



Best.-Nr.: 150807
Version: 1.0
Stand: Februar 2017

NE555-Experimentier- und -Anwenderboard

NE555-EXB und NE555-AWS

Technischer Kundendienst

Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

ELV · Technischer Kundendienst · Postfach 1000 · 26787 Leer · Germany

E-Mail: technik@elv.de

Telefon: Deutschland 0491/6008-245 · Österreich 0662/627-310 · Schweiz 061/8310-100

Häufig gestellte Fragen und aktuelle Hinweise zum Betrieb des Produktes finden Sie bei der Artikelbeschreibung im ELV-Web-Shop: www.elv.de ...at ...ch

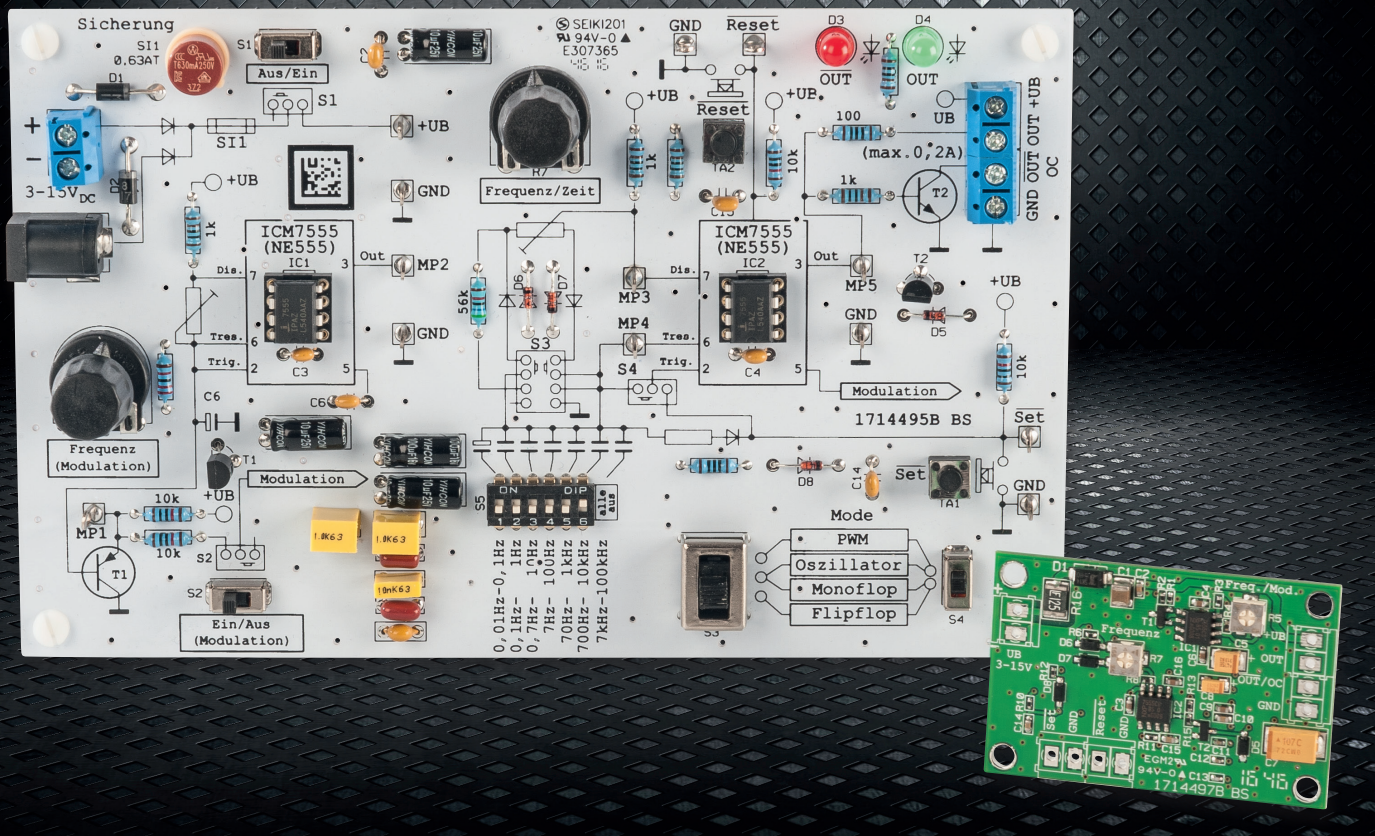
Nutzen Sie bei Fragen auch unser ELV-Techniknetzwerk: www.netzwerk.elv.de

Reparaturservice

Für Geräte, die aus ELV-Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instand gesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag.

Bitte senden Sie Ihr Gerät an: **ELV · Reparaturservice · 26787 Leer · Germany**

ELV Elektronik AG · Maiburger Straße 29–36 · 26789 Leer · Germany
Telefon 0491/6008-88 · Telefax 0491/6008-7016 · www.elv.de



Elektronik von Grund auf

NE555-Experimentier- und -Anwenderboard

Infos zum Bausatz
im ELV-Web-Shop
#10055

Kaum ein aktives Bauteil der Elektronik hat solch eine Berühmtheit und eine so enorme Anwendungsbreite erzielt, und nur wenige Bauteile haben ein solch langes „Leben“ hinter sich. Der NE555 ist DER Klassiker der Elektronik – Grund genug, sich auch heute noch mit seinen Möglichkeiten zu beschäftigen und diesen äußerst vielseitigen Schaltkreis in eigenen Schaltungen einzusetzen. Genau dem dient die Kombination aus NE555-Experimentier- und -Anwenderboard.

NE555 – der Klassiker

Wer kennt ihn nicht, den Timerbaustein NE555? Dieser von Signetics im Jahr 1972 entwickelte Schaltkreis ist wohl jedem bekannt, der sich mit Elektronik beschäftigt. Bis heute wird dieser Timerbaustein eingesetzt, der zu den meistverkauften Halbleiterbausteinen weltweit gehört und geradezu Kultstatus genießt. Versuchen Sie doch einmal, in Ihrem Landkreis oder Ihrer Stadt ein Autokennzeichen mit diesem Kürzel anzumelden – garantiert schon vergeben!

Vielleicht sind die einfache Handhabung und die für die damalige Zeit (1972) geniale Einfachheit der Schlüssel zum Erfolg. Es lassen sich zahlreiche Schaltungen mit dem NE555 realisieren. Zu den Klassikern gehören natürlich Oszillator- und Zeitverzögerungsschaltungen. Jahrzehntlang haben sich Autoren und Tüftler damit beschäftigt, was sich sonst noch alles mit diesem Baustein anstellen lässt. Zahlreiche Bücher sind zu diesem Thema geschrieben worden. Der NE555 ist einfach aufgebaut und die verwendete

Daten NE555-EXB	Geräte-Kurzbezeichnung:	NE555-EXB
	Versorgungsspannung:	3–15 V _{DC}
	Stromaufnahme:	0,26 A max.
	Ausgangsfrequenz:	100 kHz max.
	Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
	Lagertemperatur:	-40 bis +85 °C
	Abmessungen (B x H):	160 x 100 mm
	Gewicht:	80 g

Daten NE555-AWS	Geräte-Kurzbezeichnung:	NE555-AWS
	Versorgungsspannung:	3–15 V _{DC}
	Stromaufnahme:	0,26 A max.
	Ausgangsfrequenz:	100 kHz max.
	Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
	Lagertemperatur:	-40 bis +85 °C
	Abmessungen (B x H):	51 x 34 mm
	Gewicht:	8 g

Schaltungstechnik ist eigentlich sehr verständlich. Doch die wenigsten beschäftigen sich wirklich mit der Funktionsweise des NE555. Wer einen Oszillator mit einem NE555 bauen will, sucht sich die entsprechende Schaltung in der Literatur oder im Internet und wendet den Schaltkreis einfach an. Dabei birgt der NE555 unendlich viele Möglichkeiten, die der Elektroniker kaum einmal tiefer ergründet. Dazu aber soll dieser Artikel sowie die vorgestellte Experimentierplattform anregen. Denn wer sich einmal ausgiebig mit der Funktionsweise beschäftigt hat, stellt schnell fest, wie einfach und zugleich genial die Technik des NE555 ist. Mit den gewonnenen Erkenntnissen lassen sich auch eigene Ideen umsetzen – dabei hilft das ebenfalls vorgestellte Anwenderboard. In der vorliegenden Kombination sind die beiden Boards übrigens auch eine hervorragende Plattform für die Ausbildung!

Experimentieren, messen, testen und praktisch anwenden

Um die Funktionsweise des NE555 besser verstehen zu können, haben wir das Experimentierboard NE555-EXB (Bild 1) entwickelt. Die Platine ist großzügig dimensioniert und dient zum Testen, Messen und Experimentieren. Die wichtigen Funktionsblöcke sind oben auf der Platine aufgedruckt. An allen wichtigen Schaltungspunkten befinden sich Messpunkte, an die z. B. ein Oszilloskop angeschlossen werden kann.

Die Bezeichnung lautet zwar NE555-xxx, es werden aber die CMOS-Varianten ICM7555 eingesetzt, da diese ICs weniger Strom benötigen. Sie sind von der Funktion her identisch (siehe auch Abschnitt „NE555 oder ICM7555?“).

Das Besondere an diesem Board ist, dass die vier Grundschaltungen Oszillator, PWM-Modulator, Monoflop und Flipflop durch einfaches Umschalten von zwei Schaltern ausgewählt werden können. Ein Lötkolben ist also zum Verändern der Parameter nicht notwendig. Die frequenzbestimmenden Kondensatoren werden mittels eines DIP-Schalters zugeschaltet.

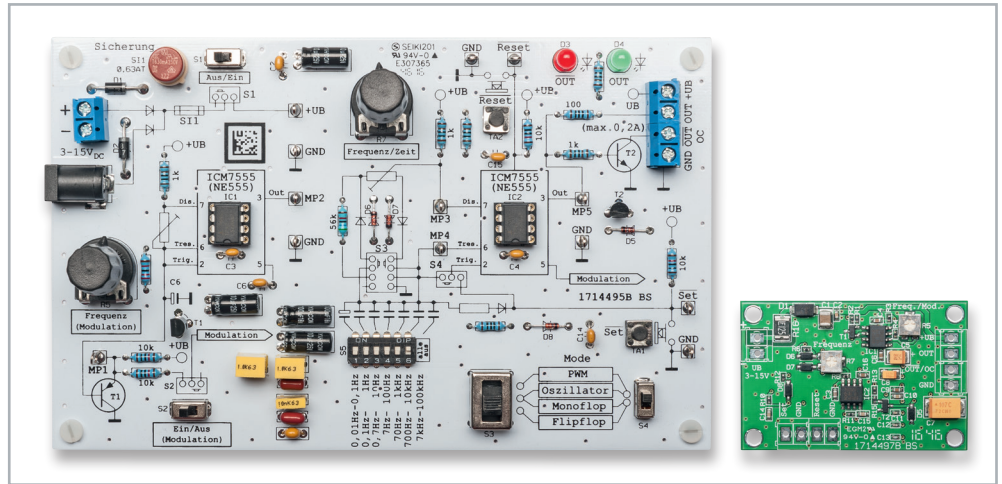


Bild 1: Beide Platinenvarianten im direkten Vergleich, links das Experimentierboard NE555-EXB, rechts das Anwenderboard NE555-AWS

Mithilfe von Potentiometern kann auf einfache Weise die Oszillatorfrequenz bzw. die Timerzeit verändert werden.

Es stehen zwei Ausgänge zur Verfügung. Der Ausgang „OUT“ führt über einen 100-Ω-Widerstand direkt auf den Ausgang des ICM7555. Der Widerstand schützt den Ausgang bei einem Kurzschluss. Der zweite Ausgang ist als „Open Collector“ ausgeführt und wird von einem Transistor (T2) getrieben, der einen Ausgangsstrom von 0,2 A schalten kann.

Es gibt zwei ICM7555 auf der Platine: IC2 ist der Hauptoszillator, während der zweite Oszillator IC1 nur der Modulation des Hauptoszillators dient. Hierdurch ist ein auf- und abschwellender Ton erzeugbar (amerikanische Polizeisirene).

Die Spannungsversorgung kann wahlweise über Batterien oder ein Steckernetzteil erfolgen. Das Experimentierboard ist für praktische Anwendungen wie z. B. den Einbau in ein Gerät natürlich nicht so gut geeignet. Aus diesem Grund gibt es die Schaltung in SMD-Ausführung als Anwenderschaltung NE555-AWS. Die Platine ist durch den Einsatz von SMD-Bauteilen sehr kompakt. Die Auswahlsschalter wurden durch Lötbrücken ersetzt. Die durch Experimentieren und Testen gefundene Schaltungsvariante mit entsprechender Dimensionierung der Kondensatoren kann direkt auf die Anwenderschaltung übertragen werden, da beide Schaltungen von der Funktion her identisch sind und auch alle Bauteilreferenzbezeichnungen gleich sind.

