

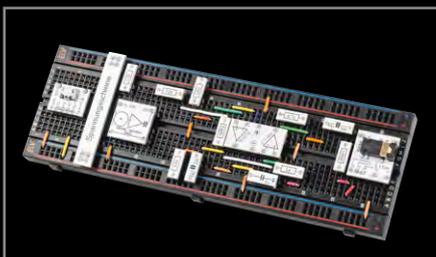


Professionell experimentieren leicht gemacht

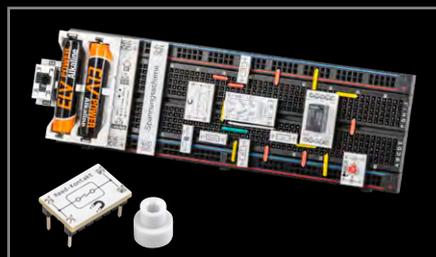
Prototypenadapter PAD-PRO-EXSB



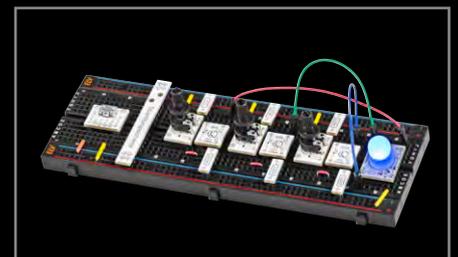
Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset



Audioverstärker mit MEMS-Mikrofon

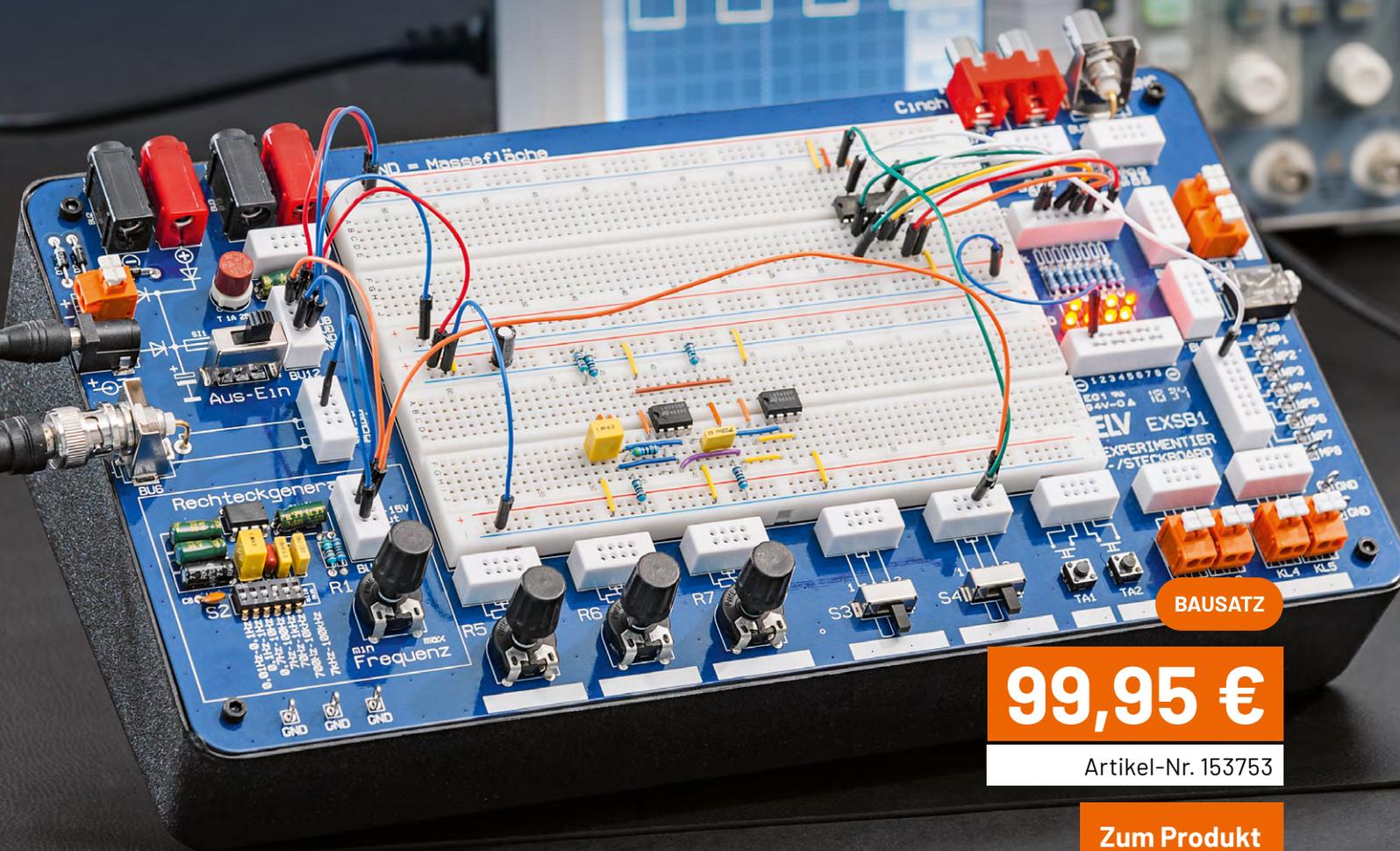


Reed-Kontakte: Berührungslos schalten



LEDs richtig ansteuern

Experimentier-Experte



BAUSATZ

99,95 €

Artikel-Nr. 153753

Zum Produkt

Abm. (B x H x T): 310 x 110 x 173 mm, Gewicht: 780 g

Wertvoller Laborhelfer

Experimentier-/Steckboard EXSB1

ELV

- Steckboard-Feld mit 2x 830 Kontakten
- 3 Spannungseingänge (4-mm-Bananenbuchsen, Klemmleiste, Hohlsteckerbuchse, 2,1 x 5,5 mm), gegeneinander entkoppelt, mit wechselbarer Sicherung abgesichert, zentral schaltbar
- Rechteckgenerator mit ICM7555, 0,01 Hz bis 100 kHz, 7 Frequenzbereiche wählbar, Frequenzfeineinstellung
- 8 universell einsetzbare LEDs mit Vorwiderständen
- 3 Potentiometer, 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω
- 8 Messpunkte, 5 Massepunkte (Lötösen)
- 2 Umschalter, 2 Taster, 8 DIP-Schalter
- 2x BNC-Buchse, 2x Cinch-Buchse, 4x Klemmleiste, 1x Stereo-Klinkenbuchse (3,5 mm), 2x 4-mm-Bananenbuchse
- Einfache Benutzung: Anschlussbelegung auf der Platine aufgedruckt

Zum Fachbeitrag

Lieber Elektronik-Freund,

egal, ob Sie gerade Ihre ersten Schritte in der spannenden Welt der Elektronik gehen oder zu den erfahrenen Technikern gehören, wir alle kennen es doch: Eine Idee für eine Schaltung ist schnell geboren, doch der Aufbau kostet Zeit – vor allem, wenn gelötet werden muss. Genau hier setzt das Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO an!

Mit einem Steckboard und diesem vielseitigen Set können Sie Bauteile einfach per Steckverbindung kombinieren und sofort loslegen, statt aufwendig zu löten. Perfekt für Experimente, Prototypen oder um grundlegende Erfahrung mit verschiedenen Schaltungen zu sammeln.

Die umfassenden Möglichkeiten des Prototypenadapter-Sets haben wir Ihnen bereits in vielen Artikeln in unserem ELVjournal vorgestellt. Nun bündeln wir dieses Wissen in zwei Sonderausgaben, als geballtes Nachschlagewerk und für den perfekten Einstieg in die Arbeit mit dem Experimentierset.

Während wir im ersten Heft auf das Set im Allgemeinen eingegangen sind, geht es jetzt ans Eingemachte: In zehn Beiträgen zeigen wir Ihnen spannende Beispielschaltungen, die Sie direkt nachbauen oder nach Ihren Wünschen anpassen können. Von einfachen Grundschaltungen bis hin zu komplexeren Projekten finden Sie zahlreiche Anregungen für Ihre Experimente. So macht das Tüfteln einfach Spaß!

Viel Spaß beim Lesen und Ausprobieren – und bleiben Sie neugierig!



Heinz-G. Redeker

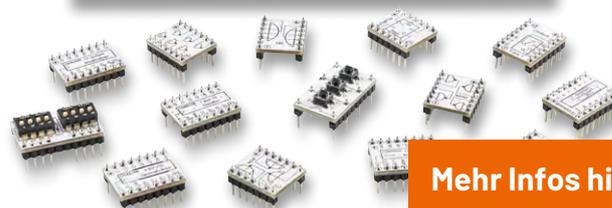
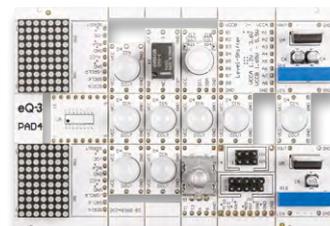
Prof. Heinz-G. Redeker

EXPERIMENTIEREN für Profis



Prototypenadapter (PAD) sind ein praktisches Hilfsmittel zum professionellen Experimentieren auf dem Breadboard. Denn viele elektronische und mechanische Bauteile sind nicht Breadboard-kompatibel – die Anschlussdrähte sind zu dünn, zu kurz, zu lang, zu flexibel, nicht im Rastermaß oder haben die falsche Ausrichtung.

Prototypenadapter lösen dieses Problem. Auf ihnen sind die Bauteile jeweils auf einer kleinen Platine untergebracht, die wiederum über Stiftleisten verfügt, die in die Buchsenleisten der Steckboards passen. Die aufgedruckte Anschlussbelegung der Bauteile ist ein zusätzliches Plus bei den Prototypenadaptern. Um kompliziertere Bauteile nutzen zu können, ist in der Regel ein Anschlussschema erforderlich, z. B. aus einem Datenblatt mit entsprechendem Schaltbild. Bei der Verwendung eines Prototypenadapters ist die Pinbelegung hingegen auf der Platinenoberfläche aufgedruckt. Das erleichtert das Arbeiten sowohl mit komplexen als auch einfachen Bauteilen.



[Mehr Infos hier](#)

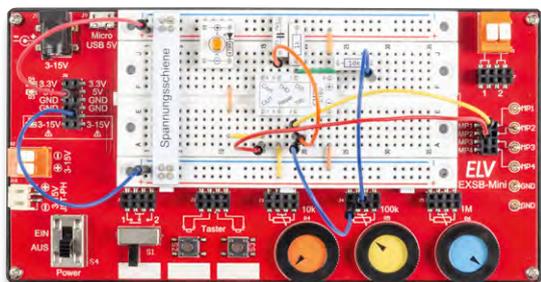
Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Das Prototypenadapter-Professional-Experimentierset enthält alle wichtigen Bauteile für Experimentierschaltungen auf Steckboards oder ELV Experimentierboards (EXSB1 und EXSB-Mini). Es umfasst passive und aktive Bauteile im PAD-Format, Steckbrücken, Steckkabel, eine Pinzette und einen Ohrhörer. In diesem E-Book werden Beispielschaltungen vorgestellt, die fortlaufend im ELVjournal erweitert werden.



6

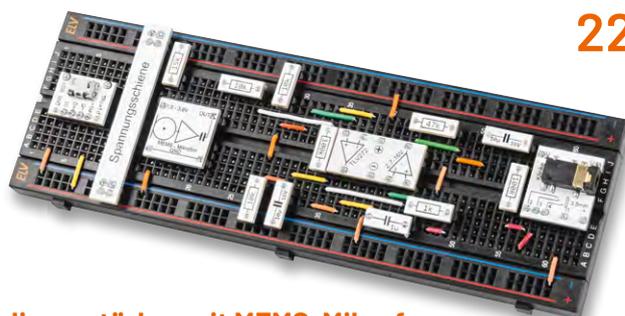
Das Set ist sehr gut geeignet für zahlreiche Experimente und kann auch auf normalen Steckboards verwendet werden. Unser erstes Beispiel behandelt den Timerbaustein ICM7555 und die Schaltung „Treppenlichtautomat“, die sich leicht umsetzen lässt.



30

NE555-Grundsaltungen

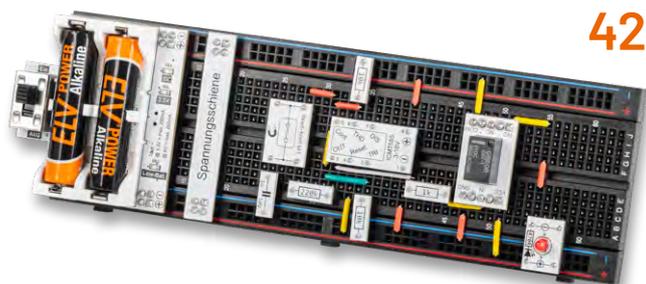
Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Grundsaltungen des Timerbausteins NE555 (ICM7555), der ein Klassiker in der Elektronik ist und für Oszillator- und Zeitverzögerungsschaltungen genutzt wird. Es werden verschiedene Grundsaltungen wie Oszillator, Monoflop und PWM-Generator behandelt, die mithilfe der Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini oder eines Steckboards aufgebaut werden können.



22

Audioverstärker mit MEMS-Mikrofon

Die Schaltung bietet eine praktische Einführung in die Audioverstärkung und die Verwendung moderner Mikrontypen. Sie eignet sich hervorragend für Lern- und Experimentierzwecke im Bereich der Audioelektronik. Die Schaltung kombiniert ein modernes MEMS-Mikrofon mit einem zweistufigen Operationsverstärker und ermöglicht das Abhören des verstärkten Mikrofonsignals über einen Ohrhörer.



42

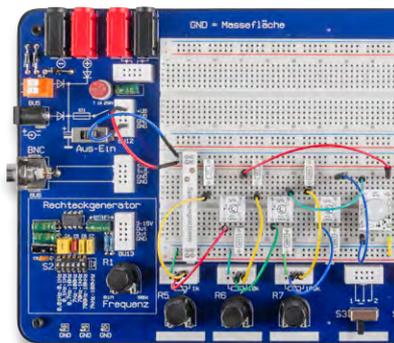
Reed-Kontakte: Berührungslos schalten

Dieser Artikel beschäftigt sich mit Reed-Kontakten, die auf magnetische Felder reagieren. Wir zeigen praxisnahe Beispiele für deren Einsatz in Schaltungen und Experimenten.

LEDs richtig ansteuern

In diesem Teil erklären wir neben den Grundlagen, wie man LEDs richtig ansteuert, die Funktion einer Stromquelle oder Stromsenke anhand von Schaltungsbeispielen mit Transistoren oder OPs, die Helligkeitssteuerung von LEDs und den Aufbau eines Farbwechslers mit RGB-LEDs.

48



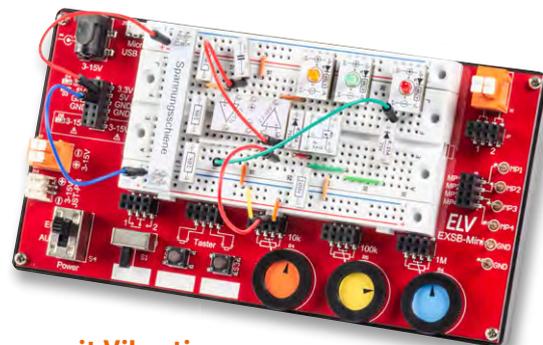
62



Komparatorschaltungen mit Operationsverstärkern

In diesem Beitrag beschäftigen wir uns mit Komparatorschaltungen, die mithilfe von Operationsverstärkern realisiert werden. Anhand praxisnaher Beispiele zeigen wir, wie diese Schaltungen funktionieren.

56



Alarmanlage mit Vibrationssensor

Diese Beispielschaltung demonstriert die grundlegende Funktionsweise einer Alarmanlage mit Vibrationssensor und kann als Ausgangspunkt für komplexere Systeme dienen.

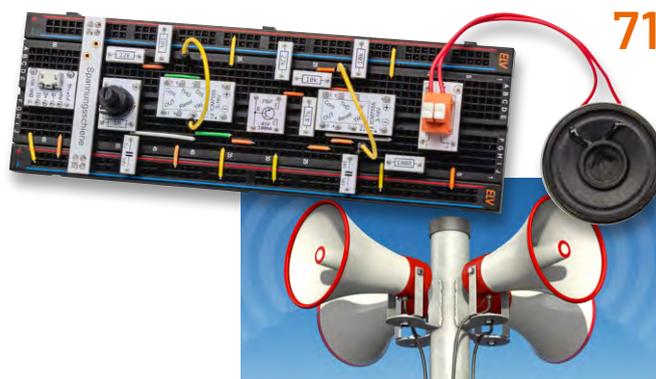
92



Prototypenadapter Professional Linear/Opto 1

Dieses Set umfasst fertig aufgebaute PAD-Module aus den Bereichen Linear und Opto. Neben Operationsverstärkern und Transistoren enthält das aus 82 Bauteilen bestehende Set z. B. auch Leuchtdioden und eine Fotodiode.

71



Aufbau einer Kojak-Sirene

Die „Kojak-Sirene“ ist ein beliebter Klassiker unter den Hobbyschaltungen, die den charakteristischen Heulton amerikanischer Polizeisirenen nachahmt. Diese Schaltung erfreut sich seit den 1970er-Jahren großer Beliebtheit bei Elektronikbastlern.

77



Experimente mit der Fotodiode BPW34

Die BPW34 ist eine moderne und vielseitige Alternative zu herkömmlichen LDRs und eignet sich hervorragend für Experimente und praktische Anwendungen in der Elektronik. Anhand von Beispielschaltungen (Dämmerungsschalter und IR-Tester) erklären wir den praktischen Einsatz dieser Fotodiode.

86



Prototypenadapter-Sets Kondensatoren und Widerstände

Die Sets PAD-PRO-K1/W1 beinhalten fertig aufgebaute Prototypenadapter mit Widerständen, Trimmern sowie keramischen Kondensatoren und Elkos für den schnellen Aufbau von Experimentier- und Prototypenschaltungen.



Professionell experimentieren

Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Das Prototypenadapter-Professional-Experimentierset umfasst die wichtigsten Bauteile, um Experimentierschaltungen auf einem Steckboard oder einem der ELV-Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini aufzubauen. Neben passiven und aktiven Bauteilen im PAD-Format (Prototypenadapter-Format) sind auch Steckbrücken und Steckkabel sowie eine Pinzette und ein Ohrhörer vorhanden. Begleitet wird das Set von Beispielschaltungen, die fortlaufend im ELVjournal vorgestellt werden.



Bild 1: Eine stabile Sortierbox sorgt für Ordnung.

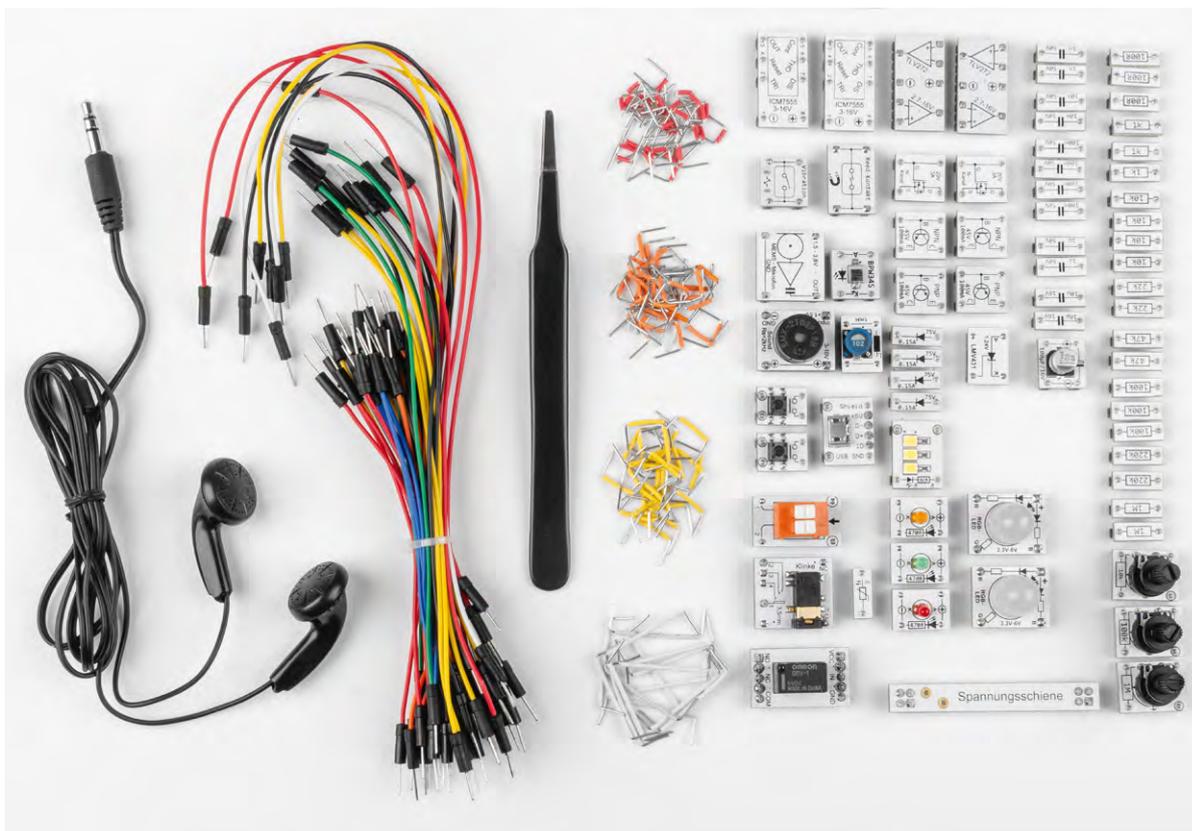
All-in-one

Auf vielfachen Kundenwunsch bieten wir nun mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB u. a. für unsere Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini ein Bauteilset und begleitende Anleitungen für zahlreiche Experimente an. Das Set kann auch auf „normalen“ Steckboards Verwendung finden.

Es handelt sich bei diesem Set um eine Zusammenstellung der wichtigsten und gängigsten Bauteile aus dem allgemeinen Bereich der Elektronik. Neben Halbleitern, Widerständen und Kondensatoren sind auch zahlreiche Sensorbauteile wie z. B. ein Lichtsensor, ein Vibrationssensor oder auch ein Reed-Kontakt vorhanden. Für Audioschaltungen sind ein MEMS-Mikrofon und ein Ohrhörer integriert.

Ein weiterer Vorteil des Sets ist, dass man keine Steckbrücken und Steckkabel zukaufen muss, da diese im Set enthalten sind. Eine Pinzette erlaubt das einfache Einsetzen und Entfernen von Steckbrücken. **Bild 1** zeigt die hochwertige und stabile Sortierbox, in der alle im Set enthaltenen Bauteile – im Detail zu sehen in **Bild 2** – untergebracht sind.

Bild 2: Alle im Set enthaltenen Bauteile



Steckboards

Zum Aufbau der Schaltungen wird ein Steckboard benötigt. Hier bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Im einfachsten Fall kann ein „normales“ Steckboard verwendet werden. Diese können, wie in [Bild 3](#) (oben) zu sehen ist, auch kombiniert werden, um so die nutzbare Fläche zu vergrößern. Der untere Teil von [Bild 3](#) zeigt eine aufgebaute Schaltung mit unseren PAD-Modulen. Statt der PAD-Module kann man auch konventionelle, bedrahtete Bauteile verwenden. Der Nachteil: Die Anschlussdrähte sind bei einigen Bauteilen (vor allem Widerständen) relativ dünn, sodass hier kein guter Kontakt zustande kommt.

Wesentlich komfortabler ist die Verwendung eines Experimentierboards wie dem EXSB1 [1] ([Bild 4 links](#)) oder dem EXSB-Mini [2] ([Bild 4 rechts](#)). Sie sind genau für diesen Anwendungsfall ausgelegt und bieten einige Vorteile. So sind z. B. häufig benötigte Bedienelemente wie Potentiometer, Schalter, Taster sowie Ein- und Ausgangsklemmen auf dem Board vorhanden, ebenso eine Spannungsversorgungseinheit mit unterschiedlichen Eingangsvarianten. Dies ermöglicht den Anschluss unterschiedlicher Spannungsversorgungen wie Labornetzteile, Steckernetzteile oder Batterien (über einen Batteriehalter).



Bild 3: oben: Kombinierte Steckboards; unten: Schaltung auf einem Steckboard

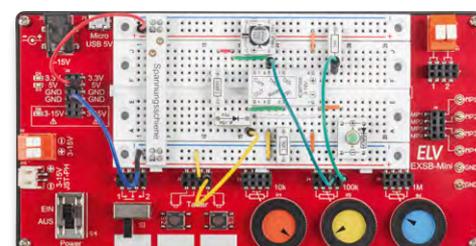
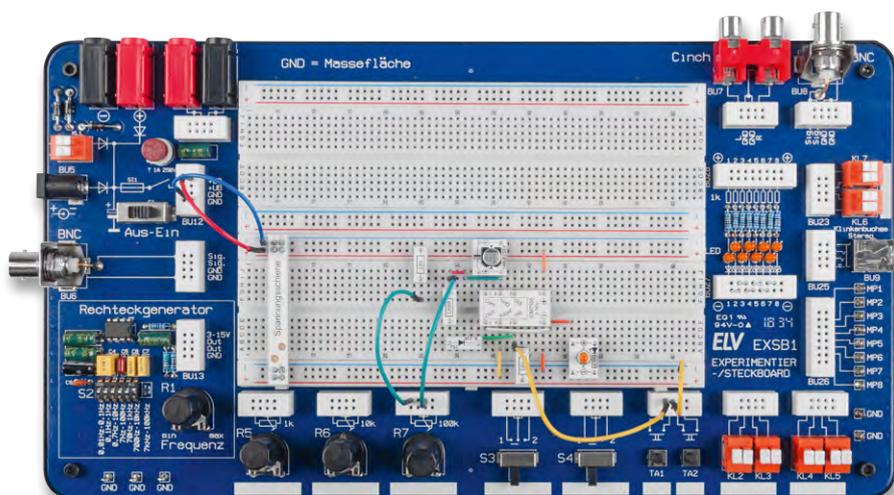


Bild 4: EXSB1 und rechts EXSB-Mini

Das Set

Hier wollen wir nun die im Set enthaltenen Bauteile im Detail vorstellen. Dabei geht es um die grobe Funktion der einzelnen Komponenten und nicht um Grundlagen der Elektronik. Grundlagenkenntnisse sollten eigentlich Voraussetzung für das Experimentieren mit diesem Set sein. Fangen wir mit den elektronischen Komponenten an.

Operationsverstärker

Dieser universell einsetzbare Operationsverstärker (OP) zeichnet sich vor allem durch seinen weiten Versorgungsspannungsbereich von 2,7V bis 16V aus. Weitere Features sind: geringer Stromverbrauch und damit auch für den Batteriebetrieb geeignet, ein Frequenzbereich (GBW – gain-bandwidth) bis 3 MHz sowie Rail-to-Rail-Ausgänge. Der Begriff Rail-to-Rail bedeutet, dass die Ausgangsspannung bis an die Versorgungsspannungsgrenzen reichen kann. Diese Möglichkeit ist bei Standard-Operationsverstärkern u. U. eingeschränkt.

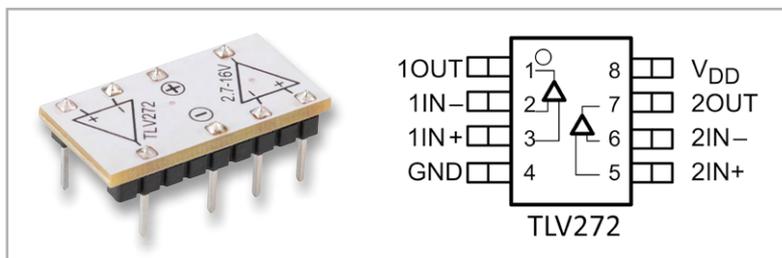


Bild 5: PAD-Modul (links), Anschlusschema TLV272 (rechts)

Kurzum: Der TLV272 ist ein Multitalent, der für vielseitige Aufgaben verwendbar ist. Dies können Schaltungen aus dem Bereich Audio oder auch der Messtechnik sein. In dem IC-Gehäuse sind zwei separate OPs untergebracht. Bild 5 zeigt die Operationsverstärkerplatine (CM-IC-TLV272), Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Daten.

CM-IC-TLV272-B

Typ:	2-fach-OP TLV272
Spannungsversorgung (V_{DD}):	2,7-16 V
Stromaufnahme (I_B):	550 μ A
Ausgangsstrom (I_{OUT}):	100 mA
Frequenz (GBW):	3 MHz
Offsetspannung (V_{IO}):	5 mV
Anwendungsbereiche:	Solartechnik, Messtechnik, universell
Besonderheiten:	Rail-to-Rail-Ausgang, niedrige Stromaufnahme, für Batteriebetrieb geeignet, CMOS-Eingänge

Tabelle 1

Transistoren NPN, PNP und MOSFET

Es stehen drei unterschiedliche gängige Transistorvarianten zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um NPN-, PNP- und MOSFET-Transistoren. Wie bei PAD-Modulen üblich, ist die Anschlussbelegung und Beschriftung von oben auf den Platinen aufgedruckt (Bild 6). Die genaue Typenbezeichnung der verwendeten Transistoren befindet sich nicht auf der Platinenoberseite, sondern auf der Platinenunterseite. Für unsere Versuchsaufbauten ist entscheidend, um welchen Typ es sich handelt – also NPN, PNP oder MOSFET. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Daten der Bauteile dargestellt.

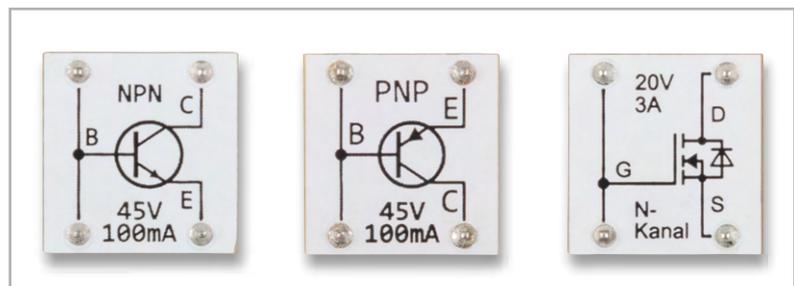


Bild 6: Die drei unterschiedlichen Transistortypen NPN, PNP und MOSFET (von links)

CM-TB-BC8x7C-A/CM-TF-IRML2502PbF-A

Typ	BC847C	BC857C	IRLML2502
Technologie	NPN	PNP	N-Kanal MOSFET
Betriebsspannung U_{CE}/U_{DS}	45 V	45 V	20 V
Strom I_C/I_D	100 mA	100 mA	3A
$R_{DS(on)}$	-	-	0,045 Ω
Frequenz (f_c)	300 MHz	300 MHz	1 MHz
Verstärkung HFE	420-800	420-800	-
P_{TOT}	0,25 W	0,25 W	0,8 W
Besonderheiten	Universal Bipolar-Transistor Audio, HF und Sensorik		MOSFET-Schalttransistor

Tabelle 2

Timerbaustein

Der ICM7555 und damit das entsprechende PAD-Modul (Bild 7) ist ein integrierter Timerbaustein, der seit Jahrzehnten in zahlreichen Schaltungen und Geräten zum Einsatz kommt. Dank seiner analogen Technik und seines einfachen Aufbaus ist dieses Bauteil sehr leicht einzusetzen. Hauptanwendungsgebiete sind Timerschaltungen und alles, was mit Zeitverzögerungen und einfachen Oszillatoren zu tun hat.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktion mit zahlreichen Anwendungsbeispielen findet man beim ELV-Bausatz NE555-EXB [3]. Aber auch das Internet ist reich an Informationen zu diesem IC. Der hier verwendete ICM7555 ist der Nachfolger des NE555 oder besser gesagt die stromsparende CMOS-Version. Von der Funktion her sind beide Bauteile identisch. Hat man die Funktion erst einmal verstanden, muss man kein Elektronikexperte sein, um damit einfache Schaltungen realisieren zu können. Tabelle 3 zeigt die wichtigsten technischen Daten des ICM7555.

Tabelle 3

CM-IC-ICM7555

Funktion:	CMOS-Timerbaustein
Typ:	ICM7555
Betriebsspannung (U_B):	3-16 V
Stromaufnahme (I_B):	60 μ A (ohne Last)
Ausgangsstrom (I_{OUT}):	100 mA
Frequenz ($f_{max.}$):	500 kHz

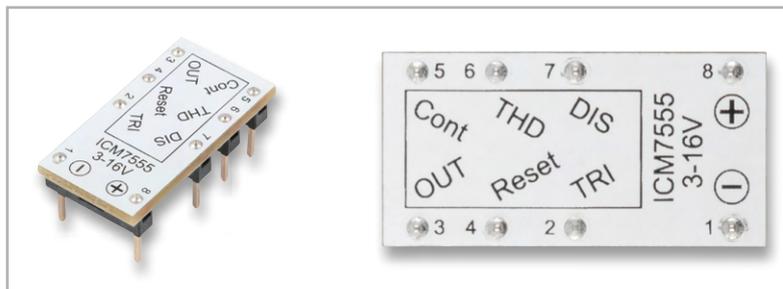


Bild 7: Das PAD-Modul mit dem ICM7555

Wie man im Blockschaltbild (Bild 8) erkennt, besteht dieser IC aus einem Flipflop und einem Fensterkomparator, der mit zwei Operationsverstärkern (Komparatoren) realisiert ist.

Das Flipflop wird über die internen Eingänge S (Set) gesetzt und über R (Reset) zurückgesetzt. Diese Steuereingänge sind von „außen“ nicht zugänglich, sie werden indirekt über die Komparatoren angesteuert.

Lediglich über den Pin 4 (Reset) kann ein genereller Reset durchgeführt werden. Die Komparatoren sind mit Spannungsteilern (R_1 - R_3) so beschaltet, dass die Schaltschwellen bei $1/3$ bzw. $2/3$ der Betriebsspannung liegen. Über die Spannungseingänge „Threshold“ und „Trigger“ erfolgt die indirekte Steuerung des Flipflops. Steigt die Spannung am „Threshold“ auf über $2/3$ von U_B , wechselt der Komparatorausgang (A) auf High-Pegel und setzt das Flipflop zurück. Der untere Komparator (B) überwacht die Spannung am Anschluss „Trigger“, dessen Schaltschwelle bei $1/3$ von U_B liegt. Da der Triggereingang mit dem negativen Eingang des Komparators (B) verbunden ist, wechselt der Ausgang dieses Komparators beim Unterschreiten der Schaltschwelle ($1/3$) am Eingang „Trigger“ auf High-Pegel und setzt somit das Flipflop.

Das Flipflop besitzt einen „Q“- und einen „/Q“-Ausgang. Ist das Flipflop gesetzt, liegt „Q“ auf High- und der andere Ausgang „/Q“ auf Low-Pegel. Im Blockschaltbild sieht man, dass der /Q-Ausgang über einen Inverter zum Anschluss (Output) führt. An den /Q-Ausgang ist über den Widerstand R_4 ein Transistor T1 angeschlossen, der primär zum Entladen eines Kondensators in der Anwenderschaltung gedacht ist. Diese Funktion wird später in der Schaltungsbeschreibung für die jeweilige Beispielschaltung erklärt.

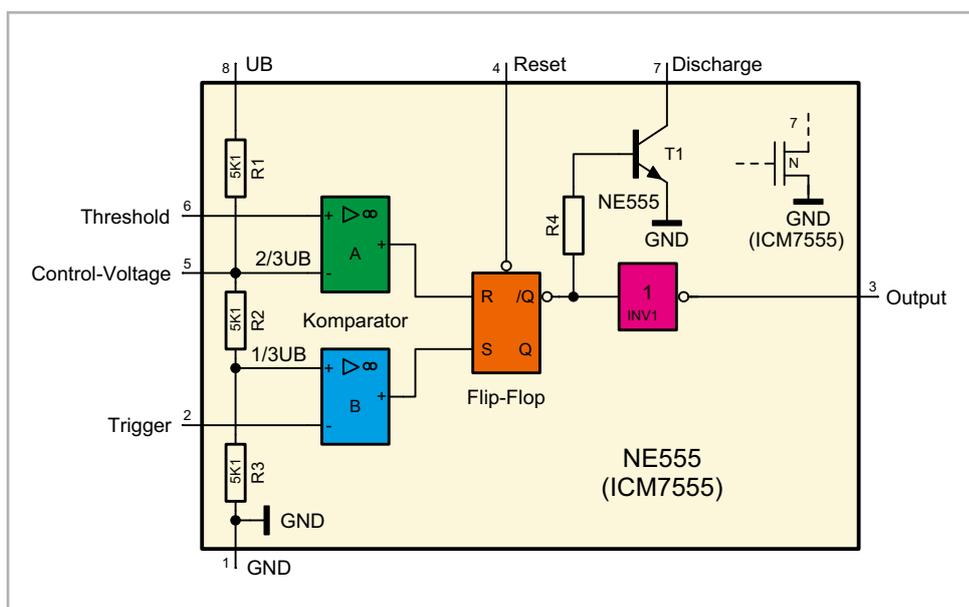


Bild 8: Das Blockschaltbild des NE555/ICM7555

Shunt-Regler LMV431

Der LMV431 ist ein sogenannter Shunt-Regler – und stellt ein etwas ungewöhnliches, aber interessantes Bauteil dar (Bild 9). Die Funktionsweise ähnelt der einer Z-Diode: Eine Spannungsquelle wird so weit belastet, bis sich über einem Vorwiderstand die gewünschte Spannung einstellt. Überflüssiger Strom wird, wie bei einer Z-Diode auch, parallel abgeleitet, was natürlich nicht wirtschaftlich ist.

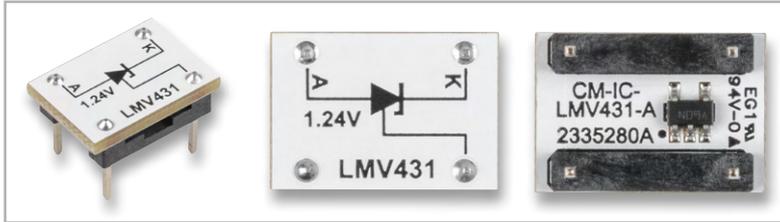


Bild 9: Die PAD-Platine des CM-IC-LMV431 (Shunt-Regler)

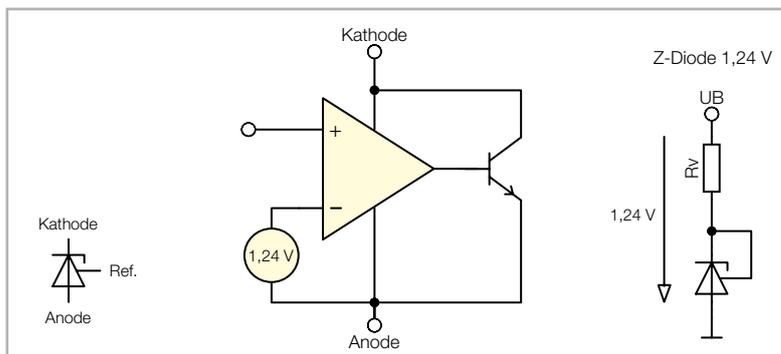


Bild 10: Das Blockschaltbild des LMV431

Wie man im Blockschaltbild (Bild 10) erkennt, besitzt der LMV431 drei Anschlüsse: Anode, Kathode und Referenz. Eine interne Spannungsreferenz von 1,24 V ist mit dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers verbunden. Der Ausgang steuert einen NPN-Transistor, dessen Kollektor zugleich mit der Versorgungsspannung verbunden ist. Dieser Anschluss wird als Kathode bezeichnet. Verbindet man nun diese Kathode mit dem Eingang „Referenz“ (Ref.), geschieht Folgendes: Der Operationsverstärker regelt den Ausgang so lange nach, bis die Spannung am Referenzeingang identisch mit der Referenzspannung ist. Allerdings muss ein Widerstand (R_v) vorgeschaltet werden.

Man hat nun eine Z-Diode mit einer Spannung von 1,24 V, die sehr genau ist, was bei einer normalen Z-Diode nicht der Fall ist. Das Besondere ist, dass man mithilfe des Referenzeingangs und eines Spannungsteilers jede beliebige Spannung zwischen 1,24 V und 30 V generieren kann. Die genaue Funktionsweise werden wir anhand von Schaltungsbeispielen erklären. Unter [4] kann das Datenblatt des LMV431 heruntergeladen werden, die wichtigsten technischen Daten sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4

CM-IC-LMV431-A

Typ:	LMV431A
Referenzspannung:	1,24 V ($\pm 1\%$)
max. Spannung (K):	30 V
max. Strom (K-A):	30 mA

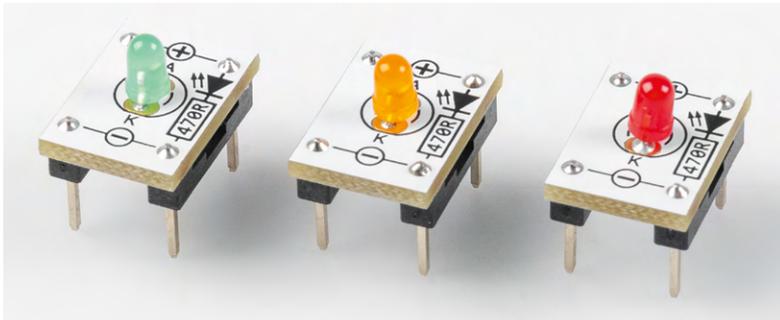


Bild 11: Klassische Einzel-LEDs in Grün, Orange und Rot

LEDs

Es stehen drei unterschiedliche LED-Varianten zur Verfügung: die klassische Einzel-LED in unterschiedlichen Farben (Bild 11) sowie ein LED-Cluster und zwei RGB-LEDs, die jeweils eine rote, grüne und blaue LED integriert haben (Bild 12).

Bei der RGB-LED handelt es sich hierbei um eine Variante mit gemeinsamer Anode, bei der die Anoden der drei einzelnen LEDs miteinander verbunden sind. Dieser Anschluss wird mit der Versorgungsspannung (+) verbunden, während die einzelnen

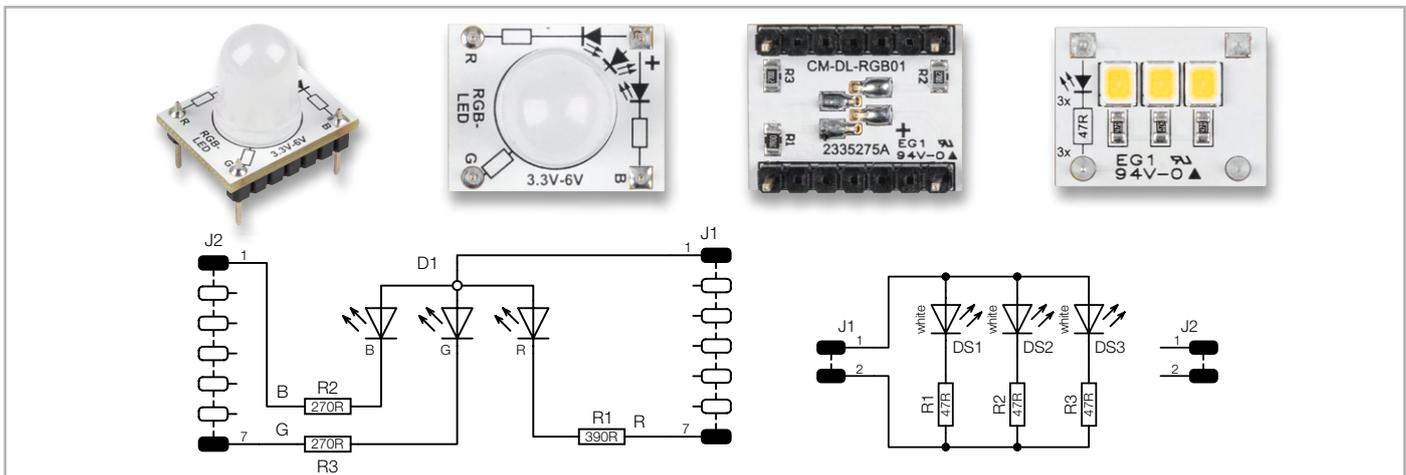


Bild 12: Fotos und Schaltbild der Platine CM-DL-RGB01 mit der RGB-LED und dem LED-Cluster (CM-DL-W01)

Kathodenanschlüsse über Widerstände mit Masse (-) verbunden werden.

Unser Modul (CM-DL-RGB01) hat die notwendigen Vorwiderstände schon integriert (siehe Bild 12). Die Vorwiderstände sind für eine Versorgungsspannung von 3,3 V bis 6 V ausgelegt. Bei Verwendung mit höheren Spannungen sind entsprechende Vorwiderstände, je nach gewünschter Spannung, in Reihe zu jedem Kathodenanschluss zu schalten. Bei 12 V müsste z. B. ein zusätzlicher Widerstand von 680 Ω und bei 24 V ein Widerstand von 2,2 k Ω vorgeschaltet werden.

Bei den Einzel-LEDs sind ebenfalls Vorwiderstände integriert. Der Widerstand hat einen Wert von 470 Ω und erlaubt so den Betrieb an Spannungen bis 12 V, was einen LED-Strom von ca. 6 bis 20 mA entspricht. Bei größeren Versorgungsspannungen sollte zusätzlich noch ein Widerstand in Reihe geschaltet werden (ca. 1 bis 2,2 k Ω).

Auf der Cluster-LED (Bild 12, rechts) befinden sich drei parallel geschaltete SMD-LEDs in Weiß. Hier sind die LED-Vorwiderstände etwas kleiner, sodass die LEDs heller leuchten. Das LED-Cluster dient in erster Linie als Signalleuchte und kann z. B. für einen LED-Flasher genutzt werden.

Diode

Als Diode kommt in diesem Set die bekannte Standarddiode 1N4148 zum Einsatz. Diese Diode ist universell einsetzbar und für kleine bis mittlere Ströme ausgelegt.

Auf der PAD-Platine (Bild 13) ist diese Diode mit 75 V/0,15 A beschriftet. Die genaue Typenbezeichnung befindet sich auf der Platinenunterseite.

Vertikal: Tabelle 5

CM-DG-151-A

Typ:	1N4148W
Technologie:	Silizium
Betriebsspannung (U_R):	75 V
Strom (I_F):	150 mA
Leistung (P_{TOT}):	350 mW

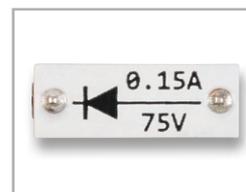


Bild 13: Die Diode 1N4148

Bild 14: Der Helligkeits-/Lichtsensor BPW34S



Fotodiode

Der hier zum Einsatz kommende Lichtsensor BPW34S (Bild 14) ist eine Fotodiode und besteht aus einem lichtempfindlichen Halbleiter. Trifft Licht auf den frei liegenden PN-Übergang (Sensorfläche) des Halbleiters, wird ein elektrischer Strom erzeugt.

Diese lichtempfindlichen Halbleiter reagieren nicht nur auf sichtbares Licht, sondern auch auf Licht im IR- oder UV-Bereich. Somit kann der Sensor z. B. für einen Dämmerungsschalter oder als IR-Detektor für einen Fernbedienungstester eingesetzt werden. Bild 15 zeigt die Kennlinie im Bezug zur Wellenlänge vom Licht.

Schaut man sich das Schaltbild (Bild 14) vom CM-SB-01 an, bemerkt man einen zusätzlichen Widerstand R1. Dieser Widerstand ist für die Funktion nicht relevant, sondern hat eine Schutzfunktion.

Hintergrund: Die Fotodiode kann in Flussrichtung durch einen zu hohen Strom zerstört werden. Der Widerstand R1 begrenzt den Strom bei Fehlbeschaltung der Fotodiode, sodass diese nicht zerstört wird.

In Tabelle 6 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.

Vertikal: Tabelle 6

CM-SB-01

Typ:	BPW34S(SMD)
Lichtspektrum:	430–1100 nm
Durchbruchspannung:	60 V
Erfassungswinkel:	$\pm 60^\circ$
Fotostrom:	> 55 μ A

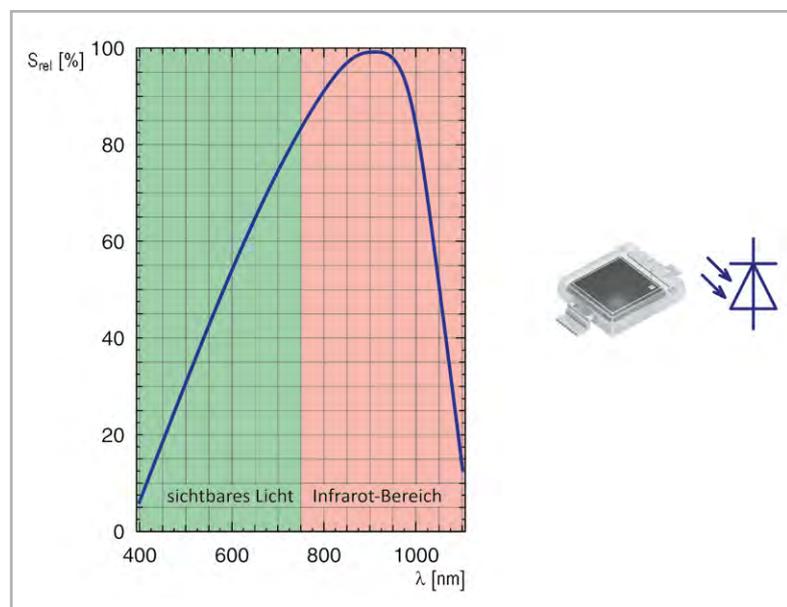


Bild 15: Kennlinie des BPW34S

Vibrationssensor

Der Prototypenadapter Vibration (Bild 16) ist ein Schalter, der auf Erschütterung bzw. Bewegung reagiert. Wie so ein Sensor aufgebaut ist, zeigt die Zeichnung im unteren Teil von Bild 16. Im Inneren des Sensors

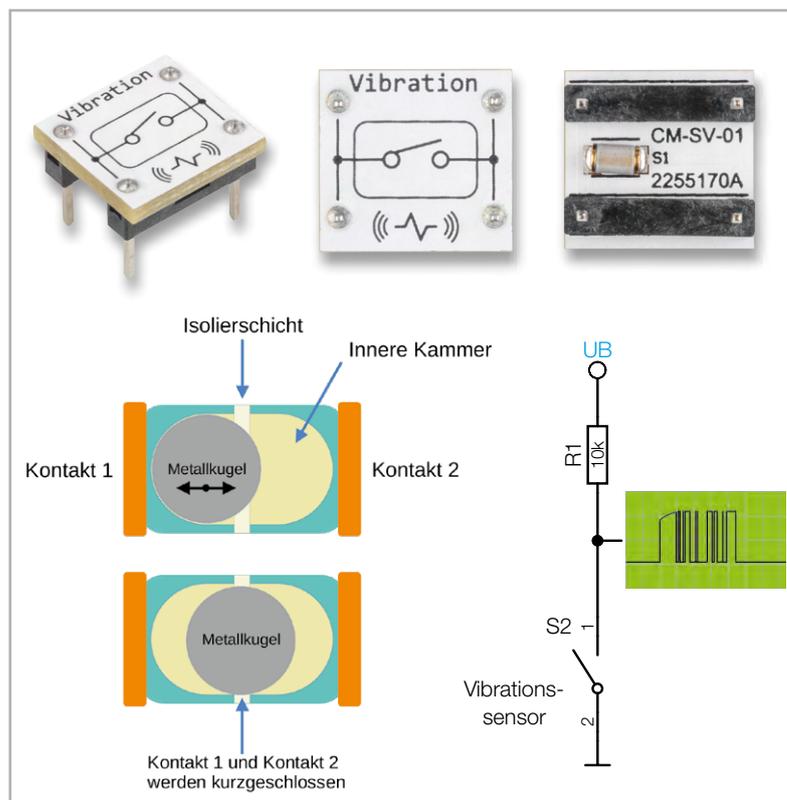


Bild 16: Platine und Funktionsweise des Vibrationssensors

befindet sich in einer hermetisch abgeschlossenen Kammer eine kleine Metallkugel, die sich in dieser Kammer bewegen kann. Die Kammer setzt sich aus zwei metallischen, leitenden Teilen zusammen, die jeweils einen Schaltkontakt bilden. In der Mitte sind diese beiden Kontakte gegeneinander isoliert. Die Metallkugel kann sich in einem gewissen Maß in der Kammer hin- und herbewegen. Beim Erreichen der Isolierschicht, also in der Mitte der Kammer, werden die beiden Kontakte durch die Metallkugel kurzgeschlossen. Bei Bewegung rollt die Kugel in der Kammer immer über diese Isolierschicht und schließt dabei die beiden Kontakte für einen kurzen Moment.

Mit solchen Kontakten können z. B. Alarmanlagen für Fahrräder gebaut werden. Die Auswertung ist allerdings nicht so einfach, denn man möchte ja die Empfindlichkeit verändern können. Eine simple Grundschaltung ist in Bild 16 (unten rechts) dargestellt. Für eine komfortable Empfindlichkeitseinstellung ist allerdings mehr Aufwand nötig. Diese Auswerteschaltung wird dann in dem entsprechenden Anwendungsbeispiel erklärt. In Tabelle 7 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.

Tabelle 7

CM-SV-01

Typ:	CSX-SEN-180A
Sensor:	mechanischer Kontakt
Spannung:	0,5-24 V
Strom:	10 mA max.

Reed-Kontakt

Ein Reed-Kontakt ist ein Schalter, der auf Magnetfelder reagiert. In der Regel wird mit einem Permanentmagnet der Schalter aktiviert, indem dieser in die Nähe des Reed-Kontakts gebracht wird. In Bild 17 sind der Aufbau und die Funktionsweise dargestellt. In einer hermetisch

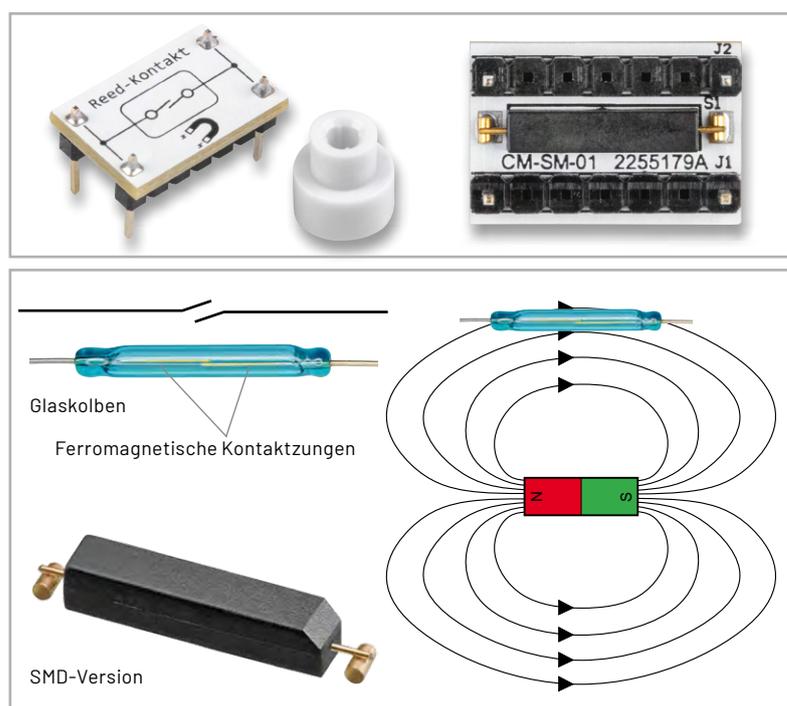


Bild 17: Platine und Funktionsweise des Reed-Kontakts

abgeschlossenen Glasröhre befinden sich zwei ferromagnetische Kontaktzungen, deren Enden sich gegenüberliegen. Die empfindlichen Kontakte sind in der Glasröhre vor äußeren Einflüssen geschützt. Der Abstand zwischen den beiden Kontakten ist minimal und mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen. Durch ein Magnetfeld bewegen sich die Kontakte aufeinander zu, wodurch berührungslos ein Schalter betätigt werden kann. Bestes Beispiel hierfür sind Alarmkontakte für Türen und Fenster. Da der Schaltkontakt gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt ist, gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten wie etwa Sensoren in der Automobilindustrie, z. B. als Drehimpulsgeber für ABS-Sensoren. Um die Funktion testen zu können, liegt der Platine ein kleiner Testmagnet bei, der einfach von oben auf die Platine aufgelegt wird und so den Reed-Kontakt aktiviert. Der Testmagnet besteht aus zwei Teilen, die noch zusammengesetzt werden müssen (Bild 18).



Bild 18: So wird der Testmagnet zusammengesetzt.

MEMS-Mikrofon

Diese Modulplatine ist mit einem MEMS-Mikrofon ausgestattet. Das Mikrofon ist in der sogenannten MEMS-Technologie (Micro-Electro-Mechanical Systems) [5] aufgebaut. Nicht nur die mechanischen Abmessungen, sondern auch die technischen Daten sind überzeugend. So zeichnen sich MEMS-Mikrofone durch einen hohen Signal-Rausch-Abstand, hohe Empfindlichkeit und den sehr geringen Stromverbrauch aus. Wie man im Schaltbild (Bild 19) erkennt, ist auf der Platine die notwendige Peripherie (zwei Kondensatoren) vorhanden. Der Kondensator C1 dient zur Glättung der Versorgungsspannung, während C2 als Kopplungskondensator am Ausgang dient. Man sollte jedoch unbedingt auf die maximale Versorgungsspannung achten. Eine zu hohe Spannung von mehr als 3,6 V könnte zur Zerstörung des Mikrofons führen. In Tabelle 8 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.

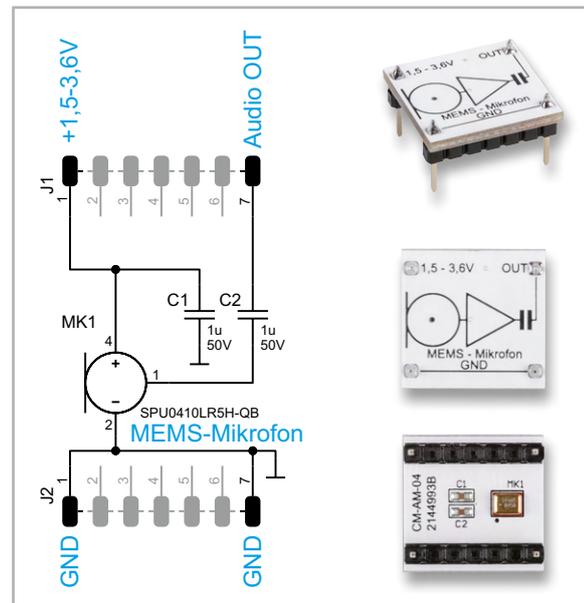


Bild 19: Schaltbild und Platine des MEMS-Mikrofons

Tabelle 8	CM-AM-04	
	Typ:	MEMS (SPU0410LR5H-QB/Knowles)
	Versorgungsspannung:	1,5-3,6 V
	Stromaufnahme:	0,16 mA max.
	Frequenzgang:	100 Hz bis 80 kHz
	Ausgangsimpedanz:	400 Ω
	Abm. Platine (B x T):	18 x 15,3 mm

Sound-Transducer

Der Sound-Transducer ist ein elektroakustisches Bauelement, das wie bei einem Lautsprecher akustische Signale wiedergeben kann. Dieses Bauteil sollte nicht mit einem Piezo verwechselt werden, denn im Gegensatz zum Piezo besitzt der Transducer eine Schwingspule aus Kupferdraht, hat also einen ohmschen Widerstand. Um die Ansteuerung zu vereinfachen, ist ein Transistor auf der Modulplatine untergebracht, wie man im Schaltbild (Bild 20) erkennt.

Ab einer Spannung von 1,5 V schaltet der Transistor durch und steuert (schaltet) somit den eigentlichen Transducer. Die Ansteuerung geschieht mit einem Rechtecksignal mit einer minimalen Signalspannung von 1,5 Vpp. Wichtig ist, dass es sich um ein Rechtecksignal handeln muss. Zu erwähnen sei noch die Resonanzfrequenz, die bei diesem Transducer bei ca. 2 kHz liegt. Die Resonanzfrequenz ist die Frequenz, bei der die höchste Lautstärke erreicht wird. Dies ist bei der Auswahl der Steuerfrequenz zu beachten. In Tabelle 9 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.

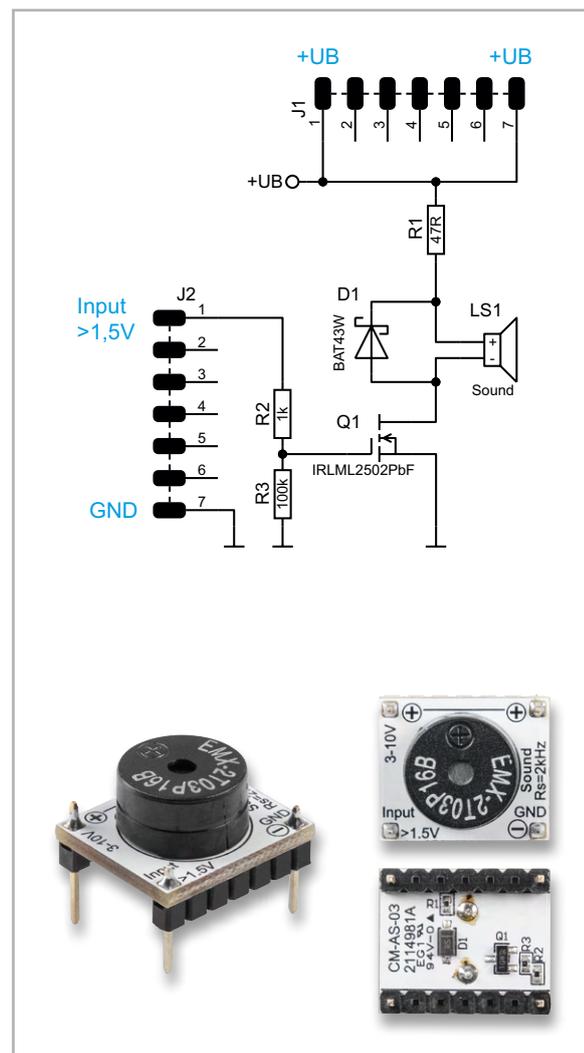


Bild 20: Schaltbild und Platine des Sound-Transducers

Tabelle 9	CM-AS-03	
	Typ:	Sound-Transducer 2 kHz
	Betriebsspannung:	3-10 V
	Eingangsspegel:	1,5-12 V
	Resonanzfrequenz:	ca. 2 kHz
	Stromaufnahme:	40 mA max. @ 10 V
	Abm. Platine (B x T):	18 x 15,3 mm

Relais

Das Relaismodul (Bild 21) verfügt über ein Relais mit einer Betriebsspannung von 5 V. Die Ansteuerlektronik (Schalttransistor) befindet sich auf der Modulplatine. So kann bequem mit einer Schaltspannung am Eingang (IN) das Relais eingeschaltet werden (s. Schaltbild, Bild 21). Am Anschluss „VCC“ muss aber unbedingt eine Spannung von 5 V anliegen, da dies die Spulenspannung ist. Die Schaltkontakte sind mit COM, also dem Mittelanschluss des Schalters und NO/NC bezeichnet. NO bedeutet „normally open“, also im Normalfall offen (Ruhekontakt), und NC „normally closed“, also im Ruhebetrieb geschlossen. Sobald eine Spannung von 1,5 bis 5 V an den Eingang „IN“ gelegt wird, schaltet der Transistor und somit das Relais. Intern wird dieser Anschluss ohne Be-

schaltung (IN = offen) auf Massepotential gehalten und das Relais ist somit ausgeschaltet. In Tabelle 10 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.

Tabelle 10

RCM-PB-4101

Typ:	Relais 1x um
Spulenspannung:	5 V
Schaltleistung:	30 V _{DC} /1 A max.
Schaltspannung Elektronik:	1,5-5 V (On) 0 V (Off)

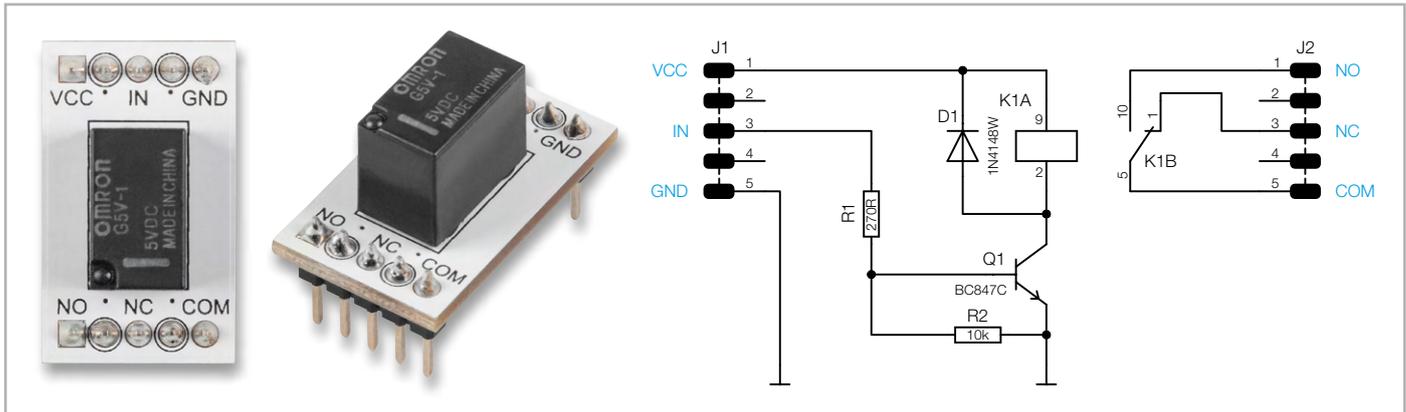


Bild 21: Foto und Anschlussschema des Relais

Spule

Für Experimente mit Induktivitäten ist ein 1-mH-Spule (1000 μ H) vorhanden. Die Spule ist relativ groß und deshalb auf der Platinenoberseite platziert, wie in Bild 22 zu sehen ist.

Es handelt sich hierbei um eine geschirmte Spule, sodass die eigentliche Spulenwicklung nicht zu sehen ist. In Tabelle 11 sind die wichtigsten technischen Daten aufgeführt.

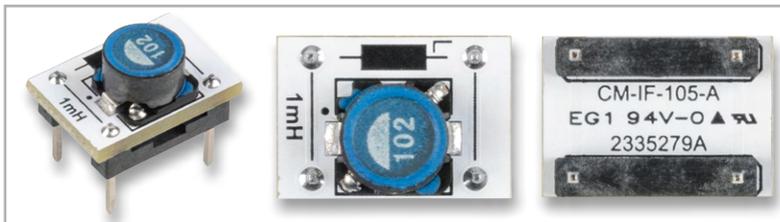


Bild 22: 1-mH-Modul

Tabelle 11

CM-IF-105-A

Typ:	SLF0745T-102M-N
Induktivität:	1 mH
Strom:	140 mA

Widerstände und Kondensatoren

Das Set enthält eine Auswahl der gebräuchlichsten Widerstände und Kondensatoren im bewährten PAD-Format. Bei den Widerständen sind zusätzlich noch drei Potentiometer vorhanden, die mit einer Steckachse geliefert werden (siehe Bild 23). Zu beachten ist,

dass die Verlustleistung der Widerstände bei 0,1 W liegt.

Eine Sonderbauform stellt der temperaturabhängige Widerstand dar, der eine NTC-Charakteristik (Negative Temperature Coefficient Thermistor) aufweist. Ein NTC [6], auch Heißeleiter genannt, ändert seinen Widerstand in Abhängigkeit zur Temperatur, sodass bei steigender Temperatur der Widerstandswert fällt (Bild 24). Die NTC-Modulplatine ist mit einem SMD-NTC bestückt, der

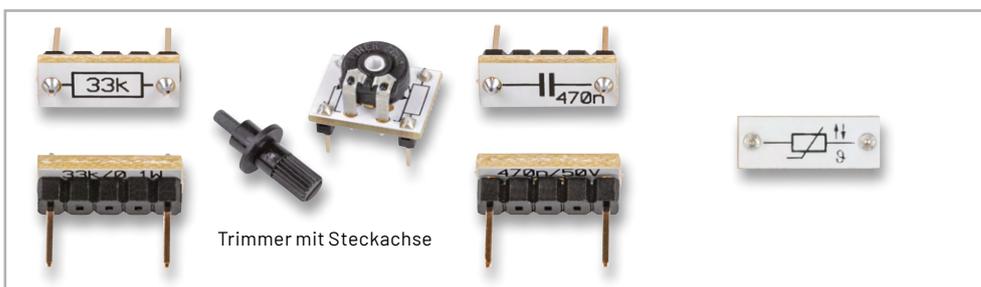


Bild 23: Widerstand, Potentiometer, Kondensator und NTC-Widerstand

bei einer Temperatur von 25 °C einen Widerstandswert von 10 kΩ aufweist. Diese spezielle Bauform

wird in der Regel zur Temperaturmessung eingesetzt.

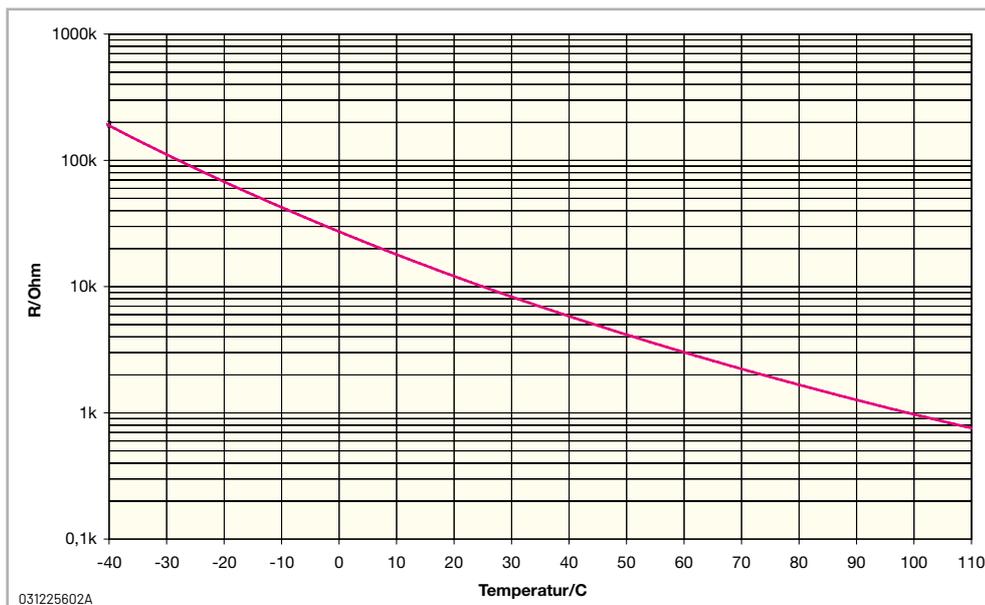


Bild 24: Kennlinie des NTC-Widerstands

Buchsen und Klemmen

Zum Anschluss externer Peripherie gibt es unterschiedliche Buchsen und Klemmleisten, wie in Bild 25 dargestellt. Die Klemmleiste ist werkzeuglos zu bedienen und wird mittels Druckstößel auf der Oberseite geöffnet. Dies kann durch Betätigen mit dem Finger geschehen.

Anschlüsse der USB-Micro-Buchse sind auf der Platine beschriftet. Normalerweise wird die USB-Buchse zur Spannungsversorgung (5 V) in Experimentierschaltungen eingesetzt. Es können aber

auch die Datenleitungen (D- und D+) abgegriffen werden. Die JST-PH-Buchse wird oft zum Anschluss von Batterien oder Akkus verwendet.

Für Audioanwendungen steht eine 4-polige Klinkebuchse für 3,5-mm-Stecker zur Verfügung. Diese Klinkebuchse verfügt über vier Kontakte, sodass z. B. auch Kopfhörer mit eingebautem Mikrofon (Head-Set) angeschlossen werden können. Diese Buchse ist kompatibel mit „normalen“ 3-poligen Klinkebuchsen, wobei dann Kontakt 4 nicht beschaltet wird.

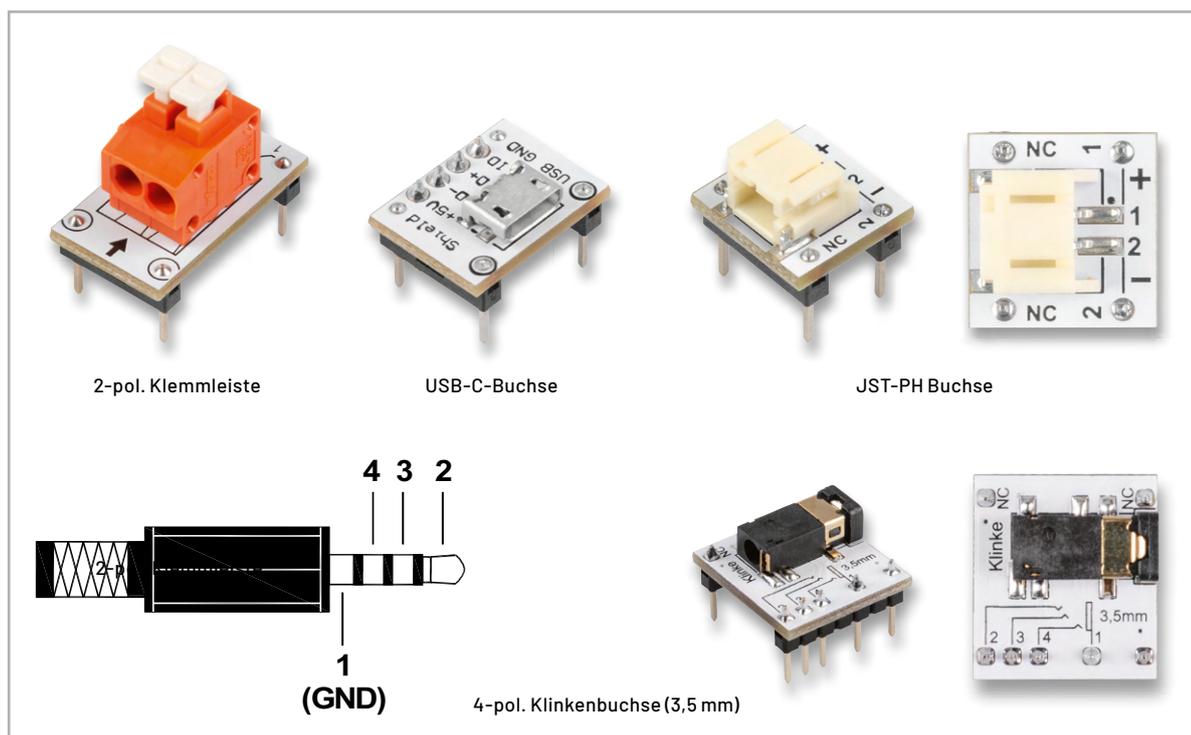


Bild 25: Buchsen und Klemmen

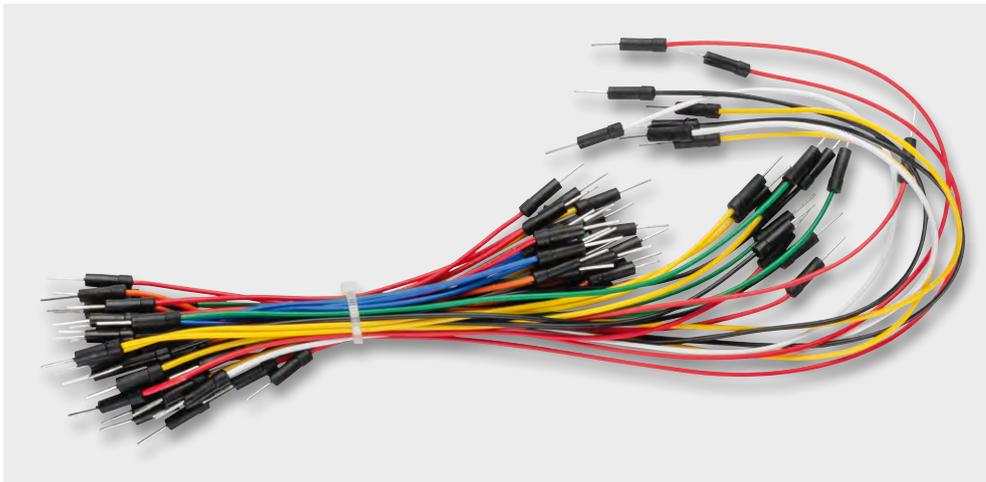


Bild 26: Flexible Steckkabel

Steckbrücken und Steckkabel

Zur Verkabelung bzw. Verdrahtung werden Verbindungsleitungen benötigt. Diese können aus flexiblen Steckkabeln (Bild 26) oder auch starren Steckbrücken (Bild 27) bestehen.

Kurze Verbindungen sollten mit starren Steckbrücken hergestellt werden, während größere Distanzen zweckmäßigerweise mit Steckkabeln hergestellt werden.



Bild 27: Die unterschiedlichen Steckbrücken

Bild 27 zeigt, dass diese Steckbrücken für unterschiedliche Raster ausgelegt sind. Die Steckbrücken werden wie Bauteile direkt auf dem Steckboard kontaktiert und machen die Schaltung übersichtlich.



