

Signalverläufe am PC darstellen – USB-Mini-Scope-Modul

Bei der Fehlersuche in elektronischen Schaltungen ist ein Oszilloskop unerlässlich, doch ist ein solches Messgerät für die Bastelpraxis nicht für jeden erschwinglich, zumal viele spezielle Funktionen wie z. B. mehrere Kanäle auch gar nicht benötigt werden. Ein PC ist hingegen nahezu immer vorhanden. Unser USB-Mini-Scope-Modul nutzt dessen Ressourcen zur komfortablen Darstellung von Signalverläufen, es ist eine einfache und kostengünstige Alternative zum Oszilloskop für viele Messaufgaben.

Kompaktes PC-Oszilloskop

Die Konstruktion eines PC-Oszilloskops war in der Vergangenheit mit einigem Hardwareaufwand verbunden, moderne Schaltkreislösungen verringern diesen Auf-

wand stark, so dass man am Schluss eine kostengünstige Hardwarelösung erhält, zumal die PC-Software den Löwenanteil der Signalauswertung übernimmt.

Eine solche Schaltungsvereinfachung wird u. a. auch durch ICs wie den hier genutzten USB-Baustein FT2232H von FTDI möglich. Dieser verfügt neben einer schnellen USB-2.0-Schnittstelle über gleich zwei unabhängige UART/FIFO-Umsetzer mit jeweils bis zu 12 Mbaud Übertragungsrate. Den Chip haben wir bereits in [1] ausführlich vorgestellt, das USB-Mini-Scope-Modul (USB-MSM) ist quasi eine Beispielanwendung dieses Chips.

Das USB-MSM nutzt bei der Datenerfassung den sogenannten asynchronen Bit-Bang-Modus des FT2232H. Hierbei werden die Daten an den Eingängen des Bausteins kontinuierlich mit der eingestellten Samplerate eingelesen und an den PC gesendet. Dieser übernimmt die Auswertung und Darstellung der Signale, z. B. auch die Triggerung.

Das USB-MSM ist, wie gesagt, ein einfaches und sehr kompaktes Einkanal-PC-Oszilloskop mit USB-Schnittstelle, das für einfache Messaufgaben bis zu einer Grenzfrequenz von 200 kHz vorgesehen ist. Die

Spannungsversorgung:	USB-powered
Stromaufnahme:	100 mA
Messkanäle:	1
Messbereich:	-10 V bis +10 V
Grenzfrequenz:	ca. 200 kHz
Samplerate:	max. 8 MSPS
Eingangswiderstand:	1 M Ω
Spannungsskalierung:	2 V/DIV, 1 V/DIV, 400 mV/DIV, 200 mV/DIV, 100 mV/DIV
Zeitskalierung:	1 μ s bis 5 s
Triggerungsarten:	Auto, Normal, Single
Triggerungsflanke:	ansteigende Flanke, fallende Flanke, beide Flanken
Messanschluss:	BNC-Buchse
Kommunikationsschnittstelle:	USB
Abmessungen (B x H x T):	109 x 58 x 24 mm

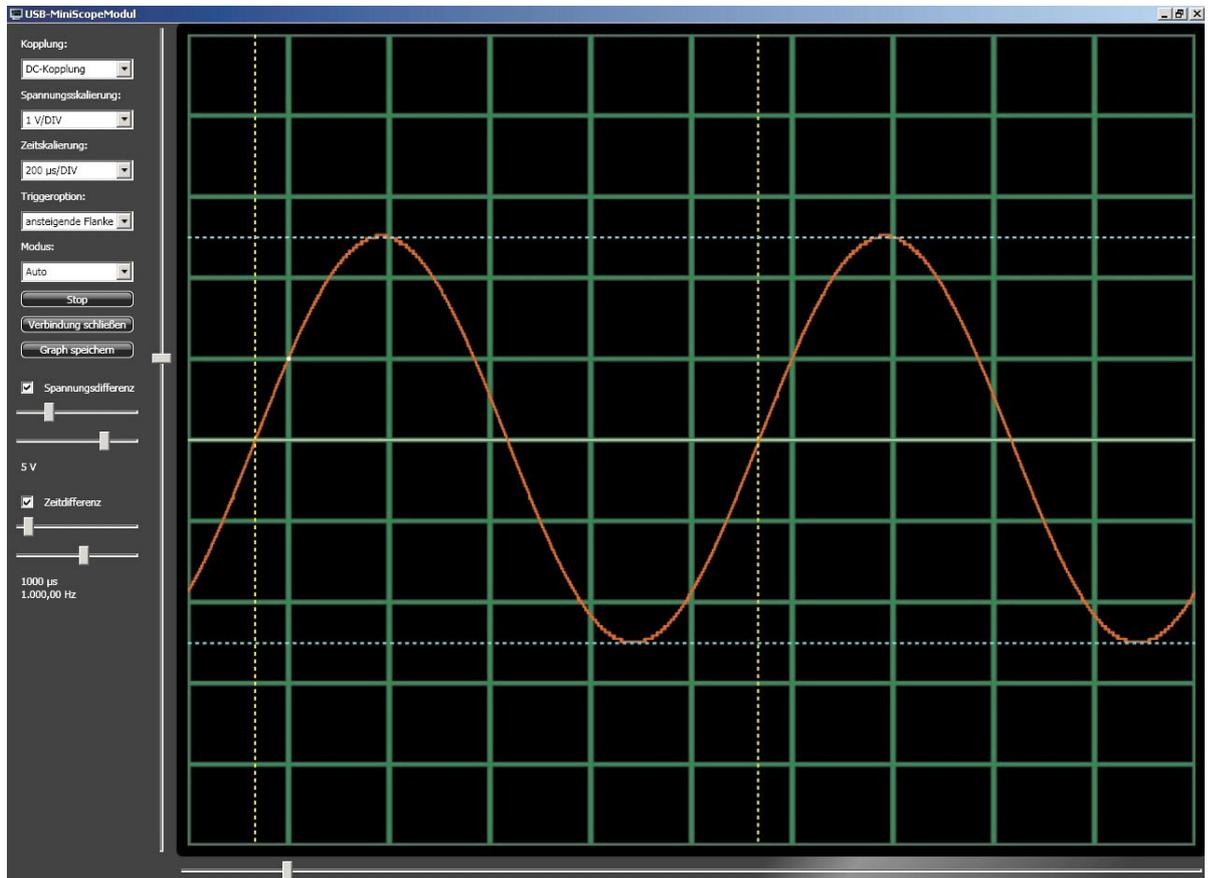


Bild 1: Die Oberfläche der PC-Software enthält übersichtlich sämtliche Einstell- und Bedienelemente.

