TopAutomation

Automation für
Automatiker/in, Automatikmonteur/in

Ausgabe mit Lösungen



3

Edition Swissmem

SWISSMEM
Berufsbildung

Für Verbesserungsvorschläge, Korrekturen oder Anmerkungen:
https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool

Herausgeberin:	Edition Swissmem
Titel:	«TopAutomation» Teil 3 Ausbildungseinheiten für Automatiker/in, Automatikmonteur/in
Projektleitung	Michael Kummer, Swissmem Berufsbildung
Layout und grafische Gestaltung	Bruno Burger, Swissmem Berufsbildung
Autoren	Urs Gasser Jürg Hofer Peter Meier-Herzog Stefan Schmid Markus Zanetti
Version:	2. Auflage 2018, Überarbeitung 2019
	Copyright © by Edition Swissmem, Zürich und Winterthur
Druck:	gedruckt in der Schweiz
ISBN:	978-3-03866-277-8
Bezugsquelle:	Swissmem Berufsbildung Brühlbergstrasse 4 CH-8400 Winterthur Telefon +41 52 260 55 55 Telefax +41 52 260 55 59 vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch www.swissmem-berufsbildung.ch
	Für Verbesserungsvorschläge, Korrekturen oder Anmerkungen: https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool

Urheberrecht: Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Leseprobe

In der Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (MEM-Industrie) werden für den weltweiten Markt Produktionsanlagen aufgrund des Pflichtenhefts für den Kunden entwickelt und hergestellt. Dazu sind sehr gute Kenntnisse im gesamten Anlagenbau notwendig. Mit dem Lehrmittel **TopAutomation** sollen die technischen Grundlagen sowie sicherheitsrelevante und ökologische Zusammenhänge vermittelt werden.

Dieses Lehrmittel deckt den erforderlichen, schulischen Teil des vierjährigen Berufes Automatiker/in EFZ vollumfänglich ab. Es ist wie gewünscht nach dem Kompetenzen-Ressourcen-Katalog (KoRe; Lehrbeginn 2016) des Berufes Automatiker/in EFZ aufgebaut. Die Kapitelnummerierung entspricht dem KoRe. Die Inhalte umfassen Theorieteile sowie Praxisbeispiele.

Um Themen schneller zu finden, beinhaltet das Lehrmittel nebst dem Inhaltsverzeichnis auch ein Stichwortverzeichnis. Am Schluss des Lehrmittels ist als Übersicht der KoRe noch etwas detaillierter aufgeführt.

Natürlich können auch einzelne Inhalte für den dreijährigen Beruf Automatikmonteur/in EFZ genutzt werden.

Wir bedanken und freuen uns, dass Sie mit diesem praxisorientierten Lehrmittel arbeiten. Wir wünschen Ihnen im Unterricht viel Spass und Erfolg.

Leseprobe

Leseprobe

3.1 Steuerungsgrundlagen **7**
3.1.1 Einteilung, Begriffe 7
3.1.2 Logische Grundbausteine 16
3.2 Elektrische Steuerungen **25**
3.2.1 Befehls- und Meldegeräte 25
3.2.2 Sensoren 28
3.2.3 Steuerglieder 54
3.2.4 Schemaerstellung 62
3.2.5 Steuerungsaufgabe 74
3.3 Pneumatische und kombinierte Steuerungen **81**
3.3.1 Signal-, Steuer- und Stellglieder 81
3.3.2 Schemaerstellung und Ablaufdiagramme 100
3.3.3 Steuerungsaufgaben 111
3.4 Programmierbare Steuerungen (SPS) **117**
3.4.1 Zahlensysteme 117
3.4.2 Begriffe aus der Informatik 126
3.4.3 Aufbau und Funktionsprinzip 129
3.4.4 Programmerstellung und -dokumentation 138
3.4.5 Steuerungsaufgaben 204
3.4.6 Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen 211
3.4.7 Netzwerktechnologien 228
3.5 Regeltechnik **237**
3.5.1 Regelstrecken 237
3.5.2 Regeleinrichtungen 242
3.5.3. Reglerauswahl und Reglereinstellung 252
3.6 Freiraum Automation **259**
3.6.1 Regler einstellen 259
3.6.2 Vertiefung von Automatisierungssystemen 263
Stichwortverzeichnis **279**
Kompetenzen- und Ressourcenkatalog **281**

