

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeiten und Messen mit dem analogen Oszilloskop	1
1.1	Aufbau eines analogen Oszilloskops	3
1.1.1	Elektronenstrahlröhre	5
1.1.2	Horizontale Zeitablenkung und X-Verstärker	10
1.1.3	Triggerung	14
1.1.4	Y-Eingangskanal mit Verstärker	17
1.1.5	Empfindlichkeit des Y-Kanals	23
1.1.6	Alternierender und gehoppter Betrieb	26
1.1.7	Horizontale Ablenkung	28
1.1.8	Triggerung	34
1.2	Zweikanaloszilloskop	38
1.3	Tastköpfe	41
1.4	Inbetriebnahme des Oszilloskops	43
1.5	Praktische Handhabung eines Oszilloskops	47
1.5.1	Anschluss eines Oszilloskops an eine Messschaltung	48
1.5.2	Wechselspannungsmessung mit Oszilloskop	49
1.5.3	Messung einer Dreiecksspannung mit Oszilloskop	51
1.5.4	Messung einer Rechteckspannung mit Oszilloskop	52
1.5.5	Messung einer Mischspannung mittels Oszilloskop	53
1.5.6	Messung einer AM-Spannungsquelle	54
1.5.7	Messung einer FM-Spannungsquelle	57
1.5.8	Addition von Spannungen verschiedener Frequenzen	59
1.5.9	Addition von Spannungen verschiedener Frequenz und Phasenverschiebung	60
1.5.10	Addition dreier Spannungen verschiedener Frequenz	61
1.5.11	Messung einer Schwebung	62
1.5.12	Lissajous-Figuren zur Frequenzmessung	62
1.5.13	Lissajous-Figur zur Phasenmessung	66
1.5.14	Phasenmessung mit Lissajous-Figur	67

1.6	Messungen an Reihenschaltungen	69
1.6.1	Messungen an einem RC-Glied	69
1.6.2	Messungen an einem RL-Glied	71
1.6.3	Messungen an einem RCL-Glied	72
1.6.4	Messung der kapazitiven Blindleistung	73
1.6.5	Messung der induktiven Blindleistung	74
1.7	Parallelschaltung von RCL-Gliedern	75
1.7.1	Parallelschaltung von RC-Gliedern	76
1.7.2	Parallelschaltung von RL-Gliedern	76
1.7.3	Parallelschaltung von RCL-Gliedern	77
1.7.4	Blindleistungskompensation	78
1.7.5	Messung der Leistung im Wechselstromkreis	81
1.8	Schaltungen zum Messen mit dem Oszilloskop	82
1.8.1	RC-Phasenschieber	82
1.8.2	Strom-Spannungs-Kennlinie einer Diode	83
1.8.3	Strom-Spannungs-Kennlinie einer Z-Diode	87
1.8.4	Strom-Spannungs-Kennlinie einer Leuchtdiode	90
1.8.5	Strom-Spannungs-Kennlinie eines DIAC	92
2	Anwendung und Arbeiten mit digitalem Speicheroszilloskop	97
2.1	Merkmale eines digitalen Oszilloskops	97
2.1.1	Interne Funktionseinheiten	98
2.1.2	Digitale Signalspeicherung	99
2.2	Digitaler Analogschalter 4066	106
2.2.1	Signalansteuerung	106
2.2.2	Fehlergeschützte Analogschalter	108
2.2.3	Arbeitsweise eines Analogschalters	111
2.3	Analog-Digital-Wandler	114
2.3.1	AD-Wandler mit stufenweiser Annäherung	114
2.3.2	Spezifikationen von Wandlern	117
2.3.3	Codierungen für AD- und DA-Wandler	120
2.3.4	Auflösung	123
2.3.5	Absolute und relative Genauigkeit	125
2.3.6	Linearität und Nichtlinearität	128
2.3.7	Umsetzfehler in Wandlersystemen	130
2.3.8	Abtast-Jitter	132
2.3.9	Spannungsreferenz	133
2.3.10	Untersuchung eines 8-Bit-AD-Wandlers	138
2.4	Digital-Analog-Wandler	141
2.4.1	Übertragungsfunktion eines DA-Wandlers	141
2.4.2	Aufbau und Funktion eines DA-Wandlers	144
2.4.3	Stromgewichtete DA-Wandler	145

