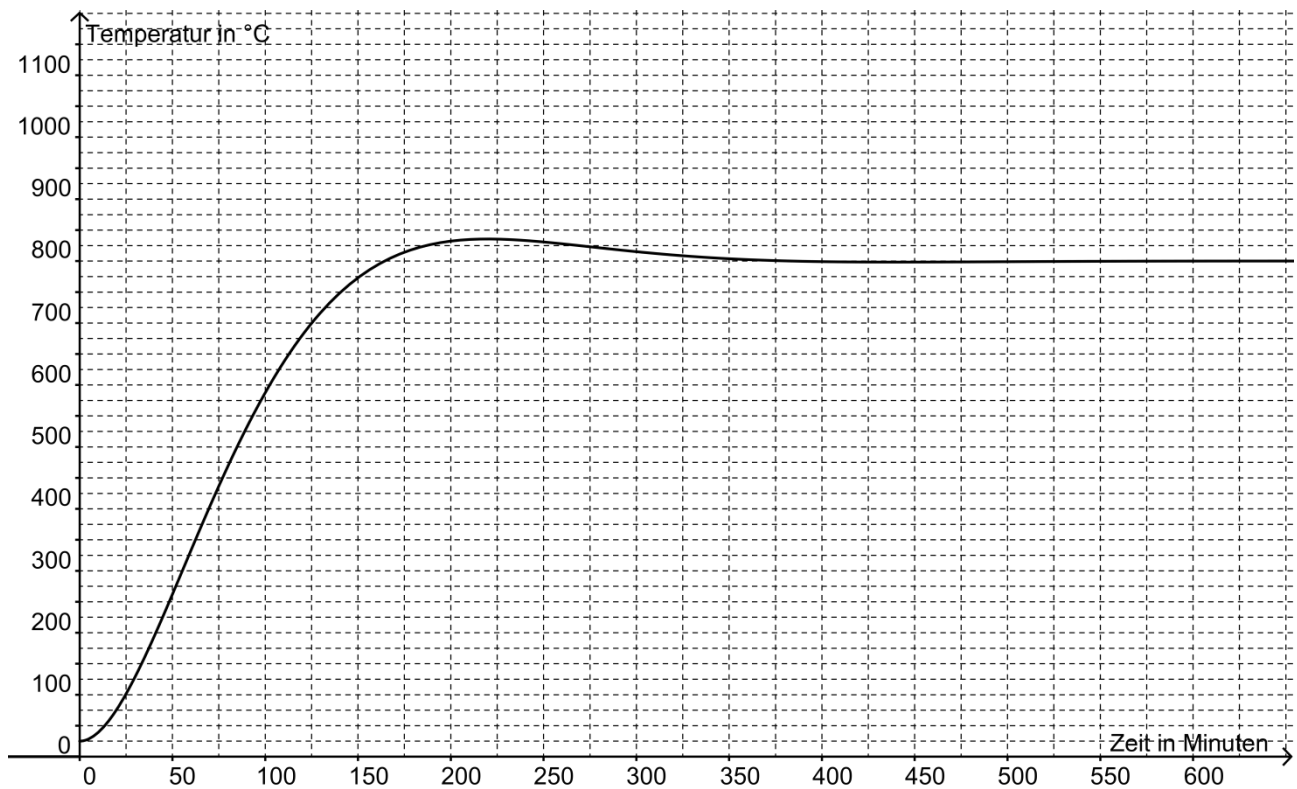


Abb. 4: Führungssprungantwort 2



Abb. 5: Führungssprungantwort 3

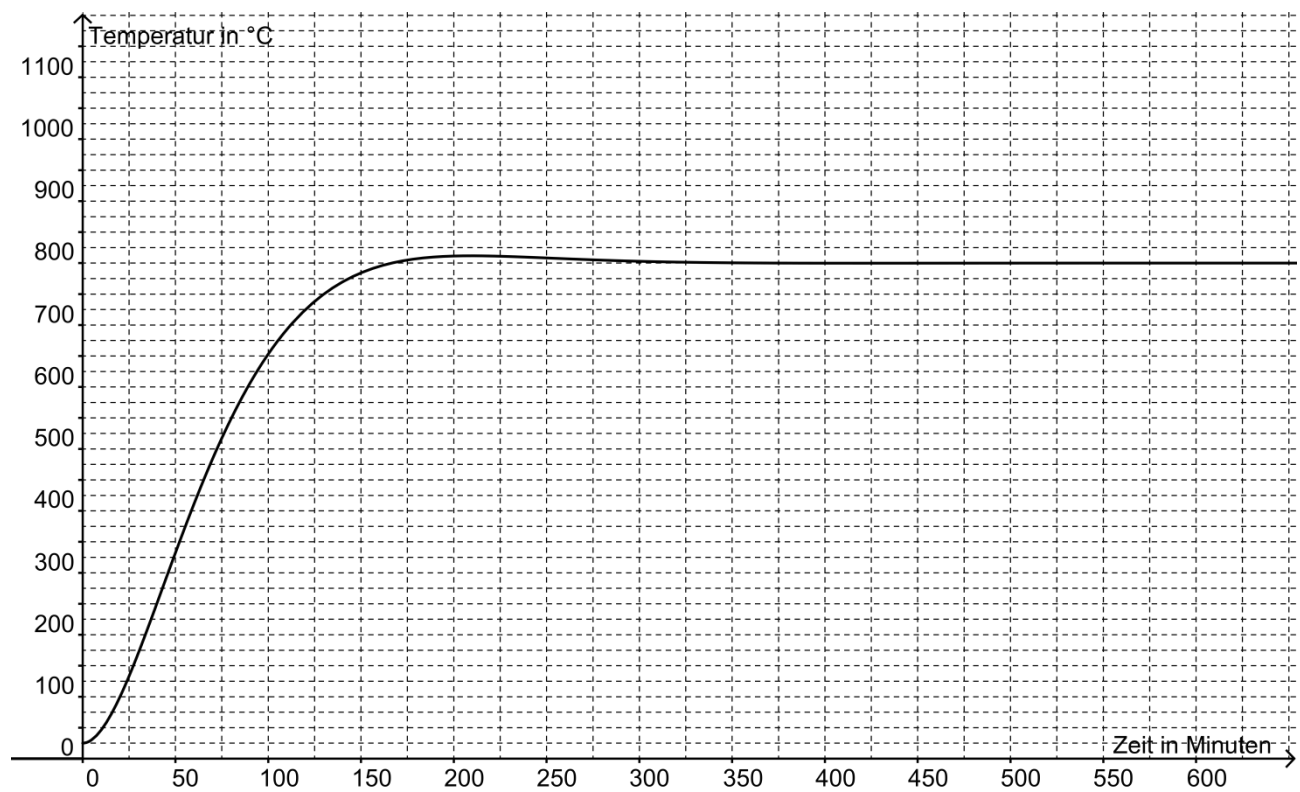


Abb. 6: Führungssprungantwort 4

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

Ordnen Sie die technologischen Größen bzw. Betriebsmittel des Technologieschemas den normierten Regelkreisgrößen in der Tabelle 1 zu.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|------------|---------------|
| Zuordnung des Sollwerteinstellers Temperatur S4 zum Führungsgrößengeber | II | 1 |
| Zuordnung des Drehstromstellers zur Stelleinrichtung | II | 1 |
| Zuordnung von Heizung und Raum zur Regelstrecke | II | 1 |
| Zuordnung des Temperatursensors und des Spannungsumsetzers B1 zur Messeinrichtung | II | 1 |
| Zuordnung der Brenntemperatur zur Regelgröße | II | 1 |
| Zuordnung der Abluft zur Störgröße | II | 1 |

Musterlösung:

| Normierte Regelkreiselemente und -größen | Größen und Betriebsmittel des Technologieschemas |
|---|---|
| Führungsgrößengeber (Bildung der Führungsgröße) | Sollwerteinsteller Temperatur S4 |
| Stelleinrichtung | Drehstromsteller |
| Regelstrecke | Heizung und Raum |
| Messeinrichtung | Temperatursensor und Spannungsumsetzer B1 |
| Regelgröße | Brenntemperatur |
| Störgröße | Abluft |

Tabelle 2: Zuordnung Normbezeichnungen

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

Werten Sie die Sprungantworten in einer tabellarischen Darstellung hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen aus.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Absolute Toleranzobergrenze und -untergrenze berechnet | II | 1 |
| Toleranzobergrenze und -untergrenze in Abbildungen eingezeichnet | II | 1 |
| Anregelzeit bestimmt | II | 4 |
| Ausregelzeit bestimmt | II | 4 |
| Überschwingwert bestimmt | II | 4 |
| Reglereinstellung 3 als geeignet herausgestellt | II | 1 |

Musterlösung:

Toleranzobergrenze: $800^{\circ} + 0,02 \cdot 800^{\circ}\text{C} = 816^{\circ}\text{C}$

Toleranzuntergrenze: $800^{\circ} - 0,02 \cdot 800^{\circ}\text{C} = 784^{\circ}\text{C}$

| Regler-einstel-lung | Anregel-zeit in min | Ausregel-zeit in min | Überschwingwert absolut ; in % |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1 | 40 min | 230 min | 285°C ; 35,6% |
| 2 | 160 min | 300 min | 35°C ; 4,4% |
| 3 | 65 min | 145 min | 76°C ; 9,5% |
| 4 | 150 min | 150 min | 15°C ; 1,9% |

Tabelle 3: Auswertung der Führungssprungantworten

Die Reglereinstellung der Führungssprungantwort 3 ist geeignet, da bei dieser alle Anforderungen erfüllt werden.

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Zeichnen Sie für die geforderte Messschaltung die Verbindungen in Abb. 2 ein.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Verbindung Ch1 zu MP1 eingezeichnet | II | 1 |
| Verbindung Ch2 zu MP2 eingezeichnet | II | 1 |
| Verbindung Ch3 zu MP3 eingezeichnet | II | 1 |
| Verbindung Ch4 zu MP6 eingezeichnet | II | 1 |
| Verbindung des Signalgenerators zu X1 eingezeichnet | II | 1 |
| Verbindung der GND-Anschlüsse des Oszilloskops zum GND-Anschluss des Reglers eingezeichnet | II | 1 |
| Verbindung des GND-Anschlusses des Signalgenerators zum GND-Anschluss des Reglers eingezeichnet | II | 1 |

Musterlösung:

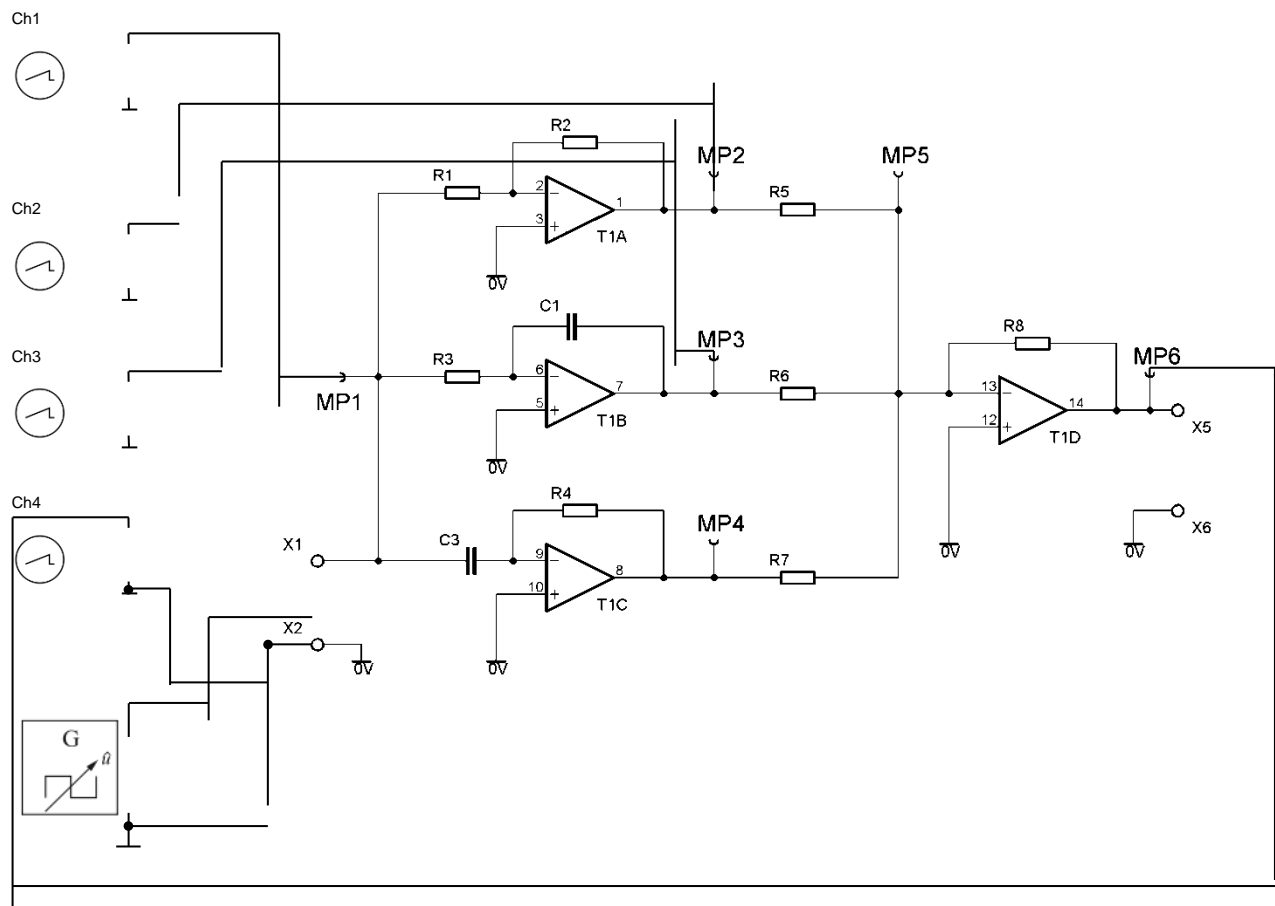


Abb. 7: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A4 II (1): Regelkreisstrukturen im realen Technologieschema ermitteln und Wirkpläne zeichnen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT1: Grundbegriffe |
| Aufgabenart | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A4 III (2): Die Güte einer Regelung bewerten B II (1): Statische und dynamische Kenngrößen aus Diagrammen grafisch ermitteln |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT4: Einstellen von Reglern Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeiten mit Diagrammen |
| Aufgabenart | Experimentbezogene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) B - Methodenbeherrschung |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A4 I (4): Regeleinrichtungen und Operationsverstärkerschaltungen einander zuordnen B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden |

| | |
|------------------|---|
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none">• Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT2: Regelstrecken• Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT3: Regler• Methodenbeherrschung (B) - B4:Messen |
| Aufgabenart | Experimentbezogene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

6.7 Aufgabenbeispiel 7: Fahrtregler

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N

Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktion

Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

Anhang 1: Schaltplan der Interfaceplatine

Anhang 2: Datenblatt des Treiberbausteins 74245N

Anhang 3: C-Programm für den PWM-Fahrtregler

Anhang 4: Capture-Compare-Einheit des Mikrocontrollers

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Abb. 1 zeigt das Blockschaltbild eines PWM – Fahrtreglers mit Mikrocontroller für einen Gleichstrommotor von einer Modelleisenbahn.

