

Mini-Oszilloskop selbst gebaut

Oszilloskop-Lernpaket EDU08



velleman®

Ein kleines batteriebetriebenes Oszilloskop ist nicht nur eine willkommene Ergänzung des eigenen Messgeräteparks für mobile Messungen, auch das Lernen und Verstehen über das Messen mit Oszilloskopen wird hier großgeschrieben. Der kleine Bausatz verfügt über ein 64-x-128-Pixel-Display, erreicht eine Abtastrate bis 1 MS/s, kann im Analogbereich bis 100 kHz messen und verfügt über zahlreiche Mess-Features wie Automatikmessung, TrueRMS und Frequenzanzeige.

Infos zum Bausatz
im ELV-Web-Shop
#1406

Elektrische Signale visualisieren

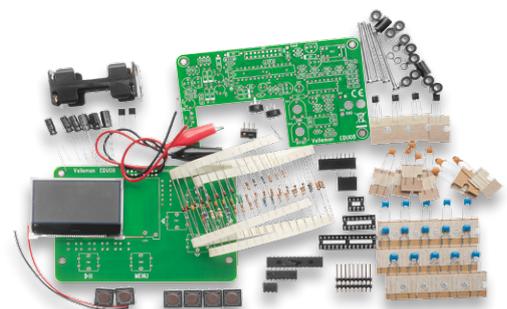
Das ist die klassische Aufgabe eines Oszilloskops – es bereitet Spannungen so auf, dass diese zeitlich und quantitativ auf einem Bildschirm, früher einer Elektronenröhre (Katodenstrahlröhre), heute abgelöst durch LC- oder PC-Displays, optisch auswertbar dargestellt werden. Erst dieses Messgerät, übrigens eines der ältesten Messgeräte der Elektrotechnik/Elektronik, macht es möglich, Signalverläufe detailliert über eine bestimmte Zeit auszuwerten und so Fehler zu finden, Schaltungen und Bauteile zu testen. Früher (und umgangssprachlich heute vielfach immer noch) hieß dieses Gerät noch Oszillograph, was auf die Eigenschaft

hindeutet, Signale quasi schreibend darzustellen. Und tatsächlich arbeiteten die frühen Oszillographen mit einem Schreiber statt einer Katodenstrahlröhre (die gab es noch nicht): entweder wurden mittels eines durch die Spannung ausgelenkten Schreibstifts deren Verlauf und Höhe auf Papier geschrieben oder per Lichtzeiger auf einer Reflektions- und Wiedergabefläche dargestellt.

Heutige Oszilloskope sind wahre Universalmessgeräte, sie stellen nicht nur den Spannungsverlauf dar,

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	EDU08
Analog-Bandbreite:	100 kHz
Abtastrate:	max. 1 MS/s repetitiv, 100 kS/s Echtzeit
Zeitbasis:	10 μ s/DIV bis 500 ms/DIV
Eingangsempfindlichkeit:	100 mV/DIV bis 5 V/DIV
Eingangskopplung:	DC, AC
Max. Eingangsspannung:	30 V _{ss} (AC + DC)
Datenanzeige:	DC, AC + DC, TRMS, dBm, V _{pp} , Min/Max
Spannungsversorgung:	6 V, 4 x LR03 (Micro, AAA)
Abmessungen (B x H x T):	115 x 80 x 14 mm



Lieferumfang des Velleman-Oszilloskop-Lernpakets
LCD-Display EDU08



Bild 1: Oszilloskope gibt es in vielfältigen Formen – vom historischen Katodenstrahl-Oszilloskop bis hin zum App-basierten Messvorsatz für den Tablet-PC.

sondern erfassen auch alle interessierenden sonstigen Parameter des Signals, wie Frequenz/Periode, die Anteile anderer im Signal vorhandenen Spannungsarten, z. B. Restwelligkeit in einem Gleichspannungssignal, Pegel. Sie zeichnen Spitzenwerte auf und sind in der Lage, erfasste Signalverläufe über lange Zeiten aufzuzeichnen, zu speichern und z. B. die Frequenzverteilung in digitalen Signalen darzustellen und mit Rechenalgorithmen zu analysieren. Damit sind wir bereits bei den digitalen Speicheroszilloskopen (DSO), die die Analog-Oszilloskope längst abgelöst haben. Während erstere ihre Stärken bei der rein analog aufbereiteten (im wesentlichen wird das Messsignal verstärkt) Signaldarstellung in absoluter Echtzeit und bei der Signaldarstellungsgüte haben, besticht das DSO mit der Vielfalt der Messmöglichkeiten und Spezialitäten wie der Darstellungsmöglichkeit von sehr langsamen oder sporadisch einzeln auftretenden Signalen. Gleichzeitig steigt aber die Komplexität der Bedienung. Ohne eine Menüführung und Automatikfunktionen wäre ein modernes Oszilloskop kaum mehr beherrschbar. Zumal es dank der modernen, softwaregesteuerten Digitaltechnik wirklich zum Universalgerät geworden ist. So gehören z. B. Logik- und Busanalysatoren heute vielfach zur Ausstattung oder sind wenigstens als Software-Upgrade verfügbar.

Wegen all dieser Vorzüge gehört ein Oszilloskop heute auf jeden Techniker-Tisch, ob im Service, der Entwicklung, der modern ausgestatteten Autowerkstatt oder dem privaten Hobbylabor. Dabei muss ein Oszilloskop nicht unbedingt mehr das große, netzbetriebene Laborgerät mit Bildschirm sein, es kann auch mobil ausgeführt sein, als Vorsatzgerät für einen PC oder ein Tablet-PC daherkommen.