Hardware digitalisiert die zuvor aufbereiteten Messsignale und setzt diese in einen Datenstrom um, der via USB zum PC geschickt wird.

Hier bereitet eine Software den Datenstrom mit der Funktionalität eines „echten“ Oszilloskops so auf, dass die Signalkurve wie von diesem gewohnt auf dem PC-Bildschirm abgebildet wird.

Dabei stehen verschiedene Triggerungsarten wie Auto, Normal und Single ebenso zur Verfügung wie die Auswahl der Triggerung auf fallende, steigende bzw. beide Signalflanken oder die einfache Einstellung der Triggerpunkte auf der Zeit- und Spannungsachse. Die Signalspannung kann von 2 V/DIV bis 100 mV/DIV, die Ablenkzeit von 1 μ s bis 5 s skaliert werden. Über diese Grundfunktionen hinaus ermöglicht die Software Cursor-Messungen von Spannung und Zeit (Frequenz) sowie eine Speicherung von Signalbildern. Damit werden bereits viele Wirkungsbereiche eines digitalen Oszilloskops abgedeckt und das USB-MSM ist hier schon etwas mehr als nur eine preisgünstige Einsteigerlösung.

Bedienung

Die Oberfläche (Bild 1) der PC-Software für das USB-Mini-Scope-Modul unterteilt sich in zwei Bereiche. Auf der rechten Seite befindet sich das Darstellungsfenster, in dem das gemessene Signal dargestellt wird. Am linken Rand finden sich alle Einstellungsmöglichkeiten wieder, so dass ein schnelles und unkompliziertes Arbeiten mit dem USB-MSM möglich ist.

Ist das Oszilloskop per USB mit dem PC verbunden, wird mit Hilfe des Buttons „Verbindung aufbauen“ neben dem Aufbau der Verbindung auch die Einstellung

der Baudrate, des Bit-Bang-Modus und die Konfiguration der I/O-Pins des FT2232H übernommen.

Anschließend kann sofort mit der Messdatenerfassung durch Betätigen des Buttons „Start“ begonnen werden und das gemessene Signal erscheint als rote Linie rechts im Fenster. Entsprechend wird mit Hilfe des „Stopp“-Buttons die Darstellung neuer Daten angehalten.

Bei der Triggerung des Signals lassen sich mehrere Einstellungen vornehmen. Im Menüpunkt „Modus“ auf der linken Seite kann man zunächst auswählen, ob das Oszilloskop im Modus „Auto“, „Normal“ oder „Single“ arbeiten soll. Ist der Triggerpegel so eingestellt, dass ein stehendes Bild entsteht, unterscheiden sich die Modi Auto und Normal nicht voneinander. Liegt der Triggerpegel jedoch außerhalb des Signals, wird im Modus „Normal“ so lange kein Signal dargestellt, bis das nächste Triggerereignis auslöst und somit ein Neuzeichnen des Signals veranlasst wird. Im Gegensatz dazu wird beim Modus „Auto“ das Signal bei fehlendem Trigger kontinuierlich dargestellt. Durch die fehlende Triggerung entsteht hierbei jedoch ein „laufendes Bild“. Dieser Modus eignet sich besonders für Signale, bei denen man zunächst nicht genau weiß, wo sie liegen, und man den Triggerpegel zunächst einstellen muss. Da das Signal jedoch bereits dargestellt wird, weiß man aber sofort, in welche Richtung man den Triggerpegel verschieben muss, um wiederum ein „stehendes Bild“ zu erhalten.

Der Modus „Normal“ eignet sich am besten für Aufzeichnungen, bei denen das Bild nur durch ein neues Triggerereignis aktualisiert werden soll.

Im Modus „Single“ wird nur auf ein einziges Ereignis hin das Signal getriggert und dargestellt. Alle folgenden Ereignisse werden ignoriert, so dass sich dieser Modus besonders für die Betrachtung eines einzelnen Verlaufs eignet, der nicht sofort wieder überschrieben werden soll. Soll erneut auf ein einzelnes Ereignis getriggert werden, muss der Button „Start“ betätigt werden. Die Signalerfassung ist dadurch wieder aktiv.

Neben dem Trigger-Modus lässt sich im Menüpunkt „Triggeroption“ die Flanke einstellen, auf die getriggert werden soll. Hierbei stehen die Punkte „ansteigende Flanke“, „fallende Flanke“ und „beide Flanken“ zur Verfügung. Für „ansteigende“ bzw. „fallende Flanke“ löst das Triggerereignis nur bei der entsprechenden Flanke aus, die jeweils andere Flanke wird ignoriert. Im Gegensatz dazu wird beim Punkt „beide Flanken“ der Trigger sowohl durch eine ansteigende als auch abfallende Flanke ausgelöst. Mit Hilfe des Schiebers unterhalb des Signalfensters lässt sich der Triggerpunkt auf der Zeitachse verschieben. Ebenso lässt sich der Triggerpunkt durch den seitlich angeordneten Schieber auf der Spannungsachse verschieben.

Mit Hilfe des Menüpunkts „Spannungsskalierung“ lässt sich das Signalfenster bezüglich der angezeigten Spannung pro Rastereinheit (V/DIV) einstellen. Durch Veränderung dieses Wertes wird auf der Platine des USB-MSM ein anderer Verstärkungsfaktor in der Eingangsstufe eingestellt. Dieses führt dazu, dass die Auflösung bei kleineren Werten (0,1 V/DIV) nicht gröber wird, sondern sich der eingestellten Skalierung anpasst. Bei einer Skalierung von 2 V/DIV ergibt sich somit ein Darstellungsbereich von ± 10 V, entsprechend bei einer Skalierung von 0,1 V/DIV ein Bereich von $\pm 0,5$ V.

Der Menüpunkt „Zeitskalierung“ ermöglicht die Einstellung der zeitlichen Auflösung des dargestellten Signals. Hierbei sind Werte zwischen 1 μ s/DIV und 5 s/DIV möglich, so dass das USB-MSM einen weiten zeitlichen Messbereich erfasst.

