

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung und Übersicht	10
1.1.	Zur Entwicklung digitaler Meßverfahren	10
1.2.	Analoge und digitale Messung	11
1.3.	Analyse des Meßvorgangs	13
1.4.	Zahlensystem und Zahlendarstellung	15
1.5.	Kodierung	17
1.6.	Quantisierung, Stellenzahl und Fehler	19
1.7.	Prinzipien zur Gewinnung eines diskreten Meßwerts	22
1.7.1.	Die Meßgröße liegt quantisiert vor	23
1.7.2.	Die Meßgröße liegt stetig veränderbar vor	23
1.7.2.1.	Quantisierung einer nichtelektrischen Größe	23
1.7.2.2.	Quantisierung einer elektrischen Größe	24
1.7.3.	Strukturen von Meßketten	24
2.	Zähler und Zählverfahren	27
2.1.	Aufbau elektronischer Zähler	27
2.1.1.	Bistabile Grundelemente (Flipflop)	29
2.1.2.	Asynchron arbeitende Zähler	32
2.1.2.1.	Binär- oder Dualzähler	33
2.1.2.2.	Zähldekaden	34
2.1.3.	Synchron arbeitende Zähler	35
2.1.4.	Schieberegister und Ringzähler	36
2.1.5.	Rückwärtszählung	37
2.1.6.	Vorwahl und Voreinstellung	39
2.1.7.	Ausgabe des Zählergebnisses	40
2.1.7.1.	Dekodierung und Umkodierung	41
2.1.7.2.	Anzeigeeinrichtungen (Sichtanzeigen, Displays)	42
2.1.8.	Funktionsgruppen von Zählern	45
2.1.8.1.	Eingangsschaltung	45
2.1.8.2.	Torschaltung	46
2.1.8.3.	Zeitbasis	46
2.1.8.4.	Steuerteil	46
2.2.	Meßverfahren auf Zählbasis	47
2.2.1.	Zählverfahren	47
2.2.1.1.	Frequenzmessung	47
2.2.1.2.	Zeit(differenz)messung und Periodendauermessung	48
2.2.1.3.	Frequenzverhältnismessung	49
2.2.1.4.	Differenzfrequenzmessung	49
2.2.2.	Statische Fehler bei Zählmessungen	51
2.2.2.1.	Digitaler Restfehler	51
2.2.2.2.	Fehler der Zeitbasis	53
2.2.2.3.	Einfluß der endlichen Impulsbreite	54
2.2.2.4.	Einfluß des Triggerpegels und der Torschaltzeit	55
2.2.2.5.	Gesamtfehler einer Zählmessung	55