Bild 28: Mit einer Pinzette können die Steckbrücken einfach eingesetzt und entfernt werden.

Zum besseren Handling liegt dem Set eine Pinzette bei, mit der die Steckbrücken einfach eingesetzt und wieder entfernt werden können, wie in Bild 28 zu sehen ist.



Bild 29: Stereo-Ohrhörer mit Klinkenstecker

Sonstige Bauteile

Für Schaltungen aus dem Audibereich steht ein Stereo-Ohrhörer zur Verfügung (Bild 29). Dieser ist mit einem 3,5-mm-Klinkenstecker ausgestattet und kann über die Klinkenbuchse mit dem Steckboard kontaktiert werden. Durch eine Impedanz von 32 Ohm benötigt der Ohrhörer keine Audio-Endstufe. Der in diesem Set enthaltene Operationsverstärker TLV272 ist in der Lage, diesen Ohrhörer anzusteuern.

Ein Vorteil gegenüber der Alternative Lautsprecher ist, das sich hiermit problemlos aufgebaute Audioverstärkerschaltungen testen lassen ohne Gefahr einer Rückkopplung.

Als Eingabeelement dienen zwei kleine Taster (Bild 30). Diese Taster werden vorwiegend in digitalen Schaltungen verwendet, bei denen z. B. digitale Eingangssignale generiert werden müssen wie „Start“ oder „Stopp“. Diese Miniaturtaster sind nur für kleine Ströme (max. 50 mA) ausgelegt.

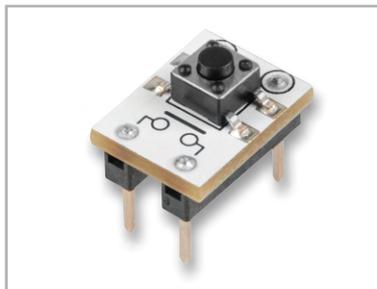


Bild 30: Miniaturtaster

Eine nützliche Zusatzplatine stellt die sogenannte Spannungsschiene dar (Bild 31). In der Regel haben alle Steckboards spezielle Steckleistenreihen, die für die Spannungsversorgung der Schaltung genutzt werden können. Diese sind meist mit den Farben Rot für Plus (+) und Blau für Minus (-) gekennzeichnet. Diese Spannungsversorgungslinien befinden sich

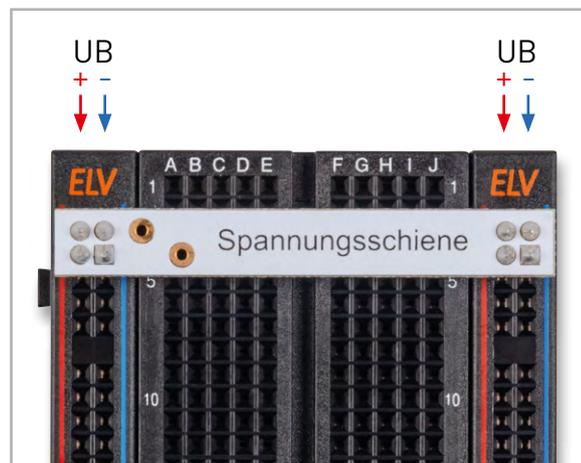


Bild 31: Die Spannungsschiene verbindet die internen Spannungsleitungen auf dem Steckboard.

an jeder Seite des eigentlichen Steckboards. Mit der Platine „Spannungsschiene“ werden diese beiden gegenüberliegenden Linien auf einfache Weise miteinander verbunden. So steht auf jeder Seite die positive und negative Spannungsversorgung zur Verfügung. Man braucht die Spannungsversorgung somit nur auf einer Seite einzuspeisen.

Übersicht aller im PAD-PRO-EXSB enthaltenen Bauteile

Menge	Bezeichnung	Menge	Bezeichnung
1	Kabelset	2	CM-RF-473-A, 47 k
1	Steckbrücken-Set, 5,1 mm, 35 Stück	3	CM-RF-104-A, 100 k
1	Steckbrücken-Set, 7,7 mm, 35 Stück	2	CM-RF-224-A, 220 k
1	Steckbrücken-Set, 10,3 mm, 35 Stück	2	CM-RF-105-A, 1 M
1	Steckbrücken-Set, 12,7 mm, 25 Stück	1	CM-RA-103-A, Trimmer, 10 k
1	Steckbrücken-Set, 22,8 mm, 15 Stück	1	CM-RA-104-A, Trimmer, 100 k
1	Pinzette	1	CM-RA-105-A, Trimmer, 1 M
1	Kopfhörer	2	CM-CF-102-A, 1 nF
1	CM-BB-01	2	CM-CF-103-A, 10 nF
2	CM-IC-TLV272-B	4	CM-CF-104-A, 100 nF
2	CM-IC-ICM7555	2	CM-CF-105-A, 1 µF
1	CM-IC-LMV431-A	2	CM-CF-106-A, 10 µF
4	CM-DG-151-A	1	CM-CF-107-A, 100 µF
2	CM-DL-RGB01, RGB-LED	3	CM-TB-BC847C-A
1	CM-DL-R02, LED, 3 mm, rot	2	CM-TB-BC857C-A
1	CM-DL-G02, LED, 3 mm, grün	2	CM-TF-IRLML2502PbF-A
1	CM-DL-O02, LED, 3 mm, orange	1	CM-SB-01, BPW34
1	CM-DL-W01, 3x weiß	1	CM-SV-01, Vibrationssensor
1	CM-FC-PJ35-B, Klinkenbuchse	1	CM-IF-105-A, Spule, 1 mH
1	CM-FC-USB1, USB-Buchse	1	CM-SM-01, Reed-Kontakt
1	CM-FC-W02, Klemmleiste, 2-pol.	1	CM-RN-N01, NTC-Widerstand
1	CM-MC-JST102, JST-Buchse	1	CM-PB-4101, Relais
3	CM-RF-101-A, 100R	1	CM-AS-03, Sound-Transducer
3	CM-RF-102-A, 1 k	1	CM-AM-04, MEMS-Mikrofon
4	CM-RF-103-A, 10 k	2	CM-PB-1101, Taster
2	CM-RF-223-A, 22 k		

Anwendungsbeispiel Treppenlichtautomat

Unser erstes Anwendungsbeispiel beschäftigt sich mit dem Timerbaustein ICM7555. Wir haben uns für dieses erste „Erfolgserlebnis“ mit unserem Set für eine Schaltung „Treppenlichtautomat“ entschieden. Die Schaltung lässt sich ohne großen Aufwand mit dem Timer ICM7555 realisieren.

Die grobe Funktion eines Treppenlichtautomaten ist vergleichbar mit einem Monoflop, also einem Flipflop, das nur für eine bestimmte Zeit seinen Zustand ändert. Durch ein Ereignis (Tastenbetätigung) wird ein zeitlich begrenztes Signal erzeugt, das in unserem Fall die Beleuchtung einschaltet. Schauen wir uns zunächst das Schaltbild an (Bild 32).

Der ICM7555 (NE555) besteht aus zwei Komparatoren (A und B) sowie einem RS-Flipflop. Das Flipflop wird jeweils über einen der beiden Komparatoren gesetzt (Set) bzw. zurückgesetzt (Reset). Der untere Komparator „B“ ist für das Setzen zuständig. Über ein negatives Signal am Anschluss Trigger (Pin 2) wird der Komparator dazu veranlasst, dass interne Flipflop zu setzen. Dies geschieht durch Betätigen des Tasters S1(Set).

Der Ausgang (Pin 3) wechselt nun auf High-Pegel, wodurch die angeschlossene LED leuchtet. Über die Widerstände R1 und P1 wird der Kondensator C1 anschließend aufgeladen. Die Kondensatorspannung von C1 ist mit dem Eingang „Threshold“ des Komparators „A“ verbunden. Erreicht die Spannung am Kondensator $2/3$ der Betriebsspannung U_B , schaltet der Ausgang des Komparators A auf High-Pegel und setzt das Flipflop zurück.

Wir erkennen, dass die Zeitspanne, in der das Licht (in unserem Fall die LED) eingeschaltet wird, von den Bauteilen R1, P1 und C1 abhängig ist. P1 ist ein veränderbarer Widerstand (Potentiometer), mit dem die Zeitspanne eingestellt werden kann. In un-

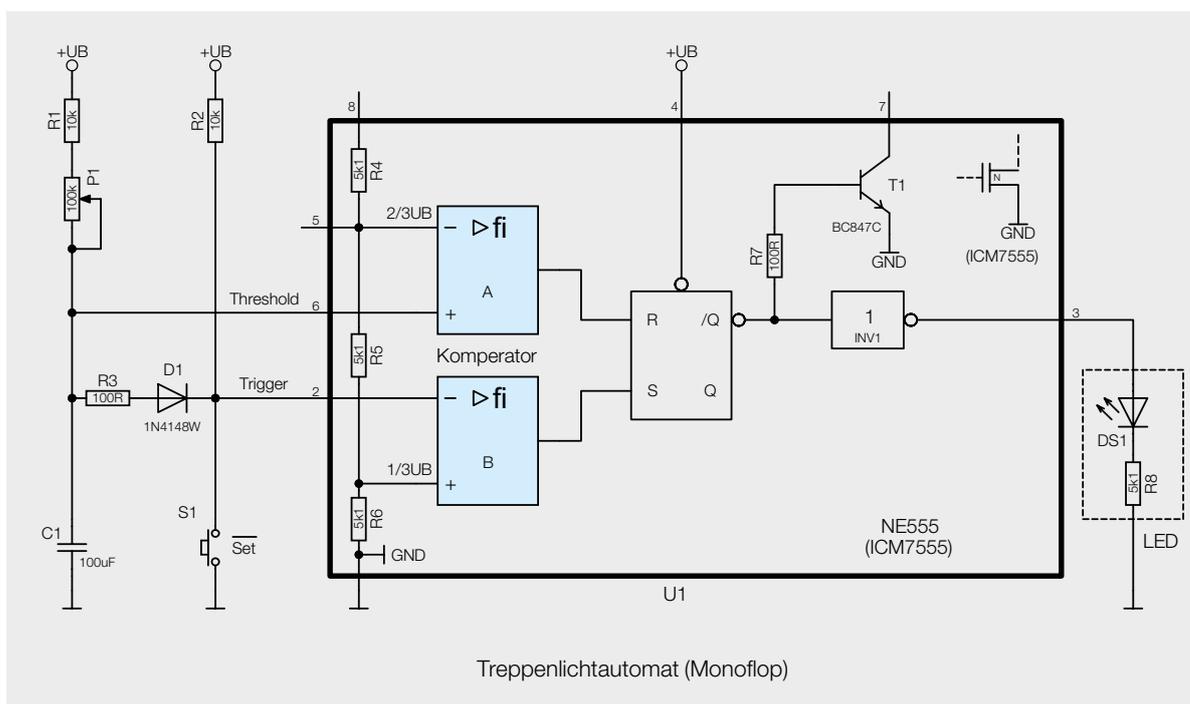
serem Fall sind dies 3 bis 30 Sekunden. In der Praxis, also bei einem echten Treppenlichtautomaten, würde man die Bauteilwerte vergrößern, um auf längere Einschaltzeiten zu kommen.

Beim erneuten Betätigen des Tasters S1 wird über den Widerstand R3 und die Diode D1 der Kondensator C1 entladen. Dies ist notwendig, da der Kondensator C1 sich beim Zeitintervall komplett aufgeladen hat. Da wir hier einen relativ großen Kondensator verwenden ($100\ \mu\text{F}$), können beim Entladen (Kurzschließen) kurzfristig hohe Entladeströme fließen, die den Schaltkontakt vom Taster auf Dauer beschädigen können. Deshalb schalten wir einen Widerstand von $100\ \text{Ohm}$ (R3) zwischen, um den Entladestrom zu begrenzen.

Nach dieser Erklärung der Funktion schauen wir uns nun an, wie man die Schaltung auf ein Steckboard bringt. Dazu gibt es mehrere Aufbauvarianten.

Bei den Experimentierplattformen EXSB1 und beim EXSB-Mini hat man den Vorteil, dass das Potentiometer auf dem Board bereits vorhanden ist und somit kein zusätzliches Bauteil verwendet werden muss. Zur besseren Veranschaulichung, wie die Bauteile zu verbinden sind, gibt es in Bild 33 ein spezielles Schaltbild mit eingezeichneten PAD-Modulen. Hier kommt auch die beschriebene Spannungsschiene zum Einsatz. Wie das Ganze in der Praxis aufgebaut auf einem EXSB-Mini aussieht, zeigt das Bild 34. Man erkennt deutlich den Einsatz von sowohl starren Steckbrücken als auch flexiblen Steckkabeln.

Die Spannungsversorgung führt hier an die Klemmen (5 V und GND) der Buchsenleiste J6. Beim EXSB-Mini kann die externe Spannungsversorgung über unterschiedliche Spannungsquellen erfolgen. Der einfachste Weg führt über ein 5-V-Steckernetzteil mit USB-Micro-Buchse, andere Steckernetzteile können hier aber ebenso angeschlossen werden.



Treppenlichtautomat (Monoflop)

Bild 32: Schaltbild des Treppenlichtautomaten

Der Aufbau auf dem EXSB1 sieht ähnlich aus, wie es in [Bild 35](#) zu sehen ist. Dieses Experimentierboard bietet die umfangreichste Ausstattung. Die nutzbare Fläche ist sehr groß, da hier zwei Steckboards mit jeweils 830 Kontakten vorhanden sind. Zudem gibt es mehr Peripherie um das eigentliche Steckboard herum.

Das nächste Bild ([Bild 36](#)) zeigt, wie man preiswert die Schaltung auf einem „normalen“ Steckboard aufbaut. Hier wurden nur starre Steckbrücken verwendet, was sich in der Übersichtlichkeit bemerkbar macht. Ein Nachteil bei dieser Variante ist allerdings, dass die Bedienelemente (Taster und Potentiometer) wertvollen Platz auf dem Steckboard einnehmen. Für eine kleine Schaltung, wie bei diesem Treppenlichtautomaten, spielt der benötigte Platz noch keine große Rolle. Bei größeren Schaltungen kann es jedoch von Vorteil sein, wenn die Bedienelemente und z. B. Anschlussklemmen keinen Platz beanspruchen und extern ausgelagert werden wie beim EXSB1 oder EXSB-Mini.

Die Spannungsversorgung für diese Schaltung ist nicht kritisch und kann im Bereich von 5 V bis 12 V liegen. Ein Betrieb mit Batterien ist ebenfalls möglich. Möchte man in diesen Fall ein USB-Steckernetzteil (Handyladegerät) verwenden, kann man das USB-Buchsen-PAD nutzen. Die Spannungsanschlüsse (5 V und GND) sind auf der Platinenoberseite gekennzeichnet. **ELV**

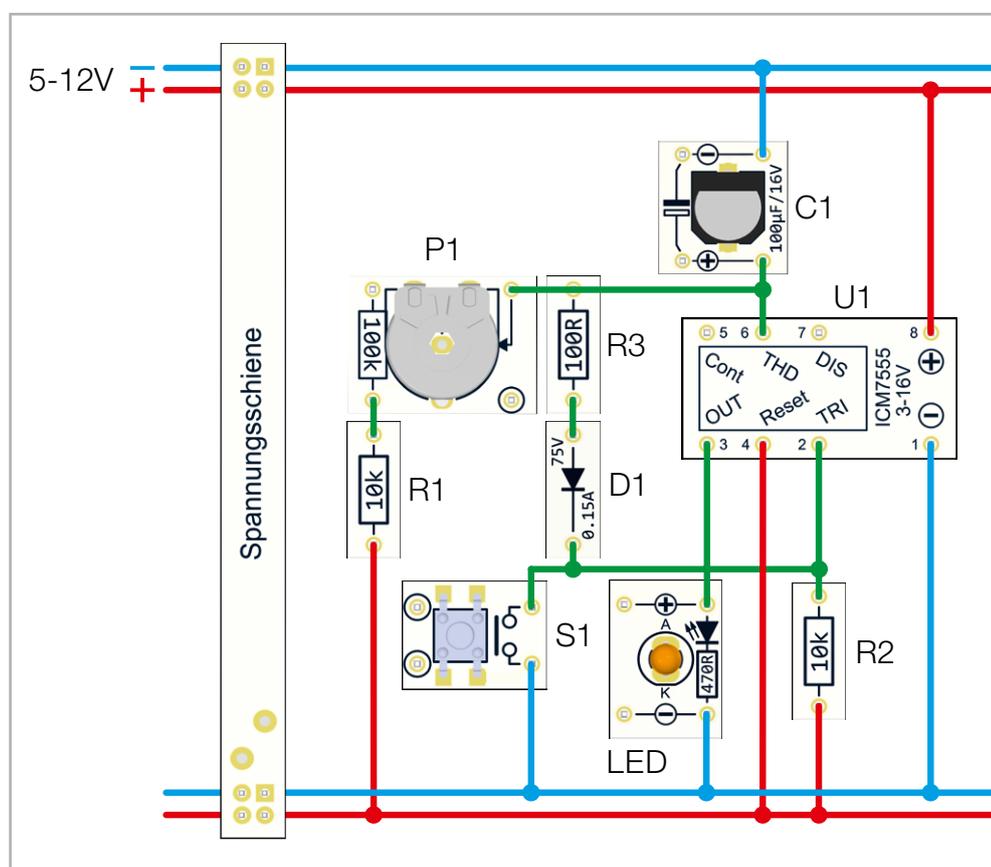


Bild 33: Verdrahtungsplan für das Treppenlicht

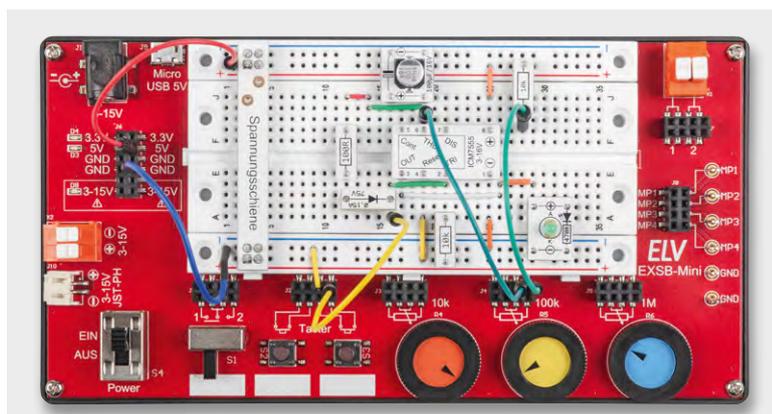


Bild 34: Die Schaltung für den Treppenlichtautomaten, aufgebaut auf einem EXSB-Mini

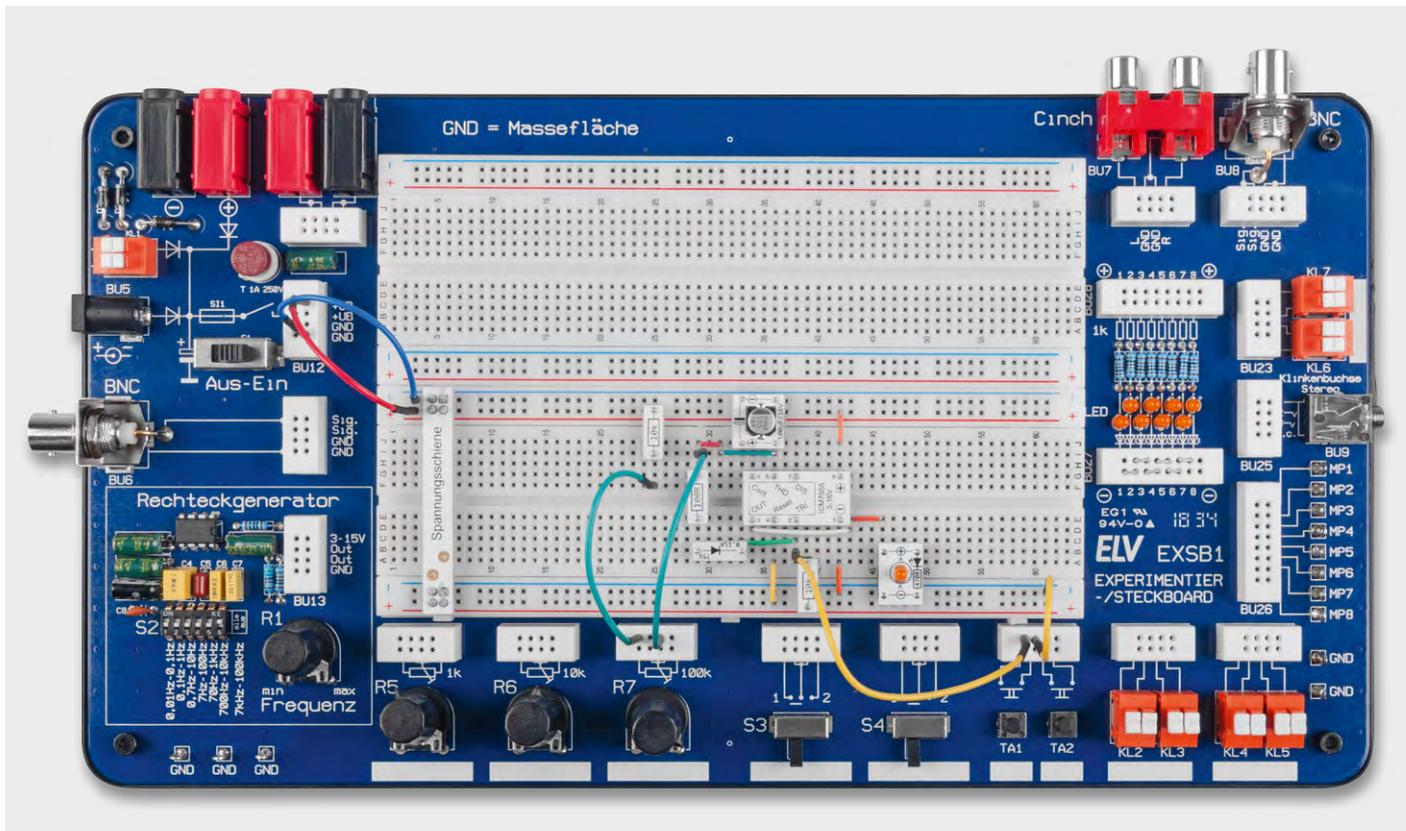


Bild 35: Treppenlichtautomat, aufgebaut auf einem EXSB1

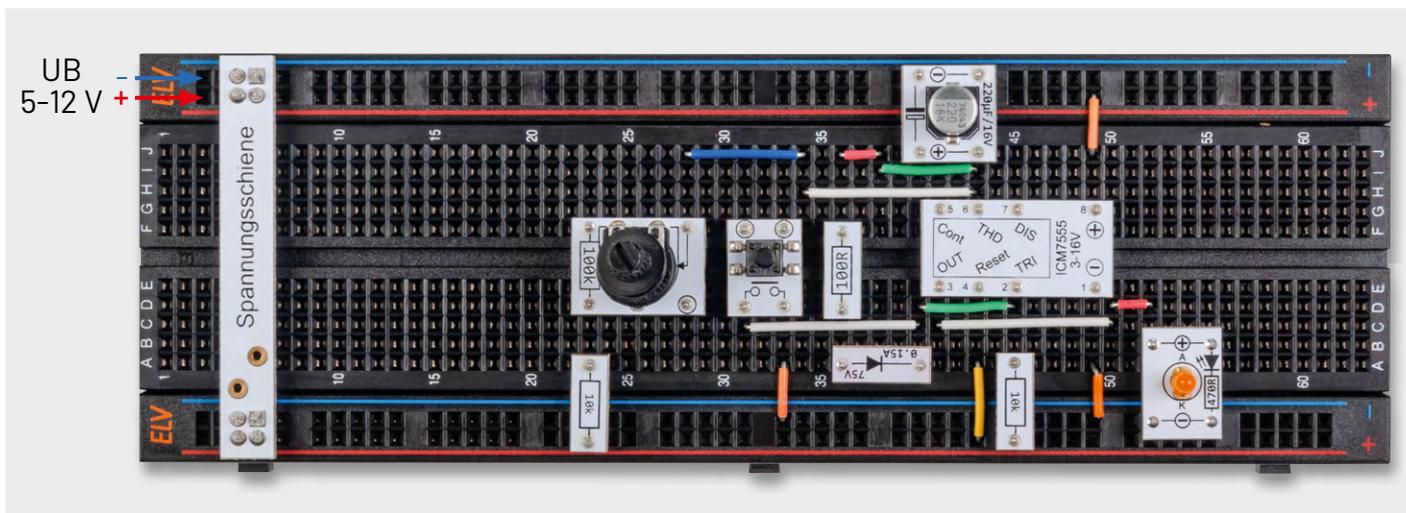


Bild 36: Aufbau der Schaltung auf einem „normalen“ Steckboard

i Weitere Infos

- [1] ELV Bausatz Experimentier-/Steckboard EXSB1 inkl. Gehäuse: Artikel-Nr. [153753](#)
- [2] ELV Experimentier-/Steckboard EXSB-Mini: Bausatz Artikel-Nr. [155555](#), fertig aufgebaut Artikel-Nr. [155627](#)
- [3] ELV Bausatz NE555-Experimentierboard NE555-EXB: Artikel-Nr. [150807](#)
- [4] Datenblatt LMV431: ti.com/lit/gpn/lmv431
- [5] MEMS-Technik: en.wikipedia.org/wiki/Microelectromechanical_systems
- [6] Wikipedia NTC: de.wikipedia.org/wiki/Heißeleiter
Datenblatt NTC: product.tdk.com/de/search/sensor/ntc/chip-ntc-thermistor/info?part_no=B57330V2103F260

Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

ELV



99,95 €

Artikel-Nr. 158980

[Zum Produkt](#)

Wir empfehlen die Experimentierboards EXSB1, EXSB-Mini oder normale Breadboards mit 830 Kontakten.

- 82-teiliges Experimentierset mit allen wichtigen Bauteilen für zahlreiche Experimentierschaltungen
- Durch zahlreiche Sensoren (Licht, Vibration usw.) lassen sich interessante Experimentierschaltungen realisieren
- Das Set verfügt neben elektronischen auch über mechanische Bauteile wie z. B. Steckkabel, Steckbrücken sowie eine Pinzette
- Inkl. Stereo-Ohrhörer und einer Klinkenbuchse für Audioschaltungen

Inhalt: Transistoren, Operationsverstärker, Dioden, Widerstände, Kondensatoren, Trimmer, LEDs, Lichtsensor, Vibrationssensor, Temperatursensor, Reedkontakt, Relais, Soundtransducer, Ohrhörer, Timerbaustein ICM7555, Spule, Klinkenbuchse, USB-Buchse, Klemmleiste, Steckbrücken, Steckkabel und Pinzette

Die Vorteile des PAD-PRO-EXSB:

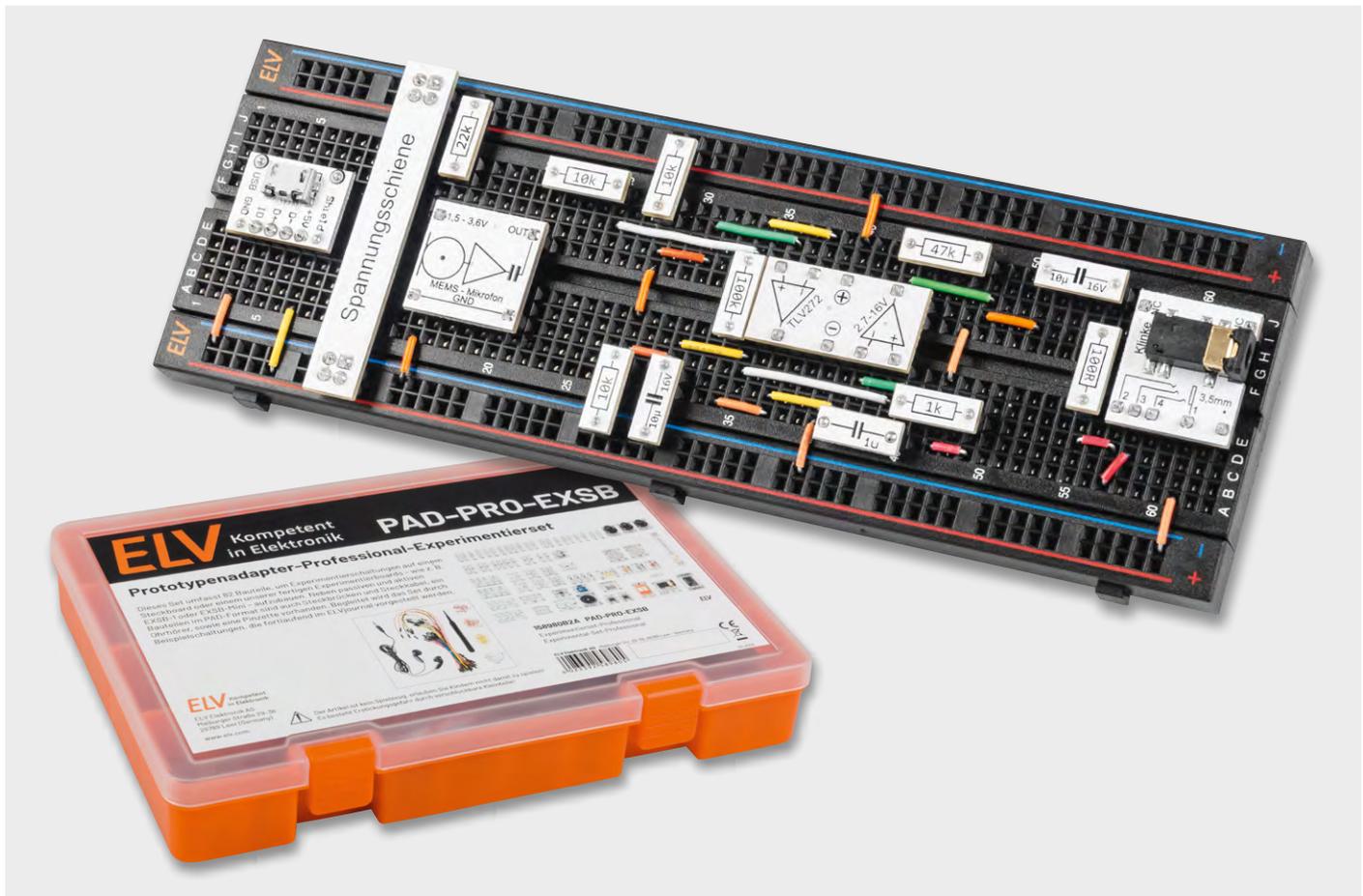
- Adapter alle fertig aufgebaut – keine Lötarbeiten notwendig
- Stabile, langlebige Aufbewahrungsbox

Mein ELVprojekt

Viele Ideen für Ihr Smart Home

In unseren ELVprojekten zeigen wir Ihnen z. B., wie Sie für mehr Komfort und Energieeinsparung Ihre Rollläden automatisieren, mit einer intelligenten Heizungssteuerung Energiekosten sparen oder Ihr Zuhause vor Einbrechern wirkungsvoll schützen können. Sie erhalten Informationen zum geschätzten Zeitaufwand und zum Schwierigkeitsgrad, und alle verwendeten Produkte aus unserem Sortiment werden für Sie übersichtlich aufgeführt. Für viele Projekte gibt es außerdem hilfreiche Installationsvideos. **Setzen Sie nun Ihr Projekt mit ELV erfolgreich um!**

[Zu den ELVprojekten](#)

Audioverstärker mit MEMS-Mikrofon

Anwendungsschaltung mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 2

Nachdem wir das PAD-PRO-Experimentierset in Teil 1 ab Seite 6 ausführlich vorgestellt haben, beginnt nun eine Serie mit Anwendungsschaltungen. Hierzu gehören auch detaillierte Beschreibungen der einzelnen Komponenten und deren Funktionsweise. In diesem Beitrag stellen wir einen Audioverstärker mit einem modernen MEMS-Mikrofon vor. Über einen Ohrhörer kann das verstärkte Signal des Mikrofons „abgehört“ werden. Wir lernen, wie man ein MEMS-Mikrofon beschaltet und mit Operationsverstärkern einen zweistufigen Verstärker aufbaut.

Stückliste Audioverstärker

Menge	Bezeichnung	Modul
1	TLV272 Operationsverstärker	CM-IC-TLV272-B
1	MEMS-Mikrofon	CM-AM-04
1	Widerstand 100 Ω	CM-RF-101
1	Widerstand 1 kΩ	CM-RF-102
3	Widerstand 10 kΩ	CM-RF-103
1	Widerstand 22 kΩ	CM-RF-223
1	Widerstand 47 kΩ	CM-RF-473
1	Widerstand 100 kΩ	CM-RF-104
1	Kondensator 1 μF	CM-CF-105
2	Kondensator 10 μF	CM-CF-106
1	Spannungsschiene	CM-BB-01
1	Klinkenbuchse 3,5 mm	CM-FC-PJ35-B
1	Micro-USB-Buchse	CM-FC-USB1
	Steckbrücken/Steckkabel	

Audioverstärker-Beispielschaltung

Für das PAD-PRO-Experimentierset können – wie bei allen Prototypenadaptern für Breadboards – unterschiedliche Experimentierplattenformen als Basis verwendet werden. Dies sind z. B. das ELV Experimentier-/Steckboard EXSB1 [1] und das EXSB-Mini [2] sowie ein oder mehrere Steckboards mit 830 Kontakten [3].

Durch die Verwendung von Bauteilen im Prototypenadapter-(PAD)-Format werden die Schaltungen übersichtlich und sind leicht nachzubauen. Alle Prototypenadapter sind in Breadboards steckbar und zudem mit den wichtigsten Informationen auf der Platine beschriftet.

Wir beginnen mit der Erklärung der einzelnen Schaltungskomponenten, gefolgt vom Aufbau der Schaltung.

In Bild 1 ist zur Übersicht das gesamte Schaltbild unseres Audioverstärkers dargestellt.

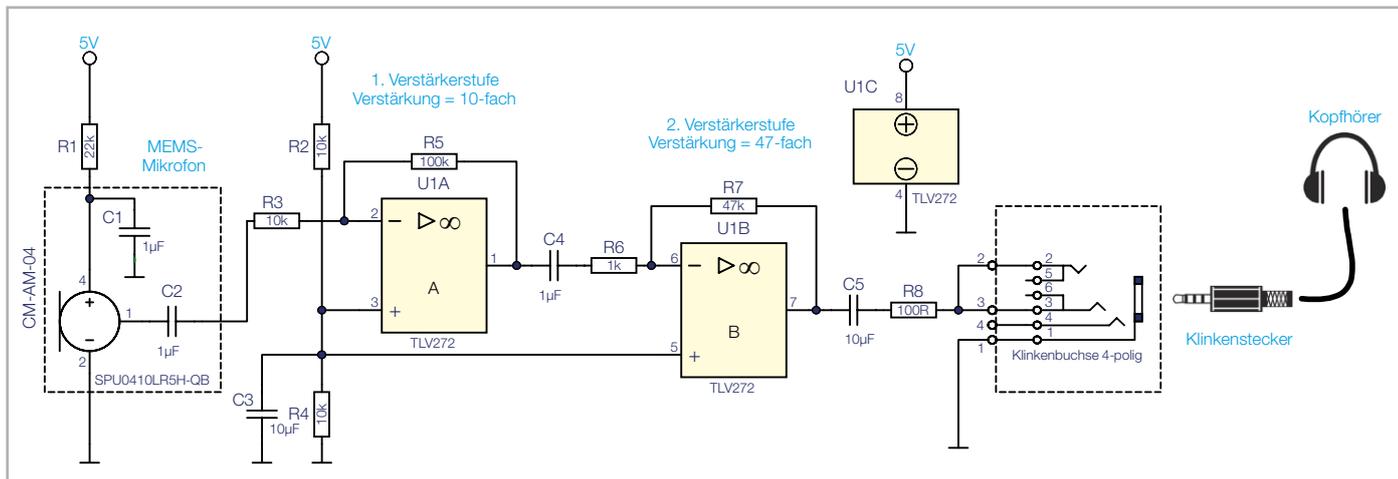


Bild 1: Schaltbild des Audioverstärkers mit MEMS-Mikrofon

Komponenten der Schaltung

Das Mikrofon

Das MEMS-Mikrofon (Bild 2) wurde bereits im vorhergehenden ELVjournal im Detail beschrieben. Beim Einsatz dieses Mikrofons ist zu beachten, dass die Betriebsspannungsgrenzen eingehalten werden. Die maximale Betriebsspannung beträgt 3,6 V und darf nicht überschritten werden. Da wir unsere Schaltung mit einer Spannung von 5 V betreiben wollen, ist ein Widerstand (R1) in die Zuleitung zur Spannungsversorgung eingefügt, der die Spannung auf ca. 3,2 V herabsetzt.

Signalverstärkung mit einem Operationsverstärker

Der Pegel des vom Mikrofon weitergeleiteten Audio-signals ist zu niedrig für eine direkte Ausgabe und muss deshalb verstärkt werden. Wir nutzen hierfür einen zweistufigen Operationsverstärker.

Zuerst wollen wir uns mit den Grundlagen eines Operationsverstärkers befassen. Natürlich können wir nicht das gesamte Spektrum der verschiedenen Arten von Operationsverstärkern beleuchten und beschränken uns daher auf die wesentlichen Elemente, die für das Verständnis notwendig sind.

Betrachten wir zunächst das Schaltsymbol für einen Operationsverstärker. Die Schaltsymbole in Bild 3 sind nach unterschiedlichen Normen abgebildet – wir verwenden in unseren Schaltbildern die linke Darstellung.

Rechts in Bild 3 ist das Schaltsymbol nach der alten DIN-Norm 40900 (Teil 10) dargestellt, das auch international noch Verwendung findet. Nach der neueren Norm EN 60617 sollte das linke Symbol verwendet werden. Dieses Symbol wird vorwiegend in Deutschland und anderen Teilen Europas eingesetzt. Auch Lernmaterial für Schulen und Ausbildung verwenden diese neuen Symbole.

Möchte man einen Operationsverstärker als Signalverstärker nutzen, kann man zwischen zwei unterschiedlichen Grundschaltungen wählen. Es gibt den invertierenden Verstärker, der das Ausgangssignal um 180° dreht, während der nicht invertierende Verstärker keine Invertierung vornimmt.

Da wir in unserem Audioverstärker invertierende Verstärkerstufen nutzen, beschränken wir uns auf die Beschreibung dieser Variante.

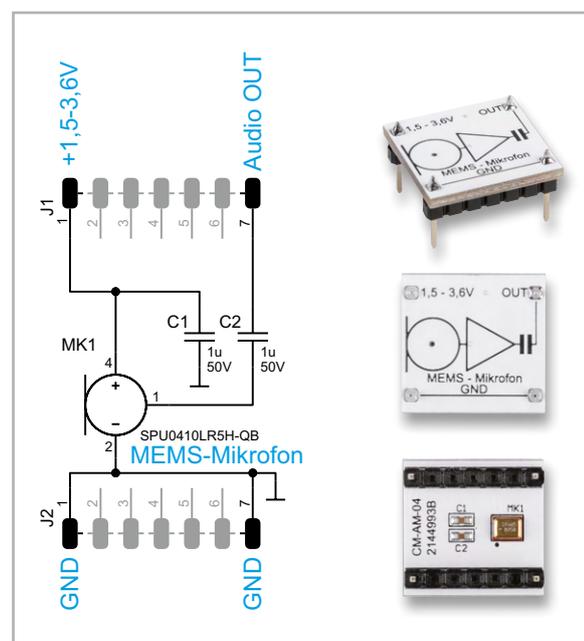


Bild 2: Schaltbild und Platine des MEMS-Mikrofons

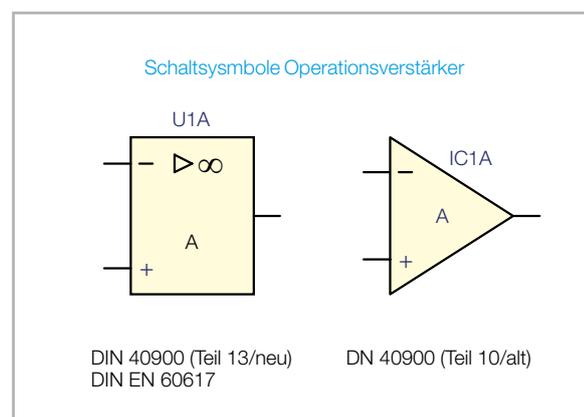


Bild 3: Schaltsymbole für Operationsverstärker

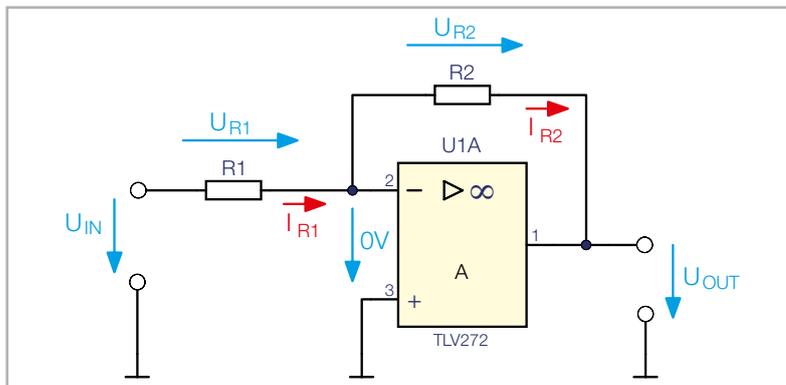


Bild 4: Grundschtaltung eines invertierenden Verstärkers

In Bild 4 ist die Grundschtaltung eines invertierenden Operationsverstärkers dargestellt, die wir uns etwas genauer anschauen wollen.

Ein Operationsverstärker (OP) hat zwei Eingänge, einen invertierenden (-) und einen nicht invertierenden (+) Eingang. Die Differenzspannung zwischen diesen beiden Eingängen wird verstärkt und liegt am Ausgang an.

Allerdings ist die Leerlaufverstärkung so hoch, dass schon kleinste Eingangsspannungen den Verstärker übersteuern würden. Deshalb wird fast immer (Ausnahme: Operationsverstärker als Komparator) eine sogenannte Gegenkopplung verwendet, mit der sich der Verstärkungsfaktor einstellen lässt.

Wenn man folgende Annahmen berücksichtigt, lässt sich die Funktion eines Operationsverstärkers einfach erklären:

- Die Eingänge sind sehr hochohmig, und es kann somit kein Strom in den Operationsverstärker fließen.
- Die Leerlaufverstärkung ist sehr hoch (Verhältnis Eingangs- zu Ausgangsspannung > 300000)
- Der OP ist (bei entsprechender Rückkopplung) bestrebt, die Spannungsdifferenz an den Eingängen auf 0 V zu halten.

Schauen wir uns Bild 4 mit den Beispielwerten für R1 (1 kΩ) und R2 (10 kΩ) an. Nehmen wir an, dass die Eingangsspannung U_{IN} 1 V beträgt und die Spannung am nicht invertierenden Eingang (-) gegenüber Masse 0 V, da ja kein Strom in den OP-Eingang fließen kann. Es muss also Strom durch den Widerstand R1 fließen, und zwar nach dieser Formel:

$$I_{R1} = \frac{U_{IN} (U_{R1})}{R1} = \frac{1 V}{1 k\Omega} = 1 mA$$

Jetzt kommt der entscheidende Punkt: Wenn kein Strom in den Operationsverstärker fließen kann, wohin fließt der Strom? Antwort: Der Strom fließt über den Rückkoppelwiderstand R2 zum Ausgang des Operationsverstärkers. Der Strom I_{R1} ist also identisch mit dem Strom I_{R2} durch den Widerstand R2. Die Spannung über dem Widerstand R2 errechnet sich wie folgt:

$$U_{R2} = R2 \times I_{R2} = 10 k\Omega \times 1 mA = 10 V$$

Da der linke Anschluss des Widerstands R2 (Bild 4) ein Potential von 0 V hat, ist somit die Spannung über R2 identisch mit der Ausgangsspannung, allerdings in umgekehrter Polarität, wie man an den Spannungspfeilen erkennen kann. Wir schreiben deshalb ein „Minus“ vor die Ausgangsspannung.

$$-U_{OUT} = U_{R2} = -10 V$$

Wir sehen nun, dass eine Spannungsverstärkung durch unsere Schaltung stattgefunden hat, und zwar mit einem Verstärkungsfaktor V_U, der vom Verhältnis von R2 zu R1 bestimmt wird.

Da die Ausgangsspannung eine entgegengesetzte Polarität zur Eingangsspannung hat, reden wir von einem invertierenden Verstärker. Die Ausgangsspannung errechnet sich folgendermaßen:

Ausgangsspannung U_{OUT} =
Eingangsspannung x Verstärkungsfaktor

$$V_U = \frac{R2}{R1} \quad \text{Beispiel } V_U = \frac{10 k\Omega}{1 k\Omega} = 10$$

Wir wissen nun, wie die Grundschtaltung eines Operationsverstärkers funktioniert. Doch wie sieht nun eine praxisorientierte Schaltung für Wechselspannung aus?

Da das Ausgangssignal des Mikrofons und damit das Eingangssignal am Operationsverstärker eine Wechselspannung darstellt, benötigen wir eine praxisorientierte Schaltung. Bild 5 zeigt einen Ausschnitt aus unserem Audioverstärker. Wir erkennen die vorhin beschriebene Grundschtaltung wieder.

In der Grundschtaltung bzw. bei allgemeinen Beschreibungen wird immer von einer symmetrischen Spannungsversorgung, also einer positiven und negativen Spannung, ausgegangen. In der Praxis steht häufig jedoch nur eine Spannung zur Verfügung. In unserem Fall soll die Verstärkerschaltung mit 5-V-Betriebsspannung arbeiten.

Dafür brauchen einen sogenannten Arbeitspunkt, auch virtuelle Masse genannt. Dieser wird mit einem Spannungsteiler realisiert. In Bild 5 sind dies die beiden Widerstände R2 und R4, die eine Spannung von 2,5 V, also die Hälfte der Betriebsspannung, generieren. Zur Stabilisierung der Betriebsspannung dient der mit 10 μF relativ „große“ Kondensator C3.

Bei Verstärkung von Wechselspannungen müssen die einzelnen Verstärkerstufen mit Koppelkondensatoren „getrennt“ werden. Denn es soll nur die Wechselspannung verstärkt und weitergeleitet werden. Die Koppelkondensatoren blocken die Gleichspannung (DC), sodass die Arbeitspunkte der jeweiligen Verstärkerstufen erhalten bleiben. In unserer Schaltung sind dies C2 (interner Kondensator des MEMS-Mikrofons), C4 und C5.

Die erforderliche Größe der Kapazität richtet sich nach der unteren Grenzfrequenz des Eingangssignals, die wir übertragen (verstärken) wollen. Bei einem Audioverstärker würde man als untere Grenzfrequenz ca. 10–20 Hz wählen. Der Koppelkondensator bildet mit dem Eingangswiderstand der folgenden Verstärkerstufe einen Hochpass, der – wie der Name schon sagt – nur die Frequenzen oberhalb einer definierten Frequenz durchlässt und die darunterliegenden weitgehend dämpft. Wie man in Bild 6 erkennt, ist die Kennlinie bei einem einfachen Hochpass relativ abgeflacht. Die Grenzfrequenz ist allgemein bei -3 dB definiert, was einem Pegel von 70 Prozent entspricht.

Die Formel hierfür ist:

$$f_g = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C}$$

R = Eingangswiderstand der Verstärkerstufe

C = Koppelkondensator

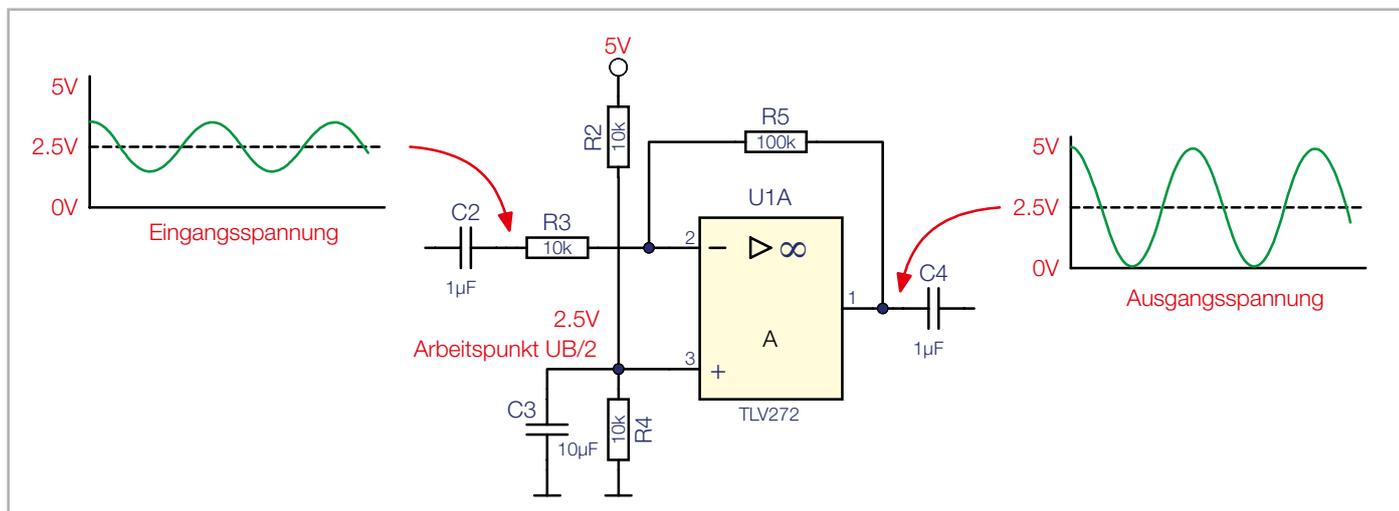


Bild 5: Ausschnitt aus der Schaltung unseres Audioverstärkers

Manchmal ist es nicht so ganz einfach, den Eingangswiderstand einer Verstärkerstufe zu ermitteln (zu berechnen). In unserer Schaltung ist es recht einfach, da der invertierende Eingang (Pin 2) vom OP wechsellspannungsmäßig mit dem nicht invertierenden Eingang Pin 3(+) gleichzusetzen ist.

Unsere virtuelle Masse von 2,5 V liegt wechsellspannungsmäßig über C3 an Masse. Maßgebend für unseren Hochpass sind deshalb die Werte von C2 und R3. Hieraus ergibt sich eine Grenzfrequenz von:

$$f_g = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times 10 \text{ k}\Omega \times 1 \mu\text{F}} = 15,9 \text{ Hz}$$

Der Verstärkungsfaktor unserer ersten Stufe errechnet sich aus dem Verhältnis der Widerstände R3 und R5. Mit den Werten 10 kΩ für R3 und 100 kΩ für R5 ergibt sich ein Verstärkungsfaktor von 10.

Wenn man sich das Gesamtschaltbild in Bild 1 anschaut, erkennt man, dass es zwei identisch aufgebaute Verstärkerstufen gibt. Bei der zweiten Verstärkerstufe ergibt sich durch die Widerstände R6 und R7 ein Verstärkungsfaktor von 47. Um den Gesamtverstärkungsfaktor beider Stufen zu ermitteln, können die beiden Verstärkungsfaktoren der einzelnen Stufen multipliziert werden:

$$V_U = 10 \times 47 = 470$$

Da kommt die Frage auf, warum nicht eine Verstärkerstufe verwenden statt zwei hintereinandergeschaltete Stufen? Die Antwort hat mit dem Frequenzgang (Bandbreite) des Operationsverstärkers zu tun, genauer mit dem Verstärkungs-Bandbreite-Produkt (GBW/Gain Bandwidth Product). Das GBW ist das Produkt aus Verstärkungsfaktor und Grenzfrequenz. Der hier verwendete Operationsverstärker vom Typ TLV272 hat ein GBW von 3 MHz bei einem Verstärkungsfaktor von 1. Wenn der Verstärker einen Verstärkungsfaktor von 10 haben soll, sinkt die Grenzfrequenz um den Faktor 10, also von 3 MHz auf 300 kHz. In unserem Fall würde ein Verstärkungsfaktor von 470 zu einer Reduzierung der Grenzfrequenz auf 6,4 kHz (3 MHz/470) führen. Das wollen wir natürlich nicht, denn 6,4 kHz liegt ja noch im hörbaren Bereich, den wir nutzen wollen. Aus diesem Grund teilen wir den Verstärker in zwei hintereinandergeschaltete Verstärkerstufen auf. Zudem stehen uns beim TLV272 ja auch zwei Operationsverstärker in einem Gehäuse zur Verfügung.

Die Erklärung der gesamten Verstärkerstufe ist damit abgeschlossen. Bleibt nur noch zu erwähnen, wie wir das Audiosignal hörbar machen. Würde man zur Ausgabe einen Lautsprecher verwenden, käme es wahrscheinlich zu einer akustischen Rückkopplung, die sich durch lautes Pfeifen bemerkbar macht. Diese Rückkopplung würde entstehen, wenn das verstärkte und über den Lautsprecher ausgegebene

Signal vom Mikrofon wieder aufgenommen wird. Sind Mikrofon und Lautsprecher räumlich sehr nahe beieinander, schaukelt sich das gesamte Verstärkersystem auf und es kommt zu diesem markanten Pfeifton. Um diesen Effekt zu vermeiden, verwenden wir zur Ausgabe einen Ohrhörer.

Zudem besitzt unser Operationsverstärker (TLV272) keine Endstufe, um einen Lautsprecher anzusteuern. Dennoch reicht die Leistung aus, um einen Kopfhörer mit einer Impedanz von 32 Ω zu betreiben. Über einen Widerstand (R8) am Ausgang wird die Leistung zudem noch reduziert. Da der Kopfhörer an einer Seite an Masse liegt, benötigen wir noch einen Koppelkondensator (C5), der die Gleichspannungsanteile (2,5 V) zwischen Ausgang U1B der zweiten Verstärkerstufe und dem ohmschen Widerstand des Kopfhörers trennt. Zum Anschluss des Ohrhörers verwenden wir eine 3,5-mm-Klinkenbuchse.

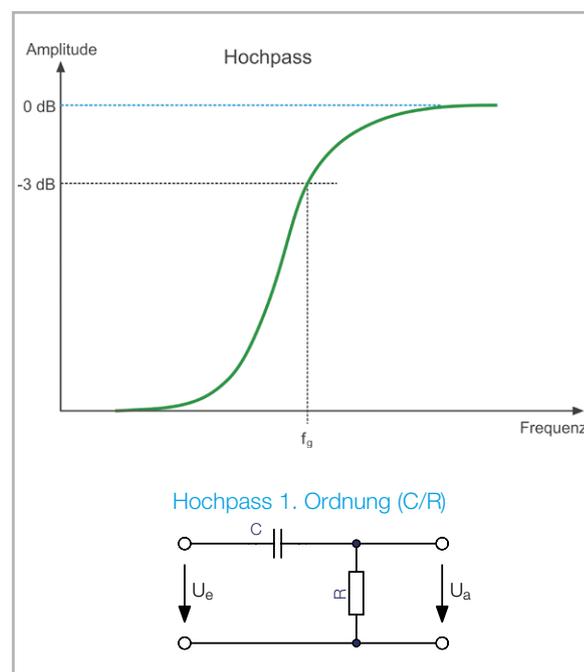


Bild 6: Kennlinie eines einfachen Hochpasses (C/R)

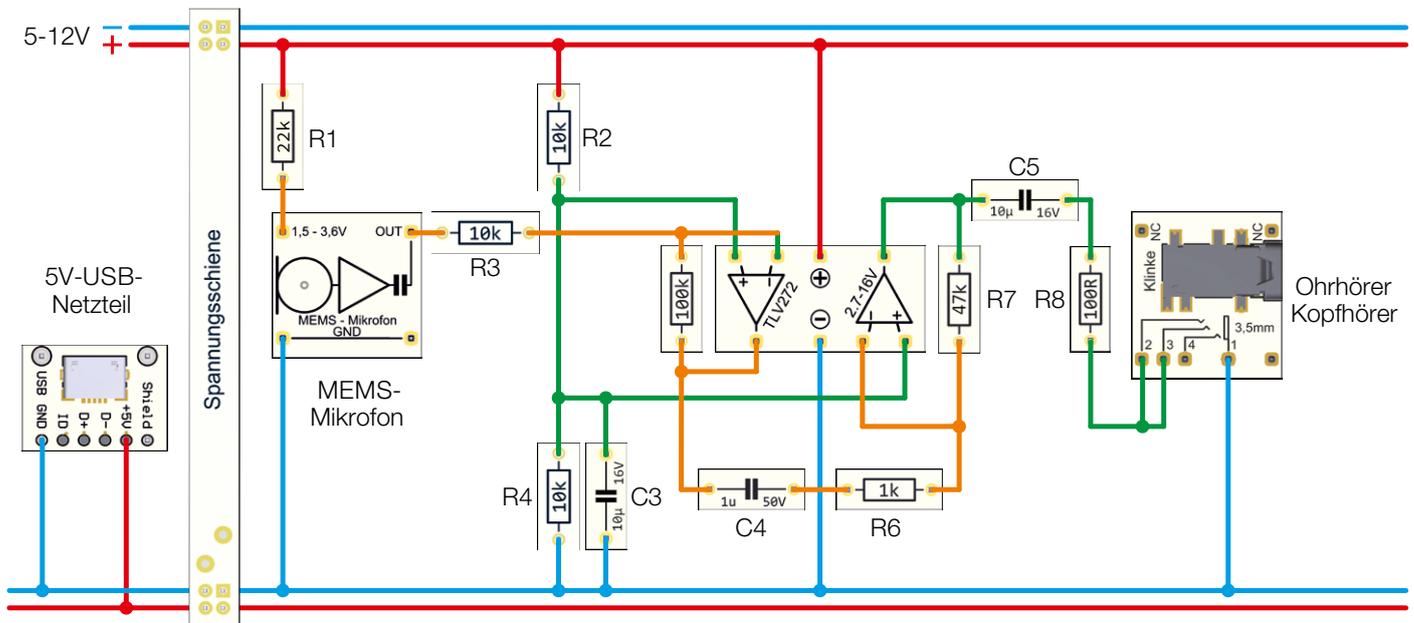


Bild 7: Verdrahtungsplan des Audioverstärkers

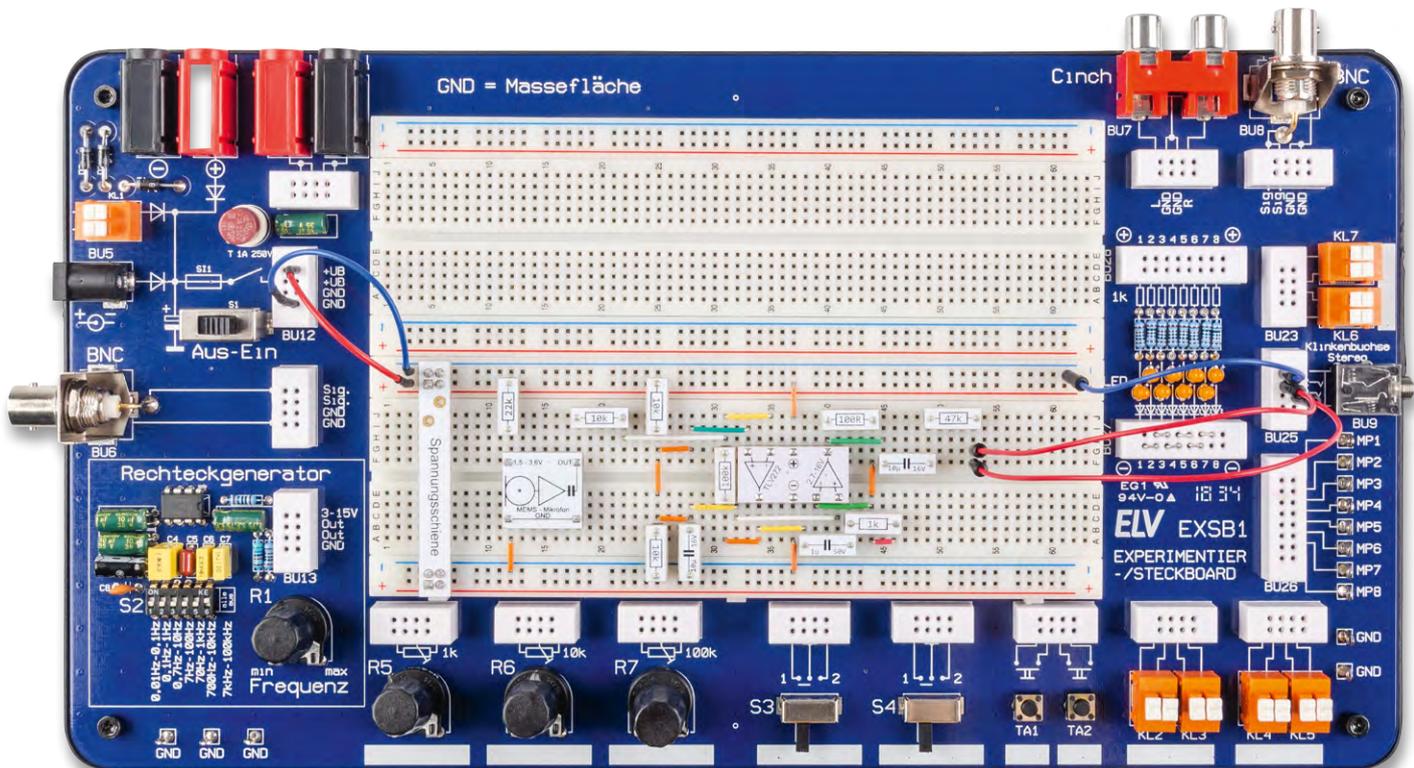
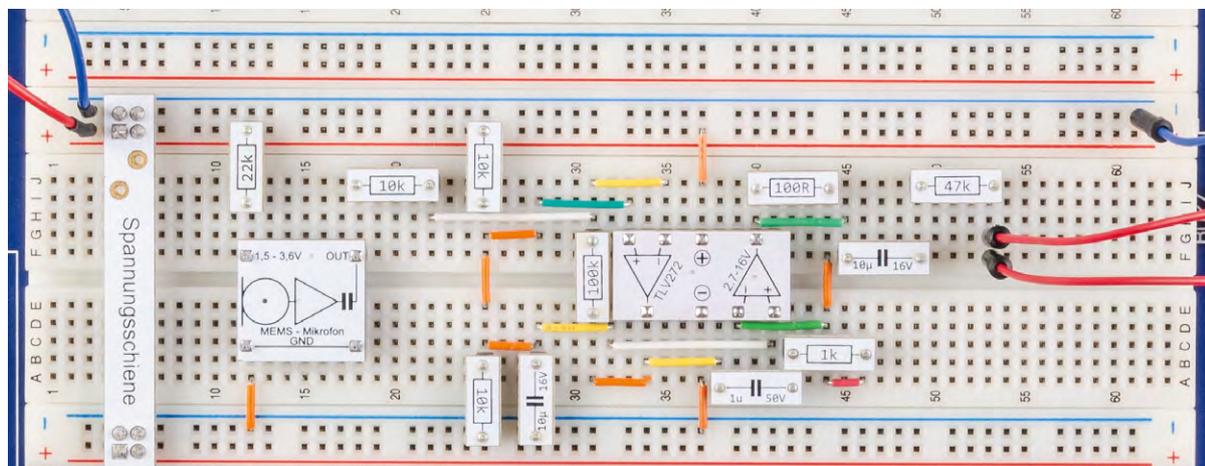


Bild 8: Audioverstärker, aufgebaut auf der Experimentierplattform EXSB1. Im oberen Bild sieht man die vergrößerte Darstellung der Verdrahtung.

Aufbau auf dem Breadboard

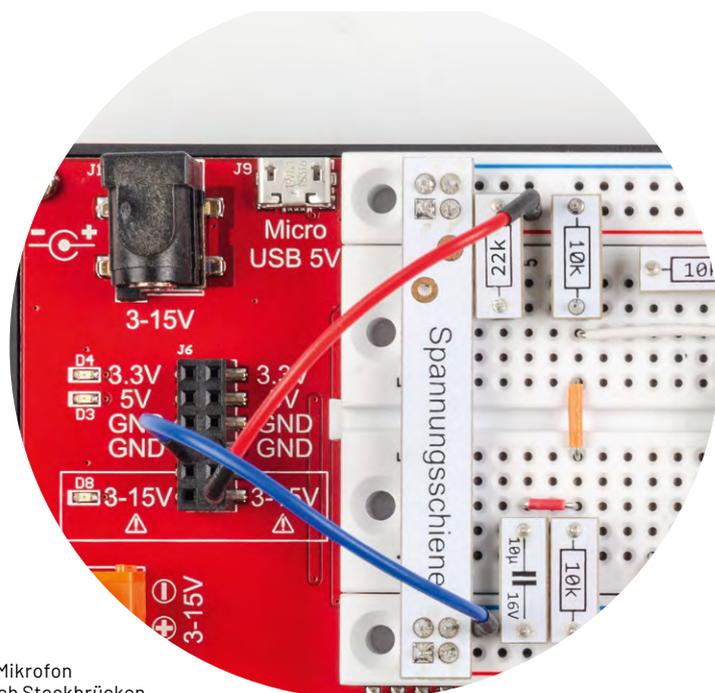
In Bild 7 ist zunächst ein allgemeiner Verdrahtungsplan, unabhängig von einer Plattform, zu sehen.

Unsere Audioverstärkerschaltung kann in unterschiedlichen Aufbauvarianten realisiert werden. Dies sind die beiden Experimentierplattformen EXSB1 und EXSB-Mini sowie ein „normales“ Steckboard. Jede dieser Varianten ist bildlich dargestellt (Bild 8 bis Bild 10). Diese Fotos eignen sich auch als Vorlage für die Verdrahtung.

Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert. Spalten, also von links nach rechts mit

den Zahlen 1 bis 63, und Reihen mit den Buchstaben A bis F. Dies kann sich aber je nach Hersteller geringfügig unterscheiden. So kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern 6 bis 8 abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen. Es kommen sowohl Steckbrücken als auch Steckkabel zum Einsatz, wobei die letzte Variante (Steckboard) ganz ohne Steckkabel auskommt.

Beim EXSB-Mini ist zu beachten, dass sich unterhalb des Mikrofons Steckbrücken befinden. In Bild 9 ist dieser Bereich zusätzlich ohne bestücktes Mikrofon abgebildet.



Unter dem Mikrofon befinden sich Steckbrücken.

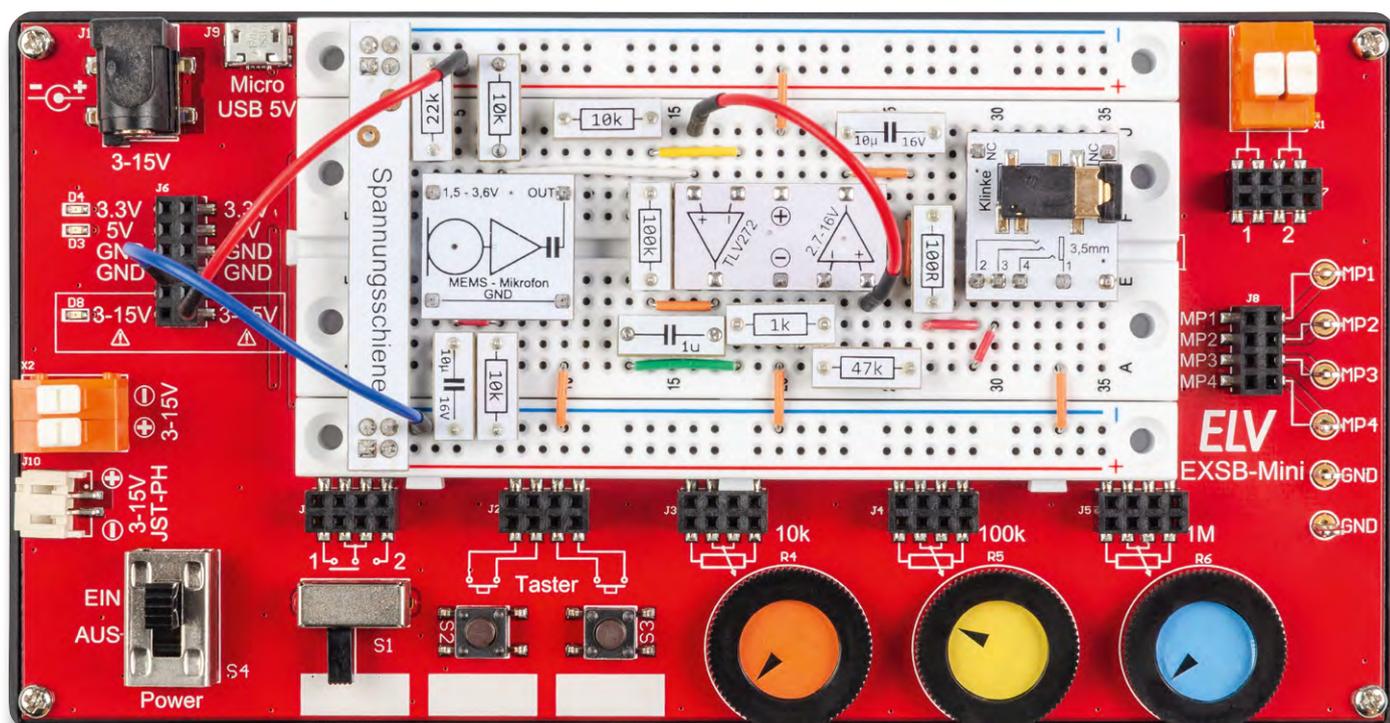
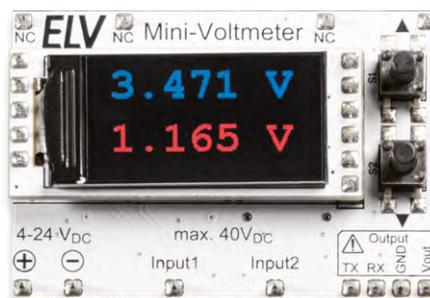
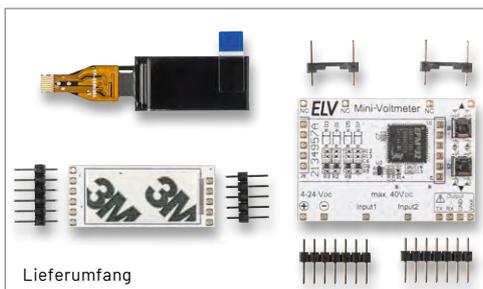


Bild 9: Audioverstärker, aufgebaut auf einem EXSB-Mini

ELV Bausatz Mini-Voltmeter für Steckboards mit TFT-Display MVM1


ELV

Abm. (B x H x T):
40,3 x 30,3 x 17 mm,
Gewicht: 12 g

EXKLUSIV
BAUSATZ
26,95 €

Artikel-Nr. 156596

[Zum Produkt](#)

- 2 Spannungen bis 40 V gleichzeitig messbar, Versorgungsspannungsbereich: 4–24 V
- Verschiedene Anzeigemodi (digital, analog, Bargraph, Plotter) auf dem TFT-Display
- Autorange oder feste Einstellung für 6-V- oder 40-V-Messbereich
- Messung im mV-Bereich, Genauigkeit ADC-Wandler 12 Bit (Oversampling: 16 Bit)
- Nutzung Stand-alone-Betrieb/Steckbrett-kompatibel
- Ausgabe der Messdaten über die UART-Schnittstelle des Mikrocontrollers möglich
- Addition/Subtraktion der beiden Messwerte möglich, dadurch z. B. auch Messung über ein Bauteil in einer Schaltung möglich
- TFT-Display auch separat einsetzbar, da auf separater Platine

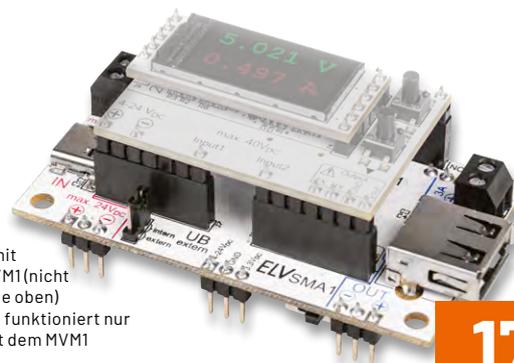
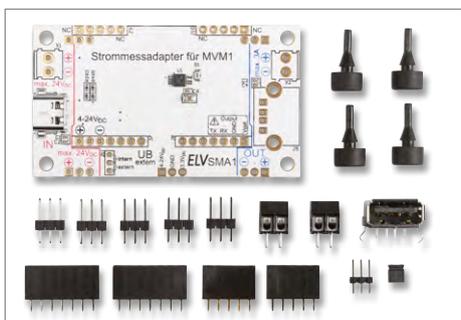
Anwendungsbeispiele – MVM1

- Ein- und Ausgangsspannung eines Spannungsreglers überwachen
- Differenz an den Eingängen des Operationsverstärkers messen
- Ausgangsspannung eines DA-Wandlers betrachten

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	MVM1
Spannungsversorgung:	4–24 VDC
Stromaufnahme:	20 mA max.
Eingangsspannung je Messkanal:	40 VDC max.
Autorange:	6/40 V
Leitungslängen:	3 m max.

ELV Bausatz Strommessadapter für Mini-Voltmeter SMA1

ELV


Abm. (B x H x T):
70 x 38 x 30 mm,
Gewicht: 30 g
(inkl. MVM1)

EXKLUSIV
BAUSATZ
17,95 €

Artikel-Nr. 156606

[Zum Produkt](#)

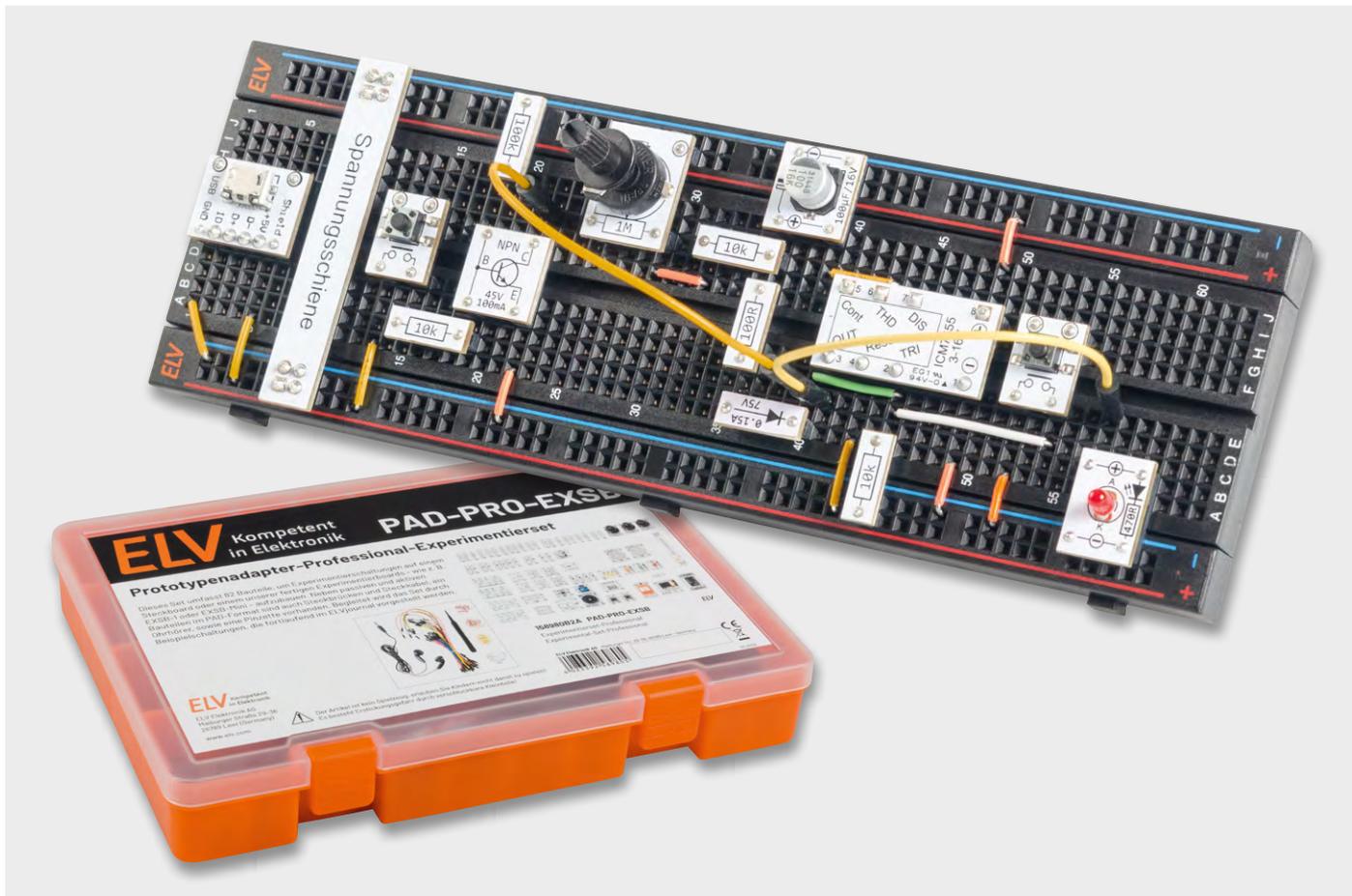
- In Verbindung mit dem Mini-Voltmeter MVM1 können sowohl Spannungen als auch Ströme in Versuchsschaltungen einfach und komfortabel gemessen werden
- Messbereiche bis max. 3 A und 24 V, Auflösung: 1 mA und 1,25 mV
- Passend für ein Breadboard – einfache Einbindung in Experimentierschaltungen
- Über die USB-A-Buchse können auch USB-Verbraucher analysiert werden – die USB-Type-C-Buchse dient als Spannungsquelle
- Viele unterschiedliche Darstellungsformen der überwachten Messwerte (digital, analog, Bargraph, Plotter)

Anwendungsbeispiele – SMA1

- USB-Strommessadapter für Last/Ladevorgänge
- Einfache Strommessung auf dem Steckbrett

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	SMA1
Spannungsversorgung:	4–24 VDC/3,3 VDC
Stromaufnahme:	21 mA max.
Max. Eingangsspannung Messkanal:	24 VDC
Max. Strombelastbarkeit Messkanal:	3 A
Autorange:	6 V/1 A oder 40 V/3 A



NE555-Grundsaltungen

Anwendungs-schaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 3

Im dritten Teil der Serie mit Anwendungsschaltungen für das PAD-PRO-Experimentierset beschäftigen wir uns mit Grundsaltungen für den Timerbaustein NE555 (ICM7555). Der Timerbaustein NE555 bzw. die CMOS-Variante ICM7555 gehören zu den Klassikern, wenn es um integrierte Schaltungen für die Elektronik geht. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig und die Handhabung ist relativ einfach, darum findet dieses Bauteil auch nach über 60 Jahren immer noch Verwendung. Hauptanwendungsbereiche sind Oszillator- und Zeitverzögerungsschaltungen.