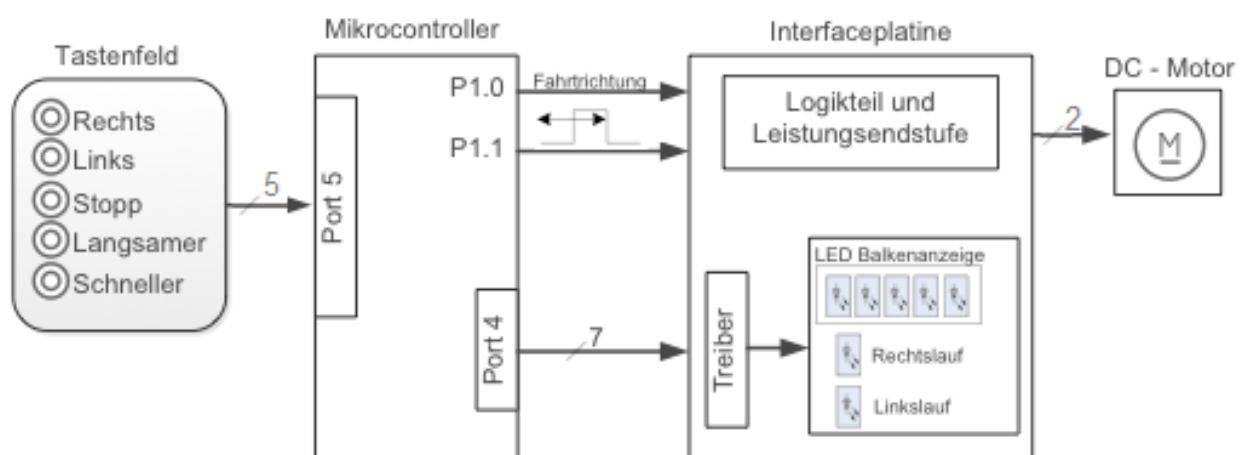


Abb. 1: Blockschaltbild eines PWM-Fahrtreglers

Zur Steuerung des DC-Motors dienen 5 Drucktaster (siehe Tastenfeld). Sie werden an Port P5 des Mikrocontrollers angeschlossen. Mit den Tastern „Rechts“ / „Links“ kann die Drehrichtung des Motors bestimmt werden. Durch Betätigen der Taster "Langsamer" bzw. „Schneller“ wird

die Motordrehzahl verringert bzw. erhöht. Einmaliges Betätigen des „Stopp“-Tasters senkt die Fahrgeschwindigkeit linear bis auf „Null“ ab.

Auf einer Interfaceplatine werden über einen Treiberbaustein sieben LEDs angesteuert. Fünf LEDs dienen als Balkenanzeige für die erzeugte Motordrehzahl und zwei LEDs zeigen die Drehrichtung des Motors an.

Zusätzlich befinden sich auf der Interfaceplatine ein Logikteil und eine Leistungsendstufe, die an Port 1 des Mikrocontrollers angeschlossen sind. Diese werten die Signale des Mikrocontrollers (Rechts- / Linkslauf und das PWM-Signal) aus und übertragen sie an den Motor.

Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N

Anhang 1 zeigt den Schaltplan der Interfaceplatine. Da der Mikrocontroller an Port 4 einen maximalen Strom von 80µA liefert, wird auf der Zusatzplatine für den Betrieb der LEDs ein Treiberbaustein vom Typ 74245N (Datenblatt in Anhang 2) eingesetzt.

Zeichnen Sie in Anhang 1 die Verbindungen zur Beschaltung der Dateneingänge, der Datenausgänge und der Steuereingänge des Bausteins 74245N.

Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“

Das C-Programm für den PWM-Fahrtregler steht in Anhang 3 zur Verfügung.

Die Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“ dienen zur Verringerung der Motordrehzahl und werden im C-Programm in den Zeilen 80 bis 90 realisiert.

Erstellen Sie für die Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“ (Programmzeilen 80 – 90) den Programmablaufplan.

Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

In Abb. 2 ist der Anschluss des Tasters S1 („Schneller“) an den Mikrocontroller gezeigt.

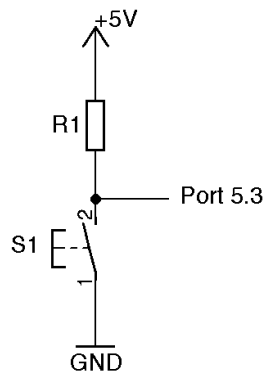


Abb. 2: Taster S1 „Schneller“

Bei der Signalauswertung des Tasters durch den Mikrocontroller kommt es zu Fehlfunktionen, die durch ein Prellen des Tasters verursacht werden. Statt des sofortigen elektrischen Kontaktes ruft die Betätigung des Tasters kurzzeitig ein mehrfaches Schließen und Öffnen des Kontaktes hervor. Abb. 3 zeigt das Prell-Signal des Tasters, das mit einem Oszilloskop aufgezeichnet wurde.

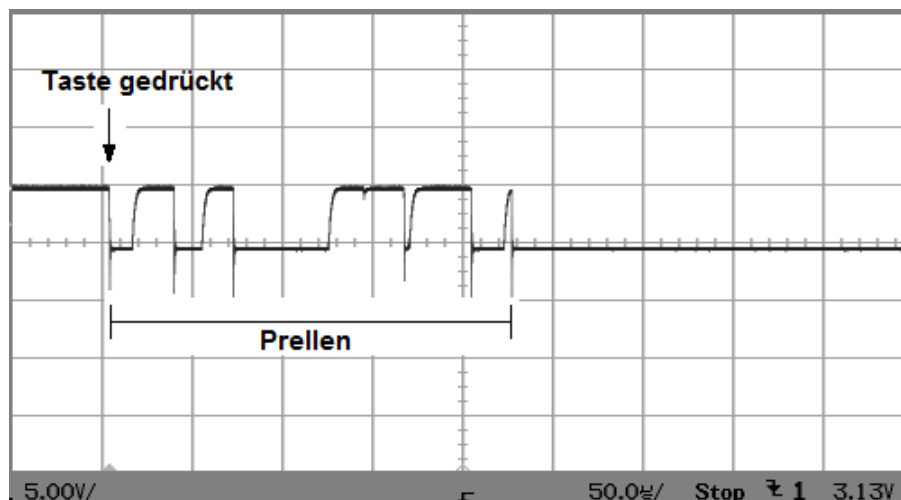


Abb. 3: Zeitlicher Signalverlauf eines ca. 250µs prellenden Tasters

Um das Prellen des Tasters zu vermeiden, muss sichergestellt werden, dass der Zustand „Taster gedrückt“ während einer bestimmten Zeitdauer (ca. 300µs) ansteht, bevor er als Tastendruck registriert wird. Diese Zeitverzögerung zum Ausblenden der Impulse zwischen der ersten und letzten fallenden Flanke kann hardware- oder softwareseitig erfolgen.

Entwickeln Sie eine Hardware- oder Softwarelösung zum Entprellen des Tasters.

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

Die Fahrgeschwindigkeit wird beim Fahrtregler durch ein PWM-Signal bestimmt. Zur Erzeugung des PWM-Signals dient die Capture-Compare-Einheit des Mikrocontrollers, die in Anhang 4 beschrieben ist.

Bestimmen Sie die Frequenz des PWM-Signals anhand der Einstellungen im C-Programm (Anhang 3).

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

Der Mikrocontroller erzeugt an Port-Pin P1.1 ein PWM-Signal, das einer bestimmten Geschwindigkeit, die über die Taster „Langsamer“ bzw. „Schneller“ eingestellt wird, entspricht. Im Rahmen einer Funktionskontrolle soll durch eine Messung überprüft werden, ob der Mikrocontroller das der eingestellten Geschwindigkeit entsprechende PWM-Signal ausgibt.

Beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Überprüfung des PWM-Signals.

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

In dem C-Programm (Anhang 3) erfolgt in der Funktion „vLEDs“ die Abfrage des „Low-Byte“ des Capture- Compare-Registers (CCL1). Der Registerinhalt bestimmt die Fahrgeschwindigkeit. Die LEDs an den Port-Pins P4.0 bis P4.4 sollen die Fahrgeschwindigkeit proportional abbilden. Bei einer zu geringen Geschwindigkeit ($CCL1 < 16$) soll jedoch noch keine LED leuchten.

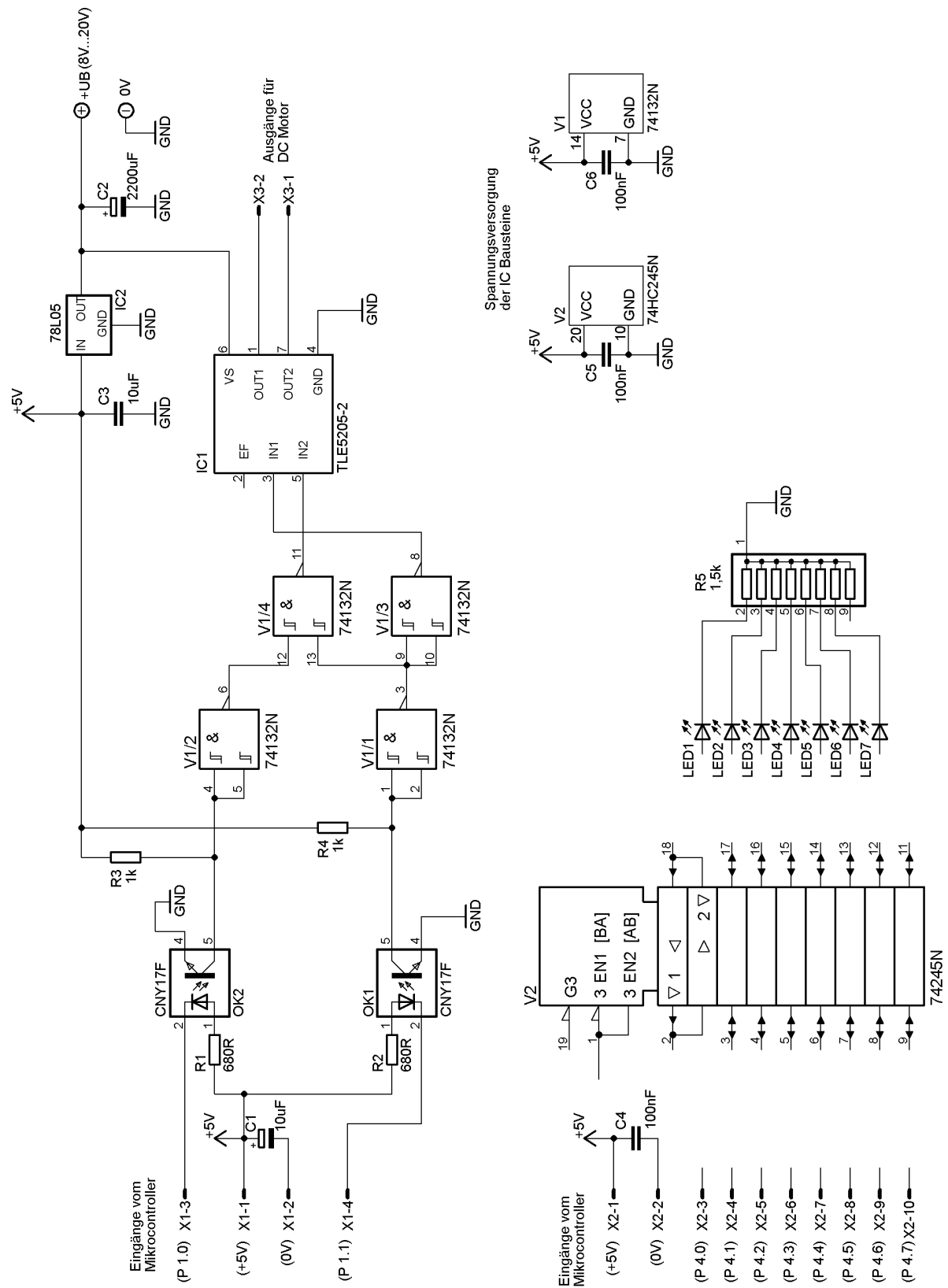
Geben Sie in den Programmzeilen 177 bis 181 des C-Programms in Anhang 3 die entsprechenden Zahlenwerte (Wert 1 bis Wert 5) für die Abfragen des CCL1-Registers hexadezimal an.

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

In der Schaltung in Anlage 1 wurde Wert auf den Schutz des Mikrocontrollers vor Fremdeinflüssen gelegt. Dabei wurden auch die ausgangsseitigen Grenzwerte von IC1 (40V / 5A) berücksichtigt.

Begründen Sie den Einsatz der Optokoppler in dieser Schaltung.