Je nach eingestelltem Wert wird die Samplerate des eingebauten USB-Chips FT2232H von 48 kSPS bis hin zu maximal 8 MSPS eingestellt. Die maximale Samplerate wird hierbei bei der Zeitskalierung 100 μ s/DIV erreicht. Für Werte unterhalb dieser Zeitbasis wird das Signal entsprechend aufgezogen. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass die angegebene Samplerate die Frequenz darstellt, mit der der USB-Chip die Daten des A/D-Wandlers abtastet. Sollte die Rechenleistung des PCs nicht ausreichen, um die Daten in ausreichender Geschwindigkeit vom USB-Chip abzuholen, wird der interne Speicher des Chips gefüllt und gewartet, bis dieser durch den PC wieder geleert wurde. In diesem Fall kann es zu Unterbrechungen im Signalverlauf kommen.

Um den Gleichspannungsanteil des gemessenen Signals zu entfernen, bietet das Gerät die Möglichkeit, die Kopplung von DC auf AC umzuschalten, hierdurch wird innerhalb der Eingangsstufe ein 100-nF-Kondensator zugeschaltet, der den Gleichspannungsanteil des Signals herausfiltert. Dieser Kondensator lässt sich mit Hilfe des Menüpunktes „Kopplung“ zu- bzw. wegschalten. Das Umschalten wird hierbei durch das Schaltgeräusch des im USB-MSM eingebauten Relais begleitet.

Neben der Darstellung eines Signals lassen sich ebenfalls Messungen mit Hilfe des Programms durchführen. Hierzu sind an der Seite die Menüpunkte „Spannungsdifferenz“ und „Zeitdifferenz“ eingebaut. Durch Setzen des jeweiligen Häkchens lässt sich die entsprechende Messung aktivieren. Im Fall der Messung der „Spannungsdifferenz“ erscheinen hierbei unterhalb des Menüpunktes zwei Schieber sowie im Fenster oben und unten jeweils ein türkiser, gestrichelter Balken. Mit Hilfe der Schieber können diese Balken nun auf die gewünschte Höhe verschoben werden, wobei die Spannungsdifferenz dieser beiden Linien unterhalb der Schieber dargestellt wird. Die Messung der Zeitdifferenz funktioniert entsprechend durch Aktivieren des betreffenden Menüpunktes.

Mit Hilfe des Buttons „Graph speichern“ kann der aktuelle Bildschirminhalt im Bildformat PNG (Portable Network Graphics) abgespeichert werden.

Schaltung

Die Schaltung (Bild 2) des USB-Mini-Scope-Moduls lässt sich in insgesamt 4 Bereiche unterteilen: Spannungsversorgung, Eingangsstufe, A/D-Wandlung und USB-Kommunikation.

Die Spannungsversorgung des USB-MSM erfolgt direkt über die 5 V der USB-Schnittstelle. Mit Hilfe eines Pi-Filters wird diese Spannung von hochfrequenten Anteilen befreit und anschließend mit dem Schaltregler MC34063A (IC 7) eine Spannung von $-3,3$ V erzeugt. Ebenso wird mit Hilfe des Festspannungsreglers S-1206B33 (IC 4) eine Spannung von $+3,3$ V generiert. Diese symmetrische Spannung von $\pm 3,3$ V stellt innerhalb der Eingangsstufe die obere und untere Grenze des Operationsverstärkers TL084 (IC 5) und des digital einstellbaren Operationsverstärkers LTC6910-1 (IC 6) dar. Die positiven 3,3 V werden dazu für die Versorgung des USB-Treiberbausteins FT2232H benötigt. Der A/D-Wandler TLC5510 wiederum wird über die gefilterten 5 V versorgt.

Die Eingangsstufe dient zur Anpassung der anliegenden Messspannung auf eine vom A/D-Wandler erfassbare Spannung. Um dem Anwender eine Möglichkeit zu bieten, zwischen AC- und DC-Kopplung unterscheiden zu können, lässt sich mit Hilfe des Relais REL 1 ein 100-nF-Kondensator zu- bzw. wegschalten. Der anschließende Spannungsteiler, gebildet aus den Widerständen R 43, R 44 und R 45, teilt die anliegende Spannung um den Faktor 1/10 herunter, so dass am Pin 10 des TL084 (IC 5) maximal eine Spannung von ± 1 V anliegen kann. Dieser Spannungsteiler ist so ausgelegt, dass er einen Eingangswiderstand von 1 M Ω für das angeschlossene System darstellt, wodurch dieses sehr hochohmig belastet wird.

Aufgrund des nicht idealen Verhaltens des Operationsverstärkers TL084 kann es zu einem Gleichspannungs-Offset auf der Messspannung kommen, welcher natürlich das Ergebnis verfälschen würde. Mit Hilfe des Trimmers R 46 ist daher dieser Offset korrigierbar. Der Kondensator C 38 dient dabei der Stabilisierung der Korrekturspannung. Diese Spannung kann nun jedoch nicht direkt auf den ersten Operationsverstärker (C) gegeben werden, da sich die Eingangsspannung am Pin 10 (IC 5) auf diese Korrekturspannung auswirken würde. Dies liegt daran, dass der Operationsverstärker das Bestreben hat, die Spannungen am positiven und negativen Eingang gleich zu halten. Der OPV regelt somit über den Ausgang (Pin 8) die Spannung am Pin 9 auf den gleichen Wert wie am Pin 10. Würde man nun den Trimmer R 46 direkt an den Widerstand R 42 anschließen, würde sich je nach Eingangsspannung an der BNC-Buchse der Spannungswert zwischen R 46 und R 42 verschieben und somit zu einer nicht konstanten Korrekturspannung führen. Daher wird mit Hilfe eines zweiten Operationsverstärkers (B) des TL084 (IC 5) ein Impedanzwandler realisiert. Da der Ausgang (Pin 7) und der invertierende Eingang (Pin 6) direkt miteinander verbunden sind, regelt der Operationsverstärker die Spannung an diesen beiden Pins auf den gleichen Wert wie am nicht-invertierenden Eingang (Pin 5). Aufgrund der nun vorliegenden aktiven Regelung des zweiten Operationsverstärkers hat die an der BNC-Buchse anliegende Spannung keinen Einfluss mehr auf die am Trimmer R 46 eingestellte Korrekturspannung. Da der Operationsverstärker C des TL084 (IC 5) als Subtrahierverstärker ausgelegt ist, wird die am Pin 10 anlie-

gende Eingangsspannung zusätzlich um den Faktor 2 verstärkt, so dass am Ausgang des Operationsverstärkers (Pin 8) maximal eine Spannung von ± 2 V anliegt. Um auch kleinere Messspannungen erfassen und am Bildschirm mit einer entsprechenden Auflösung darstellen zu können, benötigt man eine Möglichkeit, diese Spannung verstärken zu können.