Grundsaltungen

Im [ersten Teil unserer Serie](#) (ab Seite 6) haben wir die grundlegende Funktion dieses elektronischen Bauteils erklärt. Nun wollen wir uns die wichtigsten Grundsaltungen im Detail anschauen und zeigen, wie man diese mithilfe des [PAD-PRO-Experimentierersets \[2\]](#) aufbaut. Zu den Grundsaltungen gehören die Oszillatorschaltung, das Monoflop und ein PWM-Generator. Als Plattform zum Aufbauen der Schaltungen können die beiden Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini oder ein gewöhnliches Steckboard verwendet werden.

Oszillatorschaltung

Mit dem Timerbaustein NE555 (ICM755) lässt sich auf einfachste Weise ein Oszillator (Oszillator = schwin-

nungsfähiges System) realisieren. Die maximale Frequenz hängt vom verwendeten Typ und vom Hersteller des Bauteils ab. Die in unserem PAD-Modul verwendete CMOS-Version ICM7555 garantiert eine Frequenz von 0,5 MHz.

Bild 1 zeigt, wie die externe Beschaltung für einen Rechteckoszillator aussieht. Zum besseren Verständnis sind an markanten Stellen in der Schaltung Messpunkte platziert, deren Signalverläufe in **Bild 2** dargestellt sind.

Schauen wir uns nun im Detail an, wie dieser Oszillator arbeitet. Zur Demonstration ist am Ausgang (Out/Pin3) eine LED angeschlossen. Die gewählte Ausgangsfrequenz ist so niedrig gewählt, dass die LED im Takt der Ausgangsfrequenz blinkt.

Gehen wir von dem Fall aus, dass der Kondensator C1 entladen ist. In diesem Fall ist die Spannung an C1 (MP 1) gleich 0 V. Da der Kondensator C1 mit dem Eingang (Trigger) des unteren Komparators verbunden ist und die Spannung an C1 (MP1) unterhalb $1/3$ der Betriebsspannung

liegt, wird das Flip-Flop über den Setzeingang „S“ gesetzt und der Q-Ausgang führt High-Pegel bzw. der /Q-Ausgang Low-Pegel. Da zwischen dem Ausgang /Q vom Flipflop und dem Ausgang Pin 3 (Output) noch ein Inverter geschaltet ist, liegt am Ausgang (MP2) High-Pegel an.

Nun lädt sich C1 über die Widerstandskette R1, R2 und P1 auf. Im Zeitdiagramm (Bild 2/MP1) sieht man, wie die Spannung an C1 auf einen Wert von 2/3 UB (=Betriebsspannung) ansteigt. Denn ab diesem Punkt wechselt der Ausgang des oberen Komparators „A“ auf High-Pegel und das Flip-Flop wird zurückgesetzt. Nun wird der interne Entladetransistor des NE555 (Ausgang „Discharge“/Pin 7) leitend und über die Widerstände R1, R2 und P1 entladen – die Spannung sinkt wieder, bis 1/3 von UB erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt setzt der untere Komparator „B“ das Flipflop wieder zurück. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch – wir haben einen Oszillator.

Wir erkennen dabei, dass die frequenzbestimmenden Bauteile der Kondensator C1 und die vorgeschalteten Widerstände R1, P1 und R2 sind. Mit dem Trimmer P1 kann die Frequenz in einem Bereich von 0,6 Hz bis 6 Hz verändert werden. Beim Laden von C1 sind die Widerstände R1, R2 und P1 vorgeschaltet, beim Entladen hingegen wirken nur P1 und R2. Der Widerstand R1 ist im Verhältnis zur Summe von P1 und R2 relativ klein. Aus diesem Grund kann man sagen, dass Lade- und Entladezeit fast gleich sind. Somit ist das Puls-Pausen-Verhältnis vom Ausgangssignal ca. 50:50 %.

Die genannten frequenzbestimmenden Bauteile können so gewählt werden, dass sich Frequenzen bis 500 kHz erreichen lassen. Mit folgender Formel lässt sich die Frequenz berechnen:

$$f = \frac{1,44}{(R1 + 2(P1 + R2) \times C1)}$$

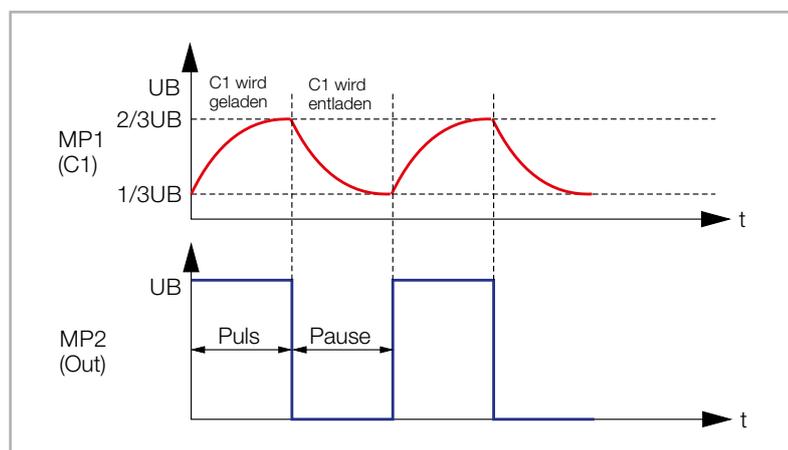


Bild 2: Diagramme für die Messpunkte in der Oszillatorschaltung

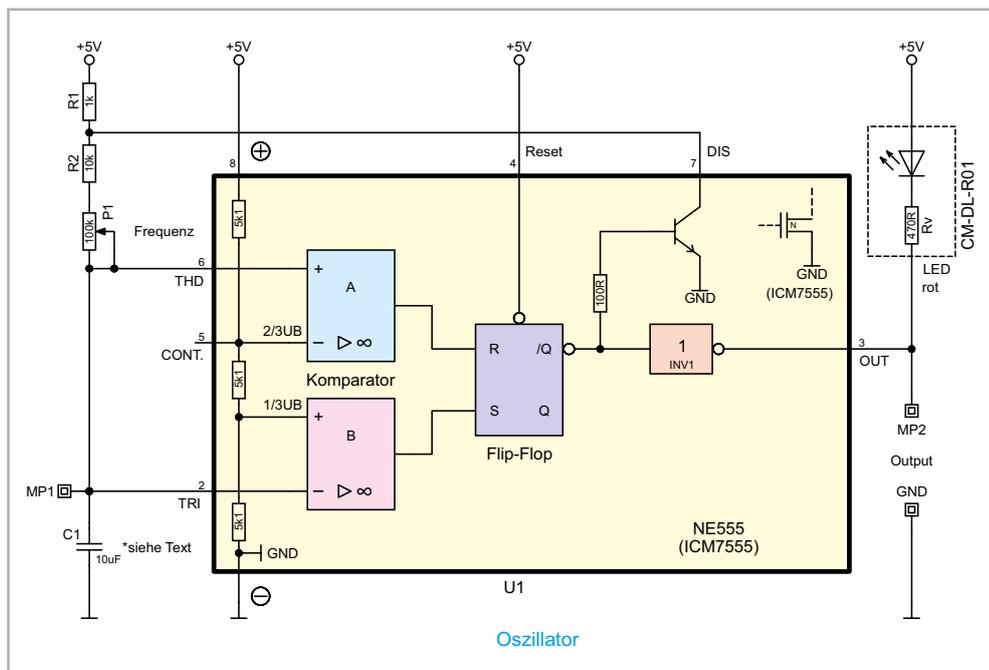


Bild 1: Grundsaltung des Oszillators

In unserem Fall kann das Poti (P1) je nach Drehanschlag Werte zwischen 0 Ω und 100 kΩ annehmen. Setzt man nun die vorgegebenen Werte in die Formel ein, ergeben sich folgende Frequenzen:

Maximale Frequenz:

$$R1 = 1 \text{ k}\Omega \quad P1 = 0 \Omega \quad R2 = 10 \text{ k}\Omega \quad C1 = 10 \mu\text{F}$$

$$f = \frac{1,44}{(1 \text{ k}\Omega + 2(0 \Omega + 10 \text{ k}\Omega) \times 10 \mu\text{F})} = 6,86 \text{ Hz}$$

Minimale Frequenz:

$$R1 = 1 \text{ k}\Omega \quad P1 = 100 \text{ k}\Omega \quad R2 = 10 \text{ k}\Omega \quad C1 = 10 \mu\text{F}$$

$$f = \frac{1,44}{(1 \text{ k}\Omega + 2(100 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega) \times 10 \mu\text{F})} = 0,686 \text{ Hz}$$

Der Einstellbereich der Frequenz erstreckt sich somit auf einen Bereich von 0,69 Hz bis 6,86 Hz.

Mit dieser Kenntnis kann die Oszillatorfrequenz durch Verändern der Widerstände P1 oder R2 bzw. des Kondensators C1 beliebig verändert werden. Setzt man z. B. für den Kondensator C1 einen Wert von 1 µF statt 10 µF ein, wird die Frequenz um den Faktor 10 angehoben.

PWM-Generator

Ein PWM-Generator (Pulsweitenmodulator) hat in der Regel eine feste Frequenz, wobei dessen Puls-Pausen-Verhältnis veränderbar ist. Hintergrund ist dabei, dass sich je nach Tastverhältnis zwischen Puls und Pause auch der arithmetische Mittelwert ändert (siehe Bild 3). Diesen Umstand nutzt man in der Leistungselektronik, um z. B. Motoren zu steuern oder zur Helligkeitssteuerung von Lampen. Der Trick hierbei ist, dass die Last immer die volle Spannung erhält, aber im Takt der PWM ein- bzw. ausgeschaltet wird. Für die Motorgeschwindigkeit und auch für die Helligkeit von Beleuchtungskörpern ist der arithmetische Mittelwert maßgebend.

Die Leitungsendstufe einer PWM arbeitet daher nicht im Linearbetrieb, sondern digital, d.h., die Last wird immer nur ein- und ausgeschaltet. Hierbei entsteht an der Leistungsendstufe nur eine geringe Verlustleistung. Im Linearbetrieb müsste die überschüssige Energie in der Endstufe in Wärme umgewandelt werden, was dann zu einer hohen Verlustleistung führen würde.

Wie man im Schaltbild (Bild 4) erkennt, ist die Schaltung für den PWM-Generator weitestgehend identisch mit der Oszillatorschaltung. Darum beschränken wir uns bei der Beschreibung auf die wesentlichen Unterschiede. In der Oszillatorschaltung fließt der Lade- und Entladestrom für den Kondensator C1 immer durch die gleichen Widerstände. Mithilfe der beiden Dioden D1 und D2 geht nun der Lade- und Entladestrom von C1 unterschiedliche Wege. Über die Diode D2 fließt der Ladestrom und über D1 der Entladestrom. Über den Trimmer P1 wird das Verhältnis von Lade- und Entladestrom zueinander eingestellt. Den Widerstand R1 vernachlässigen wir bei dieser Betrachtung, da dessen Widerstandswert im Verhältnis zu P1 viel kleiner ist.

Stellt man den Trimmer P1 auf Mittelstellung ist der Strom für die Lade- und Entladephase gleich und es ergibt sich ein gleiches Puls-Pausen-Verhältnis. Sobald der Trimmer in eine Richtung gedreht wird, ergeben sich unterschiedliche Widerstandswerte für Lade- und Entladestrom. In der Summe ergeben diese beiden Widerstände den Widerstandswert von P1, wodurch die Frequenz nicht verändert wird. Mit P1 kann also das Puls-Pausen-Verhältnis stufenlos verändert werden, ohne dass sich die Frequenz ändert. In unserer Schaltung beträgt die Frequenz ca. 1 kHz.

Bei der Helligkeitssteuerung von z. B. LEDs muss die Frequenz so gewählt werden, dass das menschliche Auge diese nicht mehr wahrnehmen kann, was bei einer Frequenz ab ca. 60 Hz der Fall ist. In unse-

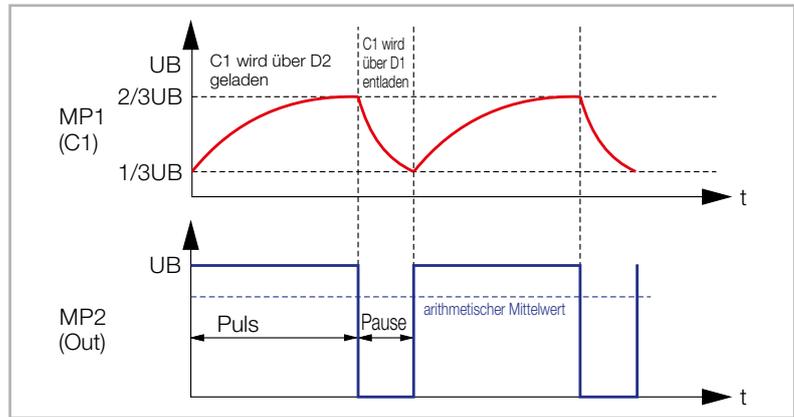


Bild 3: Diagramme für Messpunkte in der PWM-Schaltung

rer Schaltung dient die an Pin 3 (Out) angeschlossene LED als Ausgabebereinheit. Es gilt zu beachten, dass LEDs niemals ohne Vorwiderstand betrieben werden dürfen. Das CM-DL-R01 ist eine fertige LED-Platine, auf der ein Vorwiderstand integriert ist. Die Farbe kann dabei frei gewählt werden.

Monoflop

Eine weitere Grundschiung ist das sogenannte Monoflop. Diese Schaltungsvariante wird als monostabile Kippstufe, kurz Monoflop, bezeichnet. Durch einen Triggerimpuls oder Pegelsprung wird ein in der zeitlichen Länge bestimmtes Signal erzeugt, und zwar nur ein Impuls, daher der Begriff „Mono“. Diese Grundschiung entspricht dem Anwendungsbeispiel „Treppenlichtautomat“ aus dem ersten Teil dieser Serie [1].

Wir haben die Schaltung noch universeller gemacht, indem man auch durch eine positive Spannung eine Triggerung auslösen kann. So kann die Schaltung z. B. auch als Nachlaufsteuerung genutzt werden. Zudem gibt es zur besseren Verständlichkeit auch die Signalverläufe an markanten Schaltungspunkten (Bild 5).

Um einen zeitlich definierten Impuls zu erzeugen, nutzen wir die Ladekurve eines Kondensators. Dies ist in unserem Fall der Kondensator C1. Hat die Spannung am Kondensator einen bestimmten Spannungswert ($2/3 UB$) erreicht, wird das Zeitsignal gestoppt. Da je nach Größe

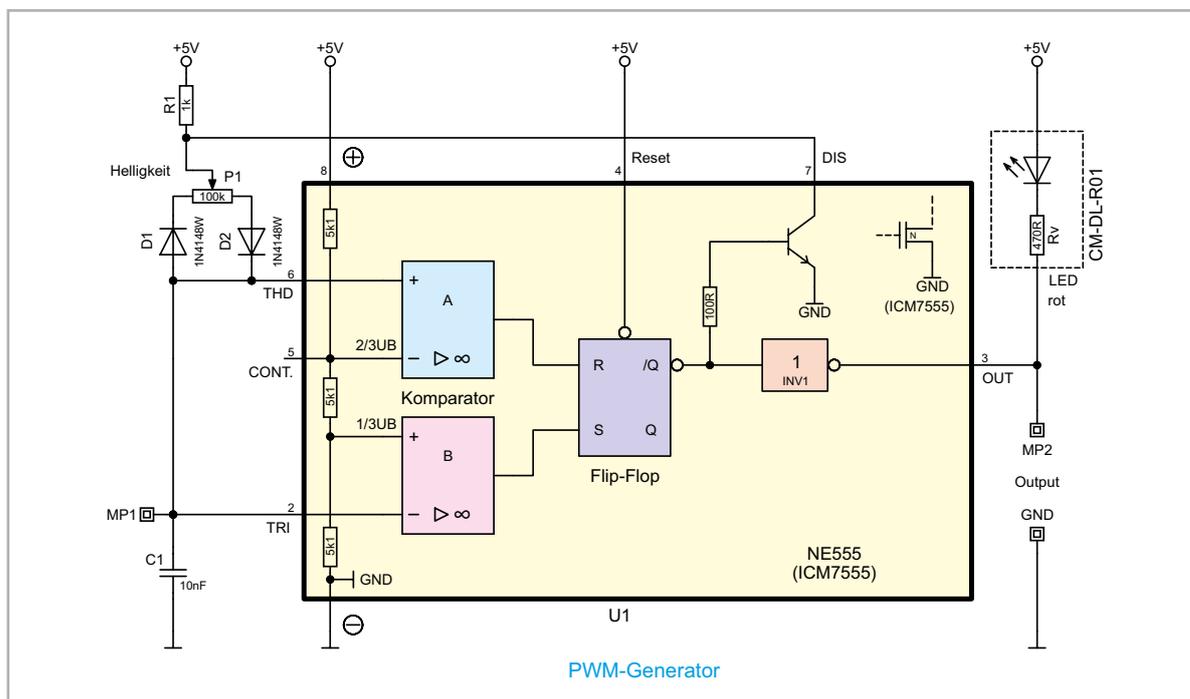


Bild 4: Schaltbild des PWM-Generators

des Kondensators und des Vorwiderstandes der Ladevorgang eine bestimmte Zeit in Anspruch nimmt, wird hiermit ein zeitliches Ereignis erzeugt.

In Bild 6 ist das Schaltbild des Monoflops zu sehen. Durch Betätigen des Tasters TA1(Start) werden zwei Vorgänge ausgelöst. Zum einen schaltet durch das Low-Signal am Triggereingang (TRI) der Komparator B und setzt das interne Flip-Flop, wodurch der Ausgang (Pin 3) auf High wechselt, und zum anderen wird der Kondensator C1 über D1 und R2 entladen. Dieser Vorgang ist in Bild 5 an den zeitlichen Diagrammen gut zu erkennen.

An MP1 zeigt sich nun, dass der Kondensator C1 langsam über P1 und R1 aufgeladen wird. Dies geschieht aber erst, wenn der Taster gelöst wird. Solange der Taster TA1 gedrückt gehalten wird, findet noch keine Aufladung statt. Erreicht die Kondensatorspannung den Wert 2/3 der Betriebsspannung (UB), schaltet der obere Komparator A, dessen Ausgang dann das interne Flip-Flop zurücksetzt. Der Ausgang „Out“ (Pin 3) wechselt daraufhin von High auf Low. Die am Ausgang angeschlossene LED zeigt diesen Zustand optisch an. Der Kondensator lädt sich aber weiterhin bis auf die Betriebsspannung auf, ohne dass dies Auswirkungen auf das Ausgangssignal hat.

Mit dem Trimmer P1 kann die Ladegeschwindigkeit von C1 und somit die Länge des Ausgangsimpulses verändert werden.

In unserem Beispiel beträgt der Einstellbereich 1,1 bis 111 Sekunden. Durch Verkleinern des Kondensators C1 können auch kürzere Zeiten generiert werden. Die Impulslänge kann mit folgender Formel errechnet werden:

$$T = 1,1 \times (R1 + P1 + R2) \times C1$$

$$T = 1,1 \times (1 \text{ k}\Omega + 0 \Omega + 10 \text{ k}\Omega) \times 100 \mu\text{F} = 1,1 \text{ s minimale Zeit}$$

$$T = 1,1 \times (1 \text{ k}\Omega + 1 \text{ M}\Omega + 10 \text{ k}\Omega) \times 100 \mu\text{F} = 111 \text{ s maximale Zeit}$$

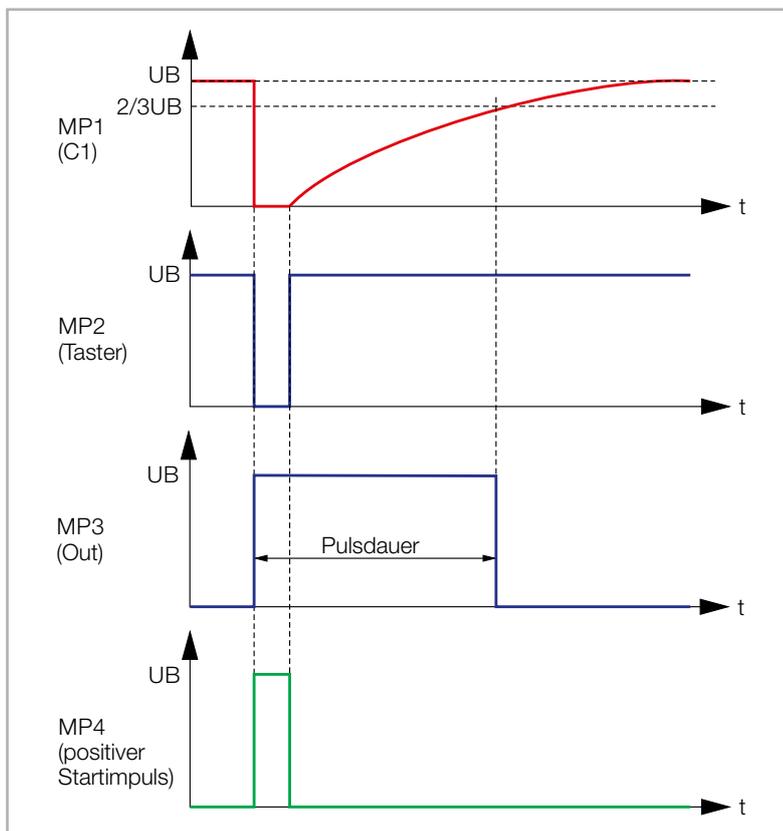


Bild 5: Diagramme für Messpunkte in der Monoflop-Schaltung

Möchte man den Startvorgang nicht über einen Taster auslösen, sondern über eine Spannung, muss in der Schaltung noch ein Transistor hinzugefügt werden (siehe Bild 6 links). Dieser Transistor Q1 arbeitet als Schalter und ersetzt den Taster TA1. Die Basis des Transistors darf nicht direkt mit einer Spannung beaufschlagt werden. Aus diesem Grund ist der Widerstand R4 vorgeschaltet. Der Widerstand R5 ist notwendig, damit die Basis des Transistors definiert an Masse liegt, falls keine Steuerspannung anliegt. An MP3 kann eine Spannung von 1,5 V bis ca. 24 V eingespeist werden. In unserer Schaltung wird dies durch den Taster TA2 simuliert.

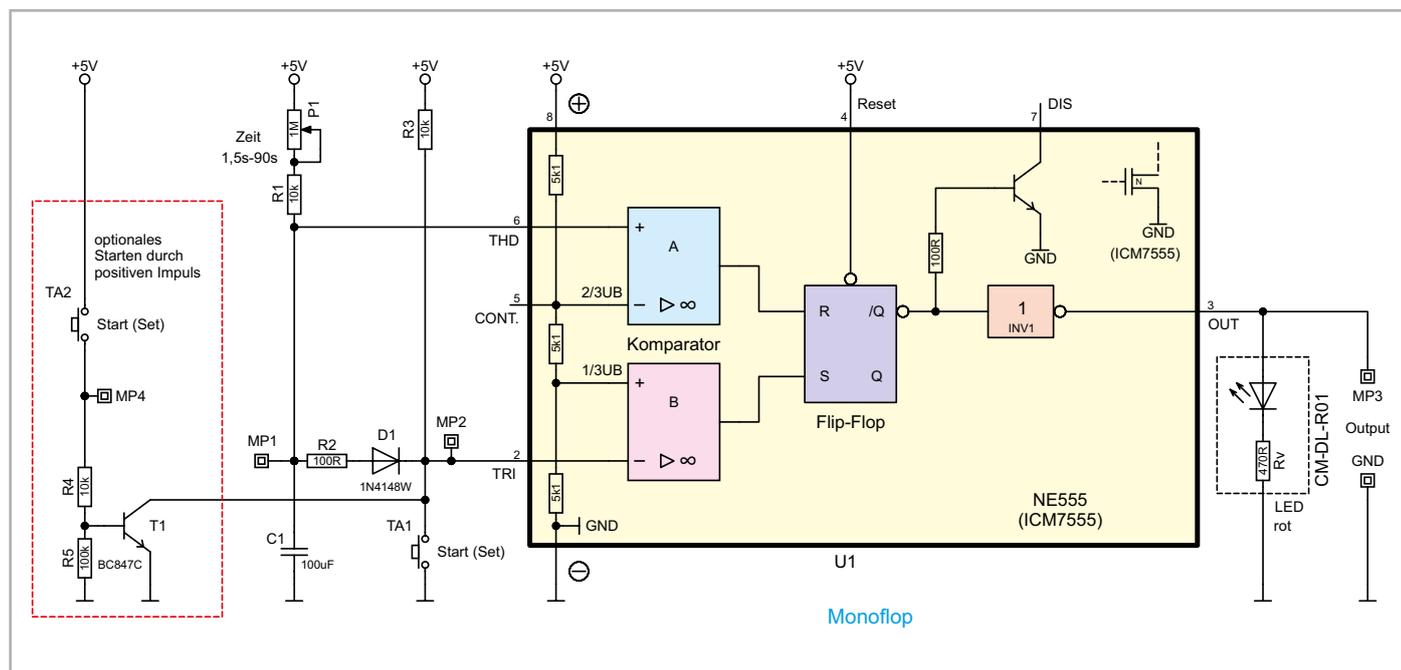


Bild 6: Schaltbild des Monoflops

Aufbau der Schaltungen

Für alle gezeigten Grundschaltungen gibt es Aufbauvorschläge unter Zuhilfenahme der PAD-PRO-Experimentierkits (Bild 7, ab Seite 6). Zum Set, das alle notwendigen Bauteile enthält, wird zusätzlich noch eine Aufbauplatzform benötigt. Dies können die beiden Experimentierplatzformen EXSB1 und EXSB-Mini sowie ein „normales“ Steckboard sein.



Bild 7: Das Experimentierkit PAD-PRO-EXSB

Für jede Grundschaltung gibt es somit drei Varianten, die bildlich dargestellt sind. Zusätzlich zu den Fotos sind auch Verdrahtungsplane mit den entsprechenden Prototypenadapter-Modulen (PAD-Modulen) vorhanden.

Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert und in Spalten, also von links nach rechts mit 1 bis 63, und in Reihen mit den Buchstaben A bis F geordnet. Dies kann sich aber je nach Hersteller geringfügig unterscheiden. Anhand der Nummerierung kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen.

Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt.

Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung für diese Schaltung sollte minimal 5 V betragen. Der NE555 bzw. ICM7555 sind für Betriebsspannungen von bis zu 16 V ausgelegt. Die Versorgungsspannung sollte aber 10 V nicht übersteigen, da der in unserer Schaltung verwendete Kondensator mit dem Wert 100 μF nur bis zu einer Spannung von 16 V zugelassen ist und ein gewisser Sicherheitsabstand eingehalten werden muss.

Die beiden Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini verfügen über eigene Spannungsversorgungseinheiten, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen, da dies in der jeweiligen Bauanleitung beschrieben ist.

Auf einem Steckboard können unterschiedliche Spannungsquellen genutzt werden. Über eine USB-Buchse (Bild 8) kann ein normales Smartphone-Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle genutzt werden. Wie man in Bild 8 erkennt, kann auch die 2-polige Klemmleiste als Eingang für die Spannungsversorgung genutzt werden. Hier kann dann z. B. eine 9-V-Batterie oder ein Netzteil angeschlossen werden. Dabei muss unbedingt auf die richtige Polung geachtet werden. Bei den 9-V-Anschlussclips ist das rote Kabel immer der Plus-Anschluss.

Messpunkte

In einigen Schaltbildern sind Messpunkte angegeben, die auch in der Schaltungsbeschreibung erwähnt werden. Die Messpunkte zeigen an, wo man z. B. ein Oszilloskop (falls vorhanden) anschließen kann. Die beiden ELV-Experimentierboards (EXSB-Mini und EXSB1) haben spezielle Anschlussstellen für solche Messpunkte, von wo aus man bestimmte Schaltungspunkte kontaktieren kann, wie im Beispiel vom EXSB-Mini zu sehen ist (Bild 9). Diese Verbindungskabel sind mit Ausnahme von Bild 11 nicht in den Nachbaufotos vorhanden, da dies die Übersichtlichkeit beeinträchtigen würde.



Bild 8: So kann die Spannungsversorgung bei einem Steckboard erfolgen: Mittels 9-V-Batterie (oben) oder per 5-V-Ladegerät (unten).

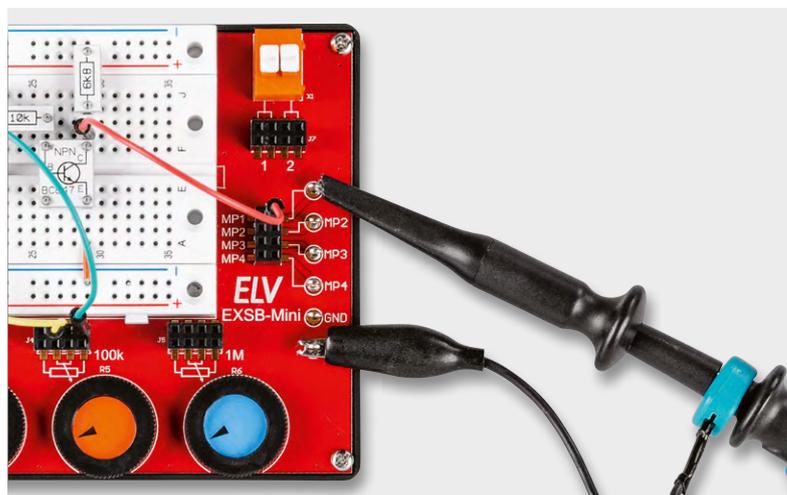


Bild 9: So werden die Messpunkte (Stifte) für den Anschluss eines Tastkopfes genutzt (Beispiel EXSB-Mini).

Aufbau Oszillatorschaltung

In Bild 10 ist ein Verdrahtungsplan mit PAD-Modulen dargestellt, Tabelle 1 listet die enthaltenen Bauteile auf. Im Prinzip entspricht dieser Verdrahtungsplan dem Schaltbild, mit dem Unterschied, dass hier die Bauteile im PAD-Format gezeigt werden.

Die einzelnen unterschiedlichen Aufbauvarianten sind in Bild 11 bis Bild 13 dargestellt. Bild 11 zeigt den Aufbau auf einem EXSB-Mini, bei dem die Messpunkte in der Schaltung kontaktiert sind.

Stückliste für die Oszillatorschaltung

Menge	Bezeichnung	Modul
1	NE555 (ICM7555)	CM-IC-ICM7555-B
1	LED-Modul (rot, orange oder grün)	CM-DL-X01
1	Widerstand 1 kΩ	CM-RF-102
1	Widerstand 10 kΩ	CM-RF-103
1	Trimmer 100 kΩ	CM-RA-104
1	Kondensator 10 µF	CM-CF-106
1	Spannungsschiene	CM-BB1
1	USB-Buchse Micro (bei Bedarf)	CM-FC-USB
	Steckbrücken/Steckkabel	

Tabelle 1

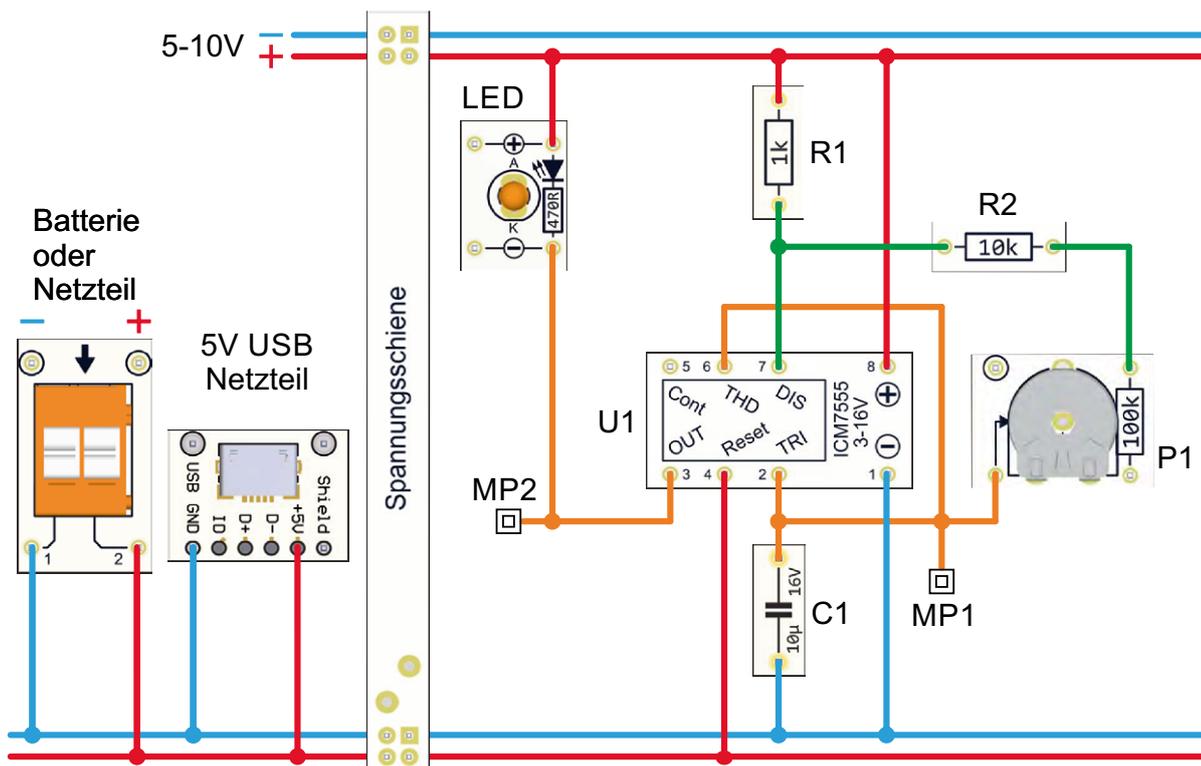


Bild 10: Verdrahtungsplan für die Oszillatorschaltung

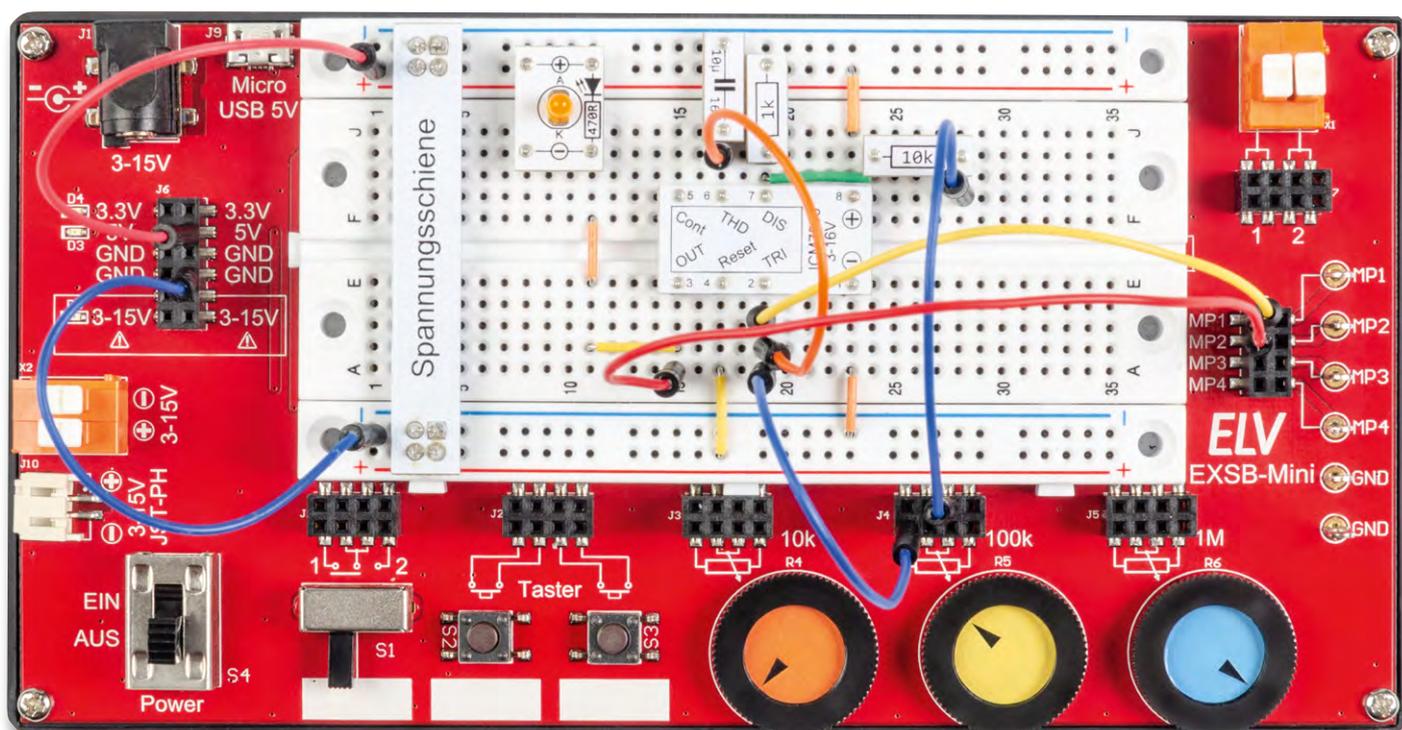


Bild 11: Oszillatorschaltung, aufgebaut auf einem EXSB-Mini

Aufbau PWM-Generator

In Bild 14 ist ein Verdrahtungsplan mit PAD-Modulen dargestellt, Tabelle 2 zeigt die verwendeten Bauteile.

Die einzelnen unterschiedlichen Aufbauvarianten sind in Bild 15 bis 17 dargestellt.

Stückliste PWM-Generator

Menge	Bezeichnung	Modul
1	NE555 (ICM7555)	CM-IC-ICM7555-B
1	LED-Modul (rot, orange oder grün)	CM-DL-X01
1	Widerstand 1kΩ	CM-RF-102
1	Kondensator 10nF	CM-CF-103
2	Diode 75 V/0,15 A	CM-DG-151-A
1	Spannungsschiene	CM-BB1
1	USB-Buchse Micro (bei Bedarf)	CM-FC-USB
	Steckbrücken / Steckkabel	

Tabelle 2

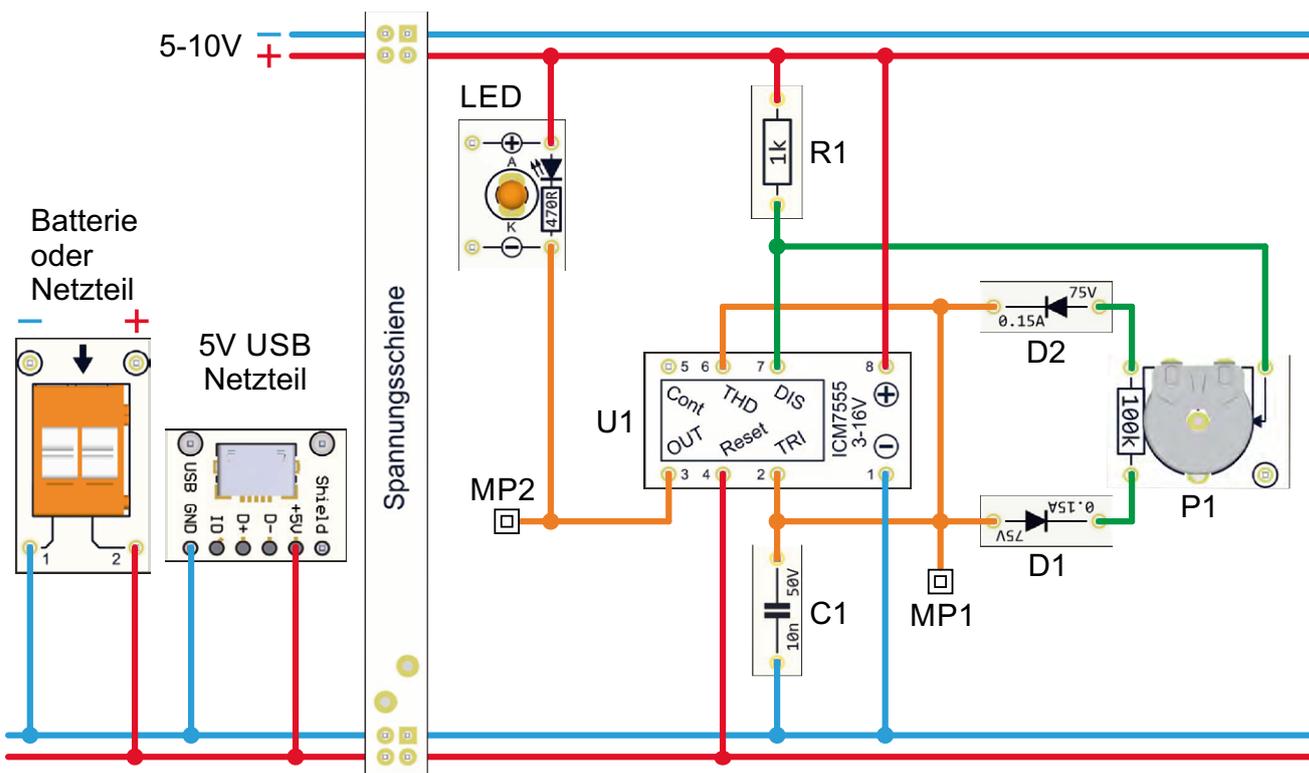


Bild 14: Verdrahtungsplan für den PWM-Generator

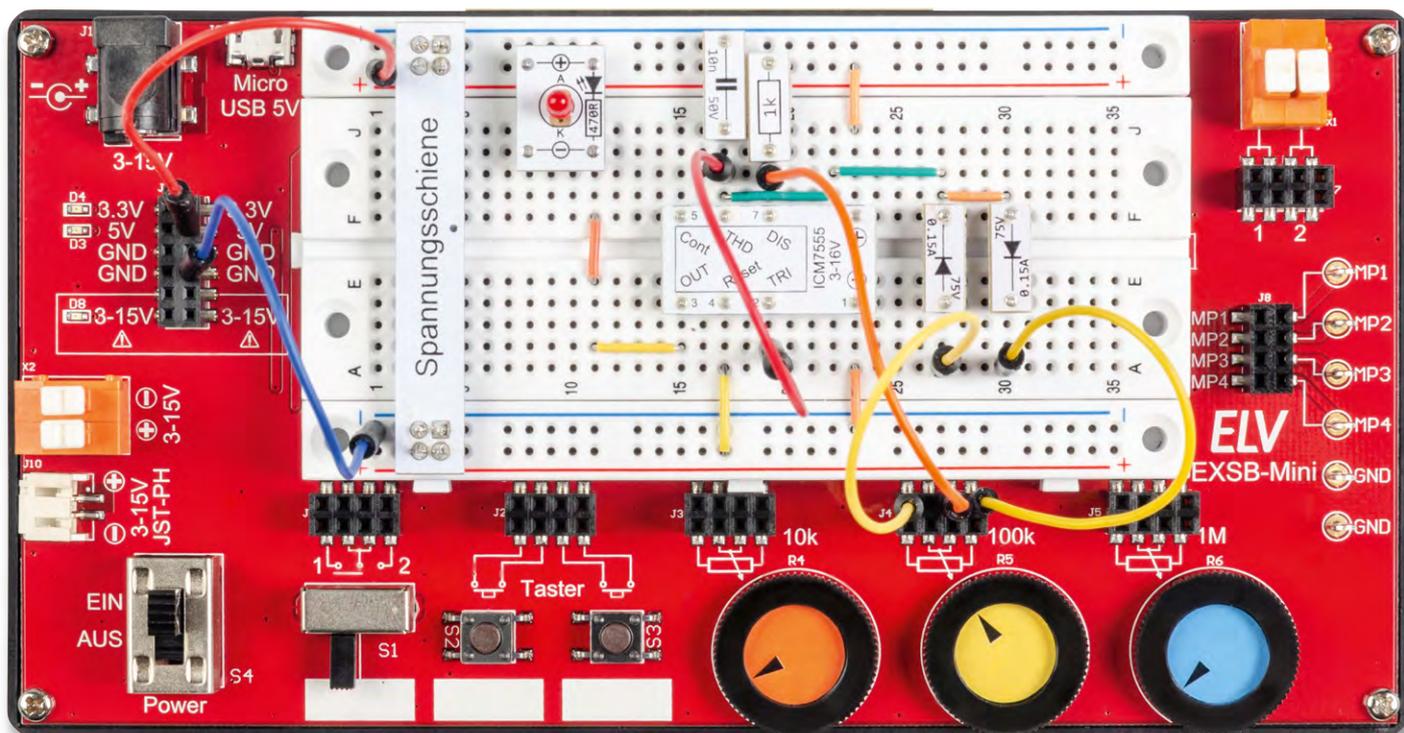


Bild 15: PWM-Generator, aufgebaut auf einem EXSB-Mini

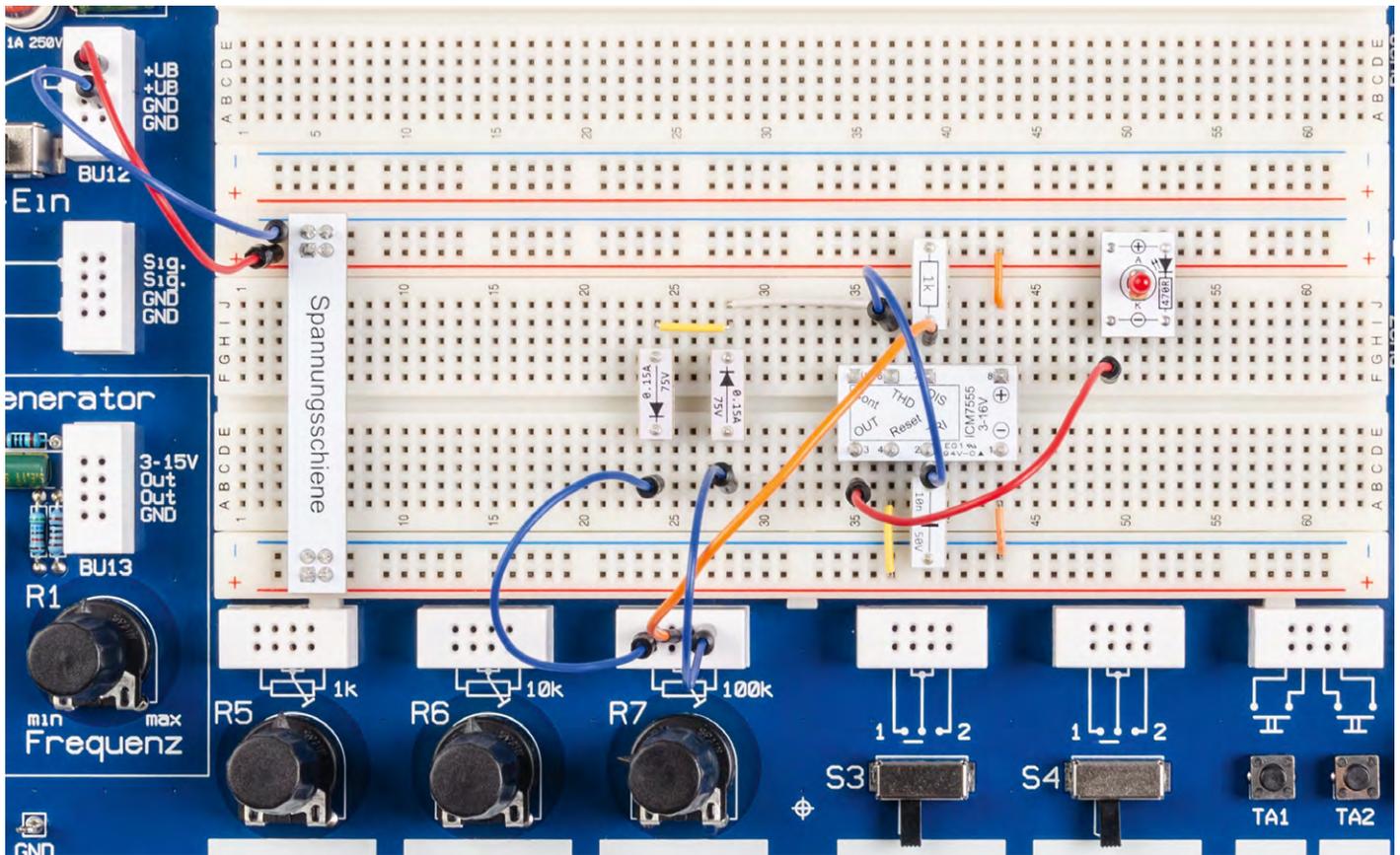


Bild 16: PWM-Generator, aufgebaut auf einem EXSB1 (Ausschnitt des wesentlichen Teils)

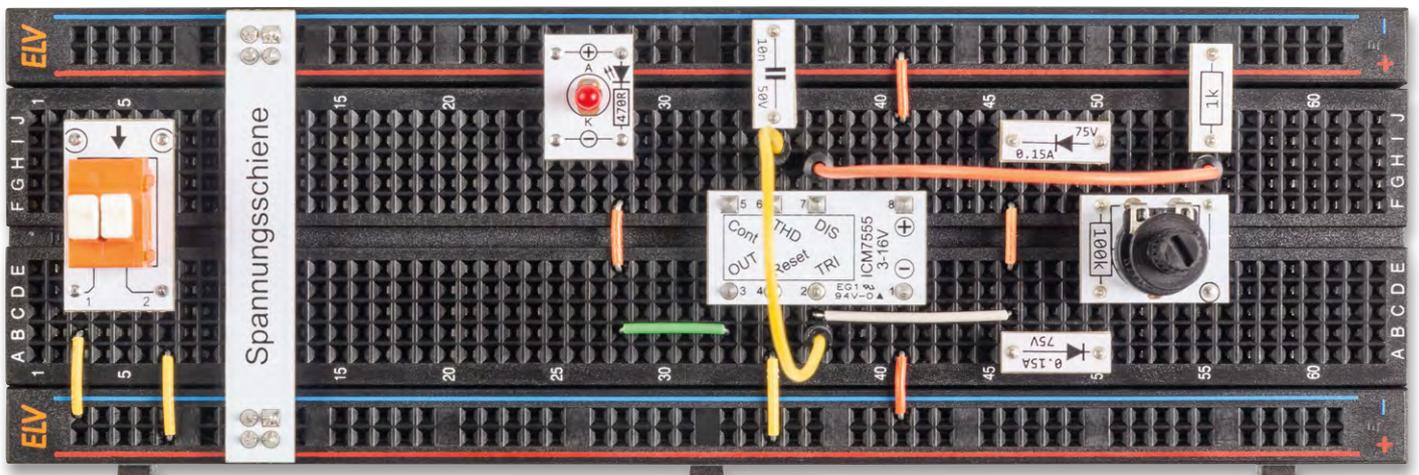


Bild 17: PWM-Generator, aufgebaut auf einem Breadboard

Aufbau Monoflop

Der Verdrahtungsplan für das Monoflop ist in Bild 18 dargestellt, die verwendeten Bauteile sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Die einzelnen unterschiedlichen Aufbauvarianten sind in Bild 19 bis 21 dargestellt. **ELV**

Tabelle 3

Stückliste Monoflop

Menge	Bezeichnung	Modul
1	NE555 (ICM7555)	CM-IC-ICM7555-B
1	LED-Modul (rot, orange oder grün)	CM-DL-X01
1	Transistor NPN	CM-TB-BC847C-A
1	Diode 75 V/0,15 A	CM-DG-151-A
1	Widerstand 100 Ω	CM-RF-101
3	Widerstand 10 kΩ	CM-RF-103
1	Widerstand 100 kΩ	CM-RF-104
1	Trimmer 1 MΩ	CM-RA-105
1	Kondensator 100 µF	CM-CF-106
2	Taster 1x ein	CM-PB-1101
1	Spannungsschiene	CM-BB1
1	USB-Buchse Micro (bei Bedarf)	CM-FC-USB
	Steckbrücken/Steckkabel	

Bild 18: Verdrahtungsplan für die Monoflop-Schaltung

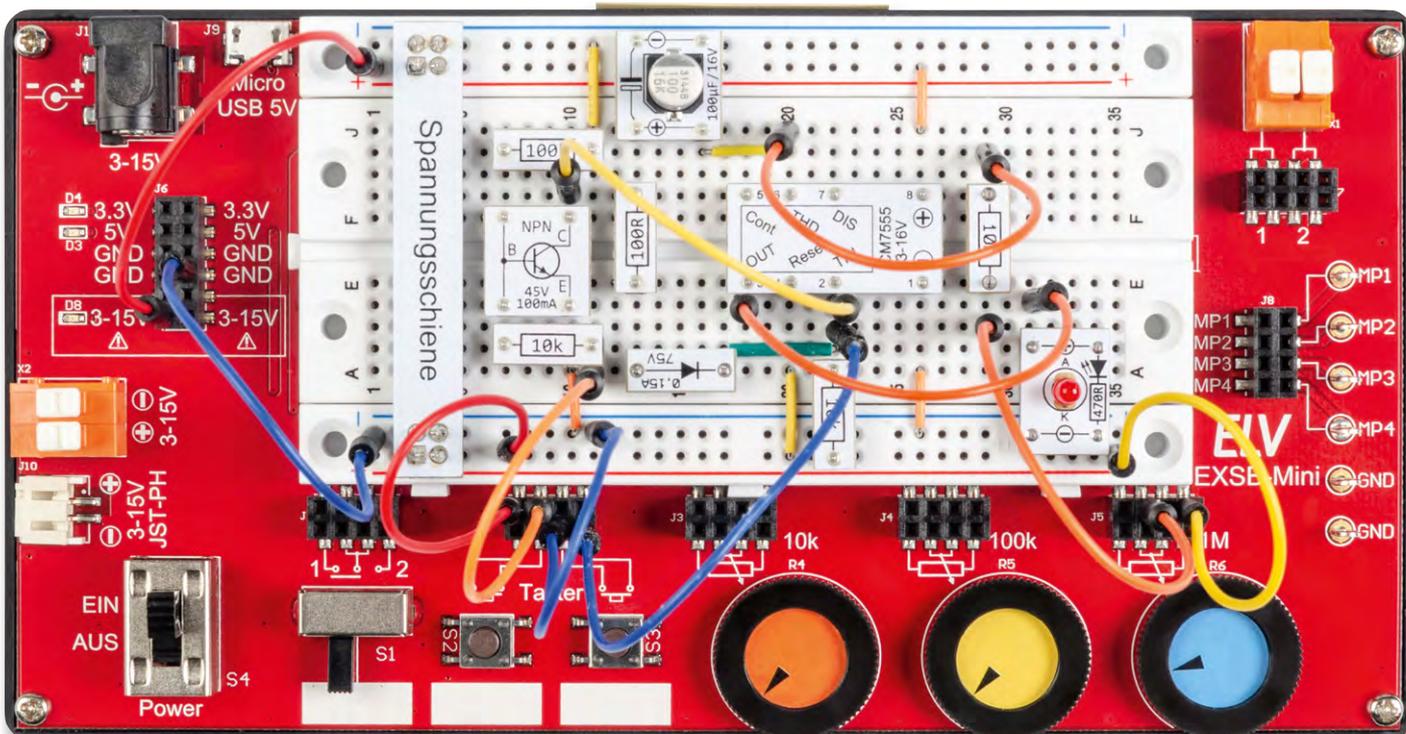
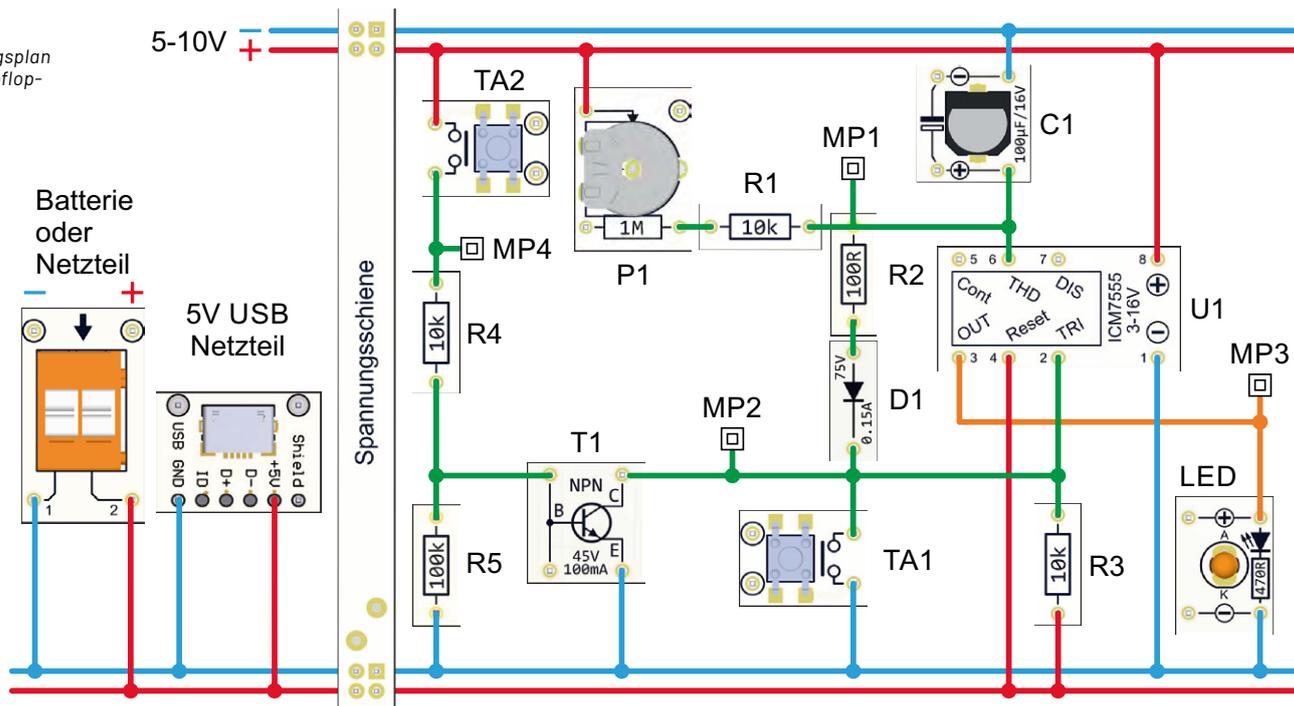
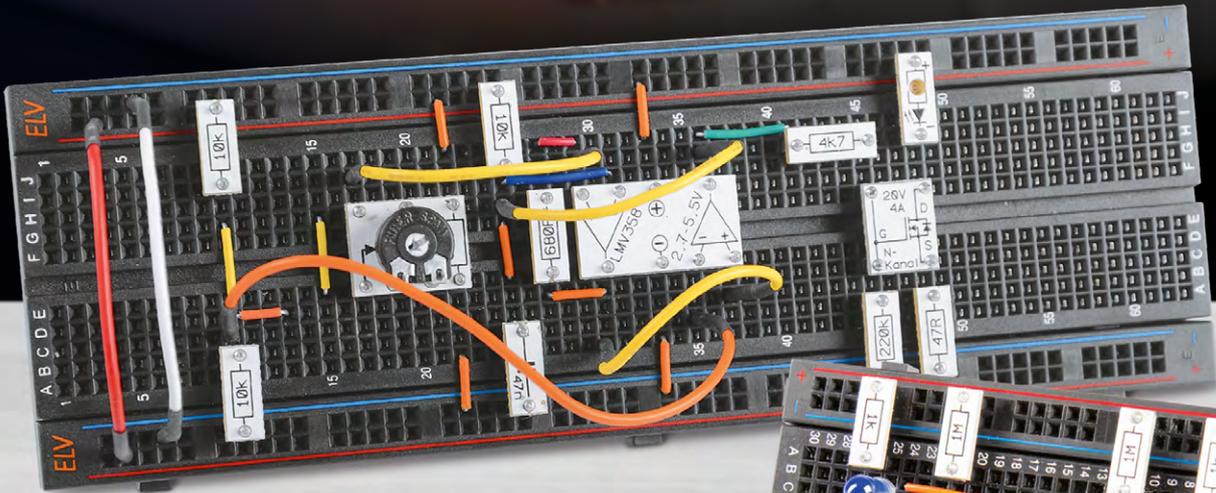


Bild 19: Monoflop-Schaltung, aufgebaut auf einem EXSB-Mini

Profi-Prototyping

ELV



Anwendungsbeispiele - Lieferung ohne Zubehör

Qualitativ hochwertig ELV Breadboards

- Beliebig erweiterbar: mehrere Experimentierboards lassen sich einfach zusammenstecken
- Klebepad auf der Rückseite zum Befestigen
- Max. Betriebsspannung 30 V_{ac} bzw. 42 V_{dc}



ab **4,95 €**

Erhältlich in 2 Größen

[Zu den Produkten](#)



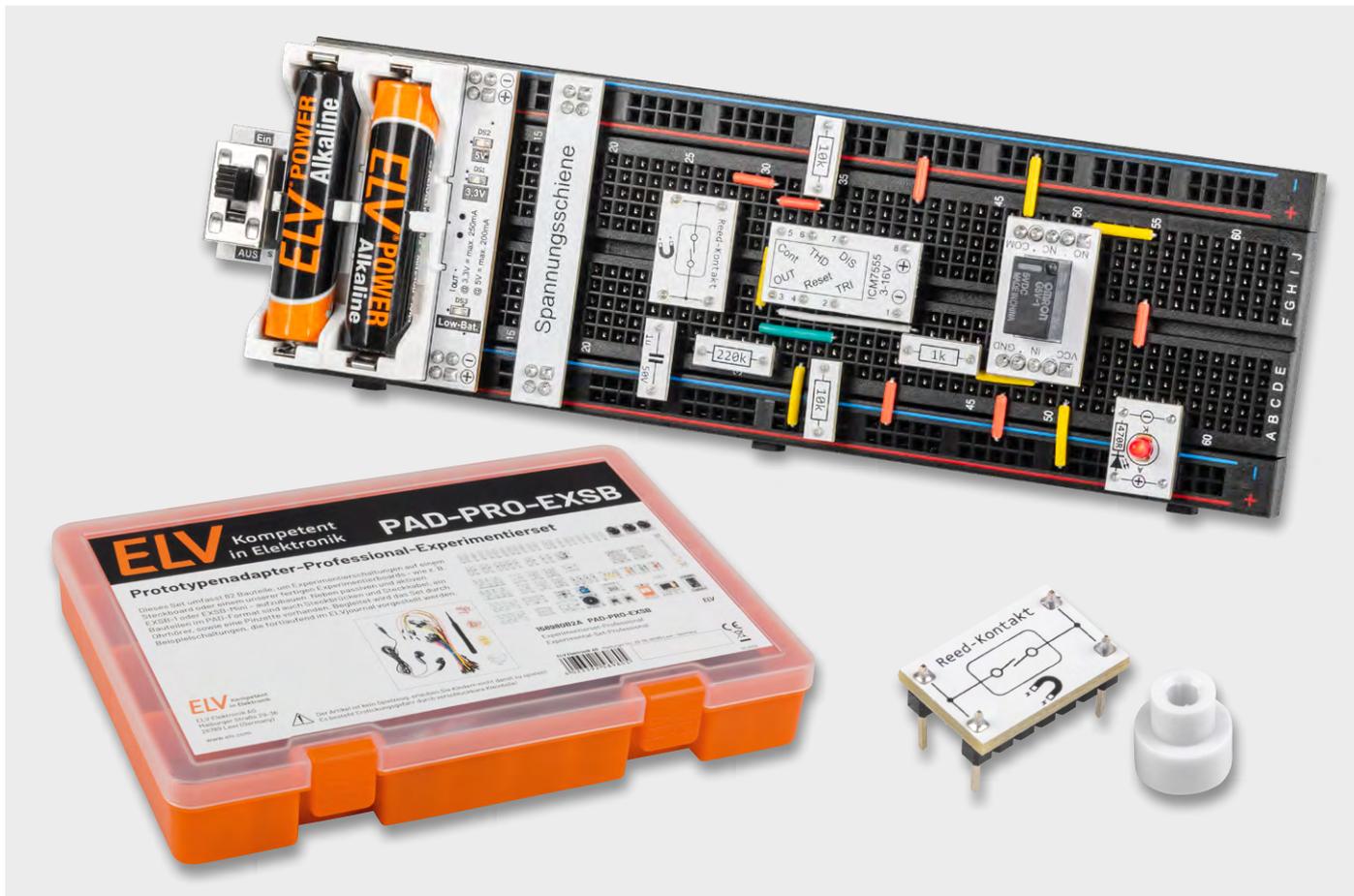
ELV Steckkabel Stecker auf Stecker

- Qualitativ sehr hochwertige Verarbeitung
- Runde Spitzen, sorgfältige Crimpung
- Kabeldurchmesser: 24 AWG/UL1007, Stiftdurchmesser: 0,63 mm

ab **3,50 €**

Div. Längen und Farben

[Zu den Produkten](#)



Reed-Kontakte: Berührungslos schalten

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter- Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 4

In diesem Teil der Serie für das PAD-PRO-Experimentierset beschäftigen wir uns mit Reed-Kontakten. Wir zeigen anhand praxisorientierter Beispiele, wie man diese Schalter, die auf magnetische Felder reagieren, für interessante praktische Schaltungen und Experimente einsetzen kann.

Reed-Kontakt - Grundlagen

Aufbau und Funktion

Ein Reed-Kontakt ist ein Schalter mit einer interessanten physikalischen Eigenschaft: Er reagiert auf Magnetfelder. Dies bedeutet, dass der Schaltkontakt z. B. durch einen Dauermagneten oder auch durch ein elektrisches, generiertes Magnetfeld aktiviert werden kann. Zudem befindet sich der

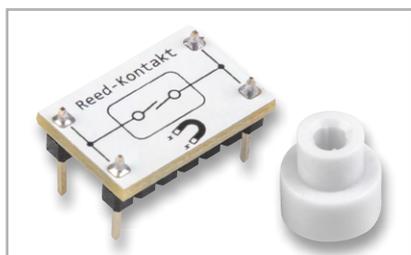


Bild 1:
PAD-Modulplatine
Reed-Kontakt

Schaltkontakt in einem hermetisch geschlossenen Glasrohr, womit er vor Umwelteinflüssen wie Staub und Feuchtigkeit geschützt ist. Der in unserem [PAD-Pro-EXSB](#) verwendete Reed-Kontakt wurde bereits im [ersten Teil dieser Serie](#) (ab Seite 6) erklärt. Der eigentliche Reed-Kontakt ist auf einer kleinen Modulplatine verbaut ([Bild 1](#)).

Anwendungsbereiche

Anwendung finden Reed-Kontakte/-Schalter in vielen Bereichen wie z. B. Sicherheitstechnik, Automatisierungstechnik, Automobilindustrie usw. In unserem Alltag begegnen uns Reed-Kontakte häufig in Form von Alarmkontakten zur Sicherung von Fenstern und Türen ([Bild 2](#)). Hierbei wird der Magnet am beweglichen Fenster und der Schaltkontakt am Rahmen befestigt. Beim Öffnen des Fensters entfernt sich der Magnet vom Reed-Kontakt, wodurch der Schaltkontakt geöffnet wird. Diese Information kann von einer Alarmanlage ausgewertet werden. Dank der gekapselten Kontakte können Reed-Kontakte/-Schalter auch in „rauer“ Umgebung eingesetzt werden.

Grundsaltungen

Ein Reed-Kontakt besitzt nur relativ kleine Schaltkontakte, somit ist auch der maximale Schaltstrom nicht sehr hoch. Unser im Experimentiererset verwendete Reed-Kontakt hat z. B. einen maximalen Schaltstrom von 0,7 A. Es ist ratsam, die empfindlichen Kontakte vorsichtig zu behandeln. Bereits durch eine kurze Überlastung können die Kontakte verkleben und sie lösen sich nicht mehr. Eine kleine LED mit einem relativ kleinen Strom von wenigen Milliampere kann problemlos direkt geschaltet werden. Größere Ströme lassen die Kontakte zudem schnell altern. Deshalb empfiehlt es sich, einen Transistor oder ein anderes aktives elektronisches Schaltelement nachzuschalten. So werden die Kontakte geschont, da für die Ansteuerung eines Transistors nur ein relativ kleiner Strom durch die Reed-Kontakte fließt.

In unserem Schaltungsbeispiel zeigen wir die Kontaktauswertung mit nachgeschaltetem Transistor (Bild 3). Es sind zwei Versionen dargestellt, je nachdem ob die LED (symbolisch für die Last) invertiert oder nicht invertiert schalten soll. Das linke Beispiel (a) zeigt einen Transistor, der im Normalfall durchgeschaltet ist, da über den Widerstand R1 ein Basisstrom in den Transistor fließt. Der Reed-Kontakt ist an der Basis angeschlossen und legt im aktiven Fall (Annäherung eines Magneten) die Basisspannung an Masse, wodurch der Transistor sperrt und die LED erlischt. Das rechte Beispiel (b, c) zeigt die wahrscheinlich ge-

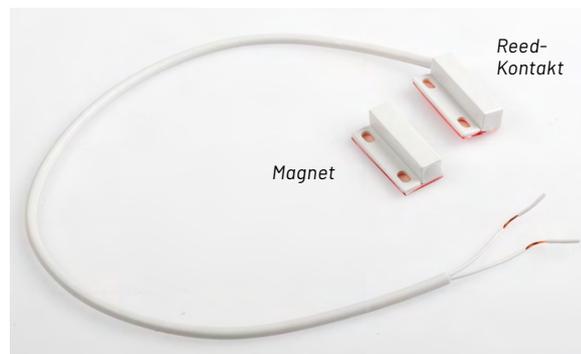


Bild 2: Tür-/Fensterkontaktschalter mit Reed-Kontakt

bräuchlichste Version, bei der der Transistor schaltet, wenn auch der Reed-Kontakt schaltet. Hierbei ist zu beachten, dass unbedingt ein Widerstand (R1) zur Begrenzung des Basisstroms vorhanden sein muss. Bild 4 zeigt beide Schaltungsvarianten, aufgebaut auf einem „normalen“ Steckboard. Diese Aufbauspiele sind allgemeingültig und können leicht auf das [EXSB-Mini](#) bzw. [EXSB1](#) übertragen werden.

Bild 3: Schaltungsbeispiele für die Auswertung eines Reed-Kontakts

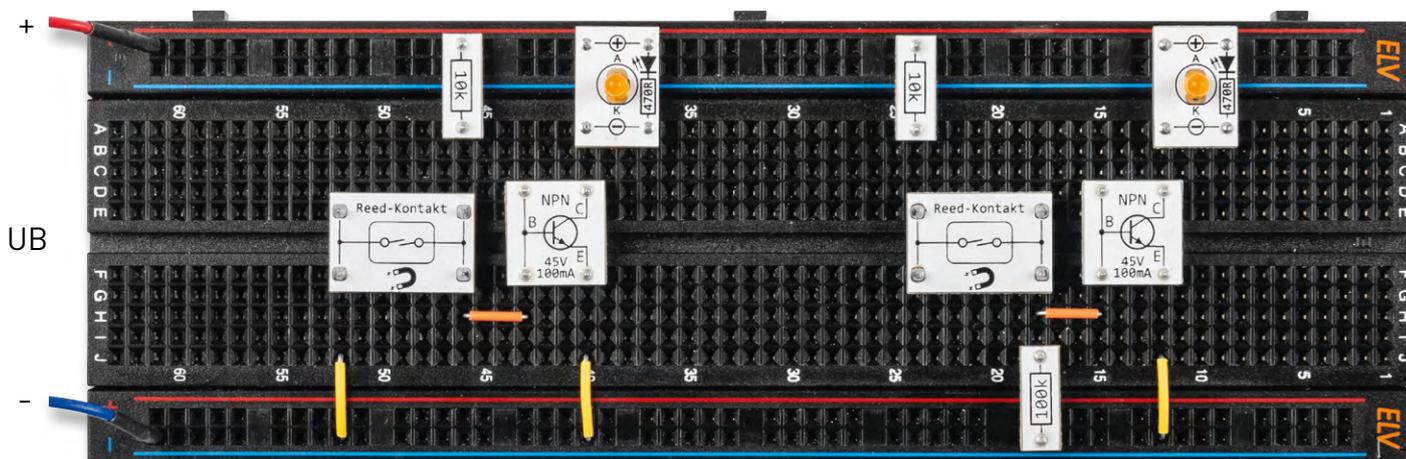
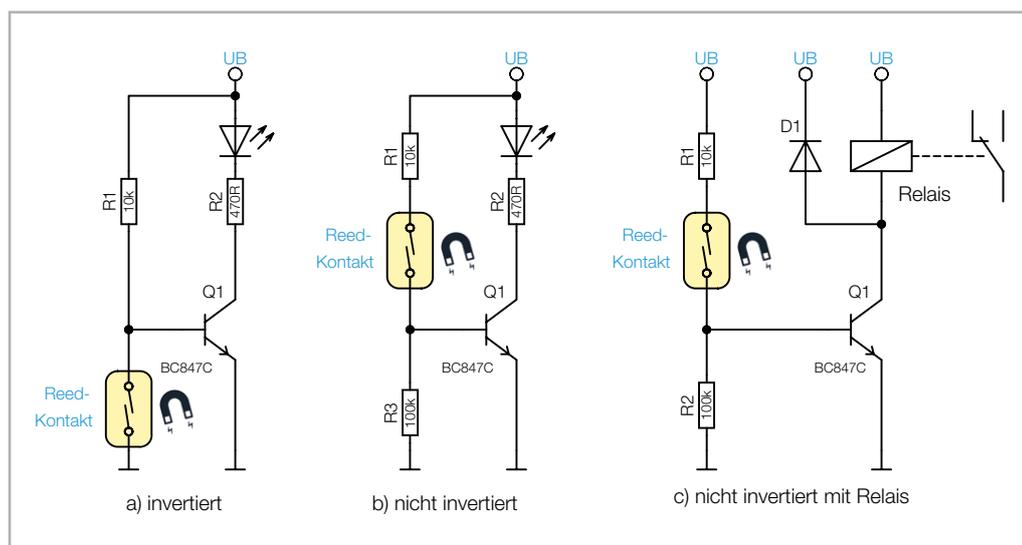


Bild 4: Beispielschaltungen, aufgebaut auf einem Steckboard (links invertiert, rechts nicht invertiert)

Beispielschaltung T-Flip-Flop

In unserem nächsten Anwendungsbeispiel kommt neben der Anwendung eines Reed-Kontakts eine weitere neue Schaltung hinzu. Die Bezeichnung Flip-Flop entstammt der Digitaltechnik und ist dort einer der wichtigsten Bausteine. Wer sich näher mit der Digitaltechnik beschäftigen möchte, kann sich z. B. auch die Anleitungen zum [DEB100](#) oder [PAD6](#) anschauen.

Wir wollen hier nicht zu weit ausschweifen, deshalb beschränken wir uns auf die Grundfunktion eines T-Flip-Flop. Ein T-Flip-Flop wechselt mit jedem Taktimpuls seinen Ausgangszustand. Wobei das T nicht für Takt, sondern für Toggeln steht. Ein Flip-Flop ist somit eine Kippstufe, die zwei unterschiedliche Ausgangszustände annehmen kann. Üblicherweise stehen zwei Ausgänge zur Verfügung (Q und /Q), die entgegengesetzte Logikpegel aufweisen. In [Bild 5](#) ist das Schaltsymbol für ein digitales Flip-Flop dargestellt, das aus einem D-Flip-Flop realisiert ist.

