

Frank Sichla



Richtig messen mit dem **USB-Scope**

Messpraxis und Zusatzgeräte für den Selbstbau

- Notebook oder PC zum Oszilloskop erweitern
- Schaltungen für Zubehör im Selbstbau
- Tipps für die Messung mit dem USB-Scope

Vorwort

Im Zentrum dieses Buchs stehen die interessantesten elektronischen Messgeräte des 21. Jahrhunderts: die sogenannten *USB-Scopes* (Scope ist die Abkürzung von Oscilloscope). Diese kleinen Kästchen zum Anschluss an den USB-Port machen Notebook oder PC zum leistungsfähigen Oszilloskop und können daher die konventionellen Stand-alone-Geräte in vielen Fällen ersetzen. Sie sind leicht transportabel, geben charakteristische Messwerte numerisch aus, verfügen über einen Speicher und bieten oft weitere interessante Funktionen, wie Funktionsgenerator, Spektrumanalysator oder Frequenzmesser. Man kann sicher sein: Ob im Service, im Hobby, in der Ausbildung oder im Entwicklungslabor – USB-Scopes werden sich etablieren.

In diesem Buch vermitteln mehrere Kapitel nicht nur praktisches Rundumwissen zu den USB-Scopes (Grundtypen, Technik, Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen), sondern liefern auch Bauanleitungen und interessante Schaltungen für sinnvolles Zubehör. Damit kann der Anwender sein Scope beträchtlich aufwerten – und das zum kleinen Preis.

Angesprochen werden auch andere moderne PC-Messgeräte, wie die sogenannten *USB-Messlabors* oder *Datenlogger*.

Die Vorstellung einiger USB-Scopes anhand wichtiger Daten und Testergebnisse rundet das Thema ab. Dabei wird deutlich, wie vielseitig, aber auch verschieden die USB-Scopes sein können.

Der Leser versteht schnell: Moderne Messgeräte setzen auf (Mini-)Notebook oder Personal Computer als Partner. Das bedeutet drei wesentliche Fortschritte:

- eine größere Fläche als bisher zur übersichtlichen Darstellung von Signalkurven
- fast unbegrenzte Software-Power, beispielsweise zur Automatisierung von Messvorgängen oder Auswertung/Verknüpfung von Messergebnissen
- ein kostengünstiges Gesamtsystem, denn der ohnehin bereits vorhandene Computer übernimmt einen Großteil der Arbeit

Das USB-Scope ist das Paradebeispiel für diese Vorteile.

Wenn Sie sich also für wirklich moderne Messtechnik interessieren, haben Sie genau das richtige Buch gewählt. Es wird Sie leicht verständlich zum Praktiker qualifizieren, der die Grundlagen der modernen Messgeräte beherrscht und sie nutzbringend einsetzen kann.

Viel Spaß bei der Lektüre!

Ing. Frank Sichla

Inhaltsverzeichnis

1	Das Messen in Elektrotechnik, Elektronik und Funktechnik	11
1.1	Die Elektrotechnik	11
1.2	Die Elektronik	15
1.3	Elektrische und elektronische Bauelemente	17
1.4	Die Funktechnik	19
1.5	Analog- und Digitaltechnik	22
1.6	Die Sicherheit	24
2	Spannung, Strom, Widerstand und Leistung	26
2.1	Die elektrische Spannung	26
2.2	Der elektrische Strom	28
2.3	Der elektrische Widerstand und das ohmsche Gesetz	29
2.4	Die elektrische Leistung	31
2.5	Warum Hoch- und Niederspannung?	31
3	Der Universal Serial Bus (USB)	33
3.1	USB näher vorgestellt	33
3.2	USB – bemerkenswerte Vorteile	34
3.3	Die Stecker und das Kabel	35
4	Das Oszilloskop und seine Bedienung	39
4.1	Die wichtigsten Bedienelemente	39
4.2	Vorbereitung zur Messung	41
4.3	Spannungsmessung	41
4.4	Frequenzermittlung	42
4.5	Ermittlung einer Phasenverschiebung	42
4.6	Wenn ein zweiter Kanal hinzukommt	43
5	Digitale Oszilloskope	46
5.1	Die Analog-Digital-Wandlung	46
5.2	Das DSO	48
5.3	Das DPO	51
5.4	Das Sampling-Oszilloskop	52
5.5	Das USB-Scope	52

6	Grundtypen des USB-Scopes	54
6.1	Das USB-Hand-Scope (Pen-Scope)	54
6.2	Das USB-Mini-Scope (Pocket-Scope)	55
6.3	Das USB-Standard-Scope	57
6.4	Das USB-Profi-Scope (Highend-Scope).....	59
6.5	Das USB-Kombi-Instrument mit Scope	60
6.6	Auswahl- und Kauf Tipps	61
7	Praktische Beurteilung eines Oszilloskops	63
7.1	Das A und O: die Bandbreite	63
7.2	Das Impulsverhalten	64
7.3	Minimaler Triggerpegel und maximale Frequenz	65
7.4	Die Linearität	65
7.5	Das Übersteuerungsverhalten.....	67
7.6	Die Sampling Rate	67
7.9	Record Length.....	70
7.10	Die Speichertiefe	70
8	Tipps für die Messung mit dem USB-Scope	72
8.1	Werte an Spannungen	72
8.2	Beachtung von Bandbreite und Anstiegszeit	74
8.3	Was bei Tastköpfen wichtig ist	75
8.4	Die Vorteile eines Vorteilers.....	76
8.5	Messen von Analogsignalen	80
8.6	Messen von Digitalsignalen.....	82
8.7	Trigger- und Sample-Rate-Einstellung.....	84
9	Weiteres zu USB-Scopes	86
9.1	Kalibriergenerator.....	86
9.2	Funktionsgenerator (Waveform Generator)	87
9.3	Spectrum Analyzer	87
9.4	Frequenzmesser.....	89
9.5	Voltmeter	90
9.6	Datenlogger (Data Logger).....	90
10	Einfache aktive Tastköpfe	91
10.1	Tastkopf in Drainschaltung	91
10.2	Tastkopf mit zwei SFETs	94
10.3	Tastköpfe mit SFET und Bipolartransistor.....	95