Leseprobe

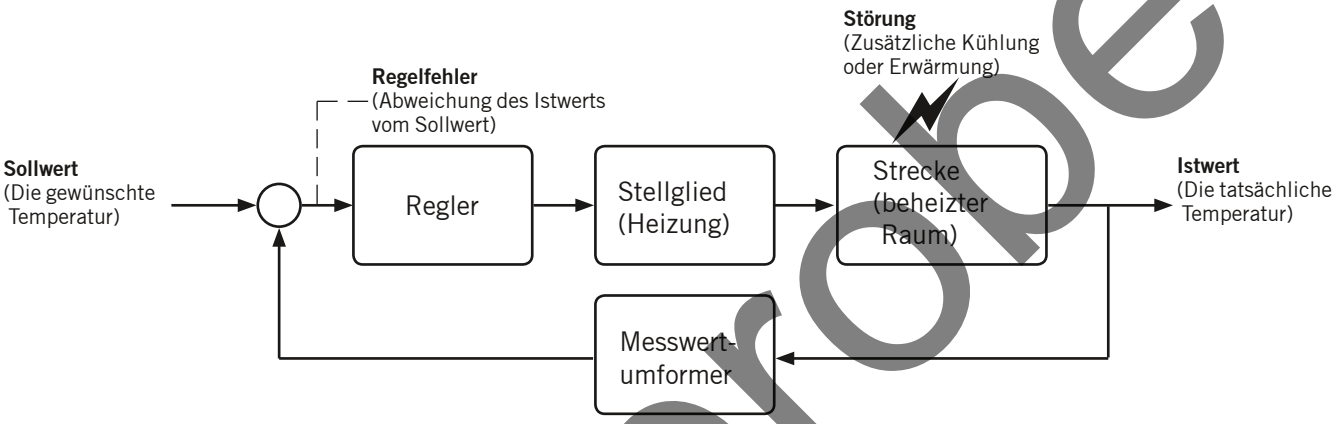
Leseprobe

3.1.1 Einteilung, Begriffe

Eine Regelung kann folgendermassen umschrieben werden: Man hat einen bestimmten Sollwert für die zu regelnde Grösse. Das Regeln ist das ständige Vergleichen zwischen dem Istwert und dem Sollwert, und dem Verändern der Energiezufuhr, damit sich der Istwert, die zu regelnde Grösse, dem Sollwert, dem gewünschten Wert, möglichst genau annähert. Störungen werden durch die Regelung in ihrem Einfluss minimiert.

Der Sollwert wird auch Führungsgrösse genannt. Der Unterschied zwischen Istwert und Sollwert wird Regelabweichung, Regeldifferenz oder Regelfehler genannt. Das „Verändern der Energiezufuhr" geschieht mit dem Stellglied. Störungen nennt man auch Störgrössen. Diese wirken von aussen auf das zu regelnde System. Die zu regelnde Grösse nennt sich die Strecke.

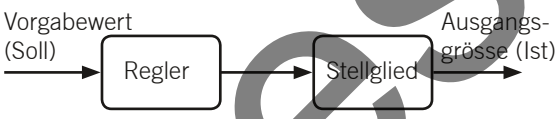
Blockschaltbild eines Regelkreises:



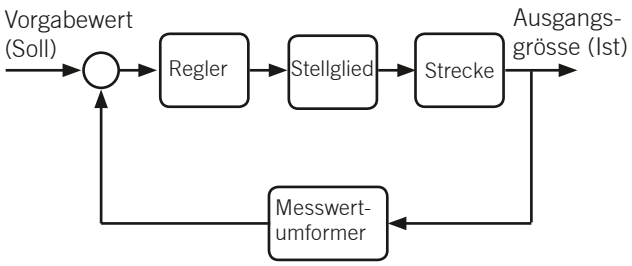
Steuerungen und Regelungen unterscheiden

In der Umgangssprache werden Begriffe wie Steuern oder Regeln oftmals falsch verwendet. Aus diesem Grund sollen diese Begriffe klar untereinander abgegrenzt werden, bevor mit der Betrachtung der eigentlichen Regelungstechnik begonnen wird.

Blockschaltbild einer Steuerung



Blockschaltbild einer Regelung



Merkmal: Offener Wirkungskreis
Die Ausgangsgrösse wird nicht zurückgeführt und es gibt keinen Vergleich mit dem Vorgabewert. Störungen auf die Steuerstrecke können den Ausgangswert verändern und werden nicht auskorrigiert.
Beispiele von Steuerungen:
• Tauchsieder • Reservoir mit Quelle • Drehzahl eines asynchron Motors • Geschwindigkeit eines Motorrads (ohne Tachobetrachtung

Merkmal: Geschlossenenr Wirkungskreis
Die Ausgangsgrösse wird gemessen, zurückgeführt und mit dem Vorgabewert verglichen. Störungen (Einflüsse von aussen) werden durch den Regler ausgeglichen.
Beispiele von Regelungen:
• Heizung mit Temperaturfühler • Reservoir mit Füllstandsmessung • Drehzahl eines Motors mit Drehzahlmessung • Auto mit Geschwindigkeitsmesser (Tempomat)

Leseprobe

Notieren Sie hier, welcher Unterschied zwischen der jeweiligen Steuerung und Regelung besteht und welche zusätzlichen Elemente es für die Regelung benötigt.