NE555 (ICM7555) – Grundfunktion

Der NE555 (ICM7555) ist ein integrierter Timerbaustein, dessen Innenleben recht einfach aufgebaut ist. Wie man im Blockschaltbild (Bild 2) erkennt, besteht dieser Baustein aus einem Flipflop [3] und einem Fensterkomparator, der mit zwei Operationsverstärkern reali-

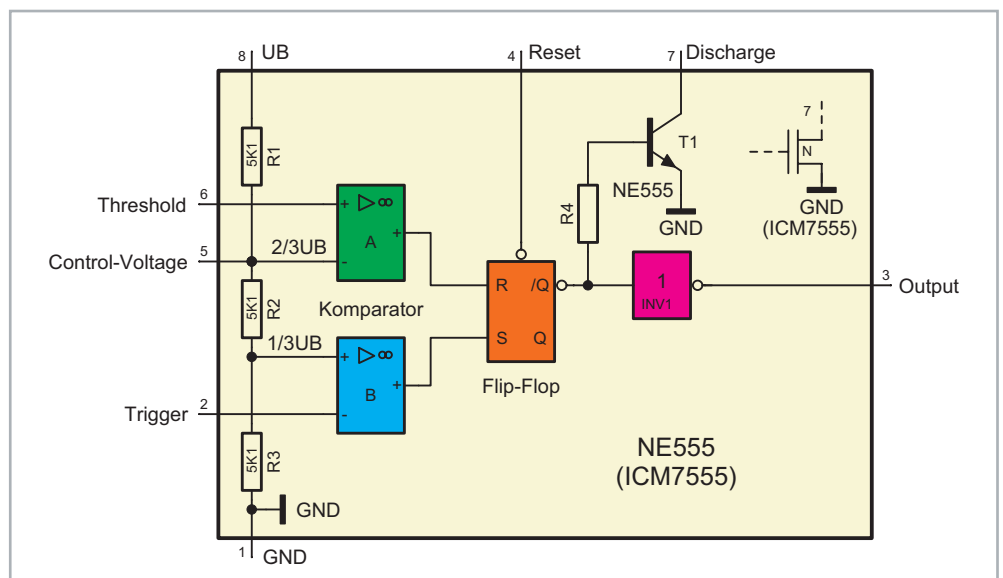


Bild 2: Das Blockschaltbild des NE555/ICM7555

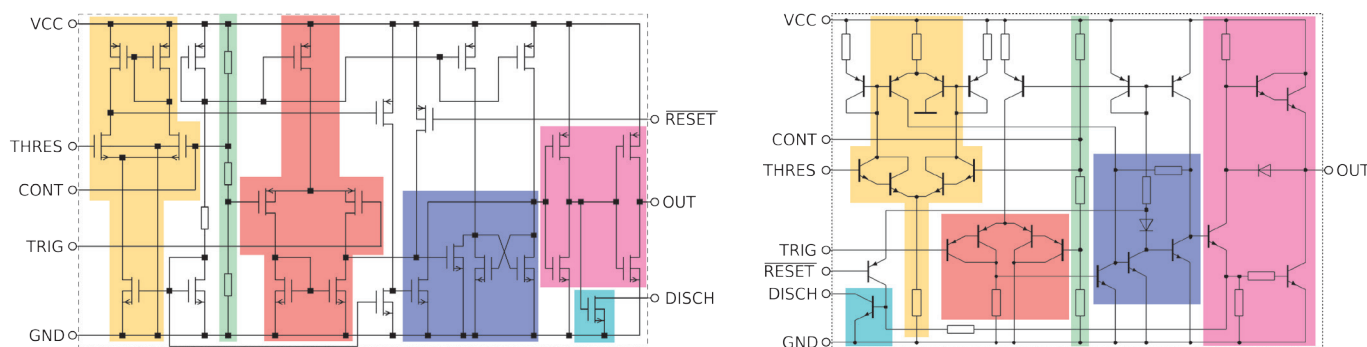


Bild 3: CMOS- und Bipolar-Version im Vergleich. Quelle: By Wdwd (Own work, GFDL CC BY 3.0). Siehe auch [4]

siert ist. Das Flipflop ist eine bistabile Kippstufe mit zwei möglichen Ausgangszuständen. Entweder ist der Q-Ausgang auf High-Pegel und der /Q-Ausgang auf Low-Pegel oder umgekehrt. Mit dem Eingang „S“ (Set) wird das Flipflop gesetzt und mit „R“ (Reset) zurückgesetzt. Gesetzt bedeutet, dass der Ausgang Q High-Pegel führt. Zusätzlich kann über den externen Anschluss „Reset“ mit einem Low-Pegel ein Reset durchgeführt werden. Ein Reset kann also über den internen „R“ (Reset) oder über den externen Reset-Eingang durchgeführt werden, wobei der externe Reset Vorrang hat.

Über einen Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen R1 bis R3, werden die Spannungsreferenzen für die beiden Komparatoren festgelegt. Die Schaltschwelle des oberen Komparators „A“ liegt bei $2/3$ der Betriebsspannung U_B . Bei einer Betriebsspannung von 9 V wären das 6 V ($9 \text{ V} \times 2/3$). Steigt die Spannung am zugehörigen Eingang „Threshold“ auf über $2/3$ von U_B , wechselt der Komparatorausgang 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. Wie man sieht, erfolgt die Steuerung des Flipflops mit den beiden Eingängen „Trigger“ (Setzen) und „Threshold“ (Zurücksetzen/Reset). Das Flipflop besitzt, wie schon erwähnt, einen Q- und einen /Q-Ausgang. Ist das Flipflop gesetzt, liegt „Q“ auf High- und der andere Ausgang „/Q“ auf Low-Pegel. Wie man im Blockschaltbild (Bild 2) erkennt, führt der /Q-Ausgang über einen Inverter zum Anschluss (Output).

An den /Q-Ausgang ist über den Widerstand R4 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 Grundschaltung erklärt.

Beim internen Spannungsteiler ist der Knotenpunkt „ $2/3U_B$ “ als Anschluss herausgeführt (Control Voltage). In erster Linie wird hier ein externer Kondensator angeschlossen, um die Spannung am

Spannungsteiler bei Schwankungen der Versorgungsspannung zu stabilisieren. Durch eine extern zugeführte Spannung an „Control Voltage“ lassen sich aber auch die Referenzspannungen des Spannungsteilers in gewissen Grenzen manipulieren. Dies kann z. B. bei einer Oszillatorschaltung zur Frequenzbeeinflussung genutzt werden. Aus diesem Grund wird dieser Eingang als „Control Voltage“, was übersetzt Steuerspannung heißt, bezeichnet.

Mit einfachen Worten kann man sagen, das Flipflop wird gesetzt, wenn die Spannung am Eingang „Trigger“ unterhalb $1/3$ von U_B fällt. Steigt die Spannung am Eingang „Threshold“ auf über $2/3$ von U_B , wird das Flipflop zurückgesetzt. Die detaillierte Beschreibung erfolgt an praktischen Beispielen in den nächsten Absätzen.

NE555 oder ICM7555?

Die Frage müsste eigentlich lauten: bipolar oder CMOS? Im Laufe der Zeit wurde der NE555 weiterentwickelt, und es entstand eine moderne CMOS-Variante. Eine Technologie in CMOS bietet den wesentlichen Vorteil, dass weniger Energie verbraucht, also weniger Strom benötigt wird. Die herkömmlichen Transistoren, mit denen ja der NE555 aufgebaut ist, wurden durch CMOS-Transistoren ersetzt (siehe Bild 3). Die Funktion beider Varianten ist identisch und somit sind diese kompatibel. Es gibt allerdings ein paar geringe Unterschiede, was die Strombelastbarkeit der Ausgänge angeht. In 90 % der Fälle kann ein NE555 gegen die CMOS-Variante getauscht werden.

Die verschiedenen Varianten sind an den Bauteil-Bezeichnungen erkennbar:

Bipolar-Variante: NE555, LM555, MC14555, KA555

CMOS-Variante: ICM7555, TLC555, LMC555

Schaltung

In den Bildern 4 und 5 sind die Schaltbilder für das NE555-EXB und das NE555-AWS dargestellt. Technisch gesehen sind beide Schaltbilder identisch, lediglich bei der Spannungsversorgung gibt es geringe Unterschiede.

Wie man erkennt, kommen zwei ICM7555, also der CMOS-Ersatz für den NE555, zum Einsatz. IC1 ist als Oszillator mit einem festen Frequenzbereich aufgebaut. Wie genau die Oszillatorschaltung funktioniert, erfährt man im Abschnitt „Grundschaltung Oszillator“. Dieser mit IC1 realisierte Oszillator dient nur zur Modulation des zweiten, mit IC2 aufgebauten Oszillators. Genutzt wird die annähernd dreieckförmige Spannung am Kondensator C5. Eine echte Dreiecksspannung würde man allerdings nur mit einem konstanten Lade- und Entladestrom erreichen. Über einen Vorwiderstand als Ladestrombegrenzung ergibt sich eine exponentielle Kurve. Die Kondensatorspannung gelangt auf einen als Emitterfolger geschalteten Transistor T1, der zur Entkopplung (Impedanzwandler) dient. Die Modulation kann mit dem Schalter S2 bzw. dem Jumper J1-A aktiviert werden, wodurch das Modulationssignal auf den

Steuereingang (Control Voltage/Pin 5) des zweiten Oszillators gelangt. Die Modulationsfrequenz kann mit dem Trimmer R5 in einem Bereich von 0,1 bis 1 Hz verändert werden.

Der zweite Schaltungsteil mit IC2 ist etwas komplizierter aufgebaut. Durch die Außenbeschriftung sollen unterschiedliche Betriebsmodi möglich sein. Der zeitbestimmende Kondensator kann mithilfe des

DIP-Schalters bzw. der Jumper J5-x ausgewählt werden. Es sind Kondensatorwerte von 47 pF (C13) bis 100 µF (C7) möglich. So können unterschiedliche Frequenzen bzw. Timerzeiten eingestellt werden. Durch die Kombination der Schalter „Mode 1“ und „Mode 2“ können unterschiedliche Grundschaltungen wie z. B. Oszillator, PWM-Generator usw. bequem ohne Lötarbeiten ausgewählt werden. Bei der Anwenderschal-