Anhang 1: Schaltplan der Interfaceplatine



Anhang 2: Datenblatt des Treiberbausteins 74245N

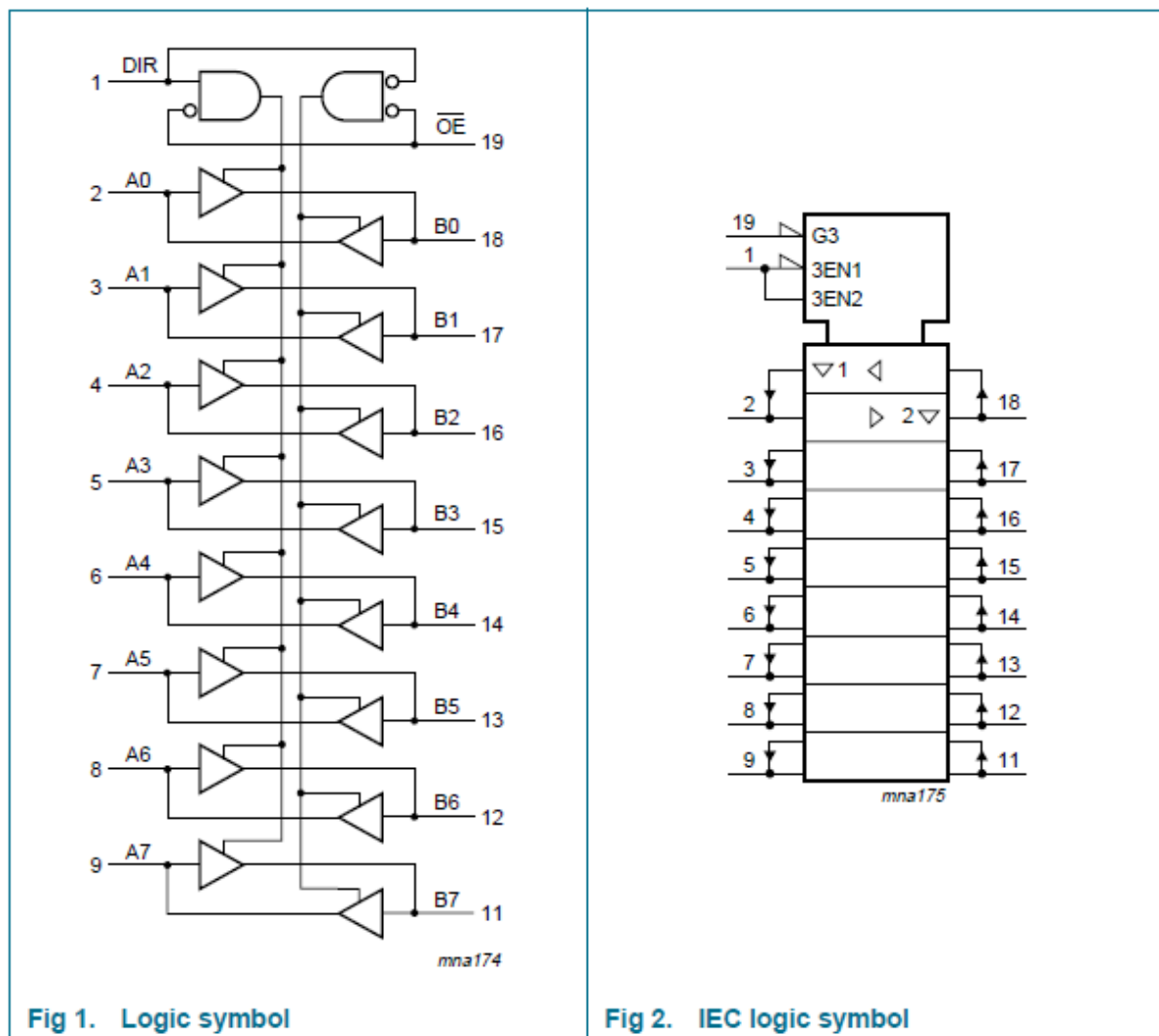
General Description

The 74HC245; 74HCT245 is a high-speed Si-gate CMOS device and is pin compatible with Low-Power Schottky TTL (LSTTL).

The 74HC245; 74HCT245 is an octal transceiver featuring non-inverting 3-state bus compatible outputs in both send and receive directions. The 74HC245; 74HCT245 features an output enable input (\overline{OE}) for easy cascading and a send/receive input (DIR) for direction control. \overline{OE} controls the outputs so that the buses are effectively isolated.

The 74HC245; 74HCT245 is similar to the 74HC640; 74HCT640 but has true (non-inverting) outputs.

Functional Diagram



Pin Description

| PIN | SYMBOL | DESCRIPTION |
|----------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | DIR | direction control |
| 2 to 9 | A ₀ to A ₇ | data inputs/outputs |
| 10 | GND | ground (0 V) |
| 11 to 18 | B ₇ to B ₀ | data inputs/outputs |
| 19 | $\overline{\text{OE}}$ | output enable input (active LOW) |
| 20 | V _{CC} | DC supply voltage |

Functional Description

| Input | | Input/output | |
|------------------------|-----|----------------|----------------|
| $\overline{\text{OE}}$ | DIR | A _n | B _n |
| L | L | A = B | input |
| L | H | input | B = A |
| H | X | Z | Z |

- [1] H = HIGH voltage level;
L = LOW voltage level;
X = don't care;
Z = high-impedance OFF-state.

Anhang 3: C-Programm für den PWM-Fahrtregler

```

001  /*-----
002  Programmbeschreibung
003
004  PWM Fahrtregler für DC Motor
005  -----
006
007  -----
008  Deklarationen und Konstanten
009  ----- */
010
011  #include <reg552.h>
012  #include <stdio.h>
013
014  sbit rechts = 0xF8;           //P5.0 = Rechtslauf
015  sbit links = 0xF9;           //P5.1 = Linkslauf
016  sbit stopp = 0xFA;           //P5.2 = Stopptaste
017  sbit langsamer = 0xFB;       //P5.3 = langsamer fahren
018  sbit schneller = 0xFC;       //P5.4 = schneller fahren
019  sbit LEDre = 0xC7;           //Richtungs-LED an P4.7: rechts / HIGH-
                                //aktiv
020  sbit LEDli = 0xC6;           //Richtungs-LED an P4.6: links /HIGH-aktiv
021  sbit L4 = 0xC4;              //Betriebsspannungsanzeige mit fünf LEDs
022  sbit L3 = 0xC3;              //an den Pins P4.0 bis P4.4
023  sbit L2 = 0xC2;
024  sbit L1 = 0xC1;
025  sbit L0 = 0xC0;
026  sbit DIR = 0x90;             //Input 2 (= Drehrichtung. LOW=Rechtslauf)
027  sbit PWM = 0x91;             //PWM-Ausgang des Controllers für CC1
028
029  //Prototypen
030  void zeit_ms(unsigned char z);
031  void changelleft(void);
032  void changeright(void);
033  void STOP(void);
034  void vLEDs(void);
035
036  /*-----
037  Hauptprogramm
038  ----- */
039
040  void main(void)
041  {
042      P5=0xFF;                  //Port P5 auf "Lesen" schalten
043      CCEN=0x08;                //CC1-Register auf "10" setzen. Ergibt
                                //"Compare CC1"
044

```

```

045 //Nun folgen die einzelnen Bits im T2CON-Register!
046 T2I0=0; //Modus "01" bedeutet "Timer 2 ein" und
047 T2I1=0; //Taktsignal = Oszillatortakt"
048 T2CM=0; //Modus "0" (High an P1.1 bei Gleichstand)
049 //von CC1 und Timer 2. Low kommt wieder
//bei Timer 2 - Überlauf
050 T2R0=0; //Timer 2 im Auto-Reload-Modus "0"
051 T2R1=1;
052 I2FR=0; //Flanke für Interrupt INT3
053 I3FR=0; //bzw INT2 (ist hier unwichtig)
054 T2PS=0; //1 MHz - Takt für Timer 2 (kein Prescaler)
055
056 CCH1=0xFF; //Steuerung nur durch Low-Byte von CC1
057
058 P4=0x00; //Alle LEDs ausschalten
059
060 TH2=0xFF; //Timer 2 in Startposition:
061 TL2=0x00; //Startwert = 0xFF00
062 DIR=0; //Richtungsübergabe an TL5205: Rechts
063 CCL1=0x00; //und Stillstand beim Einschalten
064 LEDre=1; //Rechts-LED ein
065 CRCH=0xFF; //Timer 2 - Reloadwert ist 0xFF00;
066 CRCL=0x00;
067 T2I0=1; //Timer 2 starten
068
069 while(1)
070 {
071     while(DIR==0) //Rechtslauf
072     {
073         while((schneller==0)&&(CCL1<0xFF)) //schneller fahren
074         {
075             CCL1++;
076             zeit_ms(10);
077             vLEDs(); //LED-Fahrspannungs-Anzeige
078         }
079
080         while((langsamer==0)&&(CCL1>0x00)) //langsamer fahren
081         {
082             CCL1--;
083             zeit_ms(7);
084             vLEDs(); //LED-Fahrspannungs-Anzeige
085         }
086
087         if(stopp==0) //sanft anhalten
088         {
089             STOP();
090         }






```

```

091
092     if(links==0)                                //Fahrtrichtung umkehren (auf links)
093     {
094         changeleft();
095     }
096 }
097
098 while(DIR==1)                                    //Linkslauf
099 {
100     while((schneller==0)&&(CCL1<0xFF))           //schneller fahren
101     {
102         CCL1++;
103         zeit_ms(10);
104         vLEDs();                                //LED-Fahrspannungs-Anzeige
105     }
106
107     while((langsamer==0)&&(CCL1>0x00))           //langsamer fahren
108     {
109         CCL1--;
110         zeit_ms(7);
111         vLEDs();                                //LED-Fahrspannungs-Anzeige
112     }
113
114     if(stopp==0)                                  //sanft anhalten
115     {
116         STOP();
117     }
118
119     if(rechts==0)                                  //Fahrtrichtung umkehren (auf rechts)
120     {
121         changeright();
122     }
123 }
124 }
125 }
126
127 /* Zusatzfunktionen -----
128 void zeit_ms(unsigned char z)                    //Verzögerungszeit = z * 1 Millisekunde
129 {
130     int x;
131     char y;
132
133     for(y=0;y<z;y++)
134     {
135         for(x=0;x<=250;x++);
136     }
137 }

```

```

138
139 void STOP(void)                                //Stopp-Funktion
140 {
141     while(CCL1>0x00)                            //Solange Pulsbreite noch nicht Null:
142     {
143         CCL1--;                                //Dekrementiere CCH1-Register
144         zeit_ms(7);                            //Warte 7 Millisekunden
145         vLEDs();                                //LED-Anzeige aktualisieren
146     }
147 }
148
149 void changeleft(void)
150 {
151     STOP();
152     T2I0=0;                                    //Timer 2 stoppen
153     TH2=0xFF;                                //und in Startstellung
154     TL2=0x00;
155     CCL1=0x00;                                //Null Volt Fahrspannung vorsehen
156     LEDre=0;                                //Rechts-LED aus
157     LEDli=1;                                //Links-LED an
158     DIR=1;                                    //Richtungsbit auf "Links" setzen
159     T2I0=1;                                    //Timer 2 läuft wieder
160 }
161
162 void changeright(void)
163 {
164     STOP();
165     T2I0=0;                                    //Timer 2 stoppen
166     TH2=0xFF;                                //und in Startstellung
167     TL2=0x0;
168     CCL1=0x00;                                //Null Volt Fahrspannung vorsehen
169     LEDre=1;                                //Rechts-LED an
170     LEDli=0;                                //Links-LED aus
171     DIR=0;                                    //Richtungsbit auf "Rechts" setzen
172     T2I0=1;                                    //Timer 2 läuft wieder
173 }
174
175 void vLEDs(void)
176 {
177     char Wert1 = ;                //Grenzwerte für Geschwindigkeitsanzeige
178     char Wert2 = ;
179     char Wert3 = ;
180     char Wert4 = ;
181     char Wert5 = ;
182
183     if(CCL1>= Wert1)
184     {

```

```

185     L4=1;                //alle fünf LED für die
186     L3=1;                //Geschwindigkeit leuchten
187     L2=1;
188     L1=1;
189     L0=1;
190 }
191 if((CCL1>= Wert2)&&(CCL1< Wert1))
192 {
193     L4=0;                //die unteren vier LED
194     L3=1;                //für die Geschwindigkeit
195     L2=1;                //leuchten
196     L1=1;
197     L0=1;
198 }
199 if((CCL1>= Wert3)&&(CCL1< Wert2))
200 {
201     L4=0;                //die unteren drei LED
202     L3=0;                //für die Geschwindigkeit
203     L2=1;                //leuchten
204     L1=1;
205     L0=1;
206 }
207 if((CCL1>=Wert4)&&(CCL1< Wert3))
208 {
209     L4=0;                //Beide unteren LED leuchten
210     L3=0;
211     L2=0;
212     L1=1;
213     L0=1;
214 }
215 if((CCL1>=Wert5)&&(CCL1<Wert4))
216 {
217     L4=0;                //Unterste Geschwindigkeits-LED
218     L3=0;                //leuchtet
219     L2=0;
220     L1=0;
221     L0=1;
222 }
223 if(CCL1<Wert5)
224 {
225     L4=0;                //Alle Geschwindigkeits-LEDs
226     L3=0;                //dunkel
227     L2=0;
228     L1=0;
229     L0=0;
230 }
231 }

```

Anhang 4: Capture-Compare-Einheit des Mikrocontrollers

Die Capture-Compare-Einheit (vgl. Abb. 4) besteht aus einem 16-Bit-Zählregister (Timer 2-Register), einem 16-Bit-Vergleichsregistern (CC1) und einem 16-Bit-Register (CRC) für einen Reload-Wert (Startwert). Alle Register sind unterteilt in ein High-Byte und ein Low-Byte. Das Timer 2-Register wird durch den internen Takt (1 MHz) von einem Startwert (Reload-Wert) aus, der aus dem CRC-Register geladen wird, hochgezählt.

In das Vergleichsregister (CC1) wird eine 16-Bit-Hex-Zahl geschrieben, die mit dem Zählstand des Timer 2-Registers im 16-Bit-Komparator verglichen wird. Der zugehörige Port-Pin P1.1 (PWM-Ausgang) hat in dieser Zeit „LOW-Pegel“. Sobald das Timer 2-Register und das Vergleichsregister (CC1) den gleichen Inhalt aufweisen, wird von der Kontrolleinheit der Ausgabe-Port-Pin P1.1 auf „HIGH-Pegel“ gesetzt. Das Timer 2-Register zählt weiter bis zu seinem Überlauf. Beim Überlauf werden der Ausgabe-Port-Pin P1.1 wieder auf „LOW-Pegel“ und das Timerflag (TF2) auf „1“ gesetzt. Gleichzeitig wird der Startwert erneut in das Timer 2-Register kopiert und der gesamte Vorgang wiederholt sich.

Mit dem Reload-Wert im CRC-Register legt man also die Frequenz des PWM-Signals fest, während durch den Inhalt des CC1-Registers die Pulsweite geändert werden kann.