Aufgabe 1: Tauchsieder ↔ Heizung mit Temperaturfühler

- Der Tauchsieder hat keinen Temperaturschalter. Die Temperatur stellt sich aufgrund der Wassermenge und der Leistung ein, begrenzt durch die physikalisch maximal erreichbare Wassertemperatur..
- Die Heizung mit Temperaturfühler hat einen Sensor und kann dadurch die Temperatur konstant halten.

Aufgabe 2: Reservoir mit Quelle ↔ Reservoir mit Füllstandsmessung

- Der Füllstand des Reservoirs stellt sich je nach zugeführter Wassermange der Quelle und des Bezügers ein.
- Das Reservoir mit Füllstandsregelung drosselt oder erhöht die Wasserzufuhr je nach Bezugsmenge anhand der Füllstandsmessung

Aufgabe 3: Drehzahl eines Asynchronmotors ↔ Drehzahl eines Motors mit Drehzahlmessung

- Die Drehzahl eines asynchron Motors ist abhängig von der Last. Die Drehzahl wird mit zunehmender Belastung kleiner.
- Mit einer Drehzahlmessung und einem Regler mit Stellglied bleibt die Drehzahl auch unter Belastung konstant.

Aufgabe 4: Geschwindigkeit eines Motorrads ↔ Auto mit Tempomat

Der Motorradfahrer muss die Geschwindigkeit mit seiner Hand ständig am Gasgriff nachregeln.
Mit einem Tempomaten (Drehzahlregler) wird eine vorgegebene Geschwindigkeit automatisch eingehalten.

Leseprobe

Die Aufgabe des Regelungstechnikers

Der Regelungstechniker hat die Aufgabe, für eine jeweils bestimmte Anwendung aus dem grossen Angebot von Reglern den geeigneten auszuwählen und optimal einzustellen. Optimal eingestellt ist ein Regler, wenn die Regelgrösse (Temperatur, Drehzahl, Füllstand ...) bei Störungen möglichst konstant bleibt und den gewünschten Sollwert möglichst schnell und präzise erreicht.

Um diese Aufgabe zu lösen, muss der Regelungstechniker als erstes das technische Verhalten (Prozessverständnis) der zu regelnden Anlage verstehen. Ohne dieses Prozessverständnis macht es keinen Sinn, mit konventionellen Methoden der Regelungstechnik eine Regelung aufbauen zu wollen! Fragen, welche geklärt sein müssen, sind:

- Was, welche Grösse, will ich regeln?
- Wie reagiert das System auf Änderungen des Stellgliedes, oder auf Störungen?
- Wie will ich das System regeln?
- Was könnten Störeinflüsse sein und in welcher Form treten diese auf?
- Welche Qualität muss die Regelung haben, und was darf sie kosten?

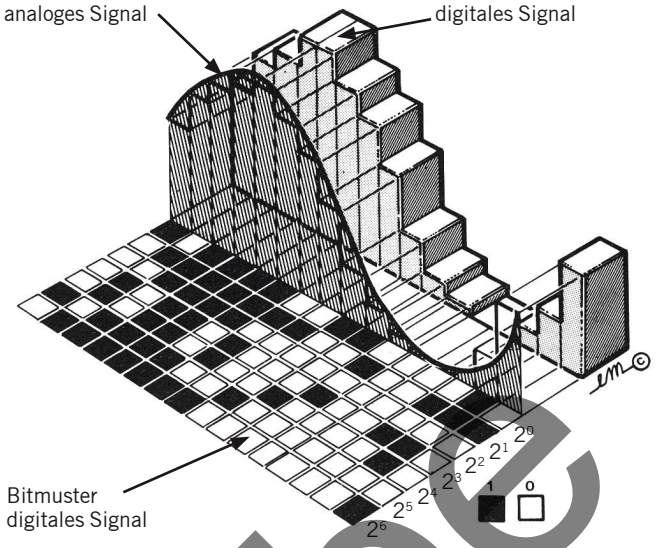
Beantworten Sie für die folgenden vier Regeleinrichtungen diese Fragen:

	Was ist zu regeln?	Womit erfasse ich den Wert?	Mögliche Störeinflüsse	Erwünschte Qualität
Temperatur	Raumtemperatur	Temperaturfühler	Fenster	±0.5°C
Reservoir	Wasserstand	Füllstandsmessung	Abfluss (Wasserbezug)	±0.03 m
Drehzahl	Motordrehzahl	Drehzahlmessung	Laständerungen	±10 rpm
Geschwindigkeit	Tempo über die Kraftstoffzufuhr	Geschwindigkeitsmessung	Steigung, Gefälle	±2 km/h