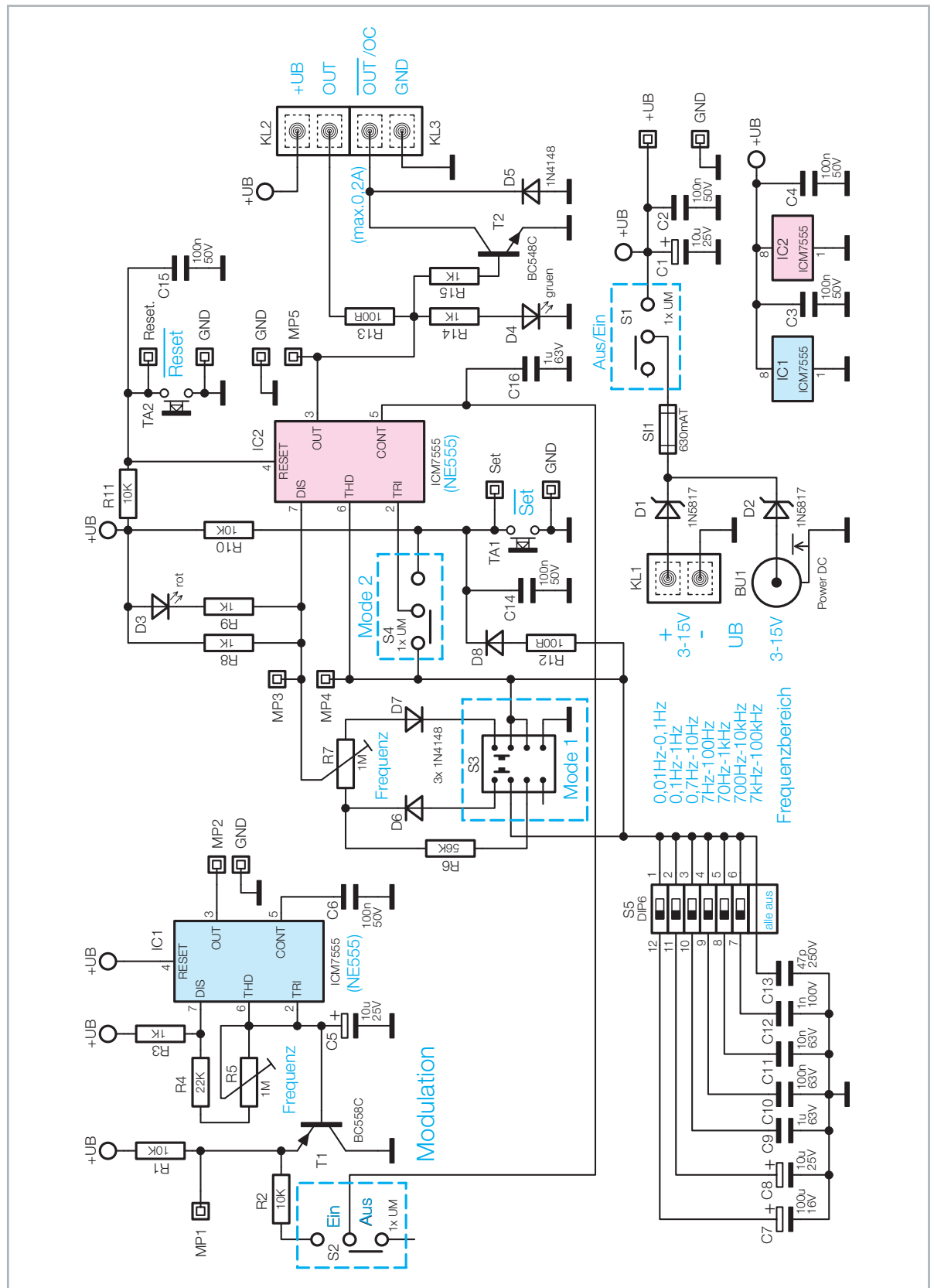


Bild 4: Das Schaltbild des Experimentierboards NE555-EXB

tung müssen allerdings die entsprechenden Jumper gebrückt (verlötet) werden, die man vorher am Experimentierboard ermittelt hat. Welche Bauteile für welchen Betriebsmode aktiviert werden, ist in den folgenden Abschnitten erklärt.

Eine Frequenz- bzw. Zeiteinstellung erfolgt mit dem Trimmer R7. Pin 3 von IC2 bildet den Ausgang, der über den Widerstand R13 auf den Anschluss „OUT“

führt. Für höhere Ströme gibt es einen Schaltertransistor T2, der als „Open Collector“ geschaltet ist, um z. B. ein Relais anzusteuern. Dieser Ausgang ist als „/OUT“ (OC) bezeichnet und kann max. 200 mA schalten. Die Diode D5 ist eine Freilaufdiode, sie schützt den Transistor T2 bei induktiven Lasten (Relais). Für die Betriebsmodi Flipflop und Monoflop sind zwei Taster (Set und Reset) bzw. die entsprechenden Eingänge vorhanden.

Beim Experimentierboard NE555-EXB wird der Ausgangszustand über zwei Leuchtdioden angezeigt. Die grüne LED (D4) ist über den Vorwiderstand R14 direkt mit dem Ausgang des Timers IC2 verbunden und zeigt einen High-Pegel am Ausgang an. Liegt am Ausgang ein Low-Pegel an, wird die rote LED D3 aktiv, die über den Vorwiderstand R9 mit dem internen Entladetransistor am Anschluss „Discharge“ (Pin 7) verbunden ist. Im Prinzip hätte man die LEDs auch direkt am Ausgang Pin 3 nach UB schalten können, aber dies würde zu einer unnötigen Strombelastung führen. Bei der Anwenderschaltung sind diese beiden LEDs nicht vorhanden. Beim NE555-EXB kann die Versorgungsspannung zum einen über den Hohlsteckerkontakt BU1 oder die Klemme KL1 zugeführt werden. Beim NE555-AWS ist dies der Anschluss „UB 3-15V“. Wie die Bezeichnung verrät, kann die Versorgungsspannung im Bereich von 3 bis 15 V liegen. Beim Experimentierboard dient eine Sicherung (SI1) zum Schutz der Schaltung, während beim NE555-AWS ein reversibler PTC-Widerstand diese Aufgabe erfüllt. Die Dioden D1 (D2) dienen bei beiden Schaltungsvarianten als Verpolungsschutz. Beim Experimentierboard ist zusätzlich noch ein Ein-/Aus-Schalter für die Betriebsspannung vorhanden.

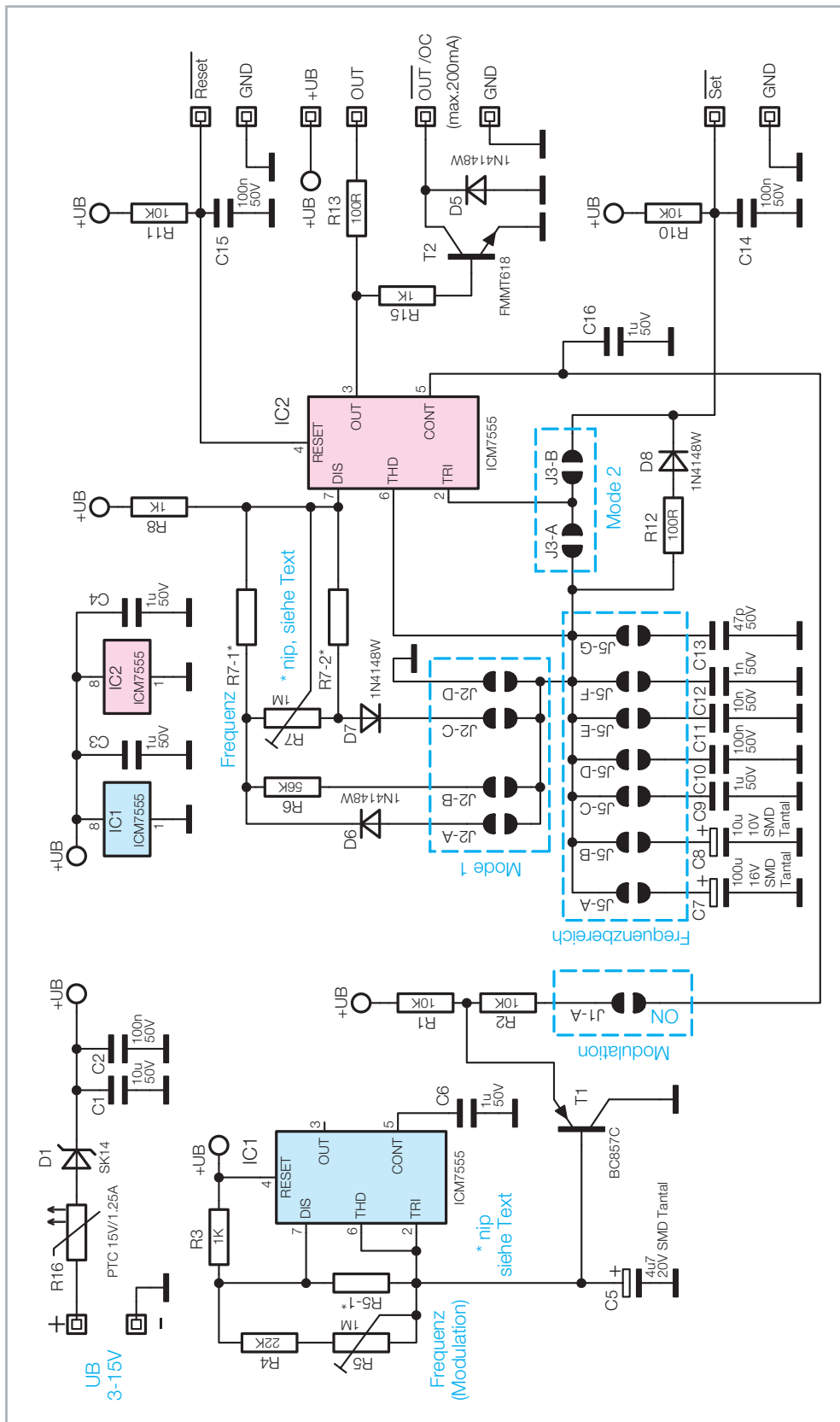


Bild 5: Das Schaltbild der Anwendungsschaltung NE555-AWS

Die Grundsaltungen und Experimente

Grundsaltung – Flipflop
 Einen NE555 als Flipflop zu beschalten ist wohl die Schaltung mit dem minimalsten Aufwand. Schließlich ist ein wesentlicher Bestandteil des NE555 ein Flipflop, genauer gesagt ein RS-Flipflop. Diesen gilt es, mittels der vorgeschalteten internen Komparatoren zu steuern.

In Bild 6 ist die Grundsaltung mit zugehörigem Zeitdiagramm dargestellt. Die rot hervorgehobenen Schaltungsteile sind die in diesem Mode aktiven Bauelemente.

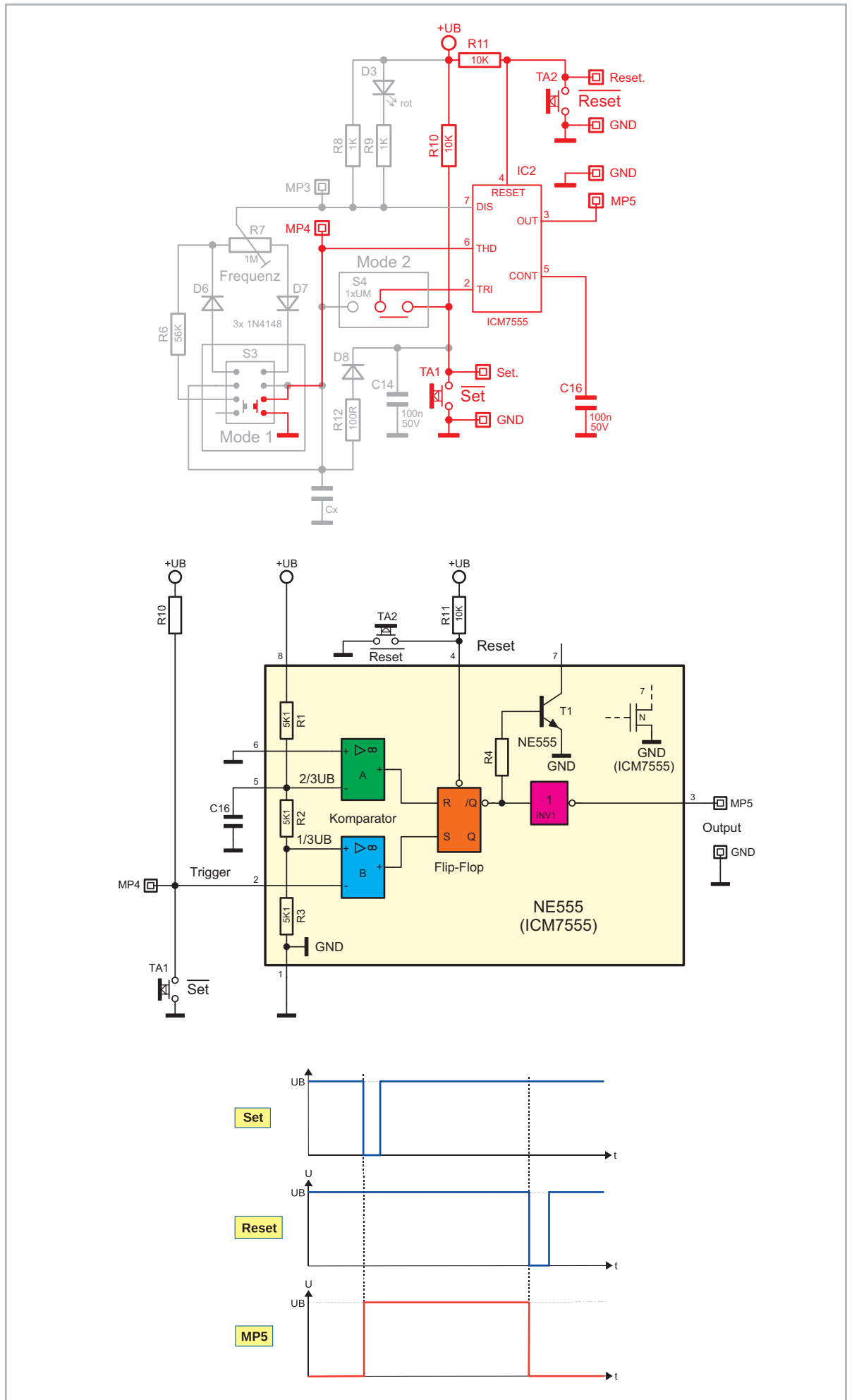


Bild 6: Die Grundschtung „Flipflop“

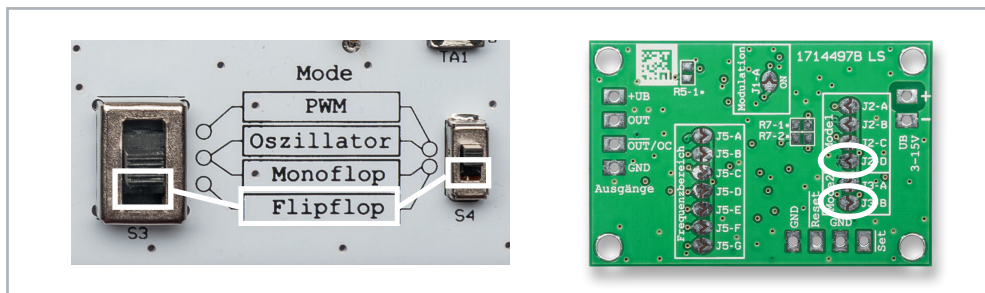


Bild 7: So werden die Jumper für den Mode „Flipflop“ gesetzt.

