



Best.-Nr.: 153788
Version: 1.0
Stand: Mai 2019

Digital-Experimentierboard

DEB100

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 Shop: www.elv.de ...at ...ch

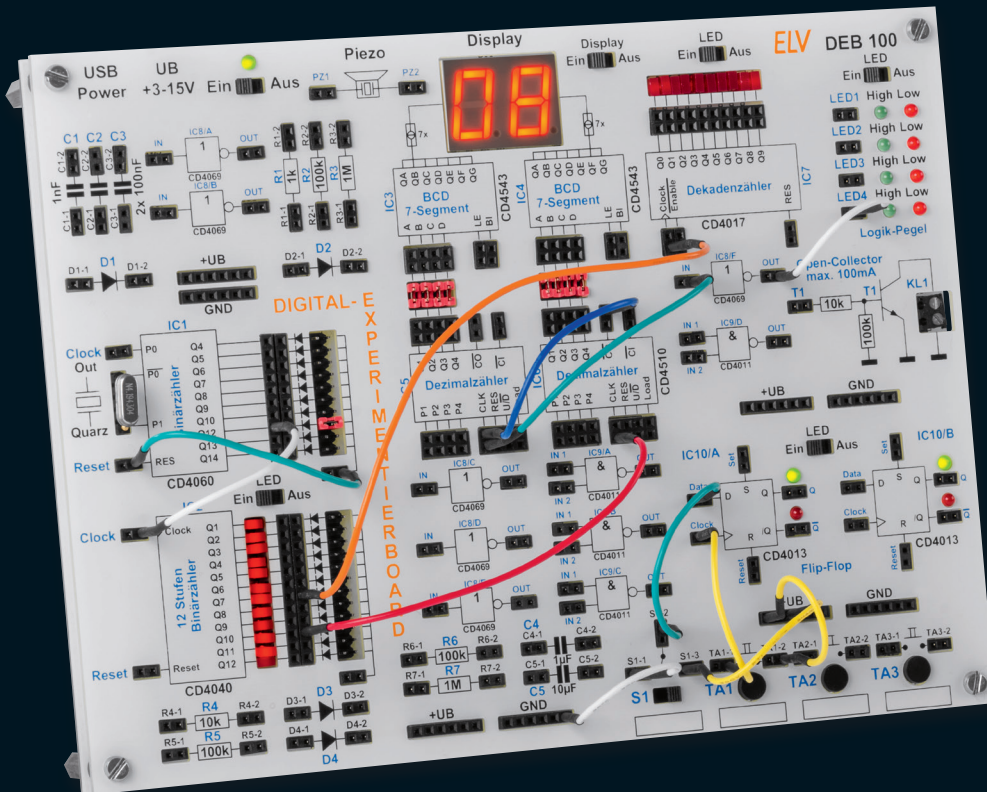
Nutzen Sie bei Fragen auch unser ELV Techniknetzwerk: www.netzwerk.elv.de

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



Digitaltechnik ganz einfach

Digital-Experimentierboard DEB100

Wir gehen täglich mit Digitaltechnik um, ohne es bewusst zu registrieren. Selbst in den heutigen Zeiten, in denen wir hauptsächlich mit Mikroprozessoren arbeiten und das Programmieren quasi schon im Schulalter erlernen, ist es unabdingbar, die Grundlagen zu kennen. Schließlich sind einfache Schaltungen auch außerhalb der komplexen Mikroprozessoren nach wie vor eine wichtige Peripherie, deren Funktionen man kennen sollte. Genau diesem Zweck, dem Kennenlernen von Funktionen digitaler Schaltungen, ist das Digital-Experimentierboard DEB100 gewidmet, das den Aufbau, den Test und Experimente mit digitalen Schaltungen einfach macht – ein perfektes Werkzeug sowohl für den privaten Laboreinsatz als auch in der Ausbildung!

**Bausatz-
beschreibung**

#10262

Webcode im ELV Shop eingeben

i

Infos zum Bausatz DEB100



Schwierigkeitsgrad:
mittel



Ungefähre Bauzeit:
3 h



Verwendung SMD-Bauteile:
SMD-Teile sind bereits
komplett bestückt



Besondere Werkzeuge:
Lötkolben



Löterfahrung:
Ja

101010110
110101011
111111111
011011000

Programmierkenntnisse:
Nein



Elektrische Fachkraft:
Nein

1 oder 0, wahr oder unwahr

Die Welt der Digitaltechnik ist vom Grundsatz her wohlgeordnet. Sie basiert auf dem Binärsystem, das nur die (Dual-)Zahlen 1 oder 0 kennt. Das englische Wort „Digit“ für „Ziffer“ ist ebenso die Begrifflichkeit dafür wie die Begriffe „true“ für wahr = 1 und „false“ für unwahr/falsch = 0, die wir heute in jedem Computerprogramm finden. Wohlgeordnet deshalb, weil das Binärsystem nur zwei Zustände bzw. Pegel kennt, die logische 1, in der Technik als High-Pegel (H) definiert, und die logische 0, entsprechend als Low-Pegel (L) definiert. Dabei gibt es je nach technischem System unterschiedliche Festlegungen, was H- und L-Pegel sind. Diese Festlegungen sind einzuhalten und dann können wir mit dem Binärsystem im Wortsinn rechnen. Im Prinzip beschreibt die Digitaltechnik immer wieder logische Zusammenhänge zwischen den Ein- und Ausgängen einer Digitalschaltung. Mit diesen kann der Schaltungsdesigner rechnen und so eine komplette Digitalschaltung anhand einer sogenannten Wahrheitstabelle für eine bestimmte Funktion recht schnell kreieren.

Das wollen wir an einem ersten Beispiel betrachten, das in [Bild 1](#) gezeigt ist. Hier sehen wir die Wahrheitstabellen von sechs wichtigen Grundsaltungen der Digitaltechnik. Wir nehmen einmal das einfachste

Beispiel, den Negator. Der Name sagt es, diese Schaltung kehrt einfach den jeweils am Eingang liegenden Logikzustand in das Gegenteil um. Würden wir jeweils eine LED an den Ausgang anschließen, würde diese den Vorgang direkt anzeigen. Liegt also am Eingang ein L-Pegel (Low-Pegel), erscheint am Ausgang ein H-Pegel (High-Pegel) – die LED, die zwischen Ausgang und Masse der Versorgungsspannung liegt, würde leuchten. Liegt am Eingang ein H-Pegel, erscheint am Ausgang L und die LED ist ausgeschaltet. Die zugehörige mathematische Beschreibung steht über der Tabelle: A ist gleich E negiert. Durch komplexere Verknüpfungen werden entsprechend komplexere Funktionen realisiert, die Tabelle gibt eine Vorschau darauf. Entsprechend kann man sich die weiteren Grundsaltungen erarbeiten, etwa beim „Nand“. Die Formel beschreibt die Tabelle: immer wenn ein Eingang auf L liegt, hat der Ausgang H. Erst wenn beide Eingänge auf H liegen (das ist das „and = und“), wird der Ausgang auf L gelegt (negiert).

Diese Grundsaltungen begegnen uns selbst in den komplexesten Schaltungen, und jeder Programmierer eines Computerprogramms, der in einer hardwarenahen Sprache programmiert, muss diese Zusammenhänge komplett verinnerlicht haben, sie gehören zum Handwerkszeug. Die Definition und Auswertung von logischen Zuständen gehört aber auch in Hochsprachen wie Basic, Java oder C und sogar in modernen grafischen Programmiersprachen wie Scratch zum Einmaleins des Programmierers.

TTL, die Schaltungstechnik und CMOS

Jeder, der in die Digitaltechnik einsteigt, stößt schnell auf die Begriffe „TTL-Technik“ und „CMOS-Technik“. Das sind die Halbleitertechnologien, mit denen digitale Schaltungen realisiert werden. Wir wollen an

dieser Stelle jedoch nur ganz kurz, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, darauf eingehen. Alle digitalen Schaltungen basieren auf Transistorschaltungen, die die gewünschte Funktion durch den Betrieb als Halbleiterschalter realisieren. Die älteste und in ihrer modernsten Variante noch heute genutzte Technik ist die TTL-Technik. TTL bedeutet Transistor-Transistor-Logik. Der ebenfalls auftauchende Begriff „bipolare Schaltungstechnik“ beschreibt, welche Art von Transistoren eingesetzt wird – ganz normale bipolare Transistoren. Diese sind in einer Funktionseinheit, Gatter genannt, so zusammen geschaltet, dass sie im Schaltbetrieb arbeiten. In Bild 2 sind links und in der Mitte zwei Technologien für ein „Nand“-Gatter abgebildet, einmal in der „alten“ TTL-Technik und einmal in der modernen, weniger Strom verbrauchenden

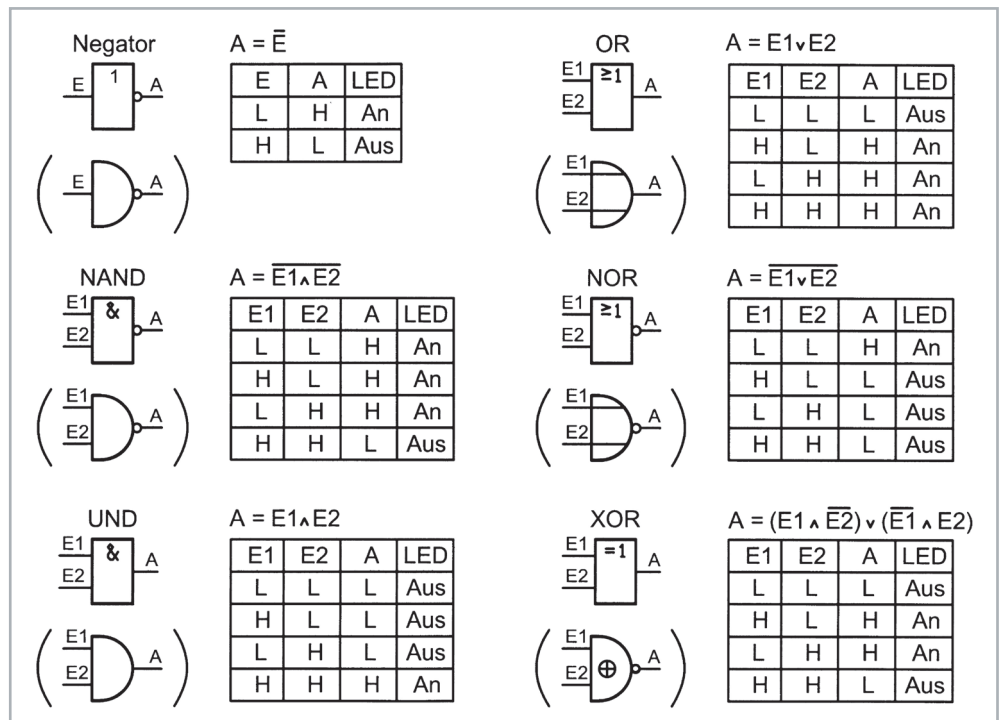


Bild 1: Die wichtigsten Grundsaltungen der Digitaltechnik mit den zugehörigen mathematischen Funktionsformeln und Wahrheitstabellen. E(x) = Eingang, A = Ausgang, L = Low, H = High

