

Gerhard Meyer

# Oszilloskope

2., überarbeitete Auflage



Hüthig Verlag Heidelberg

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	V
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Was ist ein Elektronenstrahloszilloskop? .....	1
1.2 Die wichtigsten Elemente der Frontplatte .....	2
1.3 Wie entsteht ein Bild im $Y-t$ -Betrieb? .....	5
1.4 Wie kann der Bildausschnitt gewählt werden? .....	9
1.5 Wie wird mit dem Oszilloskop gemessen? .....	11
1.6 Wie kommt die Meßgröße in das Oszilloskop? .....	13
<b>2 Prinzipieller Aufbau eines Oszilloskops .....</b>	<b>15</b>
2.1 Blockschaltbild eines Elektronenstrahloszilloskops .....	15
2.2 Die Oszilloskopröhre .....	16
2.2.1 Bewegungsgleichung der Elektronen .....	17
2.2.2 Die Elektronenstrahlerzeugung .....	18
2.2.3 Die Strahlablenkung .....	19
2.2.4 Der Bildschirm .....	23
2.2.5 Korrekturspule - Trace Rotation .....	26
2.3 Der Y-Kanal .....	27
2.3.1 Der Eingangsspannungsteiler .....	28
2.3.2 Die Y-Verstärker .....	29
2.4 Die horizontale Strahlablenkung .....	31
2.4.1 Die Triggereinrichtung .....	31
2.4.2 Die Zeitbasiseinheit .....	33
2.4.3 Der X-Verstärker .....	36
Literaturverzeichnis .....	36
<b>3 Darstellung mehrerer Meßgrößen .....</b>	<b>38</b>
3.1 Mehrkanal-Oszilloskope .....	38
3.1.1 Die Betriebsart "CHOPPED" .....	39
3.1.2 Die Betriebsart "ALTERNATE" .....	40
3.1.3 Mehr als zwei Kanäle .....	41
3.2 Mehrstrahloszilloskope .....	42
3.3 Weitere Vorteile des Mehrkanalbetriebes .....	43

<b>4 Fehler bei Messungen mit dem Oszilloskop</b> . . . . .	47
4.1 Fehlerdefinitionen . . . . .	47
4.1.1 Absoluter und relativer Fehler . . . . .	47
4.1.2 Systematische und zufällige Fehler . . . . .	48
4.1.3 Fehlerfortpflanzung . . . . .	50
4.1.4 Einflußkoeffizienten . . . . .	52
4.2 Wichtige statische Fehler beim Oszilloskop . . . . .	54
4.2.1 Ablesefehler . . . . .	55
4.2.2 Fehler der Spannungsablenkkoeffizienten . . . . .	59
4.2.3 Fehler des Zeitablenkkoeffizienten . . . . .	61
4.2.4 Linearitätsfehler . . . . .	62
4.2.5 Nullpunktfehler . . . . .	64
4.2.6 Berücksichtigung des reellen Eingangswiderstandes . . . . .	64
4.3 Dynamische Fehler . . . . .	66
4.3.1 Berücksichtigung des komplexen Eingangswiderstandes . . . . .	66
4.3.2 Die obere Grenzfrequenz der Verstärker . . . . .	69
4.3.3 Die untere Grenzfrequenz bei Wechselspannungskopplung . . . . .	76
4.4 Meßgrenzen, bedingt durch Rauschen . . . . .	81
Literaturverzeichnis . . . . .	83
<b>5 Erweiterung von Meß- und Bedienkomfort</b> . . . . .	84
5.1 Verzögerungsleitung . . . . .	84
5.1.1 Die Signalverzögerung im Y-Kanal . . . . .	84
5.1.2 Warum verzögert eine Leitung Signale . . . . .	85
5.2 Die Hold-Off-Einrichtung (Sperrschaltung) . . . . .	87
5.3 Die einmalige Zeitablenkung (Single-Sweep) . . . . .	90
5.4 Triggerhilfen . . . . .	90
5.4.1 Triggerfilter . . . . .	90
5.4.2 Die automatische Triggerung . . . . .	94
5.4.3 Die TV-Triggerung . . . . .	95
5.4.4 Trigger-View . . . . .	97
5.5 Die zweite Zeitbasis . . . . .	97
5.5.1 Horizontalablenkung nach Verzögerung . . . . .	98
5.5.2 Die Markierung eines Details . . . . .	100
5.5.3 Die alternierende Horizontalablenkung . . . . .	100
5.5.4 Die gemischte Zeitablenkung . . . . .	102
5.5.5 Triggerung nach der Verzögerungszeit . . . . .	102
5.6 Optische Hilfsmittel . . . . .	104
5.6.1 Der Beam-Finder . . . . .	104
5.6.2 LED-Anzeigen . . . . .	105
5.6.3 Einblendungen auf dem Bildschirm . . . . .	105
5.7 Addieren und Invertieren der Y-Kanäle . . . . .	109
5.8 Differenzverstärker . . . . .	111
5.8.1 Einsatzgebiete für Differenzverstärker . . . . .	111
5.8.2 Eigenschaften von Differenzverstärkern . . . . .	112