In der Schaltung ist zu diesem Zweck ein spezieller Operationsverstärker vorgesehen. Der LTC6910-1 (IC 6) ist ein OPV, dessen Verstärkung sich über drei digitale Eingänge einstellen lässt. Je nach anliegender Spannung

an den Eingängen G 0, G 1 und G 2 (Pin 5, 6 und 7) lassen sich so Verstärkungswerte von -1, -2, -5, -10, -20, -50 und -100 (invertierender Verstärker) realisieren. Der sich anschließende Operationsverstärker (D) des TL084 (Pin 12, 13 und 14 des IC 5) übernimmt bei der Aufbereitung des Messsignals mehrere Aufgaben. Durch den Aufbau als Summiervverstärker (Addierer) sorgt der Operationsverstärker zunächst einmal dafür,

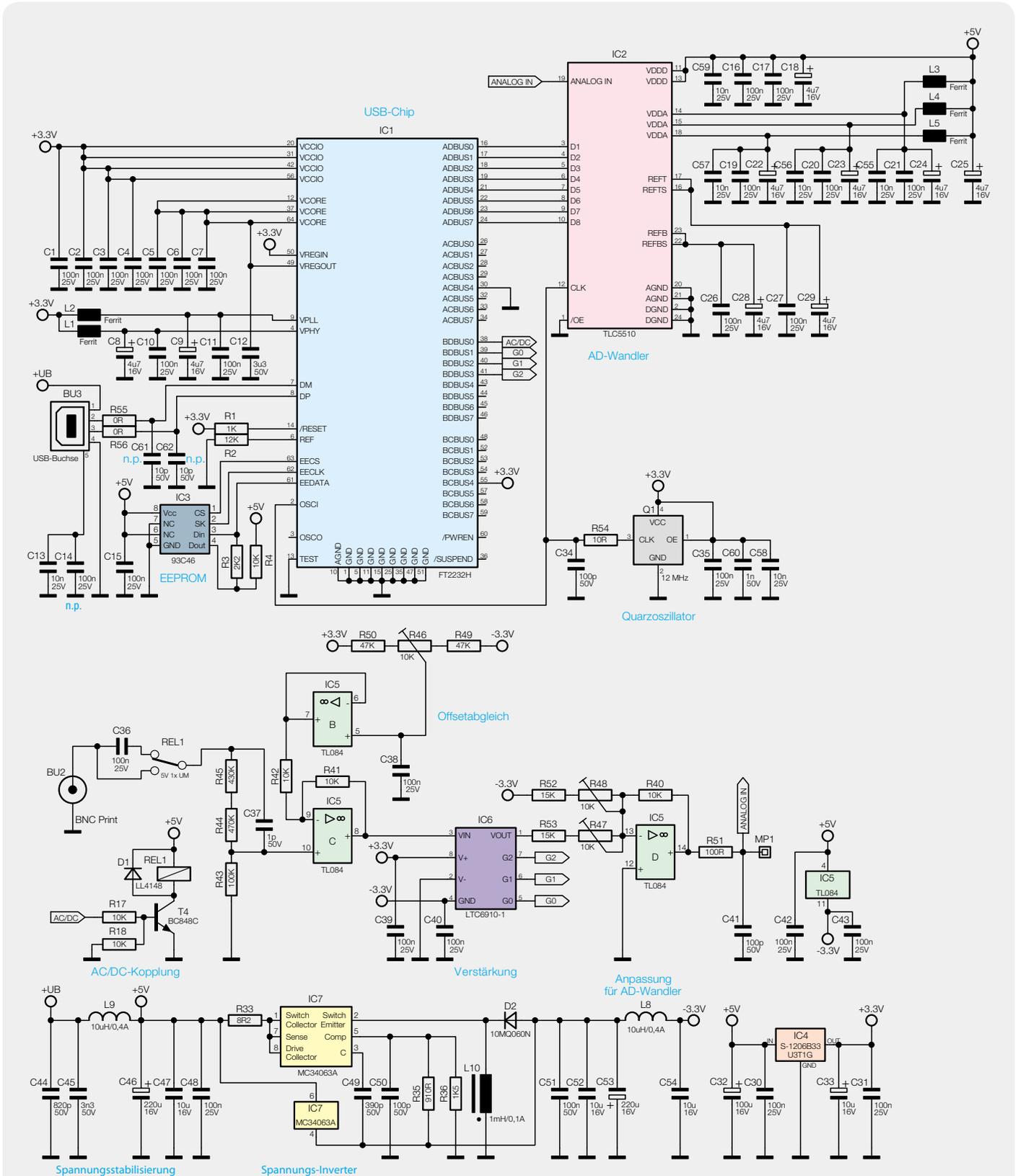


Bild 2: Das Schaltbild des USB-MSM

dass die durch den LTC6910-1 resultierende Invertierung wieder aufgehoben wird. Des Weiteren liegt die Spannung am Ausgang des LTC6910-1 im Bereich ± 2 V, der Messbereich des folgenden A/D-Wandlers TLC5510 (IC 2) liegt jedoch zwischen 0,6 V und 2,6 V, so dass eine Verstärkung von 0,5 und eine Verschiebung des Signals um ca. 1,6 V benötigt wird. Da die Verstärkung des LTC6910-1 aufgrund von Bauteiltoleranzen einem Offset unterliegen kann, wird die benötigte Verstärkung von 0,5 nicht mit festen Widerstandswerten realisiert, sondern mit Hilfe des Trimmers R 47, so dass ein Abgleich der Verstärkung möglich ist. Dieser Trimmer ermöglicht somit mit den Widerständen R 53 und R 40 eine einstellbare Verstärkung zwischen 0,4 und 0,67. Neben einem Verstärkungs-Offset kann der LTC6910-1 genauso wie der TL084 am Ende der Eingangsstufe einen Gleichspannungs-Offset aufweisen. Aus diesem Grund ist auch die Verschiebung des Signals um 1,6 V nicht mit festen Widerstandswerten, sondern mit Hilfe des Trimmers R 48 realisiert. Zusammen mit den Widerständen R 52 und R 40 ermöglicht der Trimmer R48 somit eine Verschiebung des Signals von 1,32 V bis 2,2 V. Der Tiefpass (R 51 und C 41) sorgt abschließend dafür, dass höherfrequente Signalanteile herausgefiltert werden.