11	Mehrkanalschalter-Vorsätze	97
11.1	Grundsätzliche Hinweise zum Aufbau	97
11.2	Zweikanalschalter mit Operationsverstärkern	98
11.3	Zweikanalschalter mit SFET-Vorstufen	101
11.4	Erweiterung auf vier Kanäle	103
11.5	Multikanalschalter mit CMOS-Logik-ICs	104
12	Wobbeln mit dem USB-Scope	107
12.1	Wobbler: Grundtypen und Grundfunktion	107
12.2	Darstellungsmöglichkeiten	108
12.3	Begriffe der Wobbelmesstechnik	109
12.4	Besonderheit beim USB-Scope	111
13	Schaltungen für Wobbelzusätze	112
13.1	Audiofilter-Wobbler	112
13.2	Vielseitiger NF-Wobbler	114
13.3	Wobbelzusatz für keramische Filter	116
13.4	Low-Cost-HF-Wobbler.....	118
13.5	Logarithmischer NF-Wobbler	119
14	Weitere interessante Scope-Zusatzschaltungen	122
14.1	Vierfach-Spannungsvergleicher.....	122
14.2	Grafik auf dem Scope-Bildschirm	123
14.3	Bargraph-Anzeige.....	125
14.4	Kennlinienschreiber-Zusatz.....	128
14.5	Modulationsmonitor-Zusatz	131
15	Noch mehr USB-Messtechnik	134
15.1	PC-Karten/-Module.....	134
15.2	Das „Messlabor“	136
15.3	Der Datenlogger	137
16	Prüfen und Testen von USB-Scopes	140
16.1	Die Bandbreite	140
16.2	Triggerung.....	141
16.3	Flankendarstellung.....	141
16.4	Zusatzfunktion FFT.....	141

17	Das Hand-Scope PS40M10	142
17.1	Wichtige technische Daten	143
17.2	Besonderheiten	143
17.3	Bandbreite	143
17.4	Triggerung	143
17.5	Flankendarstellung	145
17.6	FFT	145
17.7	Fazit	146
18	Das Mini-Scope USBscope50	148
18.1	Wichtige technische Daten	148
18.2	Besonderheiten	149
18.3	Bandbreite	149
18.4	Triggerung	151
18.5	Flankendarstellung	151
18.6	FFT	152
18.7	Fazit	152
19	Das Standard-USB-Scope RedScope	154
19.1	Wichtige technische Daten	155
19.2	Besonderheiten	155
19.3	Bandbreite	155
19.4	Triggerung	157
19.5	Flankendarstellung	157
19.6	FFT	158
19.7	Fazit	158
20	Das Scope DSO-2150 USB	160
20.1	Wichtige technische Daten	160
20.2	Besonderheiten	161
20.3	Bandbreite	161
20.4	Triggerung	162
20.5	Flankendarstellung	162
21	Das Standard-Scope DSO-2090 USB	164
21.1	Bandbreite, Triggerung, Flankendarstellung	164
21.2	Fazit	165

22	Das Profi-Scope M523	166
	22.1 Wichtige technische Daten	167
	22.2 Besonderheiten	167
	22.3 Bandbreite	167
	22.4 Triggerung	169
	22.5 Flankendarstellung	169
	22.6 Fazit	169
23	Das Profi-Scope CleverScope 328	170
	23.1 Wichtige technische Daten	170
	23.2 Besonderheiten	172
	23.3 Bandbreite	172
	23.4 Triggerung	174
	23.5 Flankendarstellung	174
	23.6 Fazit	175
24	Das Highend-Scope PicoScope 5203	176
	24.1 Wichtige technische Daten	177
	24.2 Besonderheiten	178
	24.3 Bandbreite	178
	24.4 Triggerung	180
	24.5 Flankendarstellung	180
	24.6 FFT	181
	24.7 Fazit	181
25	Das vielseitige MEphisto Scope	182
	25.1 Funktionen	183
	25.2 Oszilloskop	184
	25.3 FFT	186
	25.4 XY-Betrieb	186
	25.5 Voltmeter	187
	25.6 Logikanalysator	188
	25.7 Datenlogger	188
	25.8 Digitale Ein- und Ausgänge	189
	25.9 Fazit	190
	Sachverzeichnis	191

5 Digitale Oszilloskope

Obwohl es digitale Oszilloskope noch nicht sehr lange gibt, zeigen sie sich in verschiedenen Grundtypen und sind teilweise sehr leistungsfähig. Im Gegensatz zu analogen Scopes sind einige interessante Features möglich, wie:

- erweiterte Triggermöglichkeiten (Slew-Rate-Trigger, Pulsbreiten-Trigger, Logik-Trigger)
- mathematische Operationen (Signaladdition, -subtraktion, -integration oder schnelle Fourier-Analyse)
- Zoom
- Cursor
- PC/Drucker-Anschluss.

Folgend finden Sie die Erklärung der Grundfunktion und die Vorstellung der verschiedenen Grundtypen.

5.1 Die Analog-Digital-Wandlung

Im Gegensatz zum Analogoszilloskop besitzt ein Digitaloszilloskop einen Analog-Digital-Wandler (ADC, analog-digital converter) – siehe *Abb. 5.1*. Darin wird das Signal in regelmäßigen Abständen „abgetastet“. Das heißt: Über einen elektronischen Schalter werden „Signalproben“ an einen Kondensator gegeben, der kurzzeitig für einen festen Wert sorgt. In dieser kurzen Zeit kann die Signalprobe exakt vermessen und mit einem digitalen Wert versehen werden. Diese Werte stehen fortlaufend am Ausgang des ADC an.

Bei der Abtastung muss das von Nyquist und Shannon aufgestellte Abtasttheorem berücksichtigt werden: Nur ein Signal, das mindestens mit doppelter maximaler Signalfrequenz abgetastet wird, kann exakt digitalisiert werden. Für ein 10-MHz-Signal braucht man also eine Abtastfrequenz von mindestens 20 MHz. Oft hat man es aber mit einem Signalgemisch zu tun, etwa einem Sinus, der durch kleine Störspitzen überlagert wird. Dann bestimmt die Anstiegszeit t der Störspitzen die Abtastfrequenz $f = 0,7 / t$. Beträgt die Anstiegszeit beispielsweise 10 ns, muss mit mindestens $0,7 / 10 \text{ ns} = 0,07 \text{ GHz}$ bzw. 70 MHz abgetastet werden. Die Abtastintervalle (der Kehrwert der Abtastfrequenz oder -rate) müssen genau eingehalten werden. Kleinste Verschiebungen (Jittern, Zittern) verfälschen die digitale Information.

