

Digitale Meßtechnik

Digitale Meßtechnik

Eine Einführung

von

Dipl.-Ing. L. Borucki und Dipl.-Ing. J. Dittmann

Siemens & Halske AG, Wernerwerk für Meßtechnik, Karlsruhe

Mit 205 Abbildungen



Springer-Verlag
Berlin / Heidelberg / New York
1966

ISBN 978-3-662-00094-6 ISBN 978-3-662-00093-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-00093-9

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege
(Photokopie, Mikrokopie) oder auf andere Art zu vervielfältigen
© by Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1966
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1966
Library of Congress Catalog Card Number: 65-28570

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw.
in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der An-
nahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetz-
gebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Titel Nr. 1288

Vorwort

Dieses Buch soll gemäß seinem Titel den Leser in das Gebiet der digitalen Meßtechnik einführen. Es wendet sich also weniger an den Fachmann als an den Studierenden und alle diejenigen, die sich erstmalig mit dieser Materie befassen. Daher liegt der Schwerpunkt der Darstellung auf dem Grundsätzlichen, das überwiegend an Hand von Funktionsschaltbildern diskutiert wird. Auch bei den in Kap. 3 beschriebenen Schaltungen wird meist nur ein typisches Beispiel in Halbleitertechnik behandelt. Es wird hierbei bewußt auf detaillierte Dimensionierungsvorschriften und Ausführungen in anderen Techniken verzichtet. Ebenso werden spezielle Probleme, die sich bei einer digitalen Meßanlage ergeben, nicht erörtert, vielmehr steht das Einzelgerät im Vordergrund.

Der dargebotene Stoff ist so gegliedert, daß in den ersten vier Kapiteln Grundlagen und Schaltungen beschrieben werden, die für das digitale Messen erforderlich sind, das in den Kap. 5 und 6 behandelt wird. Da die Umsetzung vom Analogen ins Digitale das Codieren beinhaltet, ist der Zahlendarstellung und Codierung ein relativ breiter Raum gewidmet. Kap. 7 befaßt sich mit der Ausgabe digitaler Meßwerte. Hier ist auch die Digital-Analog-Umsetzung eingeordnet. Die in Kap. 8 dargestellte Grenzwertkontrolle digitaler Meßwerte gehört eigentlich in das Gebiet der digitalen Meßwertverarbeitung. Wegen ihrer engen Verknüpfung mit dem Meßvorgang wurde sie jedoch in den Rahmen dieses Buches mit aufgenommen. Das letzte Kapitel soll dem Leser am Beispiel einiger industriell gefertigter Digital-Meßgeräte die Anwendung des vorher Geschilderten zeigen.

An dieser Stelle sei den im Text genannten Firmen für das bereitwillige Überlassen von Unterlagen gedankt, ebenso dem Springer-Verlag, der die Herstellung des Buches in vorbildlicher Weise übernommen hat. Desgleichen gilt unser Dank einer Reihe von Kollegen für wertvolle Ratschläge und Hinweise.

Karlsruhe, im Herbst 1965

Lorenz Borucki Joachim Dittmann

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Die Entwicklung der Meßtechnik	1
1.2 Was versteht man unter einem digitalen Meßgerät?	3
1.3 Der Aufbau digitaler Meßgeräte	4
Literatur zu Kap. 1	6
2. Zahlendarstellung und Codierung	6
2.1 Zahlensysteme	6
2.2 Codes	9
2.3 Gebräuchliche Codes in digitalen Meßgeräten	10
2.4 Code-Umsetzer	22
2.4.1 Code-Umsetzer mit Relais	22
2.4.2 Elektronische Code-Umsetzer	23
Literatur zu Kap. 2	27
3. Einige elektronische Schaltungen der digitalen Meßtechnik	28
3.1 Kippschaltungen	28
3.1.1 Die bistabile Kippstufe	28
3.1.2 Die monostabile Kippstufe	30
3.1.3 Die astabile Kippstufe	32
3.1.4 Der Sperrschwinger	33
3.2 Impulsformungsschaltungen	34
3.2.1 Lineare Formungsschaltungen	34
3.2.1.1 Differentiationsschaltungen	34
3.2.1.2 Integrationsschaltungen	36
3.2.2 Nichtlineare Formungsschaltungen	37
3.2.2.1 Begrenzerschaltungen	37
3.2.2.2 Der Schmitt-Trigger	38
3.3 Der Transistor als elektronischer Schalter	39
3.4 Torschaltungen	46
3.5 Logische Schaltungen	47
3.5.1 Verknüpfungsfunktionen zweier Eingangsvariabler	47
3.5.2 Halbleiterschaltkreise für Verknüpfungsfunktionen	49
3.6 Verstärker	53
3.6.1 Integrationsverstärker	53
3.6.1.1 Der Miller-Integrator	54
3.6.1.2 Der Bootstrap-Integrator	57
3.6.2 Nullverstärker	59
3.6.2.1 Rückgekoppelte Schaltungen als Nullverstärker	60
3.6.2.2 Direkt gekoppelte Gleichspannungsverstärker mit nachgeschalteter Entscheidungsstufe als Nullverstärker	62
3.6.2.3 Zerhackerverstärker als Nullverstärker	65