Bei der Eingangsstufe stellt sich nun sicherlich die Frage, warum insgesamt zweimal ein Gleichspannungs-Offset korrigiert wird. Dieses hat den Grund, dass bereits der erste Operationsverstärker (C) des Bausteins TL084 (Pins 8, 9 und 10) für einen Gleichspannungs-Offset sorgen kann. Würde man diesen Offset nun über den LTC6910-1 verstärken, wäre ein abschließender Abgleich nicht mehr möglich, da durch die jeweils eingestellte Verstärkung dieser Offset unterschiedliche Werte am Ausgang des LTC6910-1 annehmen würde. Man müsste bei jeder Verstellung der Verstärkung die Eingangsstufe neu abgleichen. Genauso wenig lässt sich der Gleichspannungs-Offset der gesamten Eingangsstufe am ersten Operationsverstärker abgleichen, da sich hierdurch die DC-Offsets des LTC6910-1 und des hinteren Operationsverstärkers D des TLC084 nicht abgleichen ließen.

Nachdem das Eingangssignal aufbereitet wurde, wird es nun auf den A/D-Wandler TLC5510 (IC 2) gegeben. Dieses ist ein 8-Bit-Highspeed-Wandler, der das digitalisierte Signal parallel an 8 Pins ausgibt. Der A/D-Wandler wird dabei mit Hilfe eines Quarzoszillators (Q 1) mit einer Frequenz von 12 MHz getaktet.

Die zentrale Komponente des USB-MSM ist der Highspeed-USB-Chip FT2232H (IC 1), der neben der USB-Kommunikation auch die Datenerfassung und die Einstellung des Verstärkungsfaktors sowie die Umschaltung zwischen AC- und DC-Kopplung übernimmt. Im sogenannten Bit-Bang-Modus bietet der FT2232H die Möglichkeit, digitale Signale an den beiden Ports ADBUS und BDBUS zu erfassen bzw. auszugeben. Für die Erfassung der vom A/D-Wandler digitalisierten Signale wird hierbei der Port ADBUS des Bausteins als Eingang verwendet. Mit Hilfe des Port BDBUS wiederum wird die Ansteuerung des LTC6910-1 (Verstärkungsfaktor) sowie die Umschaltung der Kopplung realisiert. Um die Erfassung des digitalisierten Messsignals synchron zur Bereitstellung der Daten vom A/D-Wandler TLC5510 zu halten, wird der FT2232H ebenfalls mit Hilfe des 12-MHz-Quarzoszillators getaktet.

Nachbau

Aufgrund der bereits vorbestückten SMD-Bauteile gestaltet sich der Nachbau des USB-MSM recht einfach und ist schnell zu bewerkstelligen.

Bei der Bestückung der Platine empfiehlt es sich, zunächst die Bauteile mit geringer Bauhöhe einzulöten und anschließend die höheren Bauteile zu verarbeiten. Im ersten Schritt sollten daher die drei 10-k-Trimmer R 46, R 47 und R 48 bestückt werden. Anschließend folgen die Elektrolyt-Kondensatoren, wobei zunächst die kleinen mit den Werten 4,7 μ F (C 8, C 9, C 18, C 22, C 23, C 24, C 25, C 28 und C 29) und 10 μ F (C 33) und anschließend die größeren mit den Werten 100 μ F (C 32) und 220 μ F (C 46 und C 53) eingelötet werden sollten. Beim Einbau der Elkos ist auf die richtige Polung zu achten. Hierzu ist seitlich an den Bauteilen eine von oben nach unten verlaufende Markierung vorhanden, die mit einem Minussym-

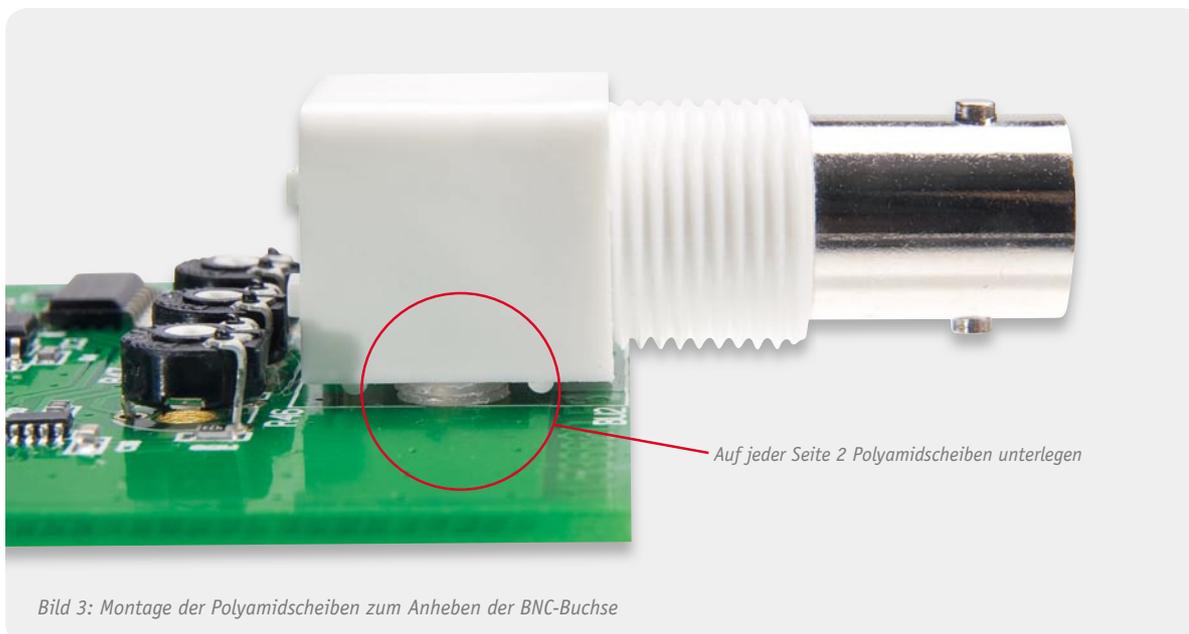


Bild 3: Montage der Polyamidscheiben zum Anheben der BNC-Buchse

Widerstände:

0 Ω /SMD/0603	R55, R56
8,2 Ω /SMD/0603	R33
10 Ω /SMD/0603	R54
100 Ω /SMD/0603	R51
910 Ω /SMD/0805	R35
1 k Ω /SMD/0603	R1
1,5 k Ω /SMD/0603	R36
2,2 k Ω /SMD/0603	R3
10 k Ω /SMD/0603	R4, R17, R18, R40–R42
12 k Ω /SMD/0603	R2
15 k Ω /SMD/0603	R52, R53
47 k Ω /SMD/0603	R49, R50
100 k Ω /SMD/0603	R43
430 k Ω /SMD/0603	R45
470 k Ω /SMD/0603	R44
PT6/liiegend/10 k Ω	R46–R48