Bild 1 zeigt verschiedene Bauformen von Oszilloskopen vom klassischen Analogoszilloskop bis zum modernen, App-basierten Tablet-Vorsatz.

Mini-Oszilloskope – mehr als ein Spielzeug

Im Zuge der Entwicklung von Mikroprozessoren zu leistungsfähigen Kleinrechnern entstand schon vor einigen Jahren die Idee, diese ebenfalls zum Kernstück eines, wenn auch einfachen Oszilloskops zu machen. So genügt bereits ein AVR- oder ein PIC-Prozessor, um ein Oszilloskop um diesen herum zu bauen. Denn diese haben ja bereits fast alles „an Bord“, was benötigt wird, u. a. leistungsfähige AD-Wandler. So besteht die Peripherie lediglich aus der analogen Signalaufbereitung, einigen Bedienelementen, der Anzeige und der Spannungsaufbereitung. Je nach installierter Rechenleistung und nach Signalaufbereitungsaufwand können hier bereits für Hobby- und Mobilanwendungen recht leistungsfähige, aber preiswerte, mobile Mini-Oszilloskope in der gesamten Bandbreite vom einfachen Oszilloskop auf Arduino-Basis (Bild 2) bis hin zum schon sehr universellen Open-Source-Gerät auf ARM-Basis mit vielen Optionen wie integriertem Signalgenerator, Logikanalysator, FFT-/Spektrumanalyse usw. (Bild 3) entstehen. Auch im ELV-Bausatzprogramm befindet sich ein solches, sehr vielseitiges Gerät, das MDO100 (Bild 4).

So mancher rümpft vielleicht über diese „Kleinen“ verächtlich die Nase: „Es geht nichts über ein ‚richtiges‘ Oszilloskop“. Sicher, in Sachen Analogbandbreite, Datenerfassungsrate, Speicher, Bildschirmgröße und

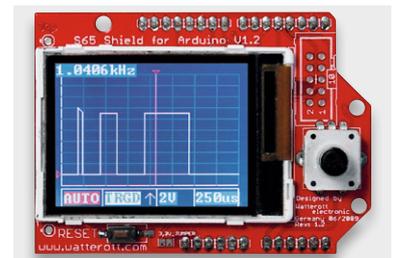


Bild 2: Mini-Oszilloskop aus Arduino und Handy-Display-Shield



Bild 3: Mini-Oszilloskop auf ARM-Prozessorbasis mit Open-Source-Software



Bild 4: Handheld-DSO als ELV-Bausatz – das MDO100

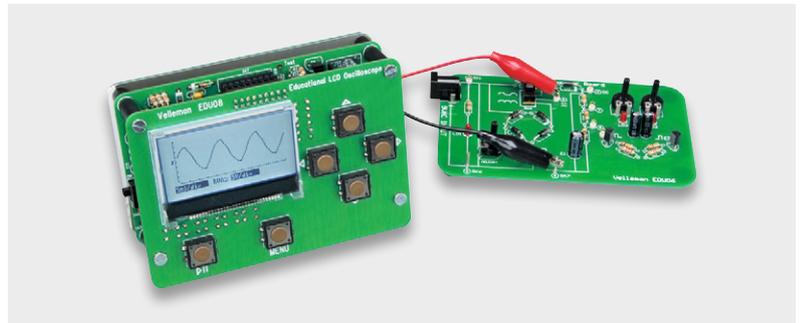


Bild 5: Perfektes Team für die Ausbildung: Mini-Oszilloskop EDU08 und Lern-Kit EDU06



Bild 6: Benutzt den PC als Anzeigegerät – PC EDU09

hochwertiger Analog-Datenaufbereitung können die „Kleinen“ nicht mithalten, sie bewähren sich aber als vorwiegend mobil einsetzbare Allrounder im ihnen zugeordneten Einsatzbereich durchaus. Nicht jeder braucht 150 MHz Bandbreite oder 16 Mpts Speichertiefe, vielfach genügt es, im NF-Bereich messen zu können, digitale Signale im kHz-Bereich erfassen und darstellen zu können, bis hin zur Fehlersuche etwa in der digitalen Modellbahnsteuerung oder am Auto, wie unter „Elektronikwissen“ an einem einfachen Beispiel erläutert.

Damit ist ein solches Mini-Oszilloskop eine praktische Ergänzung zum „großen Oszi“ im Elektroniklabor. Aber auch lange nicht jeder ist in der Lage, sofort Hunderte bis Tausende Euro für ein hochwertiges Oszilloskop auf den Tisch des Händlers zu legen, da ist neben dem Gebrauchtgerät ein Mini-DSO durchaus eine Option für den Einstieg. Apropos Einstieg: Auch für die Ausbildung und die Schule sind derartige Einsteigergeräte eine gute Investition. Sie sind preiswert, fördern meist auch noch den Elektronik-Selbstbau, und das Wichtigste: Man kann quasi alles Grundlegende mit diesen Geräten anstellen, um den Umgang mit Oszilloskopen zu erlernen. Ein Klassensatz ist auch bei den knappen Kassen der Schulen so kein unüberwindliches Hindernis mehr, und es müssen nicht mehr mehrere Auszubildende um die wenigen Geräte sitzen – jeder kann individuell lernen und experimentieren.