Leseprobe

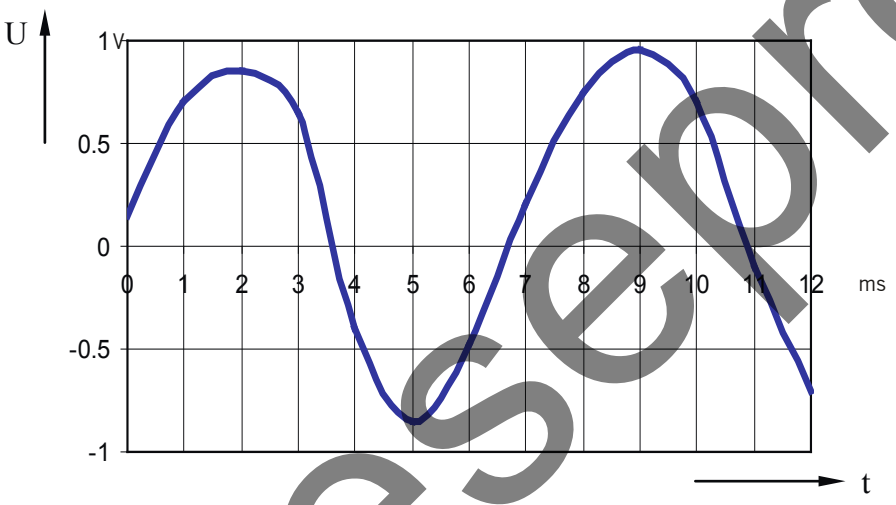
Vergleich ANALOG <-> DIGITAL

Die theoretischen Grundlagen der Digitaltechnik sind logische Überlegungen und bestehen schon seit mehreren Jahrhunderten.
Bereits im 19. Jahrhundert entwickelten verschiedene Wissenschaftler wie Gottfried WIhelm Leibniz (1704), Augustus de Morgan (1847) George Boole (1854), und John Venn (1894) Systeme zur algebraischen Lösung von logischen Problemen. Damals befand sich dieses Fach im Bereich der Philosophie, d.h. der reinen Logik.
Die nutzbringende Anwendung der Digitaltechnik fand aber erst mit dem Einsatz des Transistors ihren grossen Durchbruch und führte zum Bau von Grossrechnern (Big Blue). Die heutige hochmoderne Chip-Herstellung mit mehreren Hundert Millionen Transistoren auf der Fläche einer Briefmarke ermöglicht die Herstellung von günstigen Rechnern (PCs) mit einer enorm hohen Rechenleistung und riesigen Speichervolumen.



Definition ANALOG

Die analoge Information ist gekennzeichnet durch ein Signal (z.B. eine elektrische Spannung), das sich zeitlich stufenlos verändern kann.

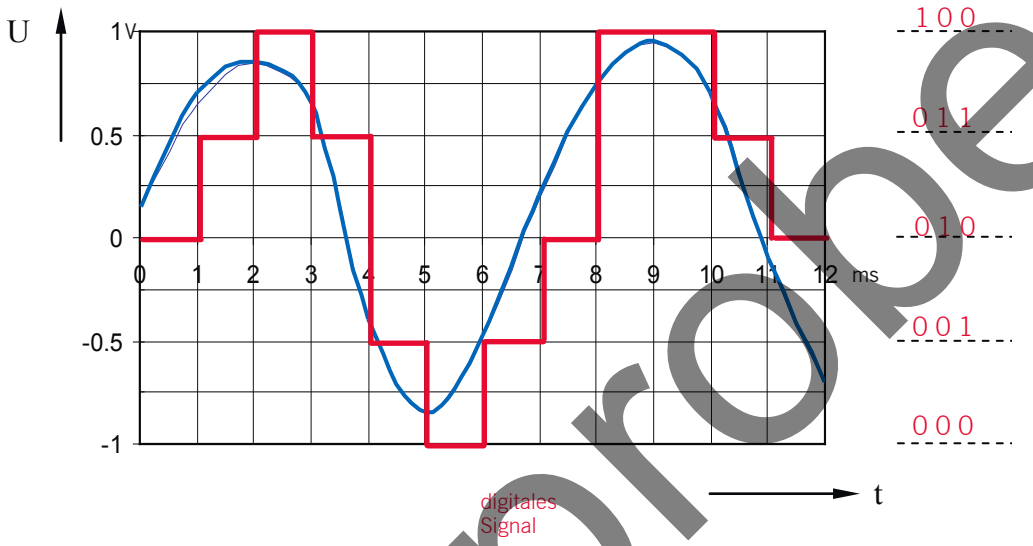


Leseprobe

Definition DIGITAL

Ein Digitalsignal ist ein taktgenau gestuftes Signal, welches nur zu bestimmten Zeitpunkten (Takt) definiert ist bzw. eine Veränderung im Signalwert erfährt.
Durch eine entsprechende Codierung kann ein Digitalsignal in eine binäre Darstellung überführt werden.
Zeichnen Sie das nachstehend eingetragene Analogsignal in digitalisierter Form. Es gilt ein Zeitraster von 1 ms und eine Spannungsauflösung von 0,5 V. Die halbe Spannungsauflösung ist Entscheidungshöhe für den festzuhaltenden Wert.