Kondensatoren:

1 pF/SMD/0603	C37
100 pF/SMD/0603	C34, C41, C50
390 pF/SMD/0603	C49
820 pF/SMD/0603	C44
1 nF/SMD/0603	C60
3,3 nF/SMD/0603	C45
10 nF/SMD/0603	C55–C59
100 nF/SMD/0603	C1–C7, C10, C11, C15–C17, C19–C21, C26, C27, C30, C31, C35, C36, C38–C40, C42, C43, C48
100 nF/SMD/0805	C51
3,3 μ F/50 V/SMD/3225	C12
4,7 μ F/16 V	C8, C9, C18, C22–C25, C28, C29
10 μ F/16 V	C33
10 μ F/SMD/1210	C47, C52, C54
100 μ F/16 V	C32
220 μ F/16 V/105 $^{\circ}$ C	C46, C53

Halbleiter:

FT2232HL/SMD	IC1
TLC5510/SMD	IC2
ELV111039/SMD	IC3
S-1206B33-U3T1G/SMD	IC4
TL084/SMD	IC5
LTC6910-1/SMD	IC6
MC34063AD/SMD	IC7
BC848C	T4
LL4148	D1
10MQ060N/SMD	D2

Sonstiges:

Chip-Ferrite/0603/420 Ω bei 100 MHz	L1–L5
SMD-Induktivitäten/10 μ H/gewickelt	L8, L9
SMD-Induktivität/1 mH/0,1 A	L10
Quarzoszillator/12.00000 MHz	Q1
BNC-Einbaubuchse mit Kunststoffsockel/print	BU2
USB-B-Buchse/winkelprint	BU3
Miniatur-Relais/5 V/1 A/print	REL1
4 Polyamidscheiben mit 2,2-mm-Loch/5,0 x 0,5 mm	
1 CD Bediensoftware USB-MSM	
1 Profilgehäuse/I-Mac blau Struktur komplett/bearbeitet und bedruckt	

Abgleich

Bevor mit der Messung von Signalen begonnen werden kann, ist zunächst ein Abgleich der Eingangsstufe des USB-Mini-Scope-Moduls nötig. Ohne diesen Abgleich kann es zu einer fehlerhaften Darstellung des gemessenen Signals auf der PC-Oberfläche kommen.

Für den Abgleich bietet das USB-MSM auf der Rückseite insgesamt drei kleine Öffnungen, durch die man mit einem kleinen Schraubendreher die entsprechenden Abgleichtrimmer, wie im Kapitel „Schaltung“ beschrieben, einstellen kann.

Im ersten Schritt wird zunächst der Gleichspannungs-Offset des Operationsverstärkers am Eingang der Schaltung eingestellt, der je nach gewählter Verstärkung für einen unterschiedlichen Offset beim Signal auf der PC-Oberfläche sorgt. Daher wird der analoge Eingang des USB-Mini-Scope-Moduls zunächst kurzgeschlossen und am PC eine Spannungsskalierung von 2 V/DIV eingestellt. Die Höhe des angezeigten Signals merkt man sich und wechselt anschließend auf die Skalierung 100 mV/DIV. Verläuft das Signal nun auf einer anderen Höhe, so ist das Signal mit Hilfe des Trimmers mit der Bezeichnung „DC-Offset 1“ so lange zu verschieben, bis es in etwa auf der Höhe wie bei einer Skalierung von 2 V/DIV verläuft. Wechselt man nun zwischen den 5 Skalierungsmöglichkeiten, sollte das Signal immer auf gleicher Höhe verlaufen (es geht in diesem Abgleichschritt nicht darum, dass das Signal auf der Null-Linie verläuft, sondern dass die Signalhöhe bei allen Skalierungen gleich ist). Ist dieses nicht der Fall, ist der Trimmer bei einer Skalierung von 100 mV/DIV wiederum auf die Höhe des Wertes bei 2 V/DIV einzustellen.

Dieser Abgleich ist so lange zu wiederholen, bis sich das Signal bei allen Skalierungen auf dem gleichen Level befindet. Nach dieser Einstellung hat das USB-MSM somit keinen von der Skalierung abhängigen Gleichspannungs-Offset mehr (Bild 5).

Im zweiten Schritt folgt nun der Abgleich des von der Skalierung unabhängigen Gleichspannungs-Offsets. Hierzu bleibt der Eingang kurzgeschlossen und die Skalierung wird auf 100 mV/DIV gestellt. Mit Hilfe des Trimmers mit der Bezeichnung „DC-Offset 2“ kann nun der Signalverlauf auf die Null-Linie geschoben werden. Zur Kontrolle sollte einmal in alle Skalierungen gewechselt werden. Ist bei den anderen Skalierungen eine Abweichung von der Null-Linie zu erkennen, wurde der Abgleich des von der Skalierung abhängigen Gleichspannungs-Offsets im ersten Schritt nicht richtig durchgeführt und der Abgleich sollte wiederholt werden (Bild 6).

Nachdem nun der Gleichspannungs-Offset abgeglichen ist, muss im letzten Schritt der Verstärkungs-Offset abgeglichen werden. Hierzu sollte am Eingang eine Sinus- bzw. Rechteckspannung von 4 V_{ss} (4 V Spitze-Spitze) ohne Gleichspannungsanteil angelegt werden. Stellt man nun die Spannungsskalierung auf 1 V/DIV, sollte sich das Signal symmetrisch über insgesamt 4 Rastereinheiten erstrecken. Ist dies nicht der Fall, muss mit Hilfe des dritten Trimmers mit der Bezeichnung „Verst.-Offset“ die Verstärkung so lange verstellt werden, bis sich das Signal exakt über 4 Rastereinheiten erstreckt (Bild 7).