Das Lernpaket

Genau hier setzt der hier vorgestellte Bausatz an. Er trägt nicht umsonst die Bezeichnung „EDU“ im Namen. Das EDU-Kit 08 von Velleman versteht sich als Lernpaket, dem der Bausatzhersteller noch ein weiteres Angebot an die Seite gestellt hat – das EDU06-Experimentierkit (Bild 5). Letzteres bietet inklusive Begleitlehrgang, der unter [1] auch in Deutsch zum

Download bereitsteht, alles zum Erlernen der Erfassung und Beurteilung von Wellenformen, von Signalgemischen, zur einfachen Fehlersuche, zum Erlernen von Triggerfunktionen. Wer übrigens eher den PC-Bildschirm als Anzeigegerät bevorzugt, kann das technisch zum EDU08 verwandte EDU09 (Bild 6) einsetzen, hier wird das aufbereitete Signal per USB an den PC ausgegeben und dort mit einer Software sowohl die Anzeige als auch die Bedienung erledigt.

Ob nun mit oder ohne EDU06, mit dem Lernpaket EDU08 kann man, auch dank des mitgelieferten Lernbuchs, nicht nur den Umgang mit dem Oszilloskop erlernen, durch Batteriebetrieb ist das Gerät auch mobil einsetzbar.

Bedienung per Menü

Das Bauheft des Bausatzes vermittelt zunächst die wichtigsten Grundlagen des Oszilloskopierens und erläutert wichtige Begriffe von Abtastrate bis Triggerpegel. Der eigentliche Umgang mit dem Gerät wird zwar im Begleitheft vermittelt, aber lediglich in Englisch. Aber unter [1] findet sich unter dem Titel „usermanual_edu08“ eine mehrsprachige Bedienungsanleitung, die auch einen deutschen Part hat.

Im Auslieferungszustand ist die Software des Mini-Oszilloskops so eingestellt, dass man einfache Messungen sofort ausführen kann.

Nach dem Einschalten erfolgt eine Warnmeldung zur maximal zulässigen Messspannung, die man bestätigen muss, danach erscheint die Grundanzeige (Bild 7). Für einen ersten Test kann man nun den Test-Pin einsetzen, hier wird ein 2-kHz-Signal mit TTL-Pegel ausgegeben (Bild 8).

Die Beschäftigung mit dem Menü des Geräts, das sich über mehrere Bildschirmseiten (Bild 9) verteilt, zeigt die für ein solch einfaches Gerät recht umfangreichen Einstellmöglichkeiten, die in der Bedienungsanleitung Punkt für Punkt erklärt werden. Hier verbergen sich auch die Mess-Modi für die AC-DC-Messung, die Spitzen- und Extremwertanzeige sowie die dBm-Pegelanzeige. Besonders angenehm für die genaue Auswertung ist die Cursorsteuerung (Markers/Show), mit der sich im Signalbild genaue Zeiten, Spannungsbereiche und Frequenzen ermitteln lassen. Durch



Bild 7: Die Grundanzeige mit Anzeigefeld, Cursors, Daten- und Funktionsanzeigen

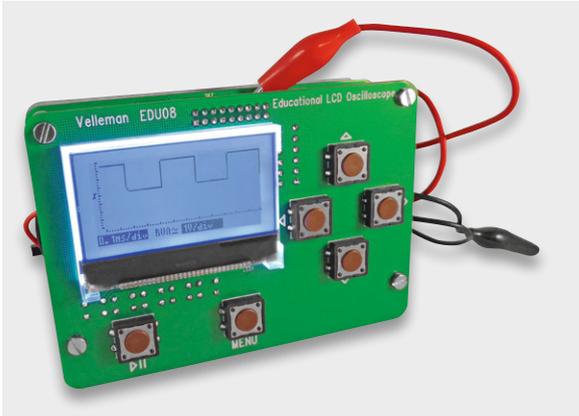


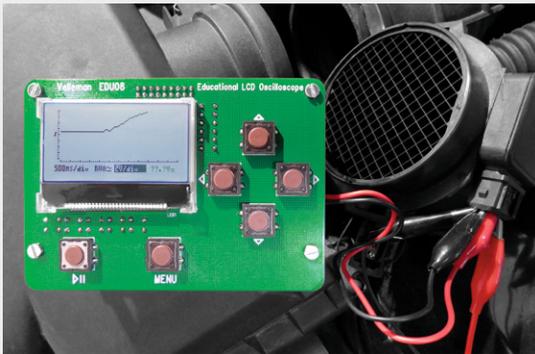
Bild 8: Der erste Funktionstest kann über den eingebauten Testsignal-Ausgang vorgenommen werden

Volt/Div	AUTO Volt	Measure	None
Time/Div	AUTO time	Markers	U2 t2,f2
Coupling	≈ DC	Show	Time mark
Trigger	AUTO Trg	Run Mode	Run
Trg Slope	↗ Rising	Contrast	3
Adjust	t-V/div	Eco Mode	On

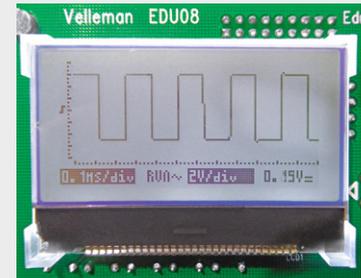
Bild 9: Alle Voreinstellungen erfolgen über zwei Menüseiten

das Menü ist das Gerät bei Messungen sehr simpel über nur sechs Tasten zu bedienen, die sonst an Oszilloskopen zu findenden zahlreichen Drehsteller finden sich hier als vielfach einstellbare Menüpunkte, so die Horizontal- und Vertikalsteuerung sowie die Triggerung.