Lösung:

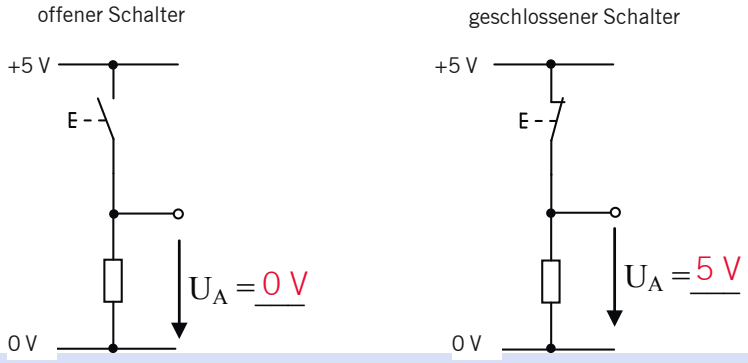


Leseprobe

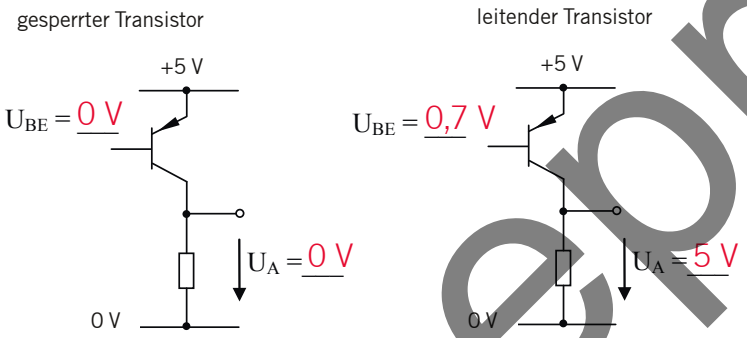
Erzeugung eines binären Signals

Digitale Impulse lassen sich mit elektronischen Schaltelementen erzeugen, die nur zwei verschiedene Zustände annehmen können. Folgende Beispiele verdeutlichen dies:

Zeichnen Sie die zugehörigen Signale ein:

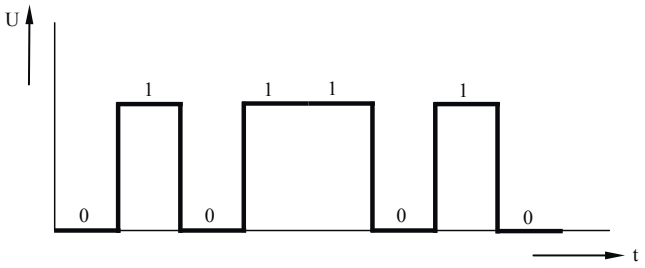


Zeichnen Sie die zugehörigen Signale ein:



Die beiden möglichen Schaltzustände (binäre Signalwerte) werden mit logisch «0» und «1» bezeichnet und stellen so die kleinstmögliche Informationsmenge dar:
«0» = keine Spannung
«1» = vorhandene Spannung
sie werden mit «bit» (**b**inary dig**it**) bezeichnet.

Beispiel einer seriellen Übertragung von Daten über eine Leitung:



Nennen Sie einige Anwendungen der Digitaltechnik:

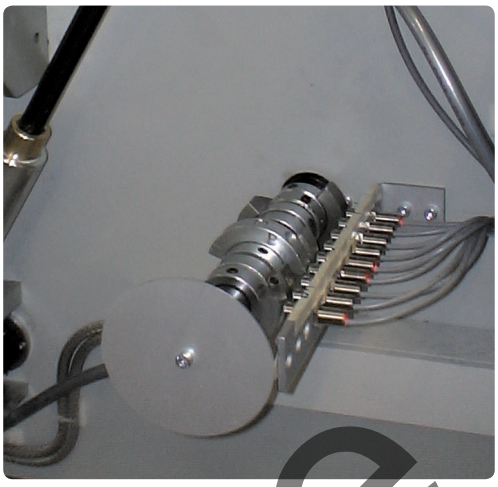
- Computertechnik
- Signalanlagen
- Steuerungstechnik
- Kommunikationstechnik
- Sicherheitstechnik (Codeschloss)
- Mikroprozessor
- Netzwerke
- Modelleisenbahnsteuerungen
- Audiotechnik (CD)
- Videotechnik (DVD)