Ist das Signal stetig, wie etwa ein amplituden- und frequenzkonstantes Sinussignal, kann man dank Mikroprozessor einen Trick anwenden, der die Abtastfrequenz unter die Signalfrequenz schiebt: Man tastet nicht einen Wellenzug ab, sondern nimmt von den sich

stetig wiederholenden Wellenzügen Proben, die der Mikroprozessor dann systematisch zum Original zusammensetzt. Bei den digitalen Oszilloskopen wendet man diesen Trick in zwei Spielarten an, denn in Elektronik, Audio- und Hochfrequenztechnik liegen meist kontinuierliche Signale vor. Näher beschrieben wird dies ab Seite 52.

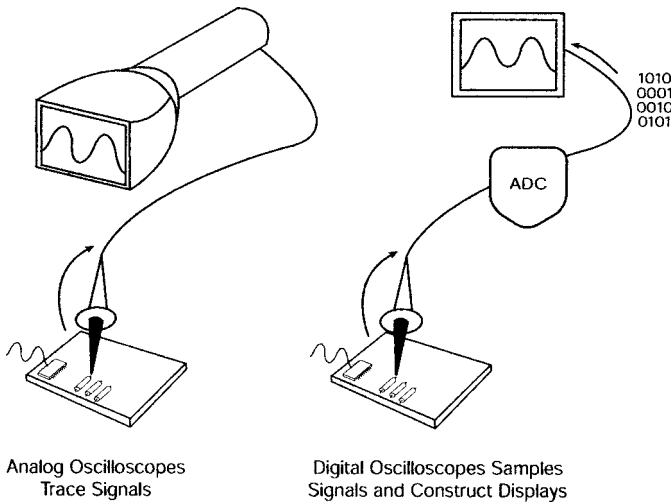


Abb. 5.1: Analoges und digitales Scope-Konzept (Quelle: Tektronix)

Ein störender Effekt ist das Aliasing (Umklappen). Störsignale, deren Frequenz höher als die halbe Abtastrate ist, werden nicht mehr entsprechend ihrer Frequenz, sondern als Signale mit „umgeklappter“ Frequenz interpretiert und gewandelt. Ein 12-MHz-Störsignal würde also bei 20 MHz Abtastrate als 18-MHz-Störkomponente auftreten. Hier hilft ein steiles Filter, das solche Signale vor der Wandlung radikal reduziert. Es heißt Anti-Aliasing-Filter. Für die Vermessung der Proben gibt es unterschiedliche Verfahren:

Sukzessive Approximation

Es erfolgt eine schrittweise Annäherung durch Vergleich. Aufwand und Geschwindigkeit sind gering.

Integrationsverfahren

Es erfolgt die Messung der Zeit, in der sich ein Kondensator vom Wert der Probe auf einen Referenzwert entladen hat.

Dual-Slope-Verfahren

Das komplexe Verfahren beruht u. a. auf Zählern.

Flash-Konverter-Verfahren

Das Verfahren arbeitet mit Tausenden von Komparatoren und ist besonders schnell (*flash* heißt Blitz).

Wichtige Kennzeichen eines A/D-Wandlers sind Bit-Breite (Auflösung), maximale Signalfrequenz (Schnelligkeit der Wandlung), Linearität (Genauigkeit der Wandlung) und Eigenrauschen (untere Empfindlichkeitsgrenze). In digitalen Oszilloskopen haben sich trotz ihres Aufwands – für 8 bit Auflösung benötigt man beispielsweise 255 Komparatoren – die Flash-Konverter durchgesetzt.

5.2 Das DSO

Am verbreitetsten unter den digitalen Scopes ist das digitale Speicheroszilloskop, abgekürzt DSO (digital storage oscilloscope). Neben den A/D-Wandler treten hier Mikroprozessor und Speicher. Das erlaubt die qualifizierte Erfassung kurzzeitiger Vorgänge (wie von Transienten auf Stromleitungen).

Den Grundaufbau zeigt *Abb. 5.2*. Die Arbeitsweise ist seriell, auf Eingangsverstärker und ADC folgt ein De-Multiplexer zur Aufbereitung des Signals für den ersten Speicher (Acquisition Memory). Der Mikroprozessor kann diesen Inhalt nun für den zweiten Speicher aufbereiten (Display Memory). Das Signal wird fortlaufend gespeichert. Der Mikroprozessor baut sozusagen die Darstellung des Signals, wie sie der Bildschirm (Display) zeigt, zusammen.

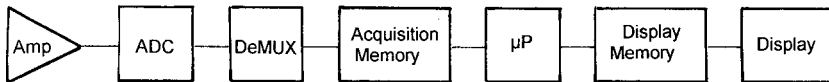


Abb. 5.2: Grundaufbau des DSOs

DSOs sind sehr komfortabel, besitzen meist mehrere Kanäle (*Abb. 5.3*) und geben wichtige Werte sofort numerisch aus. Da das Signal digital abgespeichert ist, kann es auch später analysiert, archiviert, ausgedruckt oder versendet werden. Man stelle sich einen 10 ns breiten Störpuls vor, der nur alle 20 ms, also im langsamen Rhythmus der Netzfrequenz 50 Hz, auftaucht. Mit einem Analogoszilloskop könnte man diesen nicht darstellen. Für ein DSO wäre das kein Problem.

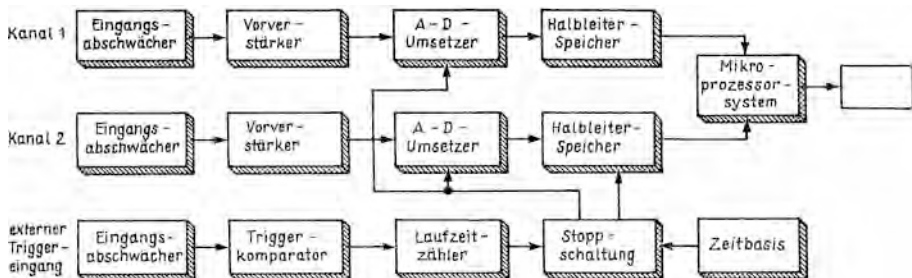


Abb. 5.3: Der Aufbau eines Zweikanal-DSOs (rechts oben das Display)

Ebenso haben analoge Oszilloskope mit einmaligen Vorgängen Schwierigkeiten. Besitzen sie einen Speicher, kann man diese zwar für einige Zeit festhalten. Nur ein DSO garantiert jedoch, dass die einmal gespeicherten Kurven unverändert erhalten bleiben. Die Speicherung mehrerer Signalverläufe ist hier problemlos möglich.