Dem folgen in der Bedienungsanleitung eine ganze Reihe einfacher Übungen, die sehr gut in den praktischen Umgang mit dem Messge-



Die Messung des Sensorsignals an einem Luftmassensensor



Signalbild an einem Kurbelwellensensor

Fehlersuche mit dem Mini-Oszilloskop am Auto

Landläufig herrscht vielfach die Meinung, dass moderne, mit Steuergeräten und Sensoren bestückte Autos die eigene Fehlersuche und Reparaturen verhindern. Hier geht der praktische Elektroniker mit einem ganz anderen Ansatz heran, nämlich dem, dass alles, was da unter dem Blechkeid steckt, auch nur von Menschen erdacht und erbaut, ergo nachvollziehbar ist.

Mit ein wenig Grundwissen über die Funktionen der einzelnen Baugruppen sowie per Internet über einschlägige Foren und private Seiten zugänglichen Informationen zu Sensoren, Steuergeräten und Reparaturen, mit einem möglichst „tief“ ins System gehenden OBD-Scanner und geeigneter Messtechnik, wie dem hier besprochenen, mobilen Mini-Oszilloskop, kommt man den meisten Fehlern selbst auf die Spur und kann so oft sogar teure Werkstattaufenthalte vermeiden und dem dort leider immer einmal praktizierten, sinnbefreiten Wechsel von teuren Baugruppen nach dem MUP-Prinzip (MUP – Methode des unbekümmerten Probierens) entgehen. Zumindest hat man mehr Kontrolle über das, was vielleicht unvermeidlich zur Instandsetzung ansteht.

Die meisten Ausfälle betreffen, nach dem Akku als Störenfried Nummer Eins, Störun-

gen in der Verkabelung durch mechanische oder klimatische Einflüsse bzw. normalen Verschleiß, dem folgen sofort in der Reihe Störungen an Sensoren. Wie man hier eine quasi Null-Euro-Reparatur recht einfach ausführen kann, soll das folgende Praxis-Beispiel zeigen.

Der treue Reihensechszylinder des Autos schüttelte sich nach dem Starten und nahm zeitweise schlecht Gas an. Also das OBD-Diagnosegerät angeschlossen, das prompt den Schuldigen tief aus der Fehlerspeicherung holte: den Luftmassenmesser. Der sitzt hinter dem Luftfilter, ist Bestandteil der Motorsteuerung, registriert die angesaugte Luftmenge über einen Heißfilmwiderstand, und ist im Fall eines Ausfalls kein ganz billiges Ersatzteil. Also erst einmal den Luftmassenmesser ausgebaut, an 12 V angeschlossen, das EDU08 an den Signalausgang gelegt und über dieses den Spannungsverlauf beim Testen darstellen lassen. Im „Leerlauf“ muss bei diesem Bauteil eine geringe Spannung um 0,4 V ausgegeben werden, bläst man aus der Ansaugrichtung in das Sensorgehäuse hinein, steigt die Spannung auf 4 bis 5 V. Genau dies konnte bequem mit dem Mini-Oszilloskop verfolgt werden, somit schied der Sensor als Schuldiger aus.

Als Fehlerursache stellte sich schließlich nach weiterem Messen ein Kabelbruch der Signalleitung hinter dem Anschlussstecker heraus – ein teurer Werkstattbesuch war eingespart!

Auf eine solch einfache Weise kann man viele Sensoren, Geber usw. überprüfen. Denn mit dem mobilen Oszilloskop ist die Kontrolle eines kontinuierlichen Signalverlaufs deutlich übersichtlicher für die Analyse als die auch mögliche Messung mit einem Digital-Multimeter, das ja bei schnelleren Signalpegelwechseln, wie im zweiten oben gezeigten Beispiel der Messung an einem Kurbelwellensensor, wertlos ist. Der Form halber allerdings muss an dieser Stelle der Hinweis erfolgen, dass man Reparaturen an fahrsicherheitsrelevanten Bauteilen wie Lenkung und Bremsen immer in die Hände von dazu ausgebildeten Fachleuten geben sollte.

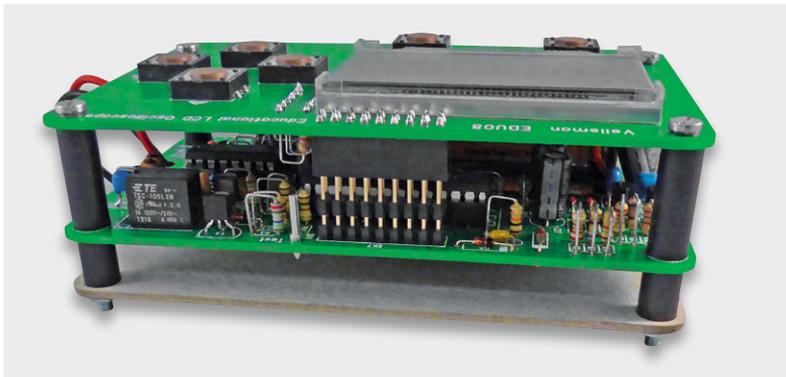


Bild 10: Der Aufbau des Geräts erfolgt in Sandwichbauweise.