In Bild 7 sind die Schalter- bzw. Jumperstellungen für diesen Mode dargestellt. Beim Anwenderboard müssen J2-D und J3-B gebrückt werden.

Wie wir im Abschnitt „NE555 (ICM7555) – Grundfunktion“ erfahren haben, hat man über die beiden Eingänge „Threshold“ und „Trigger“ Zugriff auf die Komparatoren A und B und somit auch indirekt Zugriff auf das Flipflop. Das Flipflop kann gesetzt werden, indem die Spannung an „Trigger“ unterhalb von $1/3$ UB sinkt. Im Normalfall liegt „Trigger“ über R10 auf Pegel der Betriebsspannung UB. Durch den Taster TA1 bzw. den Eingang „/Set“ kann der Eingang „Trigger“ auf Masse gezogen werden. Jetzt ist die Schaltschwelle des Komparators A unterschritten, und das Flipflop des NE555 wird gesetzt. Der Ausgang „Output“ des NE555 führt jetzt High-Pegel.

Im Prinzip kann das Flipflop durch eine Spannung größer als $2/3$ UB am Eingang „Threshold“ zurückgesetzt werden. Damit beide Steuereingänge low-aktiv sind, wird das Flipflop durch einen Low-Pegel am Anschluss „/Reset“ zurückgesetzt, der normalerweise über R11 an +UB liegt. Der Eingang „Threshold“ liegt in unserem Fall auf Masse und hat keine Funktion.

Grundschaltung – Monoflop

Eine sehr häufige Anwendung für einen NE555 ist die Erzeugung von zeitlich begrenzten Impulsen, wie sie z. B. bei Ausschaltverzögerungen benötigt werden. 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.

In Bild 8 ist die Grundschaltung mit zugehörigem Zeitdiagramm dargestellt. Die rot hervorgehobenen Schaltungsteile sind die in diesem Mode aktiven Bauelemente. In Bild 9 sind die Schalter- bzw. Jumperstellungen für diesen Mode dargestellt.

Aus dem Grundmodus Flipflop wissen wir, dass das interne Flipflop des NE555 durch die beiden Steuer- bzw. Komparatoreingänge „Trigger“ gesetzt und mit „Threshold“ zurückgesetzt wird.

Durch den Taster TA1 bzw. dem Eingang „/Set“ wird der Eingang „Trigger“ kurz auf Masse gezogen und das Flipflop gesetzt. Normalerweise liegt „Trigger“ über R10 auf UB. Der Ausgang MP5 wechselt nun auf High-Pegel. Über die Widerstände R6 bis R8 wird der Kondensator Cx anschließend aufgeladen, was man an der steigenden Ladekurve im Zeitdiagramm (Bild 8 unten) sieht.

Die Kondensatorspannung von Cx ist mit dem Eingang „Threshold“ des Komparators A verbunden. Erreicht die Spannung am Kondensator $2/3$ der Betriebsspannung UB, schaltet der Ausgang des Komparators A auf High-Pegel und setzt das Flipflop zurück. Möchte man einen erneuten Impuls erzeugen, ist dies durch Betätigen des Taster TA2 (Set) möglich. Mit der Diode D8 und dem Widerstand R8 wird eine mögliche vorhandene Restspannung von Cx, gleichzeitig beim Betätigen von „/Set“ entladen.

Grundschaltung – Oszillator

Die Oszillatorschaltung ist wohl die häufigste Anwendung für den NE555. Wie die Schalter bzw. die Lötbrücken gesetzt werden müssen, um diese Betriebsart zu aktivieren, ist in Bild 11 dargestellt. Beim Anwenderboard müssen J2-B und J3-A gebrückt werden.

Der Frequenzbereich kann beim NE555-EXB direkt über die DIP-Schalter bzw. beim NE555-AWS durch das Auflöten einer Brücke ausgewählt werden. Bei der kleinen Anwenderschaltung reicht der Platz für eine Beschriftung auf der Platine nicht aus. Aus diesem Grund entnimmt man die Auflistung der Frequenzen und die Jumper-Zuordnung der Tabelle 1.

Die Modulation sollte deaktiviert sein, also Schalter S2 auf „Aus“ bzw. Jumper J1-A nicht bestückt. Zu der Funktion „Modulation“ kommen wir später noch.

Schauen wir uns nun im Detail an, wie dieser Oszillator arbeitet. Hierzu betrachten wir auch die Zeichnungen in Bild 2 und den Abschnitt „NE555 (ICM7555) – Grundfunktion“. Im oberen Teil von Bild 10 ist ein Ausschnitt des Schaltbilds dargestellt. Die nicht aktiven Bauteile bzw. Schaltungsbereiche sind grau hinterlegt. An den Messpunkten MP3 bis MP5 können die Oszillogramme aufgenommen werden. In der Bildmitte ist ein vereinfachtes Schaltbild und unten die zugehörigen Oszillogramme dargestellt. Der Kondensator Cx steht stellvertretend für einen der wählbaren Kondensatoren C7 bis C13.

Gehen wir von dem Fall aus, dass der Kondensator Cx entladen ist. In diesem Fall ist die Spannung an Cx (MP4) gleich 0 V. Da der Kondensator Cx mit dem Eingang (Trigger) des unteren Komparators verbunden ist und die Spannung an Cx (MP4) 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 2 (Output) noch ein Inverter geschaltet ist, liegt am Ausgang (MP5) ein High-Pegel an.

Nun lädt sich Cx über die Widerstandskette R6, R7 und R8 auf. Im Zeitdiagramm sieht man, wie die Spannung an Cx auf einen Wert von $2/3$ UB ansteigt. Denn ab diesem Punkt wechselt der Ausgang des oberen Komparators „A“ auf High-Pegel, und das Flip-Flop wird zurückgesetzt.

Frequenzbereiche für die Jumperstellung J5 beim NE555-AWS

Jumper J5	Frequenzbereich
J5-A	0,01 Hz – 0,1 Hz
J5-B	0,1 Hz – 1 Hz
J5-C	0,7 Hz – 10 Hz
J5-D	7 Hz – 100 Hz
J5-E	70 Hz – 1 kHz
J5-F	700 Hz – 10 kHz
J5-G	7 kHz – 100 kHz

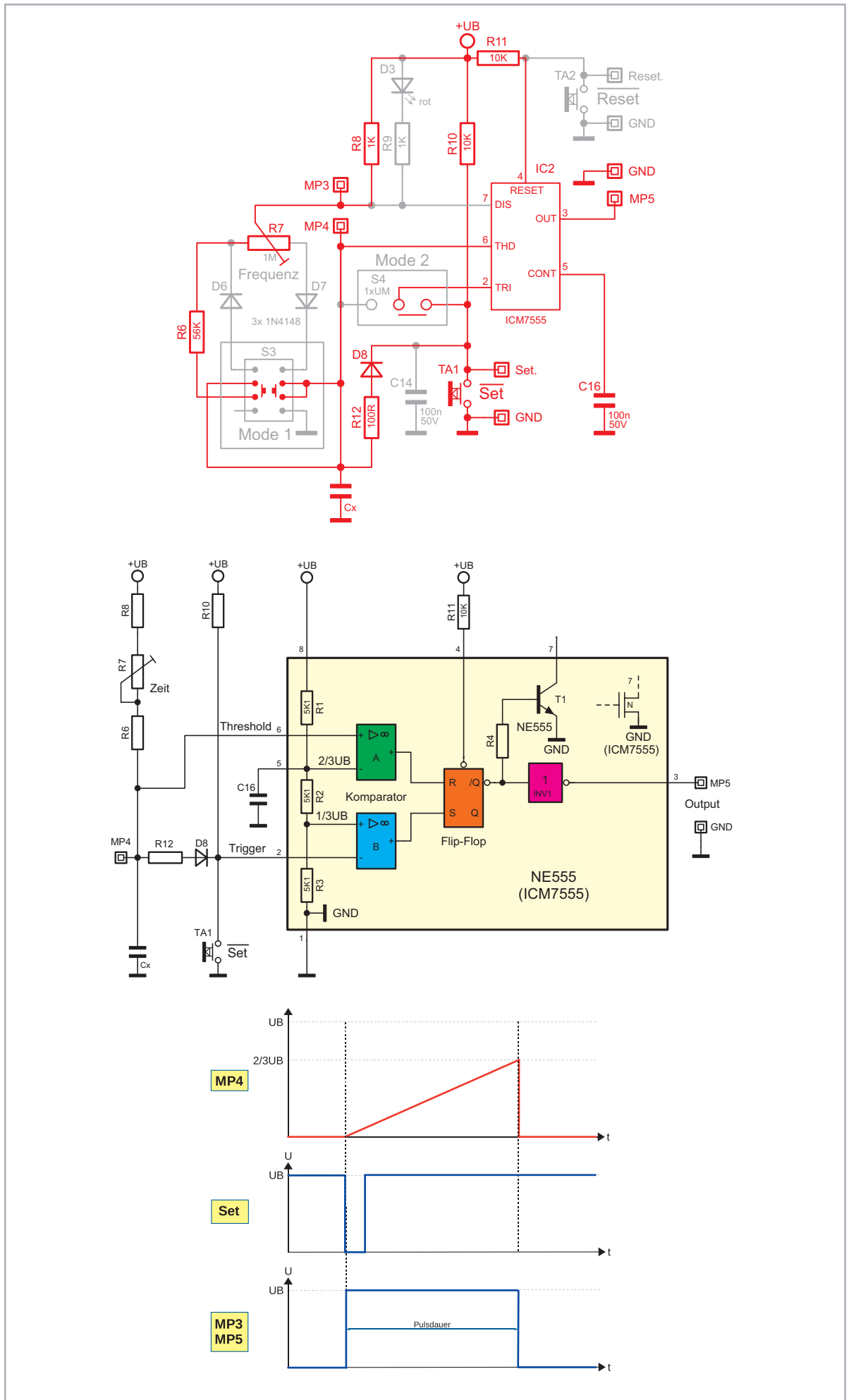


Bild 8: Die Grundschtung „Monoflop“

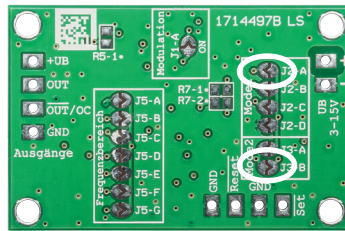
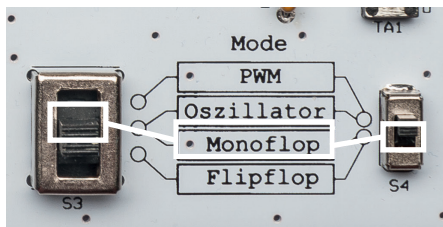