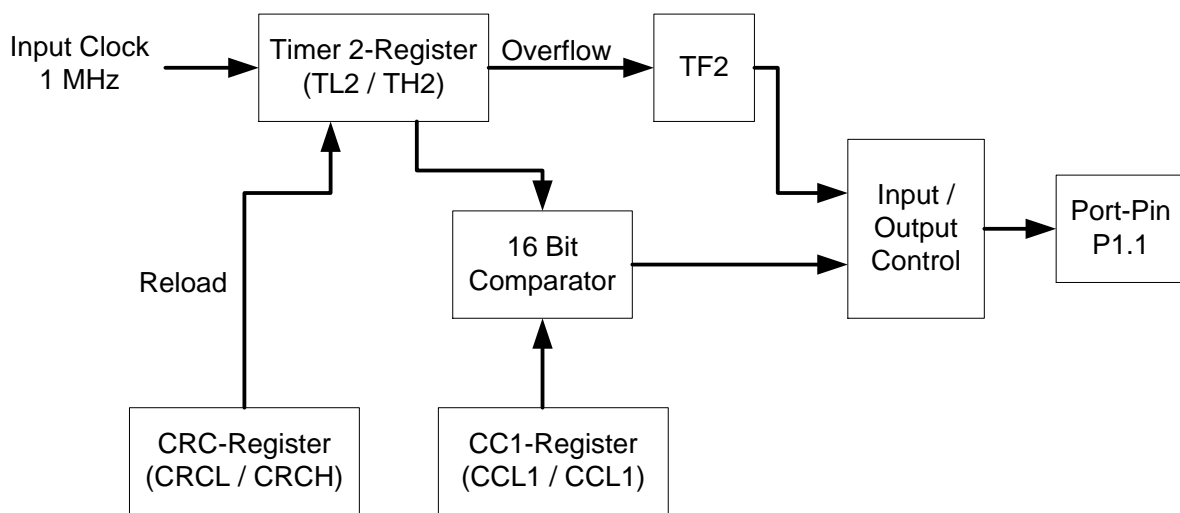


Abb. 4: Capture-Compare-Einheit (vereinfacht)

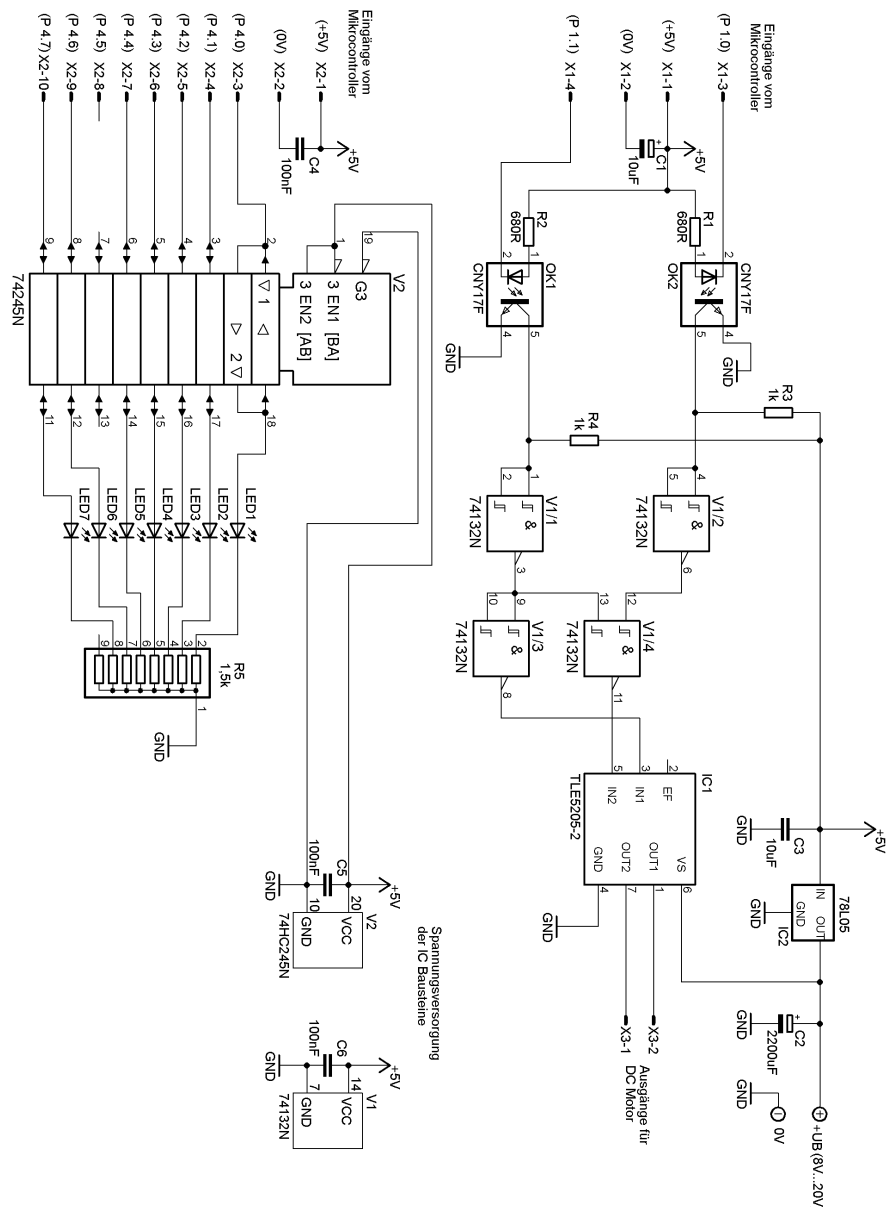
B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N

Zeichnen Sie in die Anhang 1 die Verbindungen zur Beschaltung der Dateneingänge, Datenausgänge und der Steuereingänge des Bausteins 74245N.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Verbindungen Dateneingänge mit Klemme X2 | II | 1 |
| Verbindungen Datenausgänge mit LEDs | II | 1 |
| Richtige Wahl der Anschluss-Pins des uC | II | 1 |
| Verbindung Steuereingang G3 mit Vcc | II | 1 |
| Verbindung Steuereingang EN1 mit GND | II | 1 |

Musterlösung:

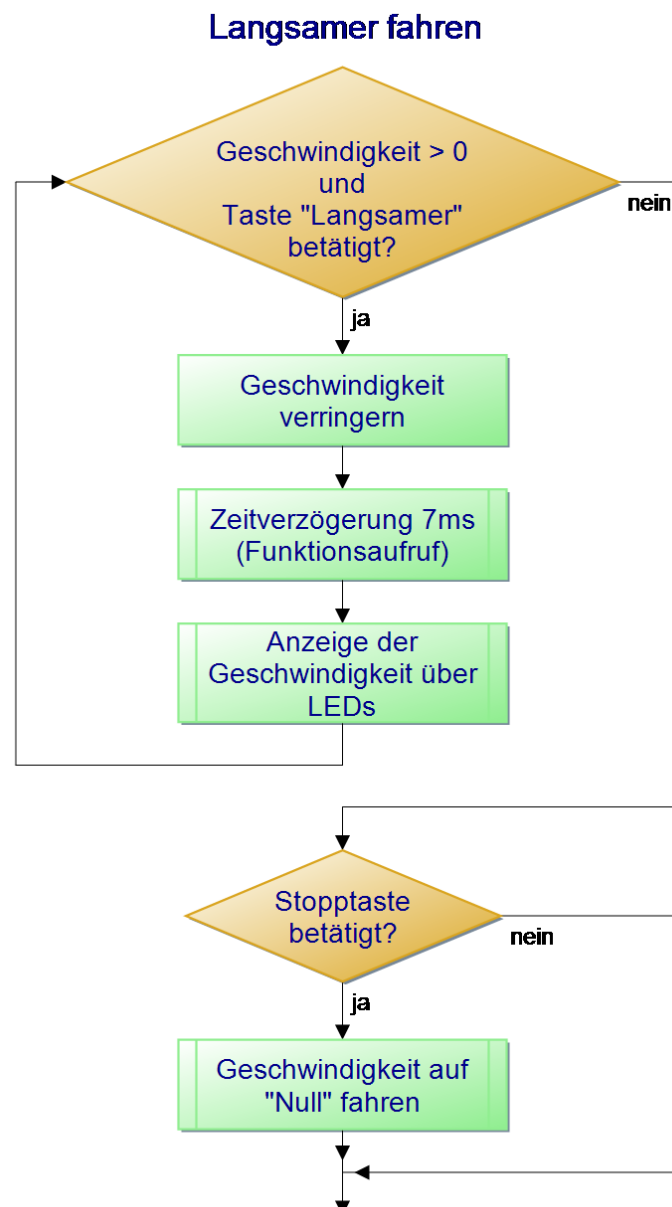


Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktion

Erstellen Sie für die Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“ (Programmzeilen 80 – 90) den Programmablaufplan.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Abfrage Taste „Langsamer“ | | 1 |
| Abfrage, ob Geschwindigkeit > 0 | | 1 |
| Aufruf der Funktion „Zeitverzögerung“ | | 1 |
| Aufruf der Funktion „Geschwindigkeitsanzeige“ | | 1 |
| Abfrage der „Stopptaste“ | | 1 |
| Aufruf der Funktion, die die Geschwindigkeit auf 0 reduziert | | 1 |

Musterlösung:



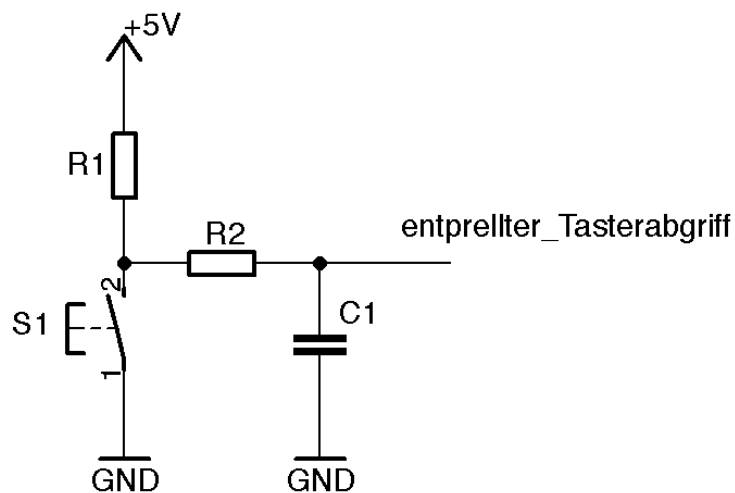
Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

Entwickeln Sie eine Hardware- oder Softwarelösung zum Entprellen des Tasters.

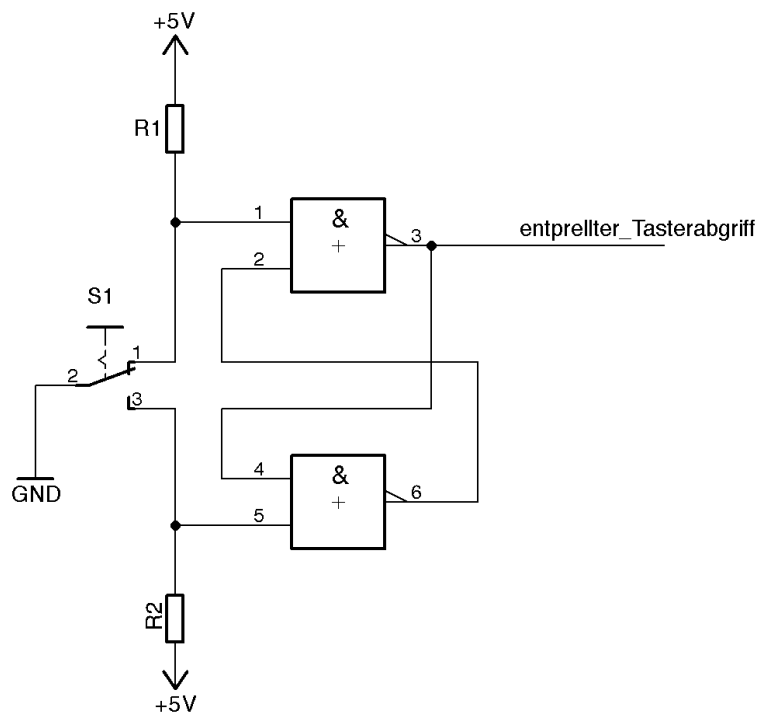
| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Berücksichtigt wird, dass der Taster „low-aktive“ arbeitet. | III | 1 |
| Realisiert wird eine Zeitverzögerung. | III | 5 |

Musterlösung:

Möglichkeit 1: Hardwarelösung über RC-Tiefpass



Möglichkeit 2: Hardwarelösung mit RS-FlipFlop



Möglichkeit 3: Software (Funktion mit if-Schleifen)

```

...
int zeit;

if (schneller == 0)                //Taster wird gedrückt (fallende Flanke)
{
    for (zeit = 0; zeit < 1000; zeit ++); //Zeitschleife zum entprellen
    if (schneller ==0)                //erneute Tasterabfrage (Bestätigung)
    {
        ...
    }
}
...

```

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

Bestimmen Sie die Frequenz des PWM-Signals anhand der Einstellungen im C-Programm (Anhang 3).

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Zählbereich von Timer-Register 2 wird angegeben. | I | 1 |
| Der „Reload“-Wert wird aus dem C-Programm entnommen. | I | 1 |
| Zählschritte bis zum Überlauf werden errechnet. | I | 1 |
| Zähldauer wird bestimmt. | I | 1 |
| Frequenz wird berechnet. | I | 1 |

Musterlösung:

- Timer 2-Register (16-Bit) zählt von 0x0000 bis 0xFFFF (0 bis 65535).
- „Reload“-Wert = „0xFF00“ (65280) in Programmzeilen 65 u. 66.
- 255 Zählschritte bis Überlauf.
- Zähltakt von 1 MHz => Zähldauer = 255 μ s => Frequenz \cong 3920 Hz.

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

Beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Überprüfung des PWM-Signals.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Auswahl des Oszilloskops als Messgerät | I | 1 |
| Angabe der Anschlusspunkte des Messgerätes | I | 1 |
| Angabe von Einstellungen des Oszilloskops | I | 1 |
| Einstellung von mindestens zwei Geschwindigkeiten | I | 1 |
| Vergleich von eingestellter Geschwindigkeit mit Messwert | I | 1 |

Musterlösung:

Vorgehensweise zur Kontrolle des ausgegebenen PWM-Signals:

1. Anschließen eines Oszilloskops an den PWM-Ausgang (Port-Pin 1.1) und „0V“.
2. Einstellen des Oszilloskops (Amplitude von 5V, Zeitintervall von ca. 300µs).
3. Starten des Programms.
4. Messen des PWM-Signals für Stillstand (dauerhaft $U = 0V$) und Prüfen des Registerinhalts CC1 = 0x0000.
5. Schrittweises Verändern der Fahrgeschwindigkeit über den Taster „Schneller“, Messen des PWM-Signals (Vergleich mit dem Registerinhalt CC1).

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

Geben Sie in den Programmzeilen 177 bis 181 des C-Programms in Anhang 3 die entsprechenden Zahlenwerte (Wert 1 bis Wert 5) für die Abfragen des CCL1-Registers hexadezimal an.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Zählbereich des Registers CCL1 wird bestimmt. | I | 1 |
| Untere Grenze des Zählbereichs wird berücksichtigt. | I | 1 |
| Abfragewerte werden bestimmt (dezimal, hexadezimal) jeweils 1Pkt. | I | 5 |

Musterlösung:

Zählbereich: 0 – 255

untere Grenze (Vorgabe): Wert5 = 16

Werte in den entsprechenden Programmzeilen:

Zeile 177: Wert1 = 0xD0 (= 208_{dez})

Zeile 178: Wert2 = 0xA0 (= 160_{dez})

Zeile 179: Wert3 = 0x70 (= 112_{dez})

Zeile 180: Wert4 = 0x40 (= 64_{dez})

Zeile 181: Wert5 = 0x10 (= 16_{dez})

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

| |
|--|
| Begründen Sie den Einsatz der Optokoppler in dieser Schaltung. |
|--|

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Optokoppler zur galvanischen Trennung (allgemein) | I | 1 |
| Erkennt die Gefahr des Schaltens von Motoren (Induktivitäten) | I | 1 |
| Nennt die Induktionsspannung als Gefahrenpotential | I | 1 |

Musterlösung:

Der Einsatz von Optokopplern dient zur galvanischen Trennung der Mikrocontrollerausgänge von den Signaleingängen des IC1. Diese Trennung ist insbesondere dann wichtig, wenn stärkere Motoren mit höheren Strömen geschaltet werden, da große Induktivitäten gefährliche Spannungsspitzen auf den Mikrocontroller zurückführen könnten.