	Seite
3.7 Spannungs-, Frequenz- und Zeitnormale	68
3.7.1 Spannungsnormale	68
3.7.2 Frequenz- und Zeitnormale	73
Literatur zu Kap. 3	75
4. Impulszählung	77
4.1 Dualzähler	77
4.2 Dual-dekadische Zähler	80
4.3 Ringzähler	83
4.4 Schieberegister	84
Literatur zu Kap. 4	85
5. Digitales Messen auf Zählbasis	85
5.1 Die Festmengenmessung (Festmengenumsetzung)	86
5.2 Digitale Frequenz- und Drehzahlmessung	86
5.3 Digitale Zeit- und Periodendauermessung	90
Literatur zu Kap. 5	92
6. Analog-Digital-Umsetzer	92
6.1 Analog-Digital-Umsetzer nach dem Ausschlagverfahren	93
6.1.1 Analog-Digital-Umsetzer nach dem Code- oder Abtastverfahren	93
6.1.2 Analog-Digital-Umsetzer nach dem Inkremental- oder Zählverfahren	96
6.1.2.1 Rasterstäbe und Rasterscheiben	96
6.1.2.2 Der Skalenstreckennumsetzer	98
6.2 Analog-Digital-Umsetzer nach dem Kompensatorprinzip	100
6.2.1 Abgleichprinzip	111
6.2.2 Stufenumsetzer mit elektro-mechanischen Schaltern	117
6.2.3 Stufenumsetzer mit elektronischen Schaltern	118
6.3 Analog-Digital-Umsetzer mit Zwischenumwandlung der analogen Meßgröße	120
6.3.1 Analog-Digital-Umsetzer mit Zeitintervall als Zwischengröße	120
6.3.2 Analog-Digital-Umsetzer mit Frequenz als Zwischengröße	126
Literatur zu Kap. 6	130
7. Ausgabe digitaler Meßwerte	131
7.1 Zahlensichtgeräte	131
7.1.1 Mechanische Zahlensichtgeräte	132
7.1.2 Optische Zahlensichtgeräte	134
7.1.2.1 Optische Zahlensichtgeräte nach dem (m)-Code	134
7.1.2.2 Optische Zahlensichtgeräte mit Segmentziffern	136
7.2 Lochstreifenausgabe und Fernschreibmaschine	136
7.3 Meßwertdrucker	141
7.4 Digital-Analog-Umsetzer	145
7.4.1 Digital-Analog-Umsetzer mit gestuftem Spannungsteiler	145
7.4.2 Digital-Analog-Umsetzer mit gestuften Teilströmen	149
7.4.3 Digital-Analog-Umsetzer mit Widerstands-Kettenleitern	153
7.5 Akustische Meßwertausgabe	154
Literatur zu Kap. 7	155
8. Grenzwertkontrolle digitaler Meßwerte	156
8.1 Dynamische Grenzwertmelder	156
8.2 Statische Grenzwertmelder	158
Literatur zu Kap. 8	163

	Seite
9. Beispiele industriell gefertigter Digital-Meßgeräte	163
9.1 Präzisions-Digital-Ohmmeter mit Stufenumsetzer in Relais-technik	163
9.2 Digital-Voltmeter	167
9.3 Digitale Zeitmultiplex-Fernmessung	172
9.4 Universalzähler für Frequenz-, Zeit- und Mengemessung	179
9.5 Digital-Auswertegerät in der Gaschromatographie	183
Literatur zu Kap. 9	190
Anhang	192
A.1 Tafel der Funktion $\frac{\sin x}{x}$ ($x = 0,001 \dots 0,250$)	192
A.2 Das Abtasttheorem	193
A.3 Begriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung, die in der Meßtechnik zur Berechnung von Zeichenfehlerwahrscheinlichkeiten bei Codes benutzt werden	195
Literatur zu Anhang 3	199
A.4 Einige Regeln der Schaltalgebra	199
A.5 Tafel der Schaltzeichen: Digitale Informationsverarbeitung, DIN 40700	203
Sachverzeichnis	209