Beim DSO beginnt die Aufzeichnung nicht erst mit dem Triggerimpuls. Da permanent in den Speicher eingelesen wird, kommt auf Wunsch auch ein Stück „Trigger-Vorgeschichte“ mit zur Aufzeichnung. Das bezeichnet man mit „Pre-Trigger“.

Gespeicherte Signale lassen sich beim DSO mit einem Cursor vermessen und einzeln oder gemeinsam darstellen und vergleichen. Das erlauben analoge Speicheroszilloskope zwar im Prinzip auch, doch ist man dabei eingeschränkt, während beim DSO alles viel einfacher geht.

Die Nachteile: DSOs bieten keinen Echtzeitbetrieb. Das zweimalige Speichern und die Verarbeitung im Prozessor benötigen Zeit. Allerdings ist mit Flash-A/D-Convertern praktisch ein „Fast-Echtzeitbetrieb“ möglich. Weiter ist die Gefahr von Fehlmessungen deutlich höher als bei analogen Scopes, denn es gibt vielfältige Kombinationen von Signalart und Einstellungen. Ein verfälschendes Aliasing bei Störsignalen kann nicht ausgeschlossen werden. Schließlich bildet das DSO alle Signale (Nutzsignal, Störsignale) mit gleicher Intensität ab, man kann also nicht wie beim analogen Scope aus der Helligkeit der Signaldarstellung auf die Intensität (Häufigkeit in der Zeit) schließen.

Die Abtastrate gehört zu den wichtigsten DSO-Parametern. Man unterscheidet zwei Abtastmethoden:

- Echtzeit-Sampling (real-time sampling)
- periodisches Sampling (repetitive sampling)

Beim Echtzeit-Sampling erfolgt die vollständige Abtastung während einer einzigen Signalperiode. Hierbei ist die Abtastrate deutlich größer als die doppelte Signalfrequenz, damit möglichst auch eventuelle kurze Störungen noch mit erfasst werden. In Abb. 5.4 ist dies exemplarisch für einen positiven Impuls gezeigt. Da auf dem Bildschirm nicht eine Anreihung von Punkten, sondern ein durchgehender Signalzug erscheinen soll, werden die Signalproben durch den Mikroprozessor zu diesem Signalzug verbunden. Man nennt das *Interpolation*. Möglich sind zwei Interpolationsarten:

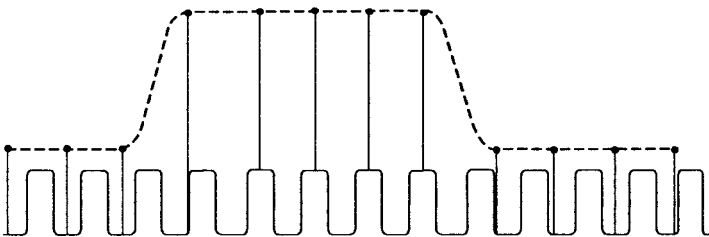


Abb. 5.4: Skizze zum Echtzeit-Sampling

Sinus-Interpolation (sin oder sin x/x)

Der Mikroprozessor geht von einem Sinussignal aus und verbindet mit entsprechend geschwungenen Linien. Dieser Modus wird oft verwendet. Bereits eine dreifach größere Abtastrate genügt oft, vierfach ist gut, mehr als fünffach kaum sinnvoll.

Lineare Interpolation (lin)

Die Punkte werden durch gerade Linien verbunden. Das ist vorteilhaft bei Impulsen. Die Abtastrate sollte zehnfach höher als die Impulsfrequenz sein.

In *Abb. 5.5* sind diese beiden Methoden grafisch dargestellt.

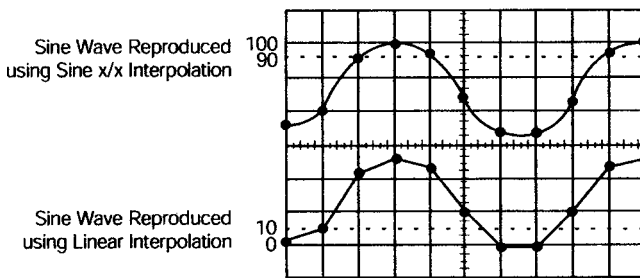


Abb. 5.5: Zwei Möglichkeiten der Interpolation (Quelle: Tektronix)

Beim periodischen Sampling werden Signalproben mehrerer aufeinanderfolgender Perioden genommen (daher die Bezeichnung ETS = equivalent-time sampling). Ein spezieller Generator sorgt dafür, dass die Abbildung der Werte korrekt an der richtigen Stelle der Periode erfolgt. Daher kann die Abtastrate geringer als die Signalfrequenz sein. Natürlich gelingt so nur die Abbildung periodischer Signale. Auch beim periodischen Sampling unterscheidet man zwischen zwei Spielarten:

- **Zufälliges Sampling (random equivalent-time sampling)**

Die Abtastpunkte werden zufällig verteilt. *Abb. 5.6* versucht, dies grafisch darzustellen. Bei jeder Abtastung wird der zeitliche Abstand zum Triggerpunkt (z. B. Nulldurchgang des Messsignals) registriert und auf dieser Grundlage die Darstellung organisiert. Vorteil: keine Verzögerungsstufe erforderlich.

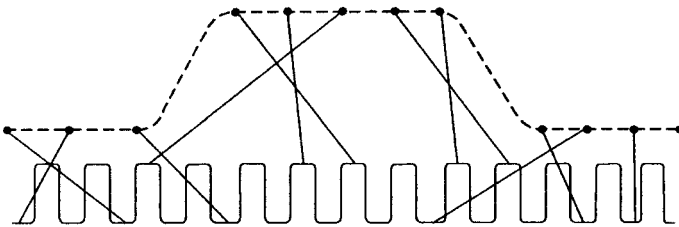


Abb. 5.6: Skizze zur periodischen Abtastung

- **Sequentielles Sampling (sequential equivalent-time sampling)**

Es wird bei jeder Triggerung nur ein definierter Abtastpunkt erfasst. Dieser Vorgang verzögert sich von Periode zu Periode etwas. Ist die Anzahl der erfassten Werte groß genug, lässt sich so in unveränderter Reihenfolge das Signal rekonstruieren. Vorteil: höhere Auflösung und Genauigkeit.