5.9	Diverse "AUTO"-Einrichtungen	117
5.10	Kalibrierquellen	118
5.11	Komponenten-Tester	118
5.12	Die Z-Modulation	119
	Literaturverzeichnis	120
<b>6</b>	<b>Speicheroszilloskope</b>	<b>121</b>
6.1	Analoge Speicheroszilloskope	121
6.1.1	Prinzip der Bildspeicherung	121
6.1.2	Die Erzeugung des Maskenmusters	123
6.1.3	Beurteilungskriterien für Speicherröhren	124
6.1.4	Das bistabile Speicherverfahren	128
6.1.5	Das monostabile Speicherverfahren	131
6.1.6	Das Transferverfahren	135
6.1.7	Wichtige Bedienelemente von Speicheroszilloskopen	136
6.2	Digitale Speicheroszilloskope	139
6.2.1	Wirkungsweise	139
6.2.2	Auflösung	142
6.2.2.1	Begriffsbestimmung	143
6.2.2.2	Effektive Auflösung	145
6.2.2.3	Optische Randbedingungen für die Auflösung	150
6.2.3	Verfahren der Bildrekonstruktion	151
6.2.4	Abtastarten	155
6.2.5	Bandbreite, Anstiegszeit und Abtastrate	161
6.2.6	Anzeigebetriebsarten	164
6.2.7	Mehrkanalbetrieb bei digitalen Speicheroszilloskopen	169
6.2.8	Technik der A/D-Umsetzung	171
6.2.8.1	Abtastschaltung	171
6.2.8.2	Analog-Digital-Umsetzung	176
6.2.8.3	Analoge Zwischenspeicherung	183
6.3	Leistungsmerkmale digitaler Speicheroszilloskope	186
6.3.1	Ausgabemöglichkeiten	186
6.3.2	Vermessung von Kurvenzügen	190
6.3.3	Interne Signalverarbeitung	191
6.3.4	Envelope-Betrieb	196
	Literaturverzeichnis	196
<b>7</b>	<b>Damit's noch schneller geht</b>	<b>198</b>
7.1	Zusammenschaltung frequenzabhängiger Meßglieder	198
7.1.1	Resultierender Frequenzgang	198
7.1.2	Die resultierende Anstiegszeit	202
7.2	Die Anstiegszeit der Oszilloskoppröhre	207
7.2.1	Die Anstiegszeit des Y-Ablenkensystems	207
7.2.2	Die Grenzfrequenz des Ablenkensystems	209
7.2.3	Verminderung der Röhrenanstiegszeit	211