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A2 III (2): Mit unbekannten Bausteinen datenblattgestützt Schaltungen entwerfen • A5 III (3): Schaltungen von unbekannter externer Peripherie datenblattgestützt an den Mikrocontroller skizzieren und dazu Programme entwickeln • C I (3): Einfache Datenblätter auswerten |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT2: Einfache Grundsaltungen mit μC • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart(en) | Materialgebundene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 15 Minuten |

Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A5 II (1): Die Funktion programmierter Mikrocontrollersysteme beschreiben • C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 15 Minuten |

Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • B - Methodenbeherrschung • C Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A5 III (1): Programme in Programmablaufplänen bzw. in der Programmiersprache „C“ für anwendungsbezogene Aufgaben entwickeln <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (4): Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundsaltungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • A2 II (4): Schaltnetze und Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext verwenden • C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundsaltungen <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbauelemente • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT2: Grundsaltungen • Methodenbeherrschung (B) - B6: Programmentwurf oder |

| | |
|------------------|--|
| | B2: Schaltungsentwurf <ul style="list-style-type: none"> Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A5 II (3): Einstellungen von Spezial-Funktions-Registern des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollers anwendungsbezogen im C-Programm ermitteln A5 III (2): Unbekannte On-Chip-Peripherie Datenblatt gestützt analysieren und für diese Peripherie Programme entwerfen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT1: Hardware des Mikrocontrollers Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ |
| Aufgabenart(en) | Materialgebundene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 15 Minuten |

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden C II (2): Für die Darstellung einfacher Sachverhalte eine Darstellungsform erstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Methodenbeherrschung (B) - B4: Messen Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart(en) | Experimentbezogene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 15 Minuten |

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A5 II (1): Die Funktion programmierter Mikrocontrollersysteme beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (7): Die Verwendung von Grundbauelementen in Schaltungen begründen • A5 I (1): Die Bestandteile des vorgegebenen 8051- Mikrocontrollersystems beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT1: Hardware des Mikrocontrollers • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

6.8 Aufgabenbeispiel 8: Brennofensteuerung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage
- Teilaufgabe 2:** Auswahl eines Mikrocontrollers
- Teilaufgabe 3:** Peripherie am Mikrocontroller
- Teilaufgabe 4:** Fehler im C-Programm
- Teilaufgabe 5:** Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm
- Teilaufgabe 6:** Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

- Anhang 1:** Programmablaufplan für Funktionsabläufe in der Brennofenanlage
- Anhang 2:** Schaltplan der Mikrocontrollerschaltung
- Anhang 3:** Pin-Beschreibung des Mikrocontroller 80C552

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Das Technologieschema (Abb. 1) zeigt eine Brennofenanlage.

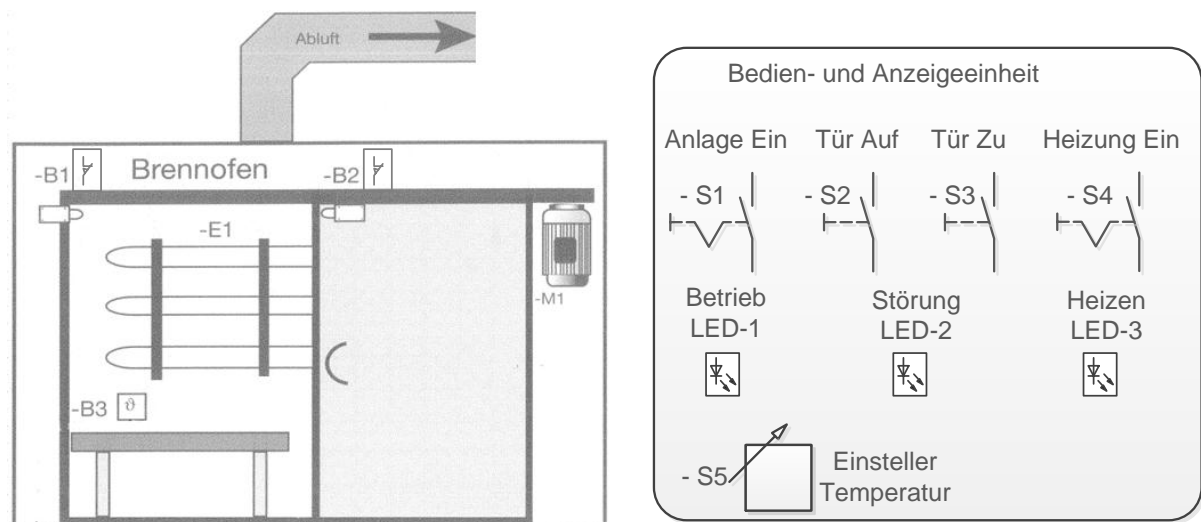


Abb. 1: Technologieschema der Brennofenanlage bei geöffneter Tür

Funktionsbeschreibung:

Die Brennofenanlage wird über die Bedien- und Anzeigeeinheit gesteuert. Mit S1 wird die Anlage eingeschaltet, was durch LED-1 angezeigt wird. Ist die Anlage betriebsbereit, kann die Tür über den Taster S2 mithilfe des Motors M1 aufgefahen werden. Der Brennofen muss dann von Hand beschickt und anschließend muss die Tür über S3 geschlossen werden. Jetzt wird die Ofentemperatur mit S5 eingestellt und der Heizvorgang durch Schalter S4 gestartet. Nur bei betriebsbereiter Anlage und geschlossener Tür wird geheizt. LED-3 signalisiert den Heiz- / Brennvorgang. Die Endlagenschalter B1 und B2 überwachen die Türfunktion. Eine geöffnete Tür (vor und/oder während des Heizens) stoppt den Brennvorgang und führt zu einer Störmeldung, die mit LED-2 gemeldet wird. Sensor B3 erfasst die Ofentemperatur und gibt ein entsprechendes Analogsignal zur Auswertung an den Mikrocontroller.

Zur Steuerung der Anlage werden bisher Schütze eingesetzt, die jetzt durch einen Mikrocontroller abgelöst werden sollen.

In Abb. 2 wird der Anschluss der einzelnen Peripherieeinheiten an den Mikrocontroller dargestellt.

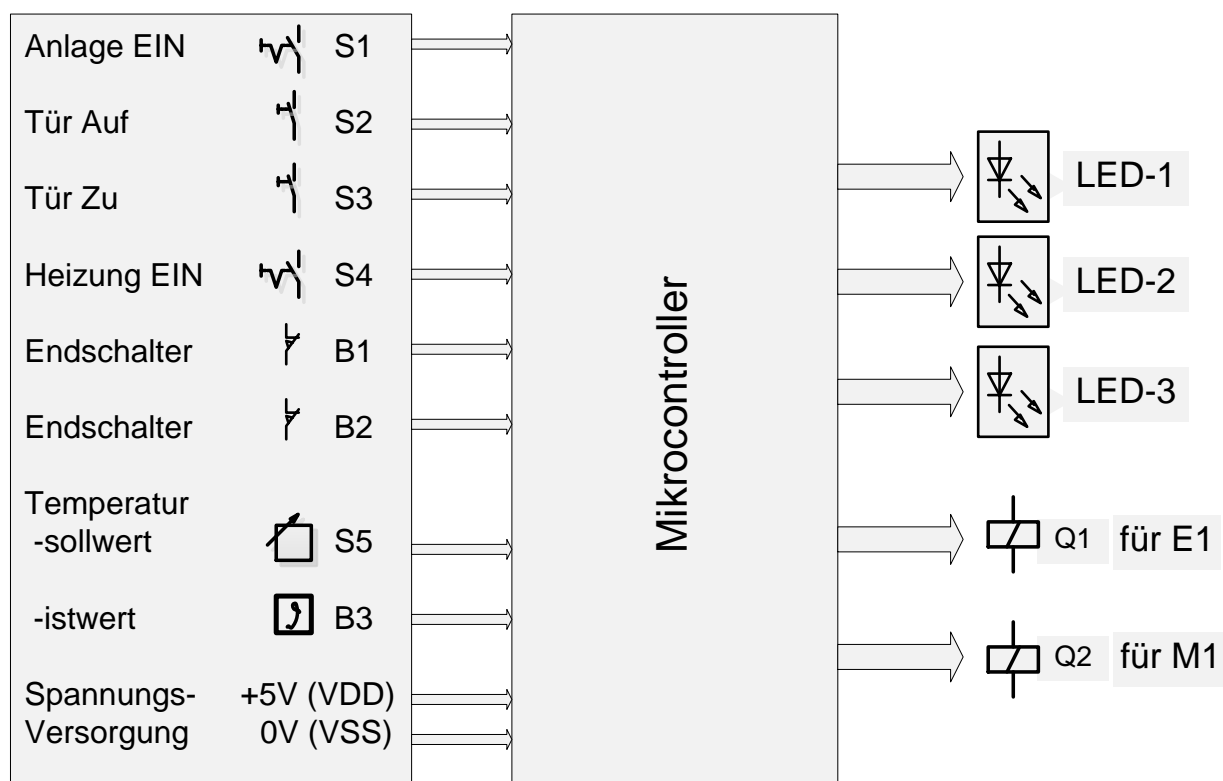


Abb. 2: Blockschaftbild der Mikrocontrollerschaltung für Brennofensteuerung

Teilaufgabe 1: Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage

Anhang 1 zeigt einen Programmablaufplan, der die Funktionsabläufe in der Brennofenanlage beschreibt. Der Programmablaufplan enthält Symbole, in denen die jeweiligen Schritte des Funktionsablaufs in der Brennofenanlage nicht dokumentiert sind.

Stellen Sie die fehlenden Schritte im Programmablaufplan in Anhang 1 dar.

Teilaufgabe 2: Auswahl eines Mikrocontrollers

Für den Einsatz in dieser Brennofenanlage soll ein geeigneter Mikrocontroller ausgewählt werden. Dabei soll berücksichtigt werden, dass der Motors M1 später über eine Interfaceplatine angeschlossen und dessen Drehzahl dann vom Mikrocontroller gesteuert werden kann. Außerdem soll eine NOT-AUS Funktion eingeplant werden. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Eigenschaften der zur Verfügung stehenden Mikrocontroller dargestellt.

| Device | Max. Operating Frequency (MHz) | Max I/O Pins | Operating Voltage (Vcc) | Temp. Range (°C) | Timer | ADC | UART | TWI /I2C | PWM | Ext. Interrupt |
|--------------|--------------------------------|--------------|-------------------------|------------------|-------|-----|------|----------|-----|----------------|
| AT89LP214 | 20 | 12 | 2.4 to 5.0 | - | 2 | - | 1 | - | - | - |
| AT32UC3A3128 | 66 | 110 | 3.0 to 3.6 | -40 to 85 | 6 | 8 | 4 | 2 | 12 | 110 |
| AT89S51 | 24 | 32 | 4.0 to 5.5 | - | 2 | - | 1 | - | - | - |
| AT89C5115 | 40 | 20 | 3.0 to 5.5 | - | 4 | 8 | 1 | - | - | - |
| AT89C5132 | 20 | 44 | 2.7 to 5.5 | - | 2 | 2 | 1 | 1 | - | 6 |
| P83C552EFx | 16 | 48 | 4.5 to 5.5 | -40 to 85 | 2 | 8 | 1 | 1 | 2 | 2 |

Tabelle 1: Eigenschaften der Mikrocontroller

Begründen Sie Ihre Auswahlentscheidung eines geeigneten Mikrocontrollers.

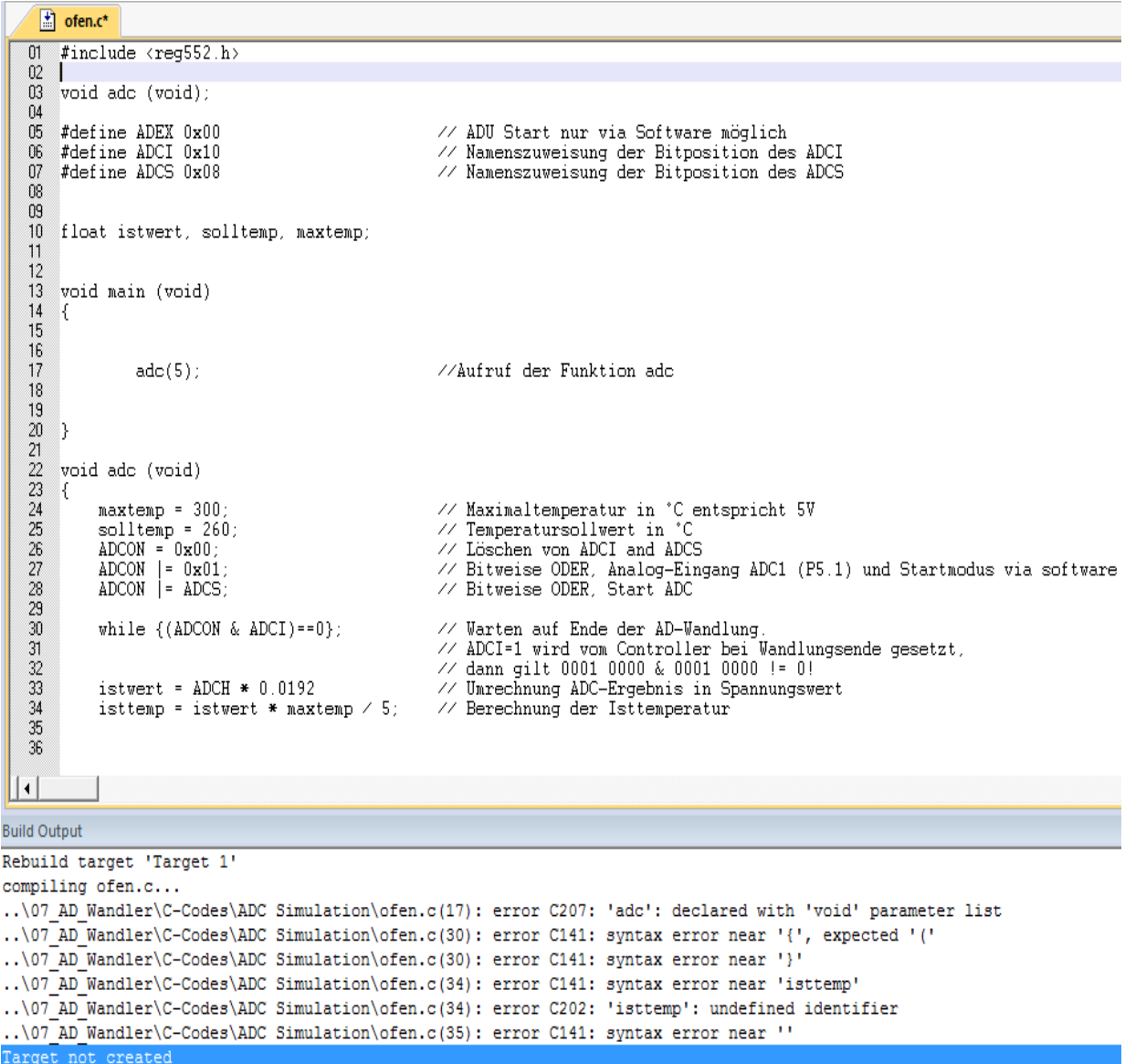
Teilaufgabe 3: Peripherie am Mikrocontroller

In Anhang 2 ist der Schaltplan der Mikrocontrollerschaltung mit der zu verschaltenden Peripherie (vgl. Abb. 2) angegeben. Eingesetzt wird der Mikrocontroller 80C552, dessen Pin-Beschreibung in dem Anhang 3 zur Verfügung steht.

