

---

# Praktische Elektronik

---

Peter F. Orlowski

# Praktische Elektronik

Analogtechnik und Digitaltechnik für die  
industrielle Praxis

 Springer Vieweg

Peter F. Orlowski  
Technische Hochschule Mittelhessen  
Gießen, Deutschland

Zusätzliche Materialien finden Sie unter: <http://www.springer.com/978-3-642-39004-3>

ISBN 978-3-642-39004-3

ISBN 978-3-642-39005-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-39005-0

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media

[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

---

# Vorwort

Das vorliegende Buch ist ein anwendungsorientiertes Kompendium der Analog- und Digitaltechnik für Studierende der Elektrotechnik und des Maschinenbaus sowie für Ingenieure in der industriellen Praxis.

Das Werk basiert auf langjähriger industrieller Praxis in der Anlagenprojektierung und Geräteentwicklung sowie dem Vorlesungs- und Laborbetrieb im Bereich der Angewandten Elektronik als auch der Mess- und Regeltechnik.

Es hat die Zielsetzung, Basiswissen der Elektronik zusammen mit den zugehörigen mathematischen Grundlagen kompakt und stets an praxisnahen Beispielen orientiert zu vermitteln.

In den Kapiteln der Analogtechnik werden vornehmlich Schaltungen mit Operationsverstärkern und ihre Anwendungen behandelt, ergänzt durch mess- und regeltechnische Applikationen aus verschiedenen Bereichen der Automatisierungstechnik. Voraussetzung für den Schaltungsentwurf sind lediglich die Grundkenntnisse der Elektrotechnik.

Die Kapitel der Digitaltechnik befassen sich vornehmlich mit Schaltungen der CMOS-Technik und deren zahlreiche Anwendungen aus der industriellen Praxis.

Im letzten Kapitel ist eine Einführung in die SPS-Programmierung dargestellt, die auf dem Grundwissen der Digitaltechnik basiert.

Zu den verschiedenen Schaltungen sind die jeweiligen industriellen Anwendungsgebiete angegeben.

Die wichtigsten analogen und digitalen Datenblätter sowie Videos mit Laborversuchen sind von der Homepage des Autors abrufbar:

[prof-orlowski.jimdo.com](http://prof-orlowski.jimdo.com)

Im Anhang finden sich die Laborversuche dargestellt sowie Prüfungsaufgaben und Lösungshinweise.

Linden, Sommer 2013

Peter F. Orłowski

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundzüge der Analogtechnik</b>	<b>1</b>
1.1	Größen und Einheiten	1
1.2	Grundlegende Bauelemente	2
1.3	Gesetze elektrischer Netzwerke	5
1.4	Wechselspannungsnetzwerke	8
1.5	Ausgleichsvorgänge	11
1.5.1	Carson-Laplace-Transformation	12
1.5.2	Gleichstromschaltvorgänge	14
1.5.3	Wechselstromschaltvorgänge	26
<b>2</b>	<b>Operationsverstärker Grundlagen</b>	<b>31</b>
2.1	Idealer und realer OP	31
2.2	Grundsaltungen	36
2.2.1	Inverter, Summierer	38
2.2.2	Differenzbildner (Differenzverstärker)	40
2.2.3	Signumschalter, Spannungsfolger	41
2.2.4	Integrierer, Differenzierer	43
2.2.5	PI- und PID-Regler	46
2.2.6	Passive Filter	53
2.2.7	Aktive Filter	58
2.3	Optimierung	68
2.3.1	Frequenzkorrektur	68
2.3.2	Offsetabgleich	70
2.3.3	Variable Verstärkungen	75
<b>3</b>	<b>Spezielle Analogsaltungen</b>	<b>77</b>
3.1	Logarithmierer, Exponentialglied	77
3.2	Multiplizierer, Dividierer, Potenzfunktionen	81
3.3	Funktionsgeneratoren	85
3.4	Komparatoren	93
3.5	Analogschalter, Analogspeicher	97