Leseprobe

Ein- und Ausgabegeräte

Im heutigen privaten und beruflichen Umfeld benutzen wir täglich eine Vielzahl von Steuerungen, ohne genau zu wissen, was da eigentlich abläuft. Dies sind zum Beispiel Kaffeeautomaten, die Torsteuerung der Tiefgarage, Signalsteuerungen der Verkehrswege (Tram, Eisenbahn, Auto), Personenlift, Produktionsanlagen und viele mehr.
Allen Steuerungen gemeinsam ist das im Maschinenbau seit Langem bekannte, grundlegende Funktionsprinzip EVA. Dabei gilt:

E ≙ Eingabe
V ≙ Verarbeitung
A ≙ Ausgabe



Signalgeber als Positionssensor

Ordnen Sie möglichst viele Begriffe den einzelnen Funktionsblöcken zu:

Eingabe	Verarbeitung	Ausgabe
– Taster	– Verknüpfungen	– Schütze
– Schalter	– Speicherung	– Relais
– Grenztaster	– Zeitfunktion	– Transistoren
– Sensoren	– Zählen	– Thyristoren
– Druckwächter		– Magnetventile
– Grenzwertgeber		– Stellmotoren
		– Antriebsmotoren

Leseprobe

Schaltzeichen und Kennbuchstaben

Während Konstruktionszeichnungen die Form und Abmessungen der dargestellten Bauteile zeigen, wird in elektrotechnischen Zeichnungen (Schaltplänen) die **Funktion** der dargestellten Betriebsmittel angegeben. Die dafür gewählten **Schaltzeichen** sind aus einfachen Symbolen zusammengesetzt und nach DIN und IEC genormt.

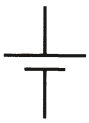
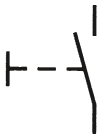
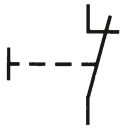
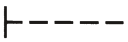
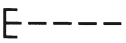
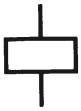
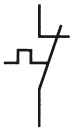
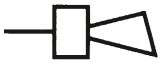
Elektrische Betriebsmittel bezeichnet man in Schaltplänen und in elektrischen Anlagen alphanumerisch, d.h. durch Kennbuchstaben und durch Zählnummern, z.B. -Q1, -R1 oder -E1.

Kennbuchstaben geben Aufschluss über die Art des Betriebsmittels, z.B. M für Motoren.

Zählnummern sind dem Kennbuchstaben nachgestellt. Sie unterscheiden gleichartige Betriebsmittel innerhalb einer Anlage, z.B. Meldeleuchte -P1 oder -P2 oder Relais -K1 oder -K2.

In Schaltungsunterlagen und in elektrischen Anlagen müssen Betriebsmittel eindeutig und gleichlautend gekennzeichnet sein.

Ergänzen Sie die Benennung der Schaltzeichen mithilfe des Tabellenbuches:

	galvanisches Element (langer Strich: Pluspol, kurzer Strich: Minuspol)		Schutzleiteranschluss
	Schliesser handbetätigt		Widerstand veränderbar
	Öffner handbetätigt		Heizelement
	Handantrieb allgemein		Leuchtmelder, Leuchte allgemein
	Handantrieb durch Drücken		Halbleiterdiode
	Kennzeichen für «betätigt»		elektromechanischer Antrieb, z.B. für Schütz oder Relais
	Thermokontakt, z.B. mit Bimetall		Hupe, Horn
	Sicherung allgemein		Gleichstrommotor

Leseprobe

Ergänzen Sie die Kennbuchstaben anhand der Tabelle „Klassifizierung von Objekten nach Zweck oder Aufgabe und zugeordnetem Kennbuchstaben“ auf Seite 67.

A	Sensorbildschirm, Touchscreen	**P**	Meldeleuchte, Messgerät, Lautsprecher, Hupe
B	Messwandler, Sensor, thermisches Überlastrelais	**Q**	Leistungsschalter, Lastschütz, Thyristor
C	Kondensator, Festplatte, RAM	**R**	Widerstand, Drosselspule, Begrenzer
E	Leuchte, Heizung, Laser, Kühlschrank	**S**	Taster, Steuerschalter, Wahlschalter
F	Sicherung, LS-Schalter, thermischer Überlastauslöser	**T**	Verstärker, Transformator, Gleichrichter, Netzgerät, Frequenzumrichter
G	Signalgenerator, Batterie, Solarzelle	**U**	Isolator, Kabeltragvorrichtung
K	Relais, Hilfsschütz, Zeitrelais	**W**	Unterverteiler, Sammelschiene, Lichtwellenleiter
M	Elektromotor, Betätigungsspule, Stellantrieb	**X**	Trenn- oder Steckverbindung, Lötanschluss

Leseprobe

3.1.2 Logische Grundbausteine

Logische Grundfunktionen

Begriff der Funktion

Zur Verarbeitung binärer Signalwerte in digitalen Schaltungen kommt man mit wenigen Grundelementen (sogenannte Gatter) aus. Mit den Gattern werden binäre Eingangssignale logisch verknüpft und erzeugen eine Ausgangsspannung.