Bild 11: Als Alternative zu den mitgelieferten Messleitungen ist auch ein normaler Oszilloskop-Tastkopf einsetzbar.

rät einführen. Insbesondere wird sich hier u. a. dem Umgang mit den Triggermöglichkeiten sowie der Erfassung von Einzelsignalen (Single) gewidmet – das für Einsteiger wohl am schwierigsten zu erlernende Thema.

Die Technik

Kommen wir aber nun zur Technik, die in dem kleinen LCD-Oszilloskop steckt. Anhand der technischen Daten kann man bereits dessen Leistungs-Eckdaten und Messmöglichkeiten ersehen. Möglich wird dies durch einen recht leistungsfähigen PIC-Mikrocontroller, flankiert von einer einfachen Analogsignalaufbereitung, einigen wenigen Bedientasten und einem beleuchteten LC-Display mit 64 x 128 Bildpunkten. Das in Sandwichbauweise aufgebaute Gerät (Bild 10) besteht aus zwei mit Abstandhaltern verbundenen, selbst zu bestückenden Platinen, einer Schutzabdeckung für die Rückseite, einer Batteriebox für vier Microbatterien (AAA/LR03) sowie zwei einfachen Messleitungen. Diese genügen bei vielen Aufgaben, wer hier im privaten Bereich eine komfortablere Lösung haben will, kann auch einen normalen Oszilloskop-Tastkopf (Bild 11) anschließen.

Schaltungstechnik

Bild 12 zeigt das Schaltbild des Mini-Oszilloskops, das wir baugruppenweise betrachten wollen. Zentrales Bauelement ist, wie beschrieben, ein PIC-Mikrocontroller des Typs PIC18F26J11 von Microchip. Er verfügt über einen leistungsfähigen 10-Bit-AD-Wandler, 64 kB Flash-Speicher und genügend Ports, um alle Aufgaben, einschließlich schneller Parallelansteuerung des Displays, mit einem Chip lösen zu können.

Das Gerät wird über den Batterieanschluss SK5/6 mit 6 V versorgt, der Spannungsregler VR1 erzeugt daraus die für den Betrieb des Mikrocontrollers und des Displays benötigte 3,3-V-Spannung, die übrigen Bausteine werden direkt mit 6 V versorgt.

Das Messsignal wird über SK1/2 eingespeist, über T2 und RL1 erfolgt vom Mikrocontroller aus die Umschaltung zwischen AC- und DC-Eingangskopplung. Das sich daran anschließende Spannungsteiler-/Filternetzwerk aus R11, R15, R19, R25, R29 sowie C1 bis C1 wird, ebenfalls vom Mikrocontroller gesteuert, durch den Multiplexer IC1 umgeschaltet. Hiermit erfolgt die Anpassung des Eingangssignals, sodass in jedem später bei der Bedienung gewählten Spannungsbereich die richtige Höhe des Eingangssignals durch den Multiplexer ausgegeben wird. Die vom