Die wesentlichen Unterschiede des DSOs gegenüber dem analogen Oszilloskop:

Vorteile: qualifizierte Erfassung und Speicherung aperiodischer Signale, leichtes Ablesen (oft mit automatisierter Cursorfunktion), bequeme Auswertung

Nachteile: kein Echtzeitbetrieb, Bildschirm leuchtet nicht nach, was die Auswertung gestörter oder komplexer Signale deutlich erschwert

5.3 Das DPO

Vor etwa zehn Jahren brachte die Firma Tektronix Oszilloskope mit einer neuen Technologie auf den Markt. Diese DPOs (digital phosphor oscilloscopes) vereinen die Vorteile von analoger und digitaler Technik:

analoges Scope	DSO (Beispiele)
hohe Signalerfassungsrate	simultaner Kanalbetrieb
XY-Betrieb	Speicherungs- und -analyse
helligkeitsmodulierte Darstellung	mathematische Operationen
Echtzeitbetrieb	erweiterte Triggermöglichkeiten

Abb. 5.7 zeigt den prinzipiellen Aufbau. Die Prozessorarchitektur ist hier meist parallel. Direkt zwischen A/D-Wandler und Bildschirm liegt die Funktionseinheit *Digital Phosphor*, was bedeutet, dass komplette Wellenzüge extrem schnell erfasst und dargestellt werden können. Unregelmäßige Störungen, wie Jitter und Glitches, die das DSO nicht anzeigt, werden hier also mit höchster Wahrscheinlichkeit aufgedeckt.

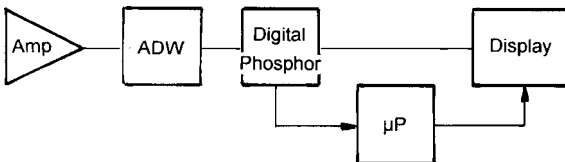


Abb. 5.7: Grundaufbau des DPO

Der Mikroprozessor kümmert sich um die Bildaufbereitung. Wegen des Parallelbetriebs wird sehr schnell – typisch im 1/30-s-Rhythmus – ein Schnappschuss aus der

Scope-Datenbank auf das Display gebracht. Die einfache Architektur, der Parallelbetrieb und die spezielle Bildröhre (Funktion auf Basis chemischer Phosphoreszenz) ermöglichen im Gegensatz zum DSO praktisch Echtzeitbetrieb. Den benötigen insbesondere Profis.

Weiterhin stellt das DPO neben Amplitude und Frequenz auch die Verteilung der Amplitude über die Zeit dar, sodass von dreidimensionaler Signaldarstellung (XYZ) gesprochen wird. Einfacher ausgedrückt: Ein in größeren Zeitabständen auftretendes Störsignal wird gegenüber dem kontinuierlich auftretenden Nutzsignal mit geringerer Helligkeit angezeigt.

5.4 Das Sampling-Oszilloskop

Auch der dritte Grundtyp ist insbesondere für professionelle Entwickler von Bedeutung: das Sampling-Oszilloskop (sampling oscilloscope).

Warum wird das Abtasten (to sample) hier so hervorgehoben, tasten doch auch DSO und DPO ab? Das stimmt, jedoch erst nach Verstärkung bzw. Pufferung des Messsignals. Beim Sampling-Scope wird dieses jedoch direkt an einem 50-Ohm-Widerstand im Eingang des Scopes abgetastet und darf darum aus Gründen der Aussteuerbarkeit nicht zu groß sein. Mehr als wenige Volt sind nicht drin. Dafür erreicht das Sampling-Scope traumhafte Bandbreiten bis in den zweistelligen Gigahertzbereich.

In *Abb. 5.8* ist der Grundaufbau des Sampling-Oszilloskops skizziert.

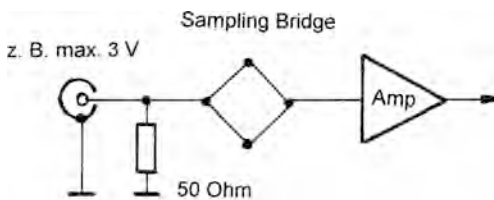


Abb. 5.8: Prinzipieller Aufbau des Sampling-Oszilloskops

5.5 Das USB-Scope

Ob analog oder digital, jedes Stand-alone-Oszilloskop hat zwei besonders teure Komponenten: den Bildschirm (Kathodenstrahlröhre mit Hochspannungserzeugung und Ablenkverstärkern oder LC-Display) und das Bedienfeld, das mechanische Teile und Platz benötigt. Beim Senken von Kosten sollte also hier angesetzt werden. Was liegt da näher, als einen Computer zu nutzen, der meist bereits vorhanden ist? Ob PC oder

Notebook – man hat nun vielfältige Bedienmöglichkeiten mit Tastatur oder Maus und außerdem eine große, klare und farbige Anzeige.

Zudem lassen sich nun etliche Funktionen durch Software im Rechner verwirklichen, was weitere Einsparungen (Programmspeicher) im eigentlichen Scope bringt.

Solche Computer-Oszilloskope kamen Anfang der neunziger Jahre auf den Markt.

Abb. 5.9 zeigt als Beispiel das Metec MSC-32, ein Black-Box-Gerät, das außer dem Einschalter kein Bedienelement mehr besitzt. Die drei Buchsen sind für das Messsignal, ein externes Triggersignal sowie die mögliche Vorgabe der Sampling Rate vorgesehen. Auf der Rückseite gibt es eine Netzbuchse und eine neunpolige D-Sub-Buchse für die serielle Computerschnittstelle. Den USB gab es damals noch nicht.



Abb. 5.9: Das Metec MSC-32 – ein Vorläufer des USB-Scopes

Wie das MSC-32 ist auch jedes USB-Scope ein DSO-Zusatz zum PC. Die Leistungsfähigkeit dieser Zusatzgeräte hält sich zwar in Grenzen, Vieles im Hobbybereich, in der Ausbildung oder auch im bescheidenen Profibereich ist aber möglich. Mit dem USB-Scope ist man sehr flexibel. Es ist klein und leicht und problemlos zu transportieren – man kann überall dort messen, wo ein Computer vorhanden ist. Schließlich ist die Kombination Computer – USB-Scope preislich attraktiv.