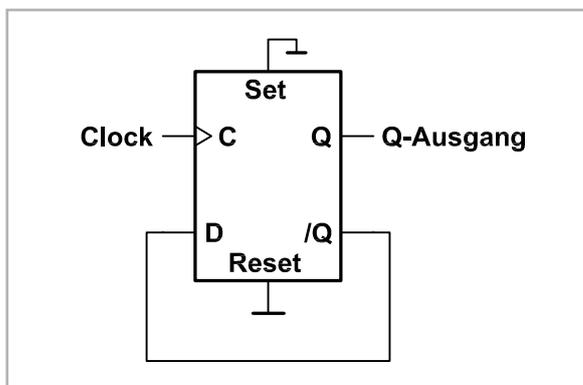


Bild 5: T-Flip-Flop mit einem D-Flip-Flop realisiert

Dieses Verhalten lässt sich auch mit einem analogen Baustein wie in unserem Fall mit einem Timerbaustein NE555 realisieren. In [Teil 3 unserer Artikelserie](#) (ab Seite 30) haben wir die drei Grundschaltungen Oszillator, Monoflop und PWM-Generator mit einem NE555 (ICM7555) vorgestellt. Nun kommt noch

eine vierte Schaltung, nämlich das T-Flip-Flop, hinzu. Schauen wir uns zunächst die komplette Schaltung in [Bild 6](#) an. Der NE555 (ICM7555) ist als T-Flip-Flop beschaltet und steuert ein Relais bzw. eine LED an.

Mit dem Reed-Kontakt wird das T-Flip-Flop gesetzt bzw. zurückgesetzt. In der Praxis sieht das folgendermaßen aus: Nähert man sich mit einem Magneten dem Reed-Kontakt, wird ein Verbraucher (in unserem Beispiel eine LED) eingeschaltet. Bei der nächsten Annäherung wird der Verbraucher wieder ausgeschaltet. Jede Betätigung des Reed-Kontakts bewirkt eine Zustandsänderung.

Die Grundfunktion des NE555 kennen wir ja bereits und wissen, dass dieser Baustein im Wesentlichen auch aus einem Flip-Flop besteht. Gesteuert wird das interne Flip-Flop über die Eingänge THD (Pin 6) und Trigger (Pin 2). In unserer Schaltung sind diese beiden Eingänge miteinander verbunden. Im Diagramm ([Bild 7](#)) ist der zeitliche Verlauf der in der Schaltung gekennzeichneten Messpunkte MP1 bis MP3 dargestellt.

Durch den Spannungsteiler R3/R4 liegt an MP1, der sich am Knotenpunkt der beiden zusammengeschlossenen Steuereingänge befindet, die halbe Betriebsspannung ($1/2 U_B$) an. Dies bedeutet, dass keiner der beiden internen Komparatoren A und B schaltet, da die Schaltschwellen bei $1/3 U_B$ und $2/3 U_B$ liegen.

Schauen wir uns nun den Kondensator C1 an, der für die Funktion eine entscheidende Rolle spielt. C1 ist über den Widerstand R5 mit dem Ausgang des Timers Pin 3 verbunden. Somit liegt der Spannungswert vom Ausgang des NE555 auch an C1 an. Bedingt durch die Zeitkonstante von R5 und C1 geschieht der Pegelwechsel zeitlich verzögert. Liegt am Ausgang (Pin 3) ein H-Pegel an, lädt sich C1 auf diesen Spannungswert auf, während bei einem Low-Pegel am Ausgang sich der Kondensator C1 entlädt.

Wie wir im Schaltbild erkennen, ist der Reed-Kontakt zwischen C1 und dem Spannungsteiler R3/R4 geschaltet. Nun kommt der entscheidende Punkt: Wenn der Reed-Kontakt geschlossen wird, erzeugt dies einen Spannungssprung am Knotenpunkt R3/R4. Je nach Spannung an C1 wird eine Spannung am Spannungsteiler addiert bzw. subtrahiert. Nehmen wir an, der Ausgang vom Timer (Pin 3) führt Low-Pegel, dann beträgt die Spannung an C1 auch 0 V. Wird nun der Reed-Kontakt geschlossen, sinkt die Spannung am Knotenpunkt MP1 kurz ab, erkennbar an der Spannungsspitze an MP1 ([Bild 7](#)). Dies bewirkt, dass der interne Komparator B schaltet und das Flip-Flop gesetzt wird. Dies hat zur Folge, dass der Ausgang Pin 3 auf High-Pegel wechselt. Nun lädt sich die Spannung an C1 auf High-Pegel auf. Dies ist in [Bild 7](#) (MP3) gut zu erkennen.

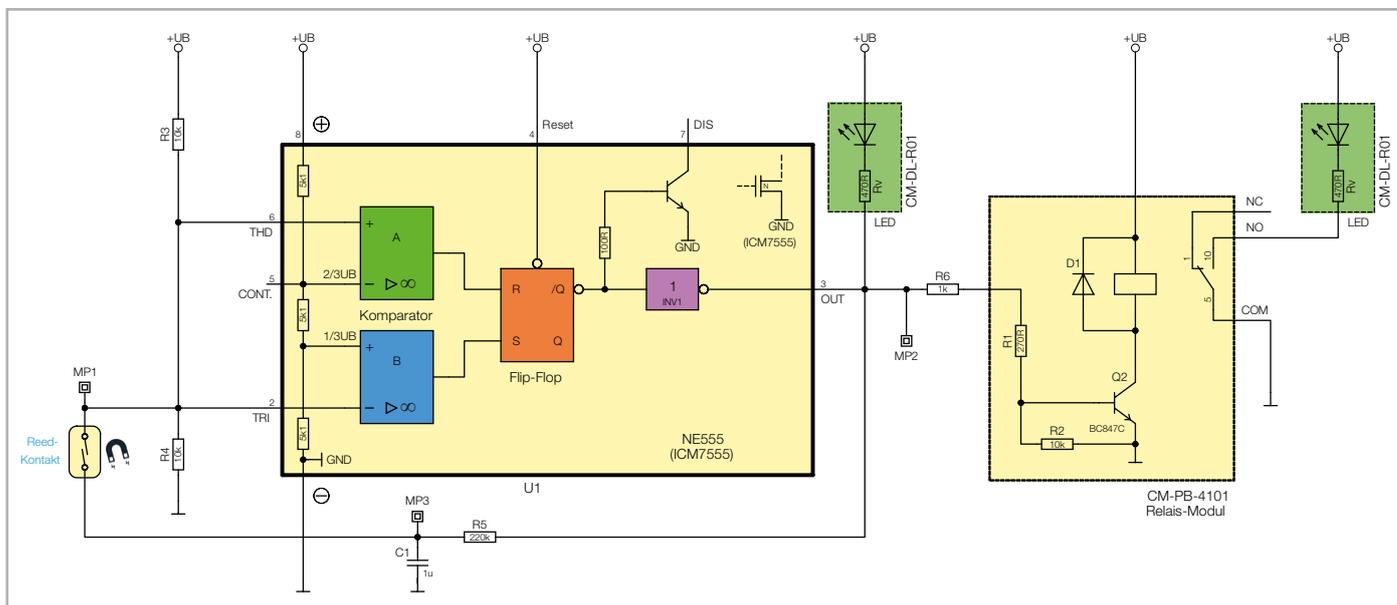


Bild 6: Beispielschaltung mit einem T-Flip-Flop

Der Widerstand R5 ist im Verhältnis zu den Widerständen des Spannungsteilers R3/R4 um ein Vielfaches größer, weshalb eine dauerhafte Spannungsänderung am Knotenpunkt MP1 nur sehr gering ausfällt. Entscheidend ist die Ladung an C1, die für einen kurzen Spannungsimpuls sorgt.

Hat sich in unserem Beispiel der Kondensator C1 nun auf High-Pegel aufgeladen und der Reed-Kontakt wird erneuert geschlossen, generiert dies einen kurzen positiven Spannungsimpuls. Nun schaltet der Komparator A, da ja die Spannung an MP1 die Schaltschwelle von $2/3 U_B$ überschreitet. Dies bewirkt, dass das Flip-Flop zurückgesetzt wird. Der Ausgang (MP2) wechselt von High- auf Low-Pegel und die Spannung an C1 sinkt durch die Entladung auf 0 V ab. Ein erneutes Aktivieren des Reed-Kontakts führt wieder zu einem Pegelwechsel am Ausgang (MP2) des Timers. Durch die Zeitkonstante von C1 und R5 wird ein zu schnelles Ein- und wieder Ausschalten verhindert, was zudem für eine „Entprellung“ sorgt. Wie man erkennt, tritt nur dann eine Ausgangsänderung auf, wenn der Reed-Kontakt geschlossen wird.

Bleibt der Reed-Kontakt geschlossen, muss dieser Kontakt zuerst wieder gelöst werden, um eine Zustandsänderung zu erreichen.

Der Ausgang des Timers kann individuell beschaltet werden, da dieser sowohl nach Masse als auch nach +UB schalten kann. Laut Datenblatt kann der Ausgang vom ICM7555 einen Strom von 100 mA liefern. Der einfachste Fall wäre eine LED (mit Vorwiderstand) am Ausgang (Bild 6). Möchte man Lasten mit höherem Stromverbrauch schalten, muss ein Relais eingesetzt werden. Bei einem Relais wird an die Erregerspule eine Spannung angelegt, wodurch der lastseitige Schaltkontakt betätigt wird. Die Erregerspule ist relativ hochohmig und benötigt nur einen geringen Strom im zweistelligen Milliamperebereich. In unserem Experimentierset befindet sich ein Relais-Modul, das mit einem zusätzlichen Schalttransistor ausgestattet ist (Bild 8). Dies ist sehr komfortabel, da dieses Modul einfach mit einer Spannung am Eingang

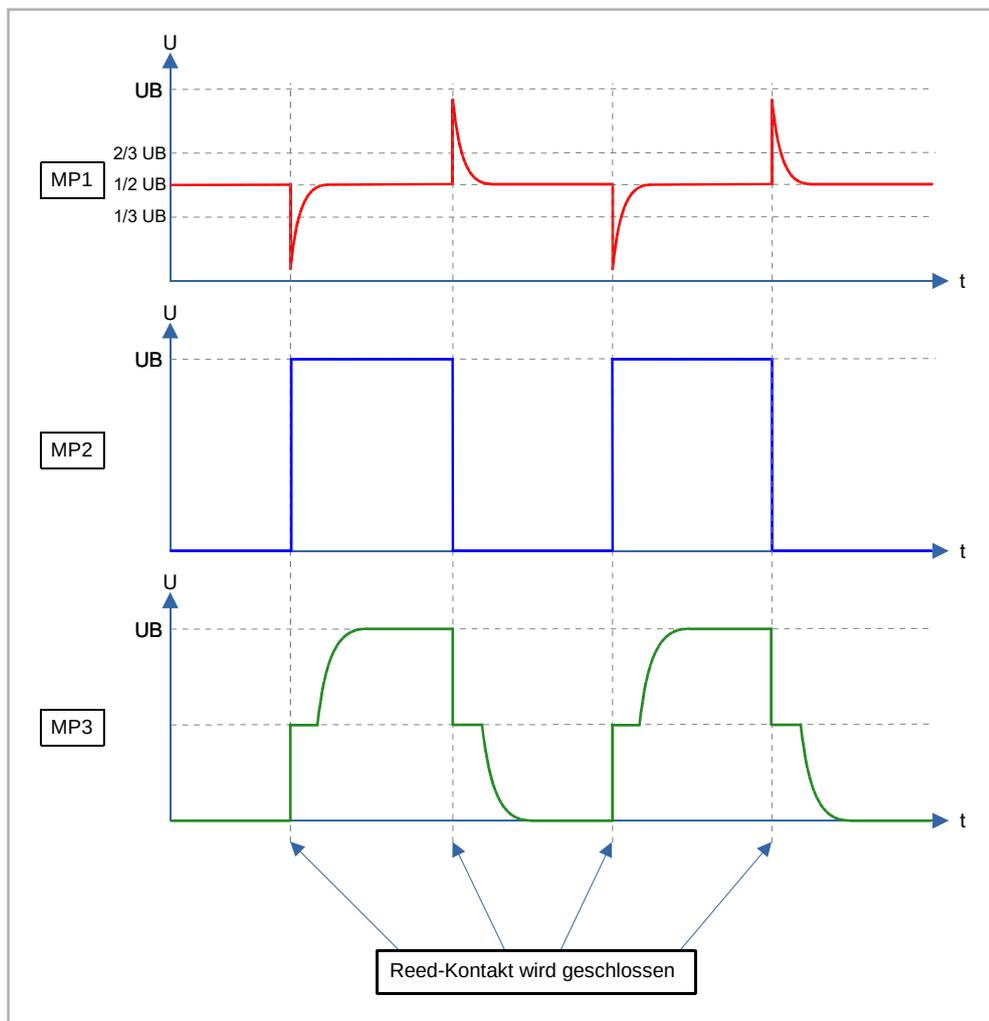


Bild 7: Zeitlicher Signalverlauf der Messpunkte MP1 bis MP3

IN aktiviert werden kann. Der Ausgangsstrom des ICM7555 reicht prinzipiell aus, um das Relais direkt anzusteuern.

In unserem Beispiel möchten wir auch zeigen, wie man das Relais-Modul (mit integriertem Transistor) einsetzt. In unserer Schaltung ist noch ein zusätzlicher Widerstand R6 in die Steuerleitung zum Relais eingefügt, um die Strombelastung des Timerausgangs möglichst gering zu halten. Als Last haben wir zur Demonstration eine LED an die Schaltkontakte des Relais angeschlossen. Dieser Schaltkontakt vom Relais ist als Umschalter ausgelegt, so kann man entscheiden, ob man den Ruhekontakt (NC) oder den Arbeitskontakt (NO) verwenden möchte.

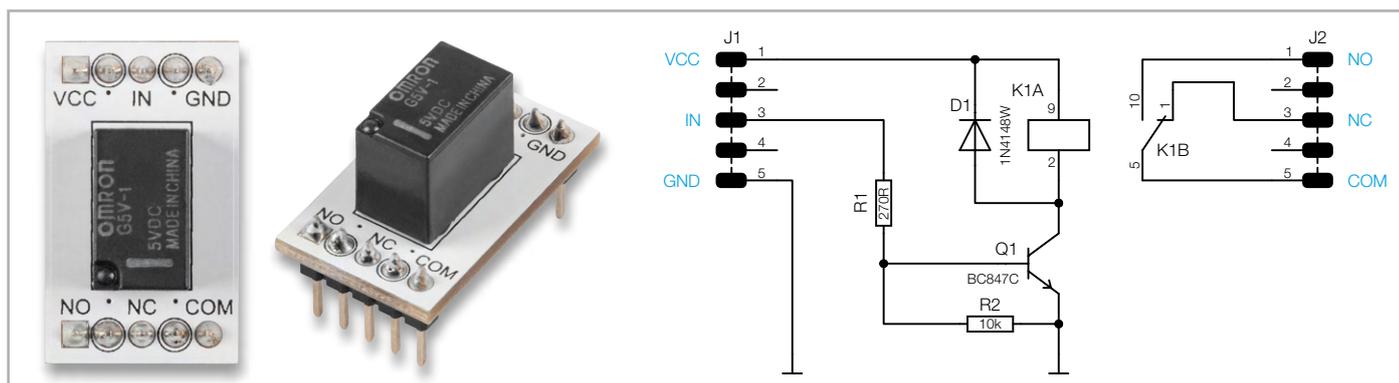


Bild 8: Foto und Anschlussschema des Relais

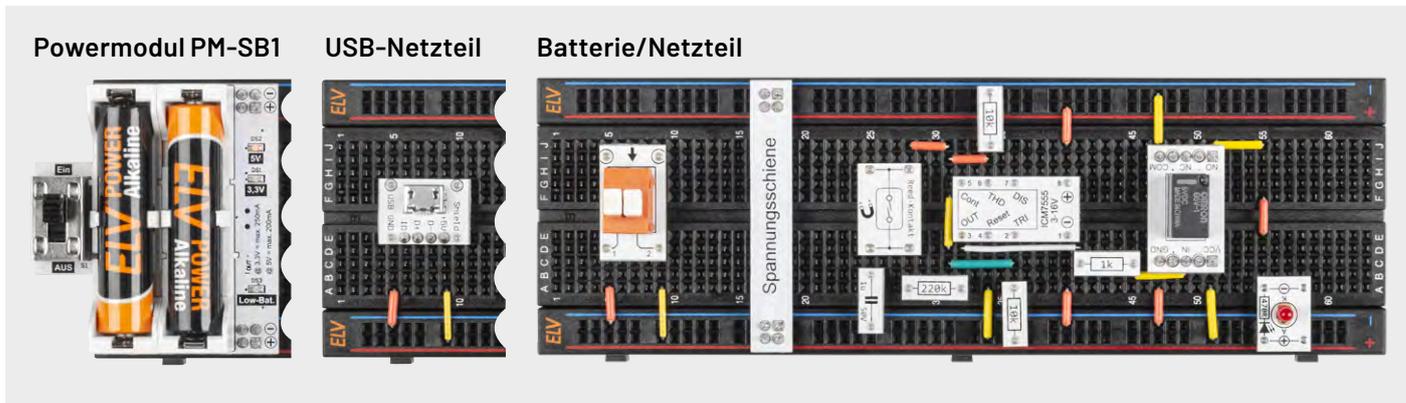


Bild 9: Aufbau auf einem Steckboard mit unterschiedlichen Varianten der Spannungsversorgung: Mittels Powermodul PM-SB1, per 5-V-USB-Steckernetzteil oder einer Klemmleiste zum Anschluss an ein Labornetzteil oder eine Batterie.

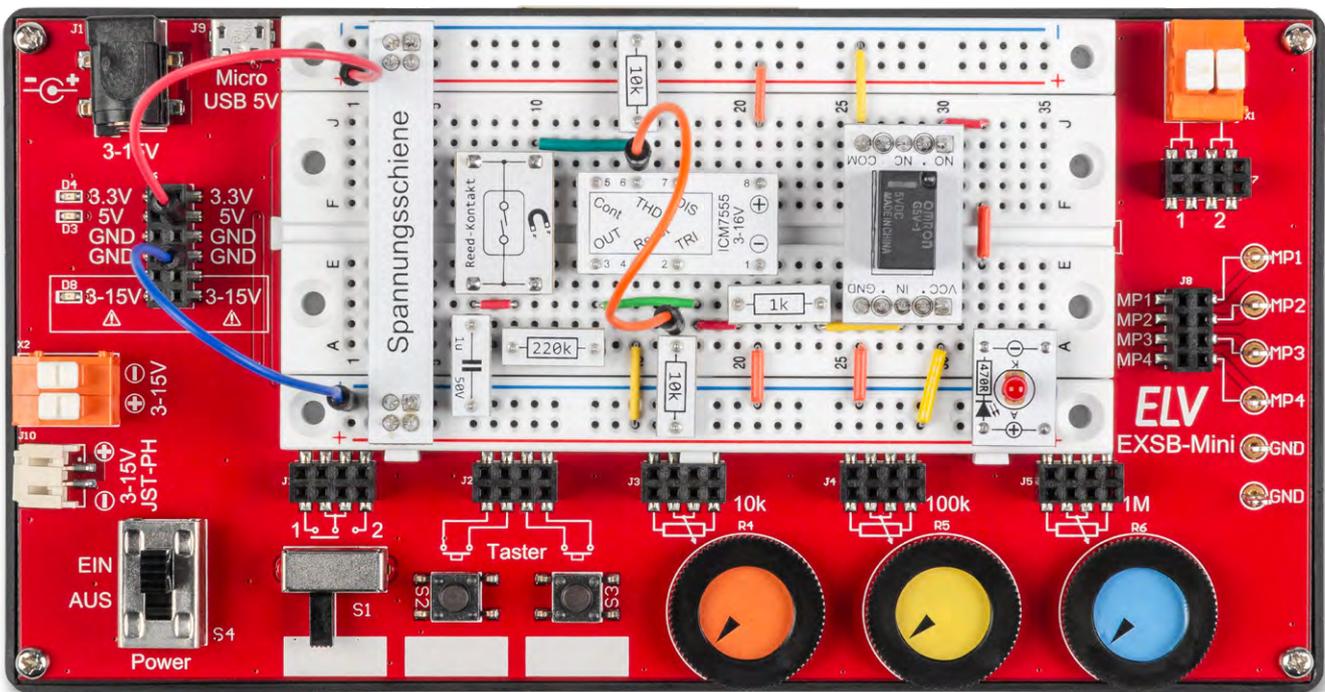


Bild 10: Aufbau auf einem EXSB-Mini

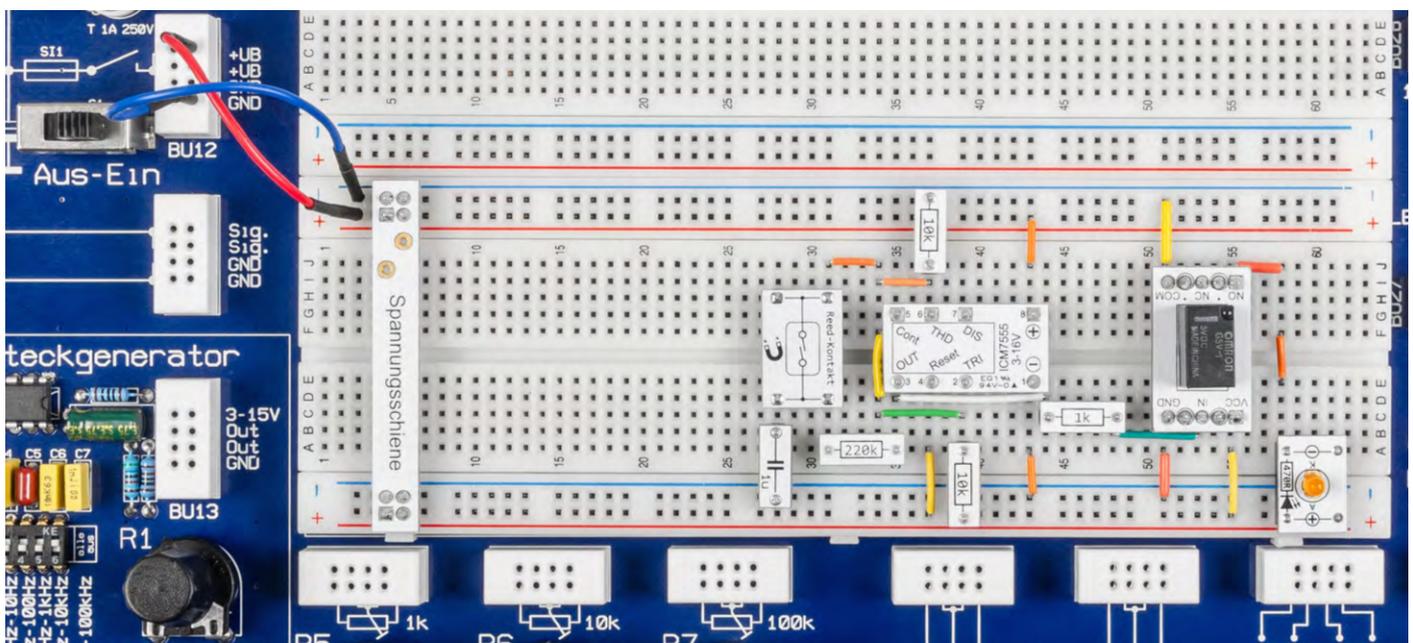
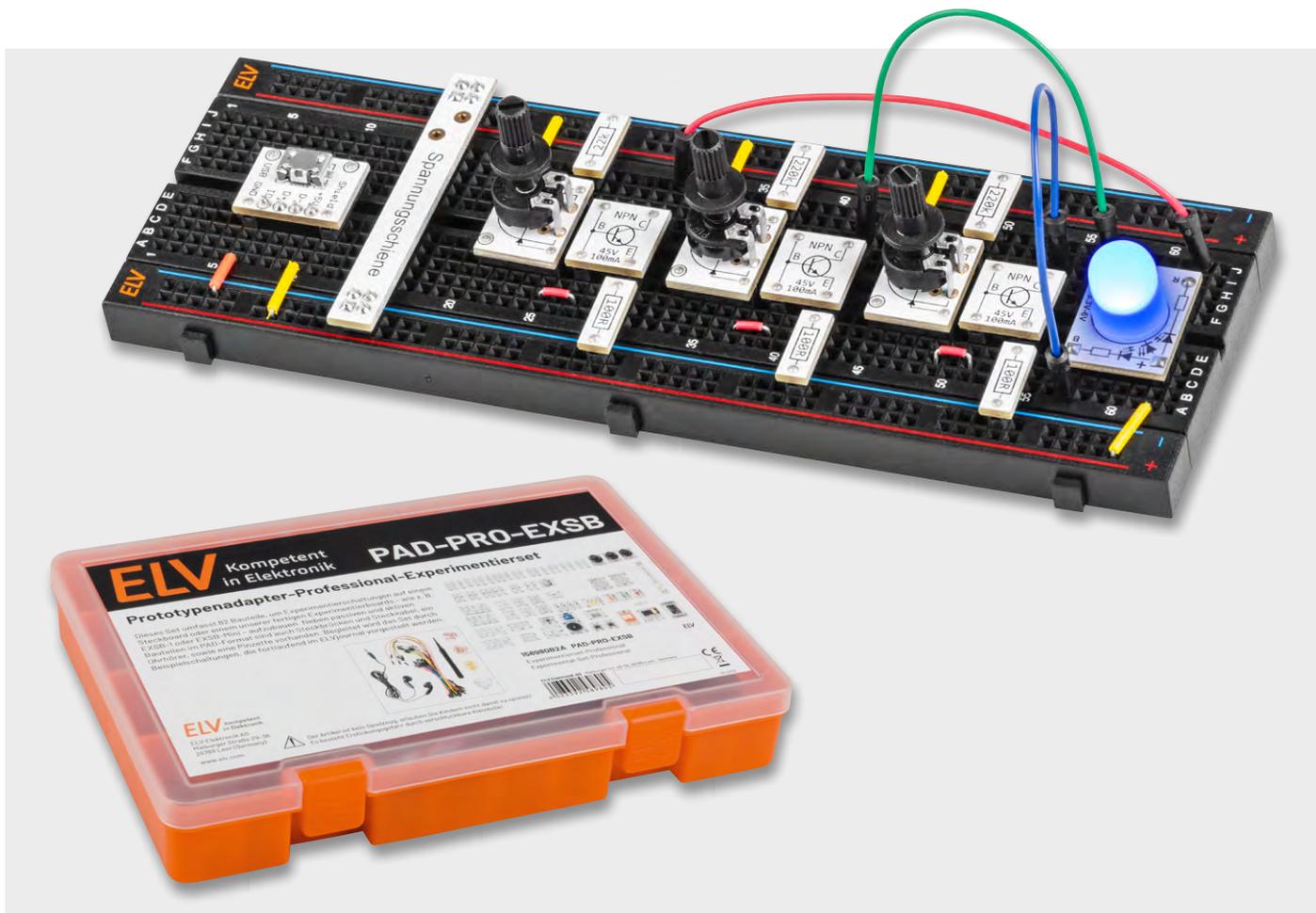


Bild 11: Aufbau auf einem EXB1



LEDs richtig ansteuern

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 5

In diesem Teil der Serie für das PAD-PRO-Experimentierset zeigen wir, wie man LEDs richtig ansteuert. Wir erklären, was eine Stromquelle ist und wie man diese anhand von Schaltungsbeispielen für den Betrieb mit LEDs nutzen kann.

LEDs – Grundlagen

Eine LED (light-emitting diode) ist ein Halbleiterbauteil, das Licht ausstrahlt, wenn ein Strom durch den Halbleiterkristall fließt. Elektrisch gesehen verhält sich eine LED wie eine normale Diode – es kann nur Strom in einer Richtung durch die LED fließen. Im Prinzip ist die Kennlinie einer LED mit einer Diode identisch, mit dem Unterschied, dass die Flussspannung deutlich höher ist. Dabei ist die Flussspannung abhängig von der emittierenden Lichtfarbe einer LED (Bild 1). Eine rote LED weist z. B. eine Flussspannung von 1,8 V auf, während es bei einer blauen LED ca. 3 V sind.

Damit eine LED leuchtet, muss ein bestimmter Strom fließen. Die Helligkeit einer LED wird nicht von der Spannung, sondern vom Strom bestimmt. Eine LED kann aber nicht einfach an eine Spannungs-

quelle angeschlossen werden, da genau die zum gewünschten Strom erforderliche Spannung eingestellt werden müsste. Dieser Bereich ist sehr klein, und eine Abweichung nach oben würde die LED zerstören. Dies ist im Diagramm in Bild 2 gut zu erkennen. Der nutzbare Bereich einer LED ohne Vorwiderstand beträgt im dargestellten Beispiel nur 2 bis 2,2 V. Bei einer Spannung von 2,5 V würde der Strom ins Unendliche ansteigen und die LED damit zerstören.

Der einfachste Weg zur Strombegrenzung ist ein vorgeschalteter Widerstand. In Bild 2 ist die Kennlinie für die Kombination aus LED und Vorwiderstand dargestellt. Wie man gut erkennt, wird die Kurve durch diese Maßnahme wesentlich flacher. Der nutzbare Bereich erstreckt sich nun von 3,5 bis 5 V. Durch eine noch höhere Spannung steigt der LED-Strom zwar an, wird aber nicht so groß, dass die LED zerstört, sondern lediglich überlastet wird. Mit Kenntnis der Flussspannung der verwendeten LED, der Betriebsspannung und des gewünschten Stroms kann der erforderliche Vorwiderstand einfach berechnet werden, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden.

Vorwiderstand oder Stromquelle

Wie schon erwähnt, benötigen wir zum Betrieb einer LED immer eine Strombegrenzung. Wir unterscheiden zwei unterschiedliche Verfahren: die klassische Strombegrenzung mittels Vorwiderstand und die Verwendung einer Stromquelle/-senke. Im Folgenden wollen wir uns beide Schaltungsvarianten genauer anschauen.

Wenn die Betriebsspannung stabil ist und sich im normalen Betrieb nicht ändert, ist ein Vorwiderstand die einfachste Lösung für den Betrieb einer bzw. mehrerer LEDs, wie in Bild 3 dargestellt. Die Berechnung des Vorwiderstands ist relativ einfach und geschieht mit der in Bild 3 dargestellten Formel.

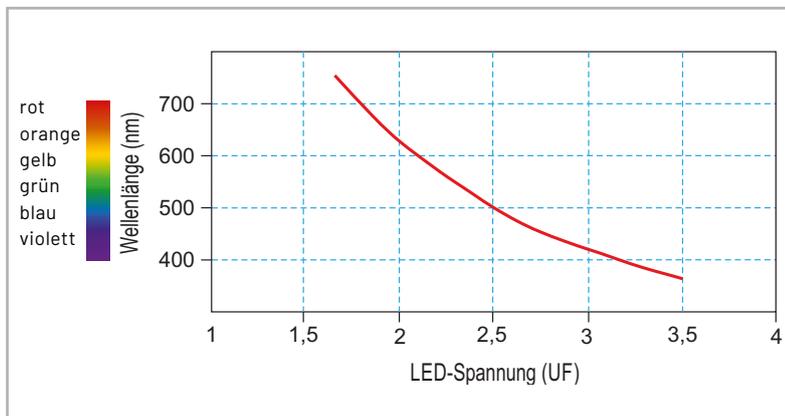


Bild 1: LED-Farbe vs. Flussspannung

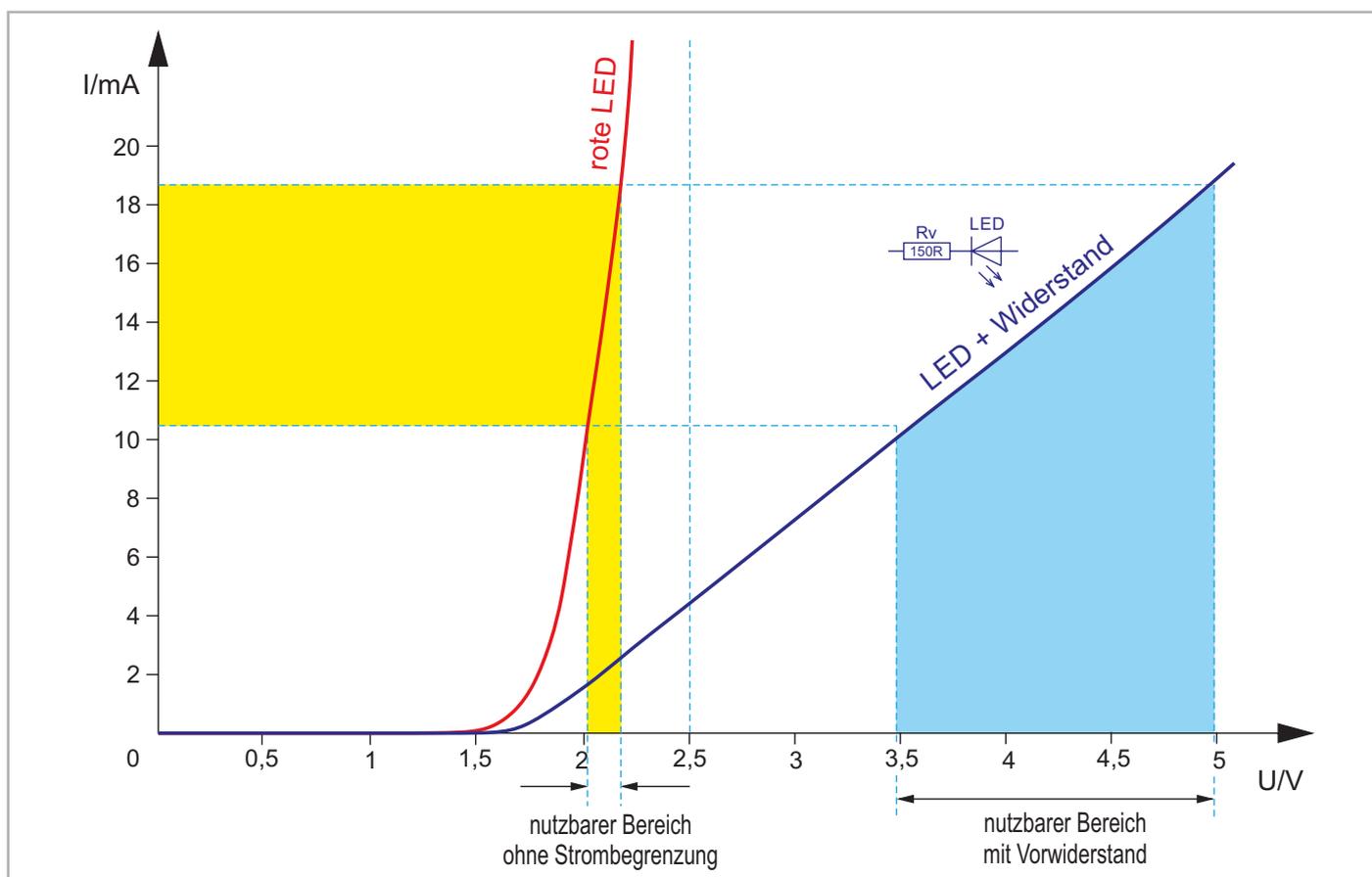


Bild 2: Kennlinie einer LED, mit und ohne Vorwiderstand

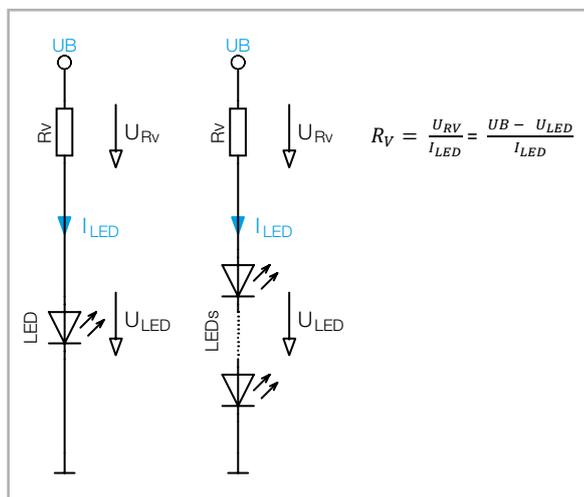


Bild 3: LED mit Vorwiderstand

Je nach gewünschter Helligkeit werden LEDs mit einem Strom von ca. 5 bis 20 mA betrieben. Die in der Formel gekennzeichnete Spannung U_{RV} ist die Spannung, die über dem Vorwiderstand abfällt, und errechnet sich aus der Subtraktion der LED-Spannung (U_{LED} = Summe aller U_F der einzelnen LEDs) von der Betriebsspannung U_B . Die Flussspannung (U_F) findet man entweder im jeweiligen Datenblatt oder man richtet sich nach der LED-Leuchtfarbe und entnimmt den Spannungswert aus der Kennlinie in Bild 1. Als Beispiel sind die vorgegebenen Parameter: Betriebsspannung = 12 V, gewünschter LED-Strom = 10 mA und eine LED-Spannung (U_{LED} = U_F) von 1,8 V (U_F einer roten LED).

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_{LED}} = \frac{U_B - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{12\text{ V} - 1,8\text{ V}}{10\text{ mA}} = \frac{10,2\text{ V}}{10\text{ mA}} = 1020\ \Omega$$

Möchte man mehrere LEDs gleichzeitig betreiben, ist es sinnvoll, diese in Reihe zuschalten, wie es in Bild 3 zu sehen ist. Man sollte darauf achten, dass eine gewisse minimale Spannung an dem Vorwiderstand abfallen kann. Die Spannung U_{RV} sollte mindestens 1,5 V betragen.

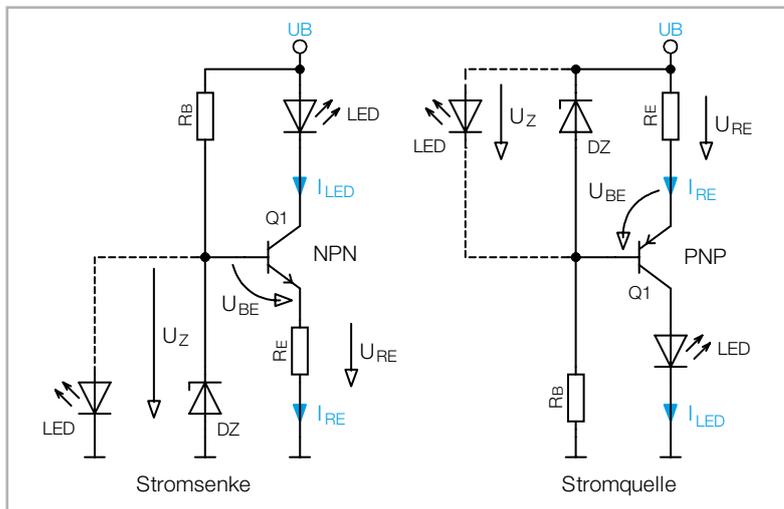


Bild 4: Stromquelle und Stromsenke

Eine andere Methode, um den Strom zu begrenzen, sind sogenannte Stromquellen bzw. Stromsenken. Mit dieser Schaltungstechnik wird der Strom nicht nur begrenzt, sondern auch konstant gehalten. Ob nun Stromsenke oder Stromquelle, funktionstechnisch handelt es sich um identische Schaltungen. Der Unterschied besteht darin, ob der konstante Strom in die Schaltung hinein- oder hinausfließt (Bild 4). LEDs sollten mit einem konstanten Strom betrieben werden, wenn sich die Betriebsbedingungen ändern, z. B. die Versorgungsspannung stark variiert.

In Bild 4 ist je eine simple Stromquelle und Stromsenke mit einem Transistor dargestellt. Wenn wir uns die beiden Schaltbilder anschauen, sehen wir, dass es sich eigentlich um identische Schaltungen handelt. Mit dem Unterschied, dass die Stromsenke mit einem NPN-Transistor und die Stromquelle mit einem PNP-Transistor realisiert ist. Beide Schaltungen haben eins gemeinsam: Sie halten den Strom in einem bestimmten Stromkreis konstant. Die Funktionsweise ist schnell erklärt. Grundprinzip ist, die Spannung über dem Emitterwiderstand R_E konstant zu halten, denn wie wir nach dem ohmschen Gesetz wissen, ist der Strom durch einen Widerstand konstant, wenn auch die an dem Widerstand abfallende Spannung konstant ist. Der Hauptstrom fließt durch die Last, in unserem Fall durch eine LED dargestellt, den Transistor und den Emitterwiderstand R_E .

Damit die Spannung am Emitterwiderstand konstant bleibt, müssen wir dafür sorgen, dass die Spannung an der Basis des Transistors konstant bleibt. Dies kann auf unterschiedliche Arten geschehen. In der Prinzipschaltung gemäß Bild 4 geschieht die Spannungsstabilisierung mit einer Z-Diode und einem entsprechenden Vorwiderstand R_V . So bleibt die Spannung an der Basis auch bei unterschiedlichen Betriebsspannungen konstant. Als Alternative zu einer Z-Diode kann man

auch eine LED in Flussrichtung nutzen, da die LED in Flussrichtung eine Dioden-Charakteristik aufweist, weshalb in vielen Schaltungen gerne eine LED zur Spannungsstabilisierung genommen wird. Der LED-Strom kann dabei so klein sein, dass diese nicht einmal aufleuchtet. Ist die Spannung an der Basis konstant, ist auch die um $0,7\text{V}$ (Flussspannung der Basis-Emitterstrecke) kleinere Emitterspannung an R_E konstant, und unsere gestellte Bedingung ist erfüllt. Der Konstantstrom errechnet sich wie folgt:

$$I_{LED} = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{U_Z - 0,7V}{R_E}$$

In Bild 5 ist eine weitere Variante einer Konstantstromsenke zu sehen. Hier wird als Referenz die Basis-Emitterspannung eines weiteren Transistors genutzt, die bei einem Standardtransistor ca. $0,7\text{V}$ beträgt. Die Leuchtdiode (LED) wird über den Transistor $Q1$ angesteuert und befindet sich im Kollektorzweig. Wenn über den Emitterwiderstand R_E ein Strom fließt, wird der Spannungsabfall über diesen durch die parallel liegende Basis-Emitterstrecke von $Q2$ auf $0,7\text{V}$ begrenzt. Der Kollektor von Transistor $Q2$ ist mit der Basis vom Transistor $Q1$ verbunden, wodurch eine Rückkopplung, genauer gesagt eine Gegenkopplung stattfindet. Im Prinzip stellen sich alle Ströme und Spannungen so ein, dass über R_E eine Spannung von $0,7\text{V}$ abfällt, was der Basis-Emitterspannung von $Q2$ entspricht. Da die Spannung über R_E konstant ist, ist auch der Strom konstant. Der Strom errechnet sich nach folgender Formel:

$$I_{LED} = \frac{0,7\text{V}}{R_E}$$

In Bild 5 ist auch der Aufbau auf einem Steckboard mittels PAD-Bauteilen aus dem PAD-PRO-EXSB dargestellt. Da es sich um eine einfache Schaltung mit wenigen Bauteilen handelt, kann diese leicht auf die anderen Experimentierplattformen EXSB1 und EXSB-Mini übertragen werden. Diese Schaltung arbeitet mit einer Spannung von ca. 5 bis 24 V. Durch Verändern der Betriebsspannung erfolgt eine Funktionsprüfung, da die Helligkeit und somit der Strom der LED trotz Spannungsänderung konstant bleiben sollte.

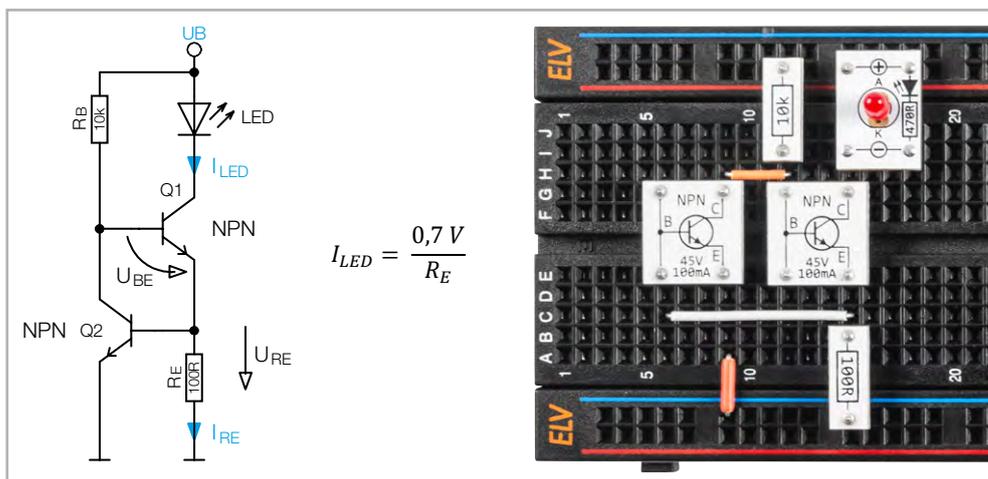


Bild 5: Konstantstromsenke mit zwei Transistoren und Aufbau mit PAD-Modulen (rechts)

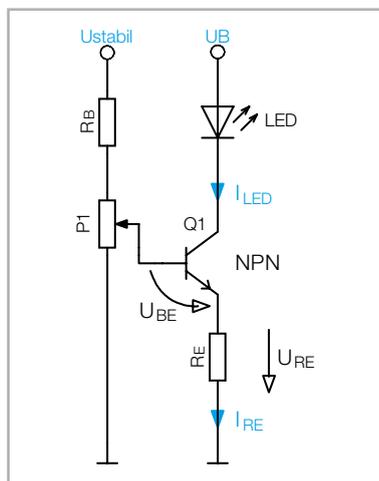


Bild 6: Einstellbare Stromsenke

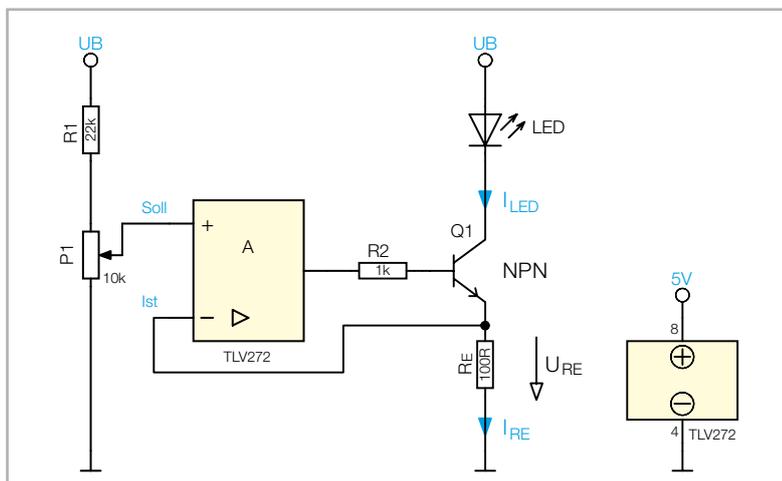


Bild 7: Einfache Stromsenke mit einem Operationsverstärker

Helligkeitseinstellung von LEDs

Oft besteht auch der Wunsch, die Helligkeit von LEDs verändern zu können. Wie wir wissen, ist die Helligkeit einer LED vom fließenden Strom abhängig, weshalb zur Helligkeitssteuerung der LED-Strom einstellbar gemacht werden muss. Hierfür gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die wir uns im Folgenden anschauen wollen.

Prinzipiell könnte man ein Potentiometer (Poti) als Vorwiderstand nehmen und so den LED-Strom einstellbar machen. Dies ist aber keine elegante Lösung, da das Verhältnis der Poti-Stellung nicht proportional zur Helligkeit ist. Zudem müsste noch ein zusätzlicher fester Widerstand eingefügt werden, der den maximalen Strom begrenzt.

Eine komfortablere Lösung zeigt Bild 6 mit einer einstellbaren Stromsenke. Von der Funktion her ist diese Schaltungsvariante fast identisch mit der in Bild 4 dargestellten Schaltung. Der Unterschied besteht darin, dass die Spannung an der Basis nicht durch eine LED bzw. Z-Diode stabilisiert wird, sondern mit dem Potentiometer P1 veränderbar ist. So kann mittels der Basisspannung der LED-Strom verändert werden.

Der Widerstand R_B ist besonders wichtig, da hiermit der maximale Strom begrenzt wird. Der im Schaltbild dargestellte obere Anschluss des Potentiometers darf niemals direkt mit der Betriebsspannung verbunden werden. Ohne den Widerstand R_B könnte die Basis vom Transistor Q1 direkt mit der Betriebsspannung verbunden werden, was zur Zerstörung von Q1 führen würde. Möchte man die Stromsenke unabhängig von der Betriebsspannung machen, muss die Spannung an R_B jedoch stabilisiert sein (U_{stabil}).

In diesem Zusammenhang wollen wir uns auch eine Konstantstromsenke, aufgebaut mit einem Operationsverstärker, anschauen (Bild 7). Der Operationsverstärker arbeitet hier als Vergleichs (Stellglied) und ist Teil des Regelkreises. Der Operationsverstärker ist bestrebt, die beiden Spannungseingänge („+“ = nichtinvertierender Eingang und „-“ = invertierender Eingang) auf dem gleichen Spannungspegel zu halten, vorausgesetzt die entspre-

chende Rückkopplung ist vorhanden. Der Ausgang vom Operationsverstärker steuert über den Widerstand R_2 die Basis des Transistors. Abhängig vom Basisstrom fließt ein Strom durch die LED, die Kollektor-Emitterstrecke und den Emitterwiderstand R_E . Die Spannung über dem Emitterwiderstand ist unser Istwert, denn diese Spannung ist proportional zum fließenden Strom.

In welchem Zusammenhang diese Spannung zum Emitterwiderstand und zum fließenden Strom steht, zeigt diese Formel:

$$U_{RE} = R_E \times I_{LED}$$

Angenommen, wir wünschen uns einen LED-Strom von 10 mA, dann müsste die Spannung über dem Widerstand R_E 1V betragen.

$$U_{RE} = 100 \Omega \times 10 \text{ mA} = 1 \text{ V}$$

Da unser Regelkreis mit einem Sollwert und einem Istwert arbeitet, muss also der Sollwert 1V betragen, um einen Strom von 10 mA zu generieren. Der Sollwert wird von einem Potentiometer P1 bereitgestellt. Wenn wir einen Einstellbereich von 0 bis 2 V für den Sollwert möchten, was ja einem LED-Strom von 0 bis 20 mA entspricht, müssen wir den Einstellbereich von P1 auf diesen Spannungsbereich begrenzen. Dies geschieht mit dem Widerstand R_1 , der dem Potentiometer vorgeschaltet ist.

Da die Helligkeit einer LED abhängig vom LED-Strom ist, können wir mit P1 die Helligkeit der LED verändern. Ein Aufbauvorschlag für unsere Experimentierplattformen ist im Abschnitt „Aufbau der Beispielschaltungen“ dargestellt.

Bei den genannten Strombegrenzungsschaltungen wird die überschüssige Energie (Verlustleistung) durch einen Widerstand in Wärme umgewandelt. Gerade bei LEDs, die mehr Strom verbrauchen, ist dies nicht immer gewünscht. Um diesen Effekt zu vermeiden, kann ein Pulsweitenmodulator (PWM) eingesetzt werden. Hierbei wird die Helligkeit der LED nicht linear geregelt bzw. eingestellt, sondern digital durch periodisches Ein- und Ausschalten.

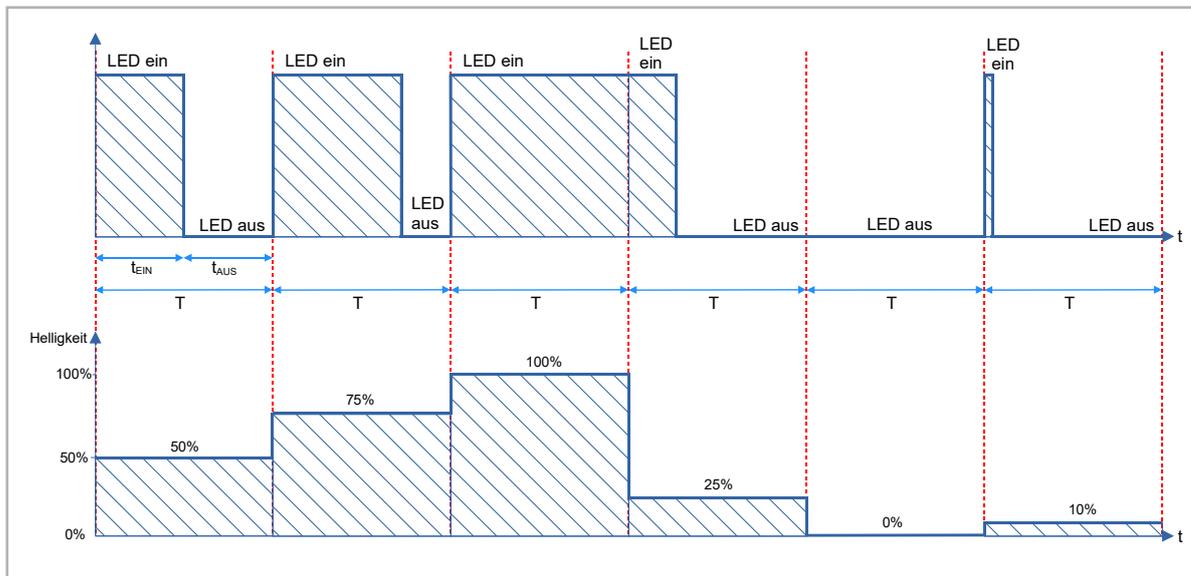


Bild 8: Funktionsweise einer PWM

Das Diagramm in Bild 8 veranschaulicht, wie die Helligkeit einer LED durch das Puls-/Pausenverhältnis ($t_{\text{EIN}}/t_{\text{AUS}}$) bestimmt wird. Je länger die Einschaltzeit (t_{EIN}) im Verhältnis zur Ausschaltzeit (t_{AUS}) ist, desto höher ist der arithmetische Mittelwert und somit die Helligkeit der LED. Das Ein- und Ausschalten muss jedoch so schnell erfolgen, dass das menschliche Auge die Schaltfrequenz nicht mehr wahrnehmen kann. Durch die Trägheit unseres Auges können wir einen Wechsel zwischen hell und dunkel, also die Frequenz einer Lichtquelle oberhalb von ca. 75 Hz, nicht mehr wahrnehmen.

Wie man einen PWM-Generator elektronisch realisiert, zeigt die Schaltung mit dem Timer-Baustein NE555/ICM7555 in Bild 9. Wie diese Schaltung funktioniert, ist in Teil 3 dieser Beitragsreihe (ab Seite 30)

beschrieben. Dort gibt es auch eine Aufbauanleitung für unsere Experimentierplattformen.

Beispielschaltung: Farbwechsler für RGB-LEDs

In folgender Beispielschaltung zeigen wir, wie man mithilfe von drei einstellbaren Stromsenken eine RGB-LED ansteuern kann. In unserem Experimentierset sind zwei analoge RGB-LEDs, aufgebaut als PAD-Platine, vorhanden (Bild 10). Bei der RGB-LED handelt es sich um eine Variante mit gemeinsamer Anode, bei der die Anoden der drei einzelnen LEDs miteinander verbunden sind. Dieser Anschluss wird mit der Versorgungsspannung (+) verbunden, während die einzelnen Kathodenanschlüsse über Widerstände mit Masse (-) verbunden werden. Im Prinzip

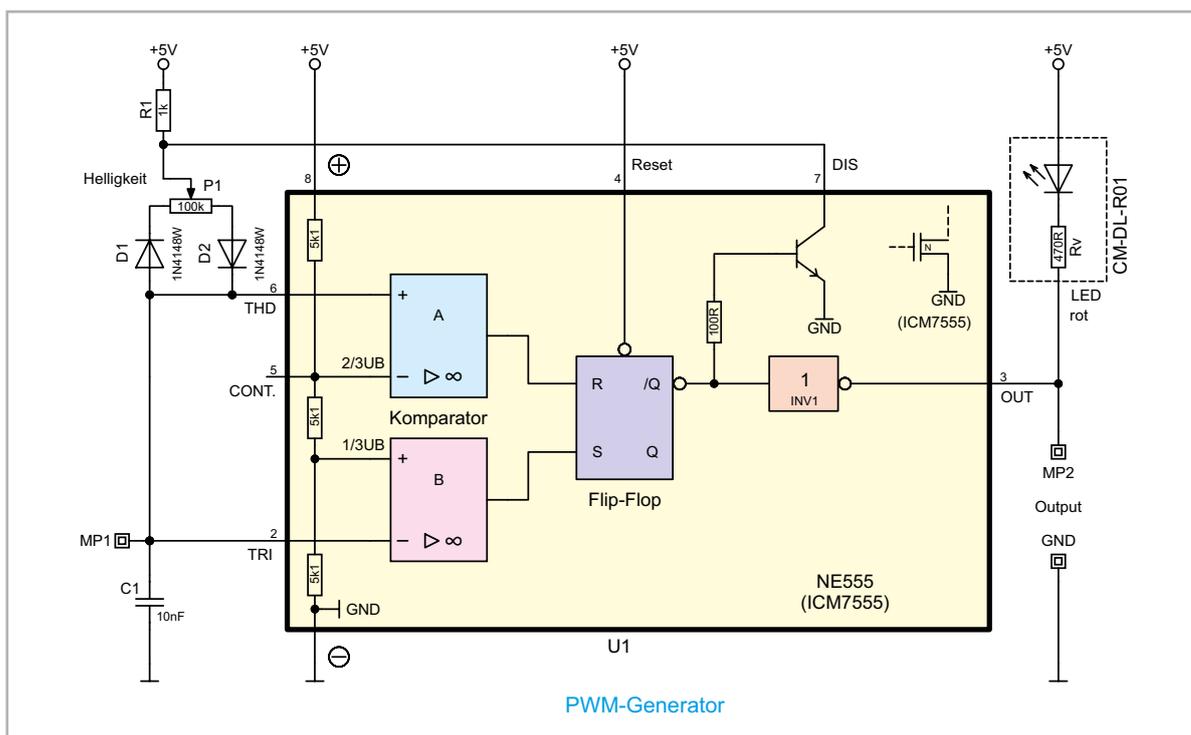


Bild 9: PWM-Generator mit dem Timer-Baustein NE555/ICM7555

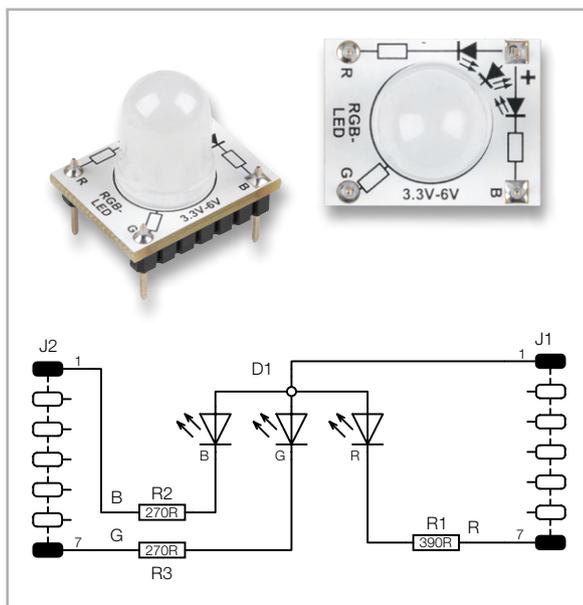


Bild 10: Aufbau der RGB-LED-Platine CM-DL-RGB01

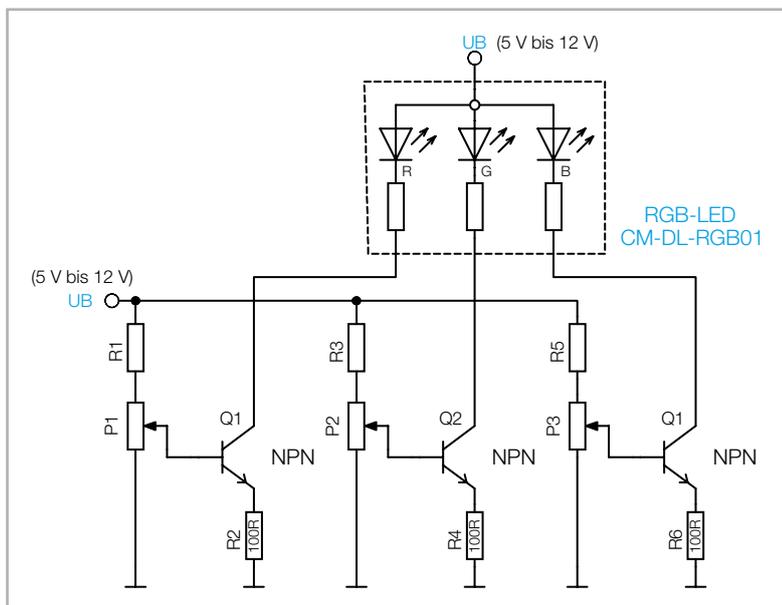


Bild 11: Schaltbild einer Ansteuerung für RGB-LEDs

können diese einzelnen Anschlüsse direkt mit einer negativen Spannungsversorgung (Masse) verbunden und einzelne LED-Farben aktiviert werden. Mit den drei Grundfarben lassen sich durch additive Farbmischung fast alle Farben aus dem Farbspektrum erzeugen. Damit jede LED-Farbe in der Helligkeit gesteuert werden kann, benötigen wir drei einstellbare Stromsenken, wie in Bild 11 dargestellt.

Die Funktion der einstellbaren Stromsenke haben wir ja bereits beschrieben (siehe Abschnitt „Helligkeitseinstellung von LEDs“). Mithilfe der drei Einsteller (Potis) kann nun der Strom und damit die Helligkeit der einzelnen LEDs verändert werden. So lässt sich z. B. herausfinden, welche Farbe entsteht, wenn man die einzelnen Primärfarben miteinander mischt. Mehr Infos zur additiven Farbmischung gibt es [hier](#). Im folgenden Abschnitt wird auch für diese Schaltung eine detaillierte Aufbauanleitung gezeigt.

Aufbau der Beispielschaltungen

Für unsere Beispielschaltungen gibt es Aufbauvorschlüsse unter Zuhilfenahme des Experimentierkits PAD-PRO-EXSB. Zum Set, das alle notwendigen Bauteile enthält, wird zusätzlich noch eine Aufbauplattform benötigt. Dies können die Experimentierplattformen EXSB1 und EXSB-Mini sowie ein „normales“ Steckboard sein. Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert: Spalten, also von links nach rechts, mit 1 bis 63 und die Reihen mit den Buchstaben A bis F. Dies kann sich aber je nach Hersteller geringfügig unterscheiden. Anhand der Nummerierung kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen. Wichtig ist hierbei, dass das Steckboard so platziert werden muss, dass sich Pin 1 auf der linken Seite befindet. Dreht man das Steckboard andersherum, stimmen die Positionen nicht mehr mit den Bildern überein. Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt, die im Experimentierkit vorhanden sind.

Versorgungsspannung

Die Spannungsversorgung für diese beiden Schaltungen ist nicht kritisch und kann im Bereich 5 bis 12 V liegen. Die beiden Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini verfügen über eigene Spannungsversorgungseinheiten, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen, da dies in der jeweiligen Bauanleitung beschrieben ist.

Für das universelle Steckboard kann man auf unterschiedliche Möglichkeiten der Spannungsversorgung zurückgreifen, wie man in Bild 12 sieht.

Über eine USB-Buchse kann ein normales Steckernetzteil oder ein Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle genutzt werden. Die Variante mit einer Klemmleiste dient zum Anschluss einer externen Spannungsversorgung wie z. B. einem Netzteil oder einer Batterie. Hierbei muss unbedingt auf die korrekte Polung geachtet werden.

Eine sehr komfortable Lösung bietet auch das ELV-Powermodul [PM-SB1](#), das mit zwei Batterien ausgestattet ist und somit autark arbeitet.

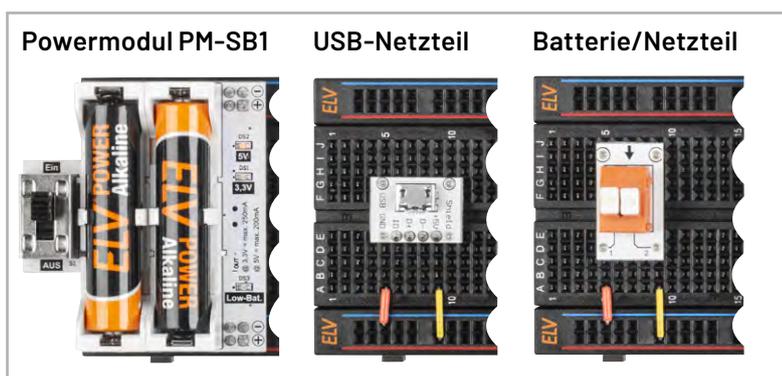


Bild 12: Unterschiedliche Varianten der Spannungsversorgung: mittels Powermodul PM-SB1, per 5-V-USB-Steckernetzteil oder einer Klemmleiste zum Anschluss an ein Labornetzteil oder eine Batterie.

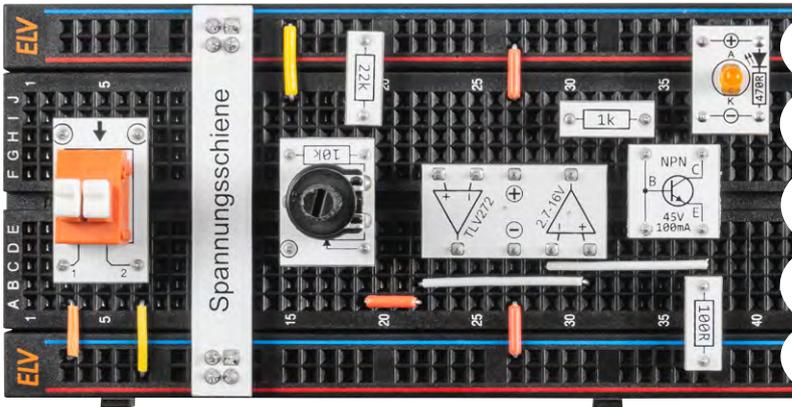


Bild 13: Steckbordaufbau der Stromsenke mit OP

Aufbau „Stromsenke mit OP“

Für den Aufbau der Beispielschaltung „Stromsenke mit OP“ gibt es einen Aufbauvorschlag auf einem Steckboard wie in Bild 13 dargestellt. Der dazu passende Verdrahtungsplan ist in Bild 14 zu sehen. Da diese Schaltung recht einfach ist, verzichten wir auf eine gesonderte Beschreibung zum Aufbau auf dem EXSB1 und dem EXSB-Mini. Der Aufbau kann leicht auf diese beiden Experimentierplattformen übertragen werden. Das Potentiometer kann bei diesen Plattformen durch das integrierte Potentiometer mit dem Wert 10 kΩ ersetzt werden.

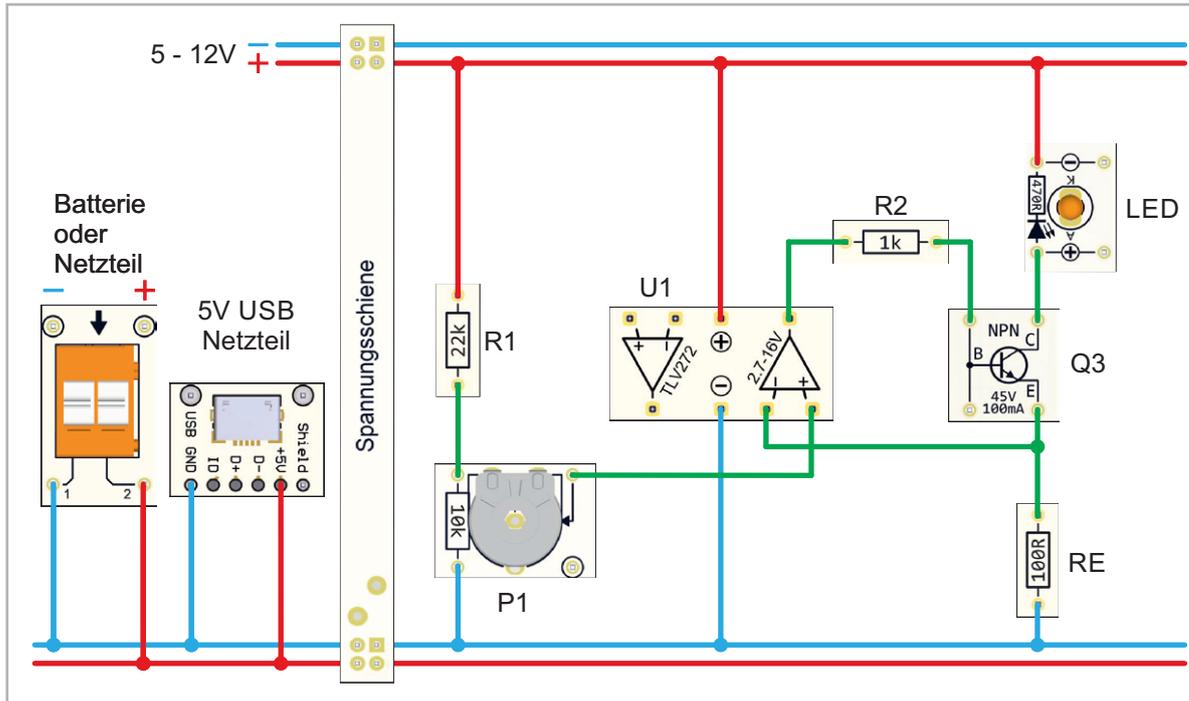
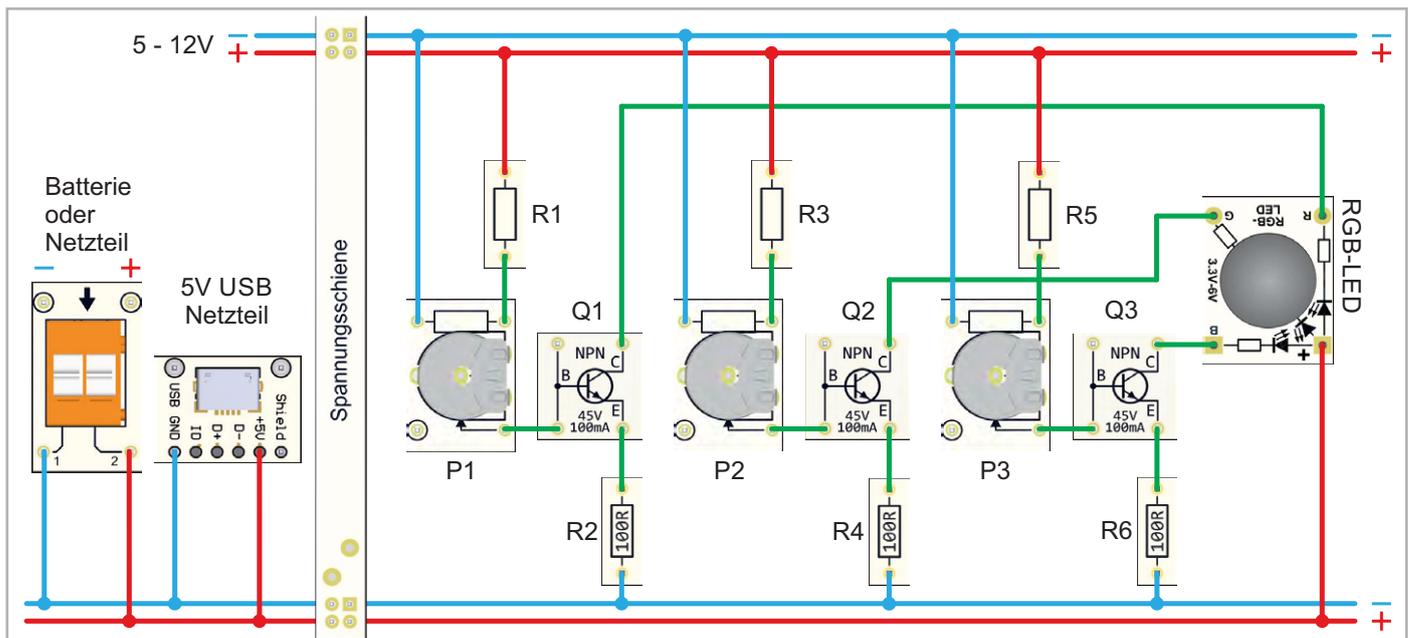


Bild 14: Verdrahtungsplan für die Schaltung „Stromsenke mit OP“



Plattform	P1	R1	P2	R3	P3	R5
EXSB-PRO	10 k	22 k	100 k	220 k	1 M	220 k
EXSB-Mini	10 k	22 k	100 k	220 k	1 M	220 k
EXSB1	1 k	1 k	10 k	22 k	100 k	100 k

Bild 15: Verdrahtungsplan für die RGB-Ansteuerung mit Wertetabelle für die Widerstände

Bild 16: Aufbau auf einem Steckboard

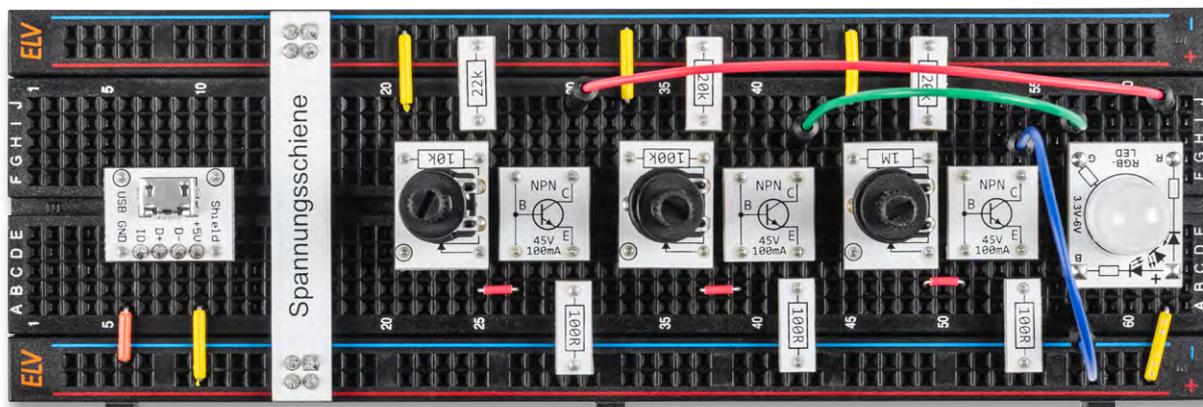
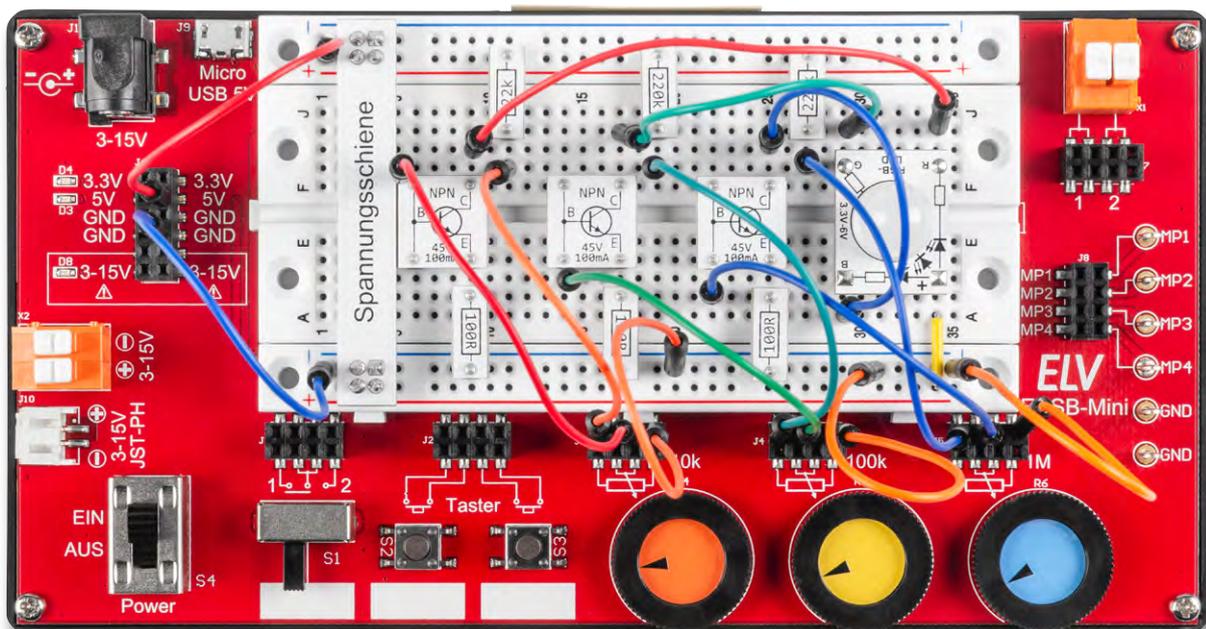


Bild 17: Aufbau auf einem EXSB-Mini



Aufbau Farbwechsler für RGB-LEDs

Für das Beispiel „Farbwechsler für RGB-LEDs“ ist in Bild 15 ein allgemeingültiger Verdrahtungsplan dargestellt. Für jede Experimentierplattform ist ein Aufbauvorschlag vorhanden. Die Aufbauvorschläge sind in Bild 16 bis Bild 18 dargestellt.

Beim EXSB1 und EXSB-Mini werden die internen Potentiometer verwendet. Diese werden beim Aufbau auf dem Steckboard durch PAD-Module ersetzt, die im [PAD-PRO-EXSB-Set](#) vorhanden sind.