Bild 10: Die Grundsaltung „Oszillator“

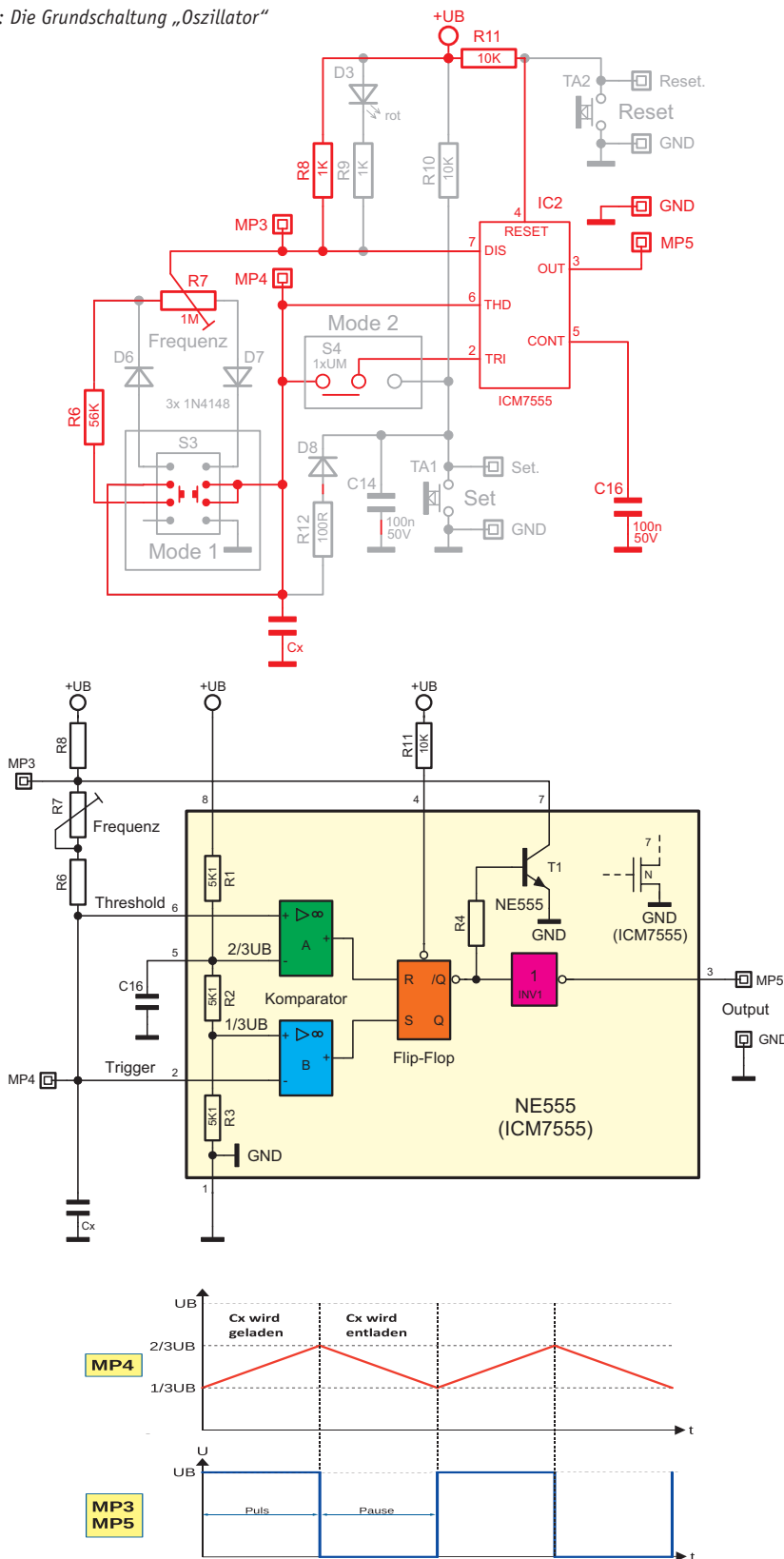


Bild 9: So werden die Jumper für den Mode „Monoflop“ gesetzt.

Nun wird der interne Entladetransistor des NE555 (Ausgang „Discharge“) leitend, und über die Widerstände R6 und R7 wird Cx entladen – die Spannung sinkt wieder, bis $1/3$ von UB erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt setzt der untere Komparator „B“ das Flipflop wieder. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch – wir haben einen Oszillator.

Mit dem Widerstand R7 kann die Frequenz in einem weiten Bereich verändert werden. Beim Laden von Cx sind die Widerstände R6 bis R8 vorgeschaltet, beim Entladen hingegen wirken nur R6 und R7. Der Widerstand R8 ist im Gegensatz zur Summe von R6 und R7 relativ klein. Aus diesem Grund kann man sagen, dass Lade- und Entladezeit fast gleich sind. Somit ist das Puls-Pausenverhältnis vom Ausgangssignal ca. 50 zu 50.

Grundsaltung – PWM-Generator

Der PWM-Generator (Pulsweitenmodulator) ist eine leicht abgewandelte Oszillatorschaltung. Es soll nicht die Frequenz, sondern das Verhältnis von Puls- und Pausenzeit eingestellt bzw. verändert werden. Diese Schaltungstechnik wird vorwiegend zur Helligkeitseinstellung oder Motorregelung verwendet. Wie die Schalter bzw. die Lötbrücken gesetzt werden müssen, um diese Betriebsart zu aktivieren, ist in Bild 12 dargestellt. Beim Anwenderboard müssen J2-A, J2-C und J3-A gebrückt werden. Durch den DIP-Schalter bzw. die Lötbrücken J5-x kann eine feste PWM-Frequenz ausgewählt werden. Eine variable Frequenzeinstellung ist hier nicht vorgesehen.

In [Tabelle 2](#) sind die PWM-Frequenzen für die einzelnen Schalter- bzw. Jumperstellungen dargestellt.

Wie schon im Absatz „Oszillator“ erwähnt, sollte man sich zum besseren Verständnis auch den Absatz „NE555 (ICM7555) – Grundfunktion“ anschauen. Im oberen Teil von [Bild 13](#) ist ein Ausschnitt der realen Schaltung dargestellt. Zur besseren Verständlichkeit ist die Schaltung in der Bildmitte noch einmal vereinfacht mit dem Innenleben des NE555 gezeichnet.

Wir gehen von der Ausgangssituation aus, dass der Cx entladen ist. Die Spannung am Eingang „Trigger“ beträgt 0 V und das Flipflop ist gesetzt. Am Ausgang „Output“ (MP5) liegt High-Pegel. Der interne Transistor T1 vom NE555 sperrt.

Über R8, R7 und die Diode D7 fließt ein Ladestrom in den Kondensator Cx – die Spannung über Cx steigt. Der Knotenpunkt MP4 liegt am Eingang „Threshold“ des NE555 an. Dies ist auch die Spannung, die an Cx anliegt. Erreicht diese Spannung 2/3 von UB, schaltet der obere Komparator „A“ am Ausgang auf High-Signal und das Flipflop wird zurückgesetzt. Hierdurch wechselt das Flipflop seine Ausgangszustände. Der Ausgang „Output“ (MP5) führt nun Low-Pegel und der Transistor T1 wird leitend. Und jetzt erkennt man den wesentlichen Unterschied zur „normalen“ Oszillatorschaltung. Da beim Entladen von Cx ein Strom aus dem Kondensator fließt, sperrt die Diode D7 und der Strom muss über die entgegengesetzte Diode D6 fließen. Der Entladestrom von Cx fließt also über D6 und den Teilwiderstand von R7 in den internen Transistor T1 (Discharge).

Auch hier wird die Spannung an MP4 überwacht. Dieses Mal reagiert wieder der untere Komparator „B“, und zwar genau dann, wenn die Spannung an Cx unterhalb von 1/3 UB sinkt. Jetzt wechselt der Ausgangszustand des Flipflops wieder – der Ausgang „Output“ ist wieder auf High-Pegel und der Transistor T1 sperrt. Der Entladevorgang wird abgebrochen und stattdessen wird Cx wieder geladen. Wir sind wieder am Anfang unserer Beschreibung. Dieser Vorgang setzt sich nun periodisch fort.

Der Unterschied zum Oszillator besteht darin, dass es für den Lade- und Entladevorgang zwei unterschiedliche Signalwege gibt. Dies wird mit den beiden Dioden D6 und D7 erreicht, die ja bekanntlich den Strom nur in einer Richtung durchlassen. Je nach Stellung des Trimmers R7 ergibt sich nun ein unterschiedlicher Lade- bzw. Entladewiderstand. Steht der Trimmer R7 mittig, sind beide Teilwiderstände gleich groß und es ergibt sich ein Puls-Pausen-Verhältnis von 50 zu 50. Wird R7 nun zu einer Seite gedreht, verändern sich die Zeiten, d. h., einmal wird die Ladezeit größer und entsprechend die Entladezeit kleiner oder genau umgekehrt. Das Entscheidende ist, dass die Summe aus Lade- und Entladezeit immer gleich bleibt, da sich der Gesamtwiderstand von R7 nicht ändert. Die Frequenz bleibt durch Veränderung von R7 immer gleich, nur das Puls-Pausen-Verhältnis variiert. Beim Experimentierboard befinden sich zwei LEDs auf der Platine, die mit dem Ausgang des NE555 verbunden sind. Die grüne LED zeigt den Pegelzustand am Ausgang (OUT) an, während die rote LED mit dem invertierten Ausgang „/OUT“ verbunden ist. Durch die Veränderung vom Verhältnis Puls/Pause verändert sich auch die Helligkeit der LEDs. Mal wird die rote LED heller und die grüne dunkler oder umgekehrt. In Mittelstellung von R7 sind beide LEDs gleich hell. Hier erkennt man die Funktionsweise der Helligkeitseinstellung mit PWM.

Grundschialtung – Sirene

Ein besonderes Gadget nicht nur für unsere jüngeren Leser und Anwender ist die beliebte Sirenschaltung, die es seit Jahrzehnten in dieser Form gibt. Bisher haben wir uns mit dem Oszillator IC2 befasst. Wie man im Blockschaltbild ([Bild 14](#)) erkennt, ist noch ein zweiter NE555 (IC1) vorhanden. Wie ein Oszillator funktioniert, ist im Absatz „Grundschialtung – Oszillator“ beschrieben. Wir nehmen nun noch einen zweiten Oszillator hinzu, mit dem wir den Hauptoszillator modulieren.

In [Bild 15](#) sind die Schalter- bzw. Jumperstellungen für diesen Mode dargestellt.

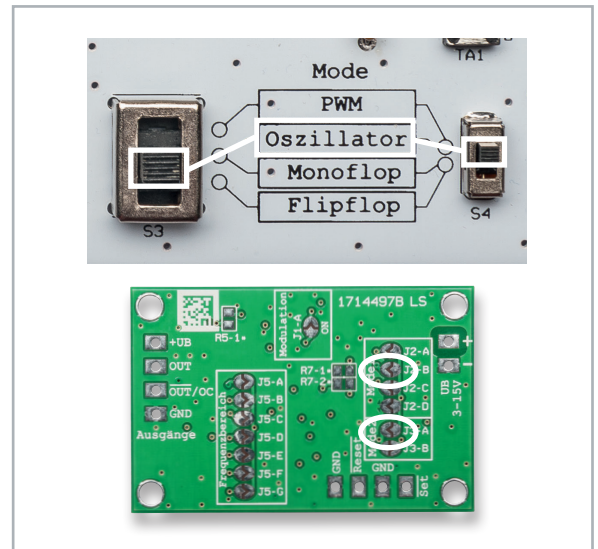


Bild 11: So wird der Betriebsmode „Oszillator“ bei den unterschiedlichen Platinen aktiviert.

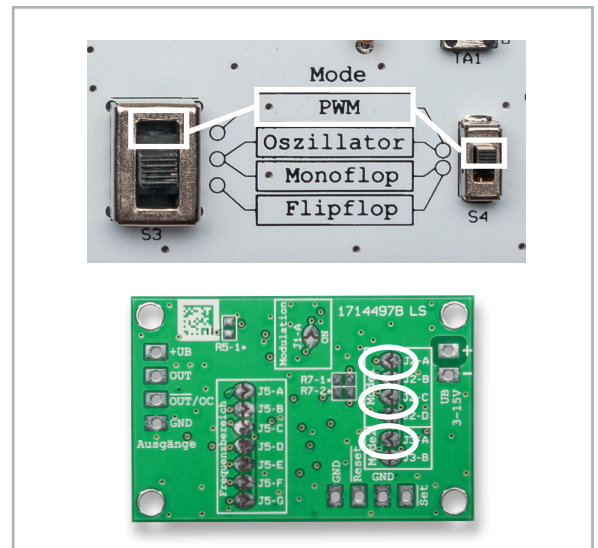


Bild 12: So wird der Betriebsmode „PWM“ bei den unterschiedlichen Platinen aktiviert.

Der erste Oszillator IC1 erzeugt eine sehr niederfrequente, sägezahnähnliche Spannung. Diese Spannung gelangt über den Schalter S2 auf den Steuerungseingang (Control Voltage) des zweiten Oszillators IC2. Über einen Widerstand kann direkt ein kleiner Lautsprecher an den Ausgang angeschlossen werden. Durch die Modulation wird ein an- und abwellender Ton ähnlich einer Polizeisirene erzeugt.