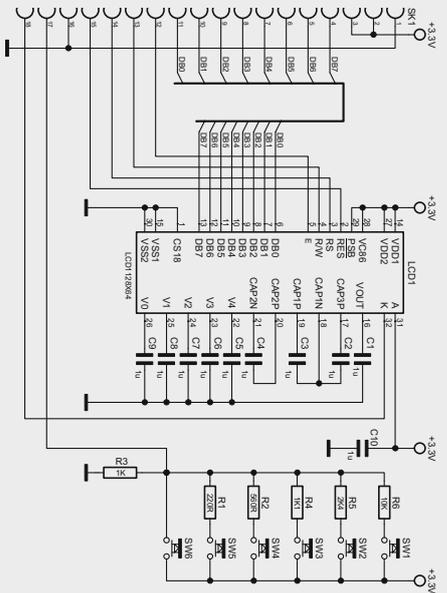


Bild 12a: Das Schaltbild des EDU08, Display-Platine

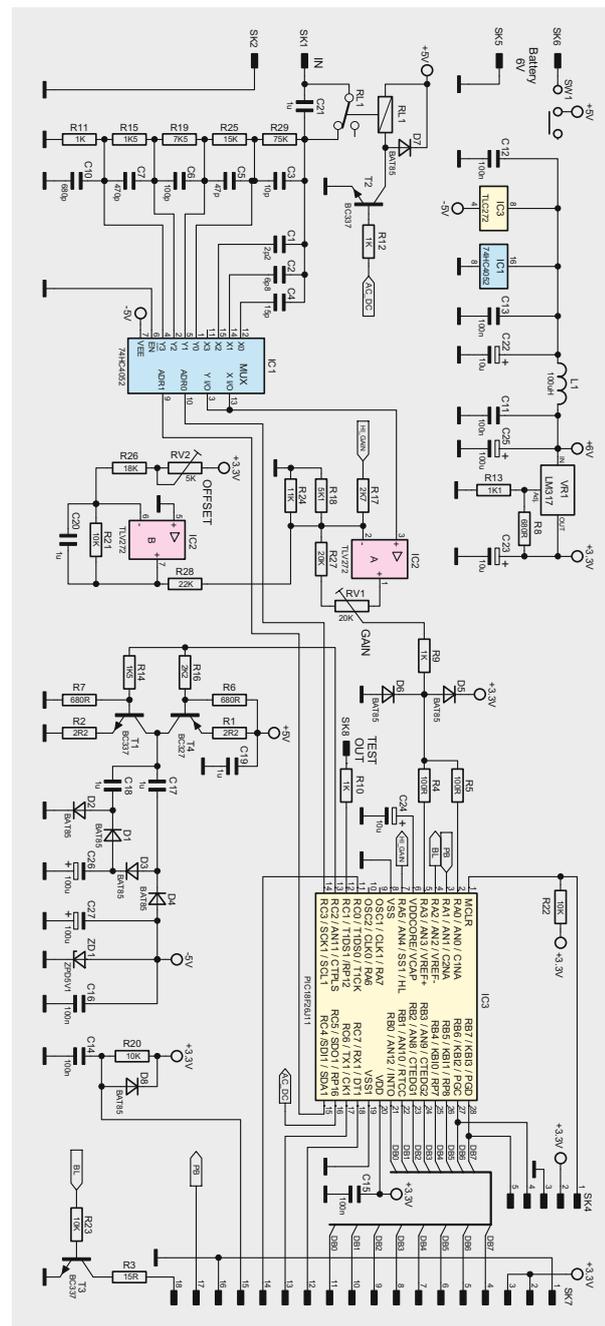


Bild 12b: Das Schaltbild des EDU08, Hauptplatine

Multiplexer zusätzlich benötigte negative Spannung VEE wird aus der vom Mikrocontroller angesteuerten Negativ-Spannungserzeugung mit T1, T4 sowie D1 bis D4 erzeugt. ZD1 sorgt für eine Stabilisierung der -5V. Auch der Vorverstärker IC2A wird entsprechend der Vorgabe des Mikrocontrollers im Betrieb eingestellt, mit RV1 wird im Zuge der Inbetriebnahme anhand einer Vergleichsspannung die Grundverstärkung eingestellt.

Mit RV2/IC2B erfolgt ebenfalls einmalig bei der Inbetriebnahme der Offsetabgleich des Signals auf Null Volt, die hier eingestellte Offsetspannung steuert ebenfalls den Pin 2 (Verstärkungseinstellung) von IC2A.

Über R9, R4 und R5 gelangt die so passend auf den Eingangspannungsbereich des AD-Wandlers im Mikrocontroller aufbereitete Messspannung auf den AD-Wandler des PICs.

An Pin 12 des Mikrocontrollers wird über den Schutzwiderstand R10 und SK8 ein Testsignal ausgegeben, das man an jedem Oszilloskop findet. Es hat eine Frequenz von 2 kHz, dient dem ersten Test des Geräts und kann auch für die Kompensation eines eventuell angeschlossenen Tastkopfs herangezogen werden.

Das Display LCD1 wird parallel angesteuert, dessen Beschaltung mit C1 bis C9 sorgt für interne Spannungsumsetzungen. Die Hintergrundbeleuchtung des Displays wird vom Mikrocontroller aus über T3 zu- und automatisch 10 Minuten nach der letzten Messung abgeschaltet.

Bleibt schließlich noch die Bedientastergruppe mit SW1 bis SW6. Den Tastern ist ein Spannungsteiler aus R1 bis R6 zugeordnet, sodass je nach gedrücktem Taster dem Analogeingang AN1 des Mikrocontrollers eine definierte Spannung zugeführt wird und der Controller daraus bestimmen kann, welche Taste gedrückt ist.

Aufbau

Das mitgelieferte Bauheft zeigt den Aufbau samt Illustrationen, sodass auch Elektronikeinsteiger diesen bewältigen können.

Der Aufbau erfolgt auf zwei Platinen, dabei ist die Display-Platine doppelseitig zu bestücken. Die Bestückung erfolgt durchgängig mit THT-Bauteilen (through-hole technology), also herkömmlichen bedrahteten Bauteilen. Eine feine Lötspitze ist von Vorteil, da die Lötunkte des Displays eng beieinander liegen. Bild 13 zeigt die bestückten Platinen. Die Widerstände sind, wie dort zu sehen, senkrecht mit abgewinkeltem Anschluss zu bestücken.

Wir beginnen mit der Display-Platine und bestücken die Bauteile auf deren Rückseite. Bei der 18-poligen Buchsenleiste ist darauf zu achten, dass der Kunststoffkörper plan auf der Platine sitzt. Die Kondensatoren müssen exakt bis an den vorgegebenen Knick in die Platine eingesetzt werden, da sie sonst später das Einlegen des Batteriehalters behindern könnten.

Dem folgen die Bestückung der Taster sowie des Displays auf der Vorderseite. Bei Letzterem ist wieder auf plane Lage der Kunststofffassung auf der Platine zu achten, dabei nicht auf das Display selbst drücken! Das Verlöten der Anschlüsse auf der Platinenrückseite muss sorgfältig erfolgen, da dort der Stiftabstand gering ist. Es empfiehlt sich, hier anschließend mit einer Lupe auf Lötbrücken zu kontrollieren.

Auf der Hauptplatine beginnt die Bestückung mit den niedrigen, liegend zu bestückenden Bauteilen (Dioden, 100-nF-Kondensatoren, Drossel L1). Bei den Dioden ist die Polarität zu beachten, die Katode ist auf Bauteil und Bestückungsdruck mit einer Strichmarkierung gekennzeichnet.

Dem folgen die weiteren Kondensatoren, die Transistoren (Einbaulage durch Bestückungsdruck markiert), die Trimmer, die IC-Fassungen sowie das Relais. Bei der Bestückung des Schalters SW1 ist auf plane Lage des Gehäuses auf der Platine zu achten.