Da die Widerstandswerte der Potis bezogen auf die jeweilige Plattform unterschiedlich sind, ist bei dem Verdrahtungsplan (Bild 15) eine Wertetabelle mit den Potentiometer- und Widerstandswerten abgebildet. **ELV**

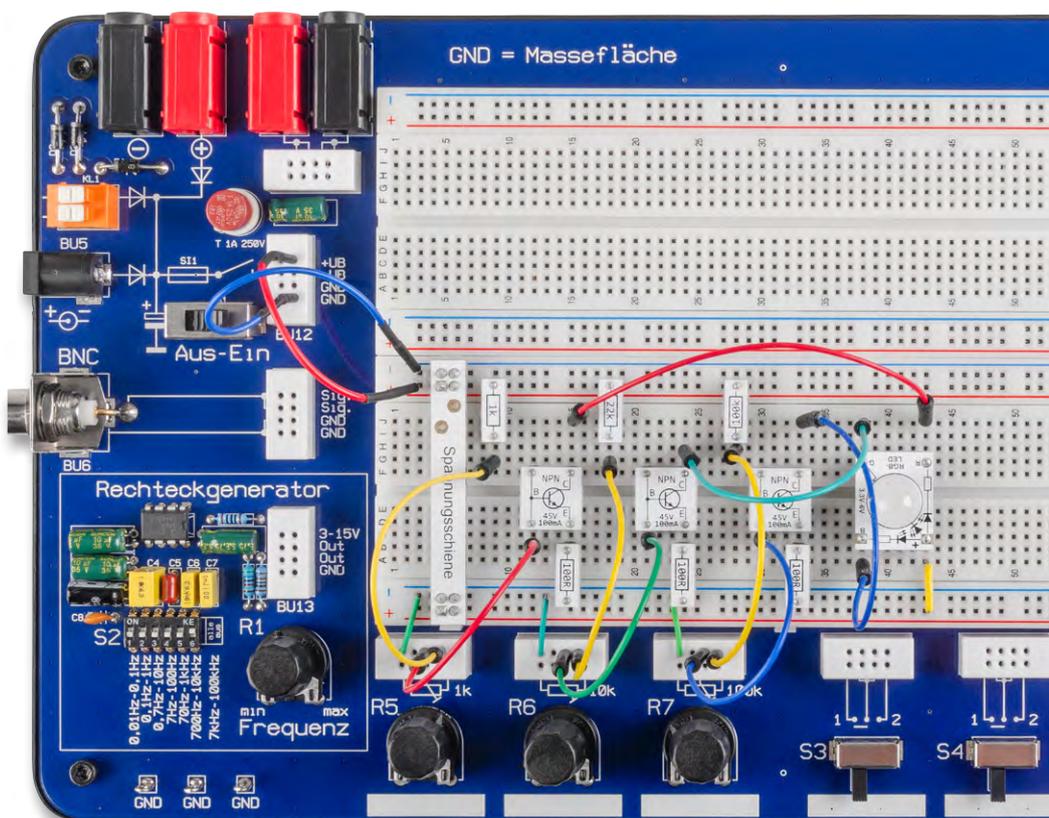
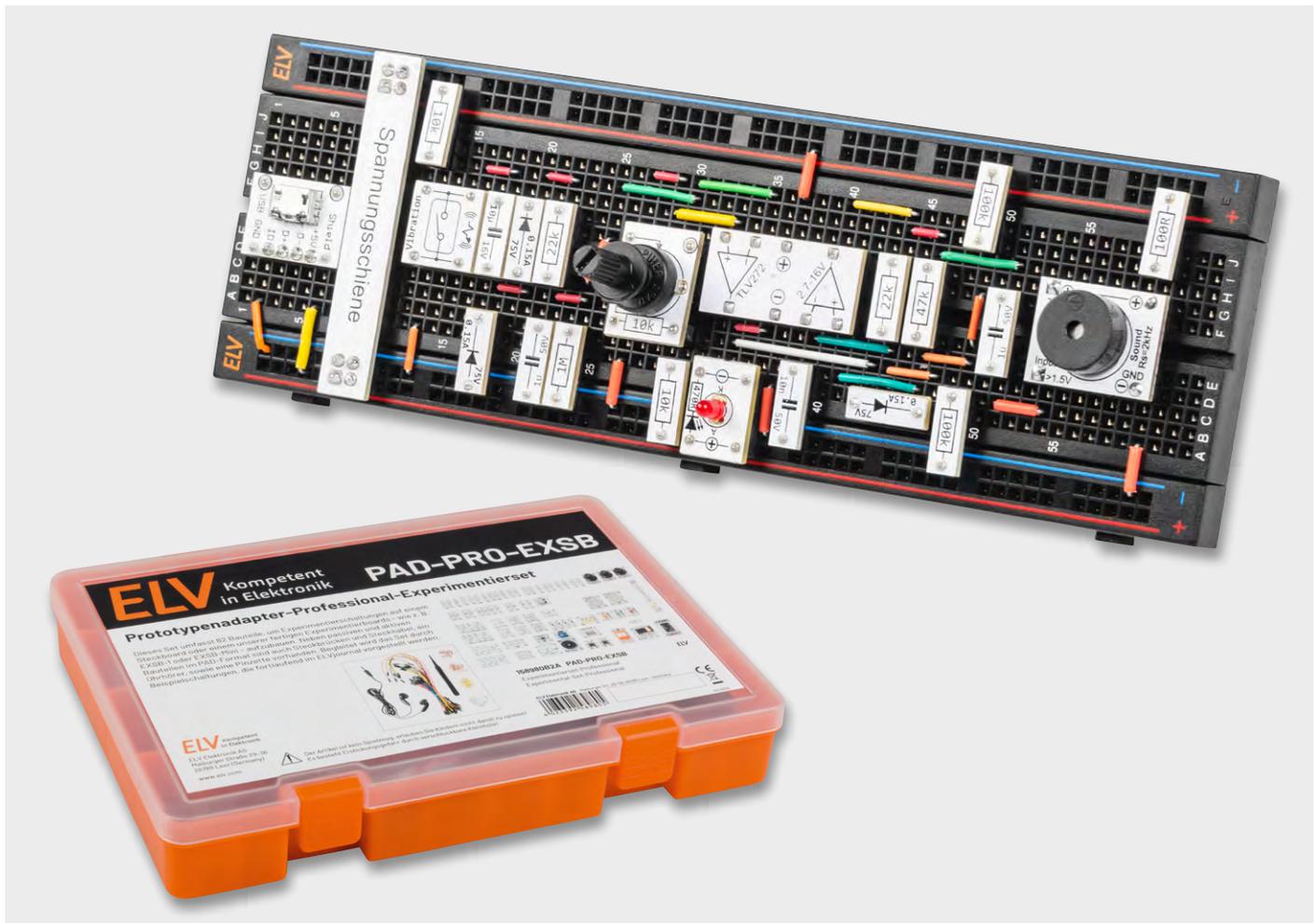


Bild 18: Aufbau auf einem EXSB1



Alarmanlage mit Vibrationssensor

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 6

In diesem Teil der Serie beschäftigen wir uns mit dem im Experimentierset vorhandenen mechanischen Vibrationssensor. Anhand einer Beispielschaltung in Form einer Alarmanlage zeigen wir die Funktion und wie man die Signale des Sensors auswertet und weiterverarbeitet.

Erschütterungen auswerten

In unserer Serie zum [PAD-PRO-Experimentierset](#) werden nach und nach alle im Set enthaltenen Bauteile erklärt, und es wird jeweils eine passende Beispielschaltung gezeigt. Ein sehr interessantes Bauteil in unserem Set ist der Vibrationssensor, der rein mechanisch arbeitet und auf Bewegung, Neigung bzw. Erschütterung reagiert. Der Aufbau dieses Sensors ist auch im [ersten Teil dieser Serie](#) (ab Seite 6) detailliert beschrieben.

Der eigentliche Sensor ist in SMD-Bauweise ausgeführt und auf einer kleinen PAD-Platine aufgebracht ([Bild 1](#)). Man kann sich diesen Sensor wie einen Schalter vorstellen, der bei Lageänderungen schließt bzw. öffnet. In [Bild 2](#) ist zu sehen, dass sich im Inneren eine Metallkugel befindet. Die Kammer

setzt sich aus zwei metallischen, leitenden Teilen zusammen, die jeweils einen Schaltkontakt bilden. In der Mitte sind diese beiden Kontakte gegeneinander isoliert. Die Metallkugel kann sich in einem gewissen Maß in der Kammer hin- und herbewegen. Beim Erreichen der Isolierschicht, also in der Mitte der Kammer, werden die beiden Kontakte

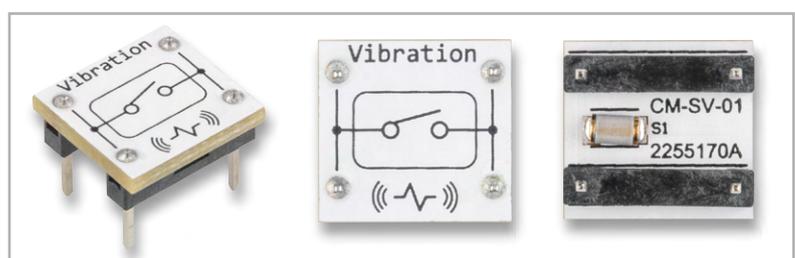


Bild 1: Vibrationssensor auf einer PAD-Platine verbaut

durch die Metallkugel kurzgeschlossen. Bei Bewegung rollt die Kugel in der Kammer immer über diese Isolierschicht und schließt dabei die beiden Kontakte für einen kurzen Moment.

Mit solchen Kontakten können z. B. Alarmanlagen für Fahrräder gebaut werden. Die Auswertung ist allerdings nicht so einfach, denn man möchte ja evtl. die Empfindlichkeit verändern können. In Bild 3 ist rechts zu sehen, wie die Ausgangsimpulse des Sensors aussehen, wenn ein Widerstand vorgeschaltet wird.

Der Vibrationssensor liefert bei Bewegung ein „Gewitter“ an Schaltsignalen. In unserem Schaltungsbeispiel zeigen wir, wie man diese Schaltsignale weiterverarbeitet und hieraus ein Schaltsignal mit einstellbarer Schaltschwelle generiert. Doch bevor wir uns der kompletten Schaltung widmen, müssen wir uns noch einige Schaltungsbereiche anschauen, die wir noch nicht kennen, wie z. B. den Rechteckoszillator und den Sound-Transducer.

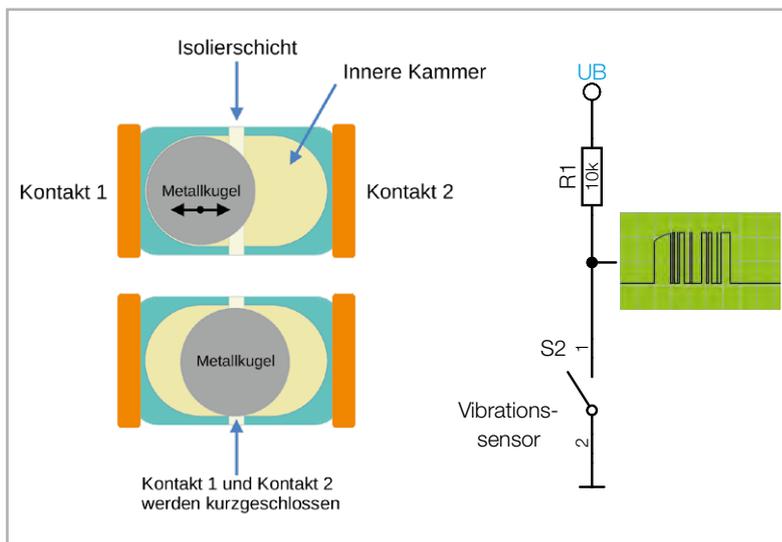


Bild 2: Innerer Aufbau eines Vibrationssensors und einfache Grundsaltung

Rechteckoszillator

Um die Schaltung besser verstehen zu können, erklären wir den Rechteckoszillator an einem separaten Teilschaltbild, das in Bild 3 dargestellt ist. Rechts neben dem Schaltbild sind die Oszillogramme zu sehen, die zu den im Schaltbild eingezeichneten Messpunkten gehören.

Der Rechteckoszillator ist eigentlich ein Komparator mit Schmitt-Trigger-Eingängen. Der Ausgang (B) kann nur zwei unterschiedliche Spannungszustände annehmen: High (+UB) oder Low (GND). Es gibt sowohl eine Mitkopplung über R7 als auch eine Gegenkopplung über R8. Die Widerstände R5 bis R7 kennzeichnen einen klassischen **Schmitt-Trigger**. Je nach Spannung am Ausgang (B) liegt der Mitkoppelwiderstand R7 einmal parallel zu R5 oder R6. Hierdurch verändert sich die Spannung am Eingang „+“ (nichtinvertierender Eingang (C)) in Abhängigkeit zum momentanen Zustand am Ausgang. Die Schalt-

schwelle des Komparators wird hierdurch dynamisch verändert, was als Hysterese bezeichnet wird. Im Oszillogramm (Bild 3) gibt es deshalb zwei unterschiedliche Schaltschwellen (Schaltschwelle 1 und Schaltschwelle 2). Allgemein gilt: Wenn das Ausgangssignal auf den nichtinvertierenden Eingang „+“ eines Operationsverstärkers zurückgeführt wird, handelt es sich um eine Mittkopplung.

Im Gegensatz zur Mitkopplung findet mit dem Widerstand R8 eine Gegenkopplung statt. Sobald der Ausgang (B) einen High-Pegel führt, lädt sich der Kondensator C3 über den Widerstand R8 auf, was an der Ladekurve (A) im Oszillogramm erkennbar ist. Sobald diese Spannung die Schaltschwelle 1 erreicht hat, wechselt der Ausgang (B) auf Low-Pegel (Kurve (B)). Hierdurch ändert sich die Schaltschwelle am Eingang des Komparators (C) und die Schaltschwelle 2 ist nun aktiv. Nun entlädt sich C3 über R8, bis die Schaltschwelle 2 erreicht ist, wodurch der Ausgang (B) wieder zurück auf den High-Pegel wechselt. Dieser Vorgang wiederholt sich zyklisch, wir sprechen nun von einem Oszillator. Die wesentlichen und frequenzbestimmenden Bauteile sind der Kondensator C3 und der Widerstand R8, mit denen sowohl die Lade- als auch Entladezeit bestimmt werden.

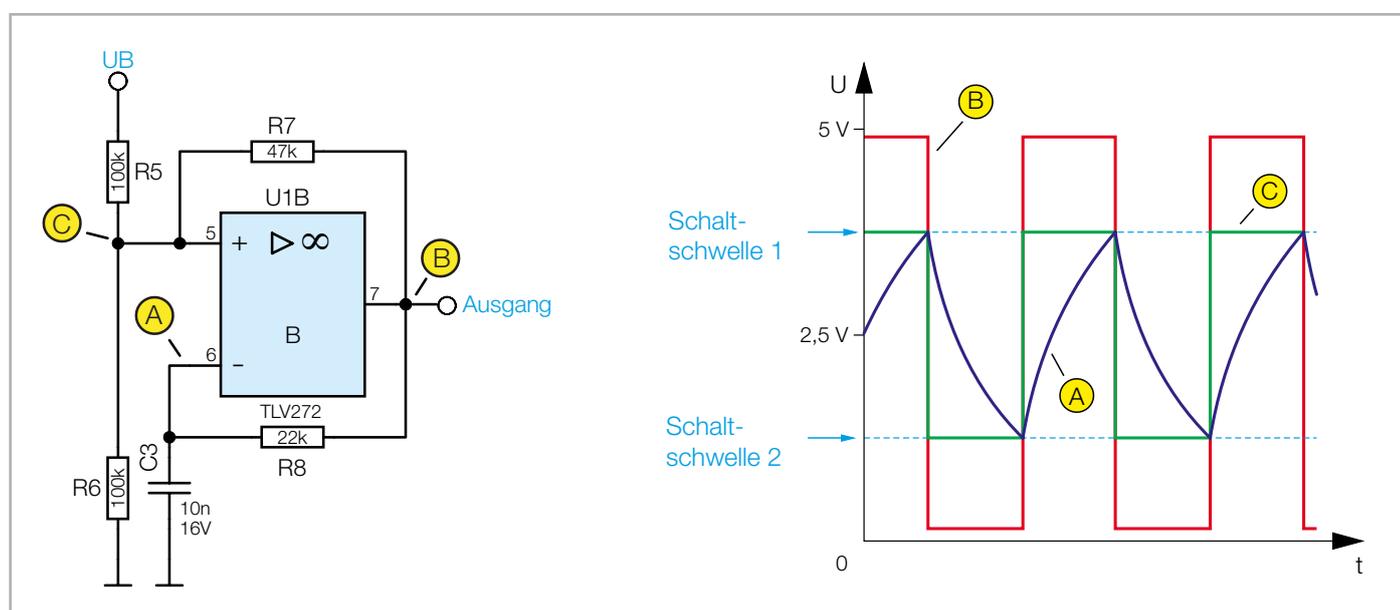


Bild 3: Der Rechteckoszillator in der Grundsaltung mit Oszillogrammen

Sound-Transducer

Ein weiteres Bauteil, das wir in unserer Beispielschaltung einsetzen, ist der Sound-Transducer (Bild 4). Dieser ist ein elektroakustisches Bauelement, das wie bei einem Lautsprecher akustische Signale wiedergeben kann. Dieses Bauteil sollte nicht mit einem Piezo verwechselt werden, denn im Gegensatz zu einem Piezo besitzt der Transducer eine Schwingspule aus Kupferdraht, hat also einen ohmschen Widerstand. Um die Ansteuerung zu vereinfachen, ist ein Transistor auf der Modulplatine untergebracht. Ab einer Spannung von 1,5 V schaltet der Transistor durch und steuert (schaltet) somit den eigentlichen Transducer. Die Ansteuerung geschieht mit einem Rechtecksignal mit einer minimalen Signalspannung von 1,5 V_{pp}. Wichtig ist, dass es sich um ein Rechtecksignal handeln muss. Zu erwähnen sei noch die Resonanzfrequenz, die bei diesem Transducer bei ca. 2 kHz liegt. Die Resonanzfrequenz ist die Frequenz, bei der die höchste Lautstärke erreicht wird. Dies ist bei der Auswahl der Steuerfrequenz zu beachten. Die technischen Daten des Sound-Transducers sind in auf Seite 13 beschrieben.

Beispielschaltung Alarmanlage mit Vibrationssensor

Bild 5 zeigt die komplette Beispielschaltung unserer Alarmanlage. Das wichtigste Bauteil ist der beschriebene Vibrationssensor S1. Da wir nicht wissen, ob der Sensor im Ruhezustand offen oder geschlossen ist (die Kugel könnte ja in der Mitte liegen bleiben und den Kontakt schließen), koppeln wir das Signal mit einem Kondensator (C1) ab und betrachten die Sensorsignale als Wechselfspannung. Das bedeutet, dass nur wechselnde Impulse durchgelassen werden. Mit den beiden Dioden D1 und D2 wird das Signal anschließend gleichgerichtet und über den Widerstand R2 auf den Kondensator C2 gegeben.

Diese R/C-Kombination spielt eine entscheidende Rolle in unserer Schaltung und ist der Schlüssel für den Lösungsansatz der Empfindlichkeitseinstellung. Je mehr Impulse es gibt bzw. je länger die Impulse sind, desto weiter kann sich der Kondensator C2 aufladen. Mit dem Widerstand R3 wird C2 immer wieder entladen. Es entsteht eine Spannung, die von der Intensität der Erschütterungen beeinflusst wird. Was wir jetzt noch brauchen, ist ein Komparator, dessen Schaltschwelle wir einstellen können. Dies geschieht mit dem als Komparator geschalteten Operationsverstärker U1A. Die Spannung des Ladekondensators C2 liegt am invertierenden Eingang (-) an, während am nicht invertierenden Eingang (+) eine einstellbare Spannung, kommend vom Trimmer (Poti) P1, anliegt. Wir können somit mit P1 die Schaltschwelle und infolgedessen auch die Empfindlichkeit einstellen. Die Zeitkonstante von C2 und des Entladewiderstands R3 ist lang genug, dass bei „Alarm“ die am Ausgang angeschlossene LED für eine gewisse Zeit aufleuchtet. Neben der optischen Anzeige durch die LED soll auch ein akustisches

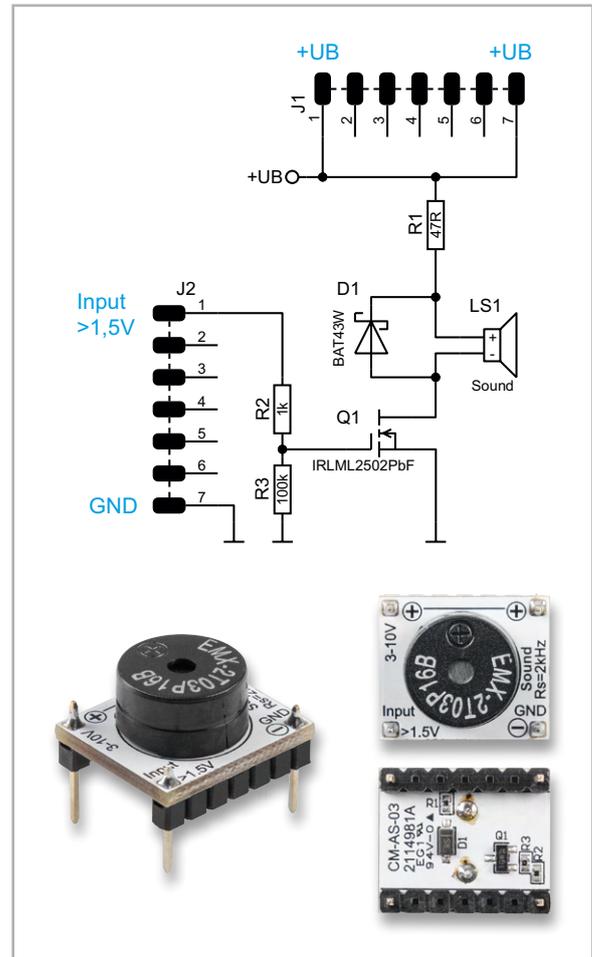


Bild 4: Schaltbild und Platine des Sound-Transducers

Signal generiert werden. Dies geschieht durch den Sound-Transducer, der von einem Rechteckoszillator angesteuert wird. Diese beiden Schaltungskomponenten haben wir ja bereits vorgestellt und erklärt. Der Oszillator soll nur dann eingeschaltet werden, wenn Alarm ausgelöst wird. Dies erreichen wir durch die Diode D3, die vom Ausgang des Komparators U1A auf den Eingang „-“ von U1B führt. Im Ruhezustand liegt am Ausgang (Pin 1) von U1A ein High-Pegel, sodass über D3 eine Spannung an den Eingang „-“ (Pin 6/U1B) des Oszillators gelangt. Die-

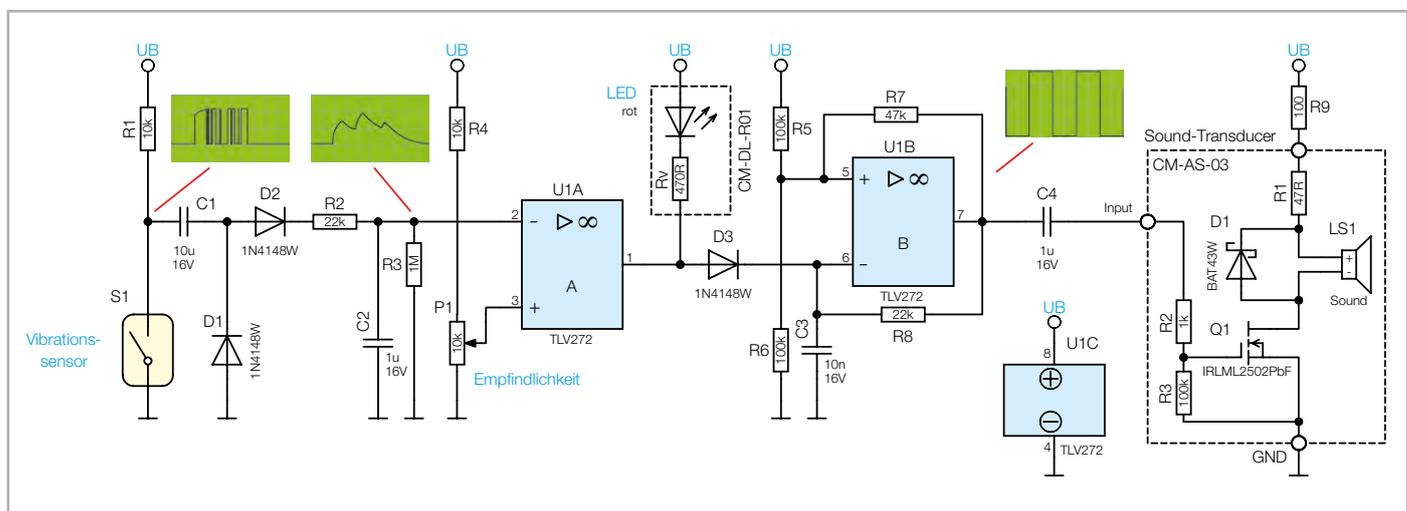


Bild 5: Schaltbild der Beispielschaltung Alarmanlage

se relativ hohe Spannung lässt den Oszillator nicht anschwingen, da die Spannung nicht mehr in den Bereich der beiden Schaltschwellen kommen kann. Erst wenn ein Alarm stattfindet und der Ausgang von U1A auf Low-Pegel absinkt, sperrt die Diode D3 und der Oszillator schwingt. Über C4 gelangt das Oszillatorsignal auf den Anschluss „Input“ und es ertönt ein akustisches Signal von ca. 2 kHz. Die Alarmdauer ist relativ kurz und hängt davon ab, wie hoch sich C2 aufladen kann. Diese Beispielschaltung dient dazu, die Funktionsweise der Alarmanlage aufzuzeigen. In einer praxisorientierten Schaltung würde man noch eine einstellbare Impulsverlängerung (Monoflop) anstelle der Diode D3 einbauen, um eine definierte Alarmdauer zu erreichen.

Aufbau der Beispielschaltungen

Für unsere Beispielschaltung gibt es Aufbauvorschlüsse unter Zuhilfenahme des Experimentiersets PAD-PRO-EXSB. Zum Set, das alle notwendigen Bauteile enthält, wird zusätzlich noch eine Aufbauplattform benötigt. Diese können die Experimentierplattformen EXSB1 und EXSB-Mini sowie ein „normales“ Steckboard sein. Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert. Spalten, also von links nach rechts, mit 1 bis 63 und die Reihen mit den Buchstaben A bis F. Das kann sich aber je nach Hersteller geringfügig unterscheiden. Anhand der Nummerierung kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen.

Wichtig ist hierbei, dass das Steckboard so platziert werden muss, dass sich Pin 1 auf der linken Seite befindet. Dreht man das Steckboard anders herum, stimmen die Positionen nicht mehr mit den Bildern überein. Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt, die im Experimentierset vorhanden sind.

Versorgungsspannung

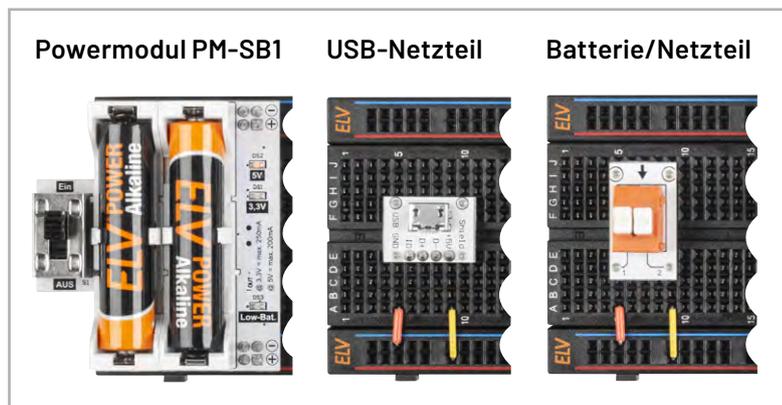


Bild 6: Unterschiedliche Varianten der Spannungsversorgung: mittels Powermodul PM-SB1, per 5-V-USB-Steckernetzteil oder einer Klemmleiste zum Anschluss an ein Labornetzteil oder eine Batterie

Die Spannungsversorgung für diese Schaltungen ist nicht kritisch und sollte ca. 5 V betragen. Eine höhere oder niedrigere Spannung ist auch möglich, jedoch verschiebt sich die Oszillatorfrequenz geringfügig, da die Frequenz leicht abhängig von der Betriebsspannung ist. Im Prinzip kann die Schaltung mit einer Spannung im Bereich von 3 V bis 12 V versorgt werden. Die beiden Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini verfügen über eigene Spannungsversorgungseinheiten, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen, da dies in der jeweiligen Bauanleitung beschrieben ist. Für das universelle Steckboard kann man auf unterschiedliche Spannungsversorgungsmöglichkeiten zurückgreifen, wie man in Bild 6 sieht. Über eine USB-Buchse kann ein normales Steckernetzteil oder Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle genutzt werden. Die Variante mit einer Klemmleiste dient zum Anschluss einer externen Spannungsversorgung wie z. B. eines Netzteils oder einer Batterie. Hierbei muss unbedingt auf die korrekte Polung geachtet werden. Eine sehr komfortable Lösung bietet auch das ELV-Powermodul [PM-SB1](#), das mit zwei Batterien ausgestattet ist und somit autark arbeitet.

Aufbau auf EXSB1 und „normalem Steckboard“

Für den Aufbau der Beispielschaltung gibt es einen Aufbauvorschlag auf einem Steckboard (Bild 7). Der dazu passende Verdrahtungsplan ist in Bild 8 zu sehen. Die gesamte Verdrahtung kommt ohne Steckkabel aus und es werden ausschließlich starre Steckbrücken verwendet.

Beim [EXSB1](#) kann der in Bild 8 gezeigte Verdrahtungsplan genutzt

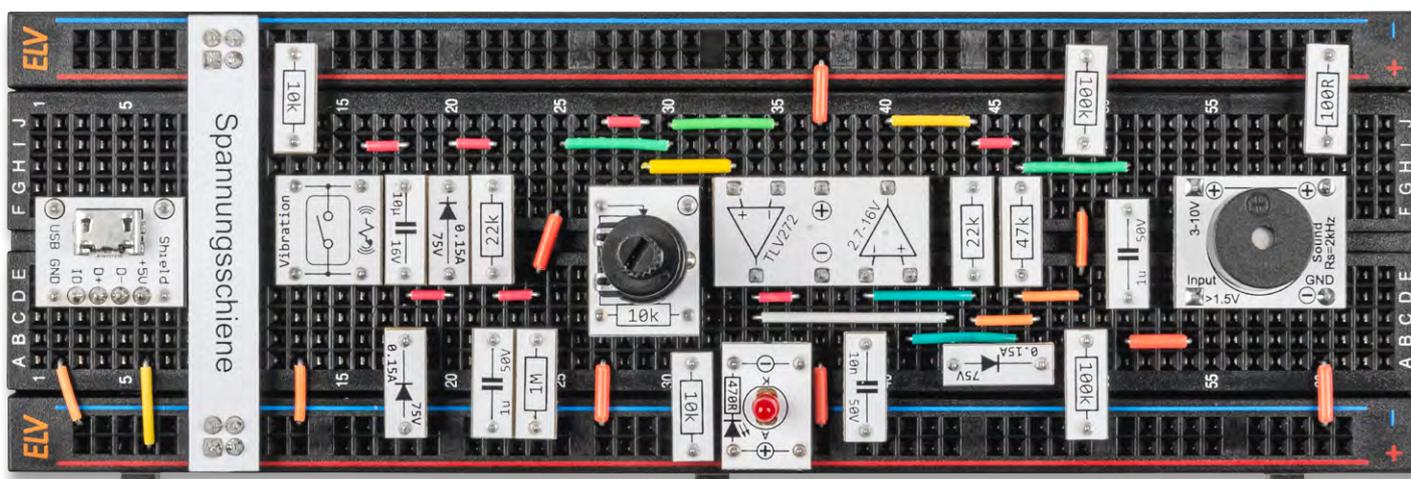


Bild 7: Steckboardaufbau der Alarmanlage

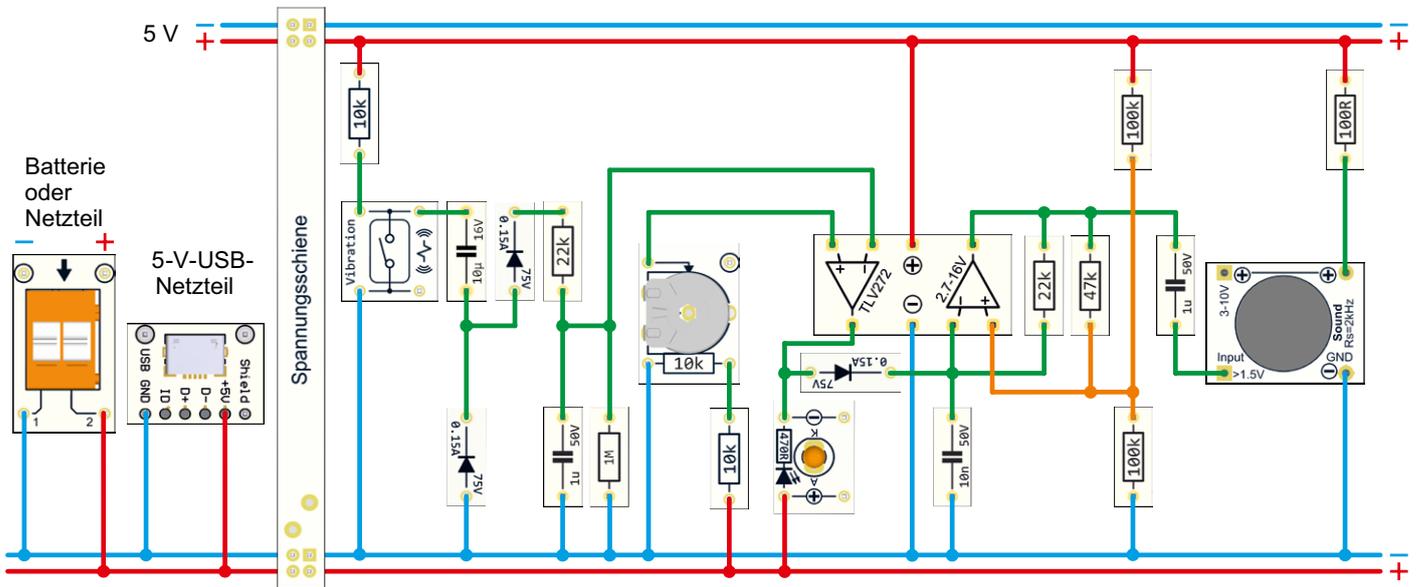


Bild 8: Verdrahtungsplan für die Alarmanlage auf einem Steckboard

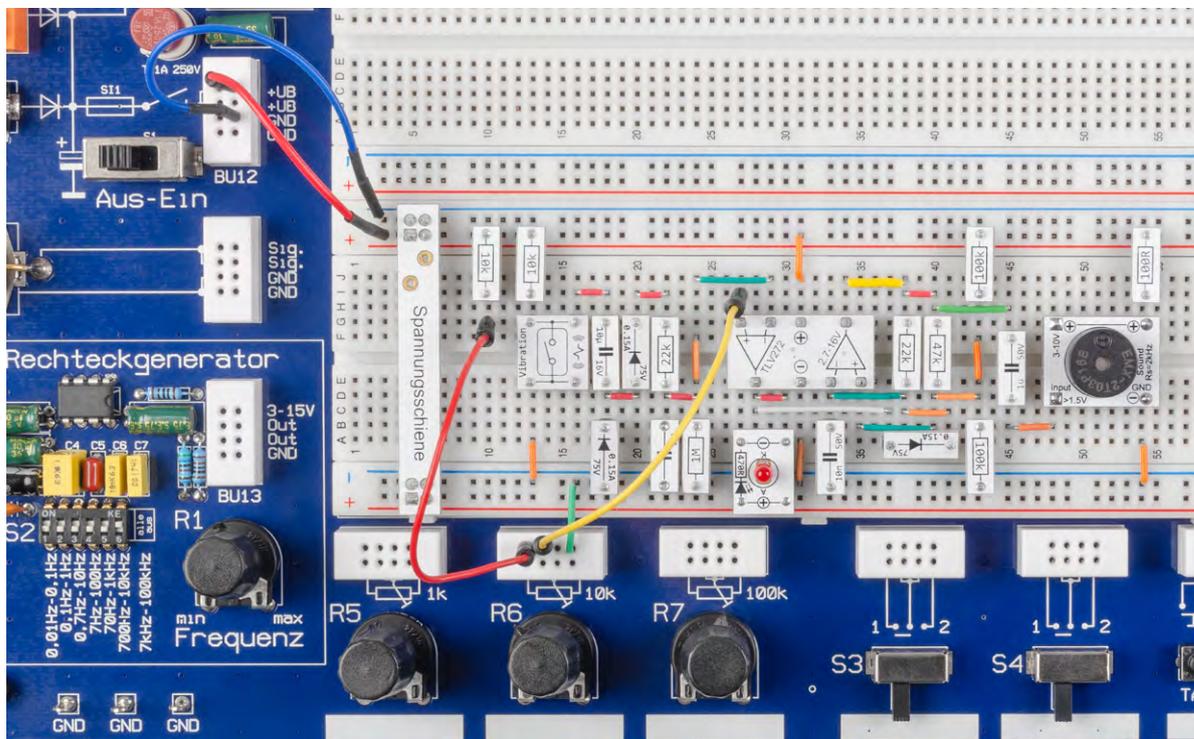


Bild 9: Steckboardaufbau der Alarmanlage auf dem EXSB1

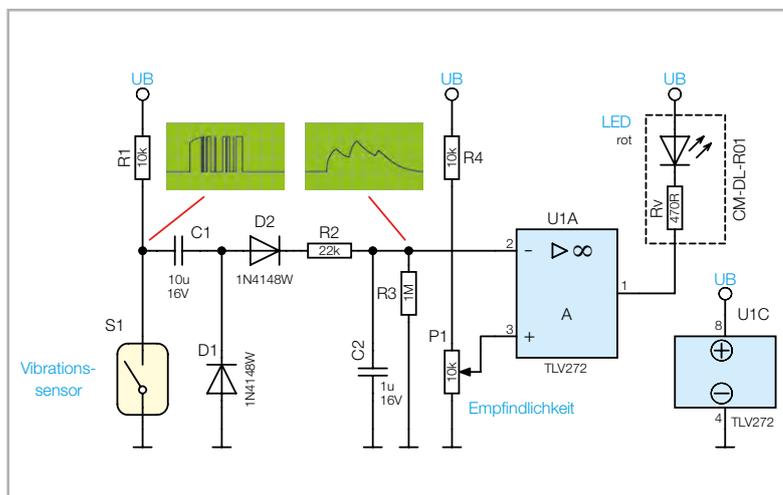


Bild 10: Schaltbild der Alarmanlage ohne Sounderzeugung

werden, nur mit dem Unterschied, dass das Potentiometer P1 durch das integrierte Potentiometer mit dem Wert 10 k Ω ersetzt wird (siehe Bild 9).

Aufbau auf dem EXSB-Mini

Möchte man die Schaltung auf dem [EXSB-Mini](#) aufbauen, gibt es eine kleine Einschränkung. Aus Platzgründen entfällt die Sounderzeugung, d. h., es gibt nur eine optische Signalisierung durch die LED. Das passende Schaltbild für diese Version ist in Bild 10 zu sehen. Wie auch beim EXSB1 kann hier eines der auf dem Board befindlichen Potis (10 k) verwendet werden. Bild 11 zeigt den dazugehörigen Verdrahtungsplan, und in Bild 12 ist die fertig aufgebaute Schaltung auf dem EXSB-Mini zu sehen.

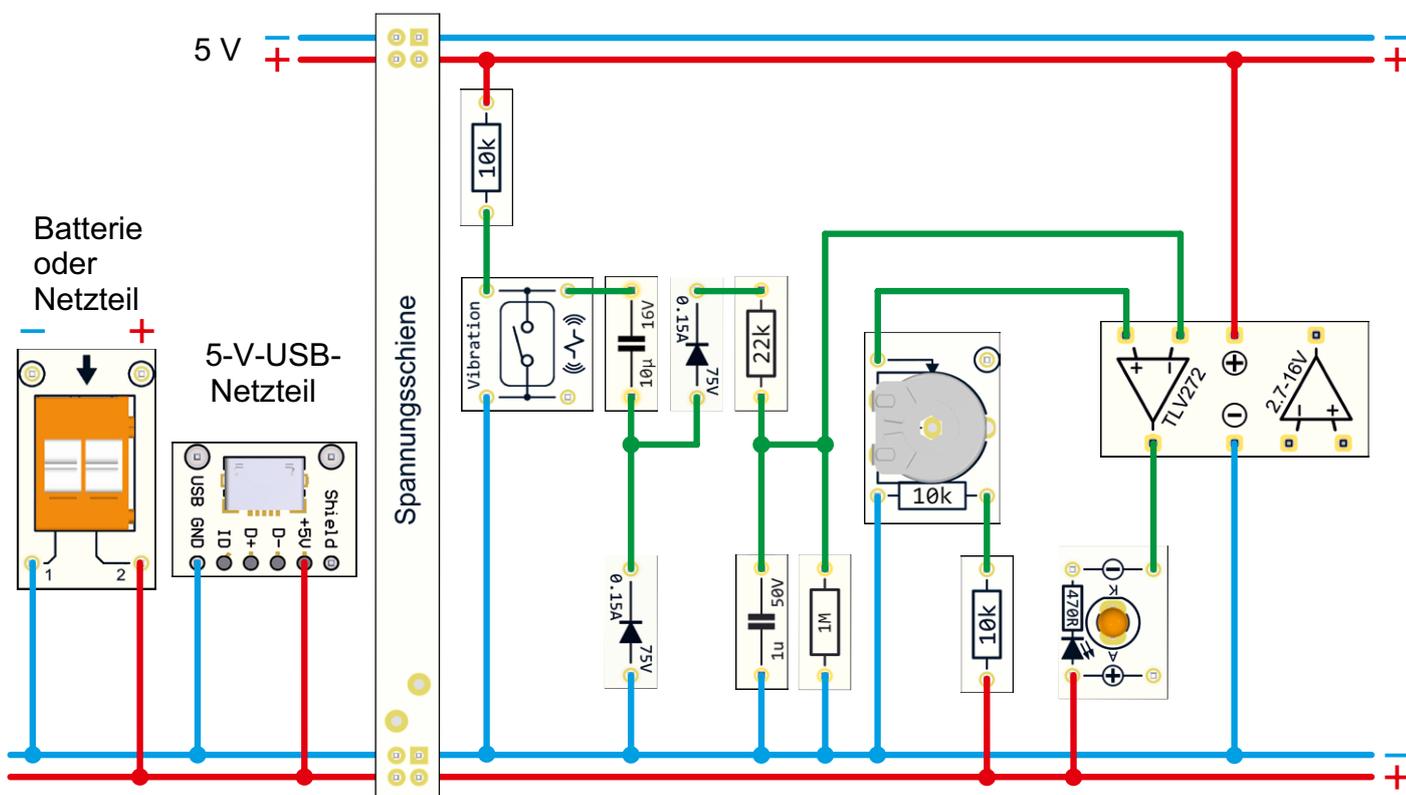


Bild 11: Verdrahtungsplan für den Aufbau auf dem EXSB-Mini

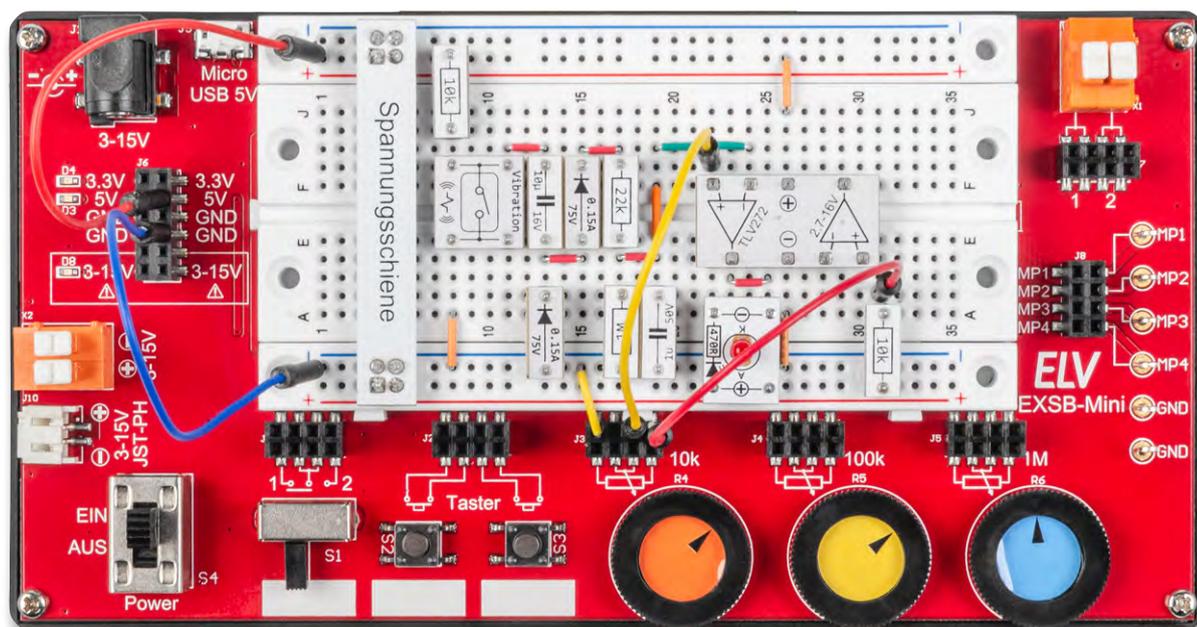


Bild 12: Steckboardaufbau der Alarmanlage auf dem EXSB-Mini

Immer auf dem neuesten Stand

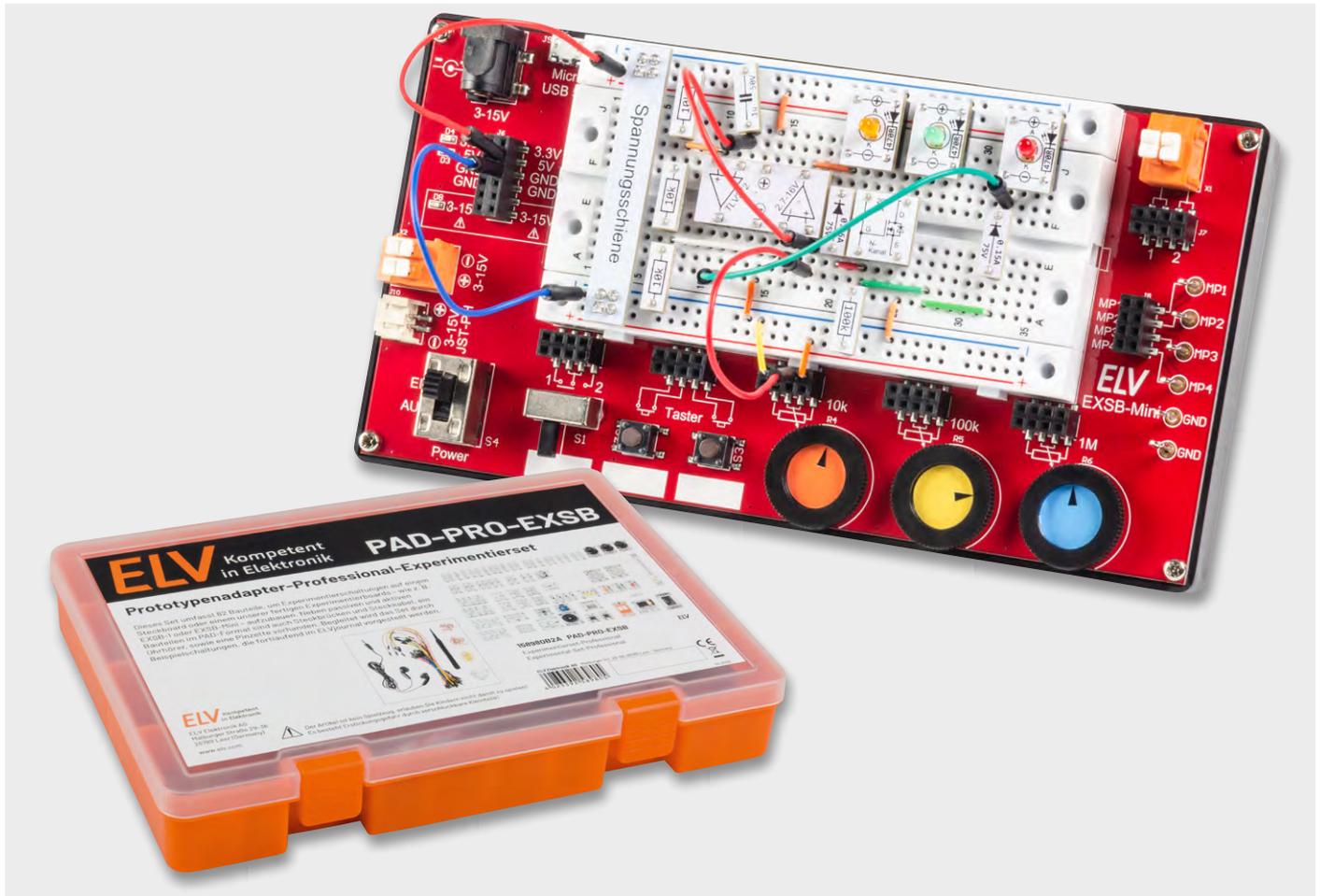
ELV Newsletter abonnieren und Vorteile sichern!

Abonnieren Sie jetzt unseren regelmäßig erscheinenden Newsletter und Sie werden stets als einer der Ersten über neue Artikel und Angebote informiert.

- ▶ Neueste Technikrends
- ▶ Sonderangebote
- ▶ Tolle Aktionen und Vorteile

[Zum Newsletter anmelden](#)





Komparatorschaltungen mit Operationsverstärkern

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 7

In diesem Teil unserer Serie widmen wir uns dem Thema „Komparatoren“. Wir zeigen an praxisnahen Beispielen, wie man mit Operationsverstärkern unterschiedliche Komparatorschaltungen realisiert.

Verstehen und Anwenden

Die hier vorgestellten Beispielschaltungen zum Thema „Komparatoren“ sind vorwiegend als Begleitmaterial für das [PAD-PRO-Experimentierset](#) gedacht.

Die einfachen Schaltungen können natürlich auch mit handelsüblichen Bauteilen auf Steckboards oder Lochrasterplatten nachgebaut werden.

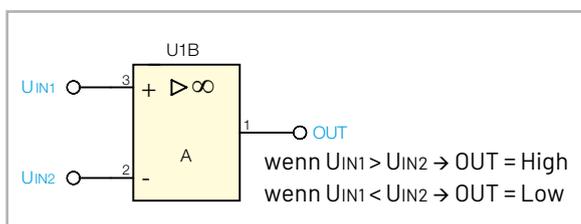


Bild 1: Schaltsymbol eines Komparators mit Operationsverstärker

Vorzugsweise sollte man aber Steckboards verwenden, da es sich um Beispielschaltungen handelt, die zum Verständnis der Funktionsweise von Komparatorschaltungen dienen und nicht als fertige Praxisschaltungen gedacht sind. Wenn man die Funktion verstanden hat, sollte es einem möglich sein, die gewonnenen Erkenntnisse für seine eigenen Bedürfnisse anzupassen. Ein Steckboard bietet hierfür die geeignete Voraussetzung, da sich die Schaltung leicht modifizieren lässt und auch Bauteilwerte problemlos geändert werden können.

Komparator: Grundlagen

Die Bezeichnung Komparator entstammt dem lateinischen Wort: comparator = Vergleich. Ein Komparator vergleicht zwei Werte miteinander und liefert als Ergebnis einen digitalen Wert, der anzeigt, welche der beiden Spannungen höher ist. Bild 1 zeigt das Schaltsymbol eines Komparators in Form eines Operationsverstärkers. Da der Operationsverstärker ohne Rückkopplung arbeitet, ist die Leerlaufverstärkung

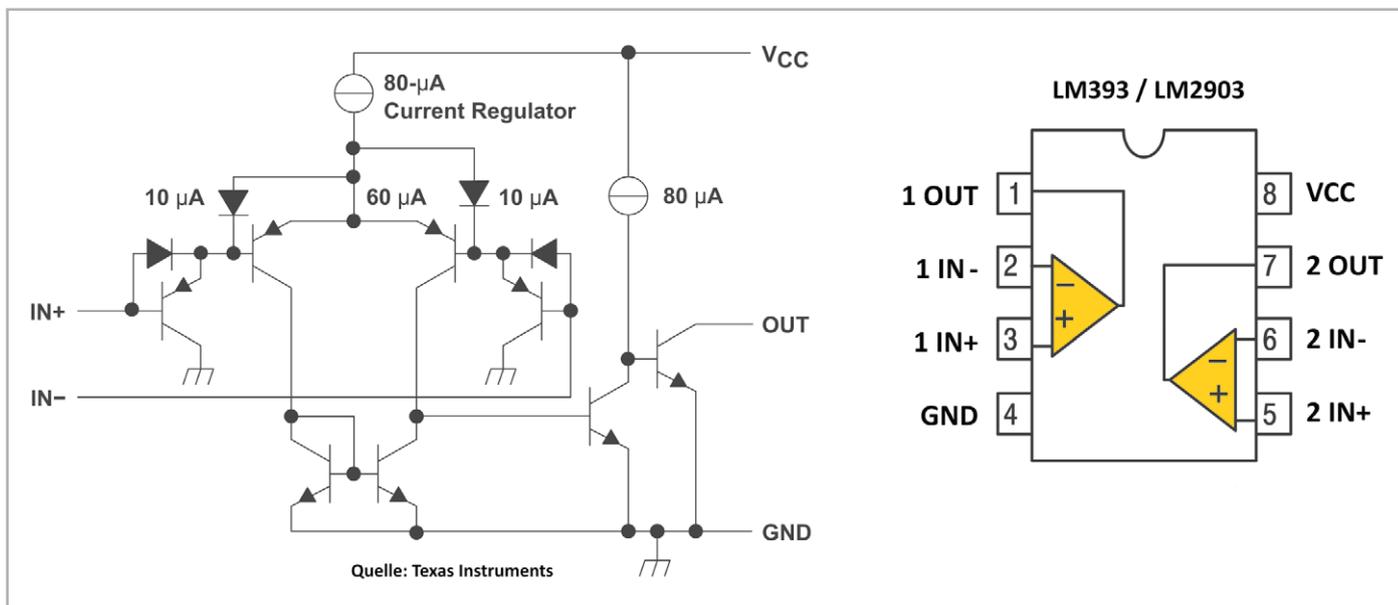


Bild 2: Blockschaltbild und Anschlussbelegung des LM393/LM2903

extrem hoch. Somit kann es im Prinzip nur zwei unterschiedliche Ausgangszustände geben. In Bild 1 sind die Bedingungen für beide Ausgangszustände dargestellt.

Im Bereich der Elektronik werden Komparatoren vorwiegend mit Operationsverstärkern oder speziellen Komparatorschaltkreisen aufgebaut. Mit Transistoren könnte man im Prinzip auch Komparatorschaltungen realisieren, die aber sehr schwierig im Aufbau sind. In den folgenden Beispielen verwenden wir einen „normalen“ Operationsverstärker zur Realisierung eines Komparators. Für niedrige Frequenzen bis hin zu DC-Signalen reicht in der Regel ein Operationsverstärker aus. Möchte man hingegen Schaltsignale > ca. 10 kHz verarbeiten, sind spezielle, nur für diesen Einsatzzweck entwickelte Komparatoren zu verwenden. Bei echten als Komparatoren ausgewiesenen Schaltkreisen wurde auf die interne Frequenzkompensation verzichtet, wodurch die Ansprechzeit verkleinert und somit auch die max. Schaltfrequenz steigt. Als Beispiel sei hier der LM2093/LM393 erwähnt. Wie man im Blockschaltbild (Bild 2) erkennt, verfügt dieser Komparator über einen Open-Collector-Ausgang. Das bedeutet, es muss immer ein Lastwiderstand (Pull-up) nach +UB extern beschaltet werden. So kann man die Größe des Lastwiderstands, der ja auch Einfluss auf die Geschwindigkeit und somit die max. nutzbare Frequenz hat, selbst bestimmen.

Schauen wir uns nun im Folgenden an, wie man mit Operationsverstärkern unterschiedliche Grundarten von Komparatoren realisiert.

Invertierender Komparator

Die erste Grundschaltung, die wir näher betrachten wollen, ist ein invertierender Komparator, der in Bild 3 dargestellt ist. Die Ausgangszustände des Komparators werden hier durch zwei LEDs angezeigt. Bei einem High-Potential am Ausgang leuchtet die untere LED2 (rot) auf, während bei einem Low-Potential die obere LED1 (orange) aufleuchtet.

Die Eingangsspannung wird mit dem Potentiometer P1 vorgegeben und erstreckt sich über den vollen Betriebsspannungsbereich. Diese Spannung führt auf den invertierenden Eingang (-). Die Schaltschwelle am nichtinvertierenden Eingang (+) ist mit dem Spannungsteiler R1/R2 fest auf $U_B/2$ festgelegt. Im Diagramm (Bild 3, rechts) ist zu erkennen, was am Ausgang (UA) passiert, wenn man die Eingangsspannung verändert (grüne Kennlinie). Bei einer Eingangsspannung von 0 V liegt am Ausgang (UA) High-Potential, da der Operationsverstärker das Eingangssignal invertiert. Erreicht die Eingangsspannung den Wert der Schaltschwelle ($U_B/2$), wechselt der Ausgang auf Low-Potential. Solange die Eingangsspannung sich oberhalb der

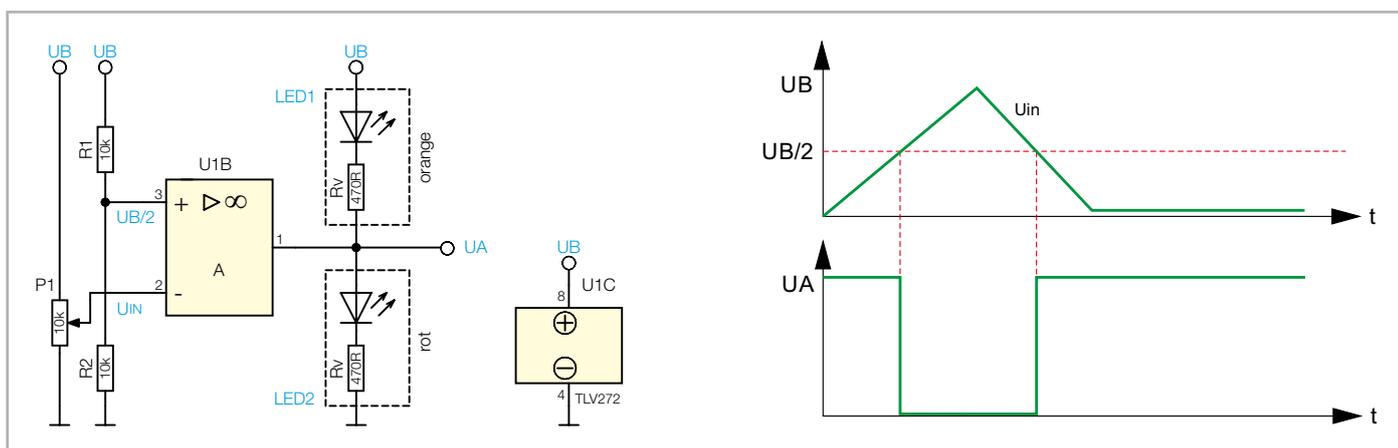


Bild 3: Grundschaltung eines Komparators (invertierend) mit Kennlinie

Schaltsschwelle befindet, verbleibt der Ausgang auf Low-Potential. Erst wenn die Eingangsspannung wieder unter die Schaltschwelle sinkt, wechselt der Ausgang auf High-Potential. Möchte man die Schaltschwelle verändern, geschieht dies durch das Widerstandsverhältnis von R_1 zu R_2 .

Die Schaltung ist relativ einfach aufzubauen, weshalb wir uns auf den Aufbau auf einem Steckboard (Bild 4) beschränken. Weitere Hinweise zum Aufbau gibt es im Abschnitt „Aufbau der Beispielschaltungen“.

Nichtinvertierender Komparator

Soll das Eingangssignal nicht invertiert werden, sind einfach die beiden Eingänge des Komparators zu tauschen, wie dies in Bild 5 zu sehen ist. Im Diagramm (Kennlinie) ist erkennbar, dass das Ausgangssignal im Gegensatz zum invertierenden Komparator genau entgegengesetzt ist. Auch für diese Schaltungsvariante gibt es ein Foto für den Aufbauvorschlag auf einem Steckboard (Bild 6).

Komparator mit Hysterese

Bei den beschriebenen Grundsaltungen kann unter Umständen ein Problem auftauchen, das wir als Schwingneigung bezeichnen wollen. Befindet sich die Eingangsspannung im Bereich der Schaltschwelle, reichen wenige Millivolt mehr oder weni-

ger aus, um das Ausgangssignal zu ändern. Liegt auf dem Eingangssignal ein Ripple- oder Rauschsignal von nur wenigen Millivolt, schaltet der Komparator nicht sauber und es kommt zu einer Art Schwingneigung am Ausgang des Komparators. Mit etwas Fingerspitzengefühl kann dieses Phänomen in den beiden Grundsaltungen reproduziert werden, indem man vorsichtig das Potentiometer P_1 im Bereich der Schaltschwelle sehr geringfügig verändert. Mit etwas Glück trifft man genau den Punkt, an dem das Ausgangssignal des Komparators kurz schwingt.

Dieses Problem kann mit einer Rückkopplung, besser gesagt Mitkopplung, verhindert werden. Dies geschieht durch einen Widerstand, der vom Ausgang auf den nichtinvertierenden Eingang (+) führt. Das Prinzip ist recht einfach: Durch die Mitkopplung wird die Schaltschwelle dynamisch verändert, wodurch eine sogenannte Hysterese erzeugt wird. Bild 7 zeigt die Grundsaltung des invertierenden Komparators mit zusätzlichem Rückkoppelwiderstand R_3 . Wie man in Bild 8 erkennt, liegt je nach Ausgangszustand des Komparators der Rückkoppelwiderstand R_3 parallel zu R_1 (wenn Ausgang $U_A = U_B$) oder parallel zu R_2 (wenn $U_A = \text{GND}$). Es gibt somit zwei unterschiedliche Schaltschwellen, die im Diagramm von Bild 7 als U_{s2} und U_{s1} bezeichnet sind.

Steigt die Eingangsspannung langsam an und erreicht den Wert U_{s1} , wechselt der Ausgang U_A auf Low-Potential. In diesem Moment liegt die Schaltschwelle nicht mehr bei der Schaltschwelle U_{s1} , sondern wechselt zu U_{s2} , die etwas niedriger ist. In Bild 9 ist dies an einem speziellen Diagramm ersichtlich.

Hierbei ist zu beachten, dass die X-Achse die Eingangsspannung U_{in} und die Y-Achse die Ausgangsspannung U_A darstellt. Nehmen wir an, die Eingangsspannung beträgt 0 V, dann liegt der Ausgang auf High-

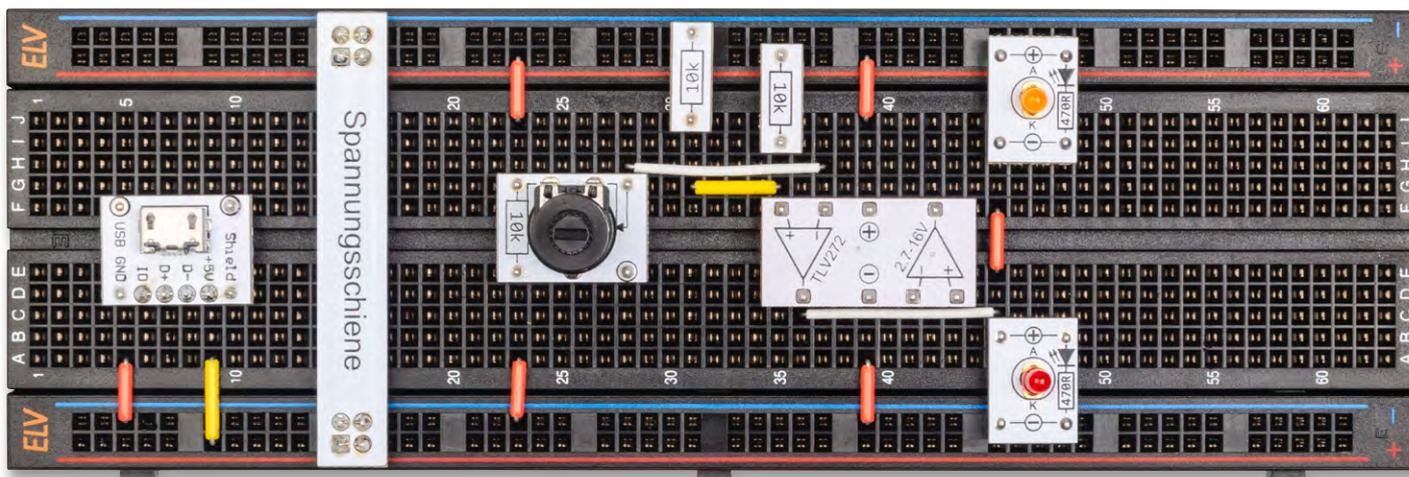


Bild 4: Aufbau des Komparators (invertierend) auf einem Steckboard

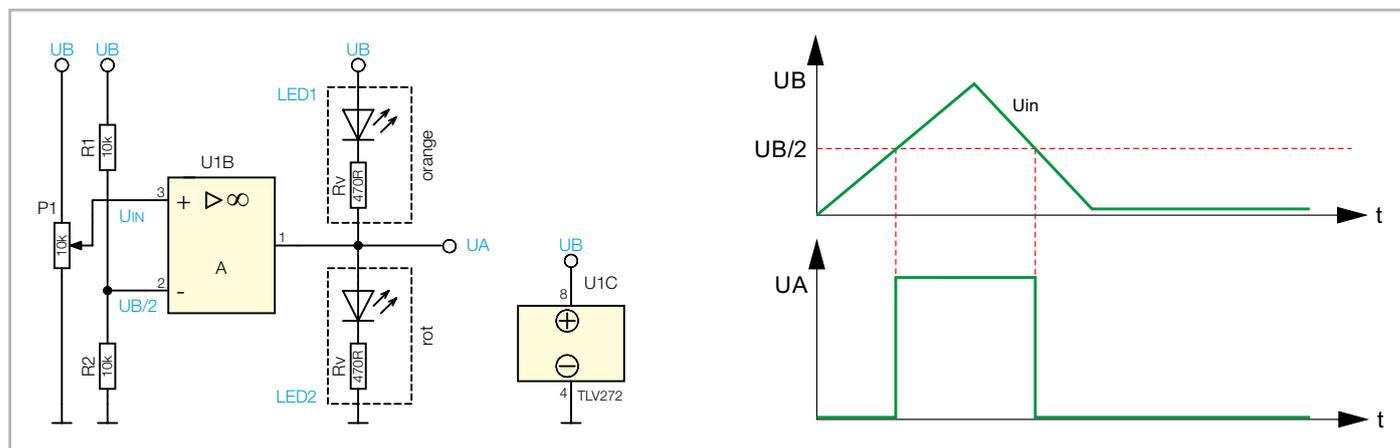


Bild 5: Grundsaltung eines Komparators (nichtinvertierend)

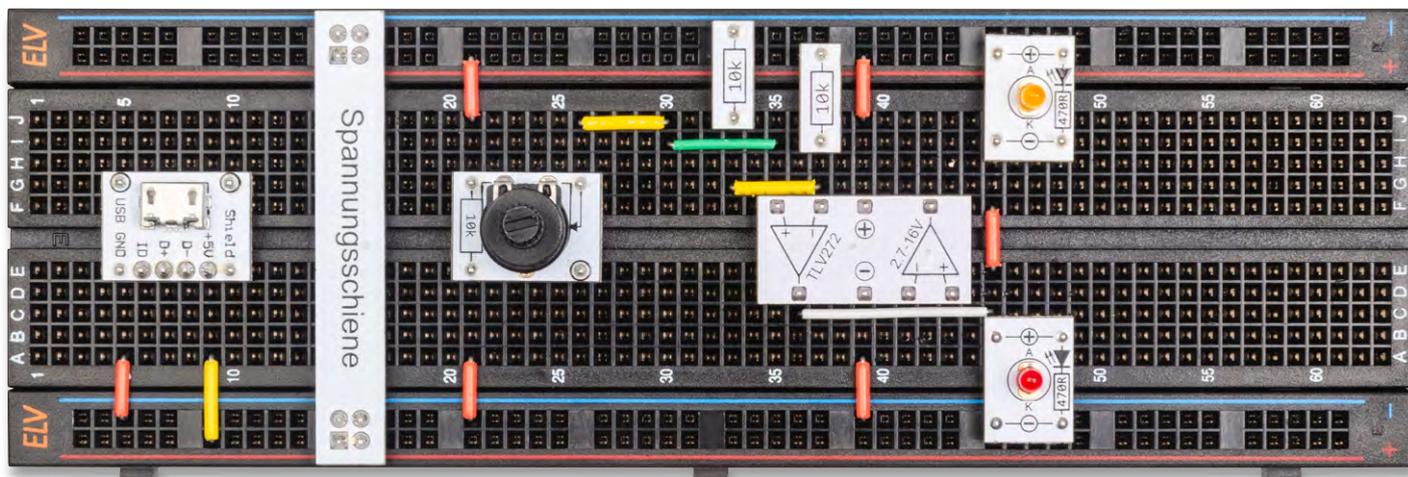


Bild 6: Aufbau des Komparators (nichtvertierend) auf einem Steckboard

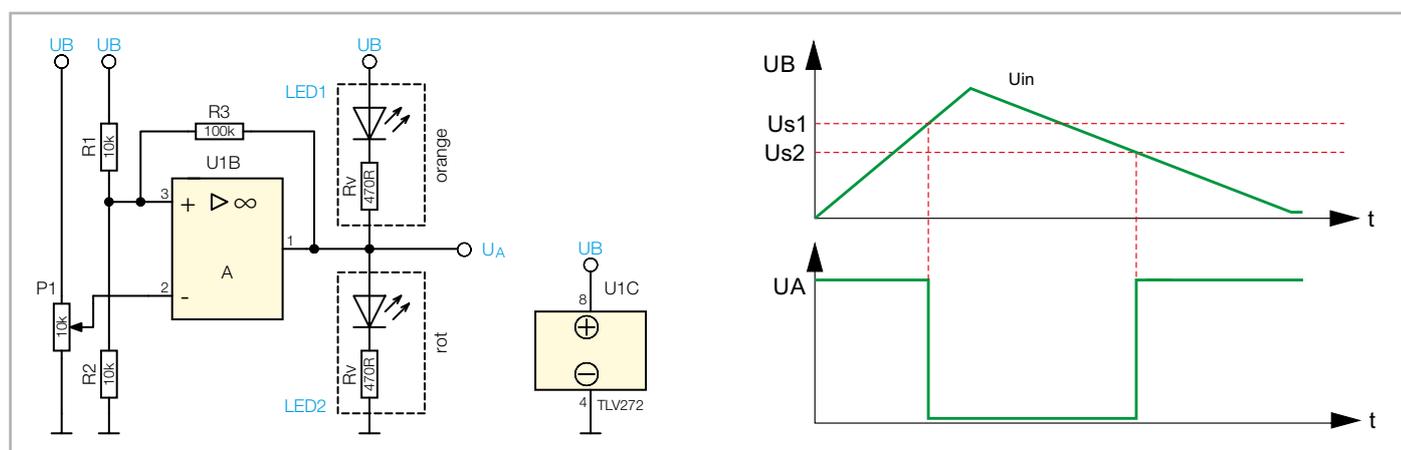


Bild 7: Grundschtung des Komparators (invertierend) mit Hysterese

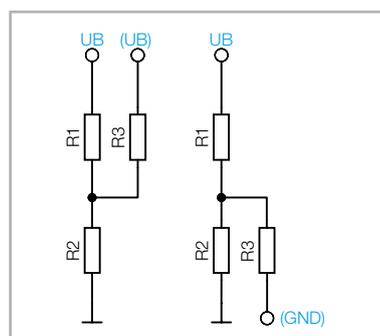


Bild 8: Wirkungsweise des Rückkoppelwiderstands

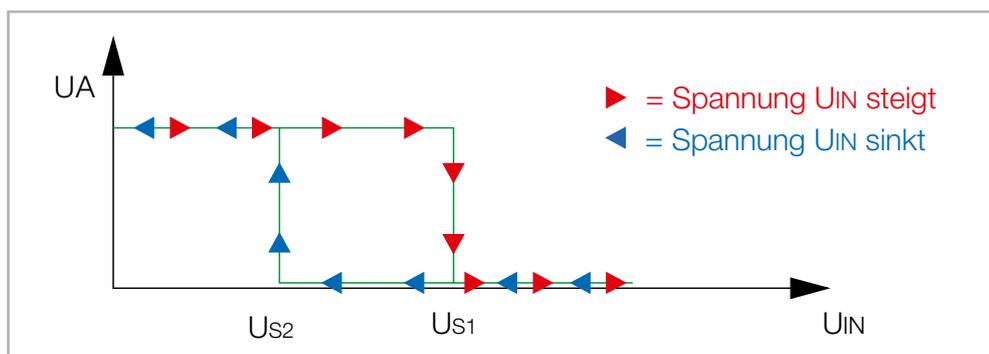


Bild 9: Kennlinie einer Hysterese

Potential. Steigt die Eingangsspannung, dann folgen wir der Linie mit den roten Pfeilen. Sobald die Eingangsspannung die Marke für die Schaltschwelle U_{s1} erreicht, wechselt der Ausgang auf Low-Potential (wir folgen immer noch den roten Pfeilen). Wenn jetzt die Eingangsspannung reduziert wird, folgen wir den blauen Pfeilen. Nun nimmt die Kennlinie (blaue Pfeile) einen anderen Verlauf, da die Schaltschwelle U_{s1} durch den Wechsel am Ausgang nicht mehr aktiv ist und nun Schaltschwelle U_{s2} ausschlaggebend ist. Dies erkennt man daran, dass der Ausgang erst beim Unterschreiten der Marke U_{s1} wieder auf High-Potential wechselt.

Der Unterschied zwischen den beiden Schaltpunkten wird als Hysterese bezeichnet. Diese Hysterese ist in vielen Schaltungen sehr nützlich,

wie wir im folgenden Beispiel eines Temperaturschalters sehen werden.

Die Berechnung der Widerstände in solch einer Schaltung ist nicht ganz einfach, weshalb wir hier auf komplizierte Formeln verzichten und stattdessen auf das Internet verweisen. Viele Privatpersonen und auch Firmen haben sogenannte Berechnungstools online gestellt. Hier gibt man einfach die gewünschten Spannungen ein und erhält dann die notwendigen Widerstandswerte. Zu finden sind diese Seiten mit den Suchbegriffen „Komparator Online Berechnung“.