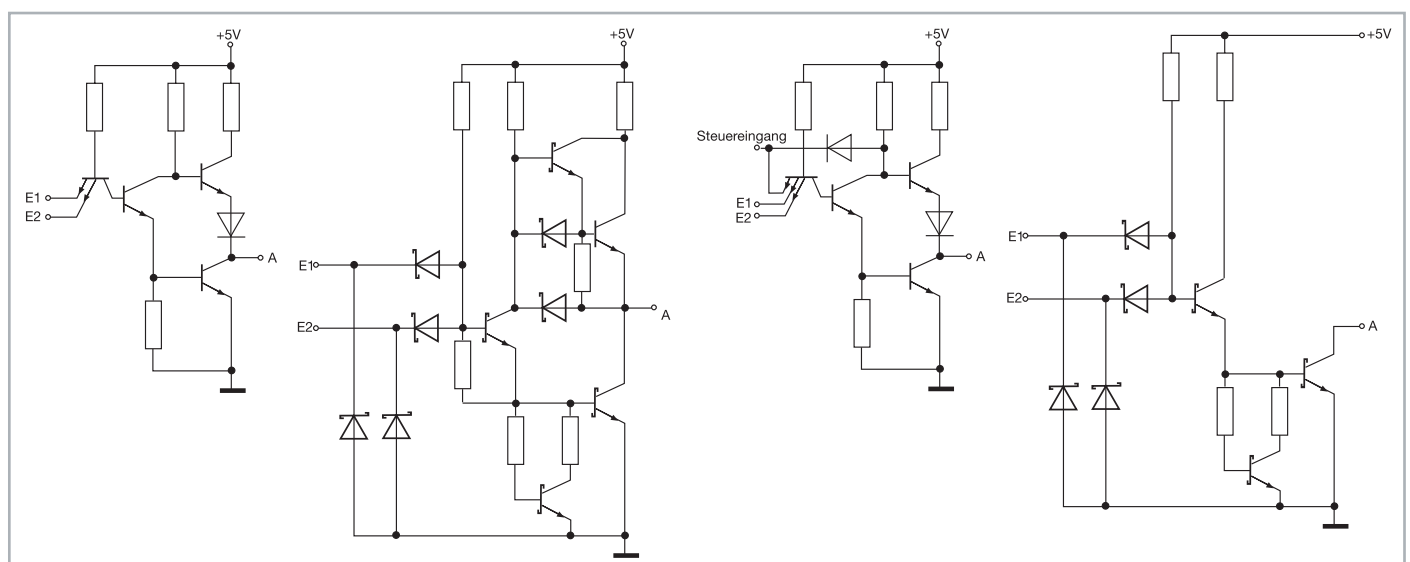


Bild 2: Die TTL-Gatter-Grundsaltungen mit den typischen Totem-Pole-Ausgängen (links TTL, rechts daneben LS-TTL), dem Tristate-Ausgang (3. von links) und dem Open-Collector-Ausgang (rechts)

und schnelleren LS-TTL-Technik (LS = Low-Power-Schottky). Beim LS-TTL-Beispiel erkennt man auch ein in der normalen Schaltungspraxis immer wieder praktiziertes Beispiel – im Prinzip können ganz einfache Eingangsverknüpfungen auch nur mit Dioden stattfinden. **Bild 3** zeigt das in einer Und-Verknüpfung. Legt man eine oder beide Diodenkatoden auf Masse, erscheint immer Massepotential am Ausgang. Erst wenn beide Diodenkatoden an Plus (High) liegen, erscheint auch Plus am Ausgang. Am Beginn der Halbleiter-Digitaltechnik (die gab es auch schon mit Röhren) standen tatsächlich auch ähnliche Schaltungsanordnungen, kombiniert mit einer Transistor-Endstufe. Die Technik war einer der Vorläufer von TTL und hier DTL (Dioden-Transistor-Logik).

In den beiden linken Schaltungen in **Bild 2** sehen wir den Standardausgang für logische Schaltungen, den sogenannten Totem-Pole-Ausgang (Totem-Pole wegen der standardmäßigen Anordnung übereinander wie an einem Totem-Pfahl), eine Gegentaktschaltung, die gewährleistet, dass jeweils nur einer der beiden Transistoren leiten kann, so schaltet dieser Ausgang eben je nach Ansteuerung der Eingänge gegen Masse (gleich L) oder gegen Plus (gleich H) durch. Aber es gibt noch eine weitere Version, den Tristate-Ausgang, wie er in **Bild 2** rechts abgebildet ist. Im Gegensatz zum einfachen Totem-Pole-Ausgang, der den Ausgang entweder sperrt oder durchschaltet, ist es hier über eine besondere Steuerung, die sowohl extern als auch intern innerhalb der Schaltkreislogik ausgelöst werden kann, zusätzlich möglich, den Ausgang durch gleichzeitige Sperrung beider Ausgangstransistoren auf einen Pegel zu legen, der weder L noch H (hochohmig gegenüber H und L) ist. Der Vorteil dieser Schaltungsversion ist die Möglichkeit, mehrere Schaltkreisausgänge z. B. an einer gemeinsamen Busleitung betreiben, d. h. parallel schalten zu können. **Bild 2** zeigt ganz rechts die dritte wichtige Ausgangsschaltung der Digitaltechnik – den Open-Collector-Ausgang. Hier bleibt der Kollektor des hier

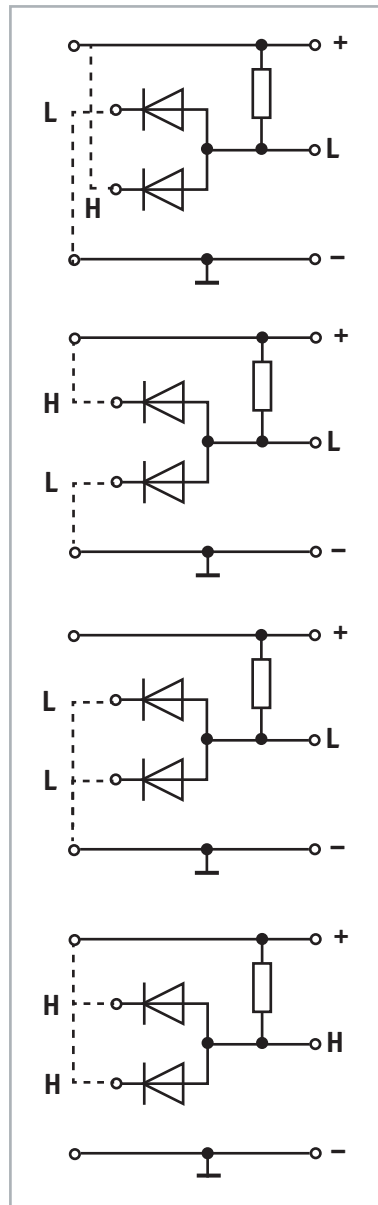


Bild 3: Und-Verknüpfung mit Dioden – nur wenn beide Eingänge auf H liegen, liegt auch der Ausgang auf H.

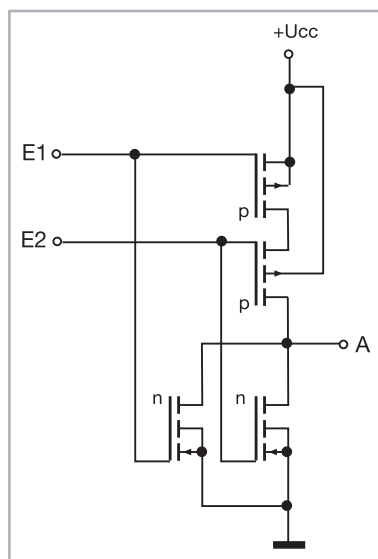


Bild 4: CMOS-Nand-Gatter – hier sieht man neben der Komplementär-Ausgangsstufe den typischen strom- und platzsparenden Aufbau der CMOS-Technik ohne passive Bauteile im Chip.

einigen Ausgangstransistoren offen gegen Plus (H). Im leitenden Zustand schaltet er den Kollektor nach Masse, so kann er systemfremde Lasten wie z. B. ein 12-V-Relais schalten. Ist der Transistor gesperrt, ist der Kollektor nicht mehr nach Masse geschaltet, er bleibt hochohmig – die Last wird abgeschaltet. Diese Eigenschaft wird auch für komplexere Verknüpfungen genutzt, wie ausgangsseitiges Parallelschalten von Gattern oder Multiplexschaltungen.

Zurück zur TTL-Logik. Hier sind noch folgende Fakten wichtig: Der Betriebsspannungsbereich muss im schmalen Bereich zwischen 4,75 V und 5,25 V liegen (daher die heutige Standardbetriebsspannung von 5 V), als H-Pegel am Eingang ist eine Spannungshöhe von 2 V bis 5 V definiert, als L-Pegel 0 V bis 0,8 V. Werte dazwischen werden weder als H noch als L erkannt, sie können aber die Funktion der Schaltung stören und müssen deshalb vermieden werden. Ausgangsseitig sind bei TTL 2,4 V bis 5 V als H-Pegel und 0 V bis 0,4 V als L-Pegel definiert.

Die zweite, modernere Version von Logikbausteinen ist die CMOS-Technik. Sie hat sich heute aufgrund ihrer vielen Vorteile komplett durchgesetzt und bildet die Grundlage unserer heutigen hochintegrierten Rechentechnik. Die Technologie beruht auf der Unipolar-MOS-Technik mit hochohmigen Feldefekttransistoren, die nur sehr geringe Verlustleistungen aufweisen, da sie fast leistungslos angesteuert werden. Somit ist die Technik gegenüber TTL enorm stromsparend aufzubauen. CMOS-Anordnungen erfordern so auch keine internen Widerstände und Dioden und sind so extrem hoch integrierbar. **Bild 4** zeigt ein CMOS-Nand-Gatter, bei dem die typische CMOS-Anordnung zu sehen ist – es sind immer komplementäre Transistorpaare aus N- und P-Transistoren vorhanden, die gesperrt sehr hochohmig sind. Je nach Eingangspotential leitet hier der obere oder der untere Transistor. Besondere Highspeed-CMOS-Schaltungen haben sehr kurze Signalverarbeitungszeiten – die schnellsten Prozessoren beruhen im Prinzip heute auf CMOS-Technik. CMOS hat einige weitere Vorteile, so den stark erweiterten Betriebsspannungsbereich von 3 V bis 15 V, einen höheren Störabstand (Eingang: L-Pegel von 0 V bis 1,5 V; H-Pegel von 3,5 V bis 5 V; Ausgang: L-Pegel von 0 V bis 0,005 V, H-Pegel von 4,95 V bis 5 V), der den Betrieb zuverlässiger und toleranter macht, und im Bereich bis 5 V Kompatibilität zu TTL. Bei höheren Betriebsspannungen wird der Störabstand noch größer, er beträgt dann gegenüber TTL (0,4 V) bis zu 10 V. Zahlreiche CMOS-Schaltkreisreihen wie etwa die Reihen 74HC oder 74HCT (das C kennzeichnet immer CMOS-Technik) sind pin- und funktionskompatibel mit TTL-Typen.

Genug der Theorie, kommen wir zu unserem Experimentierboard.

Sofort einsatzbereit

Im Gegensatz zu einfachen Experimentierboards dieser Art sind alle Bauteile, die man für seine Experimente grundsätzlich benötigt, bereits integriert. Wir benötigen also außer einer Spannungsversorgung – nach polrichtigem Einlegen von drei Mignon-

Batterien in die Batteriehalterung auf der Platinenrückseite kann das Experimentierboard auch mobil betrieben werden – nur noch Steckbrücken zum Verbinden der Bauteile.

Alle Bauteilanschlüsse sind in der Bedruckung übersichtlich benannt, alle internen Verbindungen auf der Platine ausgeführt, so dass man sich z. B. nicht um die Beschaltung zwischen Decoder und Display kümmern muss – das ist Standard und würde als extra externe Verbindung nur der Übersicht schaden.

Bedien- und Anzeigeelemente sind ebenso vorhanden und frei verbindbar wie Widerstände, Kondensatoren, einige Dioden, Steckerbrücken (Jumper), LEDs und sogar ein Open-Collector-Schalt-ausgang, z. B. für Relais.

Verbindungskabel

Für die Verbindung der einzelnen Bauteile und Funktionsblöcke werden sogenannte Steckbrücken (Bild 5) eingesetzt, z. B. Velleman Steckbrücken-Set, Stecker auf Stecker, 65-teilig, Bestell-Nr. 14 51 45.