Die Art der jeweiligen Verknüpfung wird durch 4 verschiedene Darstellungen beschrieben:

- **Logiksymbol**
- **Kontaktschaltung**
- **Funktionsgleichung**
- **Wahrheitstabelle**

Durch die Anwendung logischer Funktionen auf binäre Eingangsvariable, A, B, C usw. entsteht eine Verknüpfung zwischen ihnen, aus der sich die Ausgangsvariable Q ergibt. Dabei versteht man hier unter Verknüpfung die Tatsache, dass zu jeder Wertekombination am Eingang ein genau definierter Wert am Ausgang gehört.



In der Digitaltechnik und der Schaltalgebra gibt es lediglich drei Grundverknüpfungen. Diese sind:

Konjunktion (UND)
Disjunktion (ODER)
Negation (NICHT)

Alle anderen Verknüpfungen werden aus diesen drei Grundverknüpfungen abgeleitet!

Die Grundfunktionen und ihre Darstellung

In den beiden nachfolgenden Zusammenstellungen werden alle Grundfunktionen in den 4 oben genannten Darstellungsmöglichkeiten aufgezeigt. Das heute gebräuchliche Logiksymbol nach IEC wird durch das DIN-Symbol ergänzt, das immer noch oft anzutreffen ist.

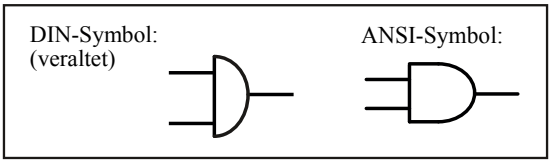
Bei den Operationszeichen in den Funktionsgleichungen (Boolesche Algebra) sind hauptsächlich folgende zwei Schreibweisen gebräuchlich:

	IEC		DIN
UND ⇒	∧ (∩)	oder	•
ODER ⇒	∨ (∪)	oder	+

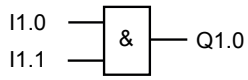
Leseprobe

UND-Funktion (AND)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten UND-Funktion erzeugt nur dann ein Ausgangssignal «1», wenn alle vorhandenen Eingänge auf «1» gesetzt sind.
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer UND-Funktion:

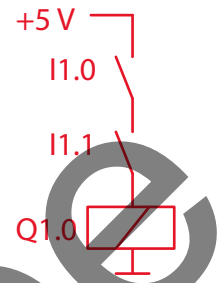


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



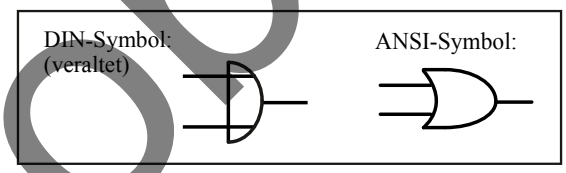
I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$Q1.0 = I1.0 \wedge I1.1$

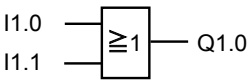


ODER-Funktion (OR)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten ODER-Funktion erzeugt sofort dann ein Ausgangssignal «1», wenn mindestens ein Eingang auf «1» gesetzt ist.
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer ODER-Funktion:

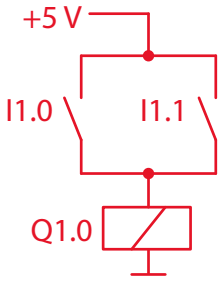


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



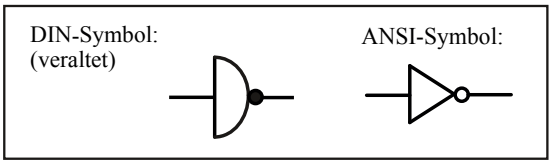
I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$Q1.0 = I1.0 \vee I1.1$

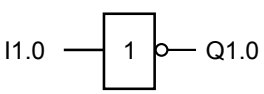


NICHT-Funktion (NOT)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten NICHT-Funktion erzeugt dann ein Ausgangssignal «0», wenn der Eingang auf «1» gesetzt ist. Wenn das Eingangssignal auf «0» gesetzt ist, erscheint am Ausgang eine «1».
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer NICHT-Funktion:

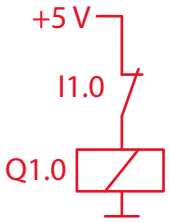


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



I1.0	Q1.0
0	1
1	0

$Q1.0 = \overline{I1.0}$

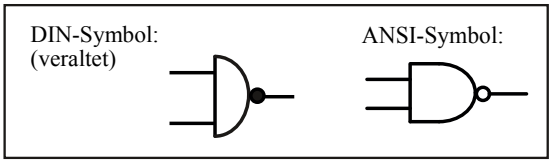


Leseprobe

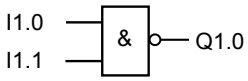
Durch die Kombination der beiden Grundverknüpfungen UND sowie ODER mit der NICHT-Funktion entstehen die sehr häufig verwendeten UND-NICHT (NAND) und ODER-NICHT (NOR)!

