



Wolfgang Gruhle

Elektronisches Messen

Analoge und digitale Signalbehandlung

Leitfaden für Naturwissenschaftler und Techniker

Mit 108 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo 1987

ISBN-13: 978-3-540-17028-0 e-ISBN-13: 978-3-642-82902-4
DOI: 10.1007/978-3-642-82902-4

Vorwort

Elektronik umspannt ein immenses Gebiet in Naturwissenschaft und Technik, vom Detektor radioaktiver Strahlung bis zum Herzschrittmacher, vom Garagentoröffner bis zum Computertomographen, vom Satellitenempfänger bis zur Alarmanlage. Der umfangreiche Stoff ist nicht nur in zahllose Bücher aller Teilgebiete verstreut, sondern die ganze Elektronik selbst ist bereits in viele Spezialbereiche aufgespalten.

Sehr viele Anwender — Physiker, Naturwissenschaftler, Biologen, Mediziner — sind keine Elektroniker, besitzen aber oft genügend technische Vorkenntnisse und Interesse an elektronischen Meßverfahren und sind fast immer auf diese angewiesen. Für sie soll dieses Buch in ungewöhnlicher Systematik ein Leitfaden durch die vorhandenen oder geplanten Meßmethoden sein. Bei der Überfülle der Spezialliteratur fehlt ein *Überblick*, der nicht mit zu vielen Details befrachtet ist. Daher soll der Benutzer hier für seine Meßaufgaben rasch die wichtigen und richtigen Grundlagen zum Verständnis und die oft erstaunlichen *Lösungsmöglichkeiten* finden. Er muß die Funktion, die Grenzen und die Fehler aller seiner Meßgeräte kennen(lernen), nicht zuletzt, um bei der Planung, beim Kauf, beim experimentellen Arbeiten und bei Werkstattaufträgen auf dem Wissensstand der Technik zu sein.

Die hier gewählte Anordnung nach Signalen und ihren Eigenschaften, ihrer Veränderung, Sortierung, Transport und Registrierung, formt die kaum überschaubare Stoffmenge zu einer durchsichtigen Struktur und kann bei Bedarf vertieft werden. Oft genügt das Wissen um den Stand der Technik, um optimale oder neue Wege zu finden.

Eine so konzentrierte Zusammenstellung verzichtet auf die Darstellung vieler Details, für die es genügend Literatur gibt (z.B. Nachrichten-, HF- und Regeltechnik, Leistungselektronik, Mikroprozessoren, Rechner usw.) Es fehlen auch Bauanleitungen oder Dimensionierungen von rasch veraltenden technischen Beispielen. Stattdessen führt der rote Faden in großen Linien durch die Signalbehandlung und durch Funktionsbausteine. Häufig wird an physikalische Grundlagen erinnert, und übergreifende Zusammenfassungen werden betont. In einer Zeit außerordentlich rascher Neuentwicklungen ist die Kenntnis unveränderlicher Zusammenhänge nötig.

Obwohl kein übliches Lehrbuch, sondern eher ein Werk zum Nachschlagen, soll es doch auch zum Einarbeiten nötige Kenntnisse vermitteln und mit Querweisen das Verständnis erleichtern. Man kann ohne langes Durcharbeiten *in*

dem Buch lesen, besonders in den vielen Bildern, die manchen Text ersetzen. Bei vielen (meist bekannten) Gleichungen wurde auf die Herleitung verzichtet. Im letzten Kapitel sind alle Elemente und Bausteine abfragebereit gelagert, die sonst die meisten Darstellungen durchgehend belasten.

Das Manuskript wurde auf einem Rechner in druckfähiger Fassung geschrieben. Dem Verlag gebührt für die freundliche Unterstützung besonderer Dank.

Köln, im Herbst 1986

Wolfgang Gruhle

Inhaltsverzeichnis

1 Signale	1
1.1 Signalformen und Definitionen	1
1.2 Signalklassen	3
1.3 Signalfelder	5
1.3.1 Zeitbereich (time domain, Zeitraum)	5
1.3.2 Frequenzbereich (frequency domain, Frequenzraum)	7
1.3.3 Datenbereich	11
1.4 Signalerzeugung	13
1.4.1 Wandler	14
1.4.2 Spannungs- und Stromquellen	14
1.4.3 Signalgeneratoren	16
1.4.4 Rauschen	17
1.5 Signalbiographie	19
2 Signalveränderung	21
2.1 Änderung der Signalform	21
2.1.1 Lineare Amplitudenänderung	22
2.1.2 Nichtlineare Formänderung	25
2.1.3 Mathematische Operationen	26
2.2 Änderung der Zeitparameter	41
2.2.1 Verzögerung von Signalen	41
2.2.2 Sampling-Verfahren	42
2.2.3 Spannungs/Frequenz-Konverter (VFC)	47
2.3 Analog/Digital-Wandler	48
2.3.1 Vergleich analog/digital	48
2.3.2 ADC (A/D-Wandler)	50
2.3.3 DAC (Digital/Analog-Wandler)	55
2.4 Änderung des Frequenzspektrums	57
2.4.1 Aktive analoge Filter	57
2.4.2 Digitale Filter	59
3 Signalsortierung	61
3.1 Amplitudenanalyse	61
3.1.1 Abfrage eines Amplitudenwertes	62
3.1.2 Triggerstufen	62

3.1.3 Amplitudenanalyse	63
3.1.4 Amplitudenfehler	64
3.2 Zeitanalyse	66
3.2.1 Zeitmessungen	66
3.2.2 Zeitmarken	69
3.2.3 Signalkombination nach Fahrplan	71
3.3 Formanalyse	73
3.4 Frequenzanalyse	73
4 Signaltransport	75
4.1 Transportsysteme	76
4.2 Störungen	77
4.2.1 Ursachen	77
4.2.2 Abhilfen	78
4.2.3 Reflexionen	79
5 Signalregistrierung	81
5.1 Analoge Registrierung	81
5.2 Digitale Registrierung	82
5.3 Speicherung	87
5.3.1 Analoge elektronische Speicherung	87
5.3.2 Digitale Speicherung	87
5.4 Visuelle Anzeige (Display)	91
5.4.1 Ziffernanzeigen	91
5.4.2 Oszillographie	91
5.5 Organisation von Daten	93
6 Bauelemente und Bausteine (ICs)	95
6.1 Bauelemente und passive Netzwerke	95
6.1.1 Passive Bauelemente	95
6.1.2 Passive Netzwerke	100
6.1.3 Aktive Bauelemente	107
6.2 Digitale Bausteine	129
6.2.1 Gatter	131
6.2.2 Flipflops	135
6.2.3 Digitale Bausteine	137
6.3 Analoge (aktive) Bausteine	141
6.3.1 Verstärker-Grundlagen	141
6.3.2 Verstärker-Grundtypen	143
6.3.3 Rauscheigenschaften	150
6.3.4 Übertragungsfunktionen	154
6.3.5 Standardbausteine	159
Literaturverzeichnis	171
Sachverzeichnis	173