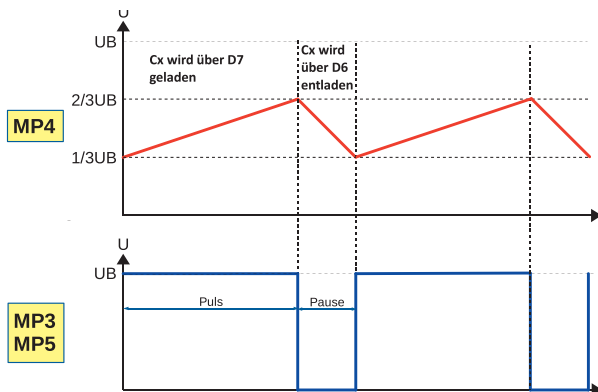
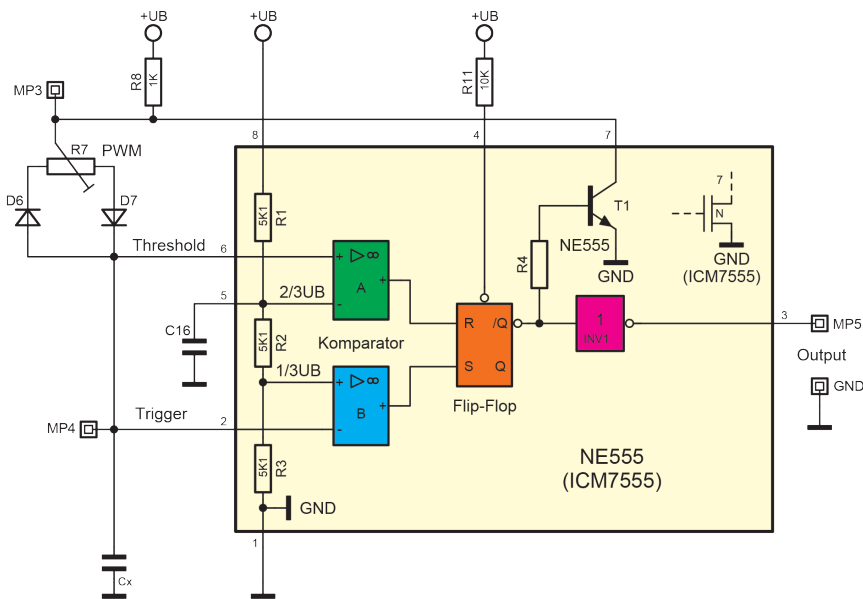
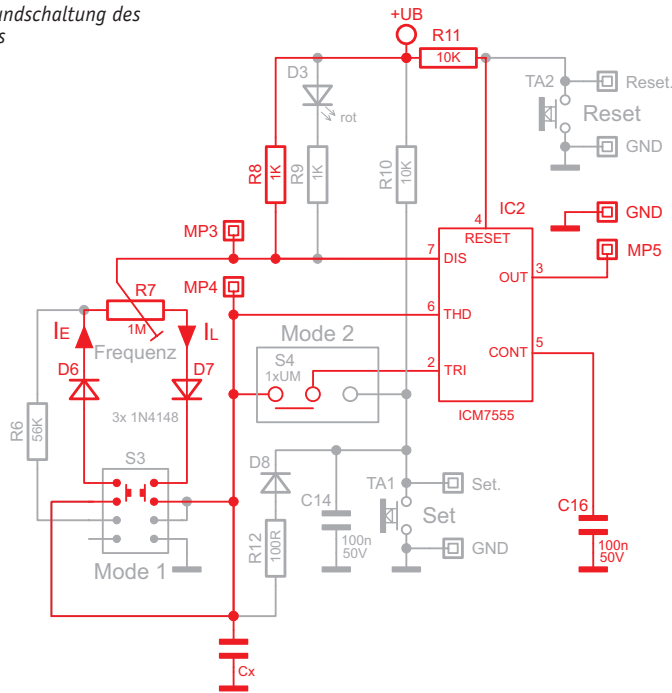
Frequenzen für den PWM-Mode		
Schalter S5	Jumper J5	PWM-Frequenz
S5-1	J5-A	0,09 Hz
S5-2	J5-B	0,09 Hz
S5-3	J5-C	0,9 Hz
S5-4	J5-D	9 Hz
S5-5	J5-E	90 Hz
S5-6	J5-F	900 Hz
S5-offen	J5-G	9 kHz

Tabelle 2



Hier noch ein Hinweis zu den nicht bestückten SMD-Widerständen R5-1, R7-1 und R7-2: Anstelle des Potentiometers können hier die entsprechenden Festwiderstände eingelötet werden. Dieses Feature richtet sich an erfahrene Elektroniker, denn hierzu müssen die SMD-Trimmer ausge-
lötet und mit den beschriebenen Widerständen ersetzt werden.

Bild 13: Die Grundsaltung des PWM-Generators



Inbetriebnahme und Bedienung

Das Experimentierboard verfügt zur Spannungsversorgung über eine Klemmleiste, an die eine Spannungsquelle angeschlossen werden kann. Die Hohlsteckerbuchse bietet auch die Möglichkeit, direkt ein passendes Steckernetzteil anzuschließen. Für die ersten Versuche kann eine 9-V-Batterie verwendet werden. Hierzu wird der beiliegende Batterieclip an die Klemme KL1 angeschlossen. Die rote Zuleitung wird mit „+“ und die schwarze Zuleitung mit „-“ verbunden. Nach Anklempfen der 9-V-Batterie kann die Schaltung in Betrieb genommen werden.

Nun kann die Schaltung eingeschaltet werden. Je nach Grundschaltung müssen die entsprechenden Schalter S1 und S2 in die richtige Stellung gebracht werden. Dies ist im jeweiligen Abschnitt „Grundschaltung“ erklärt. Die Auswahl des Kondensators mit dem Dip-Schalter S5 gibt den Frequenzbereich bzw. die Timerzeit vor. Der Frequenzbereich ist dem jeweiligen Schalter zugeordnet und auf der Platine aufgedruckt. Die Schalterstellung „alle aus“ bedeutet, dass keiner der einzelnen DIP-Schalter auf „ON“ steht, also alle ausgeschaltet sind. In diesem Fall ist nur der Kondensator C13 (47 pF) aktiv. Beim Flipflop- und Monoflop-Mode werden die Taster „/Set“ und „/Reset“ verwendet. Bei Bedarf können an die Anschlusspunkte (Lötstifte) auch externe Taster bzw. ein Logikausgang einer anderen Schaltung angeschlossen werden. Hierbei ist zu beachten, dass die zugeführte Spannung mit der Betriebsspannung UB des Boards identisch sein muss.

An der Klemmleiste KL2 und KL3 stehen zwei unterschiedliche Ausgänge zur Verfügung. Der Ausgang „OUT“ ist über einen Widerstand direkt mit dem Ausgang des Timers IC2 verbunden. Hier können z. B. kleine Verbraucher wie LEDs mit angeschlossen werden. Ein Vorwiderstand von 100 Ω ist ja schon in Reihe geschaltet, sodass bei einer Betriebsspannung bis 5 V kein zusätzlicher Vorwiderstand zwischen Ausgang und LED eingesetzt werden muss. Im Zwei-

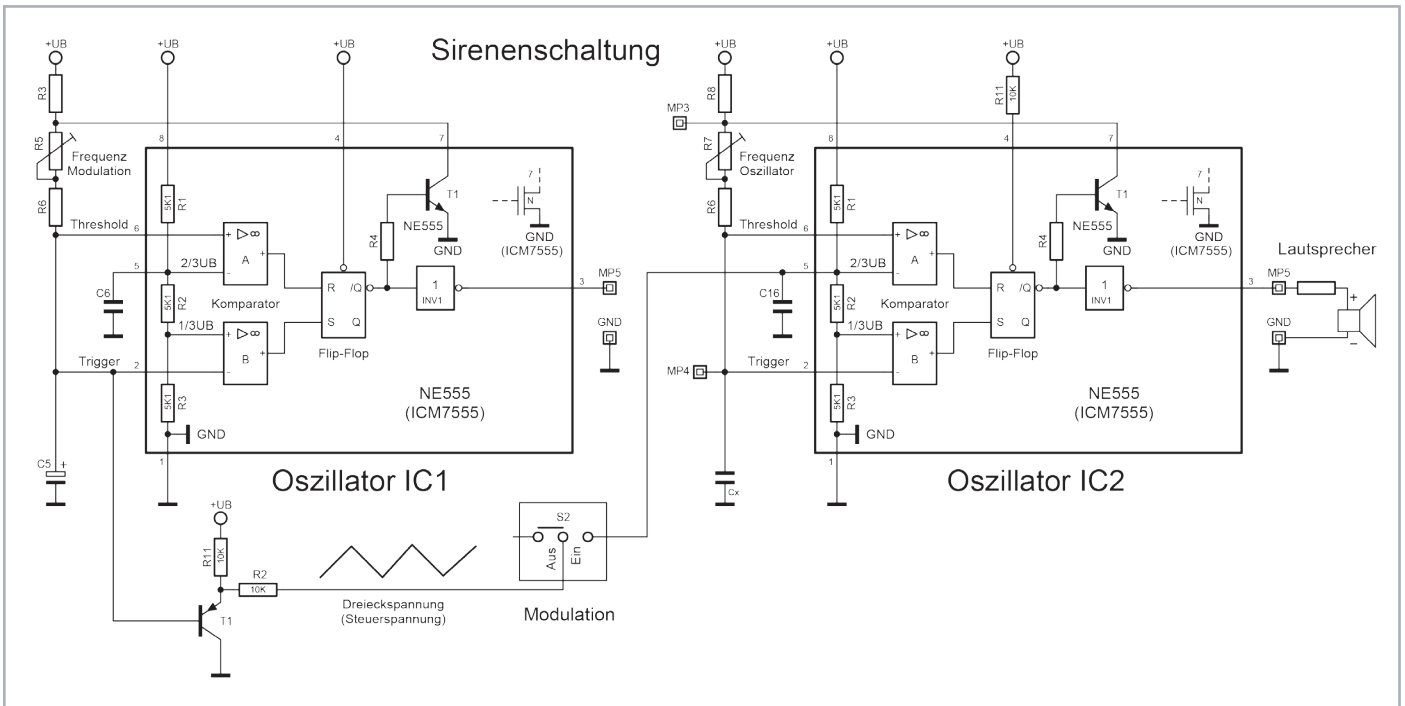


Bild 14: Die Sirenschaltung nutzt beide NE555 auf den Platinen.

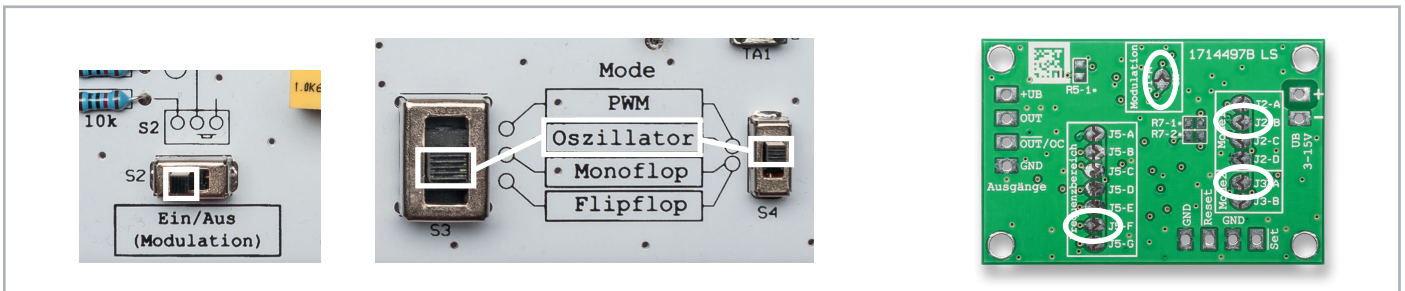


Bild 15: So wird die Sirenschaltung aktiviert.

felsfall muss noch ein Vorwiderstand von ca. 220 bis 470 Ω eingefügt werden. Für etwas „größere“ Verbraucher, wie z. B. ein Relais ist der Open-Collector-Ausgang „/OUT“ vorgesehen. Dieser kann eine Last von bis zu 200 mA treiben. Open Collector bedeutet, dass dieser Ausgang mit einem Transistor gegen Masse geschaltet wird. Der Verbraucher, z. B. ein Relais, muss deshalb zwischen den Anschluss „/UB“ und „/OUT OC“ angeschlossen werden (siehe Bild 16).