Bild 5: Fertiges Verbindungskabel für den Einsatz auf Steckboards

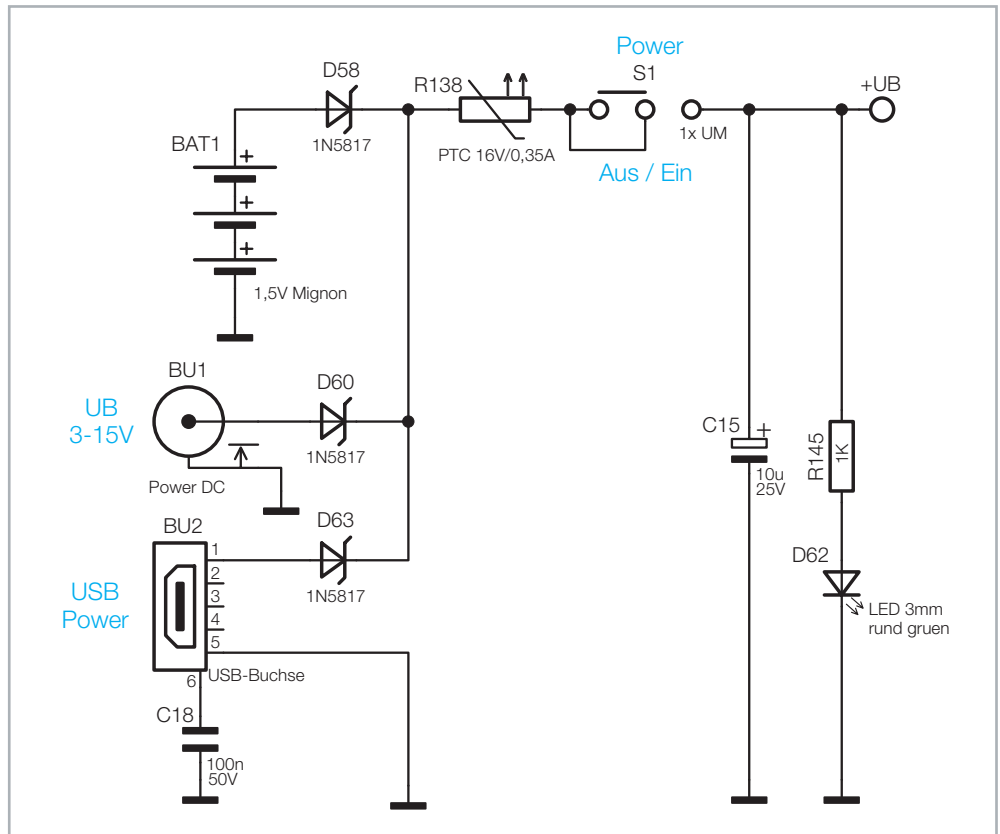


Bild 6: Spannungsversorgung des DEB100

Spannungsversorgung

Das DEB100 Experimentierboard kann mit einer Spannung zwischen 3 V und 15 V versorgt werden, dies sind Spannungsgrenzen, die für CMOS-Logikbausteine zugelassen sind. Es stehen drei unterschiedliche Spannungsquellen zur Verfügung (siehe Bild 6). Auf der Platinenunterseite befindet sich ein Batteriehalter zur Aufnahme von Mignon-Batterien mit einer Gesamtspannung von 4,5 V. Des Weiteren kann ein Steckernetzteil mit einem Micro-USB-Stecker verwendet werden (Handyladegerät). Möchte man ein externes Netzteil anschließen, ist die 3,5-mm-Hohlsteckerbuchse (BU1) zu verwenden. Alle Eingänge sind mit Dioden entkoppelt und können gleichzeitig angeschlossen werden. Es wird automatisch immer die höhere Spannung verwendet. Zur Absicherung befindet sich hinter den Dioden eine PTC-Sicherung, die im Fehlerfall hochohmig wird. Diese Sicherung ist reversibel, d. h., sie kehrt wieder in den Ursprungszustand zurück und braucht nicht ausgetauscht zu werden. Mit dem Schiebeschalter S1 kann auf einfache Weise die Spannungszufuhr unterbrochen werden (Ein-Aus). Als optische Kontrolle dient die Leuchtdiode D62.

Statusanzeige

Um einen besseren Überblick zu gewährleisten, an welcher Stelle in der Schaltung welcher Logikzustand herrscht, sind an vielen markanten Stellen, z. B. Ausgängen von Zählerstufen, Status-LEDs installiert. Da die Schaltung des DEB100 einen weiten Versorgungsspannungsbereich hat, kann keine „normale“ LED mit Vorwiderstand verwendet werden. Die Stromaufnahme und somit die Helligkeit würde über den weiten Spannungsbereich stark schwanken und eventuell unnötig viel Strom verbrauchen. Aus diesen Grund sind alle LEDs in der Schaltung mit einer Stromquelle bzw. Stromsenke versehen, die den LED-Strom konstant halten. In Bild 7 ist ein Ausschnitt aus der Schaltung zu sehen, der eine Stromsenke zeigt. Die Funktion ist anhand des ohmschen Gesetzes leicht erklärt.

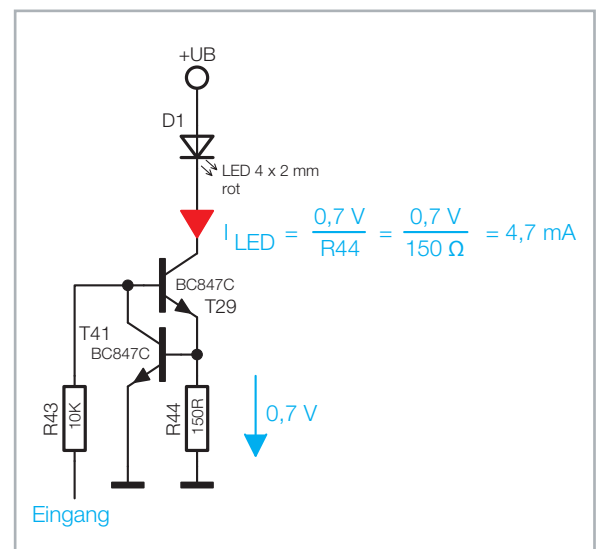


Bild 7: So ist die Stromsenke für die Status-LEDs realisiert.

Die Leuchtdiode (LED) wird über den Transistor T29 angesteuert und befindet sich im Kollektorzweig. Wenn über den Emitterwiderstand R44 ein Strom fließt, wird dieser über die parallel liegende Basis-Emitterstrecke von T41 auf 0,7 V begrenzt. Der darzustellende Logikpegel wird über den Widerstand R43 auf die Basis von T29 geführt. Im Prinzip stellen sich alle Ströme und Spannungen so ein, dass, wie schon erwähnt, über R44 eine Spannung von 0,7 V abfällt. Da die Spannung über R44 konstant ist, ist auch der Strom durch R44 konstant. Dies ist der entscheidende

de Punkt bei einer Stromsenke. Dieser Strom fließt natürlich auch über die Kollektor-Emitterstrecke von T29 und somit durch die LED. Wenn wir den sehr kleinen Basisstrom von T29 vernachlässigen, dann entspricht der durch die LED fließende Strom folgender Formel:

$$I_{LED} = \frac{0,7 V}{R_{44}} = \frac{0,7 V}{150 \Omega} = 4,7 mA$$

Dieser konstante Strom ist unabhängig von der Betriebsspannung U_B , solange U_B größer 3 V ist. Durch diese Maßnahme ist der LED-Strom im Betriebsspannungsbereich von 3 V bis 15 V nahezu konstant, wodurch auch die Helligkeit konstant bleibt.

Möchte man Schaltungsteile dieser Experimentierschaltung nachbauen, sind diese Konstantstromquellen nicht zu berücksichtigen.

Logikpegel (4fach)

Funktion

Um Logikpegel, also die logischen Zustände in der Schaltung, einfach erkennen zu können, gibt es vier unabhängige Pegeldetektoren, die mittels LEDs den Zustand High oder Low anzeigen. Bild 8 zeigt das Schaltbild eines Pegeldetektors. Jeder Detektor besteht aus einer Stromsenke und einer Stromquelle. Diese dienen zur Strombegrenzung, haben unterschiedliche Namen, machen aber das Gleiche – den Strom für die LEDs konstant halten. Wie eine Stromsenke funktioniert, ist im Abschnitt „Statusanzeige“ erklärt. Eine Stromquelle funktioniert in gleicher Weise, nur mit umgekehrter Polarität, da hier PNP-Transistoren verwendet werden. Stromsenke und Stromquelle sind mit den Eingängen parallel geschaltet und überwachen den Eingangspegel. Die Stromsenke mit der grünen LED zeigt den High-Pegel an, während die Stromquelle mit der roten LED den

Low-Pegel anzeigt. Bei einer Spannung von $4/5$ der Betriebsspannung wird ein High detektiert, während eine Spannung unterhalb von $2/5 U_B$ als Low angezeigt wird. Bei Spannungen zwischen diese beiden Werten leuchten beide LEDs gleichzeitig auf. Mit dem Schalter (siehe Bild 8 rechts) können die LEDs abgeschaltet werden.

CD4011 – Nand-Gatter mit 2 Eingängen

Bezeichnung:	CD4011, HEF4011
Typ:	CMOS Nand-Gatter mit Eingängen
Betriebsspannung:	3–15 V
Verzögerungszeit:	60 ns @ $U_B=10 V$
Ausgangsstrom:	6 mA (typ.)/Gatter

Funktion

Der CD4011 vereint vier Nand-Gatter in einem Baustein. Der Begriff „Nand“ leitet sich aus den beiden englischen Begriffen „not“ und „and“ ab. Auf Deutsch würde man sagen, es ist ein „Nichtund“. Im Prinzip ist ein Nand- ein And-Gatter (Und-Gatter) mit nachgeschaltetem Inverter. Die Funktion lässt sich am einfachsten in der hier nochmals aufgeführten Wahrheitstabelle erkennen (Bild 11). Der Ausgang „Out“ geht nur dann auf Low, wenn beide Eingänge gleichzeitig auf High sind. In Bild 10 ist ein einzelnes Gatter mit Platinenaufdruck zu sehen.

Bild 9 zeigt das Schaltbild des CD4011 so, wie es in unserer Schaltung verwendet wird. In einem Baustein stehen vier Gatter mit je zwei Eingängen zur Verfügung. Die Eingänge sind jeweils mit einem Widerstand nach Masse geschaltet. So wird verhindert, dass nicht benutzte Gatter und Eingänge „floaten“ und schwingen. Dies ist eine Grundregel der Digitaltechnik: Eingänge immer definiert abschließen und nie offen lassen!

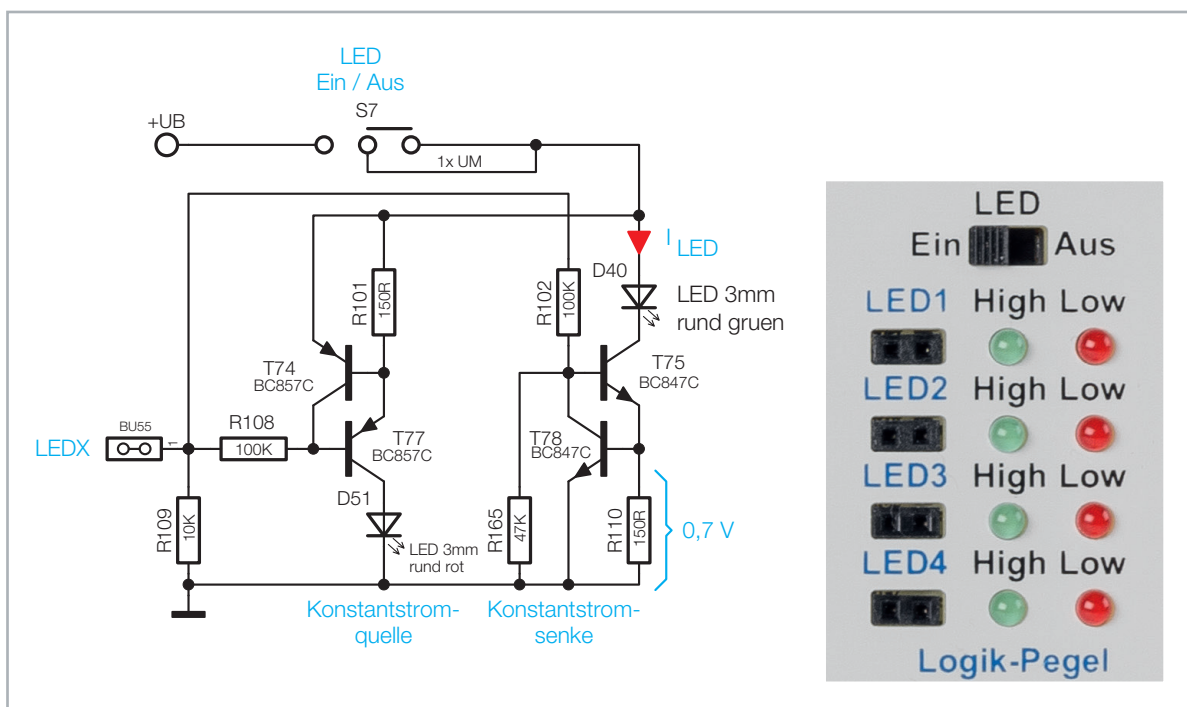


Bild 8: Ausschnitt aus dem Schaltungsteil „Logik-Pegel“ und dem zugehörigen Platinenaufdruck