Zeichnen Sie in den Schaltplan in Anhang 2 die Verbindungen zum Anschluss der Peripherie an den Mikrocontroller.

Teilaufgabe 4: Korrektur von Fehlern im C-Programm

Abb. 3 zeigt den Testprogramm im C-Code zum Einlesen und Auswerten der Ofentemperatur. Nach dem Programmdurchlauf des Compilers ergaben sich folgende Fehlermeldungen:



```

01 #include <reg552.h>
02
03 void adc (void);
04
05 #define ADEX 0x00           // ADU Start nur via Software möglich
06 #define ADCI 0x10          // Namenszuweisung der Bitposition des ADCI
07 #define ADCS 0x08          // Namenszuweisung der Bitposition des ADCS
08
09
10 float istwert, solltemp, maxtemp;
11
12
13 void main (void)
14 {
15
16     adc(5);                 //Aufruf der Funktion adc
17
18 }
19
20
21 void adc (void)
22 {
23     maxtemp = 300;          // Maximaltemperatur in °C entspricht 5V
24     solltemp = 260;         // Temperatursollwert in °C
25     ADCON = 0x00;           // Löschen von ADCI and ADCS
26     ADCON |= 0x01;          // Bitweise ODER, Analog-Eingang ADC1 (P5.1) und Startmodus via software
27     ADCON |= ADCS;          // Bitweise ODER, Start ADC
28
29     while {(ADCON & ADCI)==0}; // Warten auf Ende der AD-Wandlung.
30                                     // ADCI=1 wird vom Controller bei Wandlungsende gesetzt,
31                                     // dann gilt 0001 0000 & 0001 0000 != 0!
32     istwert = ADCH * 0.0192 // Umrechnung ADC-Ergebnis in Spannungswert
33     isttemp = istwert * maxtemp / 5; // Berechnung der Isttemperatur
34
35 }
36
  
```

Build Output

```

Rebuild target 'Target 1'
compiling ofen.c...
..\07_AD_Wandler\C-Codes\ADC Simulation\ofen.c(17): error C207: 'adc': declared with 'void' parameter list
..\07_AD_Wandler\C-Codes\ADC Simulation\ofen.c(30): error C141: syntax error near '{', expected '('
..\07_AD_Wandler\C-Codes\ADC Simulation\ofen.c(30): error C141: syntax error near '}'
..\07_AD_Wandler\C-Codes\ADC Simulation\ofen.c(34): error C141: syntax error near 'isttemp'
..\07_AD_Wandler\C-Codes\ADC Simulation\ofen.c(34): error C202: 'isttemp': undefined identifier
..\07_AD_Wandler\C-Codes\ADC Simulation\ofen.c(35): error C141: syntax error near ''
Target not created
  
```

Abb. 3: Testprogramm mit Fehlermeldung

In Tabelle 2 ist beispielhaft ein Fehler beschrieben und korrigiert.

Stellen Sie die weiteren, vom Compiler ausgeworfenen Fehler, in Tabelle 2 entsprechend dar.

| Fehler-zeile | Fehlerbeschreibung | Korrektter C-Programmcode |
|--------------|--|---------------------------|
| 30 | Bedingung der while-Schleife steht in geschweiften Klammern. | while ((ADCON&ADCI)==0); |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Tabelle 2: Dokumentation der Fehlerbehebung

Teilaufgabe 5: Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm

Zur Überwachung der fehlerfreien Funktion der Endlagenschalter soll ein Mikrocontrollerprogramm im C-Code erstellt werden.

Das Mikrocontrollerprogramm soll, damit es getestet werden kann, folgende Funktionen erfüllen:

- Mit dem Schalter S1 wird die Anlage eingeschaltet.
- Die Betriebsbereitschaft wird durch die LED-1 (siehe Abb. 1) angezeigt.
- Die Endlagenschalter B1 und B2 (beides Öffner) signalisieren, wenn die Tür geöffnet bzw. geschlossen ist. Sind die Endlagenschalter betätigt, liefern sie ein Low-Signal.
- Eine Störung der Endlagenschalter liegt vor, wenn B1 meldet „Tür geschlossen“ und gleichzeitig B2 meldet „Tür geöffnet“. Die Störung wird durch LED-2 angezeigt.

Entwerfen Sie ein C - Programm zur Überwachung der Endlagenschalter mit folgenden Bestandteilen:

- Portzuweisung
- Variablendeklaration
- Hauptprogramm

Teilaufgabe 6: Parametrierung der Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

In dem vorliegenden Programmauszug (Abb. 5) ist u.a. die Funktion eines 2-Punkt-Reglers zur Regelung der Ofentemperatur realisiert. Der Regler ist auf eine Solltemperatur von 260°C eingestellt. Abb. 6 zeigt das Übertragungsverhalten eines 2-Punkt-Reglers.

```

01  /* MikroController 80C552, Programm zur Regelung der Ofentemperatur, WAKE 2012
02  -----*/
03  #include <REG552.h>
04
05  #define ADEX 0x00
06  #define ADCI 0x10
07  #define ADCS 0x08
08  void delay50ms();
09  sbit S1      = 0xC0;
10  sbit Signal_B1 = 0xC1;
11  sbit Signal_B2 = 0xC2;
12  sbit Betrieb_LED_1 = 0x90;
13  sbit Heizung    = 0x92;
14
15  void main()
16  {
17      float ofentemperatur_ist, ofentemperatur_soll;
18      float ofentemperatur_max, ist_hilfe;
19      Betrieb_LED_1 = 1;
20      ofentemperatur_max = 300;           //Max. Ofentemp 300°C entspricht 5V!!
21      ofentemperatur_soll = 260;
22
23      while(1)
24      {
25          while (S1 == 1)
26          {
27              delay50ms();
28              Betrieb_LED_1 = 0;
29
30              ADCON = 0;
31              ADCON |= 0x01;
32              ADCON |= ADCS;
33              while((ADCON & ADCI)==0);
34
35              ist_hilfe = ADCH * 0.0192;
36              ofentemperatur_ist = ist_hilfe * ofentemperatur_max / 5;
37
38              if ((Signal_B1 = 0) & (Signal_B2 = 1))
39              {
40                  if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 - 0.0385)))
41                  {
42                      Heizung = 1;
43                  }
44
45                  if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 + 0.0385)))
46                  {
47                      Heizung = 0;
48                  }
49              }
50          }
51          Betrieb_LED_1 = 1;
52      }
53  }
54
55  void delay50ms()
56  {
57      TH0 = 0x3C;
58      TL0 = 0xAF;
59      TF0 = 0;
60      TMOD = 0x09;
61      TR0 = 1;
62      while (TF0 == 0);
63  }
64

```

Abb. 5: Programmauszug

Tragen Sie die Werte für die programmierte obere und untere Schaltschwelle des 2-Punkt-Reglers in das Diagramm in Abb. 6 ein.

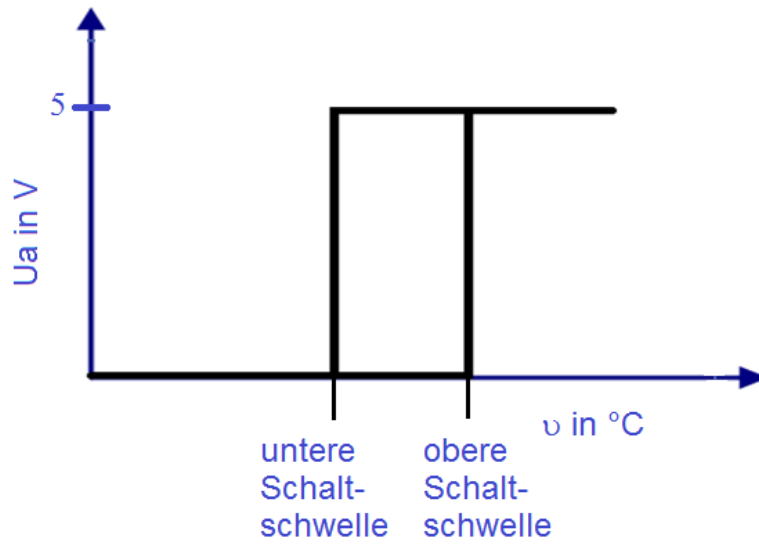
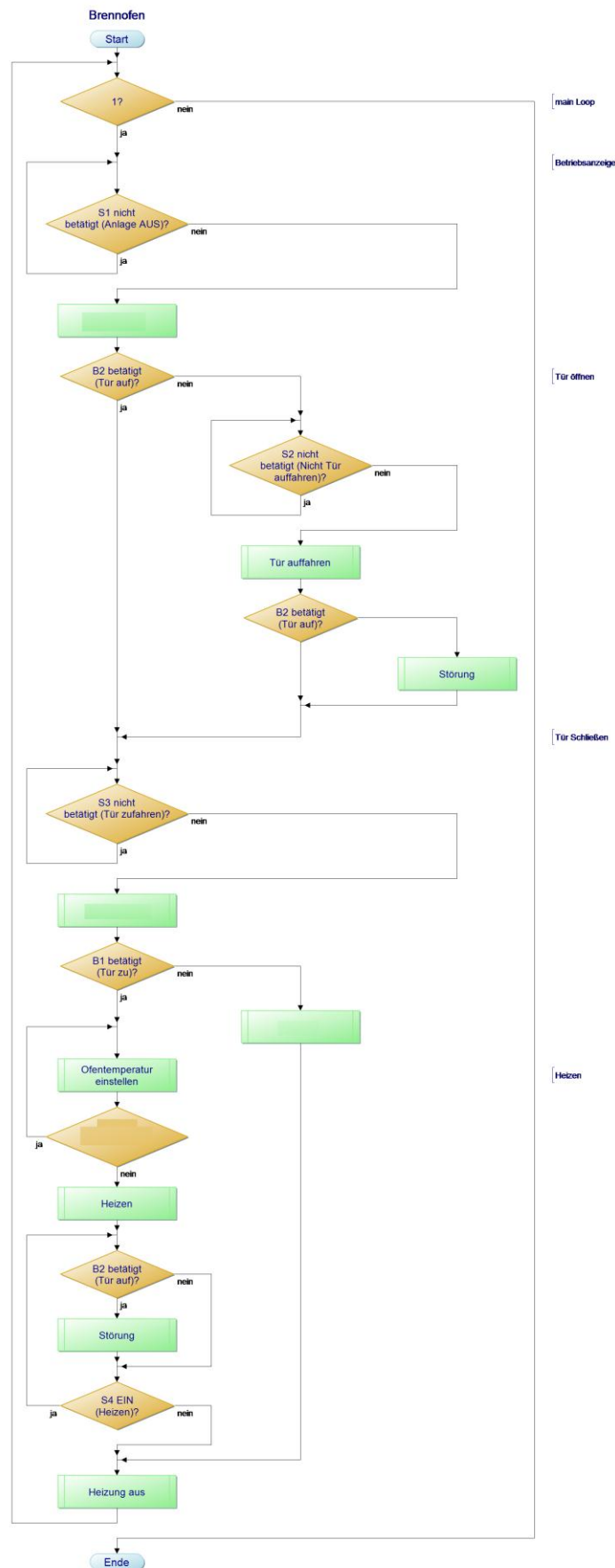
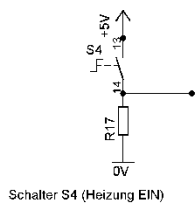
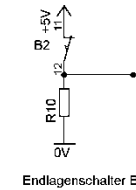
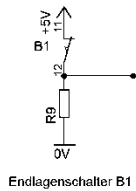
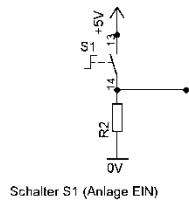
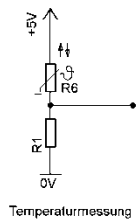
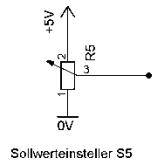
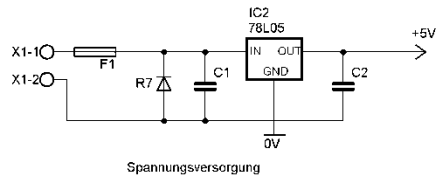


Abb. 6: Übertragungsverhalten des 2-Punkt- Reglers

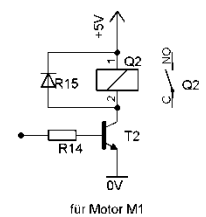
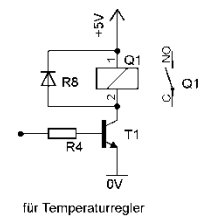
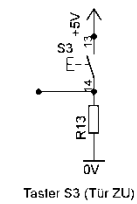
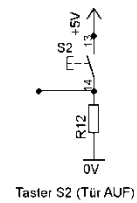
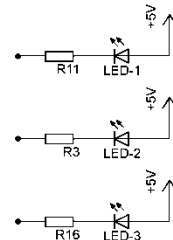
Anhang 1: Programmablaufplan für Funktionsabläufe in der Brennofenanlage



Anhang 2: Schaltplan der Mikrocontrollerschaltung



| IC1 Mikrocontroller 80C552 | | | |
|----------------------------|------------|-----------|----|
| 2 | VDD | | 57 |
| 15 | RST | | 58 |
| 6 | EWI | | 59 |
| 35 | XTAL1 | AD0-P0.0 | 57 |
| 34 | XTAL2 | AD1-P0.1 | 58 |
| 24 | P3.0-RXD | AD2-P0.2 | 59 |
| 25 | P3.1-TXD | AD3-P0.3 | 60 |
| 26 | P3.2-INT0 | AD4-P0.4 | 61 |
| 27 | P3.3-INT1 | AD5-P0.5 | 62 |
| 28 | P3.4-T0 | AD6-P0.6 | 63 |
| 29 | P3.5-T1 | AD7-P0.7 | 64 |
| 30 | P3.6-WR | | 65 |
| 31 | P3.7-RD | | 66 |
| 3 | STADC | A08-P2.0 | 39 |
| 91 | AVDD | A09-P2.1 | 40 |
| 92 | AVREF+ | A10-P2.2 | 41 |
| 93 | AVREF- | A11-P2.3 | 42 |
| 94 | AVSS | A12-P2.4 | 43 |
| 1 | P5.0-ADC0 | A13-P2.5 | 44 |
| 68 | P5.1-ADC1 | A14-P2.6 | 45 |
| 69 | P5.2-ADC2 | A15-P2.7 | 46 |
| 70 | P5.3-ADC3 | | 47 |
| 71 | P5.4-ADC4 | | 48 |
| 72 | P5.5-ADC5 | | 49 |
| 73 | P5.6-ADC6 | | 50 |
| 74 | P5.7-ADC7 | | 51 |
| 7 | P4.0-CMSR0 | CT0L-P1.0 | 16 |
| 8 | P4.1-CMSR1 | CT1L-P1.1 | 17 |
| 9 | P4.2-CMSR2 | CT2L-P1.2 | 18 |
| 10 | P4.3-CMSR3 | CT3L-P1.3 | 19 |
| 11 | P4.4-CMSR4 | T2-P1.4 | 20 |
| 12 | P4.5-CMSR5 | RT2-P1.5 | 21 |
| 13 | P4.6-CMT0 | CSL-P1.6 | 22 |
| 14 | P4.7-CMT1 | SDA-P1.7 | 23 |
| 36 | VSS | PWM0 | 4 |
| 37 | VSS | PWM1 | 5 |