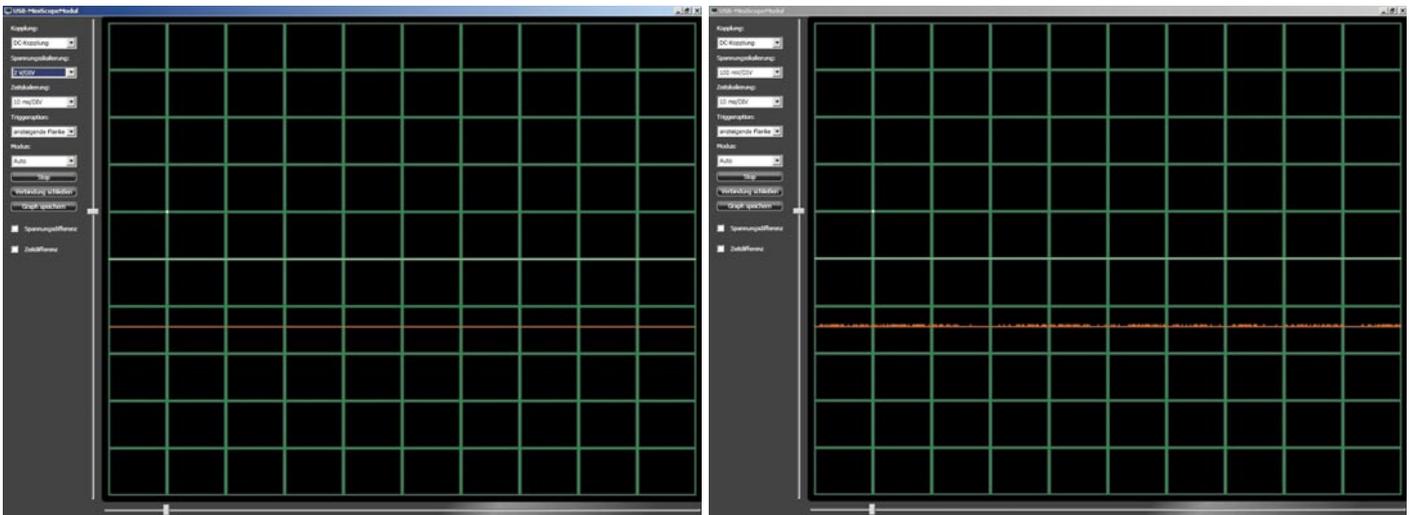


Bild 5: Nach dem Abgleich des verstärkungsabhängigen Gleichspannungs-Offsets sollten beide Signale auf einem Level liegen (links: 2 V/DIV, rechts: 100 mV/DIV).

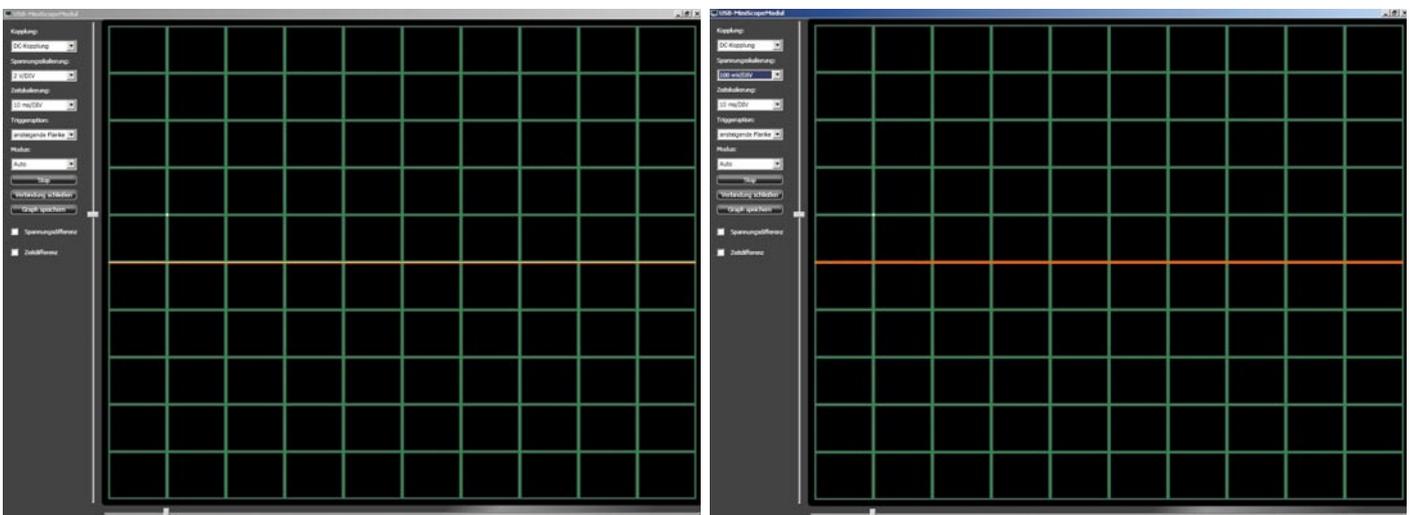


Bild 6: Nach dem Abgleich des verstärkungsunabhängigen Gleichspannungs-Offsets sollte das Signal auf der Null-Linie verlaufen (links: 2 V/DIV, rechts: 100 mV/DIV).

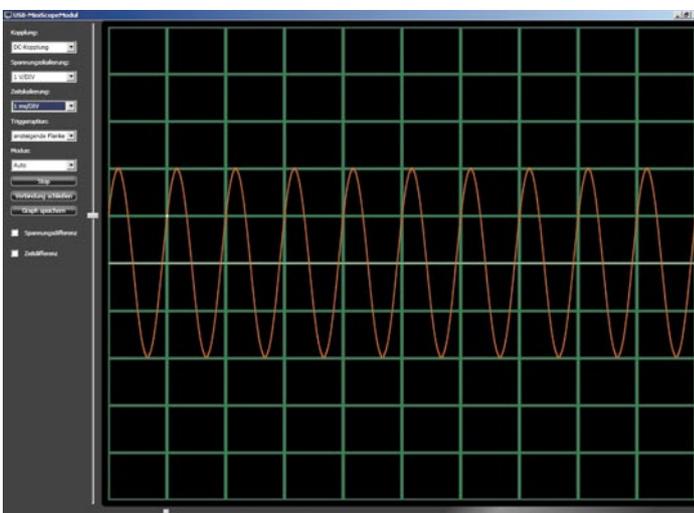


Bild 7: Nach dem Abgleich des Verstärkungs-Offsets sollte das Signal passend zur Skalierung verlaufen (hier Sinus mit 4 Vpp, bei 1 V/DIV Verlauf über 4 Rastereinheiten).

Damit ist der Abgleich abgeschlossen und das kleine USB-Oszilloskop kann für die ersten Messungen eingesetzt werden. **ELV**



Weitere Infos:

[1] Highspeed-USB-Kommunikation einfach integriert – UART/FIFO-Wandler-Modul, ELVjournal 4/2011, S. 54 ff

Wie arbeitet man mit einem Oszilloskop?

Ein Oszilloskop kann Spannungen (Gleich- und Wechselspannungen [verschiedener Signalformen]), Frequenzen, Zeiten, nach Wandlung auch andere Größen messen und als Signalform darstellen.