Mit der polrichtigen Bestückung der Elkos (Achtung: Am Elko ist der Minuspol durch eine Strichmarkierung gekennzeichnet, auf der Platine hingegen der Pluspol markiert) und dem Einsetzen und Verlöten der 18-poligen Stiftleiste (lange Kontakte zeigen nach oben) sowie des Testpins wird die Bestückung abgeschlossen.

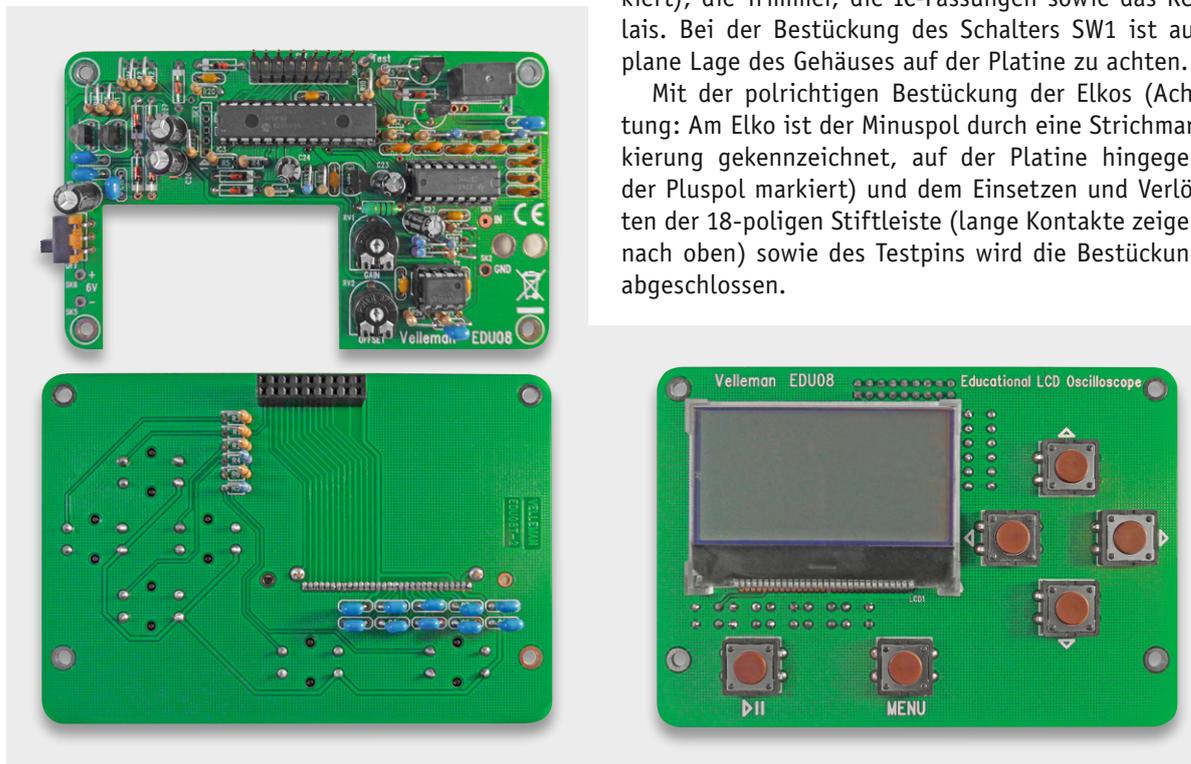


Bild 13: Die beiden komplett bestückten Platinen des Mini-Oszilloskops, unten die beiden Seiten der Displayplatine, darüber die Hauptplatine



Nachdem nun noch die drei ICs polrichtig entsprechend der Markierung im Bestückungsplan eingesetzt sind, erfolgt noch der Anschluss der Leitungen für den Batteriekasten sowie der Messleitungen. Letztere sind zur Zugentlastung zu fixieren wie im Bild 14 gezeigt. Die beiden beliegenden Leitungen für den Anschluss des Batteriehalters sind auf 3 mm abzuisolieren, zu verzinnen und polrichtig in der Platine und am Batteriehalters zu verlöten.

Abschließend erfolgt die Montage der Platinen. Dazu sind zunächst, wie in Bild 15 zu sehen, die vier Schrauben von der Frontseite der Display-Platine aus einzusetzen und darauf jeweils zwei der Kunststoff-Distanzhülsen zu setzen.

Bevor man die Hauptplatine montiert, ist diese, wie in Bild 16 gezeigt, auf die Innenseite der Papp-Rückwand aufzulegen und der Ausschnitt für den Batteriehalter nachzuzeichnen. Denn dieser wird später in der Aussparung der Hauptplatine sitzen und per Klett-Klebeband an der Rückwand befestigt.

Dem folgt das vorsichtige Aufsetzen der Hauptplatine auf die mit den Schrauben und Distanzhülsen versehene Display-Platine, wobei die Hauptplatine kopfüber so aufzusetzen ist, dass die Stifte der Stiftleiste gerade in die Buchsenleiste geführt werden. Anschließend sind hier wieder vier Distanzhülsen aufzusetzen.

Bevor man nun die Rückwand aufsetzt, ist zentral innerhalb der zuvor aufgetragenen Markierung sowie auf dem Batteriehalter ein Stück Klett-Klebeband aufzukleben (Bild 17). Danach folgen das Aufsetzen der Rückwand auf die Schrauben sowie das Aufsetzen des mit vier Micro-AAA-Batterien polrichtig bestückten Batteriehalters auf die Rückwand. Das Aufsetzen und Verschrauben der vier Muttern schließt die Montage ab. Bild 18 zeigt das so fertig montierte Gerät.

