

Inhalt

Vorwort — V

- 1 Grundlagen der Messtechnik — 1**
 - 1.1 Verlässlichkeit einer Messung — 1
 - 1.1.1 Vollständiges Messergebnis und vollständiger Messwert — 1
 - 1.1.2 Definition nach DIN 1319-1 — 3
 - 1.1.3 Zusammenhang von Genauigkeit, Präzision und Auflösung — 4
 - 1.1.4 Statistische Grundlagen für die Berechnung der Messunsicherheit — 6
 - 1.2 Formulierung von Verteilungen — 10
 - 1.2.1 Unmittelbare Beobachtungen — 12
 - 1.2.2 Arithmetischer Mittelwert — 13
 - 1.2.3 Standardabweichung — 14
 - 1.2.4 Standardabweichung des Mittels — 14
 - 1.2.5 Fehlerfortpflanzung — 15
 - 1.2.6 Lineare Fehlerfortpflanzung — 16
 - 1.3 Praxisgerechte Bestimmung der Messunsicherheiten — 16
 - 1.3.1 Ermittlung des optimalen Schätzwertes — 19
 - 1.3.2 Erweiterte Messunsicherheit — 20
 - 1.3.3 Sequenz der wichtigsten Schritte — 21
 - 1.3.4 Kenntnisse über die Eingangsgrößen — 22
 - 1.3.5 Addition der Eingangsgrößen nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz — 23
 - 1.3.6 Korrelation zwischen einzelnen Einflussgrößen — 24
 - 1.3.7 Berechnung des Messergebnisses und der beigeordneten Messunsicherheit — 26
 - 1.3.8 Angabe des vollständigen Messergebnisses — 27

- 2 Zeigerinstrumente (analoge Messtechnik) — 33**
 - 2.1 Analoge Messinstrumente — 34
 - 2.1.1 Messwerk, Messinstrument und Messgerät — 38
 - 2.1.2 Beschriftung der Messgeräte — 41
 - 2.1.3 Messinstrumentengehäuse — 45
 - 2.1.4 Skalen — 46
 - 2.1.5 Drehmomente und Einschwingen — 47
 - 2.1.6 Zeiger, Lager und Dämpfung — 50
 - 2.1.7 Genauigkeitsklassen und Fehler — 53
 - 2.1.8 Justierung (Eichung) von Betriebsmessgeräten — 57
 - 2.1.9 Bedienungsregeln und Beurteilung — 68

- 2.2 **Arbeitsweise von Zeigermessgeräten — 70**
- 2.2.1 **Dreheisen-Messwerk — 70**
- 2.2.2 **Drehmagnet- und Eisennadel-Messwerk — 74**
- 2.2.3 **Drehspul-Messwerk — 76**
- 2.2.4 **Zeiger-Galvanometer — 79**
- 2.2.5 **Drehspul-Quotientenmesswerk — 81**
- 2.2.6 **Elektrodynamisches Messwerk — 84**
- 2.2.7 **Elektrodynamisches Quotientenmesswerk — 87**
- 2.2.8 **Elektrostatisches Messwerk — 90**
- 2.2.9 **Induktions-Messwerk — 92**
- 2.2.10 **Heizdraht-Messwerk — 95**
- 2.2.11 **Bimetall-Messwerk — 95**
- 2.2.12 **Vibrations-Messwerk — 96**
- 2.2.13 **Elektrizitätszähler — 98**
- 2.3 **Messungen elektrischer Grundgrößen — 101**
- 2.3.1 **Messwiderstände — 101**
- 2.3.2 **Universal-Messinstrumente — 103**
- 2.3.3 **Strommessung — 106**
- 2.3.4 **Spannungsmessung — 109**
- 2.3.5 **Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung — 112**
- 2.3.6 **Widerstandsmessung mit Ohmmetern — 114**
- 2.3.7 **Brückenmessungen — 115**
- 2.3.8 **Kompensationsmessungen — 118**
- 2.3.9 **Kapazitätsmessung — 120**
- 2.3.10 **Induktivitätsmessung — 121**
- 2.3.11 **Wechselstrom-Messbrücken — 124**
- 2.4 **Messverfahren in der Starkstromtechnik — 127**
- 2.4.1 **Leistungsmessung im Einphasennetz — 127**
- 2.4.2 **Leistungsmessung im Drehstromnetz — 132**
- 2.4.3 **Blindleistungsmessung — 134**
- 2.4.4 **Leistungsfaktormessung — 135**
- 2.4.5 **Messen der elektrischen Arbeit — 138**
- 2.4.6 **Isolationsmessung — 141**
- 2.4.7 **Fehlerort-Bestimmung — 143**
- 2.4.8 **Erdwiderstandsmessung — 147**
- 3 Oszilloskop — 151**
- 3.1 **Aufbau eines analogen Oszilloskops — 153**
- 3.1.1 **Elektronenstrahlröhre — 155**
- 3.1.2 **Horizontale Zeitablenkung und X-Verstärker — 161**
- 3.1.3 **Triggerung — 164**
- 3.1.4 **Y-Eingangskanal mit Verstärker — 167**