7.2.4	Laufzeitunterschiede im X- und Y-Kanal . . . . .	213
7.2.5	Erhöhung der Strahlhelligkeit . . . . .	214
7.3	Frequenzkompensation von Spannungsteilern . . . . .	216
7.3.1	Anwendung beim Eingangsteiler . . . . .	217
7.3.2	Tastköpfe (Voltage Probes) . . . . .	218
7.3.3.1	Passiver Taster (Passive Voltage Probe) . . . . .	218
7.3.2.2	Abgleich eines passiven Taster . . . . .	220
7.3.2.3	Ausführungsformen passiver Tastköpfe . . . . .	222
7.3.2.4	Grenzen und Auswahlkriterien passiver Tastköpfe . . . . .	226
7.3.2.5	Aktive Tastköpfe . . . . .	228
7.3.2.6	Stromzangen (Current Probe) . . . . .	230
7.4	Sampling-Oszilloskope . . . . .	234
7.4.1	Das Prinzip der Frequenztransformation . . . . .	234
7.4.2	Sequentielles Sampling (schrittweises Abtasten) . . . . .	236
7.4.3	Random-Sampling (zufälliges Abtasten) . . . . .	238
7.4.4	Ausführungsformen von Sampling-Oszilloskopen . . . . .	242
7.4.5	Die Grenzen des Samplingverfahrens . . . . .	244
	Literaturverzeichnis . . . . .	247
<b>8</b>	<b>Ausführungsformen von Oszilloskopen . . . . .</b>	<b>248</b>
8.1	Bedienfeld . . . . .	248
8.2	Bildschirme . . . . .	250
8.3	Kompaktgeräte (Portable Oscilloscops) . . . . .	255
8.4	Einschuboszilloskope (Plug-In-EO, Modular EO) . . . . .	257
8.4.1	Grundgeräte (Mainframe) . . . . .	258
8.4.2	Die Einschübe . . . . .	261
8.5	Oszilloskope mit Rechnerschnittstellen . . . . .	262
8.6	Der Personal-Computer als Oszilloskop . . . . .	264
8.7	Sonderausführungen von Oszilloskopen . . . . .	270
8.7.1	Das Power-Scope . . . . .	270
8.7.2	Oszilloskope für die Fernsehtechnik . . . . .	272
	Literaturverzeichnis . . . . .	273
<b>9</b>	<b>Zubehör für Oszilloskope . . . . .</b>	<b>275</b>
9.1	Vorsatzgeräte . . . . .	275
9.1.1	Mehrkanalvorsatz (Kanalmultiplexer) . . . . .	275
9.1.2	Tastkopf-Multiplexer . . . . .	275
9.1.3	Digitale Speichervorsätze . . . . .	276
9.1.4	Trennverstärker (Isolation Amplifier) . . . . .	277
9.1.5	Optoelektronische Signalumformung . . . . .	277
9.2	Stromversorgungsgeräte . . . . .	278
9.3	Oszilloskopkameras . . . . .	280
	Literaturverzeichnis . . . . .	283

<b>10 Anwendungen des Oszilloskops</b> .....	284
10.1 Einstellungshinweise .....	284
10.2 Hinweise zur Ausnutzung des Meßrasters .....	284
10.3 Y-Messungen bei Zeitdarstellungen .....	285
10.3.1 Amplitudenmessungen .....	285
10.3.2 Messung von Gleichanteilen .....	286
10.3.3 Messung der Überschwingweite .....	286
10.3.4 Ermittlung von Grenzfrequenzen .....	287
10.4 Zeitmessungen .....	288
10.4.1 Periodendauermessungen .....	288
10.4.2 Anstiegs- und Abfallzeiten .....	289
10.4.3 Zeitkonstanten und Impulsbreiten .....	290
10.5 Phasenmessung bei Zeitdarstellung .....	292
10.6 Laufzeitmessungen .....	294
10.7 Messungen in X-Y-Darstellung .....	297
10.7.1 Herstellen einer X-Y-Abhängigkeit .....	297
10.7.2 Lissajous-Figuren .....	298
10.7.3 Messung von Kennlinien .....	302
10.7.4 Messung von Kennlinienscharen .....	307
10.7.5 Wobbelmeßverfahren .....	309
Literaturverzeichnis .....	311
 Sachwortverzeichnis .....	 313