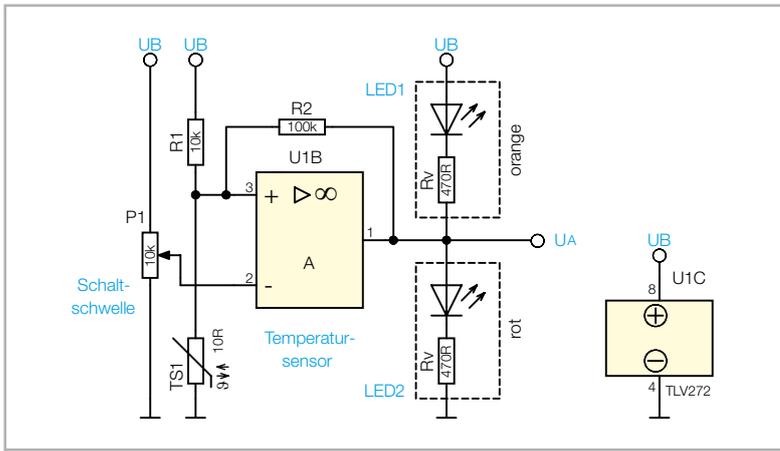


Bild 10: Temperaturschalter mit Komparator

Beispielschaltung: Temperaturschalter

Mit einem Komparator lässt sich auf sehr einfache Weise ein Temperaturschalter realisieren, wie man an der Beispielschaltung in Bild 10 erkennt. Der Temperatursensor (Bild 11) besteht aus einem temperaturabhängigen Widerstand (Thermistor), der eine NTC-Charakteristik (Negative Temperature Coefficient) aufweist. Ein NTC, auch Heißleiter genannt, ändert seinen Widerstand in Abhängigkeit zur Temperatur, sodass bei steigender Temperatur der Widerstandswert fällt (siehe Kennlinie in Bild 12). In unserem Beispiel bildet dieser Temperatursensor (TS1) zusammen mit dem Widerstand R1 einen Spannungsteiler. Der Knotenpunkt ist mit dem nichtinvertierenden Eingang (+) des Komparators verbunden. Mit dem Potentiometer P1 kann die Schaltschwelle eingestellt werden. Wenn die Temperatur steigt, sinkt der Widerstandswert des Sensors und somit auch die Spannung am Eingang (+) des Komparators. Sinkt die Spannung unter die eingestellte Schaltschwelle, wechselt der Ausgang des Komparators von High- auf Low-Potential und die orange LED1 leuchtet. Der Rückkoppelwiderstand R2 sorgt für eine Hysterese, wodurch sich die zwei Schaltschwellen ergeben. Diese Hysterese sorgt dafür, dass der Temperaturschalter auf zwei unterschiedliche Temperaturen reagiert. In der Kennlinie in Bild 13 erkennt man, dass sich durch den Widerstand R2 (100 k) eine Hysterese von ca. 4 K (Kelvin) ergibt. Dies bedeutet, dass in unserem Beispiel der Komparator High-Potential führt, wenn die Temperatur unterhalb von 20 °C liegt, und der Ausgang wieder auf Low-Potential wechselt, wenn

die Temperatur über 24 °C steigt. Je nach Einstellung von P1 ergeben sich natürlich unterschiedliche Schaltschwellen, wobei die Temperaturdifferenz zwischen dem Ein- und Ausschaltpunkt jedoch relativ konstant bleibt. Die Hysterese wird durch den Widerstandswert von R2 bestimmt. In unserem Fall ist die Hysterese mit 4 K relativ groß gewählt, damit dies in der Beispielschaltung gut erkennbar ist. Möchte man mit solch einer Schaltung z. B. einen Temperaturregler realisieren, der ein Heizelement ansteuert, zeigt sich der Vorteil einer Hysterese. Ohne Hysterese würde der Regler schon bei geringfügiger Temperaturänderung ein- und wieder ausschalten. Mit Hysterese pendelt die Temperatur immer zwischen den beiden Schaltpunkten, und im Mittel würde sich eine Temperatur einstellen, die genau zwischen diesen beiden Werten liegt. Möchte man ein genau umgekehrtes Schaltverhalten erreichen, können R1 und der Temperatursensor einfach gegeneinander getauscht werden. Alternativ könnte man auch das Ausgangssignal des Komparators invertieren.

In Bild 14 ist der Aufbau des Temperaturschalters auf einem Steckboard dargestellt

Beispielschaltung: Fensterkomparator

In Bild 15 ist eine weitere Beispielschaltung mit Komparatoren dargestellt. Hier werden zwei Komparatoren kombiniert, um einen bestimmten Spannungsbereich zu überwachen. Der Eingangsspannungsbereich wird dabei in drei Bereiche unterteilt, deren Grenzwerte über Spannungsteiler frei definierbar sind. So kann man überwachen, ob sich die Eingangsspannung in einem bestimmten Spannungsbereich befindet bzw. darüber oder darunter. Anwendungsbereiche sind z. B. Füllstandkontrollen, Batteriespannungsüberwachung und vieles mehr. Solche Schaltungen werden als Fensterkomparatoren oder Fensterdiskriminatoren bezeichnet.

Ein Fensterkomparator besteht aus zwei kombinierten Komparatoren. Für den unteren und den

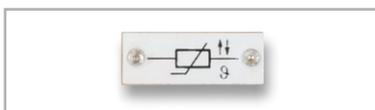


Bild 11: Temperatursensor als PAD-Modul CM-RN-N01

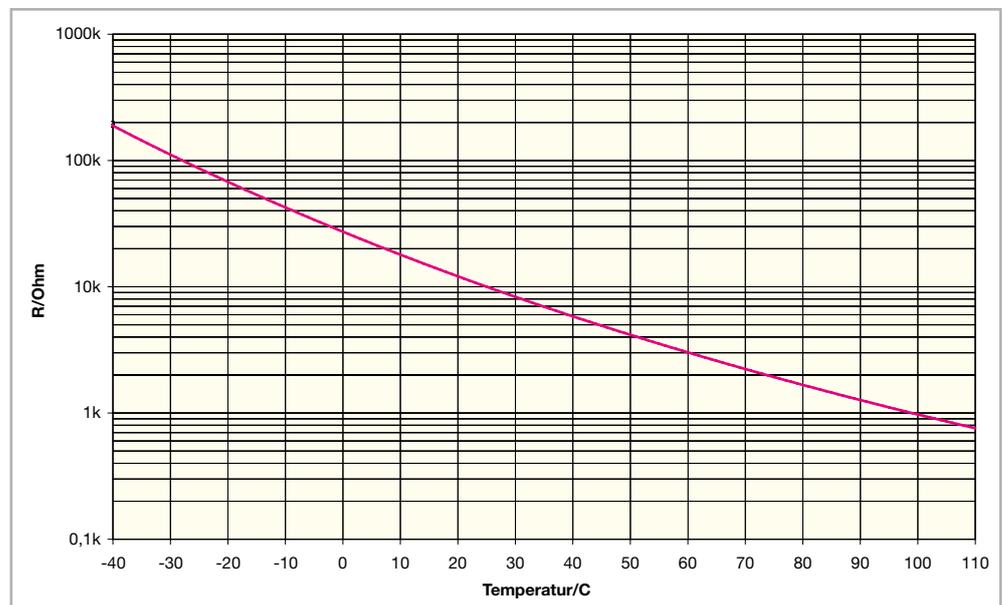


Bild 12: Kennlinie des Temperatursensors

oberen Grenzwert ist jeweils ein Komparator zuständig. Die einzelnen Ausgänge dieser Komparatoren verwenden wir, um ein Unter- oder Überschreiten der jeweiligen Grenzwerte anzuzeigen. Führt man diese Ausgänge auf ein UND-Gatter, kann auch der dritte, mittlere Bereich ausgewertet werden. Die Eingangsspannung wird in unserem Beispiel mit dem Potentiometer P1 simuliert und auf die Eingänge der beiden Komparatoren U1A und U1B gegeben. Der Komparator U1A ist für den oberen Grenzwert zuständig, während es U1B für den unteren Grenzwert ist.

Mit dem Spannungsteiler R1 bis R3 werden die Schaltschwellen der Grenzwerte eingestellt. Entscheidend ist der Spannungsabfall über dem Widerstand R2, denn dieser Widerstand legt den mittleren Spannungsbereich für unser Spannungsfenster fest. Im rechten Teil der Schaltung (Bild 15) ist dargestellt, welche Spannung sich über den Widerstand R2 einstellt, wenn für R2 ein Wert von 1 kΩ oder 10 kΩ verwendet wird. Die Spannungsangaben U_{R1} , U_{R2}

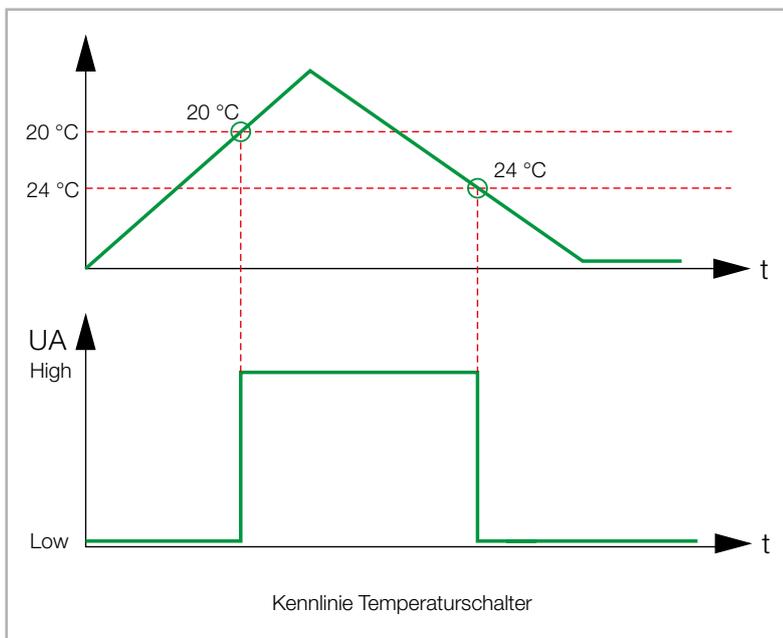


Bild 13: Kennlinie des Temperaturschalters

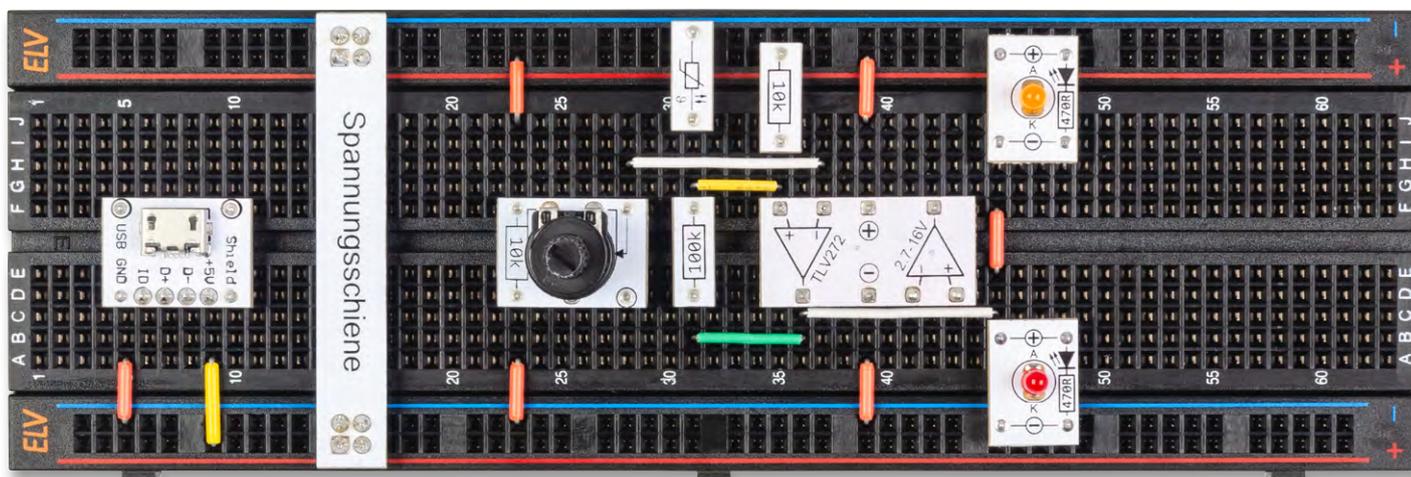


Bild 14: Steckboardaufbau des Temperaturschalters

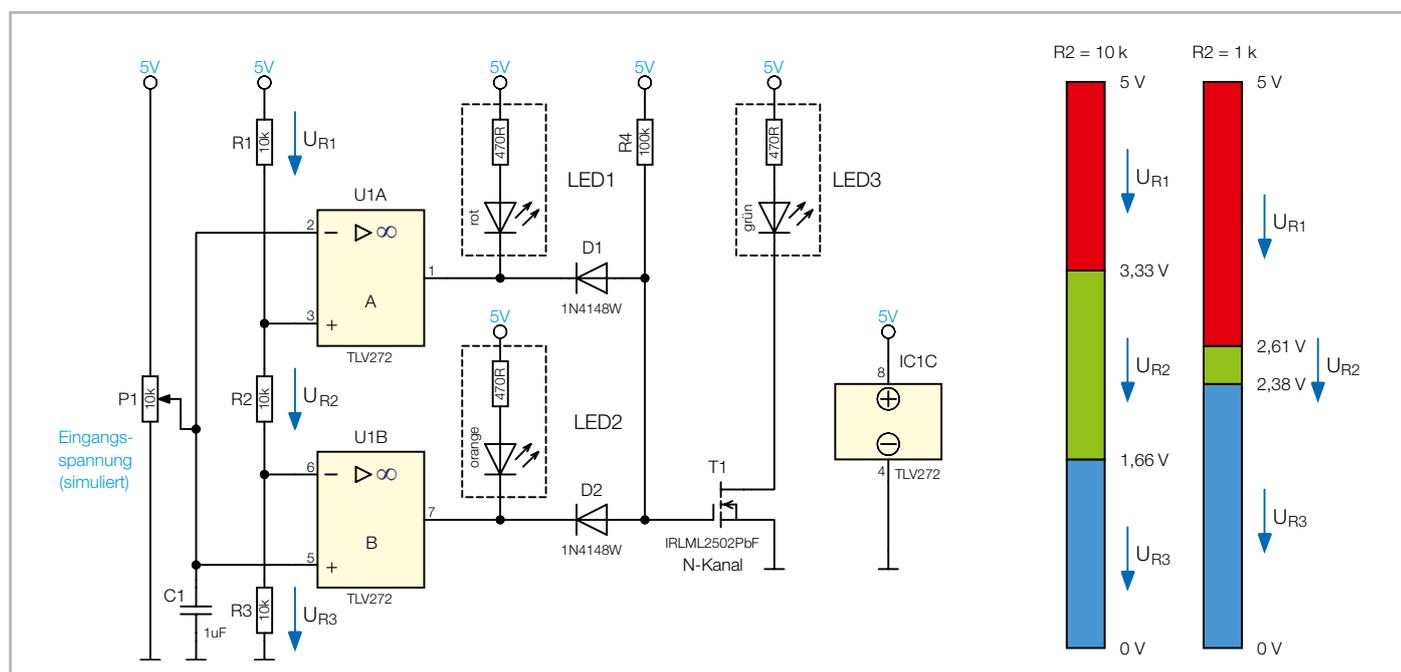


Bild 15: Schaltbild des Fensterkomparators

und U_{R3} korrespondieren mit den Spannungsabfällen an den Widerständen des Spannungsteilers, wenn die Versorgungsspannung 5 V beträgt. Je kleiner der Wert für R_2 gewählt wird, desto kleiner ist auch das Spannungsfenster für den mittleren Spannungsbereich. Wichtig ist aber das Widerstandsverhältnis aller drei Widerstände zueinander. Man kann somit durch Wahl der entsprechenden Widerstände die drei Spannungsbereiche beliebig aufteilen.

Der obere Komparator U1A schaltet den Ausgang (Pin1) auf Low-Potential, wenn die Eingangsspannung im Bereich von 3,3 bis 5 V liegt, was dem Spannungsabfall über R_1 entspricht. In diesem Fall leuchtet die LED1 auf. Der untere Komparator schaltet auf Low-Potential, wenn sich die Eingangsspannung im Bereich von 0 bis 1,66 V befindet. Der Spannungsbereich entspricht dem Spannungsabfall über R_3 . Wenn also die Eingangsspannung unterhalb von 1,66 liegt, leuchtet die LED2 auf.

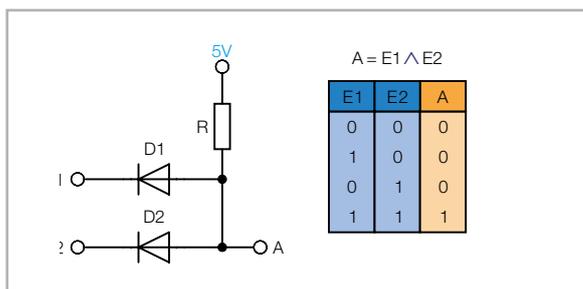


Bild 16: Wired-AND mit Dioden

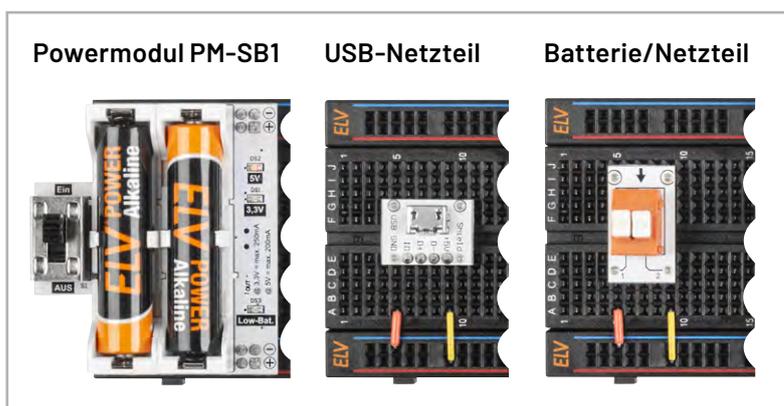


Bild 17: Unterschiedliche Varianten der Spannungsversorgung: mittels Powermodul PM-SB1, per 5-V-USB-Steckernetzteil oder einer Klemmleiste zum Anschluss an ein Labornetzteil oder eine Batterie

Wir haben nun einen Detektor, der Spannungen oberhalb und unterhalb von bestimmten Spannungsschwellen erkennt. Was wir jetzt noch benötigen, ist eine Anzeige für den mittleren Spannungsbereich. Da in diesem Spannungsfenster beide Ausgänge der Komparatoren auf High-Potential liegen (LED1 und LED2 sind aus), müssen wir diesen Zustand auswerten. Dies geschieht üblicherweise mit einer logischen UND-Verknüpfung.

Wir haben uns für eine sehr einfache Schaltungsvariante, nämlich einer sogenannten Wired-AND-Schaltung entschieden. Wired-AND bedeutet übersetzt: verdrahtete UND-Verknüpfung. Hier wird ein UND-Gatter mit wenigen konventionellen, passiven Bauteilen realisiert.

In Bild 16 ist diese Schaltungstechnik separat dargestellt. Wie man erkennt, werden nur zwei Dioden und ein Widerstand benötigt. In der Wahrheitstabelle erkennt man, dass der Ausgang A nur dann auf High wechselt, wenn beide Eingänge E1 und E2 gleichzeitig auf High liegen. In diesem Fall sperren beide Dioden und der Widerstand R (Pull-up-Widerstand) zieht den Pegel am Ausgang A auf High-Pegel. Wir finden diesen in Bild 16 dargestellten Schaltungsteil in unserer Beispielschaltung wieder.

Wir nutzen in der praktischen Anwendung zur weiteren Verarbeitung einen MOSFET-Transistor (Q1), der erst ab einer Spannung von mehr als 1,5 V am Gate durchschaltet, sodass die 0,7 V noch nicht ausreichen, um den Transistor durchzusteuern.

Mit einem NPN-Transistor würde diese Schaltungstechnik nicht funktionieren, da mit einer 0,7-V-Durchlassspannung der Dioden an der Basis ein NPN-Transistor bereits durchschaltet. Wenn unser MOSFET-Transistor Q1 über den Widerstand R_4 Spannung am Gate erhält, schaltet dieser Transistor durch und die LED3 leuchtet, sodass wir nun eine Anzeige für den mittleren Spannungsbereich haben.

Durch Austausch des Widerstands R_2 (1 k oder 10 k) kann man experimentieren und man erkennt durch Verändern der Eingangsspannung mit P1, wie sich die Spannungsbereiche unterschiedlich aufteilen.

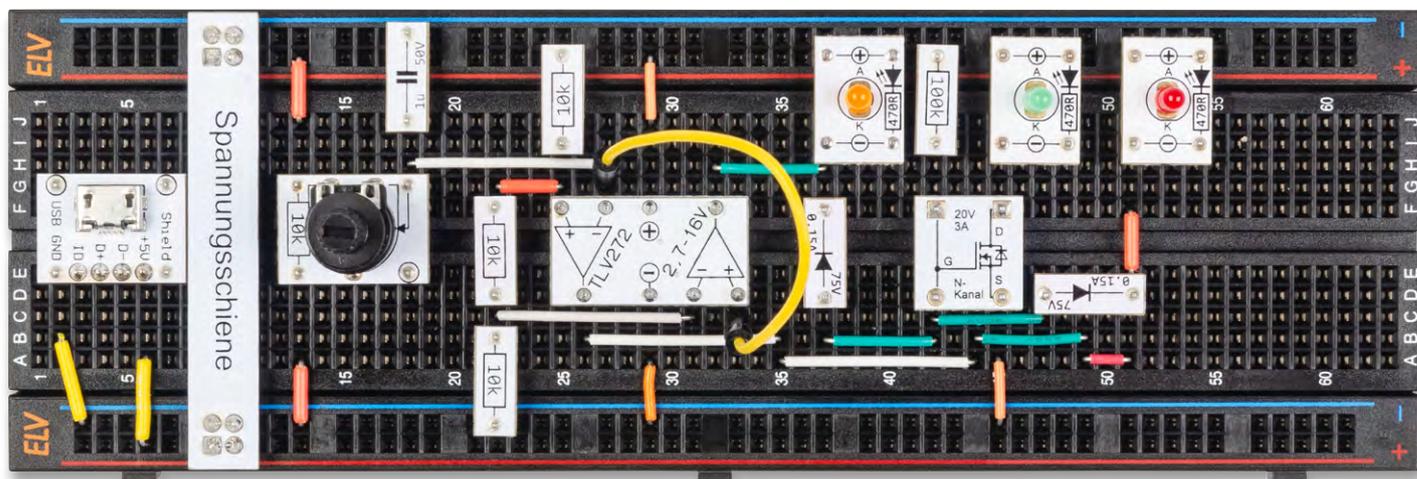


Bild 18: Steckboardaufbau des Fensterkomparators

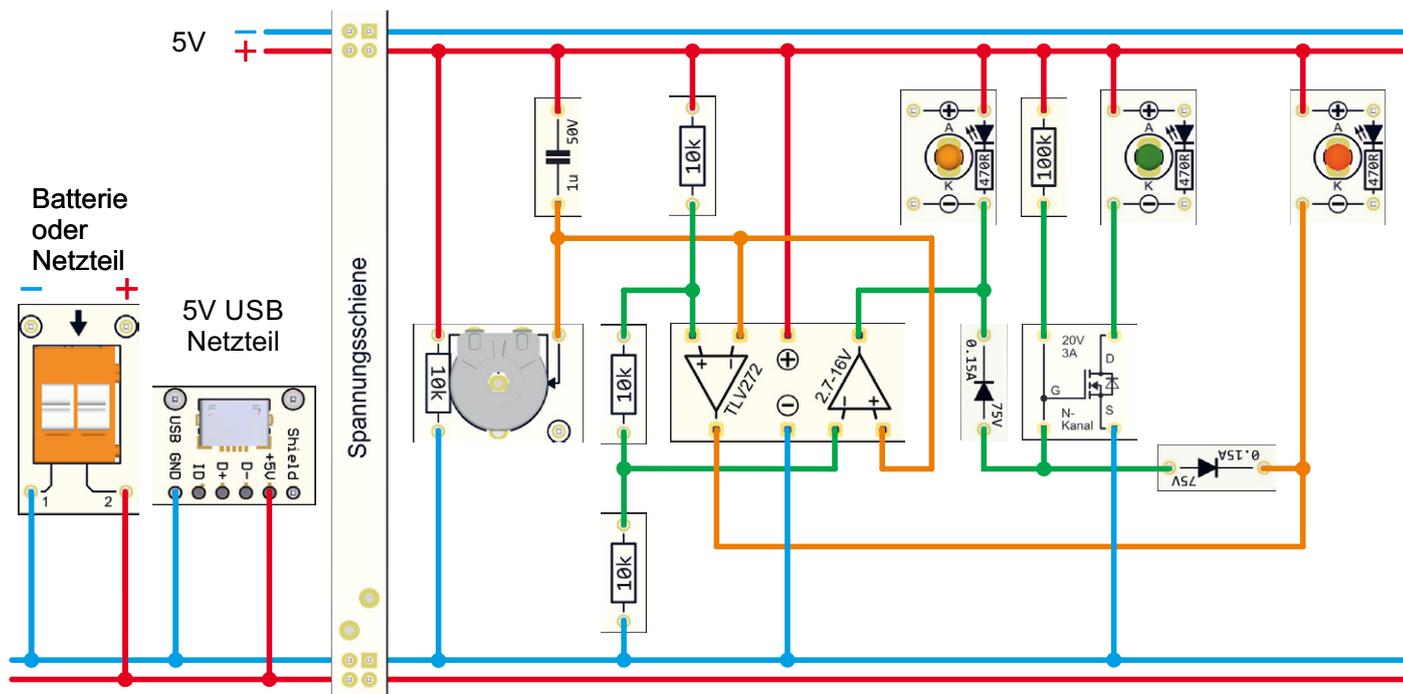


Bild 19: Verdrahtungsplan für den Fensterkomparator

Aufbau der Beispielschaltungen

Für unsere Beispielschaltung gibt es Aufbauvorschlüsse unter Zuhilfenahme des Experimentiersets PAD-PRO-EXSB. Zum Set, das alle notwendigen Bauteile enthält, wird zusätzlich noch eine Aufbauplattform benötigt. Dies können die Experimentierplattformen EXSB1 und EXSB-Mini sowie ein „normales“ Steckboard sein.

Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert. Spalten, also von links nach rechts mit 1 bis 63, und die Reihen mit den Buchstaben A bis F. Dies kann sich aber je nach Hersteller geringfügig unterscheiden. Anhand der Nummerierung kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen. Wichtig ist hierbei, dass das Steckboard so platziert werden muss, dass sich Pin 1 auf der linken Seite befindet. Dreht man das Steckboard andersherum, stimmen die Positionen nicht mehr mit den Bildern überein.

Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt, die im Experimentierset enthalten sind.

Versorgungsspannung

Die Spannungsversorgung für diese Schaltungen ist nicht kritisch und sollte ca. 5 V betragen. Eine höhere oder niedrige Spannung ist natürlich auch möglich, jedoch sind die Spannungsangaben im Schaltbild vom Fensterkomparator für 5 V ausgelegt.

Im Prinzip kann die Schaltung mit einer Spannung im Bereich 5 bis 12 V versorgt werden. Die beiden Experimentierboards EXSB1 und EXSB-Mini verfü-

gen über eigene Spannungsversorgungseinheiten, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen, da dies in der jeweiligen Bauanleitung beschrieben ist.

Für das universelle Steckboard kann man auf unterschiedliche Spannungsversorgungsmöglichkeiten zurückgreifen, wie man in Bild 17 sieht. Über eine USB-Buchse kann ein normales Steckernetzteil oder ein Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle genutzt werden.

Die Variante mit einer Klemmleiste dient zum Anschluss einer externen Spannungsversorgung wie z. B. einem Netzteil oder einer Batterie. Hierbei muss unbedingt auf die korrekte Polung geachtet werden. Eine sehr komfortable Lösung bietet auch das [ELV Powermodul PM-SB1](#), das mit zwei Batterien ausgestattet ist und somit autark arbeitet.

Aufbau auf dem EXSB1 und auf einem universellen Steckboard

Für den Aufbau der Beispielschaltung „Fensterkomparator“ gibt es einen Aufbauvorschlüsse auf einem Steckboard wie in Bild 18 dargestellt. Der dazu passende Verdrahtungsplan ist in Bild 19 zu sehen.

Beim EXSB1 kann der in Bild 20 gezeigte Verdrahtungsplan genutzt werden, nur mit dem Unterschied, dass das Potentiometer P1 durch das integrierte Potentiometer mit dem Wert 10 k Ω ersetzt wird.

Aufbau auf dem EXSB-Mini

Beim Einsatz des EXSB-Mini kann wie auch beim EXSB1 das auf dem Board befindlichen Poti (10 k Ω) verwendet werden. In Bild 21 ist die fertig aufgebaute Schaltung auf dem EXSB-Mini zu sehen. **ELV**

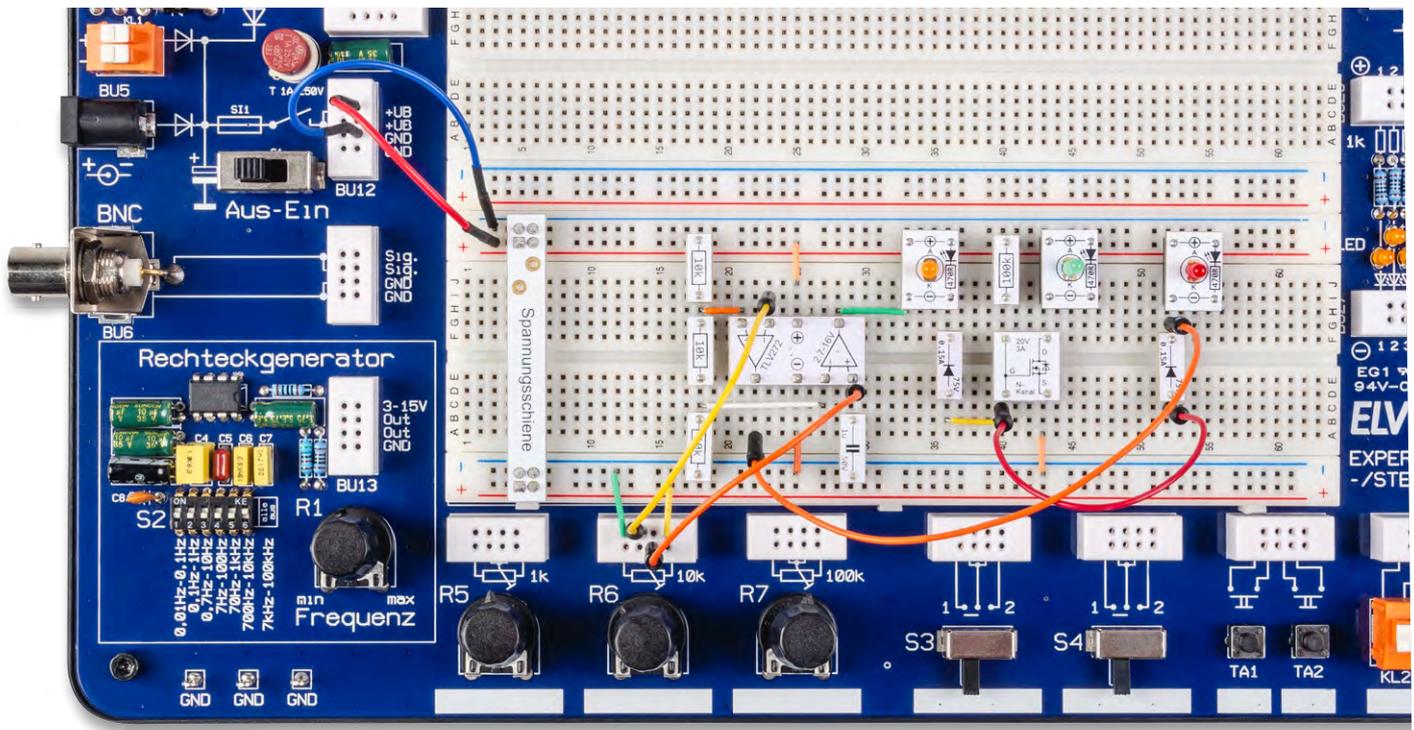


Bild 20: Steckboardaufbau des Fensterkomparators dem EXSB1

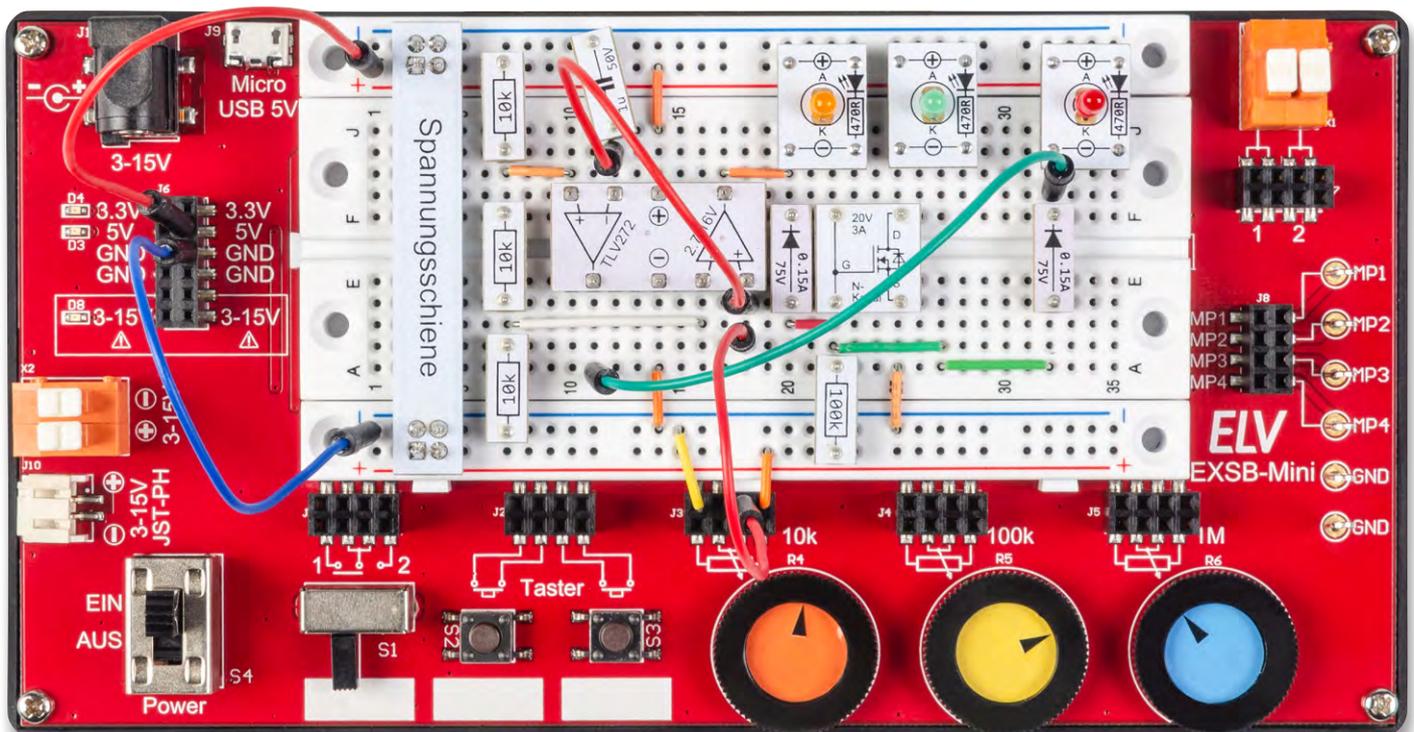


Bild 21: Steckboardaufbau des Fensterkomparators auf dem EXSB-Mini



Entzückend, Baby! Aufbau einer Kojak-Sirene

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter- Professional-Experimentiererset PAD-PRO-EXSB

Teil 8

In diesem Teil unserer Serie zeigen wir einen Klassiker aus dem Themenbereich der Hobbyschaltungen. Seit Jahrzehnten ist die Sirenschaltung, auch „Kojak-Sirene“ genannt, eine beliebte Schaltung zum Selberbauen – so auch mit dem PAD-PRO-EXSB Experimentiererset!

NE555 als Allroundtalent

Wer kennt sie nicht, die typischen Polizeisirenen aus amerikanischen Actionfilmen. Im Gegensatz zu europäischen Einsatzfahrzeugen haben amerikanische Polizeifahrzeuge seit den 1970er-Jahren einen typisch aufheulenden Signalton.

Ebenso hat sich seit dieser Zeit durch die Ausstrahlung der amerikanischen Fernsehserie „Einsatz in Manhattan“ mit Telly Savalas als Hauptdarsteller Lieutenant Kojak der Begriff „Kojak-Sirene“ etabliert – und genauso lange gibt es Nachbausaltungen für solche Kojak-Sirenen in allen möglichen unterschiedlichen Techniken.

Wir wollen hier eine solche Schaltung vorstellen, insbesondere um Elektronik mittels einer „Spaß“-Schaltung besser verstehen zu können. Unsere Schaltung wird jedoch nicht mit einer lautstarken Sirene, sondern mit einem kleinen Kopfhörer oder einem Lautsprecher betrieben. Die Frequenz lässt sich dabei so einstellen, dass entweder die genannte Kojak-Sirene oder bei sehr langsamer Frequenz eine klassische Alarmsirene simuliert wird.

Als Plattform zum Aufbau der Schaltung dient das Bauteileset [PAD-PRO-EXSB](#) und ein Experimentierboard wie z. B. das [ELV EXSB1](#). Alternativ kann auch ein gewöhnliches Steckboard verwendet werden.

Die Schaltung kann auch mit handelsüblichen Bauteilen auf Lochrasterplatten nachgebaut werden, vorzugsweise sollte man aber Steckboards verwenden, da es sich um Experimentierschaltungen und nicht um praxisorientierte Schaltungen handelt.

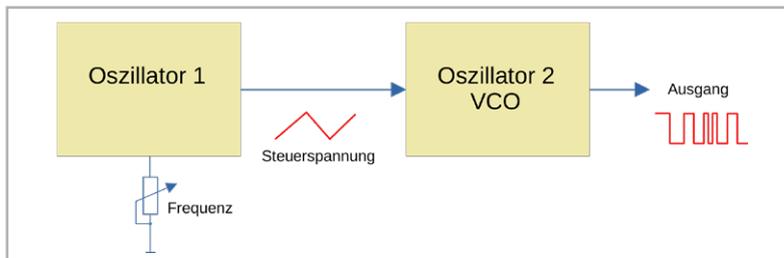


Bild 1: Blockschaltbild der Sirenschaltung mit VCO

Schaltung

Um einen auf- und abschwellenden Ton zu erzeugen, benötigen wir zunächst zwei Oszillatoren (siehe Bild 1). Der erste Oszillator erzeugt eine relativ niedrige Frequenz, mit der der zweite Oszillator wiederum in seiner Frequenz beeinflusst wird. Hierzu lässt sich der zweite Oszillator über eine Gleichspannung in der Frequenz steuern, ist also demnach ein spannungsgesteuerter Oszillator, häufig auch VCO (voltage controlled oscillator) genannt.

Durch Variieren der Steuerspannungsfrequenz kann der gewünschte Sirenen-Effekt eingestellt werden. Eine niederfrequente Steuer-

spannung bedeutet ein langsames Auf- und Abschwellen der Ausgangsfrequenz, wohingegen eine schnelle Steuerfrequenz einen „Wah-Wah-Wah-Effekt“ erzeugt, der einer „Kojak-Sirene“ ähnelt.

Wir verwenden den Timerbaustein ICM7555 (CMOS-Version des NE555) für die beiden benötigten Oszillatoren.

Wie ein Oszillator mit einem ICM7555 aufgebaut und realisiert wird, ist in [Teil 3 dieser Serie](#) (ab Seite 30) ausführlich beschrieben, sodass wir hier auf eine detaillierte Beschreibung verzichten. Im Schaltbild (Bild 2) erkennen wir einige Schaltungskomponenten wieder, andere sind hingegen neu hinzugekommen.

Der Oszillator 1 im linken Teil des Schaltbilds ist eine Standardoszillatorschaltung, bei der die Frequenz durch die Bauteile R1, R2, P1 und C1 bestimmt wird. Dieser Oszillator erzeugt eine relativ niederfrequente Steuerspannung, die wir zur Modulation des zweiten Oszillators nutzen. Mit dem Trimmer P1 kann die Frequenz verändert werden. Wie man erkennen

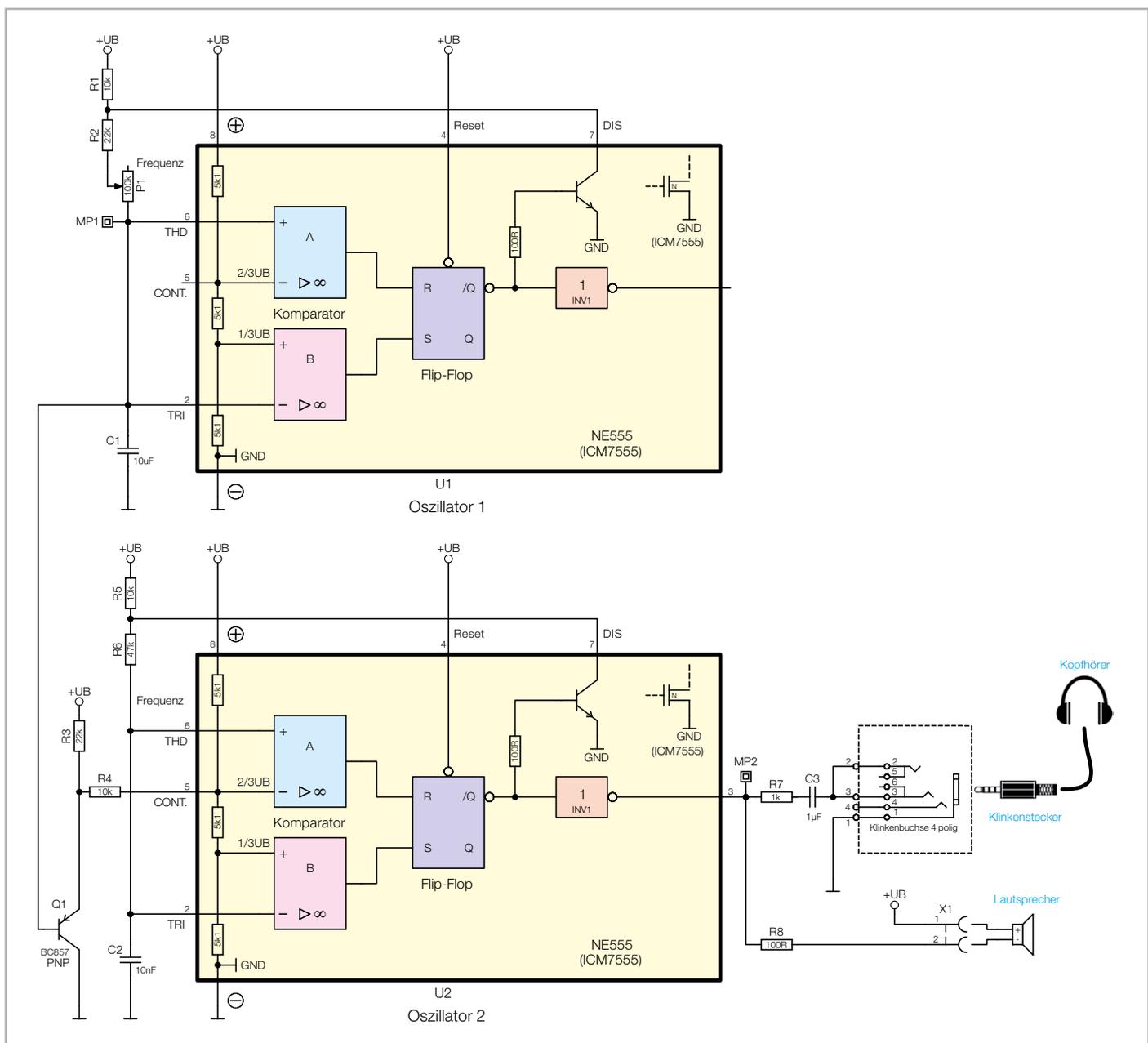


Bild 2: Schaltbild der Sirenschaltung

kann, greifen wir das Ausgangssignal nicht an Pin 3 ab, sondern am Kondensator C1. Im Gegensatz zum „normalen“ Ausgang, der eine Rechteckspannung ausgibt, liegt am Kondensator C1 eine sägezahnförmige Spannung an. Eine echte Dreieckspannung ist es damit natürlich nicht, es zeigen sich die Auf- und Entladespannungen in Form einer E-Funktion. Im Schaltbild sind zwei Messpunkte aufgeführt, deren Oszillogramme in Bild 3 zu sehen sind. MP1 stellt die Spannung am Kondensator C1 dar.

Diese Spannung wollen wir zur Modulation des zweiten Oszillators nutzen. Um die Spannung an C1 nicht zu beeinflussen bzw. zu belasten, schalten wir einen Transistor (Q1) nach. Diese Transistorstufe ist als Spannungsfolger beschaltet. Das Ausgangssignal wird am Emittierwiderstand (R3) abgegriffen. Es findet keine Spannungsverstärkung, sondern eine Stromverstärkung statt. Durch diese Maßnahme wird die Eingangsseite nur minimal belastet, weshalb wir hier auch von einem Impedanzwandler sprechen.

Über den Widerstand R4 gelangt diese Spannung auf Pin 5 des zweiten Oszillators U2, der prinzipiell wie Oszillator 1 aufgebaut ist. Hier gibt es jedoch eine Besonderheit: Mit der Spannung an Pin 5 (CONT.) kann die Frequenz über eine zugeführte Spannung verändert werden. Wir sprechen von einem spannungsgesteuerten Oszillator, kurz VCO genannt. Wie man im Blockschaltbild des ICM7555 erkennt, führt Pin 5 auf den internen Spannungsteiler. Durch eine externe Spannung an Pin 5 werden die Schaltschwellen für die beiden internen Komparatoren verändert, was auch eine Frequenzänderung bewirkt. Dieser Oszillator schwingt, je nach Spannung an Pin 5 von U2, auf einer hörbaren Frequenz im Bereich von 1 bis 2 kHz. Zusammenfassend halten wir also fest: Mit dem Ausgangssignal von Oszillator 1 wird die Frequenz von Oszillator 2 verändert (moduliert).

Wie man im Schaltbild (Bild 2) zudem erkennt, gibt es zwei alternative Möglichkeiten, die erzeugte Ausgangsfrequenz hörbar zu machen. Im Set vom PAD-PRO-EXSB sind ein kleiner Kopfhörer und eine

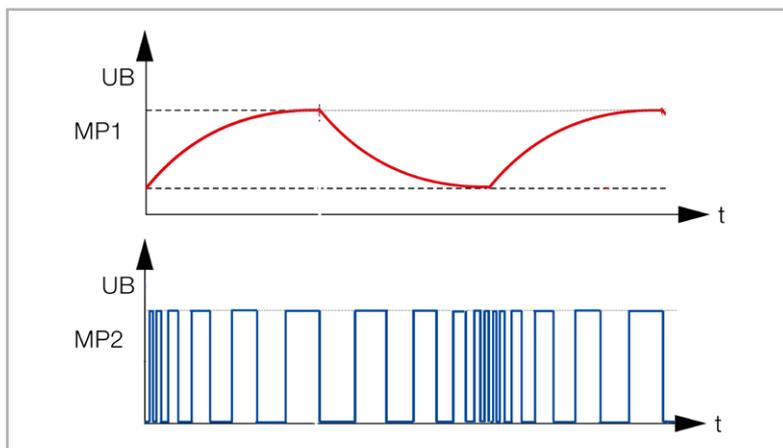


Bild 3: Oszillogramme in der Schaltung

Klinkenbuchse vorhanden. Die Lautstärke für den Kopfhörer wird mit dem Widerstand R7 reduziert und der Kondensator C3 entkoppelt die Gleichspannungsanteile. Alternativ kann aber auch ein Lautsprecher mit möglichst hoher Impedanz (4Ω min) anschlossen werden.

Da der ICM7555 am Ausgang strommäßig nicht stark belastet werden darf, wird ein Widerstand von 100Ω (R8) zwischengeschaltet. Die Lautstärke bleibt trotzdem ausreichend und kann durch Erhöhung der Betriebsspannung (auf max. 12 V) erhöht werden.

Aufbau der Beispielschaltung

Für unsere Beispielschaltung gibt es Aufbauvorschläge unter Zuhilfenahme des Experimentiersets PAD-PRO-EXSB. Zum Set, das alle notwendigen Bauteile enthält, wird zusätzlich eine Aufbauplattform benötigt, z. B. die Experimentierplattform EXSB1 oder ein „normales“ Steckboard.

Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert. Spalten sind von links nach rechts mit 1 bis 63 nummeriert, Reihen hingegen mit den Buchstaben A bis F. Dieses kann sich jedoch herstellerabhängig geringfügig unterscheiden. Anhand der Nummerierung kann man die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen. Wichtig ist hierbei, dass das Steckboard so platziert werden muss, dass sich Pin 1 auf der rechten Seite befindet. Dreht man das Steckboard andersherum, so stimmen die Positionen nicht mehr mit den Bildern überein.

Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt, die im Experimentierset enthalten sind.

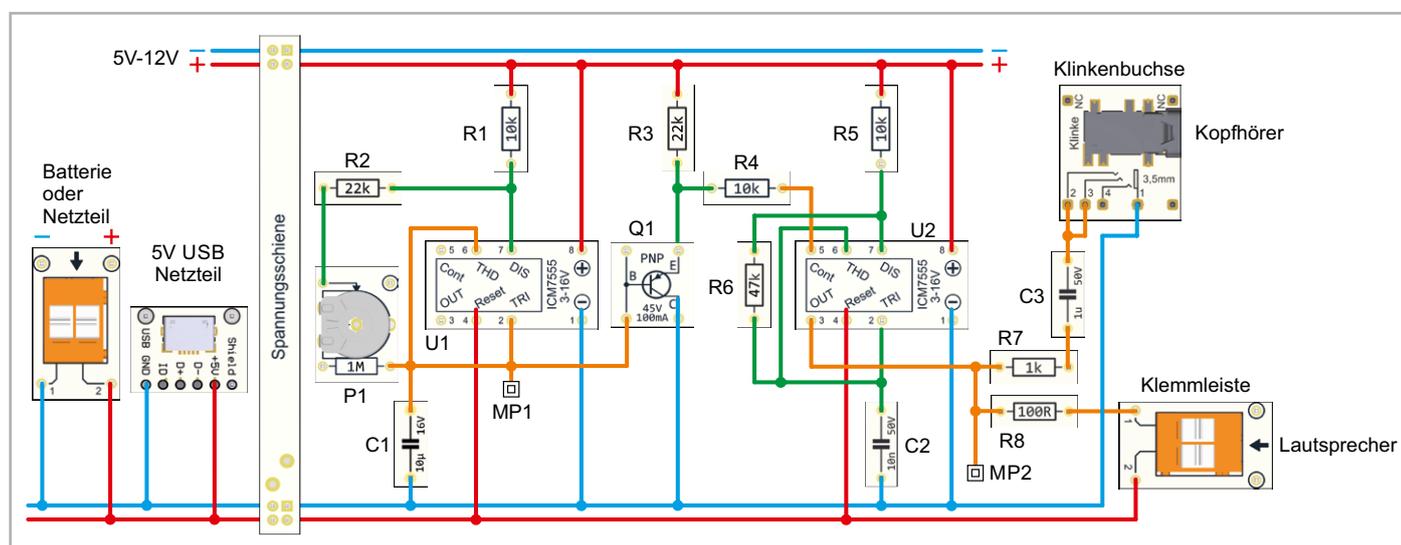


Bild 4: Anschlussplan Schaltung

Versorgungsspannung

Die Spannungsversorgung für diese Schaltungen ist recht unkritisch und sollte im Bereich von 5 bis 12 V liegen. Für das universelle Steckboard kann man auf unterschiedliche Spannungsversorgungsmöglichkeiten zurückgreifen (siehe [Bild 5](#)). So kann über eine USB-Buchse ein normales Steckernetzteil oder ein Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle genutzt werden. Die Variante mit einer Klemmleiste dient zum Anschluss einer externen Spannungsversorgung wie z. B. einem Netzteil oder einer Batterie. Hierbei muss unbedingt auf die korrekte Polung geachtet werden. Eine sehr komfortable Lösung bietet auch das ELV Powermodul PM-SB1, das mit zwei Batterien ausgestattet ist und somit autark arbeitet.

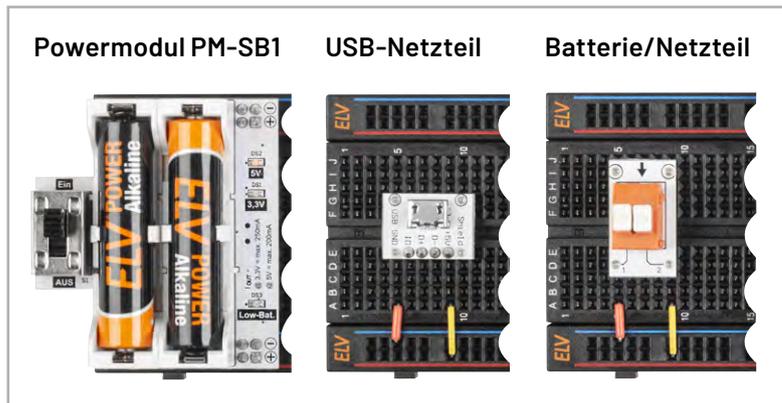


Bild 5: Oszillogramme in der Schaltung

Aufbau auf dem EXSB1 und einem universellen Steckboard

Für den Aufbau der Beispielschaltung „Sirenschaltung“ gibt es einen Aufbauvorschlag (siehe [Bild 7](#)) auf einem klassischen Steckboard. Der dazu passende Verdrahtungsplan ist in [Bild 4](#) zu finden.

Bei Verwendung des EXSB1 kann der in [Bild 6](#) gezeigte Verdrahtungsplan verwendet werden. Hierbei stehen zwei Optionen für das Ausgangssignal zur Verfügung. Wie bereits im Abschnitt „Schaltung“ beschrieben, gibt es für jede Variante (Lautsprecher oder Kopfhörer) eine andere, leicht abweichende Ausgangsseite Beschaltung.

Tip

Wer die hier vorgestellte Experimentierschaltung gerne bereits als fertig aufgebaute, kleine Platine nutzen möchte, dem legen wir den Bausatz [NE555-AWS](#) nahe. Die Anwendungsschaltung präsentiert sich äußerst kompakt und ist vollständig in SMD-Technik aufgebaut (siehe [Bild 8](#)).

Ähnlich wie unsere Experimentierschaltung kann diese Platine in unterschiedlichen Betriebsmodi verwendet werden. Die Konfiguration wird in diesem Fall über Lötbrücken eingestellt. So kann diese Schaltung einerseits als Oszillator, Monoflop, PWM-Timer oder eben auch als Sirenschaltung betrieben werden.

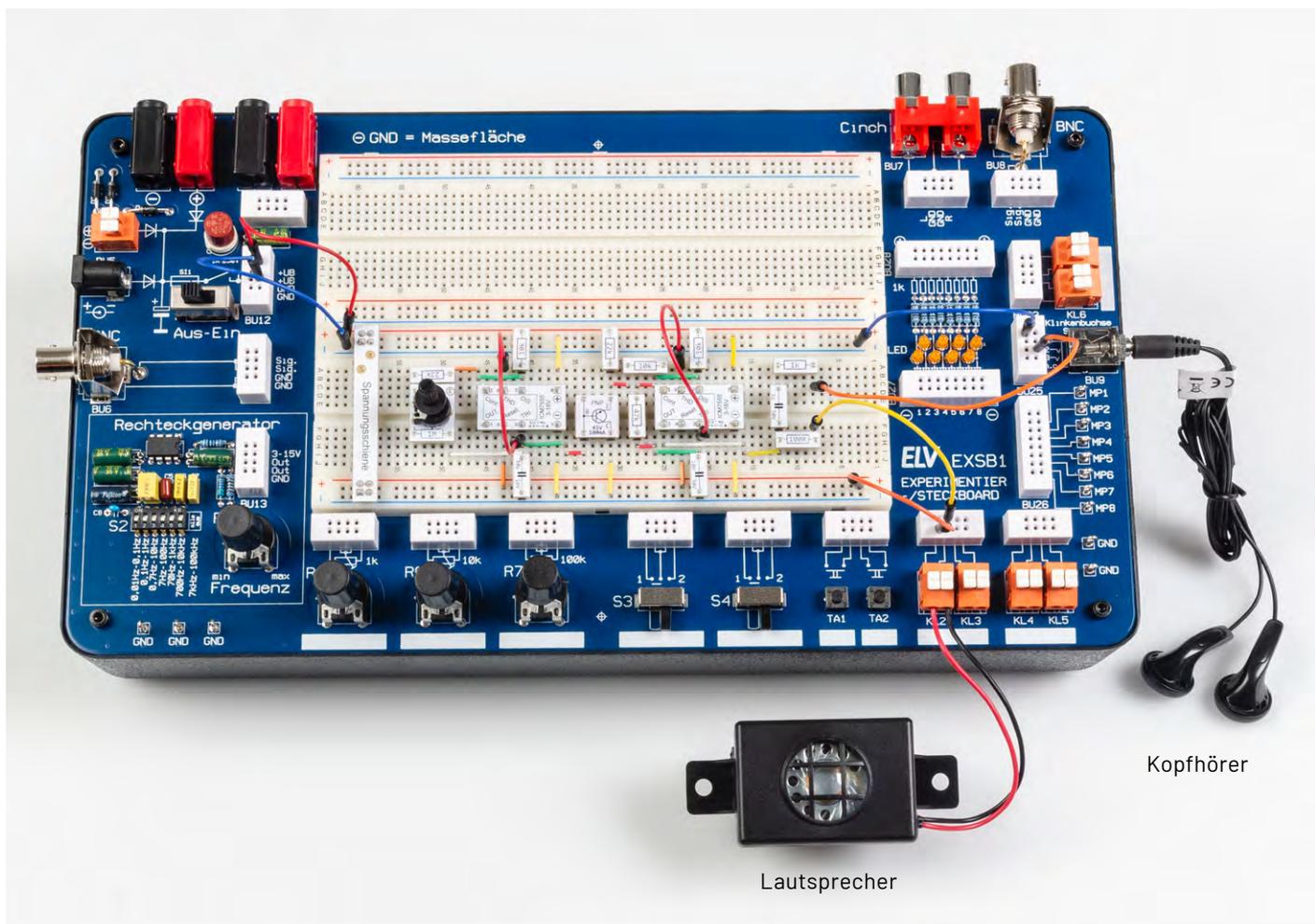
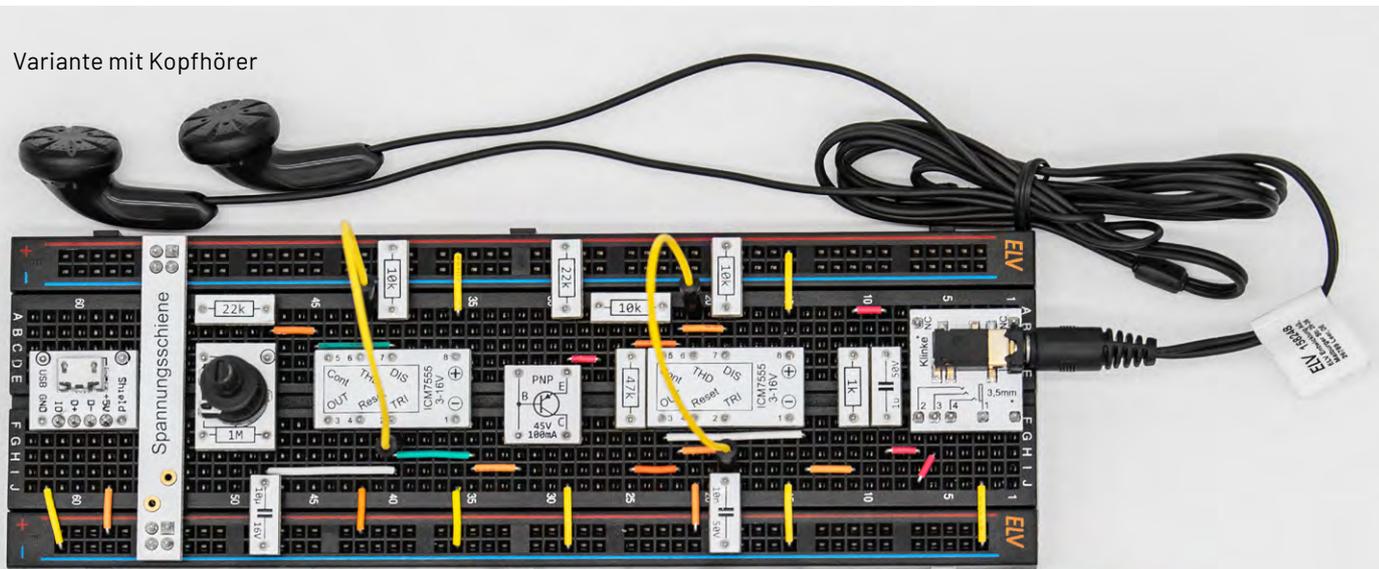


Bild 6: Aufbau der Sirenschaltung auf einem EXSB1 mit Lautsprecher und Kopfhörer

Variante mit Kopfhörer



Variante mit Lautsprecher

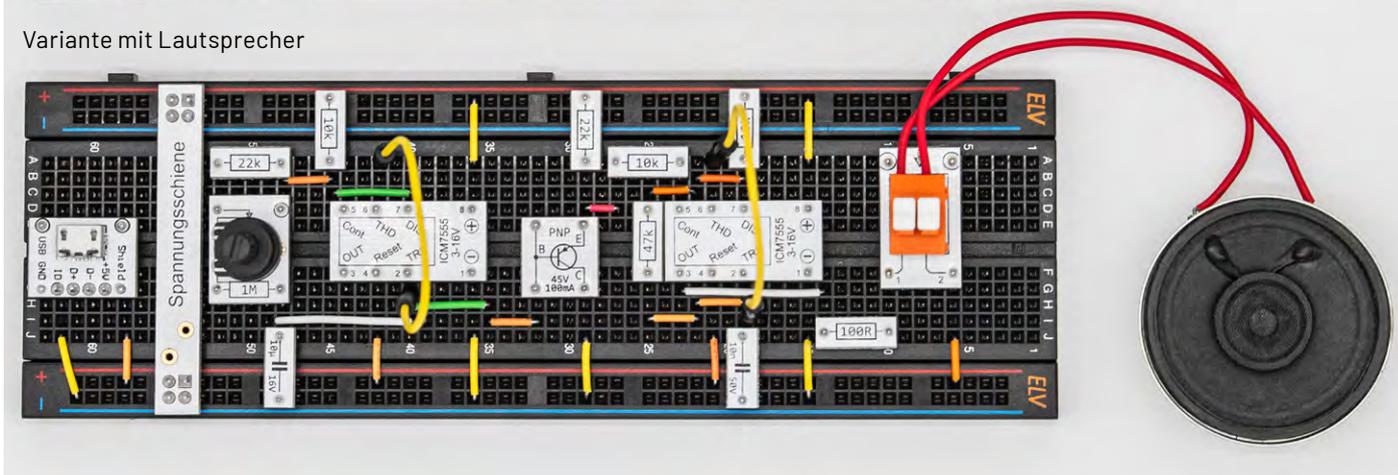


Bild 7: Beide Varianten der Sirenschaltung auf einem klassischen Steckboard mit Lautsprecher und Kopfhörer

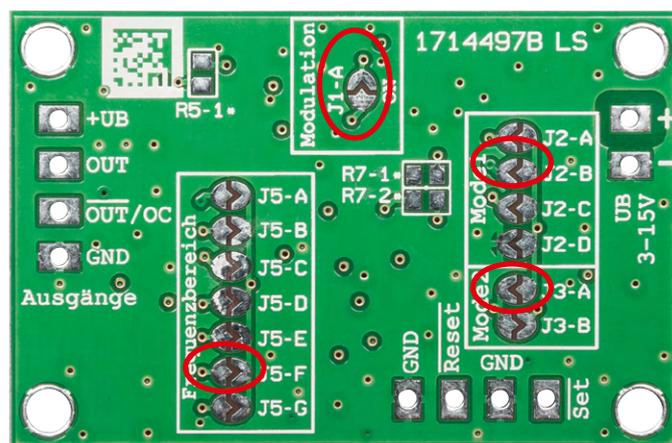
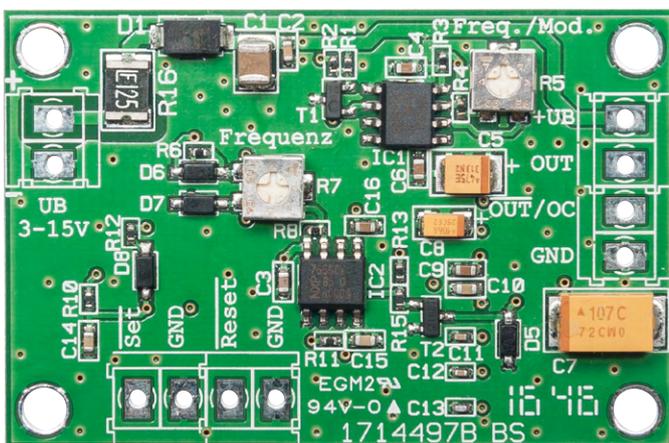
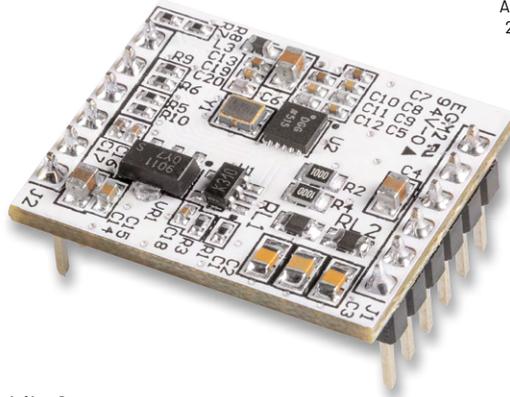


Bild 8: Anwendungsschaltung NE555-AWS

ELV Bausatz DDS-Breakout-Board DDS-B0B1

ELV


Anwendungsbeispiel


 Abm. (B x H x T):
 26 x 20 x 12 mm
 Gewicht: 3 g

EXKLUSIV
BAUSATZ
15,95 €

Artikel-Nr. 157872

Zum Produkt

- Signalgenerator auf Basis des AD9837, hochstabile Quarzsteuerung
- Universelle Steuerung durch SPI-Schnittstelle, z. B. Arduino und AD98xx-Bibliotheken
- Ausgabe von Sinus-, Rechteck- und Dreiecksignalen
- Frequenzbereich 15,25 MHz bis 1 MHz, einstellbar in 15,25-mHz-Schritten
- 3 Signalausgänge: Direkt-Signalausgang und zwei verstärkte Signalausgänge (DC-Out und AC-Out)

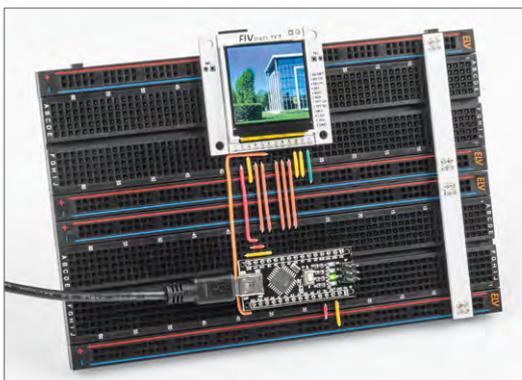
Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	DDS-B0B1
Versorgungsspannung:	4,5-12 VDC
Stromaufnahme:	min. 15 mA, peak max. 45 mA @ 5 VDC
Signalform:	Sinus, Dreieck, Rechteck
Taktgeber:	4,096 MHz Quarzoszillator

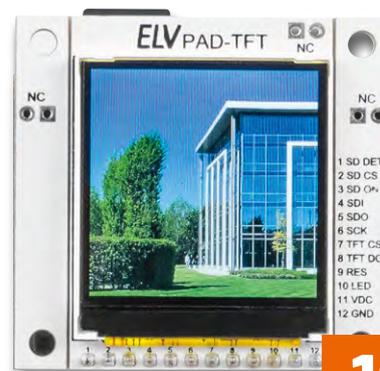
Anwendungsbeispiele:

- Test von Audio-/Filterschaltungen
- Generierung von sehr stabilen und fein einstellbaren Taktsignalen
- Erzeugung von Modulationssignalen

Prototypenadapter-TFT-Display PAD-TFT für das Breadboard

ELV


Anwendungsbeispiel


 Abm. (B x H x T):
 44 x 46 x 12 mm,
 Gewicht: 13 g

EXKLUSIV
BAUSATZ
19,95 €

Artikel-Nr. 157808

- 3,9-cm-TFT-Farbdisplay (1,54") mit 240 x 240 Pixeln
- microSD-Karten-Slot als Massenspeicher (SD-Karte nicht inkl.)
- Im Prototypenadapterformat zum Einsatz auf dem Breadboard, Montage über Schraublöcher oder auf Lochraster
- 3,3-5 V kompatibel, mittels Pegelwandler für viele µC-Boards
- Abbrechbare Seiten für kompaktere Bauweise

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	PAD-TFT
Versorgungsspannung:	3,3-5,5 VDC
Stromaufnahme:	100 mA max.
Schnittstellenpegel:	3,3-5 V per Pegelwandler
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C

Anwendungsbeispiele - PAD-TFT

- Bilder in einer Diashow wiedergeben
- Messdaten grafisch darstellen und speichern
- Kleines Infodisplay für einfache Projekte



Experimente mit der Fotodiode BPW34

Anwendungsschaltungen mit dem Prototypenadapter-Professional-Experimentierset PAD-PRO-EXSB

Teil 9

In diesem Teil unserer Serie zum PAD-PRO-EXSB beschäftigen wir uns mit der lichtempfindlichen Fotodiode, die im Set des PAD-PRO-EXSB enthalten ist. Anhand von Beispielschaltungen (Dämmerungsschalter und IR-Tester) erklären wir den praktischen Einsatz dieser Fotodiode.

Licht – sichtbar oder unsichtbar

Um Licht detektieren zu können, ist ein optischer Sensor erforderlich. Hier wird zwischen lichtempfindlichen Widerständen, kurz LDR genannt (Light Dependent Resistor), und den Fotodioden und Fototransistoren unterschieden. Die LDRs (Bild 1) waren früher sehr verbreitet, da ihre elektrischen Eigenschaften denen eines ohmschen Widerstands gleichen. Je mehr Licht auf den Sensor fällt, desto kleiner wird sein Widerstandwert. Die Handhabung von LDRs ist somit recht einfach und bedarf keiner komplizierten Elektronik. Da diese LDRs jedoch giftige und gefährliche Substanzen wie Cadmium und Blei enthalten, entsprechen sie nicht den europäischen

RoHS-Richtlinien. Aus diesem Grund werden heutzutage fast nur noch moderne Fotodioden bzw. Fototransistoren eingesetzt. In unseren Beispielschaltungen verwenden wir die Fotodiode BPW34. Im Folgenden zeigen wir, wie mit wenig Elektronik ein Infrarot-Detektor (IR-Tester) oder ein Dämmerungsschalter realisiert werden kann. Da die Fotodiode auch nicht sichtbares Licht im Infrarotbereich detektieren kann, lässt sich damit ein einfacher Tester für handelsübliche Fernbedienungen auf Infrarotbasis aufbauen.

Als Plattform zum Aufbau der Schaltungen dient das Bauteileset [PAD-PRO-EXSB](#) und ein Experimentierboard wie z. B. das [ELV-EXSB1](#), das [EXSB-Mini](#) (Fertigerät oder Bausatz) oder ein gewöhnliches [Steckboard](#).



Bild 1: LDR-Fotowiderstand



Bild 2: Der Helligkeits-/Lichtsensor BPW34S

Die Schaltung kann auch mit handelsüblichen Bauteilen auf Steckboards oder Lochrasterplatten nachgebaut werden. Vorzugsweise sollten jedoch eher Steckboards verwendet werden, da es sich um eine Experimentierschaltung und nicht um eine praxisorientierte Schaltung handelt.

Fotodiode BPW34

Der hier verwendete Lichtsensor BPW34S (Bild 2) ist eine Fotodiode und besteht aus einem lichtempfindlichen Halbleiter. Dieser verhält sich, elektrisch betrachtet, annähernd wie eine normale Diode. Normalerweise wird diese Diode in Sperrrichtung betrieben. Trifft Licht auf den freiliegenden PN-Übergang (Sensorfläche) des Halbleiters, wird ein elektrischer Strom in Sperrrichtung erzeugt. Diese lichtempfindlichen Halbleiter reagieren nicht nur auf sichtbares Licht, sondern auch auf Licht im Infrarotbereich. Somit kann der Sensor z. B. für einen Dämmerungsschalter oder als IR-Detektor für einen Fernbedienungstester eingesetzt werden.

Bild 3 zeigt die Kennlinie in Bezug zur Wellenlänge des Lichts, und Tabelle 1 zeigt die wichtigsten technischen Daten.

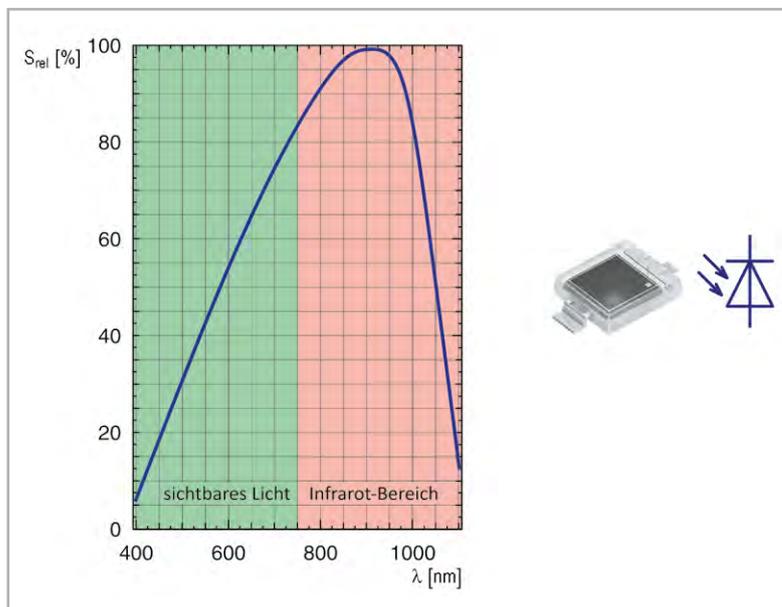


Bild 3: Kennlinie des BPW34S

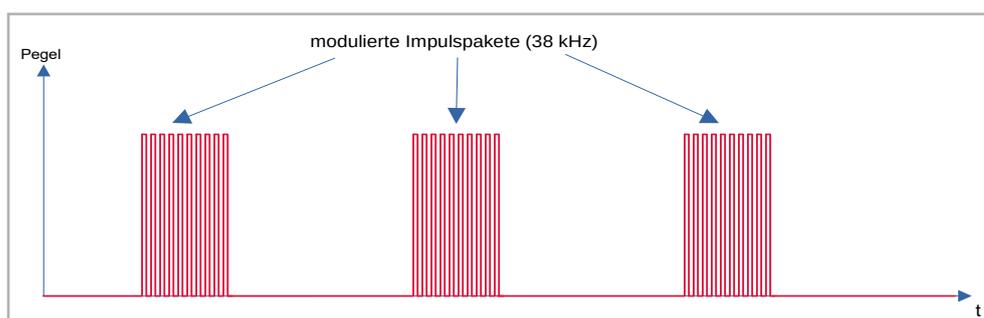


Bild 4: So sehen die Impulspakete eines IR-Sendesignals aus.

Tabella 1

CM-SB-01

Typ:	BPW34S(SMD)
Lichtspektrum:	430-1100 nm
Durchbruchspannung:	60 V
Erfassungswinkel:	± 60°
Fotostrom:	> 55 μA

Schaltung des IR-Testers

Herkömmliche Fernbedienungen für z. B. Fernseher, DVD- oder Mediaplayer arbeiten in der Regel mit unsichtbarem Infrarotlicht (IR), um Fernbedienungsbefehle zu übertragen. Modernere Geräte kommunizieren eventuell bereits über eine drahtlose Funkverbindung (Bluetooth), die natürlich nicht mit einer Fotodiode detektiert werden kann. Bevor wir uns der eigentlichen Schaltung zuwenden, schauen wir uns kurz an, welcher Struktur ein IR-Signal von Fernbedienungen folgt. Der IR-Sender (Fernbedienung) sendet kein kontinuierliches Signal, sondern periodisch wiederkehrende Impulspakete. Die Sendediode der Fernbedienung wird mit einer kodierten Impulsfolge im Frequenzbereich von ca. 38 kHz moduliert (siehe Bild 4). In diesen Impulspaketen steckt die eigentliche zu übertragende Information, auf die wir hier im Folgenden eingehen.

Die doch recht übersichtliche Schaltung unseres IR-Testers ist als Schaltbild in Bild 5 dargestellt. Da die Fotodiode nur einen sehr kleinen Fotostrom generiert, muss dieser Strom verstärkt werden. Dies geschieht mit einem speziellen Strom-Spannungswandler, auch Transimpedanzverstärker genannt. Die Funktionsweise dieser Verstärkerstufe wollen wir uns nun etwas genauer anschauen. Hierzu ist in Bild 6 die Grundschiung des Transimpedanzverstärkers noch einmal separat dargestellt.

In unserer Grundschiung liegt der nichtinvertierende Anschluss (+) auf Masse. Durch die Rückkopplung mit einem Widerstand (R) vom Ausgang

auf den invertierenden Eingang(-) versucht der Operationsverstärker, den Pegel am invertierenden Eingang(-) auszugleichen, so dass hier ebenfalls ein Potential von 0 V (Massepotential) anliegt. Der invertierende Eingang(-) des Operationsverstärkers hat durch die Rückkopplung immer Massepotential und kann auch als virtuelle Masse bezeichnet werden.

Für die Fotodiode stellt dieser Eingang einen virtuellen Kurzschluss dar. Bei Belichtung der Fotodiode fließt ein, wenn auch sehr kleiner, Kurzschlussstrom I_D (Sperrstrom). Da bekannt ist, dass dieser Strom nicht in den bzw. aus dem Eingang des Operationsverstärkers fließen kann, muss dieser Strom zwangsläufig über den Widerstand(R) fließen. Der Operationsverstärker regelt den Ausgang so weit nach, bis der Strom durch R gleich dem Fotodiodenstrom I_D ist. Nach dem ohmschen Gesetz ergibt sich für die Ausgangsspannung folgende Formel:

$$U_A = -I_D \times R$$

Da der invertierende Eingang(-)Massepotential hat, entspricht die Spannung über dem Widerstand R der Ausgangsspannung U_A . Aus der Formel ergibt sich: Je größer der Rückkopplungswiderstand R ist, desto größer ist auch die Ausgangsspannung U_A . Aus einem sehr kleinen Eingangsstrom ergibt sich bei entsprechender Dimensionierung des Rückkopplungswiderstands eine relativ große Ausgangsspannung. In unserer Schaltung ist parallel zum Rückkopplungswiderstand R1 noch ein Kondensator C1 geschaltet, der dem Operationsverstärker ein Tiefpassverhalten verleiht. Dadurch werden unerwünschte höhere Frequenzen unterdrückt.