- 3.1.5 Zweikanaloszilloskop — 170
- 3.1.6 Tastköpfe — 173
- 3.1.7 Inbetriebnahme des Oszilloskops — 175
- 3.1.8 ALT- und CHOP-Betrieb — 179
- 3.2 Praktische Handhabung eines Oszilloskops — 181
- 3.2.1 Einstellen der Empfindlichkeit — 182
- 3.2.2 Anschluss eines Oszilloskops an eine Messschaltung — 186
- 3.2.3 Triggerverhalten an einer Messschaltung — 192
- 3.3 Digitales Speicheroszilloskop — 196
- 3.3.1 Merkmale eines digitalen Oszilloskops — 197
- 3.3.2 Interne Funktionseinheiten — 197
- 3.3.3 Digitale Signalspeicherung — 198
- 3.3.4 Analog-Digital-Wandler — 200
- 3.3.5 Zeitbasis und horizontale Auflösung — 201
- 3.3.6 Möglichkeiten des Abtastbetriebs — 205
- 3.4 Funktionen und Bedienelemente — 209
- 3.4.1 Parametereinstellungen — 209
- 3.4.2 Triggerfunktionen — 210
- 3.4.3 Spezielle Triggerfunktionen — 215
- 3.4.4 Triggermethoden für Störimpulse — 218
- 3.4.5 Auswertung von Messsignalen — 220
- 3.4.6 Digitale Filterung — 223
- 3.4.7 Verarbeitung von Messsignalen — 227
- 3.4.8 Spezialfunktionen eines digitalen Speicheroszilloskops — 229
- 3.4.9 Automatische Messung mit der Cursorsteuerung — 233
- 3.4.10 Arbeiten mit dem Messcursor — 236

4 Digitale Messgeräte — 241

- 4.1 3½-stelliges Digitalvoltmeter mit LCD-Anzeige — 241
- 4.1.1 Flüssigkristall-Anzeigen — 244
- 4.1.2 Aufbau und Funktionen von Flüssigkristall-Anzeigen — 246
- 4.1.3 3½-stelliges Digital-Voltmeter ICL7106 (LCD) und ICL7107 (LED) — 249
- 4.1.4 Betriebsfunktionen ICL7106 und ICL7107 — 249
- 4.1.5 Auswahl der externen Komponenten für ICL7106 und ICL7107 — 257
- 4.1.6 Praktische Anwendungshinweise — 259
- 4.1.7 Umschaltbares Multimeter mit dem ICL7106 — 265
- 4.1.8 Digital-Voltmeter mit elektronischer Bereichsumschaltung — 269
- 4.2 3 ½-stelliges Digitalvoltmeter mit LED-Anzeige — 275
- 4.3 3½-stelliges Digitalvoltmeter mit dem ICL7116 und ICL7117 — 279
- 4.4 4½-stelliges Digitalvoltmeter mit dem ICL7129 — 280
- 4.4.1 Triplex-LCD-Anzeige für den ICL7129 — 282
- 4.4.2 Anwendungen mit dem ICL7129 — 285