Anhang 3: Pin-Beschreibung des Mikrocontroller 80C552**PIN DESCRIPTION**

| MNEMONIC | PIN NO. | | TYPE | NAME AND FUNCTION |
|-----------------|----------|--------------|------|--|
| | PLCC | QFP | | |
| V _{DD} | 2 | 72 | I | Digital Power Supply: +5 V power supply pin during normal operation, idle and power-down mode. |
| STADC | 3 | 74 | I | Start ADC Operation: Input starting analog to digital conversion (ADC operation can also be started by software). This pin must not float. |
| PWM0 | 4 | 75 | O | Pulse Width Modulation: Output 0. |
| PWM1 | 5 | 76 | O | Pulse Width Modulation: Output 1. |
| EW | 6 | 77 | I | Enable Watchdog Timer: Enable for T3 watchdog timer and disable power-down mode. This pin must not float. |
| P0.0-P0.7 | 57-50 | 58-51 | I/O | Port 0: Port 0 is an 8-bit open-drain bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1s. |
| P1.0-P1.7 | 16-23 | 10-17 | I/O | Port 1: 8-bit I/O port. Alternate functions include: |
| | 16-21 | 10-15 | I/O | (P1.0-P1.5): Quasi-bidirectional port pins. |
| | 22-23 | 16-17 | I/O | (P1.6, P1.7): Open drain port pins. |
| | 16-19 | 10-13 | I | CT0I-CT3I (P1.0-P1.3): Capture timer input signals for timer T2. |
| | 20 | 14 | I | T2 (P1.4): T2 event input. |
| | 21 | 15 | I | RT2 (P1.5): T2 timer reset signal. Rising edge triggered. |
| | 22 | 16 | I/O | SCL (P1.6): Serial port clock line I ² C-bus. |
| | 23 | 17 | I/O | SDA (P1.7): Serial port data line I ² C-bus. |
| | | | | Port 1 is also used to input the lower order address byte during EPROM programming and verification. A0 is on P1.0, etc. |
| P2.0-P2.7 | 39-46 | 38-42, 45-47 | I/O | Port 2: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate function: High-order address byte for external memory (A08-A15). |
| P3.0-P3.7 | 24-31 | 18-20, 23-27 | I/O | Port 3: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate functions include: |
| | 24 | 18 | | RxD (P3.0): Serial input port. |
| | 25 | 19 | | TxD (P3.1): Serial output port. |
| | 26 | 20 | | INT0 (P3.2): External interrupt. |
| | 27 | 23 | | INT1 (P3.3): External interrupt. |
| | 28 | 24 | | T0 (P3.4): Timer 0 external input. |
| | 29 | 25 | | T1 (P3.5): Timer 1 external input. |
| | 30 | 26 | | WR (P3.6): External data memory write strobe. |
| | 31 | 27 | | RD (P3.7): External data memory read strobe. |
| | | | | |
| P4.0-P4.7 | 7-14 | 80, 1-2, 4-8 | I/O | Port 4: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate functions include: |
| | 7-12 | 80, 1-2, 4-6 | O | CMSR0-CMSR5 (P4.0-P4.5): Timer T2 compare and set/reset outputs on a match with timer T2. |
| | 13, 14 | 7, 8 | O | CMT0, CMT1 (P4.6, P4.7): Timer T2 compare and toggle outputs on a match with timer T2. |
| P5.0-P5.7 | 68-62, 1 | 71-64, 1 | I | Port 5: 8-bit input port. ADC0-ADC7 (P5.0-P5.7): Alternate function: Eight input channels to ADC. |
| RST | 15 | 9 | I/O | Reset: Input to reset the 8XC552. It also provides a reset pulse as output when timer T3 overflows. |
| XTAL1 | 35 | 32 | I | Crystal Input 1: Input to the inverting amplifier that forms the oscillator, and input to the internal clock generator. Receives the external clock signal when an external oscillator is used. |
| XTAL2 | 34 | 31 | O | Crystal Input 2: Output of the inverting amplifier that forms the oscillator. Left open-circuit when an external clock is used. |

| | | | | |
|--------------------|--------|-------|---|---|
| V _{SS} | 36, 37 | 34-36 | I | Two Digital ground pins. |
| PSEN | 47 | 48 | O | Program Store Enable: Active-low read strobe to external program memory. |
| ALE | 48 | 49 | O | Address Latch Enable: Latches the low byte of the address during accesses to external memory. It is activated every six oscillator periods. During an external data memory access, one ALE pulse is skipped. ALE can drive up to eight LS TTL inputs and handles CMOS inputs without an external pull-up. |
| EA | 49 | 50 | I | External Access: When EA is held at TTL level high, the CPU executes out of the internal program ROM provided the program counter is less than 8192. When EA is held at TTL low level, the CPU executes out of external program memory. EA is not allowed to float. |
| AV _{REF-} | 58 | 59 | I | Analog to Digital Conversion Reference Resistor: Low-end. |
| AV _{REF+} | 59 | 60 | I | Analog to Digital Conversion Reference Resistor: High-end. |
| AV _{SS} | 60 | 61 | I | Analog Ground |
| AV _{DD} | 61 | 63 | I | Analog Power Supply |

NOTE:

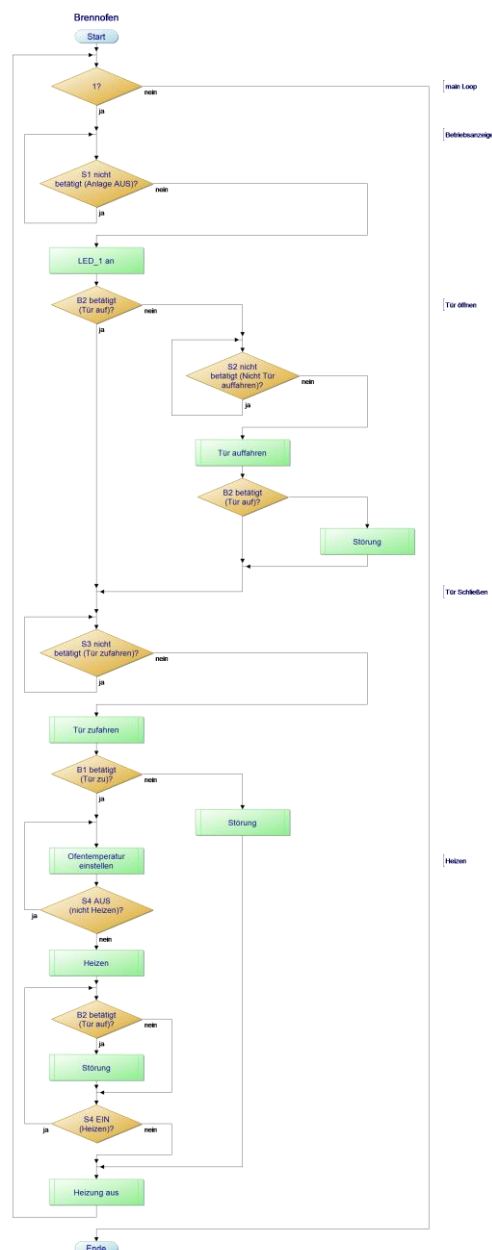
1. To avoid "latch-up" effect at power-on, the voltage on any pin at any time must not be higher or lower than V_{DD} + 0.5 V or V_{SS} - 0.5 V, respectively.

Teilaufgabe 1: Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage

Stellen Sie die fehlenden Schritte im Programmablaufplan in Anhang 1 dar.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Dokumentiert den Funktionsaufruf zum Auffahren der Tür im PAP | I | 1 |
| Dokumentiert das Einschalten der LED im PAP | I | 1 |
| Dokumentiert die Abfrage von S4 „Heizen“ im PAP | I | 1 |
| Dokumentiert die Abfrage des Sensors B2 „Tür auf“ im PAP | I | 1 |

Musterlösung:



Teilaufgabe 2: Auswahl eines Mikrocontrollers

Begründen Sie Ihre Auswahlentscheidung eines geeigneten Mikrocontrollers.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| ADC vorhanden zum Einlesen des analogen Temperaturmesswertes über B3 | I | 1 |
| Spannungsversorgung 5V | I | 1 |
| PWM-Ausgabe zum Ansteuern des Motors M1 | I | 1 |
| Interrupt für NOT-AUS Funktion | I | 1 |

Musterlösung:

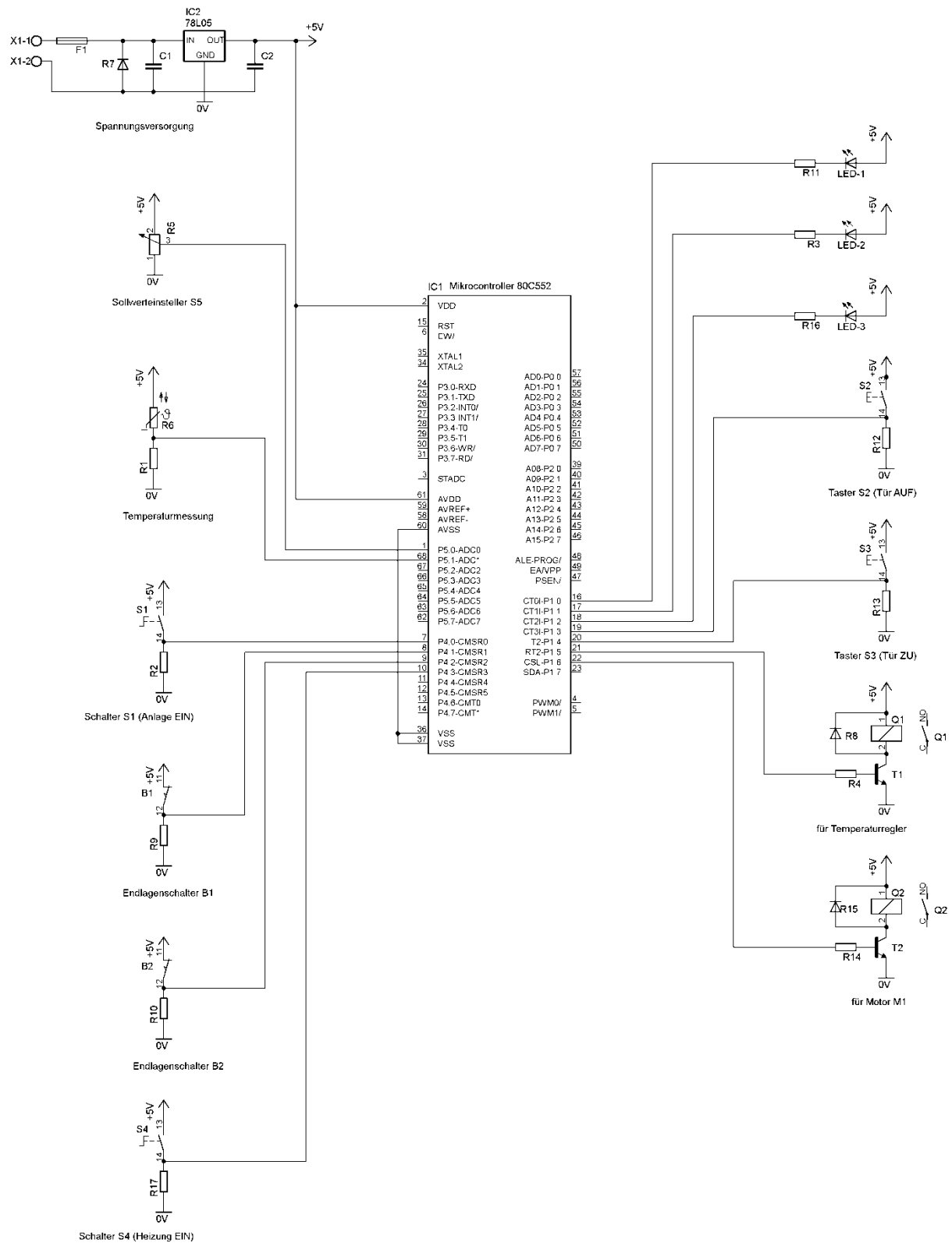
Geeignet ist Controller P83C552EFx und bedingt Controller AT89C5132, der allerdings über keinen PWM-Ausgang verfügt. Die Motordrehzahl kann aber mithilfe der vorhandenen Timer eingestellt werden.