3.6	Betragsbildner, $U/I$ - und $I/U$ -Wandler	101
3.7	$U/f$ - und $f/U$ -Wandler	105
3.8	Interface-Schaltungen	108
3.9	Störquellen in Analogschaltungen	112
<b>4</b>	<b>Mess- und Regeltechnik</b>	<b>121</b>
4.1	Messwerterfassung	121
4.1.1	Drehzahlmessung	122
4.1.2	Strommessung	123
4.1.3	Druck- und Zugkraftmessung	124
4.1.4	Temperaturmessung	127
4.1.5	Analoger Durchmesserrechner	128
4.1.6	Abbremsautomatik	130
4.2	Konstanter und Netzteile	131
4.3	Regelung elektrischer Antriebe	135
4.3.1	Regler und Strecken	135
4.3.2	Sollwertgeber	138
<b>5</b>	<b>Grundzüge der Digitaltechnik</b>	<b>141</b>
5.1	Grundverknüpfungen	141
5.2	Logische Operationen	142
5.3	Vereinfachung boolescher Funktionen	144
5.3.1	Funktionen	144
5.3.2	Veitch-Diagramm	145
5.3.3	Minimalform einer Funktion	148
5.3.4	Umcodierer	149
5.4	Nicht-boolesche Algebra	157
5.4.1	Schwellwertlogik	157
5.4.2	Majoritätsschaltglieder	164
<b>6</b>	<b>Integrierte Digitalbausteine</b>	<b>167</b>
6.1	Forderungen an Digital Schaltkreise	167
6.2	Schaltkreisfamilien TTL und CMOS	168
6.3	Handhabung von CMOS-Schaltkreisen	169
<b>7</b>	<b>CMOS-Grundsaltungen</b>	<b>175</b>
7.1	Speicher	175
7.1.1	RS-Flip-Flop	175
7.1.2	JK-Flip-Flop	177
7.1.3	D-Flip-Flop	178
7.2	Zähler und Komparatoren	180
7.2.1	BCD-Zähler	180
7.2.2	Binär-Zähler	184

---

7.2.3	1-aus-10-Zähler	186
7.3	Frequenzteiler, Frequenzverdoppler	187
7.4	Oszillatoren	191
7.5	Verzögerer, Verlängerer	194
7.6	Blocker	197
7.7	Addierer, Subtrahierer	202
7.8	Multiplizierer, Dividierer	212
7.9	Interface-Schaltungen	215
<b>8</b>	<b>Spezielle CMOS-Schaltungen</b>	<b>229</b>
8.1	Richtungserfassung bei Impulsgebern	229
8.2	Paritätsprüfung	229
8.3	Warnblinkschaltung	231
8.4	Ampelschaltung	231
8.5	Elektrohydraulische Positionierung	234
8.6	Ablaufsteuerung	236
8.7	Frequenzdifferenzbildung	238
8.8	Frequenzsynthesizer, Frequenzgenerator	238
<b>9</b>	<b>Digitale Messwerterfassung</b>	<b>243</b>
9.1	Längungsmessung von Stoffbahnen	243
9.2	Durchmessererfassung	245
9.3	Banddickenmessung	246
9.4	Planheitsmessung	250
9.5	Drehzahl- und Geschwindigkeitsmessung	251
9.6	Weg-, Winkel-, Positionsmessung	255
9.7	Fahrkurvenrechner	261
<b>10</b>	<b>SPS-Automatisierung</b>	<b>265</b>
10.1	SPS-Grundlagen	265
10.1.1	Datentypen und Operationen	265
10.1.2	Hardware	266
10.1.3	Darstellung, Programmierung	267
10.2	Anwendungen	270
10.2.1	Einfacher Mischvorgang	270
10.2.2	Automatische Stern-Dreieck-Schaltung	271
10.2.3	Torsteuerung	273
10.2.4	Ampelsteuerung	277
10.2.5	Ablaufsteuerung	282
10.2.6	Regelung mit PID-Regler	286

---

<b>11</b>	<b>Anhang</b> .....	291
	11.1 Schnittstellen- und Bussysteme .....	291
	11.2 Laborversuch Inverter .....	295
	11.3 Laborversuch Bandpass .....	296
	11.4 Laborversuch Ampelschaltung .....	299
	11.5 Klausur- bzw. Prüfungsfragen .....	302
	11.6 Lösungshinweise zu 11.5 .....	304
	<b>Literatur</b> .....	307
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	309