2.4.4	R2R-DA-Wandler	148
2.4.5	Multiplizierende und „deglitchte“ DA-Wandler	149
2.4.6	Parallel- bzw. Flash-Wandler	151
2.4.7	Untersuchung eines 8-Bit-Digital-Analog-Wandlers	152
2.4.8	Zusammenschaltung von AD- und DA-Wandler	158
2.4.9	Dynamikumfang von AD- und DA-Wandlern	159
2.5	Messverstärker	162
2.5.1	Lineare und nicht lineare Messverstärker	162
2.5.2	Lineare Verstärkerschaltungen	163
2.5.3	Eingangsfiler	164
2.5.4	Eingangsverstärker in der Praxis	167
2.6	Digitalisierung durch Abtasttechniken	171
2.6.1	Echtzeitabtastung	171
2.6.2	Eigenschaften von digitalen Speicheroszilloskopen	173
2.6.3	Darstellungstechniken	175
2.6.4	Impulsinterpolation oder Vektordarstellung	178
2.6.5	Nutzbare Speicherbandbreite und nutzbare Anstiegszeit	186
2.6.6	Signalverarbeitung	193
2.6.7	Spezifikationen	198
2.6.8	Effektive Bits	204
2.6.9	Anwendungsbeispiele	206
2.6.10	Ereignis und Vorgeschichte	208
2.7	Mathematische FFT-Funktion	212
2.7.1	Einstellung des Zeitbereichssignals	213
2.7.2	Anzeige des FFT-Spektrums	214
2.7.3	FFT-Spektrum	220
2.7.4	Vergleich zwischen den Algorithmen	229
2.7.5	Praktisches FFT-Rechenbeispiel	234
3	Mixed-Signal-Oszilloskop „Agilent 54622D“	241
3.1	Aufbau des Mixed-Signal-Oszilloskops „Agilent 54622D“	247
3.1.1	Laden der Standardeinstellungen des Oszilloskops „Agilent 54622D“	248
3.1.2	Anzeigen von Daten	251
3.1.3	Vertikale Skalierung	254
3.1.4	Wahl des digitalen Filters	256
3.1.5	Änderung der Empfindlichkeit für die Volt/Div-Einstellung	257
3.1.6	Anzeigen des FFT-Frequenzbereichs	258
3.1.7	Verwendung von Referenzsignalen	260
3.1.8	Änderungen am Anzeigengitter	262

3.2	Anschluss der digitalen Kanäle	264
3.2.1	Anschließen der digitalen Messsonden an das Messobjekt	264
3.2.2	Erfassen von Wellenformen über die digitalen Kanäle	266
3.2.3	Ein- und Ausschalten der Kanäle	268
3.2.4	Anzeigen von Digitalkanälen als Bus	270
3.2.5	Messsondenimpedanz und -erdung	272
3.2.6	Einstellung der Wellenformintensität	277
3.3	Triggerfunktionen	280
3.3.1	Anzahl der Triggertypen	281
3.3.2	Trigger „Flanke dann Flanke“	284
3.3.3	Impulsbreiten-Trigger	285
3.3.4	Bitmuster-Trigger	288
3.3.5	ODER-Trigger	291
3.3.6	Anstiegs-/Abfallzeit-Trigger	291
3.3.7	Nte-Flanke-Burst-Trigger	293
3.3.8	Trigger für niedrige Impulse	294
3.3.9	Set-up- und Halten-Trigger	296
3.3.10	Video-Trigger	297
3.3.11	USB-Trigger	307
3.4	Erfassungssteuerung des Oszilloskops	310
3.4.1	Steuerung der Datenerfassung	310
3.4.2	Bandbreite und Abtastrate	311
3.4.3	Auswählen des Erfassungsmodus	314
3.4.4	Erfassungsmodus „Mittelwertbildung“	317
3.4.5	Erfassungsmodus mit hoher Auflösung	318
3.4.6	Erfassen in segmentiertem Speicher	320
3.5	Cursor-Messungen	322
3.6	Automatische Messungen	328
3.6.1	Ausführen automatischer Messungen	329
3.6.2	Funktion von „Snapshot“	330
3.6.3	Zeitmessungen	336
3.6.4	Messen einer FFT-Spitze	341
3.6.5	Zählermessungen	341
3.6.6	Messungsschwellwerte	342
3.6.7	Messungsstatistiken	344
3.7	Maskentest	346
3.7.1	Erstellung einer Maske (Automaske)	346
3.7.2	Maskentest-Setup-Optionen	349
3.7.3	Maskenstatistiken	349
3.7.4	Bearbeiten einer Maskendatei manuell	349