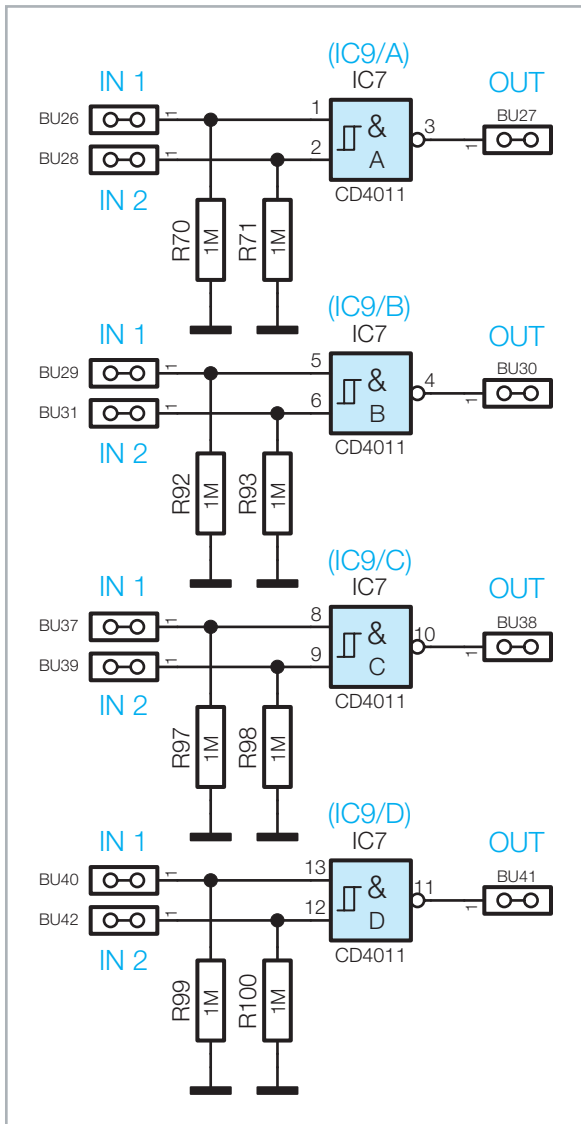


Bild 9: Die vier Gatter des CD4011

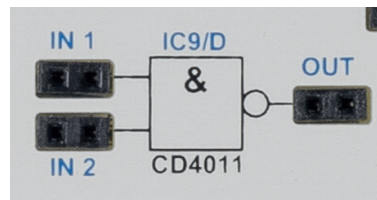
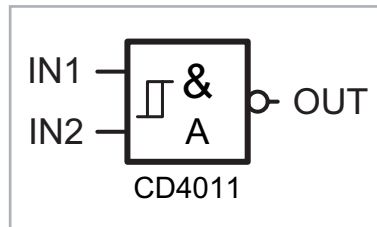


Bild 10: Nand-Gatter mit dem zugehörigen Platinaufdruck

IN1	IN2	OUT
L	L	H
H	L	H
L	H	H
H	H	L

H = High-Pegel

L = Low-Pegel

Bild 11: Wahrheitstabelle für ein Nand

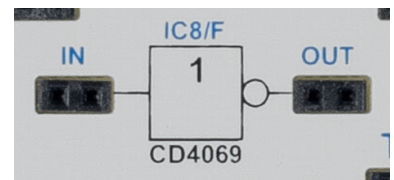
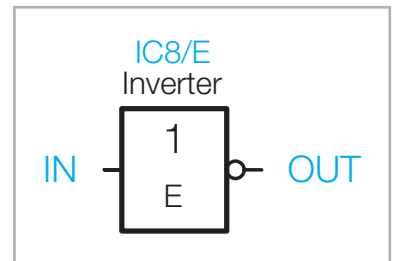


Bild 12: Ein einzelner Inverter des CD4069 mit dem zugehörigen Platinaufdruck

CD4069 – Inverter

Bezeichnung: CD4069, HEF4069
 Typ: CMOS Inverter (6fach)
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Verzögerungszeit: 50 ns @ UB=10 V
 Ausgangsstrom: 6 mA (typ.)/Inverter

Funktion

Der CD4069 vereint sechs Inverter in einem Baustein. Die Funktion ist schnell erklärt: Ein High-Pegel am Eingang ergibt einen Low-Pegel aus Ausgang und umgekehrt. Der Baustein ist für universelle Inverterfunktionen gedacht. Bild 12 zeigt einen einzelnen Inverter mit zugehörigem Platinaufdruck.

Die Eingänge sind mit Widerständen gegen Masse geschaltet und verhindert ein „Floaten“ und Schwingen bei ungenutzten Eingängen. Bild 13 zeigt alle in der Schaltung verwendeten Inverter.

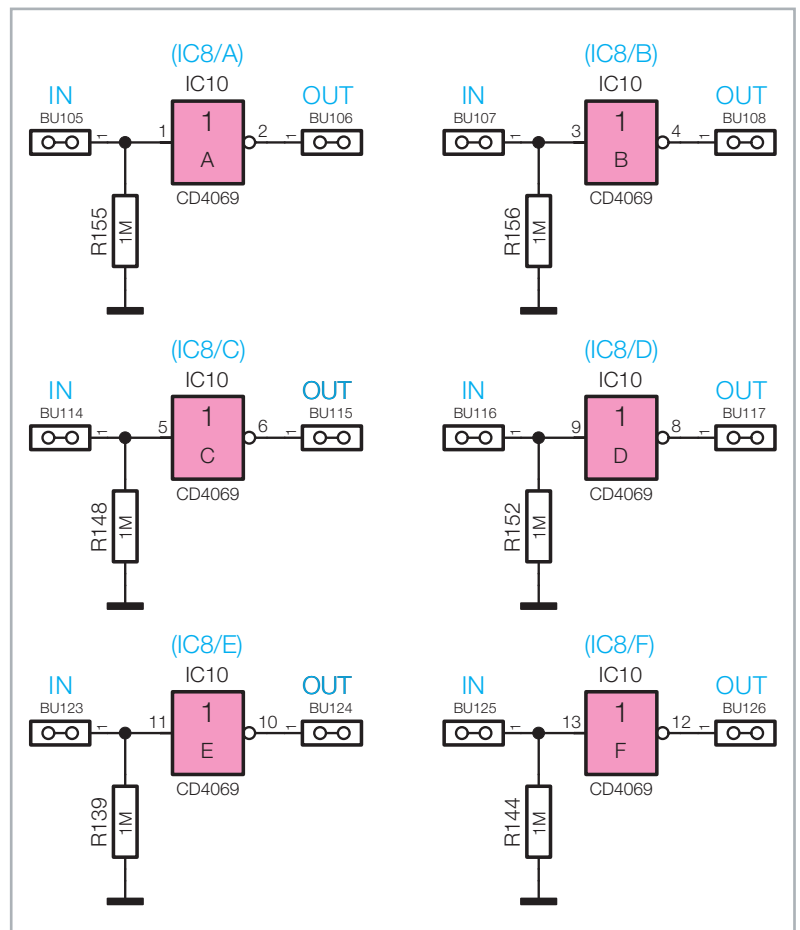


Bild 13: Alle sechs Inverter des C4069

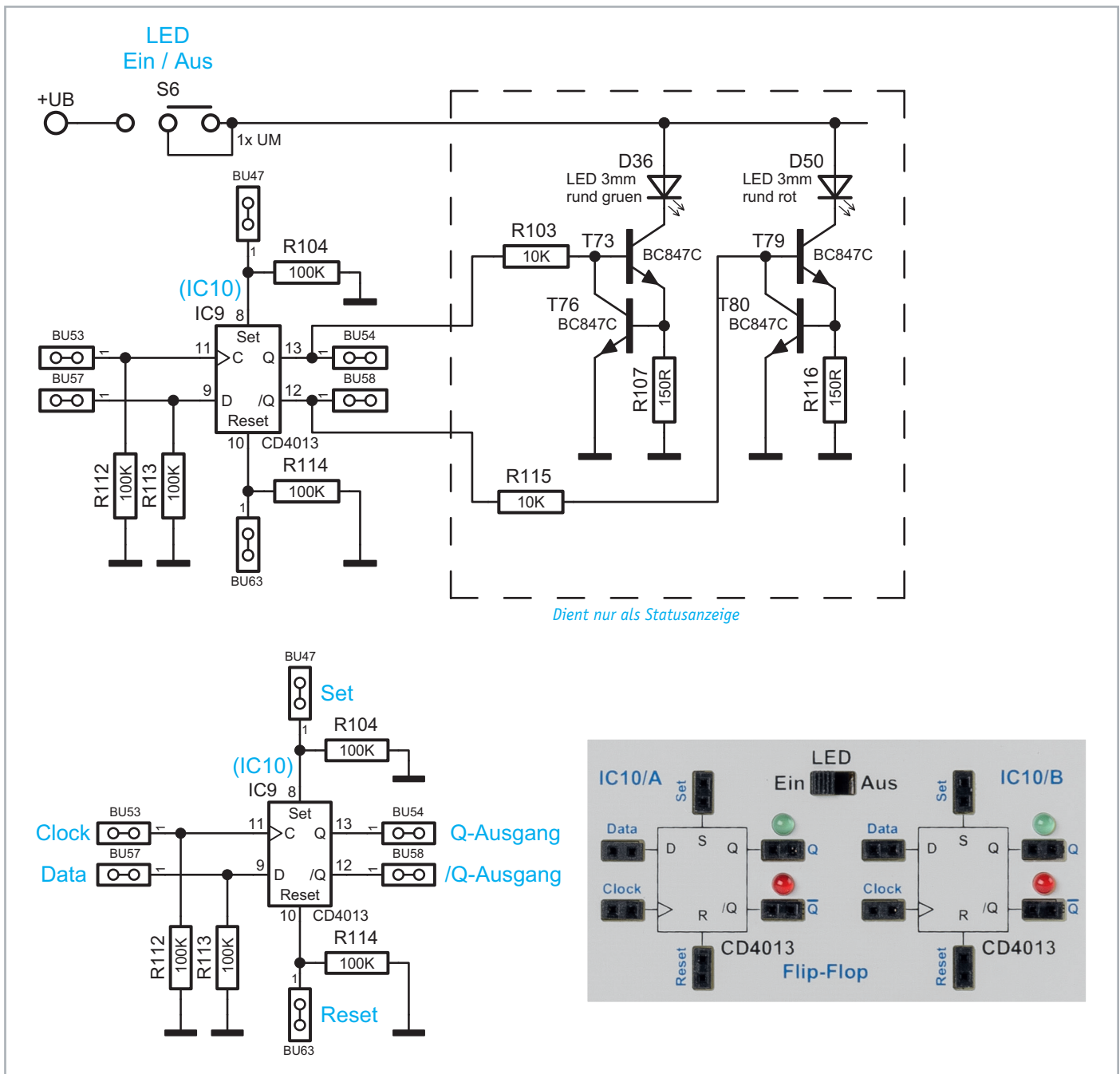


Bild 14: Die Schaltung des CD4013 (oben mit Statusanzeige)

CD4013 D-Flip-Flop

Bezeichnung: CD4013, HEF4013
 Typ: CMOS D-Flip-Flop (2 Stück in einem Gehäuse)
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Taktfrequenz: 3,5 MHz @ UB=5 V
 10 MHz @ UB=10 V
 Stromaufnahme: 0,4–1,5 mA ohne Last

Funktion

Der CD4013 vereint zwei D-Flip-Flops in einem Gehäuse.