2.3.	Frequenzanaloge Meßverfahren	56
2.3.1.	Gewinnung diskreter Signale	57
2.3.2.	Gewinnung stetiger Signale	58
3.	Umsetzer	60
3.1.	Umsetzverfahren	60
3.1.1.	Direkte und indirekte Umsetzung	61
3.1.2.	Parallele und serielle Umsetzung	61
3.1.3.	Momentanwertumsetzung und integrierende Umsetzung	63
3.2.	Umsetzer für Weg und Winkel	66
3.2.1.	Abtastverfahren	66
3.2.2.	Serielle Umsetzung — Inkrementalverfahren	67
3.2.3.	Parallele Umsetzung — Kodeverfahren	69
3.2.3.1.	Grundprinzip	69
3.2.3.2.	Doppelabtastung	71
3.2.4.	Interferentielle Meßverfahren	72
3.3.	Umsetzer für elektrische Größen (Spannung, Strom)	73
3.3.1.	Übersicht	73
3.3.2.	Funktionsgruppen für elektrische Analog-Digital-Umsetzer	74
3.3.2.1.	Komparatoren oder Vergleicher	74
3.3.2.2.	Abtast- und Halteschaltung	75
3.3.2.3.	Digital-Analog-Umsetzer	75
3.3.3.	Direkte Umsetzverfahren	81
3.3.3.1.	Parallel arbeitende Analog-Digital-Umsetzer	81
3.3.3.2.	Seriell (sequentiell) arbeitende Umsetzer ohne Rückkopplung	81
3.3.3.3.	Serielle Umsetzer mit Rückkopplung (Wägeverfahren)	83
3.3.3.4.	Parallel-serielle Umsetzer	86
3.3.3.5.	Sonderverfahren	88
3.3.4.	Indirekte Umsetzverfahren (Umsetzverfahren mit Zwischenabbildung)	88
3.3.4.1.	Umsetzprinzip	89
3.3.4.2.	Spannungs-Zeit-Umsetzung	90
3.3.4.3.	Spannungs-Frequenz-Umsetzung	94
3.3.4.4.	Ladungsausgleichs- oder Charge-balancing-Verfahren	96
3.3.5.	Statische Kenngrößen der Umsetzer	99
3.3.5.1.	Ideale Umsetzungskennlinie und Quantisierungsfehler	99
3.3.5.2.	Reale Umsetzungskennlinie	100
3.3.5.3.	Temperaturfehler	101
3.3.5.4.	Gesamtfehler	101
3.3.5.5.	Umsetzgeschwindigkeit	102
3.3.6.	Auswahl von Analog-Digital-Umsetzern	103
3.3.7.	Prüfung von Analog-Digital-Umsetzern	103
3.3.8.	Ausblick	104
4.	Dynamische und statistische Fehler digitaler Meßverfahren	105
4.1.	Signalabtastung	105
4.2.	Dynamische Fehler	107
4.2.1.	Verzögerungsfehler	107
4.2.2.	Steigungsfehler	108
4.2.3.	Mittelungsfehler	109
4.2.3.1.	Berechnung des Mittelungsfehlers	110
4.2.3.2.	Mittelungsfehler für verschiedene Modellfunktionen	111

4.2.4.	Dynamische Fehler bei Zählverfahren	113
4.2.4.1.	Dynamische Fehler bei frequenzanalogen Meßverfahren	114
4.2.4.2.	Dynamische Fehler bei Spannungs-Frequenz-Umsetzern	115
4.3.	Statistische Meßfehler	116
4.3.1.	Rauschen bei Analog-Digital-Umsetzern	117
4.3.1.1.	Quantisierungsrauschen	117
4.3.1.2.	Rauschen durch Nichtlinearitäten	118
4.3.1.3.	Gesamte Rauschspannung	118
4.3.1.4.	Dynamikbereich eines Umsetzers	119
4.3.2.	Rauscheinflüsse bei Zählmessungen	120
4.3.2.1.	Einfluß der Triggerschwelle	120
4.3.2.2.	Rauscheinflüsse bei Periodendauermessungen	121
4.4.	Gesamtfehler	122
4.5.	Kanalkapazität	122
5.	Digitale Meßgeräte und Meßeinrichtungen	124
5.1.	Automatisierung des Meßvorgangs	124
5.1.1.	Automatisierte oder rechnende Meßgeräte	125
5.1.2.	Linearisierung und Datenvorverarbeitung	126
5.1.3.	Selbstüberwachung und automatische Kalibrierung	127
5.1.4.	Interface	129
5.2.	Elektronische Zähler	129
5.2.1.	Universalzähler	130
5.2.2.	Spitzengeräte	132
5.2.3.	Automatisierung von Zählmessungen	133
5.3.	Digitalvoltmeter und Digitalmultimeter	134
5.3.1.	Digitalvoltmeter	135
5.3.2.	Digitalmultimeter	136
5.3.3.	Digitale Schalttafelinstrumente (Panelmeter)	137
5.3.4.	Elektronische Analoganzeigen	137
5.4.	Datenerfassung mit Analogsignalen	138
5.4.1.	Strukturen der Analogwerterfassung	138
5.4.2.	Meßdatenvorverarbeitung	139
5.4.3.	Sensoren und Sensorsysteme	140
5.5.	Digitale Technik in schreibenden Geräten	140
5.5.1.	Oszilloskope	140
5.5.2.	Eventoskope (Transientenrekorder)	141
	Literaturverzeichnis	143
	Sachwörterverzeichnis	150