Alle vier Oszilloskop-Grundkonzepte, das Analogoszilloskop, das DSO mit seiner Spezialvariante USB-Scope, das DPO und das Sampling-Oszilloskop haben Vor- und Nachteile. Ein DSO ergänzt daher ein analoges Oszilloskop sinnvoll. Daher trifft man auch auf Kombi-Scopes, die beide Konzepte in einem Gehäuse vereinen. Das DPO nimmt erfolgreich einen anderen Weg zu diesem Ziel, indem es durch Parallelarchitektur und sein neuartiges Display-Konzept die Vorteile des klassischen Analogoszilloskops, Echtzeitbetrieb und häufigkeitsabhängige Leuchtintensität (Dimension Z), in die Digitaltechnik holt. Das Sampling-Scope glänzt mit Traumbandbreiten. Das USB-Scope ist preiswert, da es Bilddarstellung und Bedienung in den Computer verlagert.

23 Das Profi-Scope CleverScope 328

Unter der Bezeichnung *CleverScope* gibt es bei Meilhaus Electronic eine ganze Palette von Highend-USB-Oszilloskopen in der Preisspanne von etwa 1.000 bis 1.900 Euro. Die Geräte haben 10, 12 oder 14 bit Auflösung. Sie stammen aus Neuseeland von der gleichnamigen Firma (www.cleverscope.com) und werden auf der mitgelieferten CD insbesondere in der Anwendung ausführlich beschrieben.



Abb. 23.1: Das CleverScope 328 mit Netzteil, Anschlüssen für die Digitalbuchsen und CD

23.1 Wichtige technische Daten

Das CleverScope 328 (Abb. 23.1, 23.2 und 23.3) besitzt ein Plastikgehäuse und hat folgende wichtigen technischen Daten:

- Nennbandbreite 120 MHz (-3 dB)
- native Abtastrate 100 MS/s (simultan)
- repetitive Abtastung 1,5 GS/s
- Auflösung 10 bit
- hochflexible Triggerung, auch mixed

- externe Triggerung
- Speichertiefe 4 MS pro Kanal
- max. Mess-Eingangsspannung 80 V
- max. Eingangsspannung 300 V_{eff}
- Rechteckausgang
- mathematische Funktionen
- XY-Betrieb
- Abmessungen 153 x 195 x 35 mm³
- Betriebssystem W 98 Se, ME, 2K, XP
- FFT

Die FFT-Funktion stand softwaremäßig nicht zur Verfügung.



Abb. 23.2: Blick auf die Vorderseite: links die beiden Buchsen für je vier digitale Signale



Abb. 23.3: An der Rückseite befinden sich (von links) USB-Buchse, Link-Buchse (I/O), Signalgenerator- und Netzteilbuchse

23.2 Besonderheiten

Selbstverständlich bietet ein Highend-Gerät einige Extras:

- vertikale Bereichsautomatik von +/-20 mV bis +/-400 V (full scale)
- kleinste horizontale Einstellung 0,01 ns/div
- automatischer Offsetabgleich
- acht Eingänge für Digitalsignale
- I/O-Connector (für stacking units)
- Funktionsgenerator 0,2 Hz bis 10 MHz
- 25-MHz-Filter für FFT
- Zoom-Funktion
- automatische Messungen möglich
- Betrieb mit Steckernetzteil

23.3 Bandbreite

Die -3-dB-Bandbreite bei repetitiver Abtastung wurde zu 46 MHz ermittelt (*Abb. 23.4*). Der Hersteller macht eine Bandbreitenangabe „100 MHz repetitive“. Die Eingangskapazität konnte im Test nicht festgestellt werden. Bei 100 MHz weist ein üblicher Scope-Eingang eine überwiegend kapazitive Impedanz um 50 Ohm auf. Daher kann die Herstellerangabe für vernachlässigbar kleinen Quellwiderstand bestätigt werden. Das CleverScope ist an 50 Ohm repetitive darstellungsmäßig bis über 100 MHz brauchbar, wenn man den Amplitudenabfall berücksichtigt. Bei doppelter Grenzfrequenz an 50 Ohm betrug dieser 50 % (Korrekturfaktor 2) – siehe *Abb. 23.5*. Beim RC-Tiefpass an idealer Quelle liegt der Korrekturfaktor bei 2,2.

Beim nativen Abtasten wird die Bandbreite nicht durch das Kriterium „Amplitude“, sondern durch das Kriterium „Verzerrung“ begrenzt. Etwa bei 23 MHz, also halber -3-dB-Grenzfrequenz beim repetitiven Sampling an 50 Ohm, war die Grenze erreicht (*Abb. 23.6*).