In Bild 14 ist die Schaltung (1/2) des CD4013 (oben mit Statusanzeige, unten vereinfacht ohne Statusanzeige) zu sehen. Dieses Flip-Flop kann auf zwei unterschiedliche Arten betrieben werden. Im getakteten Modus (Bild 15) werden die Eingänge Clock (Takt) und der Dateneingang genutzt. Der Set- und der Reseteingang müssen in dieser Betriebsart auf Masse (Low-Pegel) liegen. Bei jedem Low-High-Wechsel am Clockeingang wird der momentane Pegel am D-Eingang auf den Q-Ausgang übertragen und gespeichert.

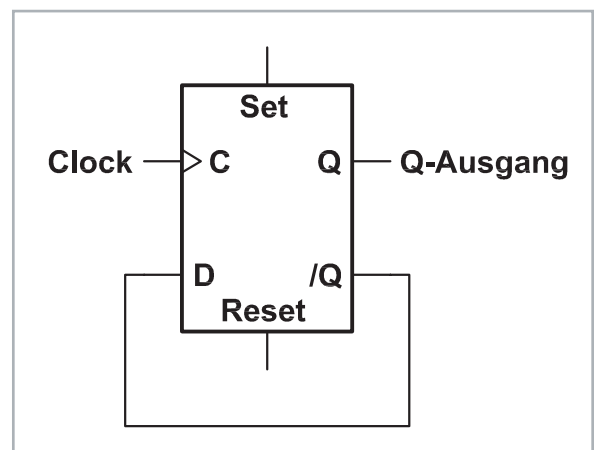


Bild 15: So wird aus einem D-Flip-Flop ein T-Flip-Flop.

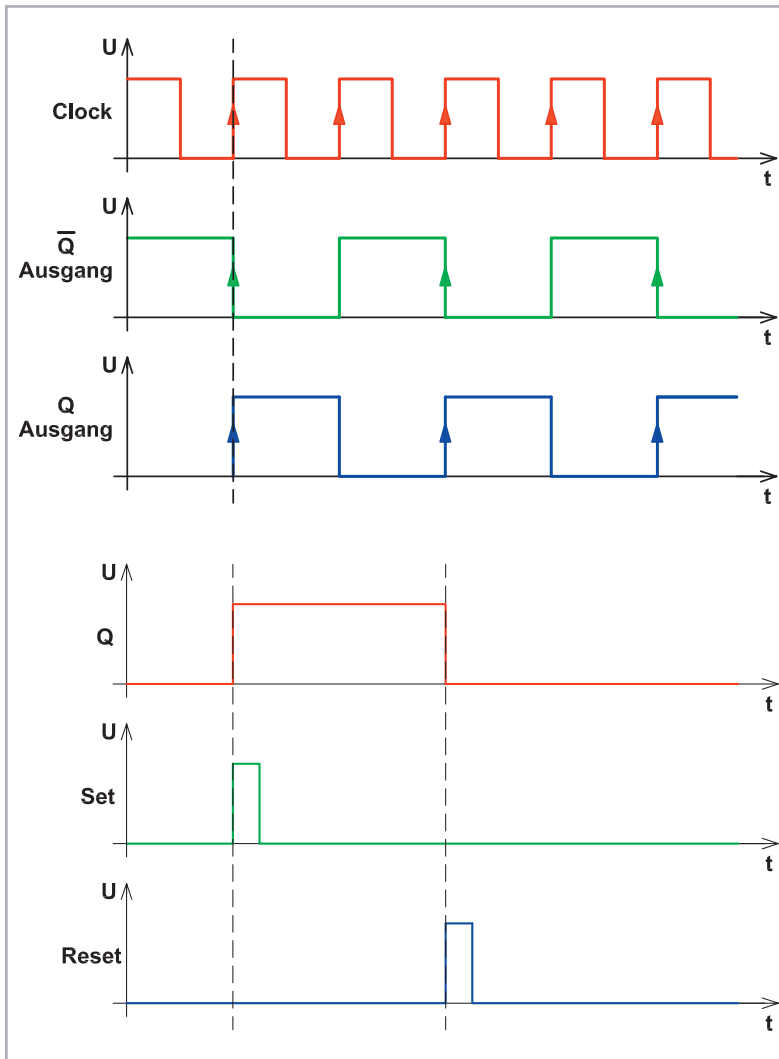


Bild 16: Diagramme für die beiden Betriebsarten des CD4013

Da es sich um eine Flip-Flop-Schaltung handelt, verhält sich der /Q-Ausgang immer entgegengesetzt zum Q-Ausgang. Liegt während des Low-High-Signals (positive Flanke) ein High am D-Eingang, wird auch der Ausgang Q High führen. Verbindet man den /Q-Ausgang mit dem D-Eingang, erhält man ein T-Flip-Flop, das bei jedem Taktsignal an Clock seinen Ausgangszustand ändert. Im oberen Teil von [Bild 16](#) sind hierfür die Signalverläufe dargestellt.

Die zweite Betriebsart arbeitet mit den Eingängen „Set“ und „Reset“. Ein High am Eingang „Set“ setzt das Flip-Flop ($Q = H$ und $/Q = L$). Mit einem High am Resetanschluss wird das Flip-Flop zurückgesetzt. Auch hierfür ist im unteren Teil von [Bild 16](#) ein Signaldiagramm dargestellt. Es können aber auch beide Betriebsarten miteinander kombiniert werden.

In der Wahrheitstabelle ([Bild 17](#)) sind alle möglichen Pegelzustände an den Eingängen und deren Auswirkung dargestellt.

Wie in [Bild 14](#) zu sehen, sind die Ausgänge mit einer spannungsunabhängigen Statusanzeige versehen. Diese Statusanzeige ist für Eigen- bzw. Nachbauten nicht notwendig. Im unteren Teil von [Bild 14](#) ist die vereinfachte „normale“ Beschaltung des CD4013 dargestellt. Mit dem Schalter S6 kann die LED-Statusanzeige deaktiviert werden, falls diese nicht erwünscht ist.

Clock	D (Data)	Set	Reset	Q-Ausgang	/Q-Ausgang	Funktion
	H	L	L	H	L	Daten (H) an "D" werden gespeichert
	L	L	L	L	H	Daten (L) an "D" werden gespeichert
X	X	H	L	H	L	Flip-Flop wird gesetzt
X	X	L	H	L	H	Flip-Flop wird zurückgesetzt

H = High-Pegel

L = Low-Pegel

X = Zustand beliebig

Bild 17: Die Wahrheitstabelle für CD4013

CD4017 – Dezimalzähler mit 10 Ausgängen

Bezeichnung: CD4017, HEF4017
 Typ: CMOS Dezimalzähler mit 10 Ausgängen
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Taktfrequenz: 2,5 MHz @ $U_B=5\text{ V}$
 12 MHz @ $U_B=10\text{ V}$
 Stromaufnahme: 0,4–0,8 mA inaktiv/ohne Last

Funktion

Der CD4017 ist ein synchroner Dezimalzähler mit zehn Ausgängen. Im Gegensatz zu einem Binärzähler ist immer nur einer der zehn Ausgänge aktiv, also ein 1-aus-10-Decoder. In [Bild 18](#) ist das Schaltbild mit CD4017 und zusätzlicher Peripherie dargestellt. In [Bild 19](#) sind die Ein- und Ausgangssignale grafisch dargestellt, um einen besseren Einblick in die Funktion zu bekommen.

Wie schon erwähnt, dient der obere Teil (Status-LED) nur zur Darstellung der Logikpegel an den Ausgängen. Mit dem Schalter S4 können die Status-LEDs abgeschaltet werden. Für die „normale“ Funktion ist dieser Schaltungsteil nicht erforderlich. Im unteren Teil von [Bild 18](#) sind der CD4017 in seiner Grundfunktion und der Platinaufdruck zu sehen.

Die drei Pull-down-Widerstände R94–R96 dienen dazu, die Eingänge auf einen definierten Pegel, hier auf Massepotential, zu legen. Wie bereits gesagt, müssen alle nicht benutzten Eingänge entweder auf High- oder auf Low-Pegel gehalten werden. Hierdurch wird die Verwendung dieses Bausteins vereinfacht, da die Beschaltung die Grundeinstellung darstellt. Der Reset und der /EN-Anschluss liegen somit auf Masse

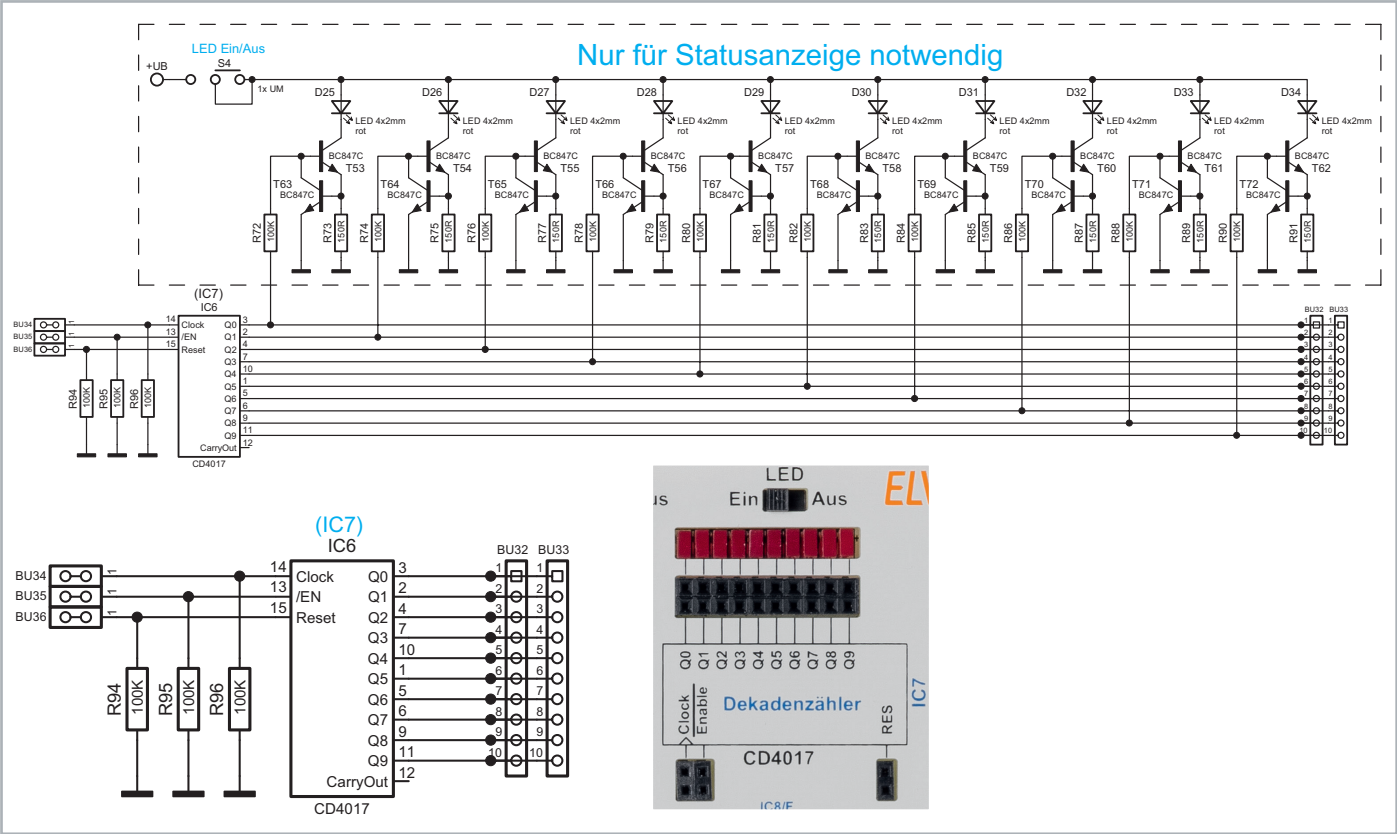


Bild 18: Schaltbild des CD4017 mit Peripherie, unten: CD4017 ohne Status-LEDs mit Platinenaufdruck