Bei der Anwenderschaltung gelten alle bisher gemachten Angaben in gleicher Weise. Hier sind die Anschlusspunkte als Lötflächen ausgelegt. Bei Be-

darf können auch Klemmleisten eingelötet werden, wie wir noch beim Nachbau sehen werden. Die mit dem Experimentierboard ermittelten Einstellungen können direkt auf die Anwenderschaltung übertragen werden. Hier sind die entsprechenden Lötbrücken (Jumper) zu setzen. Das Brücken (Kurzschließen) geschieht durch Auflöten einer Lötzinnbrücke, wie in Bild 17 dargestellt. Das Entfernen der Brücke kann mit Entlötlitze erfolgen.

Hier noch ein Hinweis bei Verwendung der Sirenschaltung: Ein kleiner Lautsprecher kann direkt zwischen den Klemmen „+UB“ und „OUT“ angeschlossen werden. Der vorhandene Widerstand auf der Platine sorgt für die notwendige Strombegrenzung bei sehr niederohmigen Lautsprechern. Die Lautstärke ist nicht sehr hoch, aber ausreichend. Wer es ger-

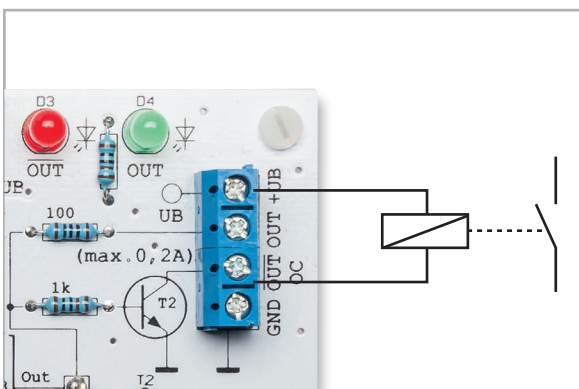


Bild 16: So wird ein Relais an den Ausgang „/OUT OC“ angeschlossen.

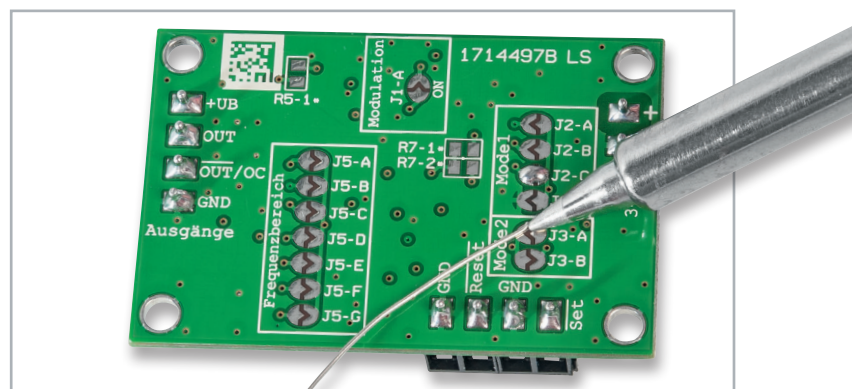


Bild 17: Das Aufbringen einer Kurzschlussbrücke mittels Auflöten

ne etwas lauter haben möchte, verwendet den Ausgang „/OUT OC“. Hier wird in den meisten Fällen noch ein Widerstand in Reihe benötigt, der zum einen die Ohren schützt und zum anderen den Strom auf max. 200 mA begrenzt. **Bild 18** zeigt, wie dieser Lautsprecher und der Widerstand angeschlossen werden.

Nachbau NE555-EXB

Der Nachbau erfolgt auf vielfachen Kundenwunsch und wegen der besseren Übersichtlichkeit dieses Mal komplett mit bedrahteten Bauteilen. Dies steigert den Nachbauspaß, allerdings auch den Zeitaufwand im Vergleich zu einer vorbestückten SMD-Platine.

Für den Aufbau steht eine doppelseitige Platine mit den Abmessungen 100 x 160 mm zur Verfügung. Die Bestückung erfolgt anhand der Stückliste und des Bestückungsplans sowie des Platinenfotos (**Bild 19**). Wir beginnen mit der Bestückung der niedrigen Bauteile, gefolgt von den nächsthöheren Bauteilen. Die Reihenfolge der Bauteile nach der Bauhöhe zu gestalten hat den Vorteil, dass die bestückten Bauteile beim Umdrehen der Platine nicht so leicht herausfallen können. Zur Vorgehensweise beim Bestücken kann auch das Montagevideo [2] hilfreich sein.

Die Bauteile werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt.

Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der Platinenunterseite (Lötseite) werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle selbst dabei zu beschädigen. Beim Bestücken kann auch das Platinenfoto (**Bild 19**) hilfreich sein.

Beim Einsetzen der Halbleiter (ICs und Dioden) sowie der gepolten Kondensatoren (Elkos) ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten.

Die beiden Timerbausteine IC1 und IC2 werden nicht direkt eingelötet, sondern auf IC-Sockel gesetzt. Sowohl die Sockel als auch die beiden ICs haben zur Kennzeichnung der Einbaulage eine Einkerbung an einer Seite, die auch auf dem Platinen- aufdruck erkennbar ist.

Die Dioden haben zur Kennzeichnung der Polarität eine Strichmarkierung, die die Katode kennzeichnet. Bei den Leuchtdioden (LEDs) D3 und D4 ist der Pluspol durch den etwas längeren Anschlussdraht ersichtlich. Bei den Elkos ist der Minuspol am Gehäuse bzw. der Pluspol durch den Anschlussdraht gekennzeichnet.

Widerstände:

100 Ω	R12, R13
1 k Ω	R3, R8, R9, R14, R15
10 k Ω	R1, R2, R10, R11
22 k Ω	R4
56 k Ω	R6
PT15/liegend/1 M Ω	R5, R7

Kondensatoren:

47 pF/ker	C13
1 nF/100V/MKT	C12
10 nF/63 V/MKT	C11
100 nF/ker	C2–C4, C6, C14, C15
100 nF/63 V/MKT	C10
1 μ F/63 V/MKT	C9, C16
10 μ F/25 V	C1, C5, C8
100 μ F/16 V	C7

Halbleiter:

ICM7555	IC1, IC2
BC558C	T1
BC548C	T2
SB120 (1N5817)	D1, D2
1N4148	D5–D8
LED/5 mm/rot	D3
LED/5 mm/grün	D4

Sonstiges:

Schraubklemmleisten, 2-polig, print	KL1–KL3
Schiebeschalter, 1x um	S1, S2, S4
Print-Schiebeschalter	S3
Mini-DIP-Schalter, 6-polig, liegend	S5
Mini-Drucktaster, 1x ein, print	TA1, TA2
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Rundsicherungshalter, print	SI1
Rundsicherung, 0,63 A, träge, print	SI1
Lötstifte mit Lötöse	MP1–MP5
Präzisions-IC-Fassungen, 8-polig	IC1, IC2
9 V-Batterieclip	
Distanzrollen mit Innengewinde, M3 x 10 mm, weiß	
Kunststoffschrauben, M3 x 6 mm	
Kunststoff-Steckachsen, \varnothing 6 x 16,8 mm	
Aufsteckdrehknöpfe, \varnothing 12 mm, schwarz	

Stückliste NE555 EXB

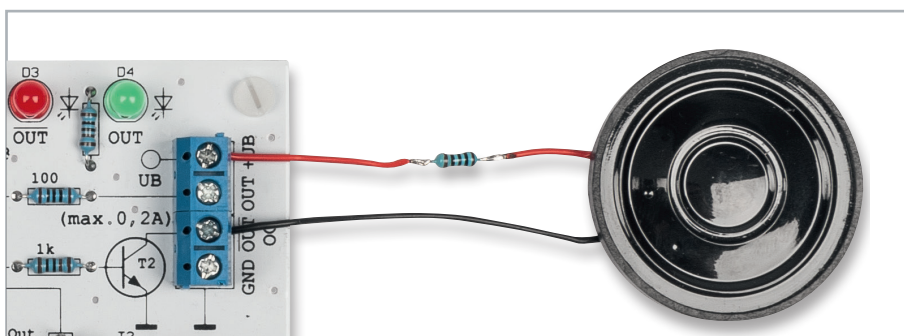


Bild 18: So wird ein Lautsprecher angeschlossen (der Zusatz-Widerstandswert sollte zwischen 22 und 100 Ω liegen).

Montagevideo



#10059

QR-Code scannen oder
Webcode im Web-Shop
eingeben

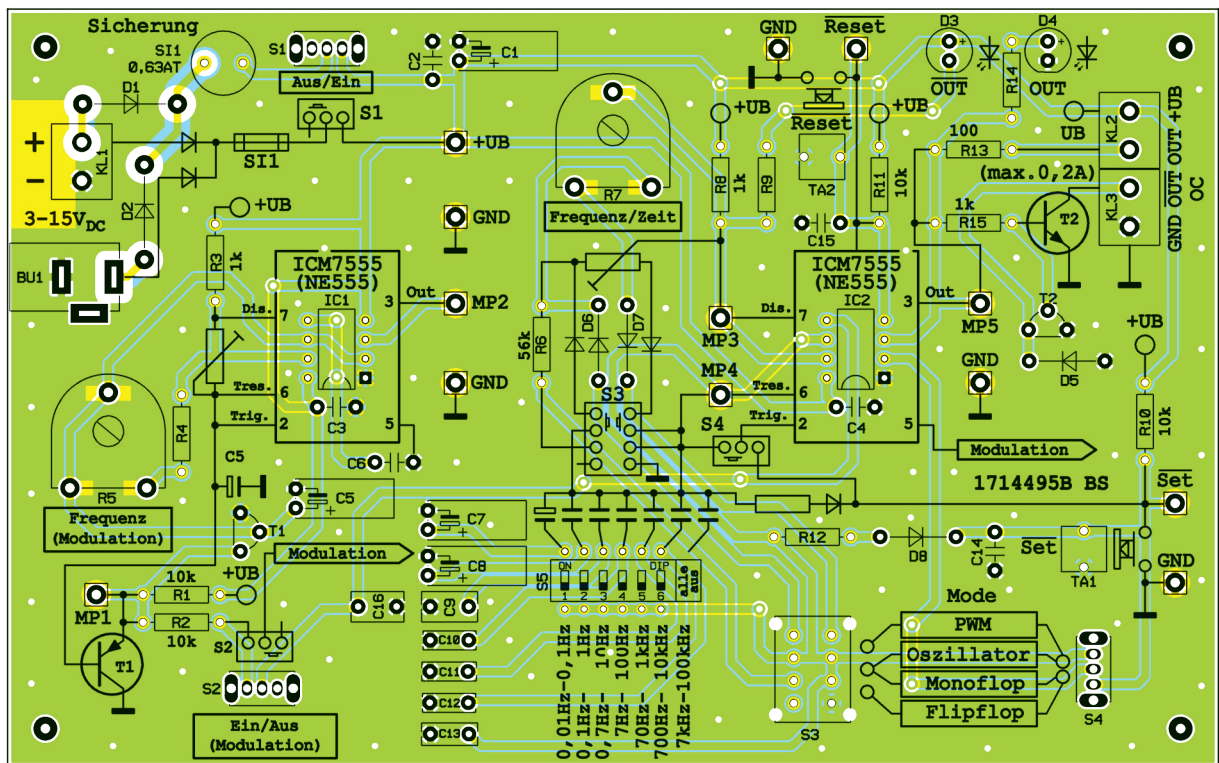
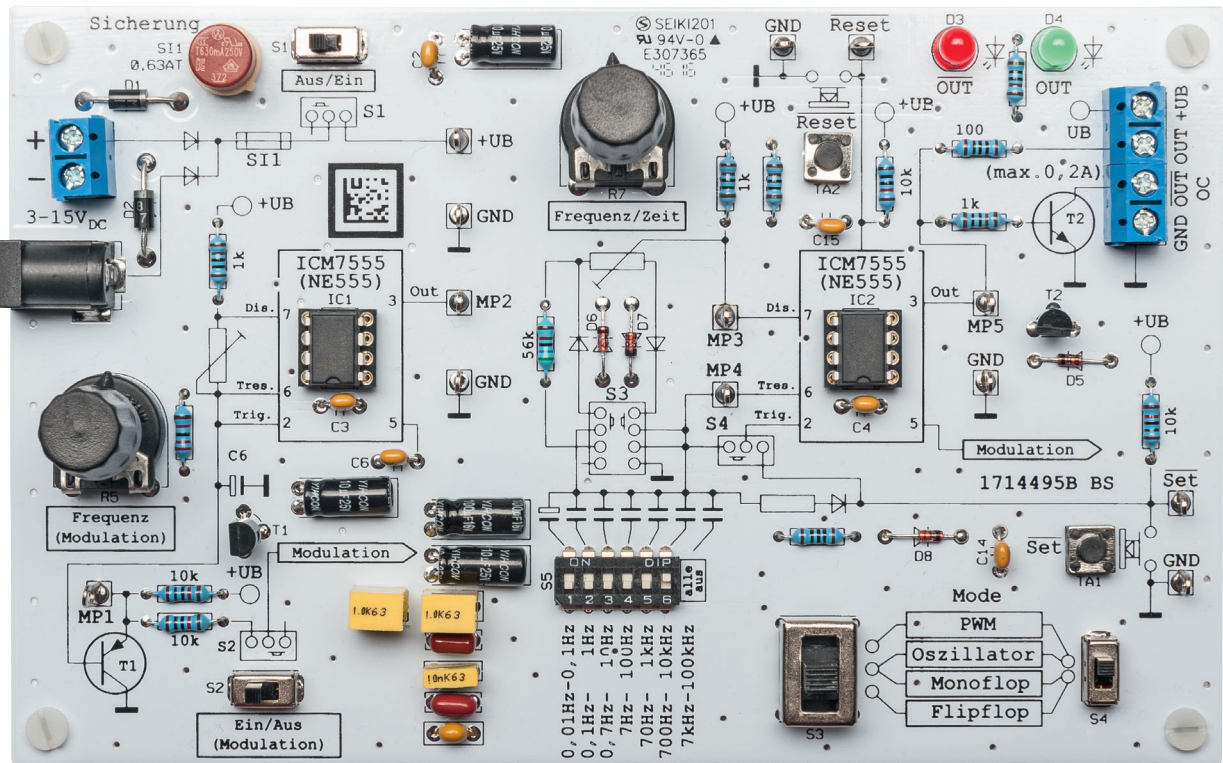