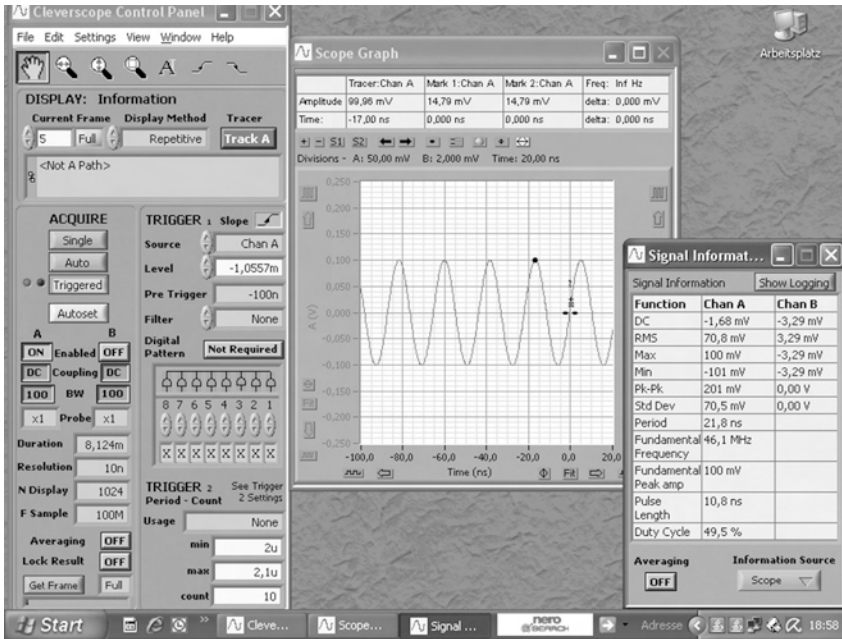


Abb. 23.4: Das repetitive abgetastete Messsignal bei 46 MHz

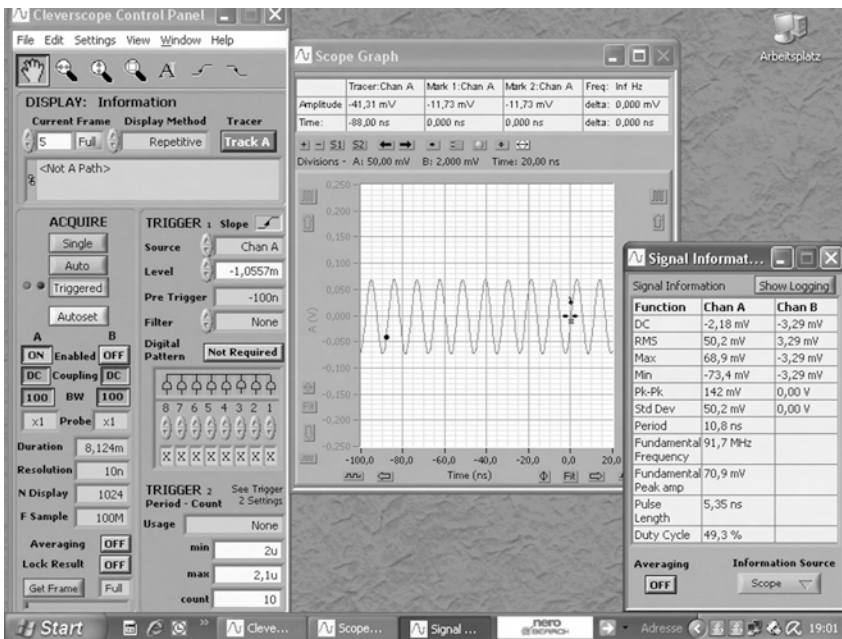


Abb. 23.5: Bei doppelter Grenzfrequenz (92 MHz) beträgt der Amplitudenrückgang 50 %.

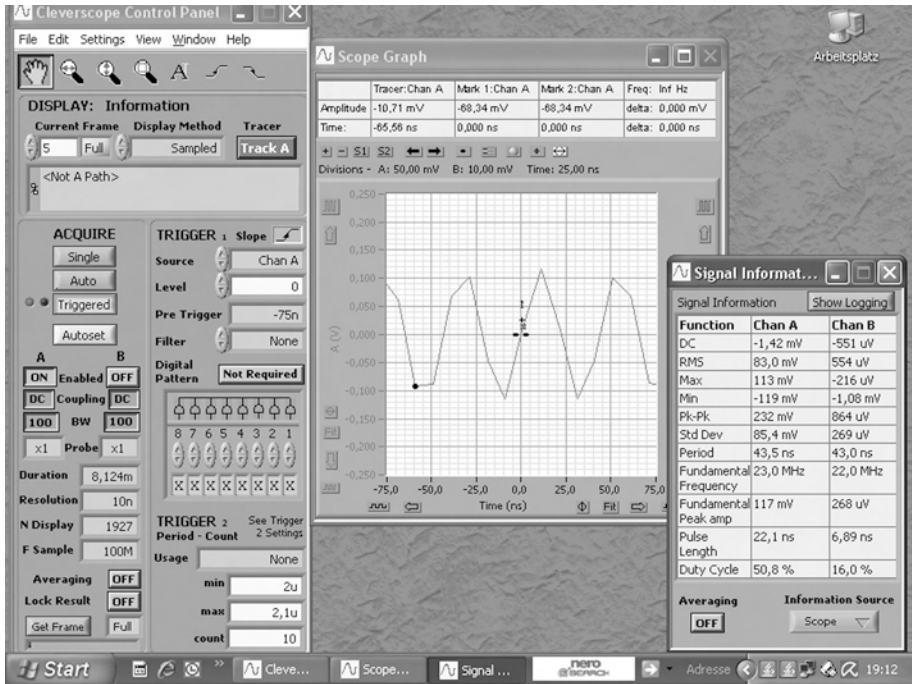


Abb. 23.6: Bei nativer Abtastung mit 100 MS/s fällt bei 23 MHz eine gewisse Verzerrung auf.

23.4 Triggerung

Im Triggermodus normal/steigende Flanke wurde eine Mindestsignalspannung (Sinus, Effektivwerte) von 1,5 mV bei 10 MHz ermittelt. Das ist ein sehr guter Wert. Man kann also auch beispielsweise Brummspannungen auf Stromversorgungsleitungen oszilloskopieren. Bei 50 MHz lag die Triggerschwelle bei 2 mV.

23.5 Flankendarstellung

Die Darstellung der Flanken des 10-ns-Testsignals erfolgte lehrbuchmäßig (Abb. 23.7).

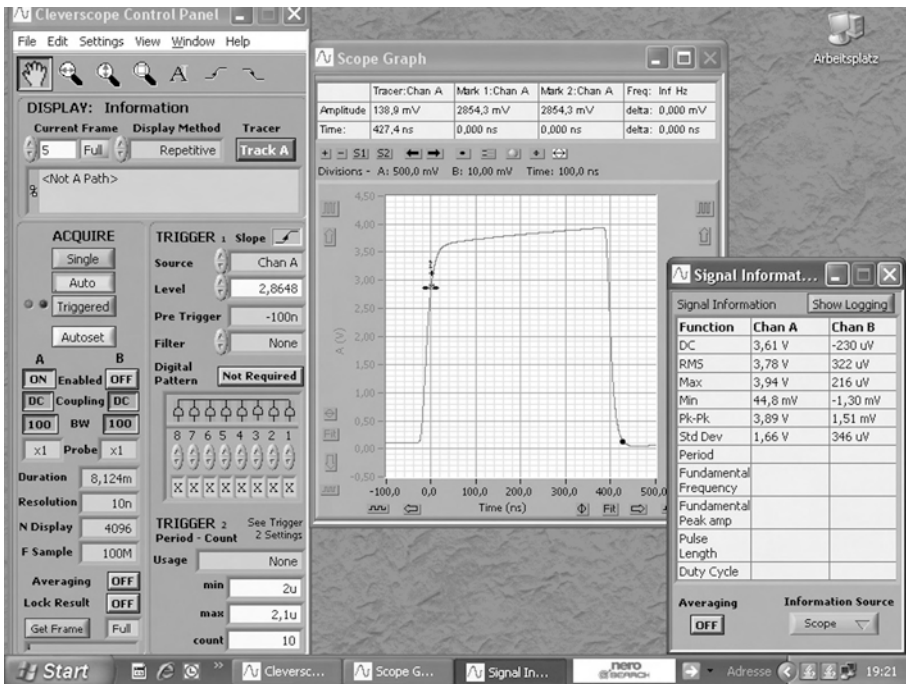


Abb. 23.7: Die Abbildung des TTL-Testpulses

23.6 Fazit

Das CleverScope 328 steht für eine Familie qualifizierter USB-Scopes mit vielen Möglichkeiten.