NAND-Funktion (UND-NICHT)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten NAND-Funktion erzeugt immer dann ein Ausgangssignal «1», wenn mindestens einer der beiden Eingänge auf «0» gesetzt ist.
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer NAND-Funktion:

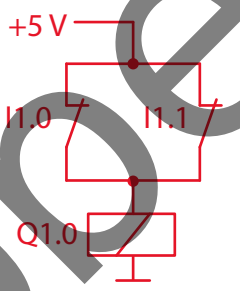


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



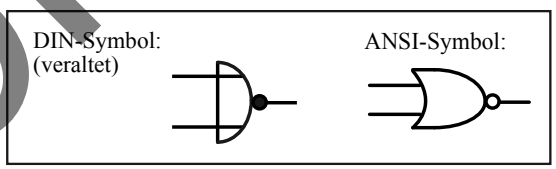
I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Q1.0 = \overline{I1.0 \wedge I1.1}$

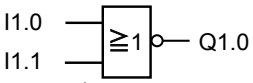


NOR-Funktion (ODER-NICHT)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten NOR-Funktion erzeugt nur dann ein Ausgangssignal «1», wenn beide Eingänge auf «0» gesetzt sind.
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer NOR-Funktion:

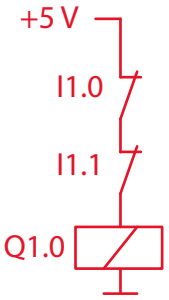


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

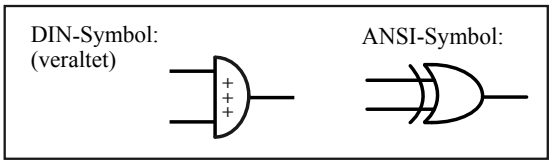
$Q1.0 = \overline{I1.0 \vee I1.1}$



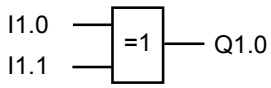
Leseprobe

XOR-Funktion (exklusiv-ODER)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten XOR-Funktion erzeugt nur dann ein Ausgangssignal «1», wenn entweder der eine oder der andere Eingang auf «1» gesetzt ist (Abfrage auf «Ungleichheit»).
Die exklusiv-ODER-Funktion wird auch als Antivalenz bezeichnet, da der Ausgang ausschliesslich dann eine «1» erzeugt, wenn nur einer der beiden Eingänge auf «1» gesetzt ist.
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer XOR-Funktion:

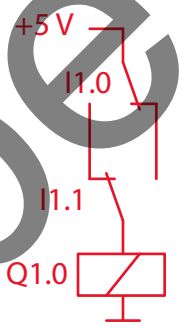


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



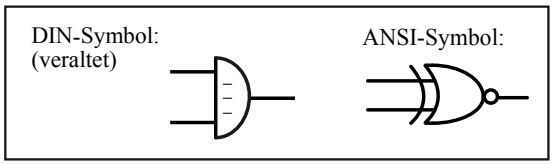
I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Q1.0 = (\overline{I1.0} \wedge I1.1) \vee (I1.0 \wedge \overline{I1.1})$

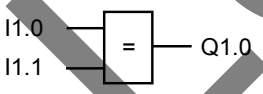


XNOR-Funktion (exklusiv-ODER-NICHT)

Eine Verknüpfungsschaltung mit einer eingeprägten XNOR-Funktion erzeugt nur dann ein Ausgangssignal «1», wenn entweder beide Eingänge oder kein Eingang auf «1» gesetzt ist. Die exklusiv-ODER-NICHT-Funktion wird auch als Äquivalenz bezeichnet, da der Ausgang immer dann eine «1» erzeugt, wenn beide Eingänge gleich gesetzt sind (Abfrage auf «Gleichheit»).
Ergänzen Sie folgende Darstellungen einer XNOR-Funktion:

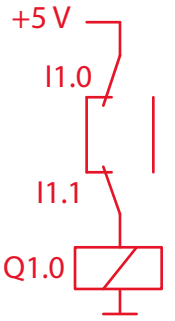


Symbol (IEC)	Wahrheitstabelle	Funktionsgleichung	Kontaktschaltung



I1.1	I1.0	Q1.0
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$Q1.0 = (\overline{I1.0} \wedge \overline{I1.1}) \vee (I1.0 \wedge I1.1)$



Leseprobe