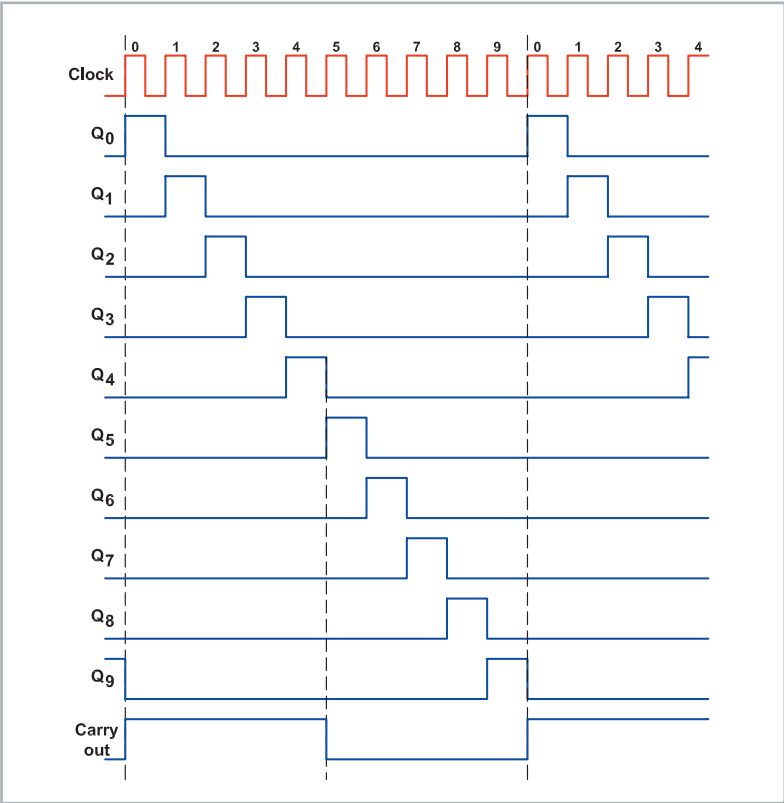


Bild 19: Der Signalverlauf am CD4017

(Low-Pegel) und müssen nicht noch extra beschaltet werden, es sei denn, man möchte diese Funktionen nutzen. Welche Auswirkung diese beiden Steuerungseingänge auf die Funktion haben ist in der Tabelle (Bild 20) zu sehen. Bei einem Low-High-Wechsel am Clockeingang schreitet der Zähler um eine Stelle weiter. Da der Enable-Eingang mit dem Takteingang über ein Gatter verknüpft ist, kann dieser Pin auch zum Takten verwendet werden, wenn der Clock-Eingang auf High liegt.

Mit diesem Baustein lässt sich auf einfache Weise ein Lauflicht realisieren (Knight-Rider). Hierzu wird ein Takt mit relativ niedriger Taktfrequenz auf den Clock-Eingang gegeben. Die Ausgänge werden nun der Reihe nach eingeschaltet und man erhält ein 10-Kanal-Lauflicht. Möchte man nur ein Lauflicht mit fünf Kanälen, verbindet man den Ausgang Q5 mit dem Reseteingang. Sobald der Ausgang Q5 auf High wechselt, wird ein Reset durchgeführt und der Zähler springt zurück auf Q0. Solche Schaltungen sind im Internet zahlreich zu finden.

Clock	/EN	Reset	Funktion
	L	L	Zähler schreitet um eine Stelle weiter
H		L	Zähler schreitet um eine Stelle weiter
X	X	H	Zähler wird zurückgesetzt; Q0 aktiv

Bild 20: Die Wahrheitstabelle für CD4017

H = High-Pegel
L = Low-Pegel
X = Zustand beliebig

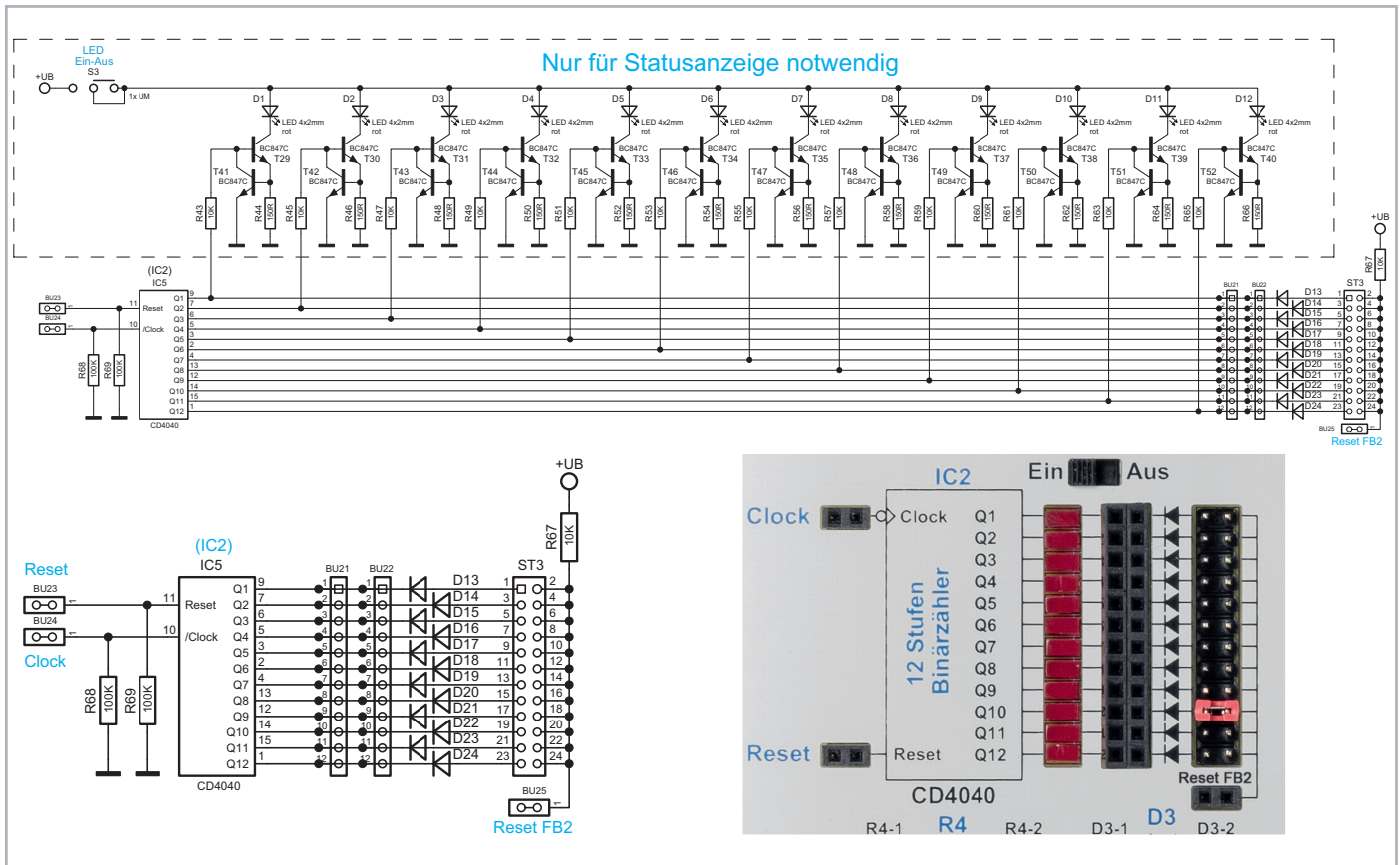


Bild 21: Schaltbild des CD4040 mit Peripherie, oben: die komplette Schaltung mit Status-LEDs, unten: die Grundsaltung, rechts: Platinaufdruck

CD4040 – 12-stufiger Binärzähler

Bezeichnung: CD4040, HEF4040
 Typ: CMOS Binärzähler
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Frequenz: 2 MHz @ 5 V
 12 MHz @ 10 V
 Stromaufnahme: 0,04 μ A inaktiv
 3 mA aktiv

Funktion

Der CD4040 ist im Prinzip ähnlich aufgebaut wie der im folgenden Abschnitt beschriebene CD4060. Der Unterschied besteht darin, dass es keinen internen Oszillator gibt und der Zähler nur 12-stufig ist. Ein Vorteil ist aber, dass alle Zählerstufen durchgängig von Q1 bis Q12 herausgeführt sind.

In Bild 21 sind das Schaltbild des CD4040 in unserer Schaltung mit Peripherie und der zugehörige Platinaufdruck dargestellt. Im oberen Teil ist das komplette Schaltbild mit den Status-LEDs zu sehen. Für das Verständnis und auch zum Nachbau in eigenen Schaltungen sind die Status-LEDs nicht relevant und dienen nur zur Anzeige der Logikpegel an den Ausgängen.

Im unteren Teil ist die „normale“ Beschaltung des CD4040 und der Platinaufdruck zu sehen. Wie der CD4040 intern aufgebaut ist, zeigt Bild 22, wobei dies natürlich nur das Blockschaltbild ist.

Der Zählerstand schreitet bei jedem High-Low-Übergang von Clock (Takt) um eine Stufe weiter. Die Zählerstufen bestehen aus hintereinander geschal-

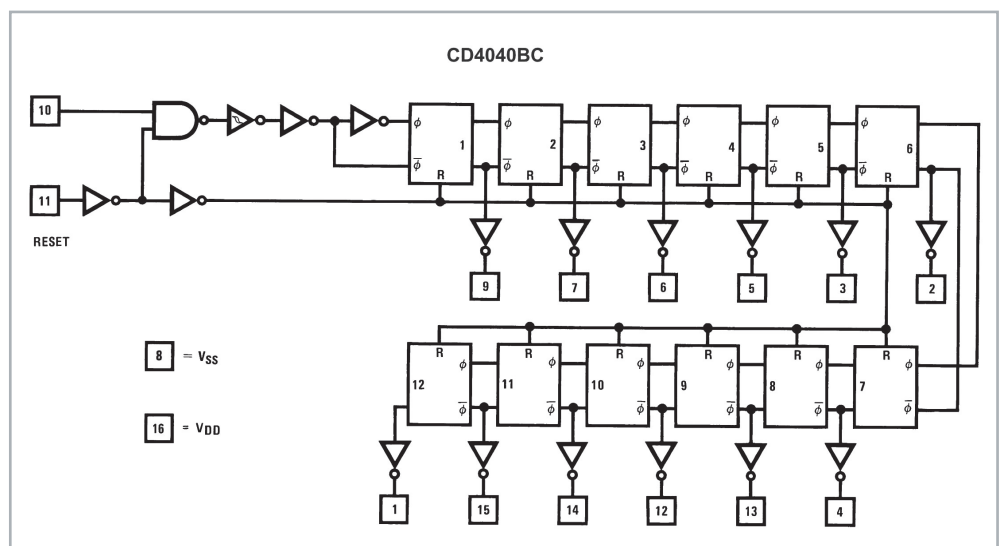


Bild 22: Das Blockschaltbild des CD4040 zeigt das Innenleben des Schaltkreises.

teten D-Flip-Flops. Der Clockausgang der folgenden Stufe ist mit dem /Q des vorigen Flip-Flops verbunden. Diese Technik bezeichnet man als Ripple-Zähler. Im Vergleich dazu liegt bei einem synchronen Zähler an allen Flip-Flops das Taktsignal an.

Durch jede Zählerstufe (Flip-Flop) wird die Eingangsfrequenz durch zwei geteilt. Der CD4040 besitzt zwölf Zählerstufen und kann die Eingangsfrequenz damit max. durch $2^{12} = 4096$ teilen. Wie die Ausgangssignale in Bezug auf das Clocksignal aussehen, ist im Diagramm auf Bild 23 zu sehen.