Gleichspannungen werden als waagerechte Linie dargestellt (positive Spannungen über der Null-Linie, negative unter der Null-Linie), Wechselgrößen als Kurvensignal.

Bei Gleichspannungen erfolgt das Ablesen der Spannungshöhe (bei Offset = 0) direkt aus der Entfernung zur Null-Linie. Im Beispiel rechts nehmen wir an, dass 2 V/DIV eingestellt sind. Dann beträgt hier die Höhe der gemessenen Spannung 8 V.

Für Wechselspannungen ist aus dem Kurvensignal die Spitzenspannung (U_s) und die Spitze-Spitze-Spannung (U_{ss}) ebenso wie per Zeitumrechnung deren Frequenz ablesbar. Im Beispiel beträgt, wieder eine Einstellung von 2 V/DIV vorausgesetzt, die Spitzenspannung 5 V und U_{ss} 10 V.

Die Frequenz ergibt sich aus dem zeitlichen Verlauf einer kompletten Schwingung nach der Umrechnung $f = 1/T$. In unserem Beispiel verläuft eine Schwingung, eine eingestellte Zeitbasis von 50 $\mu\text{s}/\text{DIV}$ vorausgesetzt, über 5 Rastereinheiten der Zeitachse, also $50 \mu\text{s} \times 5 = 250 \mu\text{s}$. $1/250 \mu\text{s} = 4 \text{ kHz}$.

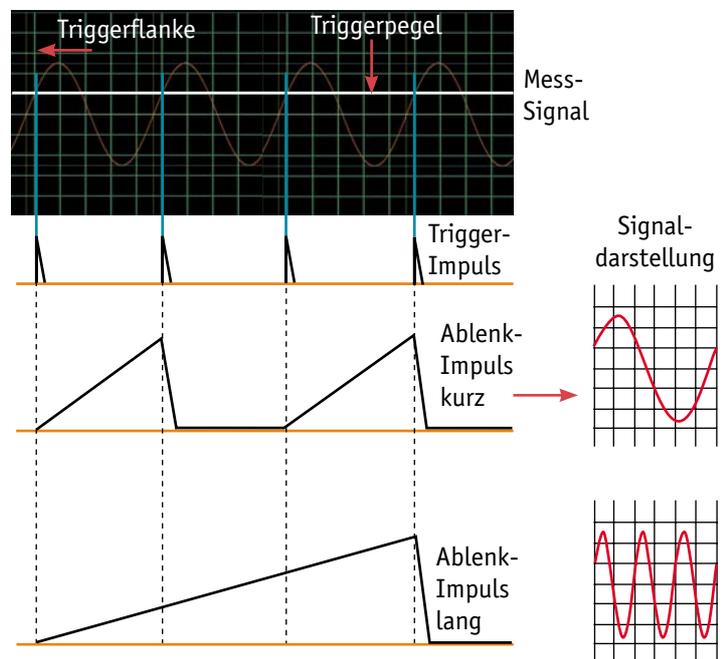
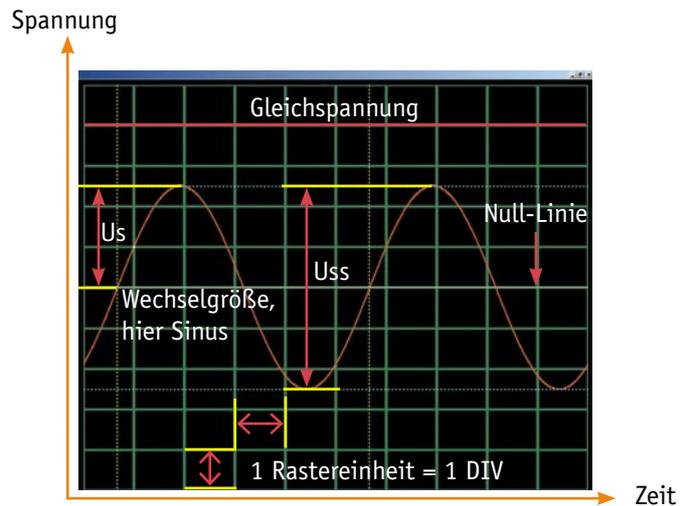
Triggerung

Ohne eine Triggerung würde das Signal ständig über den Bildschirm durchlaufen, und man würde kein stehendes Signalbild erhalten, das für eine genaue Bewertung benötigt wird. Die Triggerung muss einen zeitlichen und Phasenbezug zwischen Eingangssignal und dem Zeitablenk-Signal herstellen. Dazu tastet der Triggergenerator das Messsignal nach Vorgabe des Bedieners entweder an der steigenden, fallenden oder beiden Flanken (Slopes) auf einem einstellbaren Pegel (Triggerpegel) ab und vergleicht den erfassten Triggerpegel mit der Einstellung. Detektiert er das Signal unter den vorgegebenen Bedingungen, gibt er einen Triggerimpuls aus und startet den Impuls der Zeitablenkung.

Die Triggerquelle kann sowohl das Messsignal, ein Signal einer externen Quelle als auch die Netzfrequenz sein.

Zeitablenkung

Die Zeitablenkung ist die konstante horizontale Ablenkung des Strahls über die Bildbreite. Dabei dient als Zeitbasis ein Ablenggenerator, dessen Frequenz definiert einstellbar ist. Meist wird hier ein Sägezahn-Signal genutzt. Alle in dessen Anstiegszeit eintreffenden Messsignal-Impulse werden auf dem Bildschirm dargestellt. Der Start des Sägezahn-Signals erfolgt



für jeden Durchlauf durch den Triggerimpuls. Je geringer die Frequenz des Sägezahns ist, desto mehr Impulse des Signalverlaufs werden dargestellt.

Vertikalablenkung

Die Vertikalablenkung sorgt für die vertikale Positionierung des Strahls in proportionaler Abhängigkeit von der Spannungshöhe des Eingangssignals. Dazu wird dieses über definierte Spannungsteiler (Abschwächer) über einen Vertikalverstärker an die Auslenkmöglichkeiten des Oszilloskops angepasst. Hier wird auch die DC/AC-Eingangskopplung definiert.

AC/DC-Kopplung

Während die DC-Kopplung alle Signale passieren lässt, werden bei AC-Kopplung überlagerte Gleichspannungsanteile abgetrennt. Für die Triggerkopplung stehen darüber hinaus weitere Filter zur Verfügung, die bestimmte Frequenzanteile im Triggersignal ausfiltern bzw. nur diese durchlassen.