Bild 19: Platinfoto und Bestückungsplan der Experimentierplatine NE555-EXB

Sind alle Bauteile so weit bestückt, sind noch die beiden Steckachsen mit Drehknopf (Bild 20) auf die Potis R5 und R7 aufzustecken.

Bevor der Drehknopf aufgesetzt wird, sollte die Achse auf Linksanschlag gedreht werden. Der kleine Zeiger vom Drehknopf wird dann so aufgesteckt, dass dieser auf den Linksanschlag zeigt. Ein erneutes Abnehmen und Wiederaufsetzen des Drehknopfs ist problemlos möglich.

Zum Schluss werden noch die vier Abstandshalter angeschraubt. Diese Kunststoffabstandshalter besitzen ein durchgängiges Innengewinde. Von oben ist jeweils eine Kunststoffschraube zur Befestigung einzuschrauben (siehe Bild 21).

Nachbau NE555-AWS

Die Anwenderschaltung NE555-AWS ist im Gegensatz zum Experimentierboard auf kompakte Abmessungen optimiert. Alle Bauteile sind in SMD-Technik ausgeführt und werkseitig bestückt. Eine manuelle Bestückung ist nicht notwendig, es sollte lediglich anhand Bild 22 eine Kontrolle auf exakte Bestückung und Lötfehler vorgenommen werden.

Die Platine ist als Multilayer-Platine mit vier Lagen ausgeführt und bietet durch eine großflächige

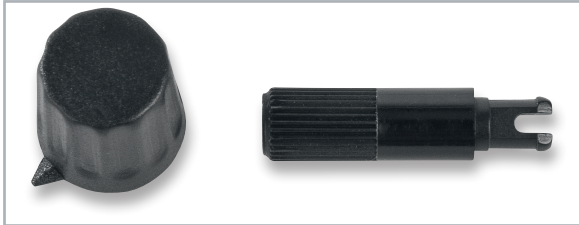


Bild 20: Drehknopf und Steckchse

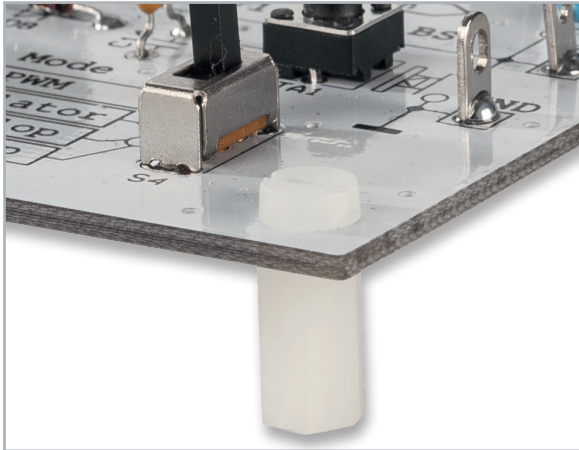


Bild 21: Seitliche Ansicht des Abstandshalters

Massefläche guten Schutz vor Störeinstrahlung. Die Platine ist für die Anwendung in eigene Schaltungen bzw. Geräte gedacht. Bei Bedarf können die Anschlusspunkte mit Klemmleisten bestückt werden (siehe Bild 23), die nicht im Bausatz enthalten sind. Die SMD-Trimmer sollten vorsichtig behandelt werden, zum Verstellen sollten nur genau passende Schraubendreher verwendet werden. **ELV**

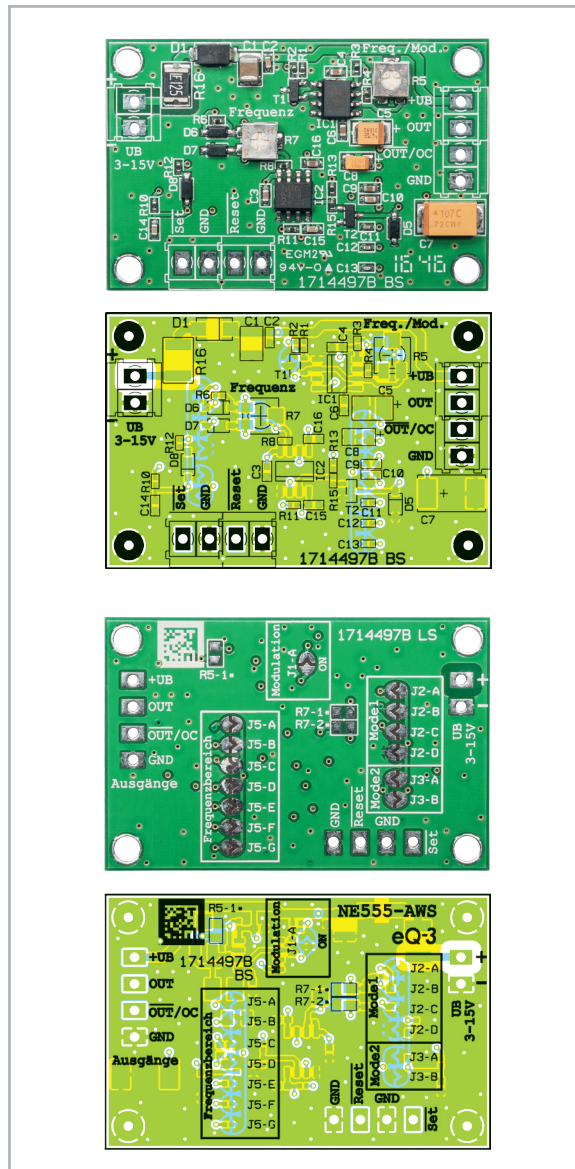


Bild 22: Platinfotos und Bestückungspläne der Anwendungsschaltung NE555-AWS, oben die Oberseite, unten die Unterseite der Platine

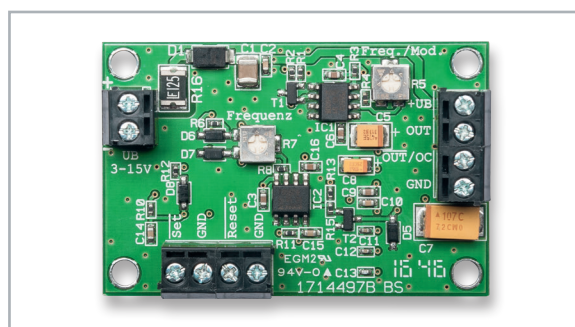


Bild 23: NE555-AWS mit Klemmleisten

Stückliste NE555-AWS

Widerstände:

100 Ω/SMD/0402	R12, R13
1 kΩ/SMD/0402	R3, R8, R15
10 kΩ/SMD/0402	R1, R2, R10, R11
22 kΩ/SMD/0402	R4
56 kΩ/SMD/0402	R6
Trimmer/1 MΩ/SMD	R5, R7
PTC/1,25 A/16 V/SMD/1812	R16

Kondensatoren:

47 pF/50 V/SMD/0402	C13
1 nF/50 V/SMD/0402	C12
10 nF/50 V/SMD/0402	C11
100 nF/50 V/SMD/0603	C2, C10, C14, C15
1 µF/16 V/SMD/0402	C3, C4, C6, C9, C16
4,7 µF/20 V/Tantal/SMD	C5
10 µF/10 V	C8
10 µF/50 V/SMD/1210	C1
100 µF/16 V/SMD/Tantal	C7

Halbleiter:

ICM7555/SMD	IC1, IC2
BC857C/SMD	T1
FMMT618/SMD	T2
SK14/SMD	D1
1N4148W/SMD	D5-D8



Weitere Infos:

- [1] Datenblatt NE555/ICM7555:
www.nxp.com/documents/data_sheet/ICM7555.pdf
www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf
- [2] www.elv.de: Webcode #10055
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Flipflop>
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/NE555>

Hinweis zu den vorbestückten Bausatz-Leiterplatten

Sehr geehrter Kunde,

das Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) verbietet (abgesehen von wenigen Ausnahmen) seit dem 1. Juli 2006 u. a. die Verwendung von Blei und bleihaltigen Stoffen mit mehr als 0,1 Gewichtsprozent Blei in der Elektro- und Elektronikproduktion.

Die ELV-Produktion wurde daher auf bleifreie Lötzinn-Legierungen umgestellt und sämtliche vorbestückte Leiterplatten sind bleifrei verlötet.

Bleihaltige Lote dürfen im Privatbereich zwar weiterhin verwendet werden, jedoch kann das Mischen von bleifreien- und bleihaltigen Loten auf einer Leiterplatte zu Problemen führen, wenn diese im direkten Kontakt zueinander stehen. Der Schmelzpunkt an der Übergangsstelle kann sich verringern, wenn niedrig schmelzende Metalle, wie Blei oder Wismut, mit bleifreiem Lot vermischt werden. Das unterschiedliche Erstarren kann zum Abheben von Leiterbahnen (Lift-Off-Effekt) führen. Des Weiteren kann der Schmelzpunkt dann an der Übergangsstelle unterhalb des Schmelzpunktes von verbleitem Lötzinn liegen. Insbesondere beim Verlöten von Leistungsbauerelementen mit hoher Temperatur ist dies zu beachten.

Wir empfehlen daher beim Aufbau von Bausätzen den Einsatz von bleifreien Loten.

The logo consists of the letters 'ELV' in a bold, sans-serif font, enclosed within a square border.

Identifikationshilfe für bedrahtete Bauteile

Widerstand 5 Farbringe					Wert	Typ	Referenz
braun	schwarz	schwarz	schwarz	braun	100 Ohm	Widerstand	R12,R13
braun	schwarz	schwarz	braun	braun	1 kOhm	Widerstand	R3,R8,R9,R14,R15
braun	schwarz	schwarz	rot	braun	10 kOhm	Widerstand	R2,R1,R10,R11
grün	blau	schwarz	rot	braun	56 kOhm	Widerstand	R6
Foto	Aufdruck	Wert	Typ	Referenz			
	47	47pF	Kondensator Keramik	C13			
	102	1nF	Kondensator Folie	C12			
	1nK63 oder 103	10nF	Kondensator Folie	C11			
 kleine Bauform	104.	100nF	Kondensator Keramik	C2,C3,C4,C14,C15			
	104J 63V	100nF	Kondensator Folie	C10			
	1.0k63 oder 1μ J63	1μF	Kondensator Folie	C9,C16			
	10μF25V	10μF	ELKO	C1,C5,C8			
	100μF16V	100μF	ELKO	C7			

Entsorgungshinweis

Gerät nicht im Hausmüll entsorgen!

Elektronische Geräte sind entsprechend der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte über die örtlichen Sammelstellen für Elektronik-Altgeräte zu entsorgen!



Verbrauchte Batterien gehören nicht in den Hausmüll! Entsorgen Sie diese in Ihrer örtlichen Batteriesammelstelle!



Bevollmächtigter des Herstellers:
eQ-3 eQ-3 AG · Maiburger Straße 29 · 26789 Leer · Germany