Wird eine Fernbedienung in geringem Abstand zur Fotodiode gehalten (Bild 7), erzeugt dies am Ausgang des Verstärkers U1A ein Rechtecksignal, dessen Verlauf dem in Bild 4 entspricht. Dieses Signal muss nun zur Anzeige gebracht werden. Dies geschieht mithilfe eines Komparators, der mit U1B aufgebaut ist.

Da wir ausschließlich das Wechselspannungssignal des Fernbedienungs-codes und nicht das Gleichspannungssignal auswerten wollen, das durch schwankende Umgebungshelligkeit entsteht, kommt eine automatische Arbeitspunkteinstellung zum Einsatz. Der Arbeitspunkt, also die Schaltschwelle, wird am nichtinvertierenden Eingang(+) von U1B eingestellt. Da das Ausgangssignal der ersten Verstärkerstufe eine Mischung aus Gleich- und Wechselspannung ist, nutzen wir den Gleichspannungsanteil als Referenz für unsere Schaltschwelle. Mit dem Widerstand R2 und dem Kondensator C2, der als Tiefpass arbeitet, wird die Wechselspannung unterdrückt und nur der Gleichspannungsanteil

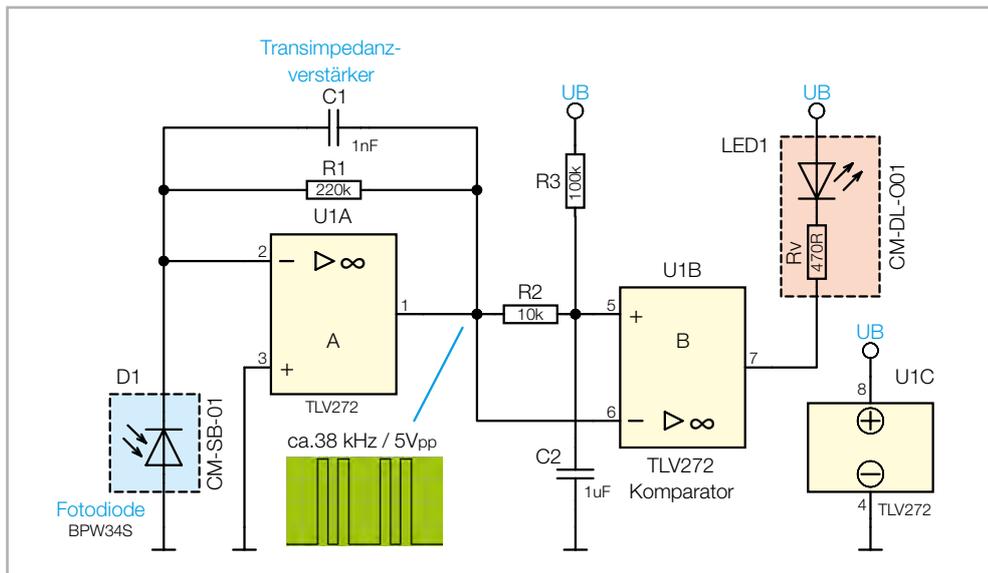


Bild 5: Schaltbild des IR-Testers

durchgelassen. Der Widerstand R3 hebt diesen Pegel noch geringfügig an, um eine sichere Schaltschwelle zu definieren. Der Gleichspannungspegel an diesem Eingang des Komparators entspricht dem Mittelwert der zugeführten Mischspannung.

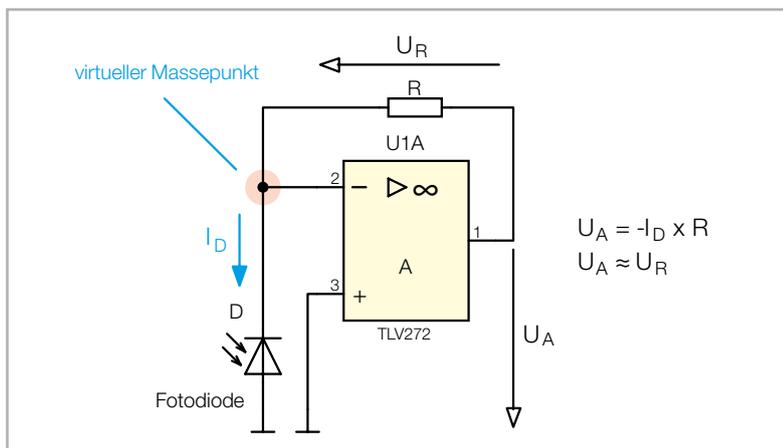


Bild 6: Funktionsprinzip des Transimpedanzverstärkers



Bild 7: Der Abstand zwischen der zu testenden Fernbedienung und der Fotodiode sollte weniger als 10 cm betragen.

Zusätzlich wird das Ausgangssignal des Verstärkers unbeeinflusst auf den invertierenden Eingang (-) des Komparators gegeben. Wird ein Signal von einer Fernbedienung empfangen, geschieht am Komparator Folgendes: Die Impulspakete generieren über den Tiefpass R2 und C2 eine Schaltschwelle am Eingang (+). Aufgrund der Trägheit des Tiefpasses kann die Spannung den Impulsen nicht schnell genug folgen. Am invertierenden Eingang liegen die Impulspakete unbeeinflusst an. Da die Impulsspannung nun über dem Potential der Schaltschwelle liegt, schaltet der Komparator, sodass der Ausgang auf Low-Pegel wechselt. Dadurch leuchtet die angeschlossene LED auf. Da diese Impulspakete nicht kontinuierlich, sondern gepulst gesendet werden, flackert die LED im Takt dieser Impulspakete. Im Abschnitt „Aufbau der Beispielschaltungen“ zeigen wir verschiedene Varianten für den Aufbau der Schaltung auf einem Steck- bzw. Experimentierboard.

Schaltung des Dämmerungsschalters

Als zweites Schaltungsbeispiel zeigen wir das Funktionsprinzip eines Dämmerungsschalters. Wie im Schaltbild (Bild 8) zu erkennen ist, wird auch hier die Fotodiode verwendet. Zur Verstärkung und Auswertung wird jedoch nicht wie beim IR-Tester ein Transimpedanzverstärker, sondern ein Komparator verwendet. Je nach Lichteinfall auf die Fotodiode ändert sich der Sperrstrom durch die Diode. Im Prinzip ähnelt das Verhalten der Fotodiode dadurch einem Widerstand.

Wenn nun die Fotodiode mit einem Widerstand (R1) in Reihe geschaltet wird, entsteht ein Spannungswandler, dessen Spannung sich am Knotenpunkt in Abhängigkeit von der Helligkeit ändert. Diese Spannung gelangt auf den invertierenden Eingang (-) von U1A. Der zweite Eingang des Komparators (+) ist mit dem Potentiometer P1 verbunden, das zur Einstellung der Schaltschwelle eingesetzt wird.

Nimmt die Umgebungshelligkeit ab, verringert sich der Sperrstrom durch die Fotodiode. Dadurch sinkt die Spannung an R1. Fällt die Spannung an R1 und damit auch am Eingang (-) des Komparators U1A unter die eingestellte Schaltschwelle, schaltet der Ausgang auf High-Pegel (ca. Potential UB). Durch Einsatz des Rückkopplungswiderstands R2 wird eine Hysterese erzeugt. Was genau eine Hysterese ist und welche Auswirkungen sie auf das Schaltverhalten eines Komparators hat, wird im [Teil 7](#) unserer Serie detailliert erklärt.

Der Ausgang des Komparators steuert ein Relaismodul CM-PB-4101 an. Auf diesem Modul sind, wie in [Bild 9](#) erkennbar, bereits alle notwendigen Bauteile vorhanden – zur Ansteuerung muss lediglich eine Spannung an den Eingang IN angelegt werden. Der Eingangsspannungsbereich liegt zwischen 1,5 und 5 Vdc. Die Schaltkontakte sind mit COM, also dem Mittelanschluss des Schalters, und NO/NC bezeichnet. NO bedeutet „normally open“, also im Normalfall offen (Ruhekontakt). NC hingegen steht für „normally closed“, also im Ruhezustand geschlossen. In unserer Beispielschaltung schalten wir mit diesen Kontakten die LED 1, die bei Spannungsansteuerung des Relaismodus aufleuchtet. Die LED dient hierbei als Ersatz für eine am Relais angeschlossene Last.

Wichtiger Hinweis!

Die Relaiskontakte weisen eine maximale Schaltleistung von 30 Vdc und 1 A auf. Zudem muss es sich bei der Lastspannung um eine Schutz-Kleinspannung handeln!

Auch für diese Beispielschaltung gibt es im Abschnitt „Aufbau der Beispielschaltungen“ verschiedene Varianten für den Schaltungsaufbau auf einem Steckboard bzw. Experimentierboard.

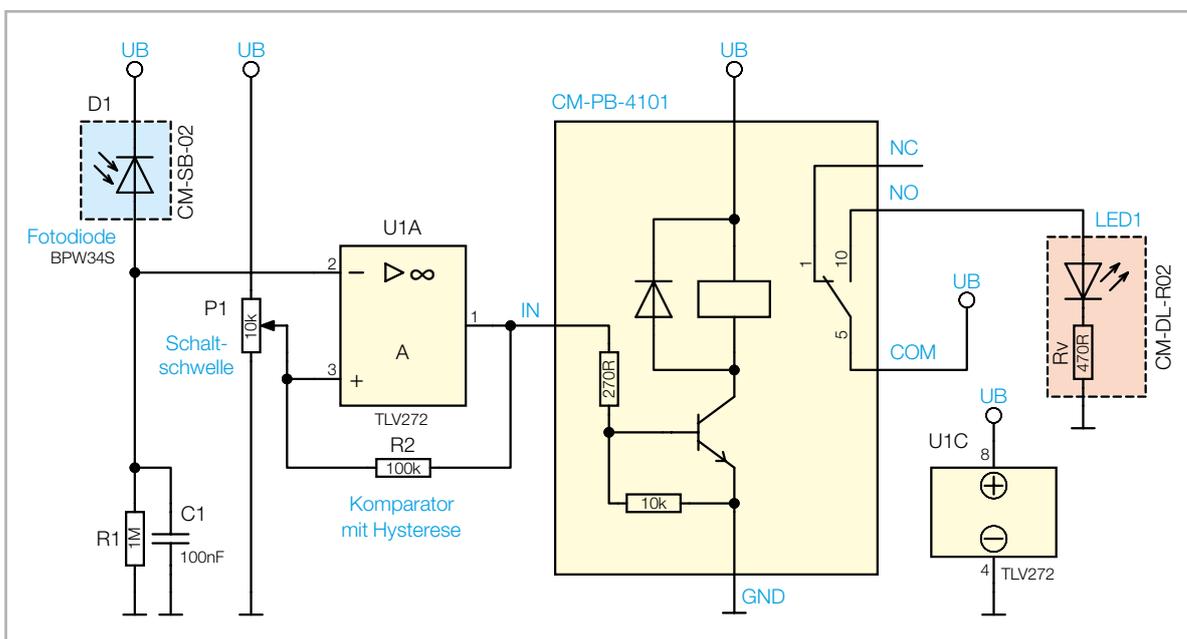


Bild 8: Schaltbild des Dämmerungsschalters

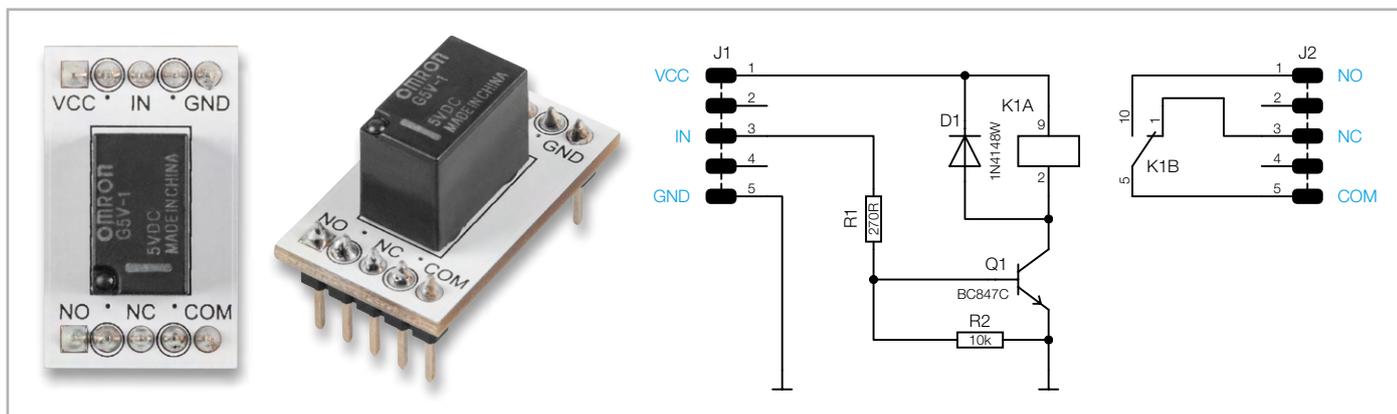


Bild 9: Foto und Anschlussschema der Relais-Platine CM-PB-4101

Aufbau der Beispielschaltungen

Für unsere Beispielschaltung setzen wir das Experimentierset PAD-PRO-EXSB ein, das bereits alle notwendigen Bauteile enthält. Zusätzlich wird noch eine Aufbauplattform benötigt wie die Experimentierplattformen EXSB1, das EXSB-Mini oder ein „normales“ Steckboard. Die Kontakte der Steckboards sind in der Regel nummeriert: Spalten von links nach rechts mit den Ziffern 1 bis 63 und Reihen mit den Buchstaben A bis F. Dies kann jedoch je nach Hersteller des Steckboards geringfügig variieren. Anhand der Nummerierung lässt sich die Position der Bauteile und Brücken in den Bildern abzählen und auf die eigene Schaltung übertragen.

Wichtig: Das Steckboard muss so platziert werden, dass sich Pin 1 auf der rechten Seite befindet. Wird die Platine andersherum gedreht, stimmen die Positionen nicht mehr mit den Bildern überein.

Die elektrischen Verbindungen werden mit starren und flexiblen Steckbrücken hergestellt. Diese sind im Experimentierset enthalten.

Versorgungsspannung

Die Versorgungsspannung für die beiden Schaltungen sollte 5 V betragen, der IR-Tester kann jedoch auch mit einer höheren Spannung bis zu 9 V betrieben werden. Beim Dämmerungsschalter ist das spannungsbegrenzende Bauteil das Relaismodul, das für eine Betriebsspannung von maximal 5 V ausgelegt ist. Doch auch hier ist eine Spannung von max. 9 V noch tolerierbar, allerdings mit dem Nachteil einer erhöhten Stromaufnahme.

Für das universelle Steckboard stehen verschiedene Möglichkeiten der Spannungsversorgung zur Verfügung, wie in Bild 10 dargestellt. Über eine USB-Buchse kann ein normales Steckernetzteil oder ein Ladegerät mit Micro-USB-Stecker als Spannungsquelle eingesetzt werden. Die Variante mit Klemmleiste eignet sich zum Anschluss einer externen Spannungsversorgung wie z. B. einem Netzteil oder einer Batterie. Hierbei ist unbedingt auf die korrekte Polung zu achten. Eine sehr komfortable Lösung bietet auch das ELV Powermodul PM-SB1, das mit zwei Batterien ausgestattet ist und somit autark arbeitet.

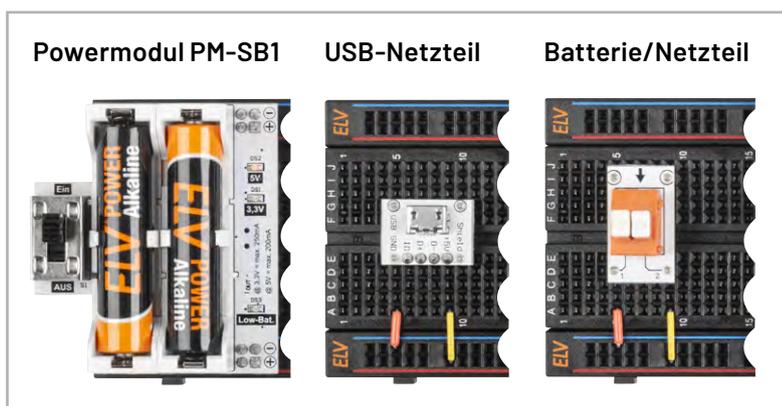


Bild 10: Unterschiedliche Varianten der Spannungsversorgung; mittels Powermodul PM-SB1, per 5-V-USB-Steckernetzteil oder einer Klemmleiste zum Anschluss an ein Labornetzteil oder eine Batterie

Aufbau IR-Tester

Für den Aufbau der Beispielschaltung „IR-Tester“ gibt es Aufbauvorschlüsse für alle drei Varianten: Steckboard (Bild 11), EXSB1 (Bild 12) und EXSB-Mini (Bild 13). Der Verdrahtungsplan für den IR-Tester ist in Bild 17 dargestellt.

Aufbau Dämmerungsschalter

Die Aufbauvorschlüsse für den Dämmerungsschalter sind in Bild 14 bis Bild 16 dargestellt. Der Verdrahtungsplan für den Dämmerungsschalter ist in Bild 18 zu sehen.

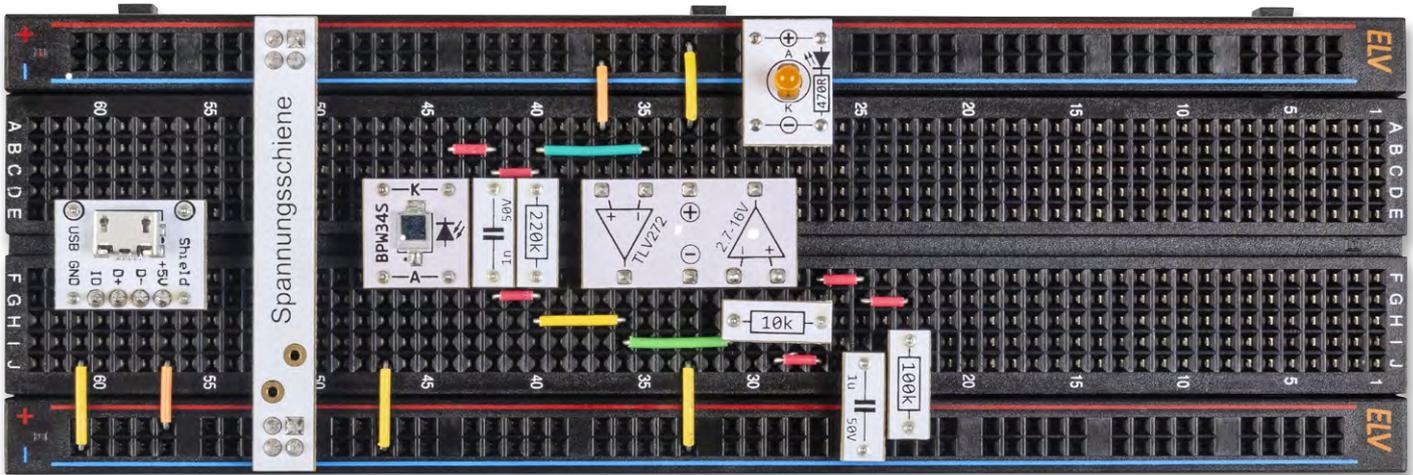


Bild 11: Aufbau des IR-Testers auf einem Steckboard

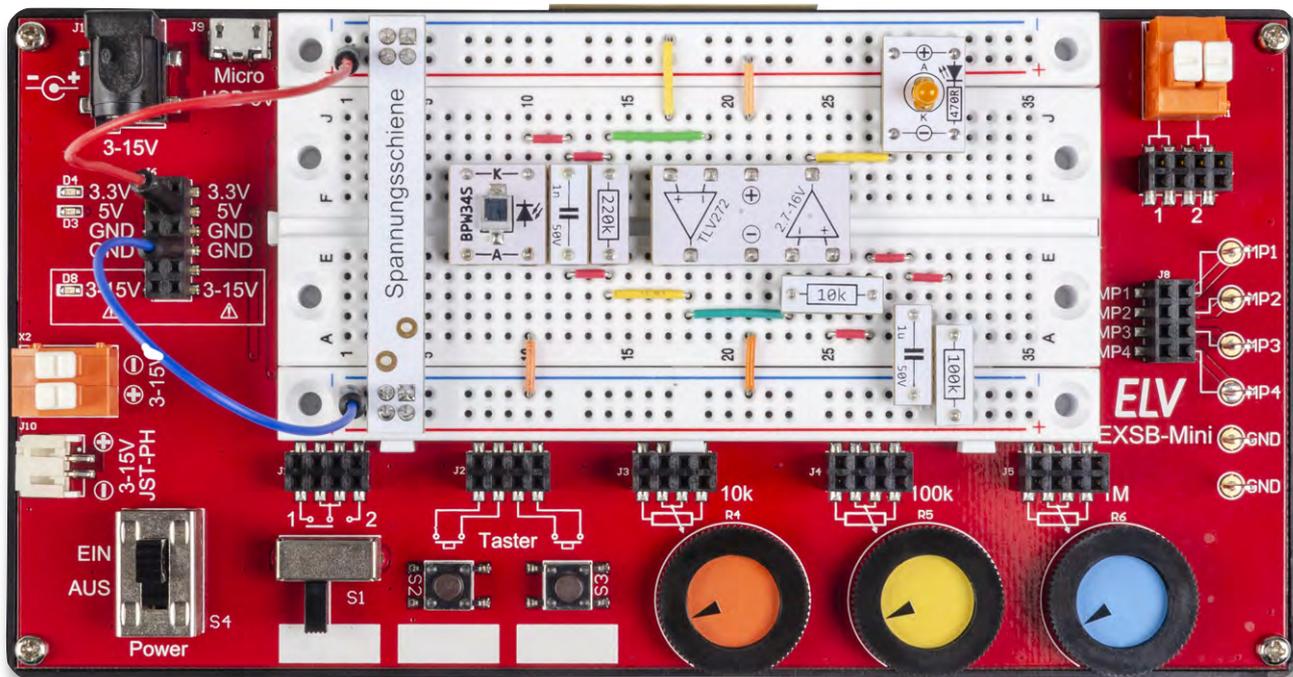


Bild 12: Aufbau des IR-Testers auf dem EXSB-Mini

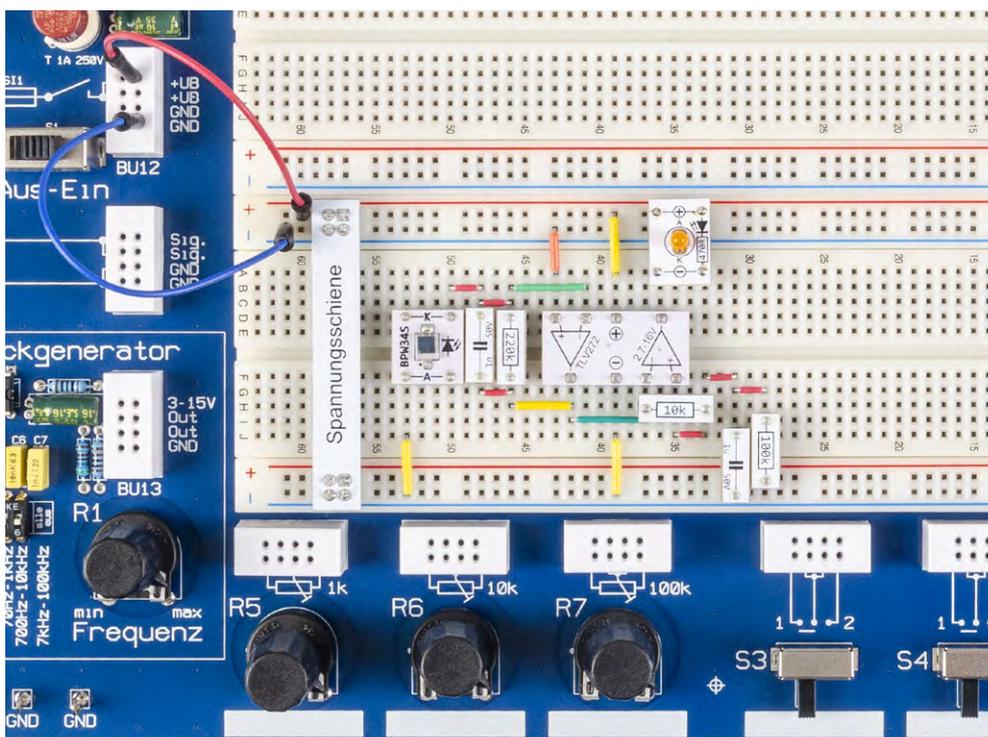


Bild 13: Aufbau des IR-Testers auf dem EXSB1

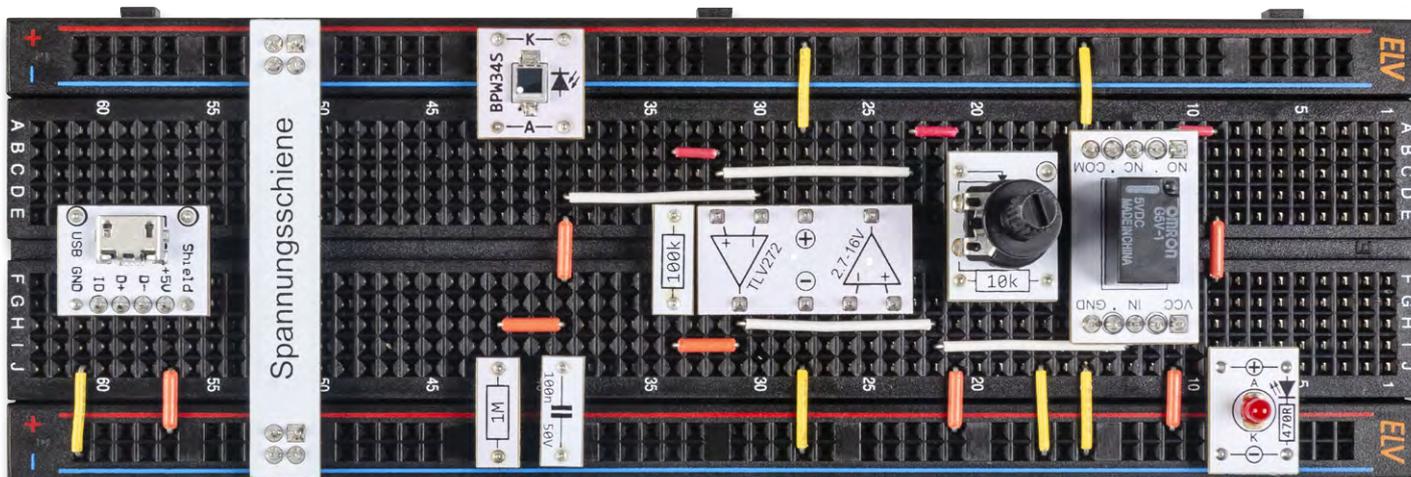


Bild 14: Aufbau des Dämmerungsschalters auf einem Steckboard

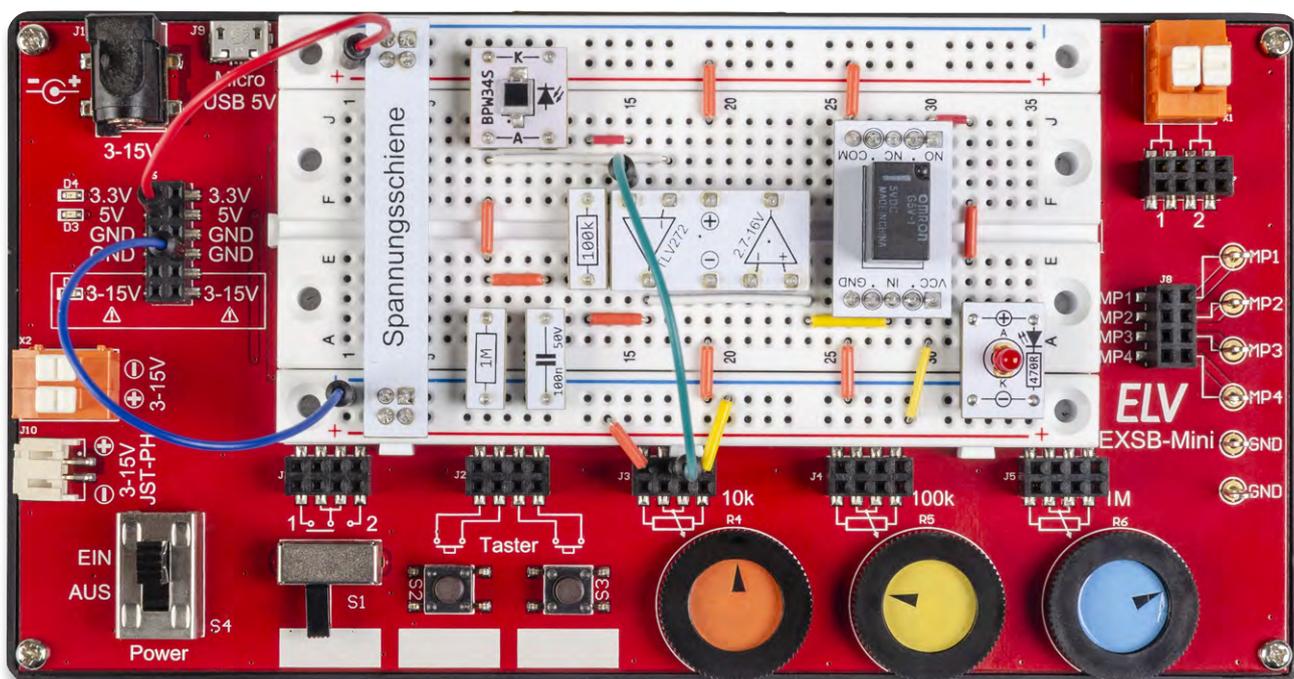


Bild 15: Aufbau des Dämmerungsschalters auf dem EXSB-Mini

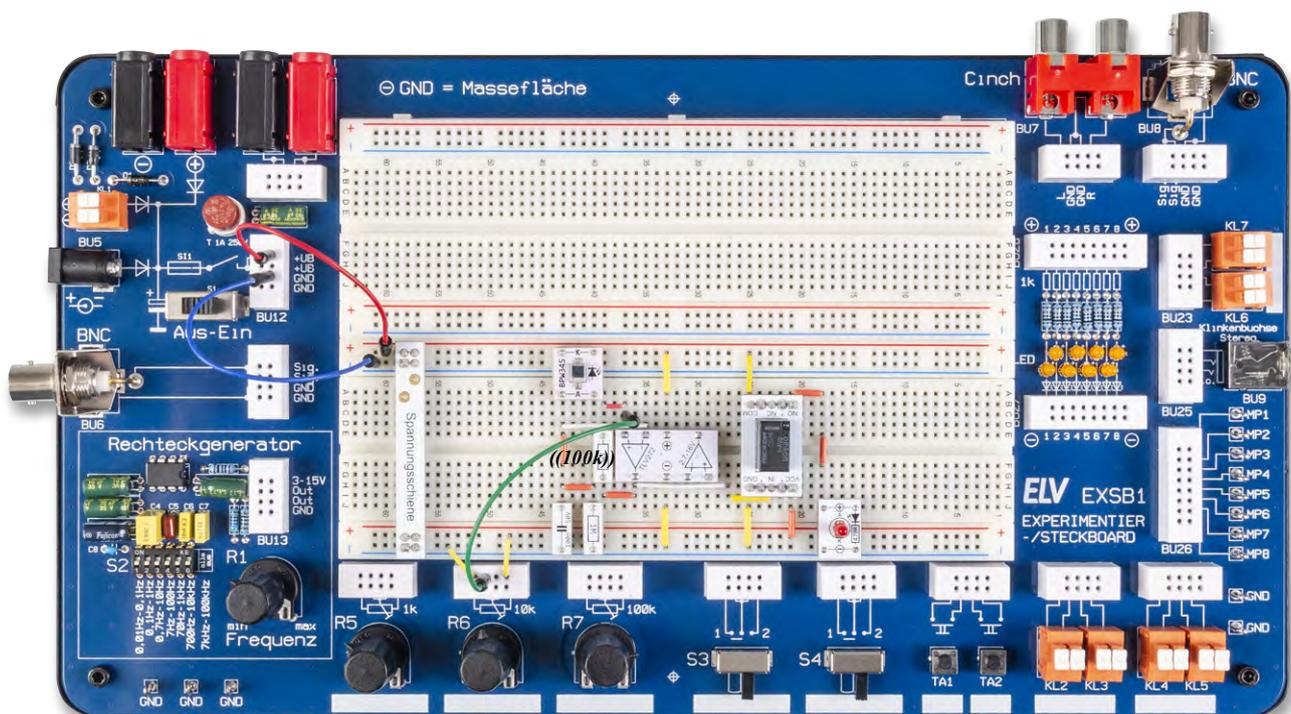


Bild 16: Aufbau des Dämmerungsschalters auf dem EXSB1

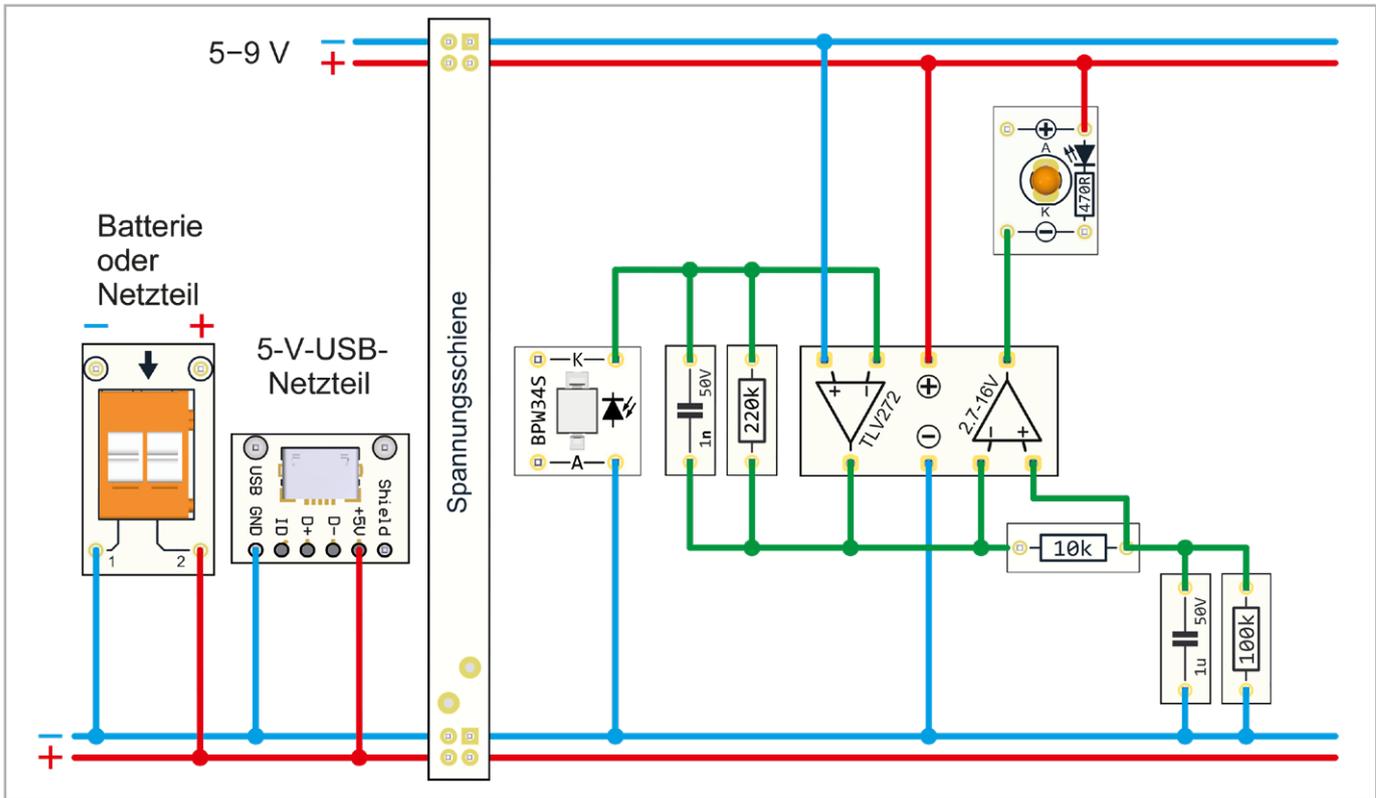


Bild 17: Verdrahtungsplan für den IR-Tester

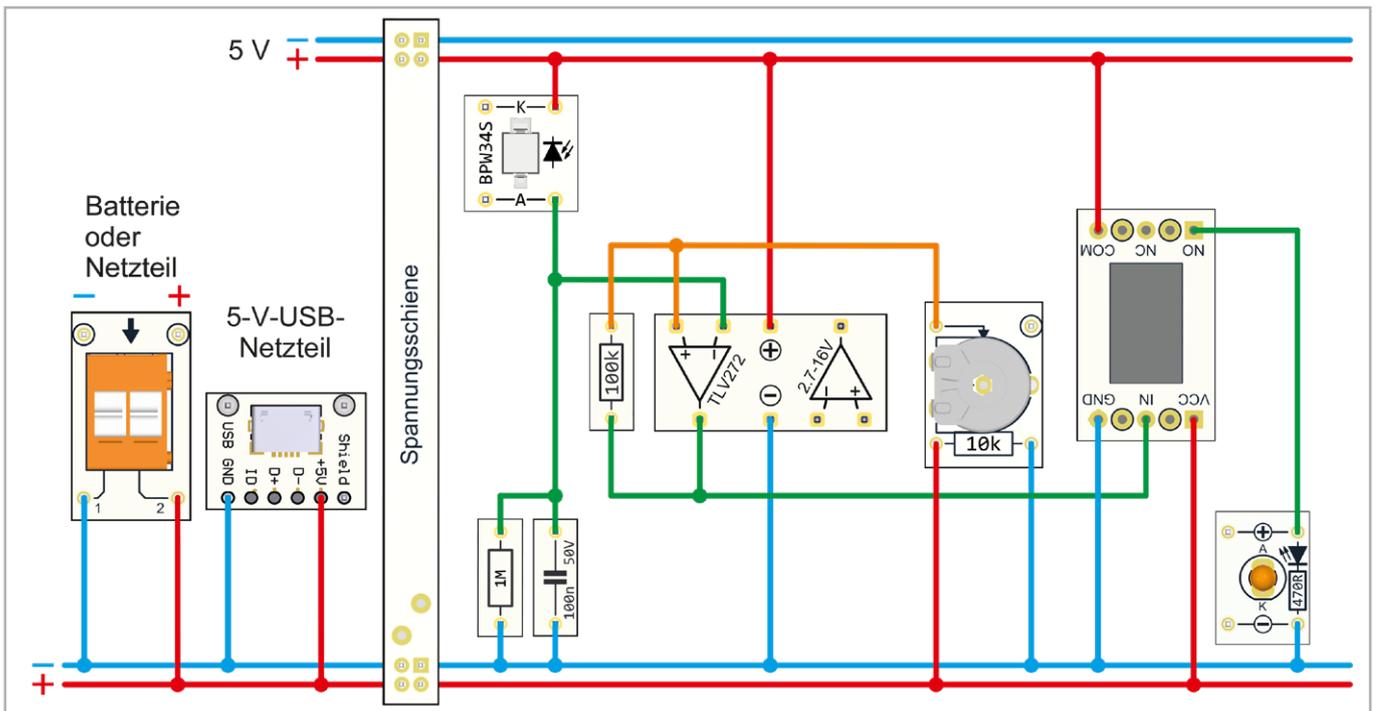
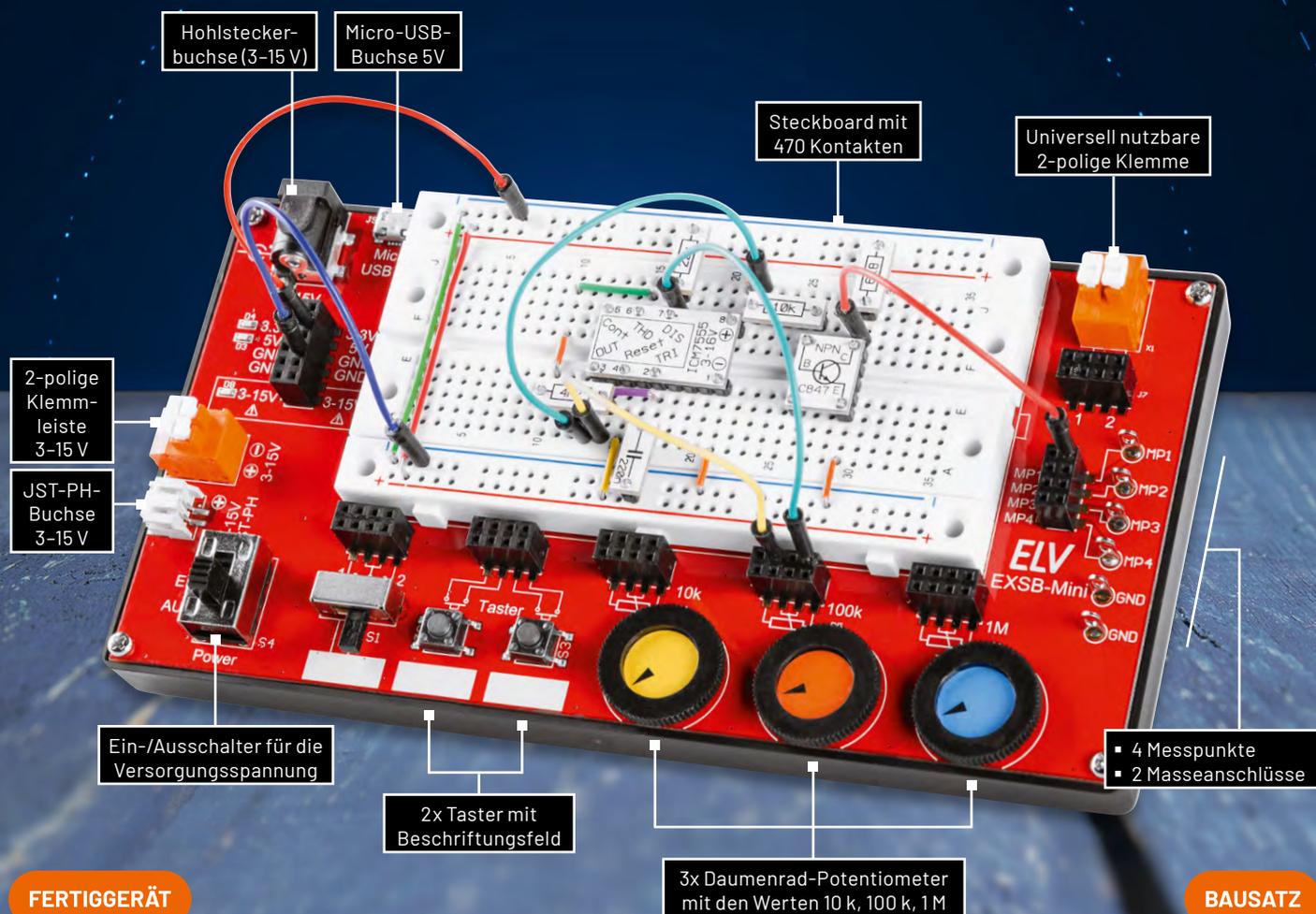


Bild 18: Verdrahtungsplan für den Dämmerungsschalter

Passt in jede Tasche



FERTIGGERÄT

49,95 €

Artikel-Nr. 155627

Zum Produkt

Abm. (B x H x T): 168 x 88 x 26 mm

Anwendungsbeispiel - Lieferung ohne Zubehör

BAUSATZ

39,95 €

Artikel-Nr. 155555

Zum Produkt

Elektronik verstehen leicht gemacht

Mini-Experimentierboard EXSB-Mini

ELV

- Mit vier verschiedenen Spannungseingängen wie Micro-USB-Eingang, Hohlstecker, 2-polige Klemmleiste und JST-PH-Buchse sowie einem Ein- und Ausschalter
- Spannungsregler für die Ausgangsspannungen von 5 V und 3,3 V
- Integrierte Schutzschaltungen gegen Kurzschluss, Überlast und Verpolung - sicher gegen Bedienungsfehler
- Peripherie auf dem Experimentierboard für den einfachen Aufbau von Schaltungen

Zum Fachbeitrag



Fertig, praktisch, gut

Prototypenadapter-Sets für Profis

Aufgrund der großen Beliebtheit unserer Prototypenadapter-Serie als Bausatz zum Selbstlöten ist das PAD3 mit passiven Bauteilen (Widerständen, Kondensatoren) als Set mit fertig aufgebauten Modulen in einer praktischen und hochwertigen Sortimentsbox erhältlich. Dabei gibt es eine Box mit Widerständen – PAD-PRO-W1 (315 Adapter) und eine Box mit Kondensatoren – PAD-PRO-K1 (275 Adapter). Der Bausatz PAD3 (Bild 1) ist weiterhin erhältlich. Hier müssen allerdings die 150 Einzelplatinen für Widerstände und Kondensatoren noch mit Stiftleisten versehen und verlötet werden.

PAD-PRO-W1
Artikel-Nr.
155659
Bausatz-
beschreibung
und Preis

PAD-PRO-K1
Artikel-Nr.
155668
Bausatz-
beschreibung
und Preis

Selbstbau oder fertig aufgebaut

Nicht jeder ist bereit, die entsprechende Zeit für den Aufbau zu investieren, bzw. hat die technische Ausstattung (LötKolben) und die Erfahrung, solche Tätigkeiten auszuführen. Aus diesem Grund bieten wir nun zwei Sets mit fertig aufgebauten Modulen an, die sofort einsatzbereit sind. Die Sets sind in Widerstände und Kondensatoren unterteilt. Zudem gibt es eine Leerbox zum Sortieren und Verstauen von vorhandenen Prototypenadaptern oder als Aufbewahrungsmöglichkeit für Bauteile o. Ä. Als Sortimentsboxen kommen hochwertige Behälter mit langlebigen Verschlüssen zum Einsatz.

Einsatzgebiet

Die Prototypenadapter sind für den Einsatz auf Breadboards gedacht und ersetzen herkömmliche bedrahtete Widerstände und Kondensatoren. Im Beispiel (Bild 2) erkennt man den Unterschied zwischen konventionellen bedrahteten Bauteilen und den Pro-

totypenadaptern. Man sieht, dass sich die Bauteile der Prototypenadapter sofort identifizieren lassen. Nicht nur die Funktion, auch der Bauteilwert ist sofort erkennbar. So schafft man bei größeren Schaltungen mehr Übersicht.

Beim späteren Einsortieren der Bauteile hilft der Aufdruck des Bauteilwerts ebenso. Bei bedrahteten Widerständen ist der Widerstandswert durch Farbbringe kodiert. Um den Wert zu identifizieren, muss man die Kodierung beherrschen oder in einer Tabelle den Wert ermitteln. Das in Bild 2 dargestellte Beispiel zeigt unter anderem auch Adapter aus dem Set PAD2 (Transistoren, Dioden usw.)

PAD-PRO-W1 – Widerstände

Das Set PAD-PRO-W1 beinhaltet Widerstände und Trimmer mit unterschiedlichen Werten (Bild 3). Im Gegensatz zur Bausatzvariante (PAD3) enthält dieses Set mehr Widerstandswerte, und die Anzahl der einzelnen Module ist größer, wie man in Tabelle 1 sieht.

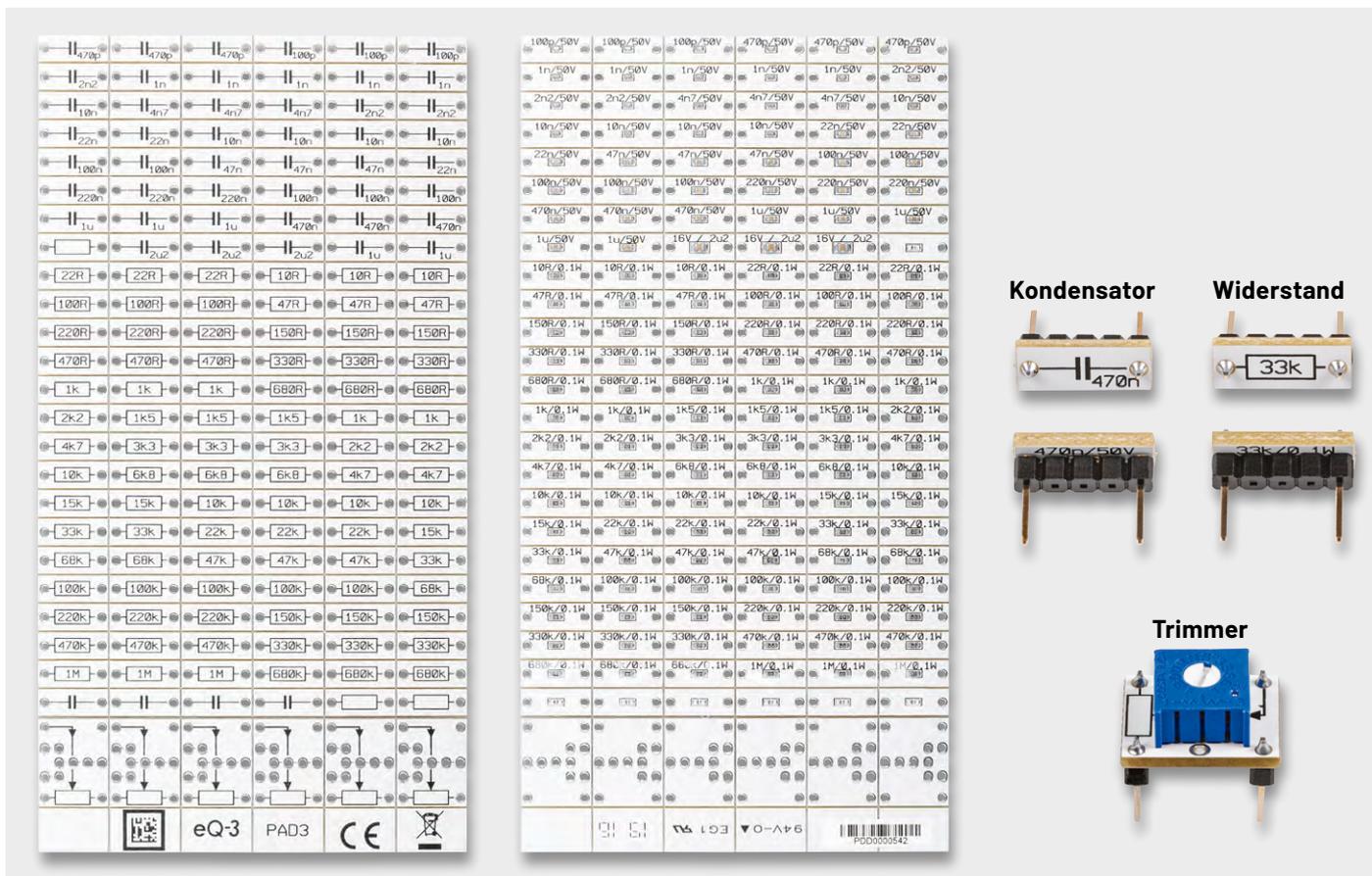


Bild 1: Der Prototypenadapter PAD3 als Bausatz (links der Nutzen, rechts oben die Platinen nach dem Bestücken der Stiftleisten und rechts unten der Trimmer)

Inhalt: PAD-PRO-W1 – Widerstände		Toleranz	Leistung	Spannung	Menge
Tabelle 1	Widerstände, Werte (Ω)	± 1 %	0,1 W	50 Vdc	jeweils 10 Stück
	10, 22, 47, 68, 100, 150, 220, 330, 470, 680, 1 k, 1,5 k, 2,2 k, 3,3 k, 4,7 k, 6,8 k, 10 k, 15 k, 22 k, 33 k, 47 k, 68 k, 100 k, 150 k, 220 k, 330 k, 470 k, 680 k, 1 M				
	Leerplatine für 0603				
	Trimmer PT10, Werte (Ω)	± 20 %	0,15 W	50 Vdc	jeweils 3 Stück mit Steckachse
	1 k, 10 k, 10 k, 1 M + Leerplatine				

Bild 2: Beispielschaltung aufgebaut mit Prototypenadaptern, links mit PAD2-/PAD3-Platinen, rechts mit konventionell bedrahteten Bauteilen

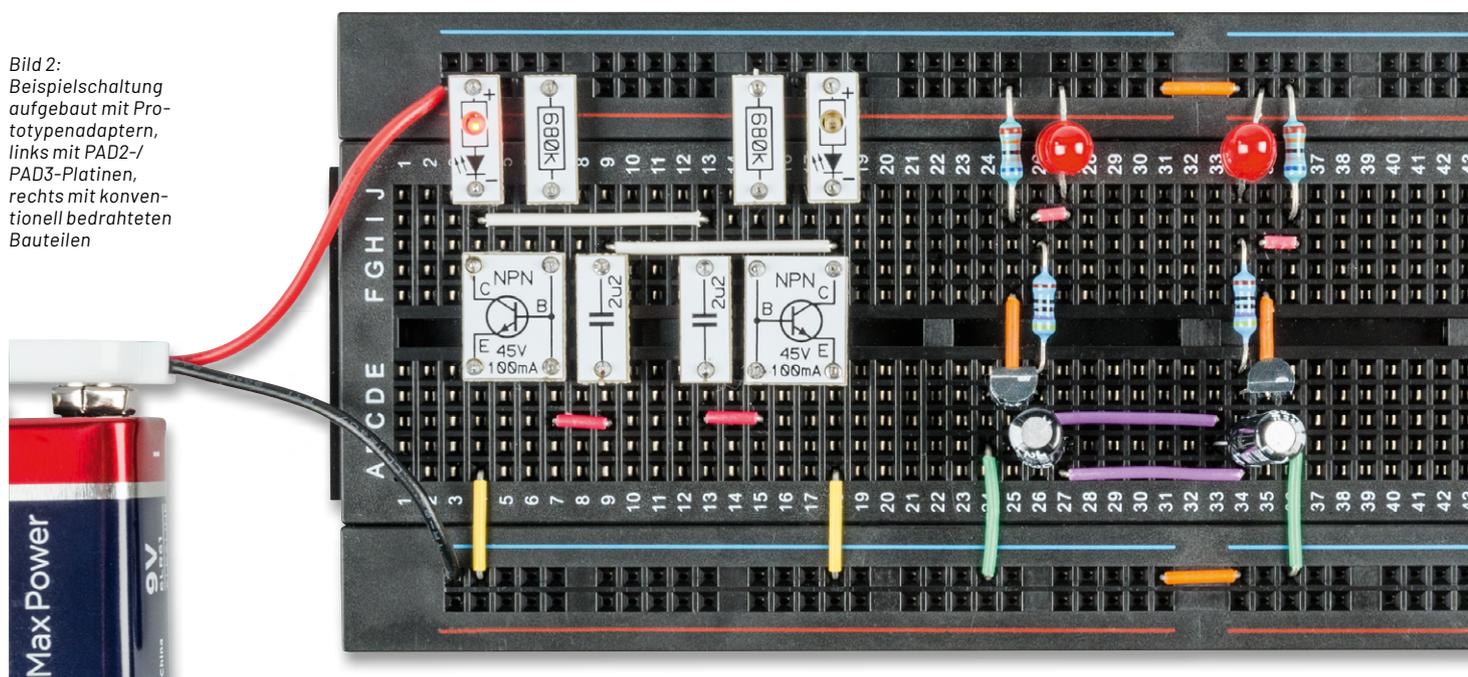




Bild 3: PAD-PRO-W1 - Widerstände

In Bild 4 sind die Bauteile in der Vergrößerung erkennbar. Neben Widerständen sind auch die gängigsten Werte für Trimmer enthalten. Wer dennoch bestimmte Widerstandswerte, die nicht in diesem Set aus bereits bestückten Prototypenadaptern enthalten sind, selber bestücken möchte, kann auf Leerplatinen zurückgreifen (Bild 4).

Für die Festwiderstände müssen Widerstände mit der Bauform 0603 verwendet werden. Neben dem eigentlichen Bauteil sind dann auch noch die Stiftleisten zu bestücken. Der Umgang mit diesen kleinen Bauteilen erfordert jedoch sehr viel Erfahrung.

Auch für Trimmer, die mit anderen Werten als den bereits vorgefertigten Adaptern versehen werden sollen, liegen Leerplatinen vor. Diese lassen sich im Gegensatz zu den Widerständen einfacher bestücken. Hier können die Bauformen PT10 (liegend und stehend) sowie die in Bild 5 dargestellten Trimmer verwendet werden. Wie man erkennt, können auch spezielle Spindeltrimmer (25 Gang) verwendet werden. Hierbei sollte beachtet werden, dass nur spezielle Bauformen verwendet werden können.

In Bild 5 sind als Referenz die Modellserien des Markenherstellers Bourns dargestellt. Natürlich gibt es solche Trimmer auch von anderen Herstellern. Die gewünschte Trimmerversion muss man sich allerdings im Handel besorgen. Langjährige Elektroniker haben solche Bauteile vermutlich in der Bastelkiste liegen.



Bild 4: Widerstände und Trimmer als Prototypenadapter und Leerplatinen zum Bestücken

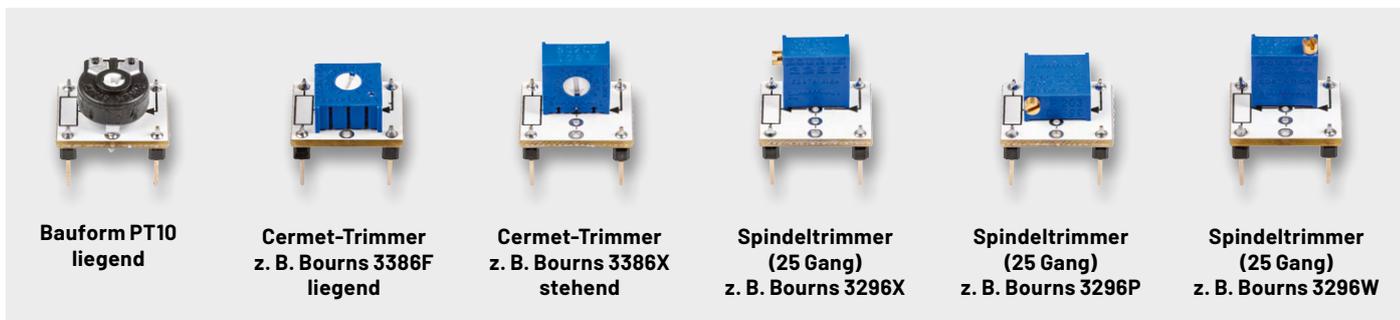


Bild 5: Unterschiedliche Varianten von Trimmern, die bestückt werden können. Die Herstellernamen sind ausgewählte Beispiele.



Bild 6: PAD-PRO-K1 Kondensatoren

PAD-PRO-K1 - Kondensatoren

Das Set PAD-PRO-K1 (Bild 6) beinhaltet keramische Kondensatoren und ELKOs (Elektrolytkondensatoren) und ist Prinzip so aufgebaut wie das Set PAD-PRO-W1. Auch hier sind im Gegensatz zur Bausatzvariante (PAD3) mehr Bauteile enthalten, wie man in Tabelle 2 sieht.

Kondensatoren bis 10 µF sind keramische Versionen, während die größeren Kondensatorwerte als ELKOs ausgeführt sind. Diese mussten, bedingt durch ihre Größe, auf der Platinenoberseite platziert werden. Bild 7 zeigt den Unterschied zwischen diesen beiden Varianten. Der Wert 10 µF ist doppelt, also als keramische Version und als ELKO ausgeführt. Für Schaltungen, bei denen ein niedriger ESR (Serienwiderstand) gefordert ist, sollte immer auf die keramische Variante zurückgegriffen werden.

Alle wichtigen technischen Daten und die enthaltenen Bauteilwerte sind in Tabelle 2 zu sehen.

Inhalt: PAD-PRO-K1 - Kondensatoren				
Tabelle 2	Kondensatoren (Keramik)	Toleranz	Spannung	Menge
		10 pF, 22 pF, 47 pF, 68 pF, 100 pF, 220 pF, 470 pF, 680 pF, 1 nF, 2,2 nF, 4,7 nF, 6,8 nF, 10 nF, 22 nF, 47 nF, 68 nF, 100 nF, 220 nF, 470 nF, 680 nF, 1 µF, 2,2 µF, 4,7 µF, 10 µF	± 10 %	16 V/50 V
	ELKOs (AL Elektrolyt)	Toleranz	Spannung	Menge
	10 µF, 22 µF, 47 µF, 100 µF, 220 µF	± 20 %	16 V/50 V	jeweils 5 Stück



Bild 7: Unterschied zwischen keramischen Kondensatoren und ELKOs



Bild 8: Leerbox (Abm. B x T): 252 x 180 mm

PAD-Box – Leerbox

Für allgemeine Aufbewahrungszwecke steht eine Leerbox zur Verfügung, wie sie in Bild 8 und Bild 9 zu sehen ist. Diese Box ist hochwertig gearbeitet und hat langlebige Clips zum Verschließen.

Mithilfe der beiliegenden Trennwände ergeben sich maximal 36 Fächer. Ideal für jene, die schon Prototypenadapter in der Bausatzversion besitzen und eine passende Sortierbox benötigen.

Für den Deckel gibt es einen äußeren und einen inneren Aufkleber (Bild 10). Der innere Aufkleber kann beschriftet werden. Die Front- und auch die Seitenteile können mit den beiliegenden Aufklebern versehen werden. So ist der Inhalt von außen erkennbar, z. B. Widerstände, Sensoren, Buchsen/Stecker etc.

ELV



Bild 9: Durch Trennwände können die Fächer in der Box unterteilt werden.



Bild 10: Unterschiedliche Aufkleber für die Box



Weitere Infos:

- PAD-PRO-W1, Sortimentsbox mit fertig bestückten Widerstands-Prototypenadaptern: Artikel-Nr. [155659](#)
- PAD-PRO-K1, Sortimentsbox mit fertig bestückten Kondensator-Prototypenadaptern: Artikel-Nr. [155668](#)
- PAD-BOX, Sortimentsbox (leer): Artikel-Nr. [156562](#)
- Experimentierset-Prototypenadapter: Artikel-Nr. [155901](#)
- ELV Experimentier-Set-Prototypenadapter „Grundlagen“ inkl. Make Sonderheft: Artikel-Nr. [252102](#)
- ELV Experimentierset Operationsverstärker: Artikel-Nr. [158147](#)
- ELV Experimentierset Operationsverstärker inkl. Make Sonderheft: Artikel-Nr. [253005](#)
- ELV Bausätze Prototypenadapter PADx für Steckboards:

PAD1: Artikel-Nr. 153761	PAD2: Artikel-Nr. 154712	PAD3: Artikel-Nr. 154743
PAD4: Artikel-Nr. 155107	PAD6: Artikel-Nr. 155858	PAD7: Artikel-Nr. 156575

Bereit fürs Breadboard

ELV

Prototypenadapter-Set PAD-PRO-W1

- Insgesamt 315 Bauteile mit aufgedruckten Widerstandswerten der Festwiderstände; Widerstände und Stiftleisten fertig verlötet
- Jeweils 10 Widerstände mit den Werten: 10 Ω , 22 Ω , 47 Ω , 68 Ω , 100 Ω , 150 Ω , 220 Ω , 330 Ω , 470 Ω , 680 Ω , 1 k Ω , 1,5 k Ω , 2,2 k Ω , 3,3 k Ω , 4,7 k Ω , 6,8 k Ω , 10 k Ω , 15 k Ω , 22 k Ω , 33 k Ω , 47 k Ω , 68 k Ω , 100 k Ω , 150 k Ω , 220 k Ω , 330 k Ω , 470 k Ω , 680 k Ω , 1 M Ω ; 10 Leerplatinen für SMD-Widerstände der Bauform 0603
- Jeweils 3 Trimmer PT10 mit den Werten: 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω , 1 M Ω
- 3 Leerplatinen für Trimmer der Bauform PT 10/3296 W sowie 10 Steckachsen



74,95 €

Artikel-Nr. 155659

[Zum Produkt](#)



74,95 €

Artikel-Nr. 155668

[Zum Produkt](#)

ELV

Prototypenadapter-Set PAD-PRO-K1

- Insgesamt 265 Bauteile mit aufgedruckten Werten und Polaritätsmarkierungen; Kondensatoren und Stiftleisten fertig verlötet
- Jeweils 10 Kondensatoren (Keramik) mit den Werten: 10 pF, 22 pF, 47 pF, 68 pF, 100 pF, 220 pF, 470 pF, 680 pF, 1 nF, 2,2 nF, 4,7 nF, 6,8 nF, 10 nF, 22 nF, 47 nF, 68 nF, 100 nF, 220 nF, 470 nF, 680 nF, 1 μ F, 2,2 μ F, 4,7 μ F, 10 μ F
- Jeweils 5 Elkos (AL Elektrolyt) mit den Werten: 10 μ F, 22 μ F, 47 μ F, 100 μ F, 220 μ F



Mehr in unserem Video



Professionell experimentieren

Prototypenadapter Professional Linear/Opto 1 PAD-PRO-L01

Dieses Set umfasst fertig aufgebaute PAD-Module aus den Bereichen Linear und Opto. Neben Operationsverstärkern und Transistoren enthält das aus 82 Bauteilen bestehende Set z. B. auch Leuchtdioden sowie eine Fotodiode. Die PAD-Module sind speziell für den Einsatz auf Steckboards konzipiert.

Unsere beliebte Serie der Prototypenadapter, kurz PAD genannt, erhält wieder Zuwachs. Das Set PAD-PRO-L01 umfasst fertig aufgebaute Module mit Halbleitern und optischen Bauteilen.

Im [PAD2](#) wurde bereits eine Bausatzvariante vorgestellt, bei der die PAD-Module von Hand aufgebaut werden müssen. Alle Platinen sind dabei zu einem Nutzen zusammengefasst, die dann herausgebro-

chen und mit Stiftleisten bestückt werden ([Bild 1](#)). Das neue Set beinhaltet dagegen fertig aufgebaute PAD-Module, die sofort einsatzbereit sind und in einem stabilen Sortimentskasten untergebracht sind. [Bild 2](#) zeigt das Set mit allen enthaltenen Modulen, die einzeln in [Tabelle 1](#) aufgeführt sind.

Im Folgenden lernen Sie die im Set enthaltenen Bauteile im Detail kennen. Dabei geht es um die grobe Funktionsweise der einzelnen Komponenten und nicht um die Grundlagen der Elektronik.

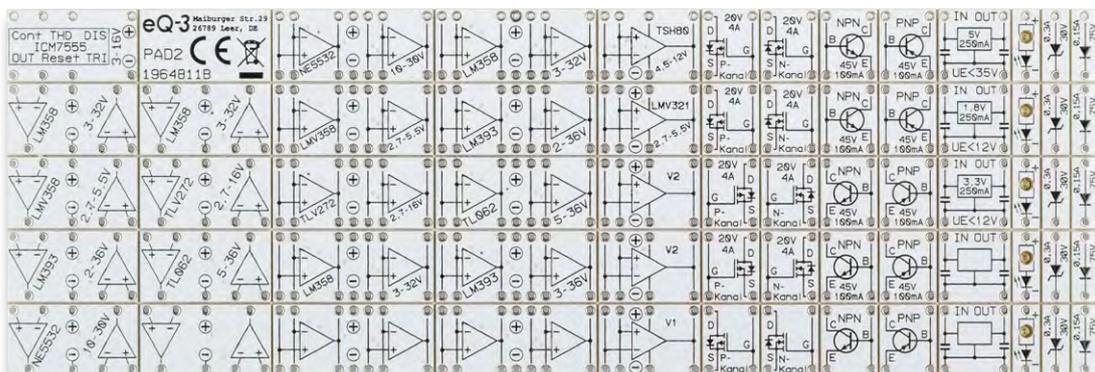
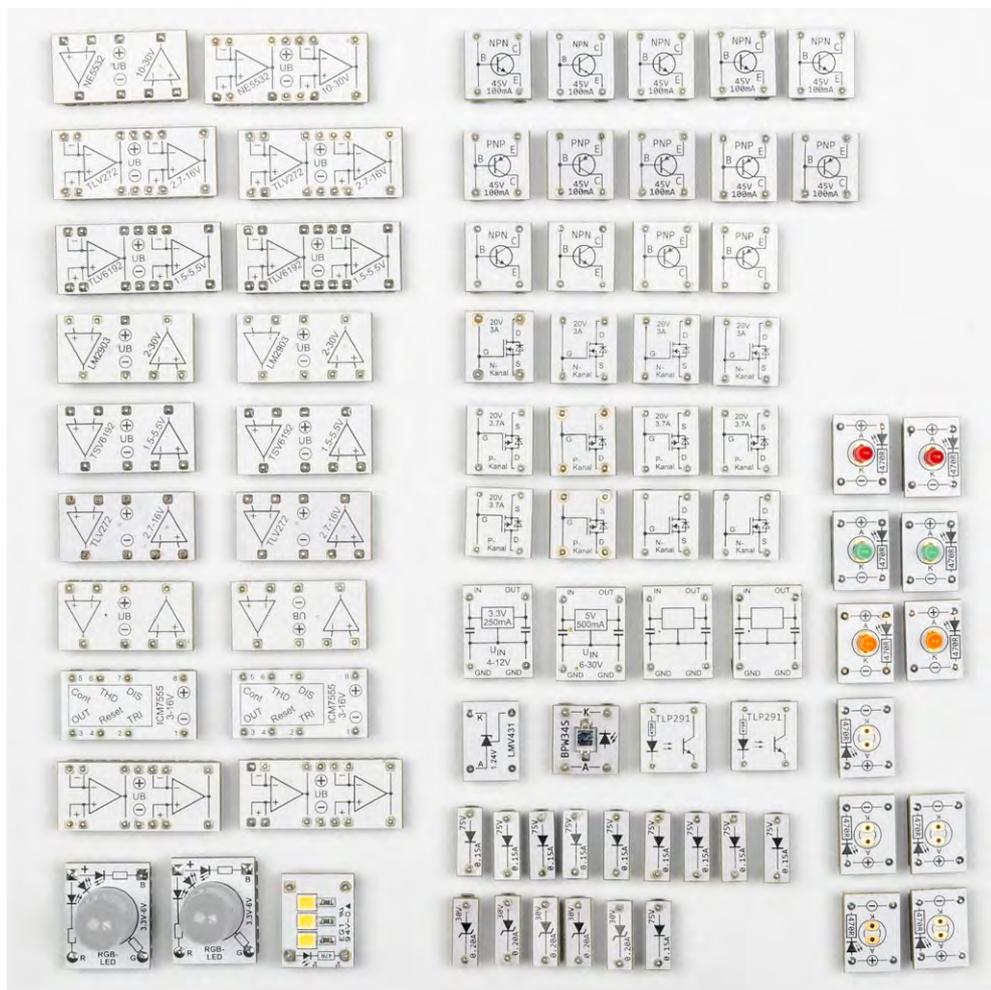


Bild 1: Nutzen des PAD2 (Bausatzversion)

Bild 2: Das Set des PAD-PRO-L01 mit allen enthaltenen Modulen



Übersicht aller im Set enthaltenen Bauteile

Menge	Bezeichnung	CM-Bezeichnung
1	NE5532D - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-NE5532-B
1	NE5532D - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-NE5532-C
2	LM2903 - Komparator (2-fach)	CM-IC-LM2903-A
2	TLV272 - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-TLV272-A
2	TLV272 - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-TLV272-B
1	TSH801YDT - Video-Operationsverstärker (1-fach)	CM-IC-TSH80-A
2	TSV6192 - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-TSV6192-B
2	TSV6192 - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-TSV6192-A
1	TS9011SCY - Spannungsregler 3,3 V	CM-VP-3R3-A
1	MC7805 - Spannungsregler 5 V	CM-VP-5R-A
2	Leerplatine Spannungsregler SOT89	CM-VP-SOT89-A
2	Leerplatine NPN-Transistor SOT23	CM-TB-SOT23-A
2	Leerplatine PNP-Transistor SOT23	CM-TB-SOT23-B
2	Leerplatine N-Kanal-MOSFET-Transistor SOT23	CM-TF-SOT23-A
2	Leerplatine P-Kanal-MOSFET-Transistor SOT23	CM-TF-SOT23-B
4	IRLML2502 - MOSFET-Transistor N-Kanal	CM-TF-IRLML2502PbF-A
4	uPA1918 - MOSEFT-Transistor P-Kanal	CM-TF-uPA1918-A
2	Leerplatine - Operationsverstärker (2-fach), kleine Version	CM-IC-OA001
2	Leerplatine - Operationsverstärker (2-fach), große Version	CM-IC-OA002
2	TLP291 - Optokoppler	CM-IC-TLP291-A
2	ICM7555 - Timer-Baustein	CM-IC-ICM7555
1	LMV431 - Spannungsreferenz	CM-IC-LMV431-A
10	1N4148W - Siliziumdiode	CM-DG-151-A
5	BAT43W - Schottky-Diode	CM-DG-201-A
1	BWP34 - Fotowiderstand	CM-SB-01
5	BC847C - NPN-Transistor	CM-TB-BC847C-A
5	BC857C - PNP-Transistor	CM-TB-BC857C-A
2	LED, grün, 3 mm	CM-DL-G02
2	LED, rot, 3 mm	CM-DL-R02
2	LED, orange, 3 mm	CM-DL-O02
1	LED-Cluster (3x weiß)	CM-DL-W01
2	RGB-LED 10 mm	CM-DL-RGB01
5	Leerplatine für 3-5 mm-LEDs	CM-DL-X01

Tabelle 1

Operationsverstärker – Beschreibungen und Erläuterungen zu den technischen Daten

Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten technischen Daten zu den Operationsverstärkern und Komparatoren finden Sie im Folgenden. Weitere detaillierte Daten können Sie dem Datenblatt des jeweiligen Herstellers entnehmen. Die Links zu den Datenblättern befinden sich als anklickbare Hyperlinks in [Tabelle 2](#).

Spannung U_B

Versorgungsspannungsgrenzen für das Bauteil: Die Spannungsgrenzen müssen unbedingt eingehalten werden.

Stromaufnahme I_R

Bei Operationsverstärkern bezieht sich dieser Wert auf die Stromaufnahme für einen einzelnen Operationsverstärker.

Ausgangstrom I_{OUT}

Maximaler Strom, mit dem der Ausgang belastet werden darf; bei Transistoren ist dies der maximal zulässige Strom.

Frequenz f_T

Der Frequenzgang (Bandbreite) wird durch das Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt (GBWP) definiert. Dieser Wert gibt den Frequenzgang bei einer Verstärkung von $V = 1$ (unity gain) an. Wird der Verstärkungsfaktor erhöht, verringert sich dieser Wert.

Eingangsoffset U_{EO}

Gibt die Eingangs-Offsetspannung (Fehlspannung) an, die zwischen den beiden Eingängen anliegt, wenn der Ausgang auf 0 V liegt.

Rail-to-Rail

Dieser Begriff kann sich auf den Eingang oder Ausgang eines Verstärkers beziehen. Rail-to-Rail sagt aus, dass die Spannung am Ein- bzw. Ausgang sehr nahe (ca. 100 mV) an die Versorgungsspannungsgrenzen heranreichen kann bzw. darf. Mit einem Verstärker der einen Rail-to-Rail-Eingang aufweist, lassen sich sehr kleine Spannungen mit Bezug auf Masse- oder Versorgungsspannungspotenzial messen. Bei einem Standard-Operationsverstärker liegt der Ein- bzw. Ausgangsspannungsbereich ca. 1,5 V unterhalb bzw. oberhalb der Betriebsspannungsgrenze (siehe [Bild 3](#)). Rail-to-Rail erlaubt die volle Ausnutzung der Betriebsspannungsgrenzen. Dies ist besonders bei niedrigen Versorgungsspannungen vorteilhaft.

Anwendungsbereiche

Hier werden spezielle Anwendungsbereiche aufgeführt. Wenn sich ein Verstärker z. B. besonders gut für den Einsatz in Videoverstärkern eignet, steht hier „Video“.