- 3.8 Integrierter Wellenformgenerator..... 354
 - 3.8.1 Generierte Wellenformen 355
 - 3.8.2 Arbiträrsignale 356
 - 3.8.3 Erstellen neuer Arbiträrsignale..... 359
 - 3.8.4 Bearbeiten vorhandener Arbiträrsignale 360
 - 3.8.5 Erfassen anderer Wellenformen für das Arbiträrsignal 362
 - 3.8.6 Logik-Voreinstellungen des Signalgenerators 363
 - 3.8.7 Ausgabe des Signalgenerators mit Modulation 364
- 4 Tektronix-Oszilloskop TDS 2024..... 369
 - 4.1 Bedienungsgrundlagen..... 370
 - 4.1.1 Bedienelemente 374
 - 4.1.2 Eingangsstecker 379
 - 4.1.3 Funktionsweise des Oszilloskops TDS 2024..... 380
 - 4.1.4 Skalierung und Positionierung von Signalen 383
 - 4.1.5 Durchführen von Messungen..... 386
 - 4.2 Messungen mit dem Oszilloskop TDS 2024..... 387
 - 4.2.1 Durchführen einer einfachen Messung 387
 - 4.2.2 Durchführen automatischer Messungen..... 388
 - 4.2.3 Messen zweier Signale..... 389
 - 4.2.4 Untersuchung einer Reihe von Testpunkten mithilfe der automatischen Bereichseinstellung 391
 - 4.2.5 Durchführen von Cursor-Messungen..... 392
 - 4.2.6 Erfassung eines Einzelsignals 397
 - 4.2.7 Messung der Laufzeitverzögerung..... 399
 - 4.2.8 Triggerung auf eine bestimmte Impulsbreite 400
 - 4.2.9 Triggern auf Videosignale 402
 - 4.2.10 Analyse eines Differential-Kommunikationssignals 406
 - 4.2.11 Anzeige von Impedanzänderungen in einem Netzwerk..... 408
 - 4.2.12 Datenprotokollierung 410
 - 4.2.13 Grenzwertprüfung 411
 - 4.3 Math-FFT-Funktionen 412
 - 4.3.1 Einrichten des Zeitbereichssignals..... 413
 - 4.3.2 Nyquist-Frequenz..... 414
 - 4.3.3 Anzeige des FFT-Spektrums 414
 - 4.3.4 Auswahl eines FFT-Fensters 415
 - 4.3.5 Horizontalzoom und Position..... 418
- 5 Hard- und Software für Oszilloskope..... 421
 - 5.1 Flüssigkristall-Anzeigen 421
 - 5.1.1 Strukturtypen bei flüssigen Kristallen 424
 - 5.1.2 Technologie der LCD-Flachbildschirme 429
 - 5.1.3 Prinzip der verschiedenen Panels..... 431

5.1.4	Optimierungen der LCD-Technologie	435
5.1.5	Bildauflösung	436
5.1.6	Oszilloskop mit LCD-Bildschirm	438
5.1.7	Interaktives Grafikdisplay	447
5.1.8	Grafiksoftware	450
5.1.9	Benutzerschnittstelle	451
5.1.10	Rastergrafik	457
5.1.11	Frame-Buffer-Bildschirm	458
5.1.12	Darstellung verschiedener Zeichen	465
5.1.13	Punktprüfung (sampling)	467
5.1.14	Rahmenpuffer	468
5.2	Touchscreen-Monitore	473
5.2.1	Technologie für Touchscreens	474
5.2.2	Touchresistives Prinzip in 4-Draht-Technologie	476
5.2.3	5-Lagen-Touchscreen	480
5.2.4	8-Draht-Touchscreen	483
5.2.5	Kapazitives Touchpad oder Touchscreen	485
5.3	Analysemethoden	488
5.3.1	Analysiermethoden	491
5.3.2	Simulation und Analyse	492
5.3.3	AC-Frequenzanalyse	492
5.3.4	Zeitbereichs-Transientenanalyse	495
5.3.5	Fourier-Analyse	496
5.3.6	Rausch- und Rauschzahlanalyse	501
5.3.7	Verzerrungsanalyse	507
5.3.8	Empfindlichkeitsanalyse	511
5.3.9	Monte-Carlo-Analyse	514
5.3.10	Worst-Case-Analyse (ungünstige Bedingungen)	515
5.4	Messung von Bitfehlern	518
5.4.1	Definition der Bitfehlerrate (BER)	520
5.4.2	Messtechnische Erfassung der Bitfehlerrate	521
5.4.3	BER-Messung auf digitaler Basis	522
5.4.4	Augendiagramm als Maß für die Signalqualität	524
5.4.5	BER-Messung auf analoger Basis (Augendiagramm)	530
5.4.6	Bitfehlerdarstellung im Signalzustandsdiagramm	533
6	PC und Laptop als Oszilloskop	537
6.1	Aufbau eines digitalen Messsystems	538
6.1.1	Simulierter AD-Wandler	540
6.1.2	PC-ISA-Karte mit 12-Bit-AD-Wandler	544
6.1.3	16 analoge Eingangskanäle im „single-ended“-Betrieb	547

6.2	USB-Oszilloskope	551
6.2.1	Ansicht des USB-Oszilloskops	556
6.2.2	XY-Ansicht und Lissajous-Figur	560
6.2.3	Triggern	561
6.2.4	Spektralansicht	562
6.2.5	Persistenzmodus	563
6.2.6	Cursorfunktionen	567
6.2.7	Mathematische Funktionen der Rechenkanäle	573
6.2.8	Wellenformen der Referenzspannung	574
6.2.9	Maskengrenzprüfung	577
6.2.10	Puffernavigator	578
Literatur		581
Stichwortverzeichnis		583