- 4.5 **4¹/₂-stelliges Digitalvoltmeter mit dem ICL7135 — 289**
- 4.5.1 **Betriebsarten des ICL7135 — 289**
- 4.5.2 **Anschlussbelegung des ICL7135 — 293**
- 4.5.3 **Auswahl der Komponenten für den ICL7135 — 295**
- 4.5.4 **Schaltungen mit dem ICL7135 — 299**
- 4.6 **3¹/₂-stelliges Digitalvoltmeter mit dem ICL7137 — 301**
- 4.6.1 **Messzyklen des ICL7137 — 303**
- 4.6.2 **Anschlussbelegung des ICL7137 — 304**
- 4.6.3 **Auswahl der Komponenten — 306**
- 4.7 **Vierstelliger Vor-Rückwärtszähler ICM7217 — 307**
- 4.7.1 **Vierstelliger Ereigniszähler mit dem ICM7217 — 309**
- 4.7.2 **Vierstelliger Tachometer mit dem ICM7217 — 313**
- 4.7.3 **IC-Zeitgeber 555 — 314**
- 4.7.4 **Vierstellige Uhr — 317**
- 4.7.5 **Vierstelliger Präzisionszähler bis 1 MHz — 321**
- 4.8 **Multifunktions- und Frequenzzähler — 326**
- 4.8.1 **Multifunktionszähler ICM7216A/B und Frequenzzähler ICM7216C/D — 327**
- 4.8.2 **Funktionen des ICM7216A/B — 330**
- 4.8.3 **Multifunktionszähler mit dem ICM7216A bis 10 MHz — 333**
- 4.8.4 **Frequenzzähler bis 10 MHz mit dem ICM7216C/D — 335**
- 4.8.5 **Erweiterte Schaltungen mit dem ICM7216 — 336**
- 4.8.6 **Universalzähler ICM7226A/B — 342**
- 4.8.7 **Steuerfunktionen des Universalzählers ICM7226A/B — 346**
- 4.8.8 **Genauigkeit des Universalzählers ICM7226A/B — 351**
- 4.8.9 **100-MHz-Universalzähler ICM7226A — 351**
- 4.8.10 **100-MHz-Frequenzzähler ICM7226A — 354**
- 4.9 **Funktionsgeneratoren — 355**
- 4.9.1 **Funktionsgenerator ICL8038 — 356**
- 4.9.2 **Funktionsgenerator und Wobbler — 360**
- 4.9.3 **Schaltungen mit dem ICL8038 — 362**
- 4.9.4 **Funktionsgenerator mit Endstufe — 364**
- 4.10 **Präzisions-Funktionsgenerator MAX038 — 370**
- 4.10.1 **Blockschaltung des Funktionsgenerators MAX038 — 370**
- 4.10.2 **Funktionsgenerator mit dem MAX038 — 373**
- 4.10.3 **Wobbler mit dem MAX038 — 379**
- 4.11 **Integrierter Funktionsgenerator XR2206 — 381**
- 4.12 **Elektronischer Stromzähler — 384**
- 4.12.1 **Umstellung auf elektronische Zähler — 385**
- 4.12.2 **Arten von Stromzählern in der Praxis — 389**
- 4.12.3 **Elektronische Stromzähler — 390**
- 4.12.4 **Elektronischer Stromzähler mit Mikrocontroller — 391**

- 4.13 Mikrocontroller in der Messtechnik — **394**
- 4.13.1 Grundfunktionen des 8-Bit-Mikrocontrollers ATtiny26 — **397**
- 4.13.2 Daten des AD-Wandlers — **400**
- 4.13.3 Absolute und relative Genauigkeit — **400**
- 4.13.4 Integraler Linearitätsfehler — **402**
- 4.13.5 Differentielle Nichtlinearität — **403**
- 4.13.6 Offset-Fehler — **405**
- 4.13.7 Verstärkungsfehler — **405**
- 4.13.8 Digitaler TTL-Messkopf — **406**
- 4.13.9 Digitales Thermometer von 0 °C bis 99 °C — **408**
- 4.13.10 Dreistelliges Voltmeter von 0 V bis 2,55 V — **412**
- 4.13.11 Differenzmessung von Spannungen im 10-mV-Bereich — **413**
- 4.13.12 Messungen und Anzeigen von zwei Spannungen — **415**
- 4.13.13 Messungen von Wechselspannungen im niedrigeren und höheren Frequenzbereich — **415**
- 4.13.14 Rechteckgenerator mit gemultiplexer Anzeige — **417**
- 4.13.15 Zwei Rechteckgeneratoren mit gemultiplexer Anzeige — **420**
- 4.13.16 Differenzmessung zweier Frequenzen der Rechteckgeneratoren — **420**
- 4.13.17 Einstellbarer Rechteckgenerator — **423**
- 4.13.18 Mikrocontroller mit externem DA-Wandler — **424**
- 4.13.19 Synthetischer Sinusgenerator mit dem ATtiny26 — **427**
- 4.13.20 Veränderbarer synthetischer Sinusgenerator — **432**

Literaturverzeichnis — 433

Stichwortverzeichnis — 435