Der Reseteingang wird normalerweise auf Low gehalten und führt bei einem High einen Reset durch (siehe Tabelle auf Bild 24)

Durch eine spezielle Schaltungstechnik kann im Prinzip jeder Teilungsfaktor zwischen 2 und 4096 generiert werden. Wie dies funktioniert, ist im folgenden Abschnitt zum CD4060 erklärt. Beim CD4040 sind

nur die Zählerausgänge unterschiedlich. In Bild 24 ist die Tabelle mit den verfügbaren Zählerausgängen und den zugehörigen Teilerfaktoren zu sehen. Wie im Abschnitt CD4060 erklärt, kann auch der CD4040 auf einen bestimmten Teilerfaktor programmiert werden. Ein Beispiel: Wir brauchen z. B. einen Teilerfaktor von 310. In der Spalte „Zählerstandsberechnung“ suchen wir uns die entsprechenden Werte, um auf einen Wert von 310 zu kommen. Wir fangen mit dem größtmöglichen Teilerfaktor an, in unserem Fall 256:

$310 - 256 = 54$

Es bleibt ein Rest von 54, von dem wir den nächstmöglichen Wert aus der Tabelle, also 32 abziehen. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis der Rest null ist. Wenn man sich die rechte Spalte in der Tabelle anschaut und alle Werte aus der Spalte „Zählerstandsberechnung“, die mit einem x gekennzeichnet sind, addiert, kommen wir auf einen Wert von 310. An den mit x markierten Ausgängen des Zählers ist demzufolge ein Jumper zu setzen.

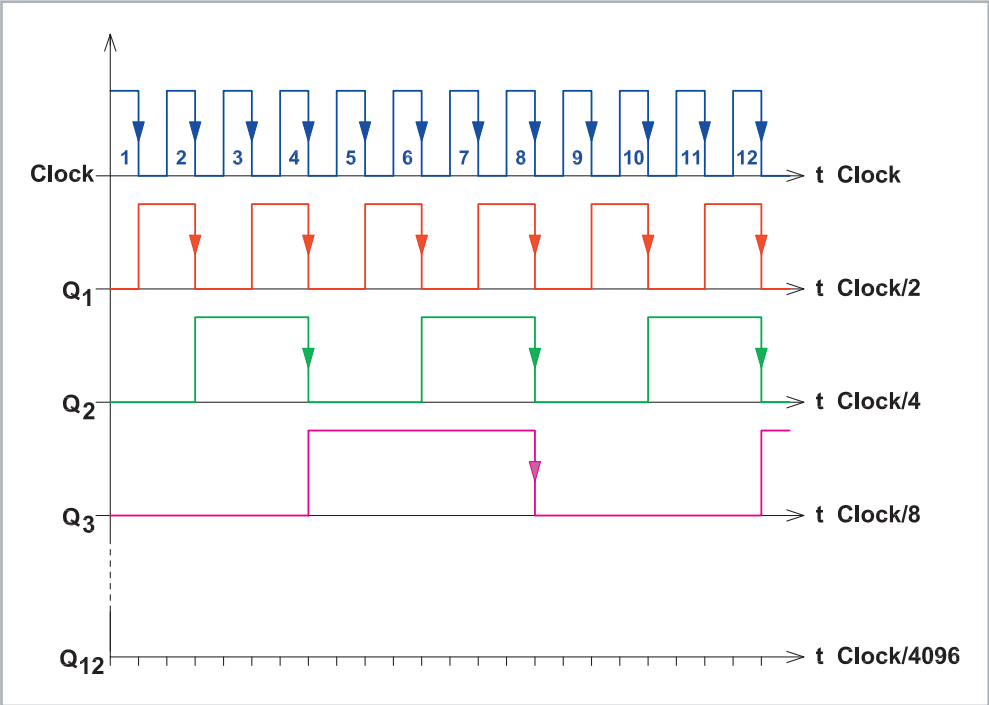


Bild 23: Das Impulssdiagramm für CD4040

Ausgang	Teilerfaktor	Zählerstand-berechnung	Beispiel 1
Q1	2	1	
Q2	4	2	x
Q3	8	4	x
Q4	16	8	
Q5	32	16	x
Q6	64	32	x
Q7	128	64	
Q8	256	128	
Q9	512	256	x
Q10	1024	512	
Q11	2048	1024	
Q12	4096	2048	
Summe		310	

Bild 24: Ausgänge des CD4040 mit zugehörigen Teilerfaktoren und Beispiel für die Berechnung des Resets für einen Teilerfaktor 310

CD4060 – 14-stufiger Binärzähler mit Oszillator

Bezeichnung: CD4060, HEF4060
 Typ: CMOS Binärzähler
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Frequenz: 0,8 MHz mit RC-Oszillator
 12 MHz mit Quarzoszillator
 Stromaufnahme: 0,04 μ A inaktiv
 2 mA aktiv

Funktion

Der CD4060 ist ein Binärzähler mit 14 Stufen und einem integrierten Oszillator. In Bild 25 sind das Schaltbild des CD4060 in unserer Schaltung mit Peripherie und der zugehörige Platinaufdruck dargestellt. Wie der CD4060 intern aufgebaut ist, zeigt das Blockschaltbild in Bild 26.