Bei repetitiver Abtastung bietet es etwa 100 MHz praktisch nutzbare Bandbreite, wobei ab etwa 10 MHz zur hinreichend genauen Amplitudenermittlung die üblichen Korrekturfaktoren benutzt werden können.

Sachverzeichnis

A

Abtasttheorem 46
 AC 40
 Acquisition Memory 48
 ADC 46
 Aliasing 47
 Alternate 44
 AM 22
 Ampère 28
 Amplitude 72
 Anti-Aliasing-Filter 47
 Armstrong 20
 Aufzeichnungslänge 70
 Außenleiter 12

B

bidirektional 135
 binary digits 23
 Bit 23
 Bitrate 23
 Bitstrom 23
 Braun 15
 Bus 33
 bus-powered 33
 Byte 23

C

CAT 24
 CE-Kennzeichen 24
 Chopper 44
 Crest Factor 73

D

data logger 137
 DC 40

Defektelektronen 15
 Demodulation 20
 DFT 89
 Digital-Interface 135
 diskrete Fourier-
 Transformation 89
 Display Memory 48
 Display System 41
 div 41
 DSB 22
 Dual-Slope-Verfahren 47
 Dynamik 69
 Dynamikbereich 69

E

Eckfrequenz 110
 Effektivwert 41, 72
 Elektronen 15
 EMVG 24
 equivalent 67
 Ereignisimpuls-
 Logger 138
 ETS 50

F

Fading 23
 Fast Fourier-
 Transformation 89
 Flash-Konverter-
 Verfahren 47
 FM 22
 Fourier-
 Transformation 89
 Frames 33
 Frequenzgang-
 darstellung 108
 full-time 67

G

Galvani 12

H

Hertz 20
 HF-Technik 19
 High-Speed-Kabel 36
 Hochfrequenztechnik 19
 Horizontal System 40
 Host Controller 33
 Hub 33
 Hüllkurven-
 darstellung 108

I

IEC 24
 Integrationsverfahren 47
 Intensität 49
 Interpolation 49
 Ionen 15

J

Jittern 40

K

Kleinspannung 27
 Klemmenspannung 26
 Klirren 22
 Kommunikations-
 technik 24

L

Ladungsausgleich 28

Ladungsstrom 28
 Leerlaufspannung 26
 linearer Mittelwert 72
 Lissajous-Figur 43
 Low-Speed-Kabel 36

M

Merkdreieck 30
 MAD 72
 Maxwell 12
 mean absolute
 deviation 72
 memory depth 70
 MFED 74
 Mikrowellentechnik 19
 minimally frequency
 envelope delay 74
 MIS 149
 Mischer 22
 Mittenfrequenz 110
 Modulation 20
 Multiplexbetrieb 44

N

Niederspannung 24
 Nachrichtentechnik 12
 native 67
 Normsignal-Logger 138
 Nullleiter 12

O

Ohm 29
 Opto-Isolation 149
 Optokopplerkarten
 /-module 134
 OTG 34

P

packets 33
 PDF-Logger 138
 Phase 12

Q

quadratischer
 Mittelwert 72
 Quantisierung 23
 Quellspannung 26
 Quellwiderstand 26

R

real-time 67
 real-time sampling 49
 Rechentechnik 24
 record length 70
 Relaiskarten
 /-module 134
 repetitive 67
 repetitive sampling 49
 Ringspeicher 139
 RIS 149
 RMS 72
 root mean square 72
 Rundfunk 19

S

Scheitelwert 72
 Schottky 20
 Schutzleiter 12
 Schwachstrom-
 technik 11
 self-powered 33
 Shockley 15
 Siemens 12
 Signalfangrate 70
 Simultanbetrieb 44
 single-shot 67
 Slave Clients 33
 Spezial-Logger 138
 Spitze-Spitze-
 Wert 41, 72
 Spitzenwert 72
 SSB 22
 Starkstromtechnik 11
 Steckernetzteil 12
 Stromrichtung 29
 Sukzessive Approxi-
 mation 47
 Sweep-Generator 110
 Switch 134
 symmetrical square-
 wave 73

T

time interval 70
 Träger 20
 Trigger System 40
 True RMS 72
 TTL-Karten
 /-Module 134
 Typ A 35
 Typ B 35

U

Übergangsfrequenz 78
 undistorted sinewave 73
 undistorted triangle-
 wave 73
 Urspannung 26
 USB 3.0 34
 USB Implementers
 Forum 34
 USB On-the-go 34

V

vertical resolution 69
 Vertical System 39
 Verzerrungen 22
 Volta 27

Voltsche Säule 27
 von Lieben 15

W

Watt 31
 waveform 87
 waveform
 capture rate 70
 Widerstandsmateri-
 alien 29
 Wireless USB 34
 Wirkungsgrad 31
 Wobbelgenerator 109
 Wobbeln 110
 Wobbler 110, 112
 Wort 23

Z

Zeitablenkung 40
 Zeitbasis 41
 Zweikanal-
 Oszilloskop 44
 Zweistrahl-
 Oszilloskop 44

Frank Sichla

Richtig messen mit dem **USB-Scope**

USB-Scopes erweitern Ihr Notebook oder Ihren PC zum leistungsfähigen Oszilloskop, dem Allround-Messgerät in der Elektronik.

Der Autor vermittelt in diesem Buch nicht nur praktisches Rundumwissen zu den USB-Scopes, zu Grundtypen, Technik und Anwendungsmöglichkeiten sowie -grenzen, sondern liefert auch praktische Bauanleitungen und interessante Schaltungen für sinnvolles Zubehör. Damit können Sie Ihr Scope beträchtlich aufwerten – und das zum kleinen Preis.

Die Vorstellung einiger USB-Scopes anhand wichtiger Daten und Testergebnisse rundet das Thema ab. Dabei wird deutlich, wie vielseitig USB-Scopes sein können.



Aus dem Inhalt:

- Der Universal Serial Bus (USB)
- Tipps für die Messung mit dem USB-Scope
- Einfache aktive Tastköpfe
- Mehrkanalschalter-Vorsätze
- Wobbeln mit dem USB-Scope
- Schaltungen für Wobbelzusätze
- Grafik auf dem Scope-Schirm
- Prüfen und Testen von USB-Scopes

ISBN 978-3-7723-4307-0



Euro 19,95 [D]