Abgleich

Um die Genauigkeit des Analogteils zu erhöhen, ist mittels der Trimmer „Offset“ und „Gain“ eine Grundeinstellung vorzunehmen. Dazu wird eine 1,5-V-Batterie benötigt, deren genaue Spannung mit einem Multimeter auszumessen ist. Anschließend erfolgen entsprechend der Anleitung im Bauheft des Bausatzes der Abgleich des Offsets auf 0 V sowie die genaue Einstellung des Eingangsspannungsverstärkers (Gain) anhand der bekannten Spannung. Danach kann das Gerät in Betrieb gehen. **ELV**

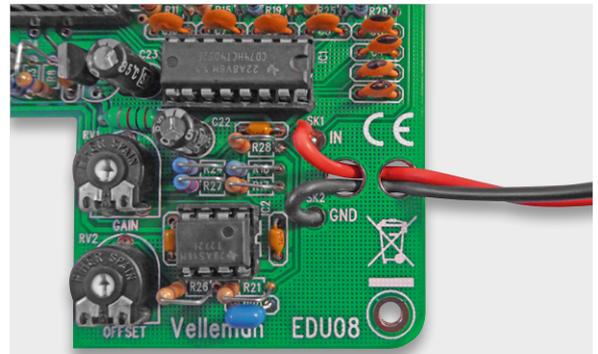


Bild 14: Die Messleitungen sind wie hier gezeigt zur Zugentlastung durch die Platinenlöcher zu führen.

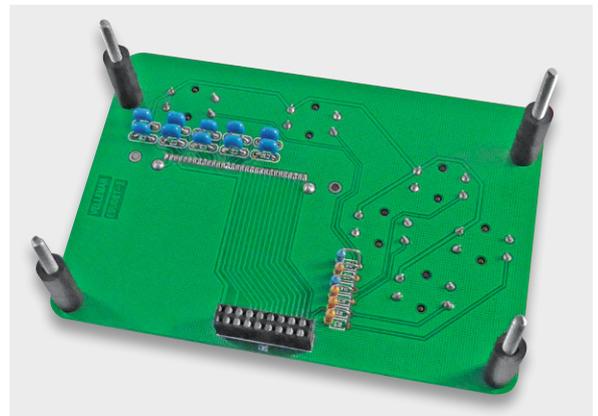


Bild 15: So sind Befestigungsschrauben und Distanzhülsen einzusetzen.

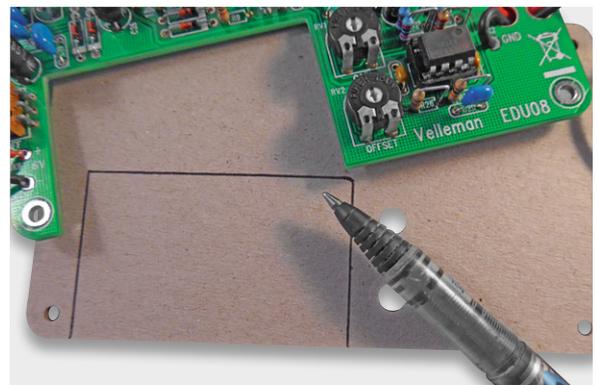


Bild 16: Um den genauen Montageplatz für den Batteriehalter zu bestimmen, wird der Platinenausschnitt auf die Rückwand übertragen.



Bild 17: So werden die mitgelieferten Klett-Klebebandstücke auf die Rückwand und den Batteriehalter aufgebracht.

Passende Produkte	Best.-Nr.	Preis
Mini-Digital-Speicheroszilloskop MDO100, Komplettbausatz	CD-10 35 59	€ 59,95
Velleman Oszilloskop-Lernpaket EDU06, Bausatz	CD-11 45 78	€ 19,95
Velleman Oszilloskop-Lernpaket für PC EDU09, Bausatz	CD-12 01 56	€ 39,95

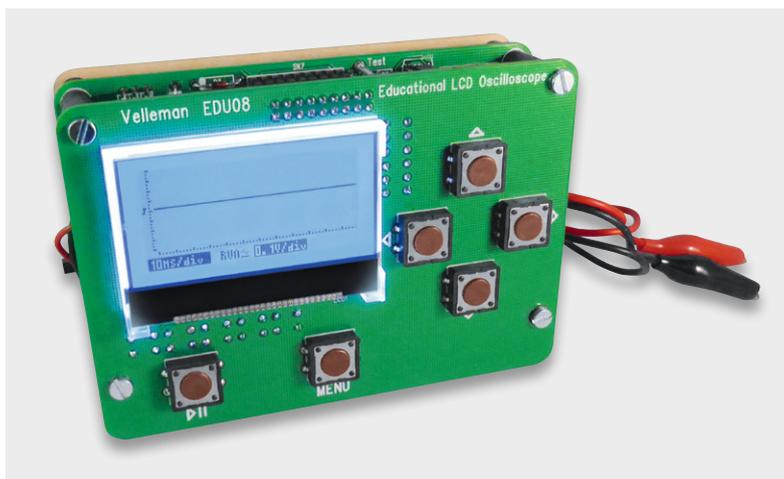


Bild 18: Das fertig montierte und betriebsbereite Gerät



Weitere Infos:

[1] Weitere Dokumente zum EDU08
<http://www.velleman.eu/support/downloads/?code=EDU08>