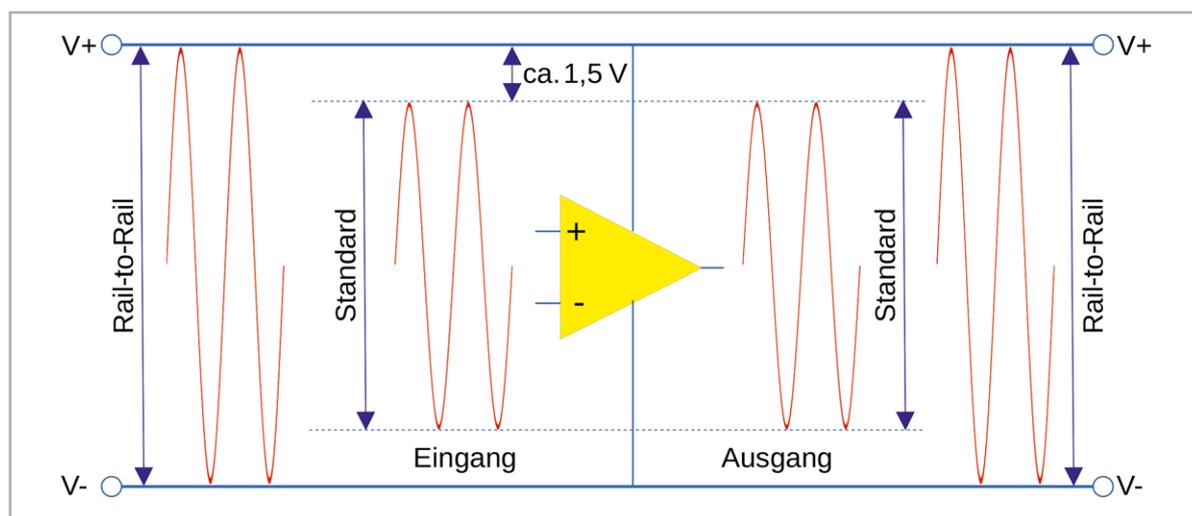


Bild 3: Unterschied zwischen den Ein- und Ausgangsspannungsgrenzen bei „Rail-to-Rail“ und „Standard“

Technische Daten Operationsverstärker und Komparatoren

Typ	Funktion	U_B	I_R	I_{OUT}	f_T	U_{EO}	Anwendungsbereiche	Besonderheiten	Link zum Datenblatt
TLV272	2-fach-OP	2,7-16 V	550 μ A	100 mA	3 MHz	0,5 mV	Solartechnik Messtechnik universell	Rail-to-Rail-Ausgang niedrige Stromaufnahme für Batteriebetrieb geeignet CMOS-Eingänge	Datenblatt TLV272
NE5532	2-fach-OP	10-30 V	8 mA	35 mA	10 MHz	0,5 mV	Audio	sehr rauscharm	Datenblatt NE5532
TSV6192	2-fach-OP	1,5-5,5 V	10 μ A	10 mA	450 kHz	0,8 mV	universell Filter Batteriegeräte	Rail-to-Rail-Ein-/Ausgang niedrige Stromaufnahme niedriger Leistungsbedarf	Datenblatt TSV6192
TSH80IYDT	1-fach-OP	4,5-12 V	10 mA	55 mA	100 MHz	1,1 mV	Videoverstärker	Rail-to-Rail-Ausgang niedriger Klirrfaktor (0,1%) speziell für Video	Datenblatt TSH80
LM2903	2-fach-Komparator	2-30 V	0,6 mA	16 mA		1 mV	Fensterkomparator Spannungsvergleicher	Open-Collector-Ausgang niedrige Stromaufnahme kompatibel mit TTL/CMOS	Datenblatt LM2903

An einen Operationsverstärker werden viele Kriterien und Anforderungen gestellt. Eine der wichtigsten Anforderungen ist der Versorgungsspannungsbereich. Dies ist das erste Merkmal zum Ausschlusskriterium. Als nächstes Kriterium könnten Sie sich beispielsweise den Frequenzgang anschauen, aber auch die Stromaufnahme kann ein wichtiges Merkmal sein, wenn Sie z. B. eine Schaltung für den Batteriebetrieb entwickeln möchten. In [Tabelle 2](#) sind alle Operationsverstärker mit den wichtigsten Daten aufgelistet, was einen direkten Vergleich ermöglicht.

Einige Hersteller bieten den gleichen Operationsverstärker in verschiedenen Gehäusevarianten an. Dabei kann ein Gehäuse ein, zwei oder auch vier identische OPs enthalten. Dies geschieht in der Regel aus Platzgründen. Ein 1-fach-Verstärker kann in einem sehr kleinen SOT23-5-Gehäuse untergebracht werden. In einem S08-Gehäuse sind in der Regel zwei einzelne Operationsverstärker untergebracht, wie zum Beispiel beim TLV272.

In unserem Set sind für einige Operationsverstärker zwei Ausführungen für Doppel-OPs verfügbar ([Bild 4](#)). Bei der großen Variante sind die Eingänge doppelt herausgeführt. Dies kann nützlich sein, wenn die periphere Schaltung sehr umfangreich ist, wie z. B. bei Filterschaltungen.

Auf dem Platinaufdruck leider nicht zu sehen: Zwischen den Versorgungsspannungsanschlüssen ist ein Keramikkondensator $1\mu\text{F}/50\text{V}$ geschaltet. Durch sehr kurze Verbindungsleitungen zu den Gehäuseanschlüssen ergibt sich eine gute Blockung der Versorgungsspannung.

Im folgenden Kapitel stellen wir Ihnen die einzelnen Bauteile näher vor.

Komparator LM2093

Ein Komparator ist ein spezieller Operationsverstärker, der auf das Vergleichen von Spannungen ausgelegt ist. Der LM2093 ist baugleich und kompatibel mit dem bekannten LM393. Dieser Komparator vereint zwei separat nutzbare Komparatoren in einem Gehäuse. Im Gegensatz zu einem Operationsverstärker kennt der Komparator nur zwei Ausgangszustände: High oder Low.

Der Ausgangszustand ist abhängig vom Spannungspotenzial der beiden Eingänge. Die Spannungen an den Eingängen werden miteinander verglichen, und abhängig davon wird der Ausgang geschaltet. Der Ausgang ist als Open Collector ausgelegt. Beim Experimentieren mit dem LM2093 wird diese Eigenschaft gern übersehen. Wenn Sie keinen Pull-up-Widerstand oder eine Last an den Ausgang anschließen, ist auch keine Spannungsänderung am Ausgang messbar.

Im Blockschaltbild ([Bild 5](#)) ist gut erkennbar, dass der Open-Collector-Ausgang aus einem Transistor besteht, der gegen Masse ($-V_{CC}$) schaltet. In [Bild 6](#) ist das PAD-Modul des Komparators dargestellt.

TLV272 – der Allrounder

Der TLV272 ist ein kleines Multitalent. Neben dem großen Versorgungsspannungsbereich ist auch der

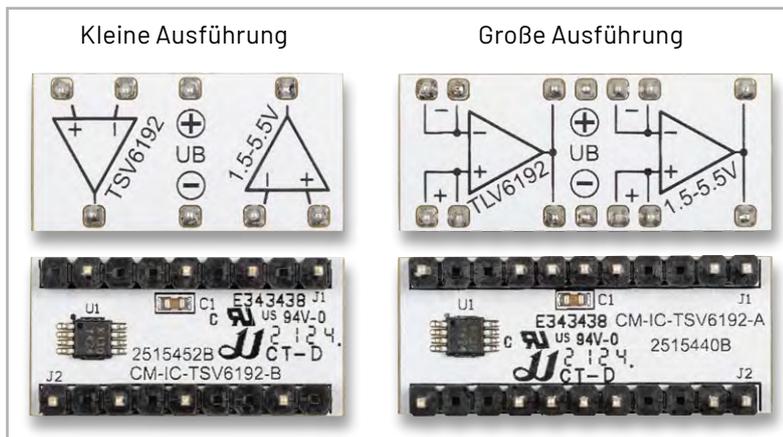


Bild 4: Beispiel für unterschiedliche Platinenversionen

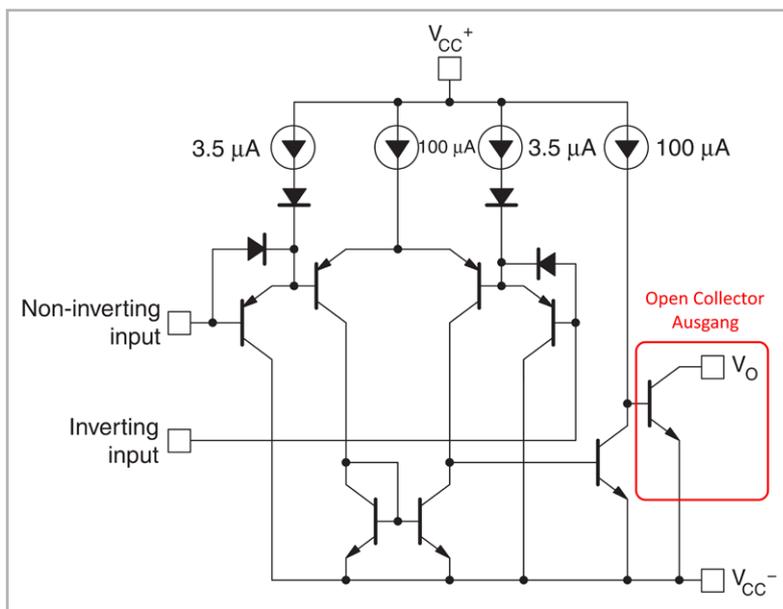


Bild 5: Das Blockschaltbild des LM2093 mit gekennzeichnetem Open-Collector-Ausgang

relativ weite Frequenzbereich von 3 MHz hervorzuheben. Dieser moderne OP in CMOS-Technik hat sehr hochohmige Eingänge und eignet sich dadurch besonders für Messaufgaben, bei denen Sensoren ausgewertet werden sollen, die nur wenig belastet werden dürfen. Auch hier stehen je nach Beschaltung eine kleine und große Platinenversion zur Verfügung. [Bild 7](#) zeigt die kleine Variante.

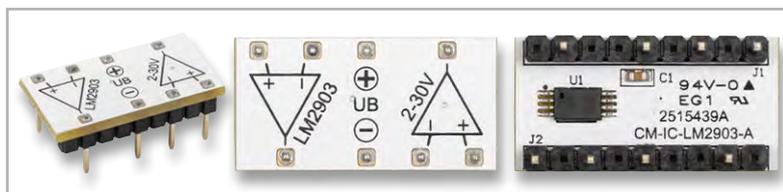


Bild 6: PAD-Modul des Komparators LM2093

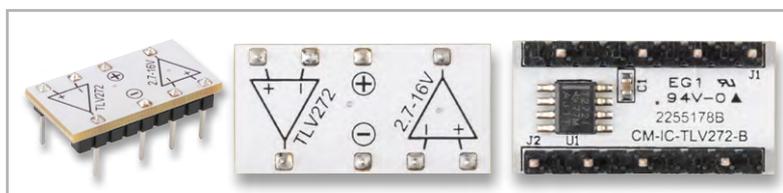


Bild 7: PAD-Modul des Operationsverstärkers TLV272 (kleine Platinenversion)

Videoverstärker TSH80

Der TSH80 ist ein spezieller Verstärker für Videoanwendungen. Seine Hauptvorteile sind der hohe Frequenzgang von 100 MHz und der 150- Ω -Ausgangstreiber. Der Ausgang liefert einen maximalen Strom von 55 mA, sogar noch bei einer Frequenz von 100 MHz (-3 dB). Ein Ausgangstreiber für 150 Ω bedeutet, dass hiermit eine Last von 75 Ω oder 50 Ω getrieben werden kann.

Nach dem Prinzip der Leistungsanpassung müssen der Innenwiderstand einer Quelle und der Lastwiderstand identisch sein. Aus diesem Grund muss ein Verstärker für Impedanzen von 75 Ω (Videotechnik) in der Lage sein, den entsprechenden Strom für eine Last von 150 Ω (75 Ω + 75 Ω) zu liefern. Bild 8 zeigt das PAD-Modul des Videoverstärker TSH80H

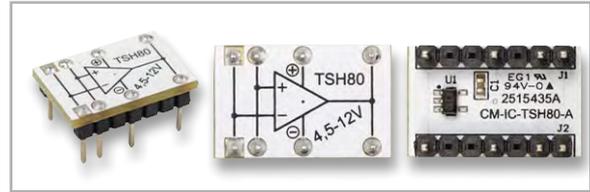


Bild 8: PAD-Modul des Videoverstärkers TSH80-A

NE5532 - rauscharmer Audioverstärker

Der NE5532 ist ein 2-fach-OP mit sehr niedrigem Rauschen und speziell für Audioanwendungen ausgelegt. Aufgrund der relativ geringen Anschaffungskosten wird der NE5532 gerne in Audioschaltungen eingesetzt. Natürlich gibt es noch rauschärmere Verstärker (OPs), diese sind jedoch teils deutlich teurer. Beachten Sie, dass dieser Baustein eine minimale Versorgungsspannung von 10 V benötigt. Auch von diesem Verstärker gibt es eine kleine und große Platinenversion. Die große Version ist in Bild 9 zu sehen.



Bild 9: PAD-Modul des Operationsverstärkers NE5532 (große Platinenversion)

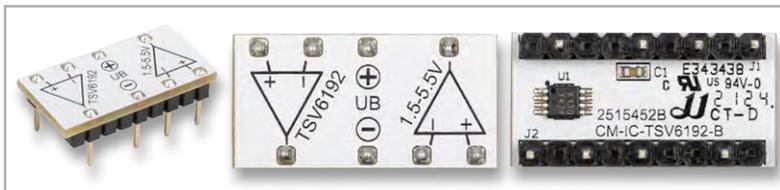


Bild 10: PAD-Modul des Operationsverstärkers TSV6192 (kleine Version)

TSV6192 - der Sparsame

Dieser Operationsverstärker ist ein Vertreter der modernen Generation. Dank der extrem niedrigen Stromaufnahme von 10 μ A eignet sich dieser Baustein sehr gut für batteriebetriebene Schaltungen. Ein weiteres Feature sind die Rail-to-Rail-Ein-/Ausgänge (siehe Abschnitt „Rail-to-Rail“).

Ist ein Operationsverstärker sehr sparsam im Verbrauch, schränkt dies in der Regel auch den Frequenzgang sehr ein. Dies gilt auch für den TSV6192, dessen Verstärkungsbandbreitenprodukt (GBP) liegt bei ca. 380 kHz. Wenn Sie lediglich Gleichspannungen oder niederfrequente Signale (Beispiel Audio) verstärken, stellt diese Einschränkung kein Problem dar. Bild 10 zeigt die kleine PAD-Variante.

Leerplatinen für Operationsverstärker

Wenn Sie gerne eigene Operationsverstärker auf Adapterplatinen verwenden möchten, stehen Ihnen unterschiedliche Leerplatinen zur Verfügung. Wichtig: Hierfür benötigen Sie Erfahrung mit dem Lötten von SMD-Bauteilen. In Bild 11 sind die unterschiedlichen Platinenversionen dargestellt. OPs im SO8-Gehäuse sind in der Regel Doppel-OPs, d. h. zwei OPs in einem Gehäuse, die ein einheitliches Anschlusschema aufweisen. Die Gehäuseform SO8 ist für erfahrene Elektroniker recht einfach aufzulöten, da der Pin-Abstand (Pitch) 1,28 mm beträgt. Wie bei allen PAD-Modulen mit Operationsverstärkern ist auch hier der Blockkondensator (1 μ F/50 V) bereits auf der Platine vorhanden. Nach Auflöten des gewünschten ICs werden die Stiftleisten bestückt.

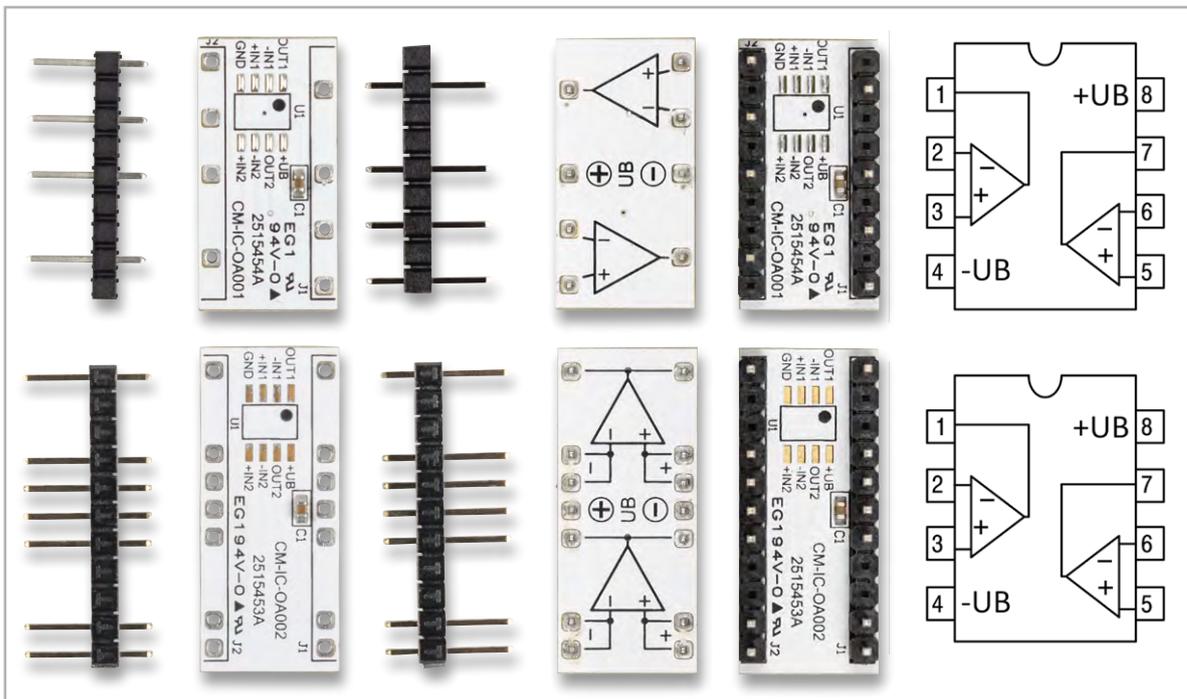


Bild 11: Für die händische Bestückung von Operationsverstärkern stehen zwei unterschiedliche Platinenversionen zur Verfügung.

Timer-Baustein ICM7555 (NE555)

Der ICM7555 ist ein integrierter Timer-Baustein, der seit Jahrzehnten in zahlreichen Schaltungen und Geräten eingesetzt wird. Technisch gesehen ist der ICM7555 die moderne, stromsparende CMOS-Version des NE555 und voll kompatibel. Dank seiner analogen Technik und seines einfachen Aufbaus ist dieses Bauteil sehr leicht einzusetzen. Hauptanwendungsgebiete sind Timer-Schaltungen und alles, was mit Zeitverzögerungen und einfachen Oszillatoren zusammenhängt.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktion mit zahlreichen Anwendungsbeispielen finden Sie beim ELV Bausatz [NE555-EXB](#). Unter „Downloads“ können Sie die Bauanleitung herunterladen und einsehen.

In Teil 3 der Artikelserie zum [PAD-PRO-EXSB](#) finden Sie zudem zahlreiche Experimente mit dem ICM7555. [Tabelle 3](#) zeigt die wichtigsten technischen Daten des ICM7555. Das Blockschaltbild und die somit erkennbare Funktionsweise zeigt [Bild 12](#). In [Bild 13](#) ist das PAD-Modul des Timers dargestellt.

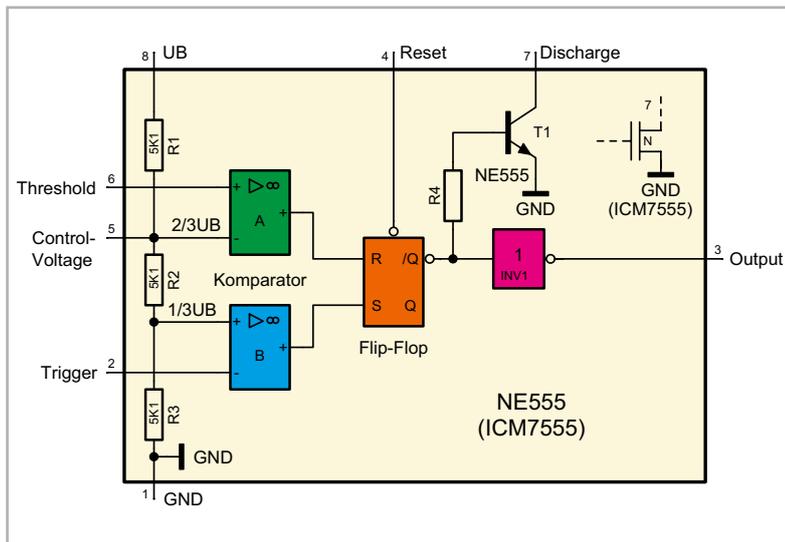


Bild 12: Blockschaltbild des NE555/ICM7555

Tabelle 3	CM-IC-ICM7555	
	Funktion	CMOS-Timer-Baustein
	Typ	ICM7555
	Betriebsspannung (UB)	3-16 V
	Stromaufnahme (Ib)	60 µA (ohne Last)
	Ausgangsstrom (Iout)	100 mA
	Frequenz (fmax.)	500 kHz



Bild 13: PAD-Modul des Timer-Bausteins ICM7555

Transistoren: bipolar und MOSFET

Es stehen vier unterschiedliche gängige Transistorvarianten zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um NPN-, PNP- und MOSFET-Transistoren. Wie bei PAD-Modulen üblich, sind die Anschlussbelegung und Beschriftung oben auf den Platinen aufgedruckt ([Bild 14](#)). Die genaue Typenbezeichnung der verwendeten Transistoren befindet sich dagegen auf der Platinenunterseite. Entscheidend ist, um welchen Typ es sich handelt – also NPN, PNP oder MOSFET. In [Tabelle 4](#) sind die wichtigsten Daten der Bauteile dargestellt.

Wichtig dabei: Die Schaltleistung der bipolaren Transistoren NPN und PNP beträgt nur 100 mA.

Die MOSFET-Transistoren sind vom Typ IRLML2502 (N-Kanal) und µPA1918 (P-Kanal). Diese Transistoren werden hauptsächlich verwendet, um Lasten wie z. B. Motoren, große Relais oder Power-LEDs zu schalten. Obwohl das Gehäuse des SOT23 recht klein ist, können Ströme von ca. 3 A geschaltet werden. Bei einer maximalen Spannung von 20 V ergibt sich somit eine Schaltleistung von beachtlichen 60 W.

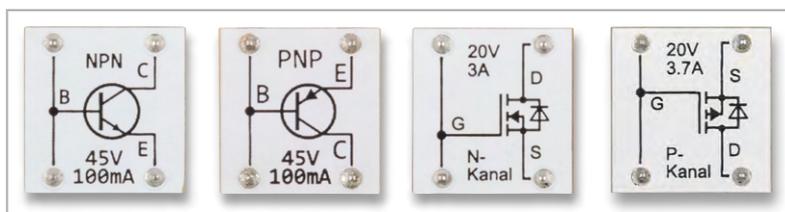


Bild 14: Unterschiedliche Transistortypen mit aufgedruckter Anschlussbelegung

Tabelle 4	Technische Daten Transistoren				
	Typ	BC847C	BC857C	IRLML2502	µPA1918TE
	CM-Bezeichnung	CM-TB-BC847C-A	CM-TB-BC857C-A	CM-TF-IRLML2502-A	CM-TF-uPA1918-A
	Technologie	NPN	PNP	N-Kanal MOSFET	P-Kanal MOSFET
	Betriebsspannung UCE/UDS	45 V	45 V	20 V	20 V
	Strom Ic/Id	100 mA	100 mA	3 A	3,7 A
	Rdson	-	-	0,045 Ω	0,21 Ω
	Frequenz (fg)	300 MHz	300 MHz	1 MHz	1 MHz
	Verstärkung HFE	420-800	420-800	-	-
	PTOT	0,25 W	0,25 W	0,8 W	2 W
	Besonderheiten	Universal-Bipolar-Transistor Audio, HF und Sensorik		MOSFET-Schalttransistoren	

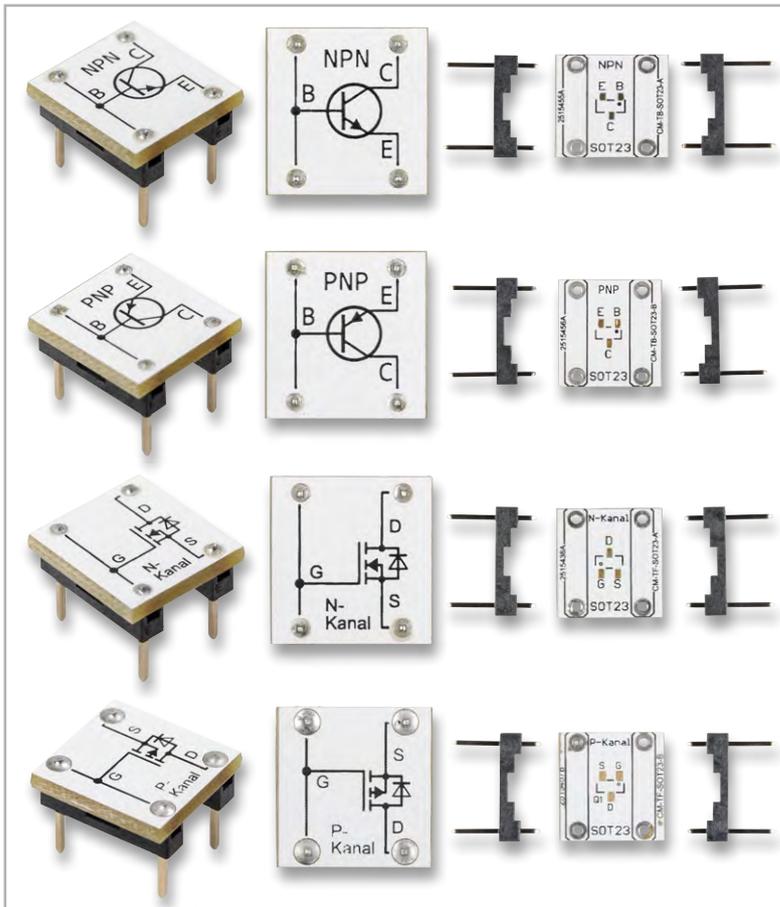


Bild 15: Für die händische Bestückung der Transistoren stehen Leerplatinen zur Aufnahme von Transistoren im SOT23-Gehäuse zur Verfügung.

Technische Daten Spannungsregler

Typ	3,3-V-Regler	5-V-Regler
CM-Bezeichnung	CM-VP-3R3-A	CM-TB-BC857C-A
Spannungsregler	TS9011	MC7805
Eingangsspannung U_E	4-12 V	6-30 V
Ausgangsspannung	3,3 V	5 V
Ausgangsstrom I_{OUT}	250 mA	500 mA
Ruhestrom (ohne Last)	2 μ A	3 mA
Besonderheiten	für Batteriebetrieb geeignet	Überlastschutz

Tabelle 5

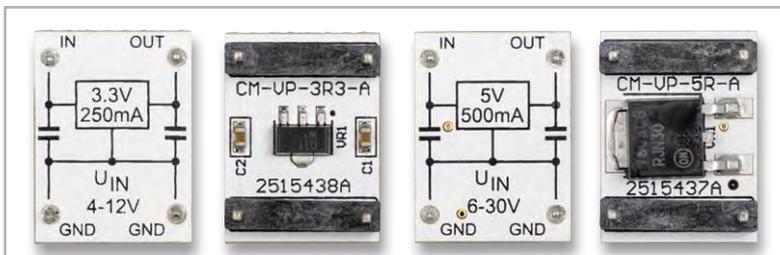


Bild 16: PAD-Module der beiden Spannungsregler

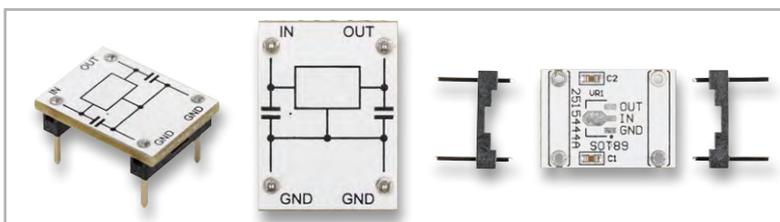


Bild 17: Leerplatine Spannungsregler

Leerplatinen für Transistoren

Für jeden Transistortyp stehen auch Leerplatinen zur Verfügung, um Transistoren nach eigenen Wünschen zu bestücken. Sie erkennen diese Platinen daran, dass auf der Platinenoberfläche die Daten für Spannung und Strom fehlen.

Es können ausschließlich Transistoren in einem SOT23-Gehäuse verbaut werden. Die Anschlussbelegung für Transistoren im SOT23-Gehäuse ist bis auf wenige Ausnahmen einheitlich. Die Leerplatinen sind auf der Unterseite zusätzlich mit der Anschlussbelegung der Transistoren bedruckt (Bild 15).

Die Stiftleisten werden zweckmäßigerweise nach dem Bestücken der Transistoren eingesetzt und verlötet.

Spannungsregler

In diesem Set sind Spannungsregler mit zwei unterschiedlichen Ausgangsspannungen enthalten. In Tabelle 5 sind die technischen Daten der verwendeten Typen ersichtlich. Bild 16 zeigt die zugehörigen Platinen mit dem Aufdruck auf der Oberseite und dem eigentlichen Bauteil auf der Unterseite. Die notwendigen Kondensatoren (1 μ F/50 V) an den Ein- und Ausgängen des Spannungsreglers sind bereits auf der Platine bestückt. Techniker erwarten, dass diese Kondensatoren auf den Spannungsreglern so nahe wie möglich an den Pins des Gehäuses platziert sind. Dies ist durch die vorbestückten SMD-Kondensatoren gegeben. Zusätzliche Kondensatoren auf dem späteren Einsatzort (Steckboard) können deshalb entfallen.

Um eigene Spannungsregler aufzubauen, ist eine Leerplatine zur Bestückung von ICs im SOT89-Gehäuse vorhanden (Bild 17).

Es empfiehlt sich, die Stiftleisten zum Schluss einzusetzen und zu verlöten.

Dioden

Als Standard-Dioden kommen eine Siliziumdiode (1N4148W) und eine Schottky-Diode (BAT43) zum Einsatz. Die wesentlichen technischen Daten wie max. Spannung und Strom sind auf der Platine aufgedruckt (Bild 18). Schottky-Dioden weisen eine sehr geringe Flussspannung von nur ca. 0,3 V auf und werden deshalb gerne da eingesetzt, wo der relativ große Spannungsabfall einer Siliziumdiode von 0,7 V nicht erwünscht ist. Ein weiterer Vorteil der Schottky-Diode ist die hohe Schaltgeschwindigkeit gegenüber einer Siliziumdiode. Für Standardanwendungen kann hingegen die Siliziumdiode verwendet werden. In Tabelle 6 finden Sie die technischen Daten der Dioden.

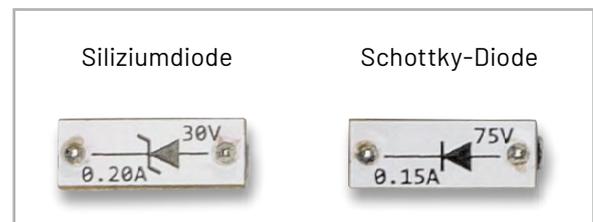


Bild 18: PAD-Module der beiden Dioden

Optokoppler

Wie der Name erahnen lässt, werden hier zwei Bauteile optisch miteinander gekoppelt. Auf der einen Seite befindet sich eine LED, die als Sender agiert, während auf der gegenüberliegenden Seite ein Fototransistor die optischen Signale aufnimmt. Die Information wird durch Licht übertragen, und es besteht keine elektrische Verbindung. Dadurch wird eine galvanische Trennung erreicht.

Die optisch gekoppelten Sender und Empfänger sind in einem lichtundurchlässigen Gehäuse untergebracht. Je nach verwendetem Typ können analoge oder digitale Information übertragen werden.

Ein typischer Anwendungsfall ist der Einsatz im einem Schaltnetzteil, wo eine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärteil zwingend erforderlich ist. Hier werden analoge Spannungswerte vom Ausgang (Istwert) zur primären Steuereinheit (Sollwert) übertragen, damit der Regelkreis funktioniert.

Die Testschaltung in Bild 19 verdeutlicht die Funktionsweise eines Optokopplers. Durch Betätigen des Tasters fließt ein Strom durch den Vorwiderstand R1 und der internen LED des Optokopplers. Der Fototransistor empfängt das Licht der LED und schaltet daraufhin die Kollektor-Emitter-Strecke durch. Dadurch fließt ein Strom durch R2 und der LED, sodass die LED aufleuchtet.

Wichtig: Beachten Sie, dass die sendeseitige LED immer einen strombegrenzenden Vorwiderstand benötigt.

Die technischen Daten zum Optokoppler finden Sie in Tabelle 7, ebenso wie einen Link zum Datenblatt des Herstellers. In Bild 20 sind das Schaltsymbol und das PAD-Modul dargestellt.

Tabelle 6

Technische Daten Dioden

Typ	Schottky 30 V/0,2 A	Silizium 75 V/0,15 A
CM-Bezeichnung	CM-DG-201-A	CM-DG-151-A
Diodentyp	BAT43W	1N4148W
Spannung max. UR	30 V	75 A
Strom max. IF	0,2 A	0,15 A

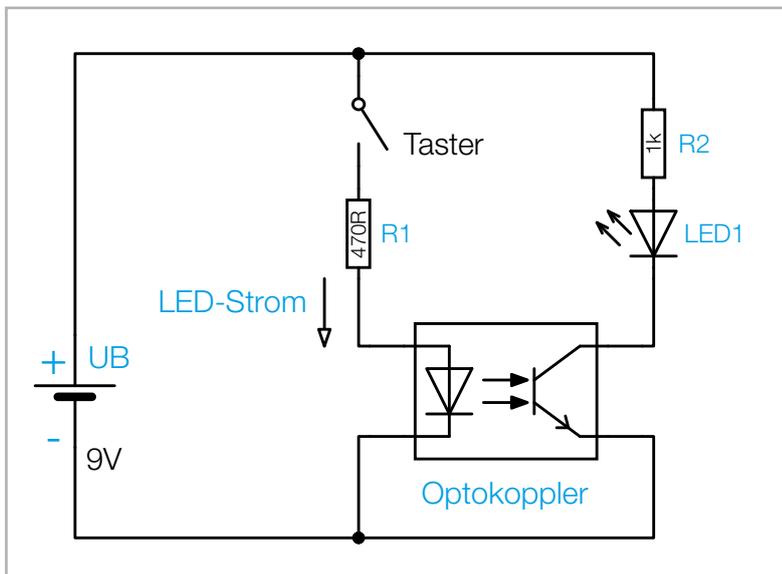


Bild 19: Testschaltung für einen Optokoppler

Tabelle 7

Technische Daten Optokoppler

CM-Bezeichnung	CM-IC-TLP291-A	
Typ	LED	Fototransistor
LED-Strom IF	5 mA typ. (50 mA max.)	-
Spannung UF (LED)	1,25 V	-
Spannung UCE	-	80 V max.
Datenblatt	Datenblatt TLP291	

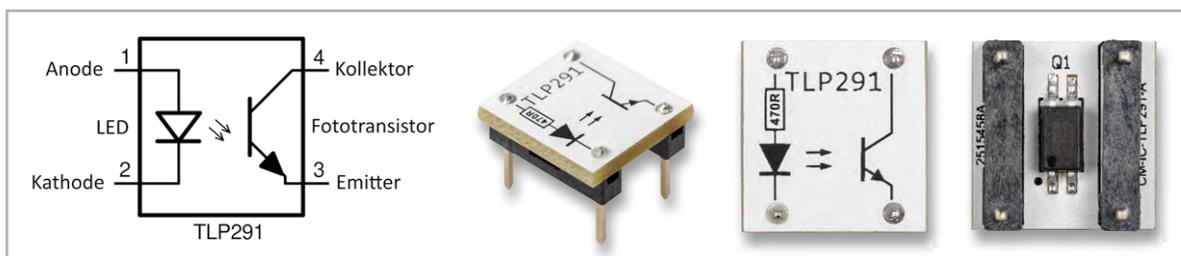


Bild 20: Schaltsymbol und PAD-Modul des Optokopplers TLP291

Shunt-Regler

Der LMV431 ist ein sogenannter Shunt-Regler und stellt ein etwas ungewöhnliches, aber durchaus interessantes Bauteil dar (Bild 21). Seine Funktionsweise ähnelt der einer Z-Diode: Eine Spannungsquelle wird so weit belastet, bis sich über einem Vorwiderstand die gewünschte Spannung einstellt. Überflüssiger Strom wird, wie bei einer Z-Diode auch, parallel abgeleitet, was natürlich nicht wirtschaftlich ist. Aus diesem Grund werden Parallelregler in modernen Schaltungen kaum noch eingesetzt. Aber der Shunt-Regler vom Typ LMV431 bietet andere sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Schauen wir uns zunächst das Blockschaltbild in Bild 22 an.

Der LMV431 verfügt über drei Anschlüsse: Anode, Kathode und Referenz. Eine interne Spannungsrefe-

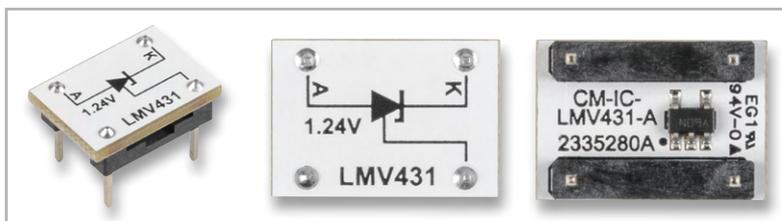


Bild 21: Die PAD-Platine des CM-IC-LMV431-A (Shunt-Regler)

Tabelle 8

CM-IC-LMV431-A

Typ	LMV431A
Referenzspannung	1,24 V (±1%)
max. Spannung (K)	30 V
max. Strom (K-A)	30 mA

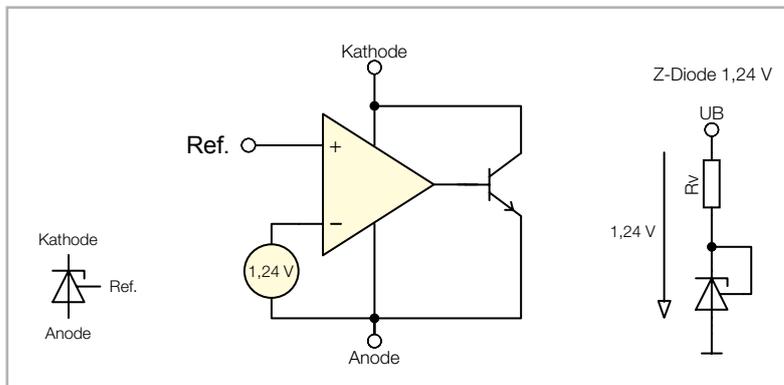


Bild 22: Blockschaltbild des LMV431

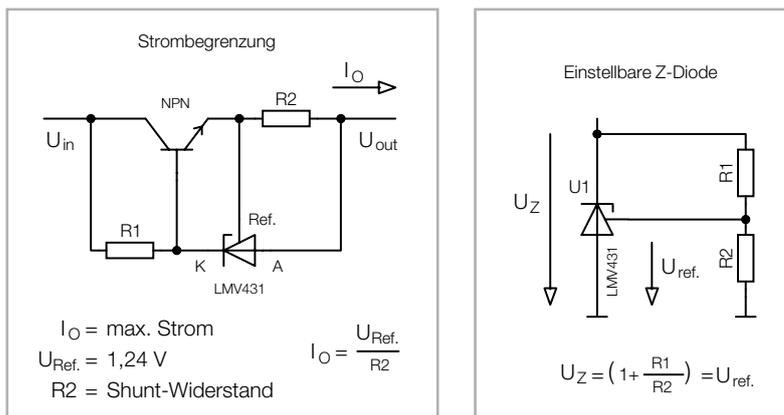


Bild 23: Anwendungsbeispiele für den LMV431: Strombegrenzung und variable Z-Diode

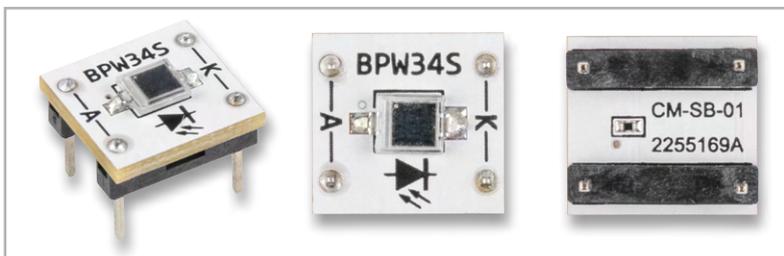


Bild 24: PAD-Platine der BPW34 (CM-SB-01)

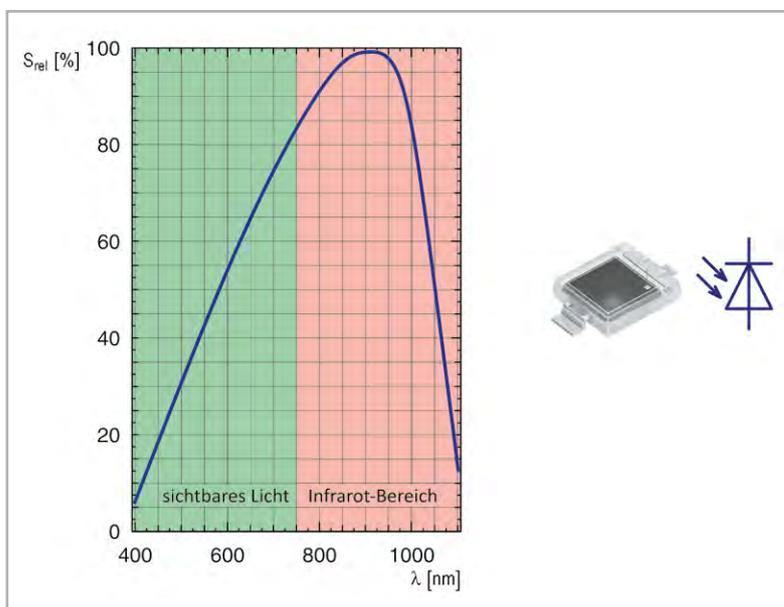


Bild 25: Kennlinie und Schaltsymbol der BPW34-S

renz von 1,24 V ist mit dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers verbunden. Der Ausgang steuert einen NPN-Transistor, dessen Kollektor zugleich mit der Versorgungsspannung verbunden ist. Dieser Anschluss wird als Kathode bezeichnet. Wenn Sie nun diese Kathode mit dem Eingang „Referenz“ (Ref.) verbinden, geschieht Folgendes: Der Operationsverstärker regelt den Ausgang so lange nach, bis die Spannung am Referenzeingang identisch mit der Referenzspannung ist. Allerdings muss hierfür ein Widerstand (R_v) vorgeschaltet werden. Dieser Aufbau ergibt damit eine Z-Diode mit einer Spannung von 1,24 V, die sehr genau ist und so bei einer normalen Z-Diode nicht vorgefunden werden kann. Das Besondere ist, dass Sie mithilfe des Referenzeingangs und eines Spannungsteilers jede beliebige Spannung zwischen 1,24 V und 30 V generieren können, wie in Bild 23 (rechts) zu sehen. Dort ist auch die Formel für die Berechnung der Z-Spannung dargestellt. In Bild 23 links sehen Sie ein weiteres Beispiel: Ein Shunt-Regler kann auch zur Strombegrenzung eingesetzt werden. Wie wir wissen, stellt sich bei korrekter Beschaltung eine Spannung zwischen Anode und Referenz von 1,24 V ein. Der LMV431 steuert den Längstransistor (NPN) an und erlaubt nur eine max. Spannung von 1,24 V über dem Widerstand R_2 . Der maximale Strom ist also $I_O = 1,24 \text{ V}/R_2$. Mit dem Widerstandswert von R_2 kann der gewünschte maximale Strom definiert werden.

Fotodiode BPW34

Der hier zum Einsatz kommende Lichtsensor (Bild 24) ist eine Fotodiode und besteht aus einem lichtempfindlichen Halbleiter. Trifft Licht auf den frei liegenden PN-Übergang (Sensorfläche) des Halbleiters, wird ein elektrischer Strom erzeugt. Diese lichtempfindlichen Halbleiter reagieren nicht nur auf sichtbares Licht, sondern auch auf Licht im Infrarot- oder UV-Bereich. Es gibt spezielle Fotodioden mit einem Tageslichtfilter, um gezielt sichtbares Licht zu unterdrücken. Dies ist vorteilhaft, wenn z. B. nur Licht im IR-Bereich detektiert werden soll. So werden störende Einflüsse durch sichtbares Licht verhindert.

Die auf unserer kleinen Platine verwendete BPW34 (Bild 24) hat keinen Tageslichtfilter und detektiert somit ein weites Lichtspektrum. Technische Daten der Fotodiode sind in Tabelle 8 dargestellt.

In Bild 25 ist die Kennlinie der BPW34 dargestellt. Diese zeigt, dass die maximale Empfindlichkeit im nicht sichtbaren Infrarotbereich bei ca. 920 nm liegt.

Die Durchlasskurve (Flussrichtung) einer Fotodiode entspricht der einer normalen Siliziumdiode.

Tabelle 8

BPW34/CM-SB-01

Sensor	BPW34-S(SMD)
Lichtspektrum	430–1100 nm
Durchbruchspannung	60 V
Erfassungswinkel	$\pm 60^\circ$
Fotostrom	$> 55 \mu\text{A}$

In der Praxis wird eine Fotodiode im Sperrbereich betrieben. Dabei wird der Strom in Sperrrichtung gemessen, der sich je nach Lichtstärke in einem Bereich von nur wenigen Mikroampere bewegt.

Im Artikel PAD-PRO-EXSB, Teil 9 sind einige Anwendungsbeispiele mit dem BPW34 detailliert beschrieben.

LED-Platinen

Es stehen drei unterschiedliche LED-Varianten zur Verfügung: die klassische Einzel-LED in unterschiedlichen Farben (Bild 26) sowie ein LED-Cluster und zwei RGB-LEDs, die jeweils eine rote, grüne und blaue LED integriert haben (Bild 28).

Bei den Einzel-LEDs sind die Vorwiderstände integriert. Der Widerstand hat einen Wert von $470\ \Omega$ und erlaubt so den Betrieb an Spannungen bis $12\ \text{V}$, was einem LED-Strom von ca. 6 bis $20\ \text{mA}$ entspricht. Bei größeren Versorgungsspannungen sollte zusätzlich noch ein Widerstand in Reihe geschaltet werden (ca. 1 – $2,2\ \text{k}\Omega$ bei $24\ \text{V}$).

Neben den fertig bestückten LED-Platinen stehen Leerplatinen (Bild 27) für die eigene Bestückung von bedrahteten 3- oder 5-mm-LEDs zur Verfügung. Die beiliegenden Stiftleisten werden nach dem Verlöten der LED bestückt. Dies erleichtert den Zugang zu den Lötstellen der LED. Im rechten Teil von Bild 27 ist die Bestückung mit einer blauen 5-mm-LED zu sehen. Auf der Cluster-LED (Bild 28, rechts) befinden sich drei parallel geschaltete SMD-LEDs in weiß. Hier sind die LED-Vorwiderstände etwas kleiner, sodass die LEDs heller leuchten. Das LED-Cluster dient in erster Linie als Signalleuchte im Pulsbetrieb (Flasher). Bei Dauerbetrieb mit einer Spannung größer als $5\ \text{V}$ sollte noch ein entsprechender zusätzlicher Vorwiderstand eingefügt werden.

Bei der RGB-LED handelt es sich um eine Variante mit gemeinsamer Anode, bei der die Anoden der drei einzelnen LEDs miteinander verbunden sind (Bild 28). Dieser Anschluss wird mit der Versorgungsspannung (+) verbunden, während die einzelnen Kathodenanschlüsse über Widerstände mit Masse (-) verbunden werden.

Unser Modul (CM-DL-RGB01) hat die benötigten Vorwiderstände bereits integriert. Die Vorwiderstände sind für eine Versorgungsspannung von $3,3\ \text{V}$ bis $6\ \text{V}$ ausgelegt. Bei Verwendung mit höheren Spannungen müssen Sie entsprechende Vorwiderstände, je nach gewünschter Spannung, in Reihe zu jedem Kathodenanschluss zuschalten. Bei $12\ \text{V}$ müsste z. B. ein zusätzlicher Widerstand von $680\ \Omega$ und bei $24\ \text{V}$ ein Widerstand von $2,2\ \text{k}\Omega$ vorgeschaltet werden.

Fazit

Dieses Set richtet sich an alle Anwender, die zum Experimentieren auf Steckboards (Breadboards) fertig aufgebaute PAD-Module statt konventionell bedrahtete Bauteile nutzen möchten.

Wer gerne lötet, kann alternativ zu den Bausätzen PAD2 (Halbleiter) greifen. Allerdings fehlen hier die optischen Bauteile. **ELV**

Bild 26: LED-PAD-Module

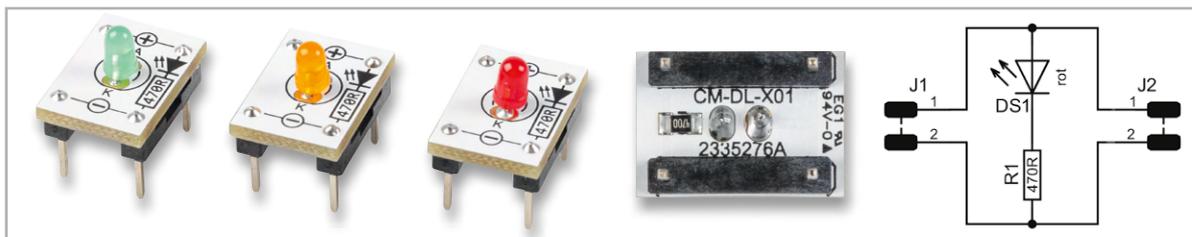
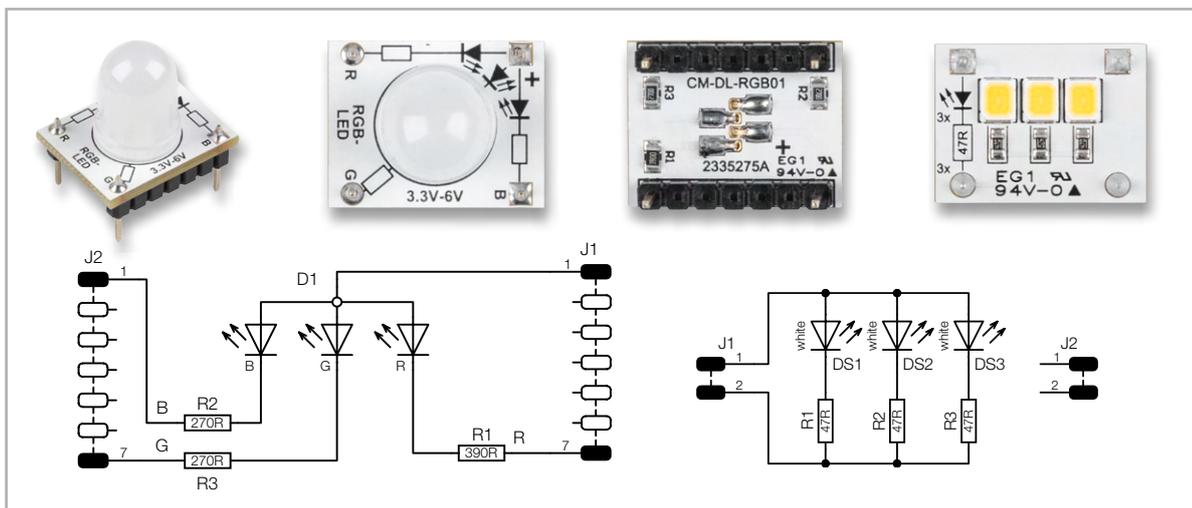


Bild 27: Leerplatine für LEDs mit Beispiel einer blauen 5-mm-LED



Bild 28: Fotos und Schaltbild der Platine CM-DL-RGB01 mit der RGB-LED und dem LED-Cluster (CM-DL-W01)



Prototypenadapter Professional Linear/Opto 1, PAD-PRO-L01

ELV

EXKLUSIV
BAUSATZ
74,95 €

Artikel-Nr. 161174

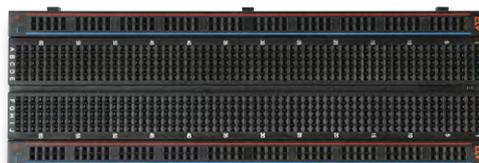
[Zum Produkt](#)

- Fertig aufgebaute PAD-Module aus den Bereichen Linear und Opto
- Set umfasst insgesamt 82 Bauteile: Operationsverstärker, Komparatoren, Spannungsregler, Transistoren, Dioden und Leuchtdioden
- Hochwertiger und stabiler Sortimentskasten
- Inkl. Leerplatinen zur eigenen Bestückung



+ ELV Breadboard mit 830 Kontakten

- Max. Betriebsspannung 30 V_{AC} bzw. 42 V_{DC}
- Mehrere Boards einfach zusammensteckbar
- Abmessungen (B x H x T): 165 x 54 x 10 mm


6,95 €

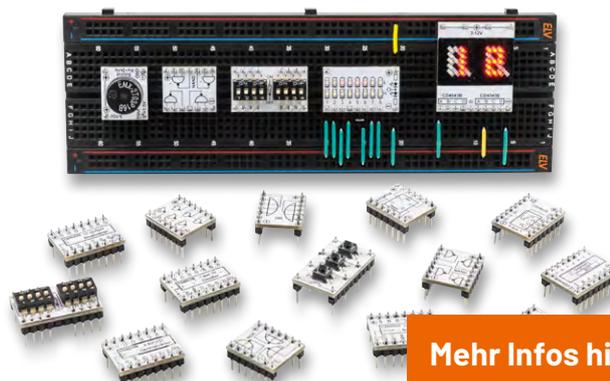
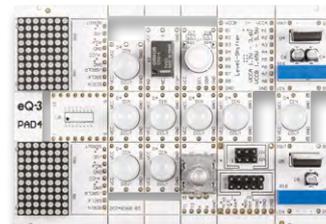
Artikel-Nr. 250986

EXPERIMENTIEREN für Profis



Prototypenadapter (PAD) sind ein praktisches Hilfsmittel zum professionellen Experimentieren auf dem Breadboard. Denn viele elektronische und mechanische Bauteile sind nicht Breadboard-kompatibel – die Anschlussdrähte sind zu dünn, zu kurz, zu lang, zu flexibel, nicht im Rastermaß oder haben die falsche Ausrichtung.

Prototypenadapter lösen dieses Problem. Auf ihnen sind die Bauteile jeweils auf einer kleinen Platine untergebracht, die wiederum über Stiftleisten verfügt, die in die Buchsenleisten der Steckboards passen. Die aufgedruckte Anschlussbelegung der Bauteile ist ein zusätzliches Plus bei den Prototypenadaptern. Um kompliziertere Bauteile nutzen zu können, ist in der Regel ein Anschlusschema erforderlich, z. B. aus einem Datenblatt mit entsprechendem Schaltbild. Bei der Verwendung eines Prototypenadapters ist die Pinbelegung hingegen auf der Platinenoberfläche aufgedruckt. Das erleichtert das Arbeiten sowohl mit komplexen als auch einfachen Bauteilen.


[Mehr Infos hier](#)

Batteriebetriebenes Powermodul PM-SB1 für Breadboard-Schaltungen

ELV



Anwendungsbeispiel



Abm. (B x H x T):
52 x 25 x 47 mm,
Gewicht: 18 g

EXKLUSIV

BAUSATZ

14,95 €

Artikel-Nr. 159562

[Zum Produkt](#)

- 3,3 V oder 5 V Ausgangsspannung
- Passt auf alle handelsüblichen Steckboards (Breadboards)
- Low-Bat.-Erkennung (< 2,3 V)
- Konstante Ausgangsspannung, auch bei sich ändernder Batteriespannung
- SMD-Bauteile bereits bestückt

Daten

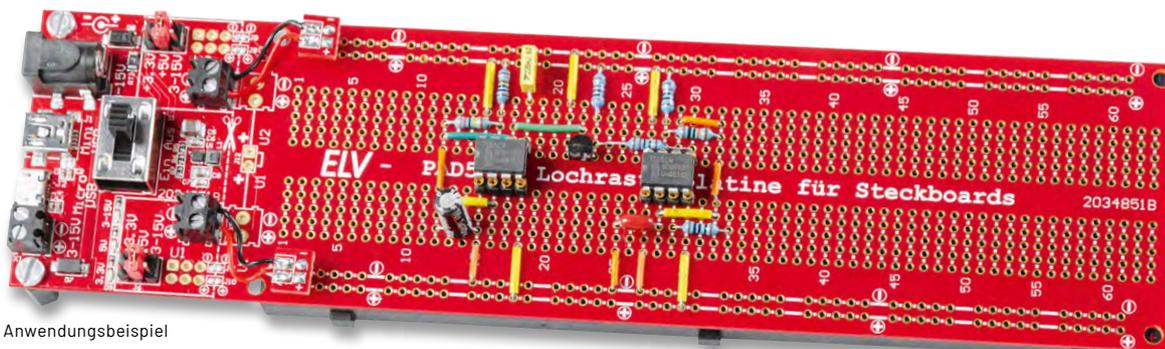
Geräte-Kurzbezeichnung:	PM-SB1
Versorgungsspannung (U _{Bat}):	2x 1,5 V LR03/Micro/AAA
Stromaufnahme (I _{Standby}):	2 mA (ohne Last)
Ausgangsstrom (I _{OUT}):	250 mA (@3,3 V); 200 mA (@ 5 V)
Low-Bat:	U _{Bat} < 2,3 V
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Sonstiges:	für Steckboards geeignet

Anwendungsbeispiele - PM-SB1:

- Energieversorgung für mobile Anwendungen auf dem Breadboard
- Auch einsetzbar als Powermodul auf Lochrasterplatten

Lochrasterplatine für Steckboards PAD5, mit Spannungsreglern

ELV



Anwendungsbeispiel

BAUSATZ

19,95 €

Artikel-Nr. 155289

[Zum Produkt](#)

- Identisches Layout, wie das eines 830-poligen Steckboards
- Integrierte Spannungsversorgungseinheit mit Spannungsausgängen für 3,3 V und 5 V, die auch separat betrieben werden kann
- Spannungsversorgungseinheit kann bei Bedarf abgetrennt und separat betrieben werden
- Die Elektronik dieser Spannungsversorgung ist auf Betriebssicherheit ausgelegt und mit zahlreichen Maßnahmen gegen Kurzschluss und Überlast ausgestattet
- Dank der schon vorbestückten SMD-Bauteile müssen nur noch mechanische Bauelemente angebaut und verlötet werden

+

Lochrasterplatine für PAD5

- Zusatzplatine zum PAD5
- Identisches Layout wie das eines 830-poligen Steckboards



9,95 €

Artikel-Nr. 155466

ELVjournal

Alle Ausgaben auf einen Blick!

Lesen Sie jetzt alle ELVjournal Ausgaben wann und wo Sie wollen – und das digital komplett kostenlos.
Wir haben alle ELVjournale von der ersten bis zur aktuellen Ausgabe übersichtlich für Sie zusammengestellt.



Zur Übersicht

ELVjournal Ausgabe 1/2023

Download-PDF

E-Paper

ELVjournal Redaktion



ELV Elektronik AG
Redaktion ELVjournal
Maiburger Straße 29-36
26789 Leer
Deutschland



redaktion@elvjournal.com

Wir wollen es wissen! Ihre Anwendungen und Applikationen

Leserwettbewerb



Welche eigenen kreativen Anwendungen und Applikationen haben Sie mit den ELV Haustechnik-Systemen, aber auch anderen Produkten und Bausätzen realisiert? Schreiben Sie uns, fotografieren Sie Ihre Applikation, berichten Sie uns von Ihren Erfahrungen und Lösungen. Die interessantesten Anwendungen werden redaktionell bearbeitet und im ELVjournal mit Nennung Ihres Namens vorgestellt.

Jede veröffentlichte Anwendung
belohnen wir mit einem

Gutscheincode

im Wert von **200,- €***

* Der Einsender der veröffentlichten Anwendung erhält einen Gutscheincode zur einmaligen Nutzung im Wert von 200,- €. Der Gutscheincode wird mit einer Bestellung verrechnet – ein etwaiger Restbetrag verfällt. Bei Rückabwicklung des Kaufvertrags oder eines Teils hiervon wird der gewährte Gutscheinbetrag vom zu erstattenden Kaufpreis abgezogen, sofern durch die Ausübung des Widerrufsrechts und der Rückabwicklung der Gesamtwarenwert von 200,- € unterschritten wird. Auszahlung/Verrechnung mit offener Rechnung sowie Gutschrift nach Widerruf sind nicht möglich. Der Gutscheincode ist nicht mit anderen Aktionen kombinierbar. Die Auswahl der Veröffentlichungen wird allein durch die ELV Redaktion ausschließlich nach Originalität, praktischem Nutzen und realisierter bzw. dokumentierter Ausführung vorgenommen, es besteht kein Anspruch auf Veröffentlichung, auch bei themengleichen Lösungen. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Ihre Einsendungen senden Sie per Brief oder Mail mit dem Stichwort „Leserwettbewerb“ an:

ELV Elektronik AG, 26789 Leer, Deutschland
oder leserwettbewerb@elv.com

Impressum

Herausgeber:

ELV Elektronik AG
Maiburger Straße 29-36, 26789 Leer, Deutschland
Telefon 0491/6008-0
E-Mail: redaktion@elvjournal.com

Chefredaktion:

Prof. H.-G. Redeker

Redaktionsleitung:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Arends, verantwortlich

Technisches Layout:

Silvia Heller, Wolfgang Meyer, Annette Schulte,
Dipl. Ing. (FH) Martin Thoben

Satz und Layout:

Franziska Giesselmann, Andrea Rom

Redaktion:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Arends, Markus Battermann (M. Eng.),
Dipl.-Ing. (FH) Karsten Beck, Dipl.-Ing. Bartholomeus Beute,
Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Boekhoff, Wilhelm Brückmann,
Dipl.-Ing. (FH) Gerd Busboom, Markus Cramer (M. Sc.),
Dipl.-Ing. (FH) Timo Friedrichs, Dipl.-Inf. Andreas Gabel,
Dipl.-Ing. (FH) Frank Graß, Alfred Grobelnik, Stephan Fabry (M. Eng.),
Dipl.-Ing. (FH) Fredo Hammiediers, Lothar Harberts,
Dipl.-Ing. (FH) Christian Helm, Julian Kaden (M. Eng.), Damian Krause,
Nikolai Krause, Dipl.-Ing. (FH) Karsten Loof, Marcel Maas (M. Eng.),
Simon Mählmann (B. Eng.), Hilko Meyer (M. Eng.), Tammo Post (M. Eng.),
Andreas Prast (Bachelor Professional), Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Reck,
Helga Redeker, Dipl.-Ing. (FH) Keno Reiß, Dipl.-Wi-Inf. (FH) Frank Sanders,
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Schäfer, Kevin Schönig (M. Eng.),
Bastian Schmidt (B. Eng.), Udo Schoon (M. Eng.),
Dirk Stüben, Dipl.-Ing. (FH) Heiko Thole, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Wiemken,
Dipl.-Ing. (FH) Markus Willenborg, Florian Willms (M. Sc.),
Sebastian Witt (B. Eng.), Dipl.-Ing. (FH) Matthias Ysker

Lithografie:

KruseMedien GmbH
48691 Vreden
Telefon: +49 2564 5686-110
www.krusemedien.com
Verantwortlicher: Udo Wesseler

Urheberrechte:

Alle Inhalte dieses ELVjournals, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der ELV Elektronik AG. Bitte fragen Sie, falls Sie die Inhalte dieses Internetangebots verwenden möchten.

Patente und Marken:

Sämtliche Veröffentlichungen erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patent- oder Gebrauchsmusterschutzes. Bei den verwendeten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Marken handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber markenmäßig benutzt werden dürfen.

Eingesandte Beiträge:

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Eine Haftung wird für diese Gegenstände nicht übernommen.

Gesetzliche Bestimmungen:

Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Erwerb, Herstellung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Haftungsausschluss:

Der Herausgeber übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Artikel und sonstigen Beiträge.

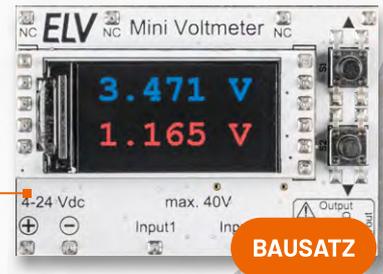
ELV

Mini-Voltmeter MVM 1 mit TFT-Display

- 2 Spannungen bis 40 V gleichzeitig messbar, Versorgungsspannungsbereich: 4–24 V
- Verschiedene Anzeigemodi (digital, analog, Bargraph, Plotter) auf dem TFT-Display (0,96", 80 x 160 Pixel)
- Auto-Range oder feste Einstellung für 6-V- oder 40-V-Messbereich
- Messung im mV-Bereich, Genauigkeit ADC-Wandler 12 Bit (Oversampling: 16 Bit)
- Nutzung im Stand-alone-Betrieb, Steckbrett-kompatibel
- Addition/Subtraktion der beiden Messwerte möglich, dadurch z. B. auch Messung über ein Bauteil in einer Schaltung möglich

+ Gleich mitbestellen:
Strommessadapter SMA1 - Artikel-Nr. 156606 - 17,95 €

Abm. (B x H x T) MVM1: 40,3 x 30,3 x 17 mm



26,95 €

Artikel-Nr. 156596

[Zum Produkt](#)

2

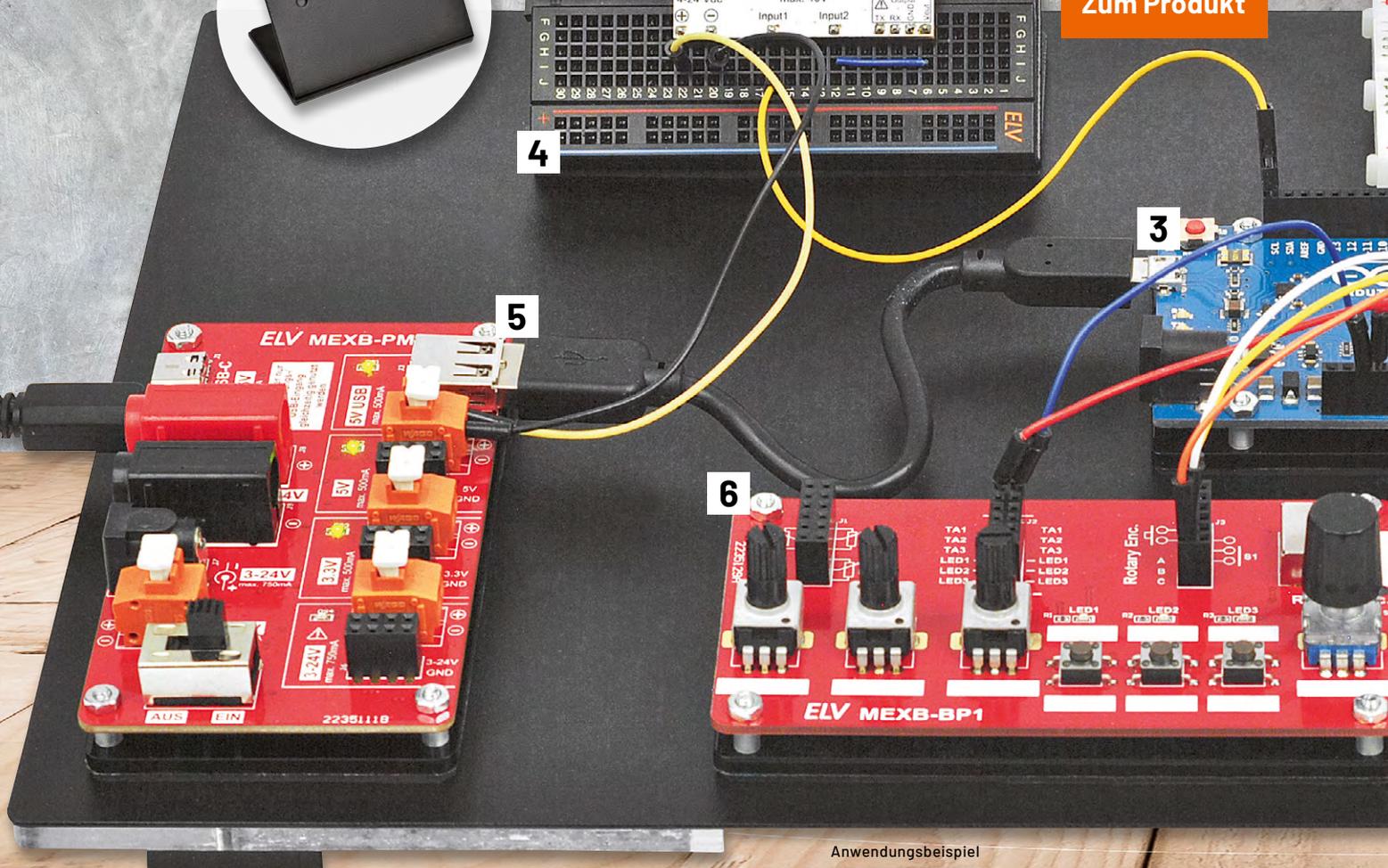


4

5

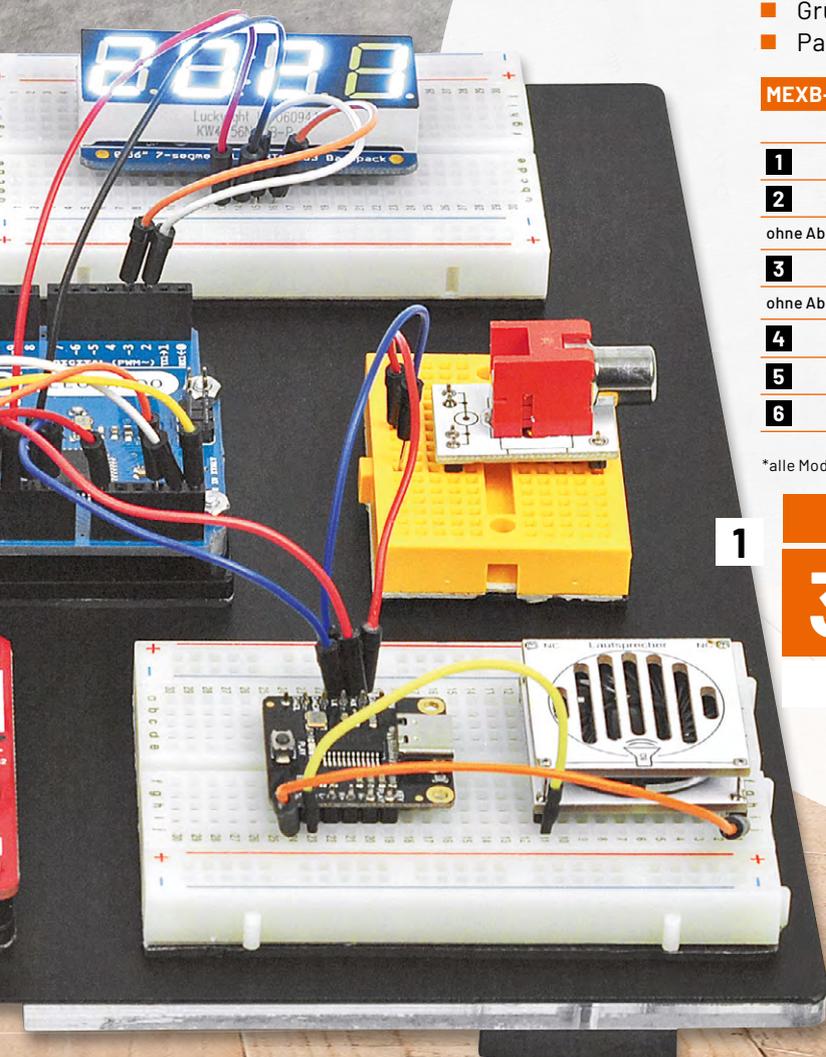
6

3



Anwendungsbeispiel

Schaltungen ganz flexibel



ELV

Modulares Experimentierboard MEXB

- Vielseitiges Experimentiersystem - anpassbar auf eigene Bedürfnisse
- Verschiedene Komponenten (Breadboards, Modulträger, Winkel usw.) mittels Magnetfolie auf der Grundplatte fixierbar
- Grundplatte und Zubehör pulverbeschichtet
- Passende Transportbox als Zubehör erhältlich

MEXB-Komponenten:

		Artikel-Nr.	Preis
1	MEXB-Grundplatte (mit Magnetfolie DIN A4)	156958	39,95 €
2	MEXB-Winkel	156959	6,95 €
ohne Abb.	MEXB-Modulträger für Raspberry Pi*/Zero	156962	7,95 €
3	MEXB-Modulträger für Arduino UNO/Leonardo	156960	7,95 €
ohne Abb.	MEXB-Modulträger für MEGA 2560	156961	7,95 €
4	ELV Steckplatine mit 830 Kontakten, schwarz	250986	6,95 €
5	Powermodul MEXB-PM	157276	34,95 €
6	MEXB-Bedienpanel für Experimentierboards	157431	21,95 €

*alle Modelle ab Version A

1

MEXB-Grundplatte

39,95 €

Artikel-Nr. 156958

[Zum Produkt](#)



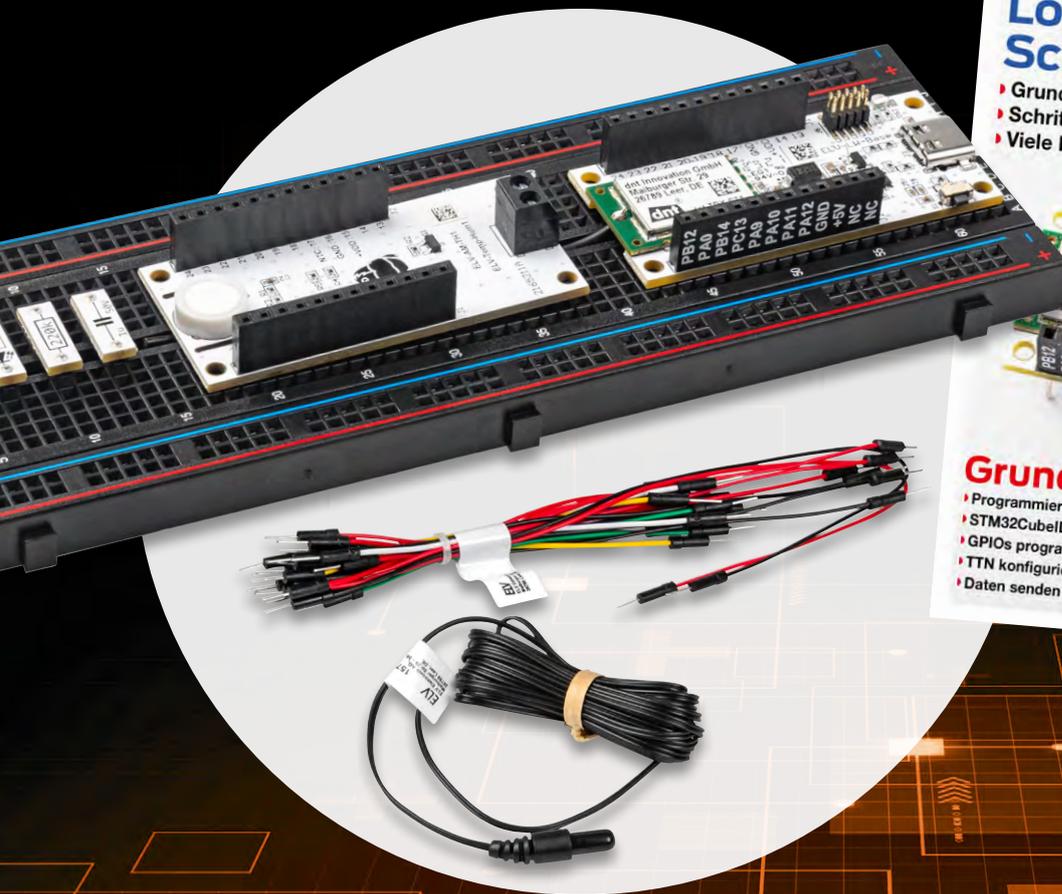
Abm (B x H x T): 310 x 5 x 220 mm

LoRaWAN[®] entdecken

Experimente mit Temperatur und Luftfeuchte

Experimentierset – LoRaWAN[®]-Programmierung + Make-Sonderheft

Das LoRaWAN[®]-Experimentierset enthält ein Basis-Board mit LoRaWAN[®]-Funkmodul, um in die Welt des Internets der Dinge (IoT) einzutauchen. Ein besonderes Merkmal dieses Sets ist das Aufsteckmodul mit einem Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor, der es ermöglicht, Umweltdaten präzise zu erfassen.



64,90 €

Artikel-Nr. 254161

Zum Bundle

Inhalt des Sets

- 1x ELV-LW-Base ELV-BM-TRX1
- 1x ELV Applikationsmodul Temperatur Luftfeuchte ELV-AM-TH1
- 1x ELV Steckplatine 830 Kontakte – schwarz
- 1x Fotodioden-Platine BPW34-S (CM-SB-01)
- 1x LED-Platine - rot (CM-DL-R01)
- 1x Widerstands-Platine – 220 kΩ (CM-RF-224-A)
- 1x Kondensator-Platine – 1 µF (CM-CF-105-A)
- 1x Kabelset Typ 01

Experimentierset

LoRaWAN[®]-Programmierung, einzeln
Artikel-Nr. 160827 – 49,95 €

Interesse geweckt?

Weitere Make-Bundles mit Experimentierset und Make-Sonderheft finden Sie hier:

Artikel-Nr. 253005

Artikel-Nr. 252102