Teilaufgabe 3: Peripherie am Mikrocontroller

Zeichnen Sie in die Anlage 2 die Verbindungen zum Anschluss der Peripherie an den Mikrocontroller.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Verbindungen Taster / Schalter (S1 - S4) mit Mikrocontroller | I | 1 |
| Verbindungen LEDs(1-3) mit Mikrocontroller | I | 1 |
| Verbindungen Endlagenschalter (B1, B2) mit Mikrocontroller | I | 1 |
| Verbindung Sollwerteinsteller (S5) mit Mikrocontroller | I | 1 |
| Verbindung Temperatursensor mit Mikrocontroller | I | 1 |
| Verbindungen Temperaturregler und Motor mit Mikrocontroller | I | 1 |
| Verbindungen Spannungsversorgung (V_{DD} , AV_{DD} u. V_{SS}) mit Mikrocontroller | I | 1 |

Musterlösung:



Teilaufgabe 4: Korrektur von Fehlern im C-Programm

Stellen Sie die weiteren, vom Compiler ausgeworfenen Fehler, in Tabelle 2 entsprechend dar.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| Finden der 4 Fehler | II | 4 |
| Beschreibung jedes Fehlers | II | 4 |
| Angabe des korrekten C-Code für jeden Fehler | II | 4 |

Musterlösung:

| Fehlerzeile | Fehlerbeschreibung | Korrektur C-Programmcode |
|-------------|---|--|
| 30 | Bedingung der while-Schleife steht in geschweiften Klammern. | while ((ADCON&ADCI)==0); |
| 17 | Aufruf der Funktion „adc“ mit Parameterübergabe; die Funktion wurde aber nicht für eine Parameterübergabe deklariert. | adc() |
| 34 | In Programmzeile 33 fehlt ein Semikolon zum Abschluss des Befehls. | istwert = ADCH * 0.0192; |
| 34 | Die Variable isttemp ist nicht deklariert. | Zeile 10: float isttemp, istwert, solltemp, maxtemp; |
| 35 | In Programmzeile 35 fehlt eine geschweifte Klammer zum Abschluss der Funktion „adc“. | } |

Teilaufgabe 5: Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm

Entwerfen Sie ein C - Programm zur Überwachung der Endlagenschalter mit folgenden Bestandteilen:

- Portzuweisung
- Variablendeklaration
- Hauptprogramm

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|--|-----|--------|
| 5 Ports werden dem Schaltplan entsprechend zugewiesen. | II | 5 |
| Schalter S1 wird abgefragt. | II | 1 |
| Betriebsanzeige LED1 wird eingeschaltet, low-aktiv berücksichtigt. | II | 2 |

| | | |
|--|----|---|
| B1 und B2 werden abgefragt. | II | 1 |
| Richtige logische Verknüpfung der Abfrage von B1 und B2. | II | 1 |
| Störmeldung wird ausgegeben. | II | 1 |
| Fehlerfreie C-Syntax. | II | 1 |
| Aussagekräftige Kommentierung des C-Programms. | II | 1 |

Musterlösung:

Lösungsmöglichkeit 1:

```
#include <REG.552.h>
sbit S1          = 0xC0;           //Schalter S1 an Port 4.0
sbit Signal_B1   = 0xC1;           //Endlagenschalter B1 an Port 4.1
sbit Signal_B2   = 0xC2;           //Endlagenschalter B2 an Port 4.2
sbit Betrieb_LED1 = 0x90;          //Betriebsanzeige LED1 an Port 1.0
sbit Stoerung_LED2 = 0x91;         //Stoermeldung LED2 an Port 1.1

void main()
{
    while(1)
    {
        Betrieb_LED1 = 1;           //Betriebsanzeige aus (low-active)
        Stoerung_LED2 = 1;          //Stoermeldung aus (low-active)
        while(S1 == 1)              //Anlage eingeschaltet
        {
            Betrieb_LED1 = 0;        //Betriebsanzeige an (low-active)
            while ( !(Signal_B1 | Signal_B2) ) //beide Endschalter (B1 und B2) sind betätigt
            {
                Stoerung_LED2 = 0;    //Stoermeldung an (low-active)
            }
            Stoerung_LED2 = 1;        //Stoermeldung aus (low-active)
        }
    }
}
```

Lösungsmöglichkeit 2:

```
#include <REG.552.h>
sbit S1          = 0xC0;           //Schalter S1 an Port 4.0
sbit Signal_B1   = 0xC1;           //Endlagenschalter B1 an Port 4.1
sbit Signal_B2   = 0xC2;           //Endlagenschalter B2 an Port 4.2
sbit Betrieb_LED1 = 0x90;          //Betriebsanzeige LED1 an Port 1.0
sbit Stoerung_LED2 = 0x91;         //Stoermeldung LED2 an Port 1.1

void main()
{
    while(1)
    {
        Betrieb_LED1 = 1;           //Betriebsanzeige aus (low-active)
        Stoerung_LED2 = 1;          //Stoermeldung aus (low-active)
        while(S1 == 1)              //Anlage eingeschaltet
        {
            Betrieb_LED1 = 0;        //Betriebsanzeige an (low-active)
            if ((Signal_B1==0 & Signal_B2==0)) //beide Endschalter (B1 und B2) sind betätigt
            {
                Stoerung_LED2 = 0;    //Stoermeldung an (low-active)
            }
        }
    }
}
```

```

    }
    else
    {
        Stoerung_LED2 = 1;           //Stoermeldung aus (low-active)
    }
}
}
}

```

Lösungsmöglichkeit 3:

```

#include <REG.552.h>
sbit S1 = 0xC0;           //Schalter S1 an Port 4.0
sbit Signal_B1 = 0xC1;    //Endlagenschalter B1 an Port 4.1
sbit Signal_B2 = 0xC2;    //Endlagenschalter B2 an Port 4.2
sbit Betrieb_LED1 = 0x90; //Betriebsanzeige LED1 an Port 1.0
sbit Stoerung_LED2 = 0x91; //Stoermeldung LED2 an Port 1.1

void main()
{
    while(1)
    {
        Betrieb_LED1 = 1;           //Betriebsanzeige aus (low-active)
        Stoerung_LED2 = 1;          //Stoermeldung aus (low-active)
        while(S1 == 1)              //Anlage eingeschaltet
        {
            Betrieb_LED1 = 0;        //Betriebsanzeige an (low-active)
            Stoerung_LED2 = !(Signal_B1 && !Signal_B2) //beide Endschalter (B1 und B2) sind betätigt
        }
    }
}

```

Teilaufgabe 6: Parametrierung der Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

Tragen Sie die Werte für die programmierte obere und untere Schaltschwelle des 2-Punkt-Reglers in das Diagramm in Abb. 6 ein.

| Lösungsaspekte: | AFB | Punkte |
|---|-----|--------|
| Erkennen der Berechnungsvorschrift zur Einstellung der Schaltschwellen im C-Programm. | II | 1 |
| Berechnung der oberen und unteren Schaltschwelle des programmierten Zweipunktreglers. | II | 2 |
| Eintragen der oberen und unteren Schaltschwelle in die Abb. 6. | II | 2 |

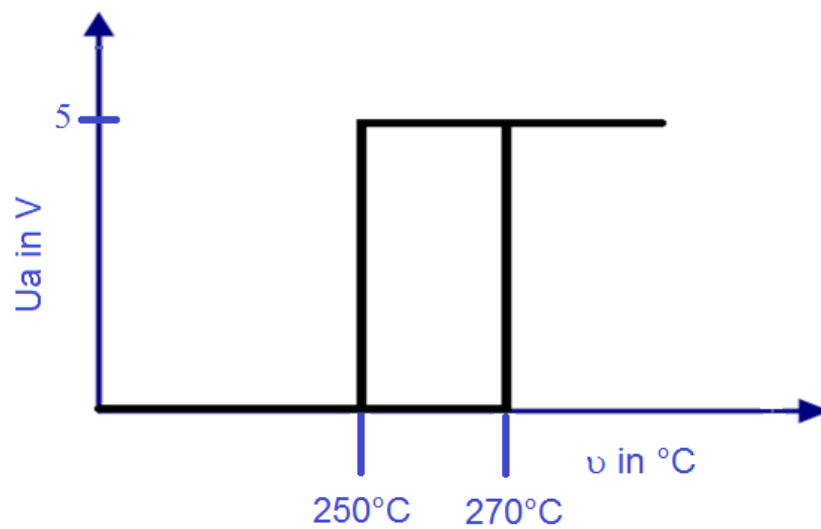
Musterlösung:

Relevante Programmzeilen

```
40         if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 - 0.0385)))  
41         {  
42             Heizung = 1;  
43         }  
44  
45         if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 + 0.0385)))  
46         {  
47             Heizung = 0;  
48         }
```

Untere Schaltschwelle: $260^{\circ}\text{C} - 260^{\circ}\text{C} \cdot 0,0385 = 249,99^{\circ}\text{C}$

Obere Schaltschwelle: $260^{\circ}\text{C} + 260^{\circ}\text{C} \cdot 0,0385 = 269,99^{\circ}\text{C}$



C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> CI (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Kommunikation (C) - K1: Grundbegriffe der Technikwissenschaft K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 2: Auswahl eines Mikrocontrollers

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A5 II (5): Einen Mikrocontroller anforderungsgerecht ermitteln |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT1: Hardware des Mikrocontrollers |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 5 Minuten |

Teilaufgabe 3: Peripherie am Mikrocontroller

| | |
|-------------------------------|---|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A5 I (2): Benötigte Anschlusspins des Mikrocontrollers für externe Beschaltungen mithilfe des Datenblatts ermitteln A5 II (4): Schaltungen von ausgewählten externen Peripherieeinheiten an den Mikrocontroller skizzieren C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT2: Einfache Grundschaltungen mit Mikrocontroller Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik K3: Grundbegriffe des technischen Englischs |

| | |
|------------------|---------------------------|
| Aufgabenart(en) | Materialgebundene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 12 Minuten |

Teilaufgabe 4: Korrektur von Fehlern im C-Programm

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A5 I (4): Syntaxfehler in C-Programmen ermitteln A5 I (1): Die Bestandteile des vorgegebenen 8051- Mikrocontrollersystems beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ |
| Aufgabenart(en) | Experimentbezogene Aufgabe |
| Bearbeitungszeit | 10 Minuten |

Teilaufgabe 5: Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none"> A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) B - Methodenbeherrschung C - Kommunikation |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none"> A5 III (1): Programme in Programmablaufplänen bzw. in der Programmiersprache „C“ für anwendungsbezogene Aufgaben entwickeln B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ Methodenbeherrschung (B) - B6: Programmentwurf Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 20 Minuten |

Teilaufgabe 6: Parametrierung der Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

| | |
|-------------------------------|--|
| Kompetenzbereiche | <ul style="list-style-type: none">• A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) |
| Geprüfte Kompetenzen / Niveau | <ul style="list-style-type: none">• A5 II (1): Die Funktion programmierter Mikrocontroller-systeme beschreiben |
| Inhalte | <ul style="list-style-type: none">• Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ |
| Aufgabenart(en) | Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug |
| Bearbeitungszeit | 8 Minuten |

Anhang

A Prüfungsdidaktik

R. Dubs (2008): Qualitätsvolle Aufgaben als Voraussetzung für sinnvolles Benchmarking, in: J. Thonhauser (Hg.) (2008): Aufgabe als Katalysatoren von Lernprozessen, Waxmann - Münster

S.M. Kühn (2010): Steuerung und Innovation durch Abschlussprüfungen, VS-Verlag - Wiesbaden

S.M. Kühn, I. v. Ackeren (2011): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung, Schulverwaltung NRW, 1/2011

A. Lederer (2008): Prüfungen kritisch geprüft, Klinkhardt - Bad Heilbrunn

C. Metzger, C. Nüesch, C (2004): Fair prüfen, St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik

G. Minnameier,; S. Berg, Sarah (2010): Kompetenzmodellierung und kompetenzorientierte Prüfungen - Zur Frage der Substanz und der Komponenten von Kompetenz. In: Münk, Dieter; Schelten, Andreas (Hg.): Kompetenzermittlung für die Berufsbildung. Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum. 1. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann (Berichte zur beruflichen Bildung, 8), S. 173–185.

Münk, Dieter; Schelten, Andreas (Hg.) (2010): Kompetenzermittlung für die Berufsbildung. Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum. 1. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann (Berichte zur beruflichen Bildung, 8).

G. H. Neuweg (2006): Das Können prüfen, in GdWZ 12(5)

W. Sacher (2010): Leistungen entwickeln, überprüfen und beurteilen, Klinkhardt – Bad Heilbrunn

W. Sacher / E. Jürgens (1997): Leistungserziehung und Leistungsmessung, Luchterhand - Neuwied

R. Sell, R.Schirmweg (2002): Probleme lösen, Springer – Berlin

Chr. Storck / Elmar Wortmann (2006): Kompetenzfördernder Pädagogikunterricht, Schneider - Hochgehren

L. Reetz (2008): Das Prüferhandbuch, ver.di - Hamburg

W. Reisse (2008): Kompetenzorientierte Aufgabenentwicklung, Aulis - Köln

E. Klieme / D. Leutner (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse. In: Zeitschrift für Pädagogik 52, 6, S. 876-903

W. Specht u. H.H. Freudenthaler (2008): Die Beurteilung der Qualität von Beispielaufgaben durch Lehrkräfte und ihre Bedeutung für die Akzeptanz von Bildungsstandards, in: J. Thonhauser (2008): Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozesse, Waxmann-Münster

T. Tinnefeld, (2002), Prüfungsdidaktik, Shaker, Aachen

Walzik, S (2012): Kompetenzorientiert prüfen, Vieweg-Braunschweig

B Technik (allgemein)

G. Banse, A. Grunwald, W. König, G. Ropohl (Hg.) (2006): Erkennen und Gestalten, edition sigma - Berlin

G. Graube (2009): Technik und Kommunikation, Cuvillier – Göttingen

J. Müller (1990): Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften, Springer – New York

C Elektrotechnik

E. Böhmer, D. Ehrhardt, W. Oberschelp (2010): Elemente der angewandten Elektronik, Vieweg/Teubner – Wiesbaden

H. Bernstein (2012): Regelungstechnik, Elektor - Aachen

Elektor (2012): First step - Erste Schritte mit dem Mikrocontroller, Elektor - Aachen

Elektor (2012): Second step - Weitere Schritte mit dem Mikrocontroller, Elektor - Aachen

P. Horowitz / W. Hill (2008): The Art of Electronics, University Press - Cambridge

K.-D. Tieste / O. Romberg (2011): Keine Panik vor Regelungstechnik, Vieweg-Teubner,

W. Tietze, T. Schenk (2010): Halbleiterschaltungstechnik, Springer - Berlin

J. Kahlert (2010): Crashkurs Regelungstechnik, VDE-Verlag - Berlin

B. Lichtenberger (1994): Praktische Digitaltechnik, Hüthig - Heidelberg

Lernpaket Arduino (2010), Franzis - München

Lernpaket MSR mit dem PC (2011), Franzis-München

P. Pernards (2001): Digitaltechnik I, Hüthig - Heidelberg

P. Pernards (2002): Digitaltechnik II, Hüthig - Heidelberg

Charles Patt (2010). MAKE.Elektronik, O'Reilly-Köln, ISBN 978-3-89721-601-3

H. Gassmann (2001): Regelungstechnik, Harri Deutsch - Frankfurt

J. Walter (2008): Mikrokontrollertechnik mit der 8051-Controllerfamilie, Springer--Berlin

D. Zastrow (2012): Elektronik, Wiesbaden - Springer-Vieweg

R. Felderhoff/ U. Busch (2006): Leistungselektronik, Hanser - München

R. Jäger / E. Stein (2004): Leistungselektronik, VDE - Berlin

W. Seinsch (2000): Grundlagen elektrischer Maschinen, Hanser - München

J. Vogel (2000): Grundlagen der elektr. Antriebstechnik, Verlag Technik – Leipzig

D Verwaltungsvorgaben

MSW (2006a): Bildungspläne - Pädagogische Leitideen. Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung (MSW)

MSW (2006b): Bildungspläne: Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Technik, Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung

MSW (2006c): Bildungspläne: Fachlehrplan Elektrotechnik, Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung (MSW)

KMK (2006): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 in der Fassung vom 16.11.2006). Bonn: KMK

E Internetquellen

J. Leisen: Aufgabenkultur, www.aufgabenkultur.de

www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-bk/

Verständliches Schreiben: Technische Fakultät – Universität Bielefeld/www.techfakt.uni-bielefeld.de – [ilutkep/2005/ session 14.pdf](http://ilutkep/2005/session%2014.pdf)