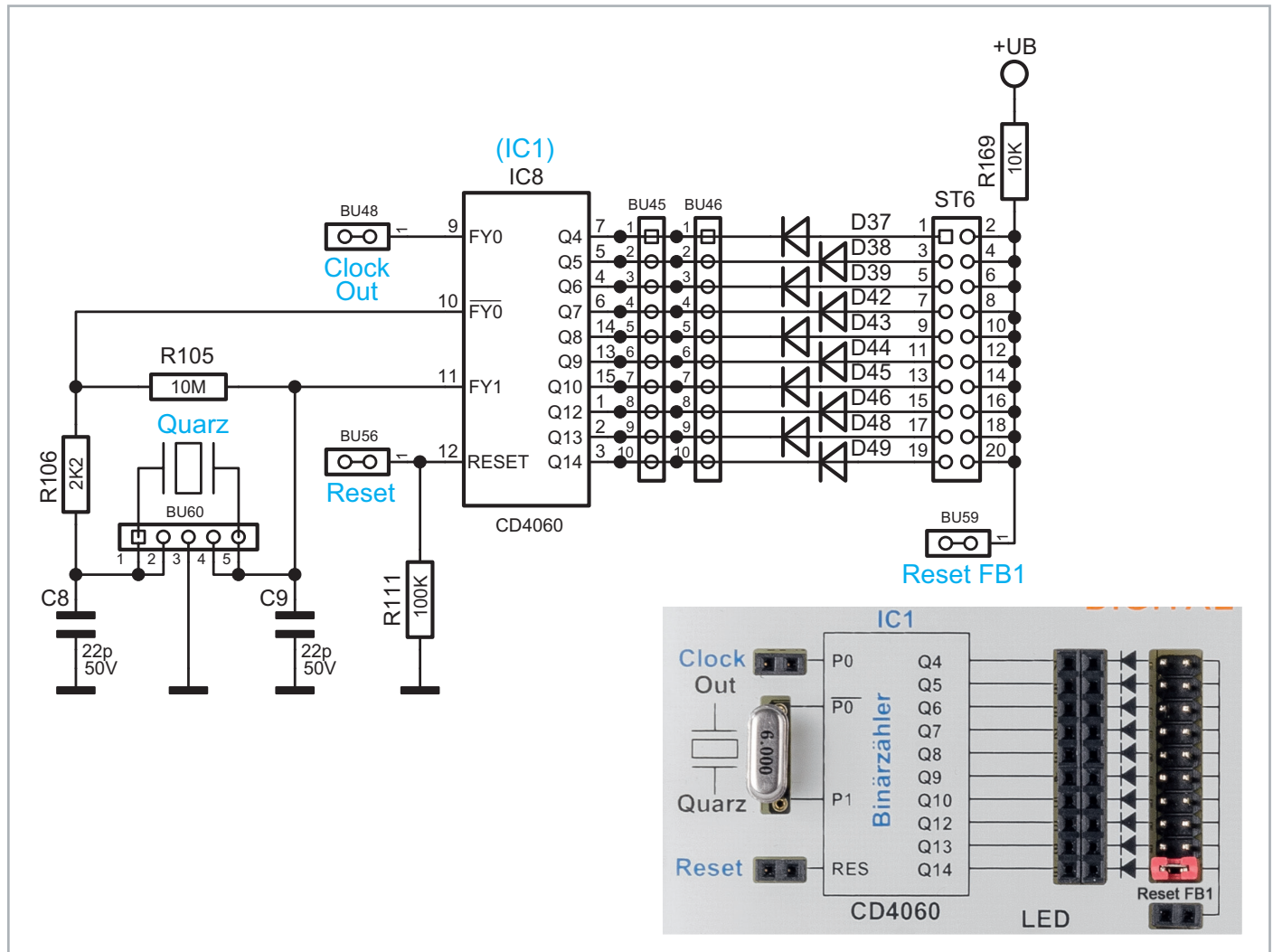


Bild 25: Schaltbild und zugehöriger Platinaufdruck des CD4060

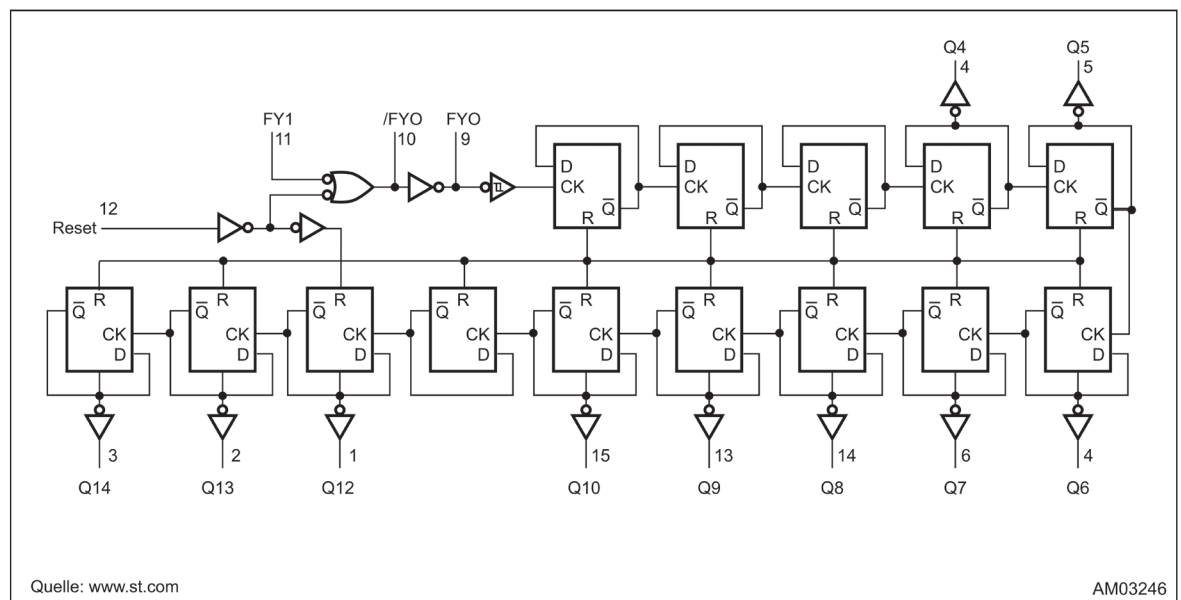


Bild 26: Blockschaltbild des CD4060

Quelle: www.st.com

AM03246

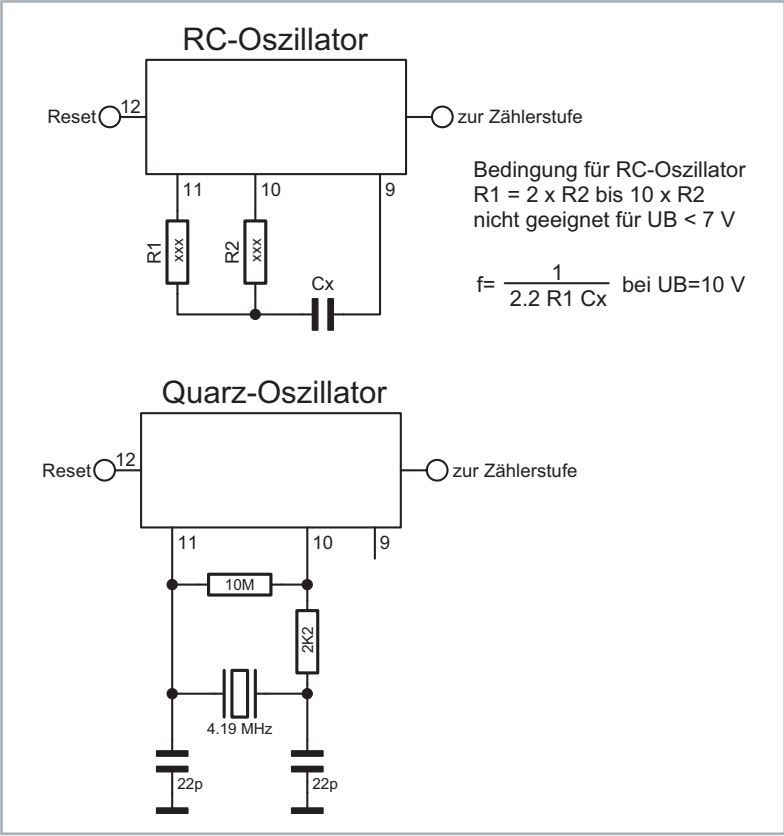


Bild 27: Beide Varianten der Oszillatorbeschaltung

Der interne Oszillator kann als RC- oder Quarzoszillator beschaltet werden. Der Oszillator muss nicht zwingend genutzt und beschaltet werden. Pin 11 kann auch als Takteingang für extern zugeführte Signale verwendet werden. In Bild 27 sind beide Varianten für den Oszillator dargestellt. Der Hersteller empfiehlt, bei einer Betriebsspannung von weniger als 7 V keinen RC-Oszillator zu verwenden.

Der Zählerstand schreitet bei jedem High-Low-Übergang von Clock um eine Stufe weiter. Die Zählerstufen bestehen aus hintereinander geschalteten D-Flip-Flops. Der Clockausgang der folgenden Stufe ist mit dem /Q des vorigen Flip-Flops verbunden. Diese Technik bezeichnet man als Ripple-Zähler. Im Vergleich dazu liegt bei einem synchronen Zähler an allen Flip-Flops das Taktsignal an.

Durch jede Zählerstufe (Flip-Flop) wird die Eingangsfrequenz durch zwei geteilt. Der CD4060 besitzt 14 Zählerstufen und kann die Eingangsfrequenz damit max. durch $2^{14} = 16.384$ teilen. Hierbei ist zu beachten, dass die Ausgangssignale der ersten drei Flip-Flops und der Ausgang Q11 nicht nach außen geführt sind. Wie die Ausgangssignale in Bezug auf das Clocksignal aussehen, ist im Diagramm Bild 28 zu sehen.

Dieser Zähler wird gerne als Basisgenerator verwendet, da er einen Oszillator integriert hat. In un-

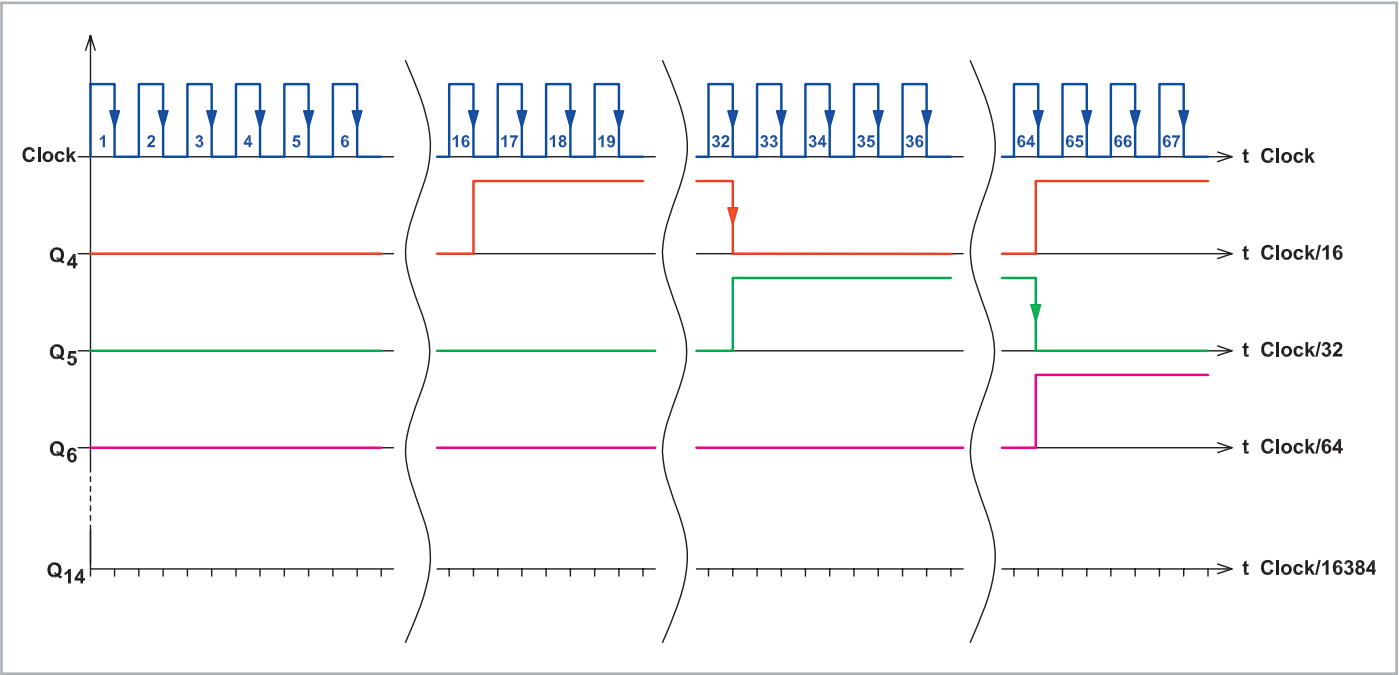


Bild 28: Signaldiagramm des CD4060

Reset	Funktion
H	Alle Zählerstufen werden zurückgesetzt
L	Normaler Zählerbetrieb

Bild 29: Logiktable für den Reseteingang

serer Schaltung wird standardmäßig als Quarz eines mit einer Frequenz von 4,194304 MHz verwendet. An Q14 liegt somit eine Frequenz von 256 Hz an.

Der Reseteingang wird normalerweise auf Low gehalten und führt bei einem High einen Reset durch (siehe Tabelle auf Bild 29).

Durch eine spezielle Schaltungstechnik kann im Prinzip jeder Teilungsfaktor zwischen 16 und 16.384 generiert werden. Hierzu muss bei einem bestimmten selbst gewählten Zählerstand ein Reset durchgeführt werden. Die Schaltungstechnik hierfür ist auf dem

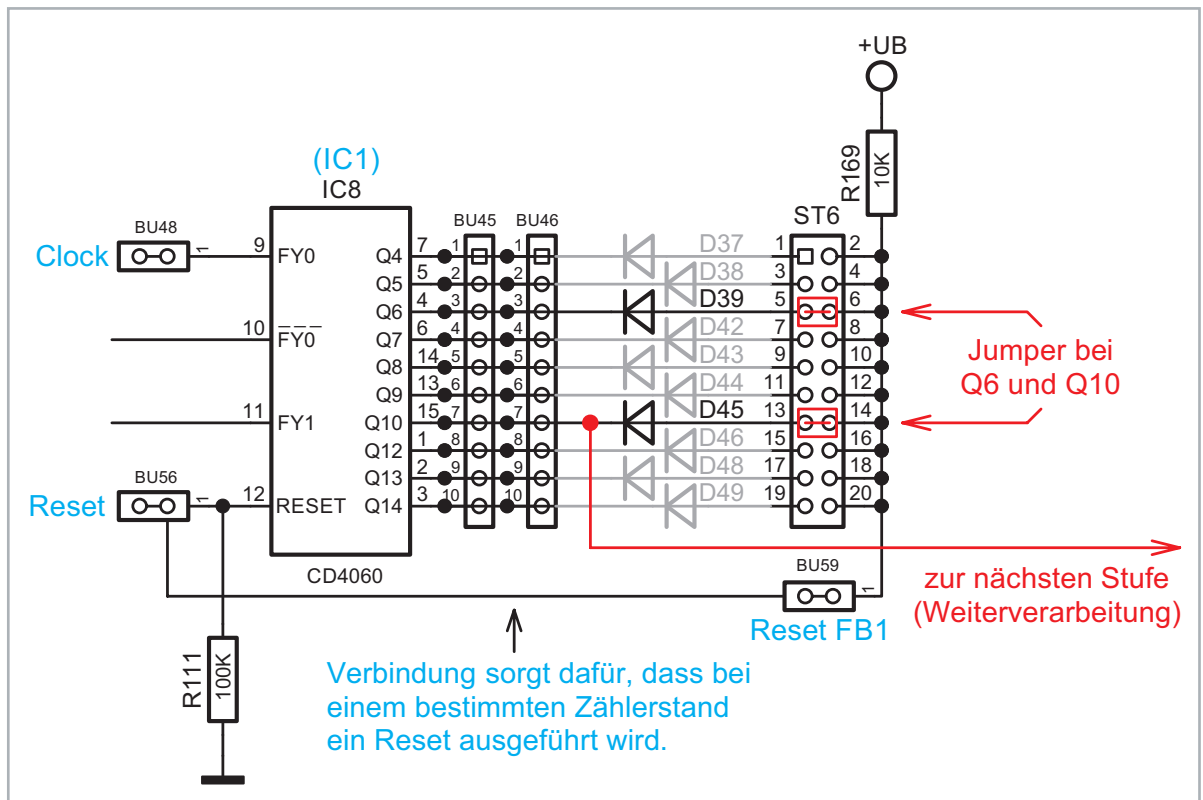


Bild 30: Mit dieser Beschaltung wird bei Zählerstand 1088 ein Reset durchgeführt.

Ausgang	Teilerfaktor	Zählerstand-berechnung	Beispiel 1	Beispiel 2
Q1	2	nicht herausgeführt!		
Q2	4	nicht herausgeführt!		
Q3	8	nicht herausgeführt!		
Q4	16	8		x
Q5	32	16		
Q6	64	32	x	
Q7	128	64		
Q8	256	128		x
Q9	512	256		
Q10	1024	512	x	
Q11	2048	nicht herausgeführt!		
Q12	4096	2048		x
Q13	8192	4096		
Q14	16384	8192		x
Summe			544	???

Bild 31: Diese Tabelle zeigt, welche Ausgänge am CD4060 zur Verfügung stehen und wie der Zählerstand für einen Reset berechnet wird.

Experimentierboard schon vorhanden. Über zuschaltbare Dioden kann mittels Steckbrücken (Jumper) ein bestimmter Zählerstand ausgewählt werden, der zu einem Reset führt. Schauen wir uns das Beispiel in Bild 30 an. Die dargestellte Rückkopplung mit Dioden nennt man Wired-And, zu Deutsch: eine verdrahtete Und-Logik. Voraussetzung für einen Reset durch diese Logik ist eine Verbindung mit dem Anschluss Reset FB1 und dem Reset vom CD4060. Dazu ist auch der Hinweis zur Rückkopplung im Anwendungsbeispiel 1 zu beachten.

Funktionsbeispiele

Bei einem Zählerstand von 0 befinden sich alle Zählerausgänge (Q4 bis Q14) auf Low. Über die Dioden wird der Anschluss „Reset FB1“ auf Low-Pegel gehalten, obwohl ja über den Pull-up-Widerstand R169 ein High-Signal anliegt. Erst wenn der Ausgang Q6 und Q10, die ja über Dioden mit dem Reset (FB1) verbunden sind, gleichzeitig High-Pegel führen, geht der Anschluss „Reset FB1“ auf High und führt einen Reset beim CD4060 durch. Schauen wir uns nun an, bei welchem Zählerstand hier ein Reset durchgeführt wird.

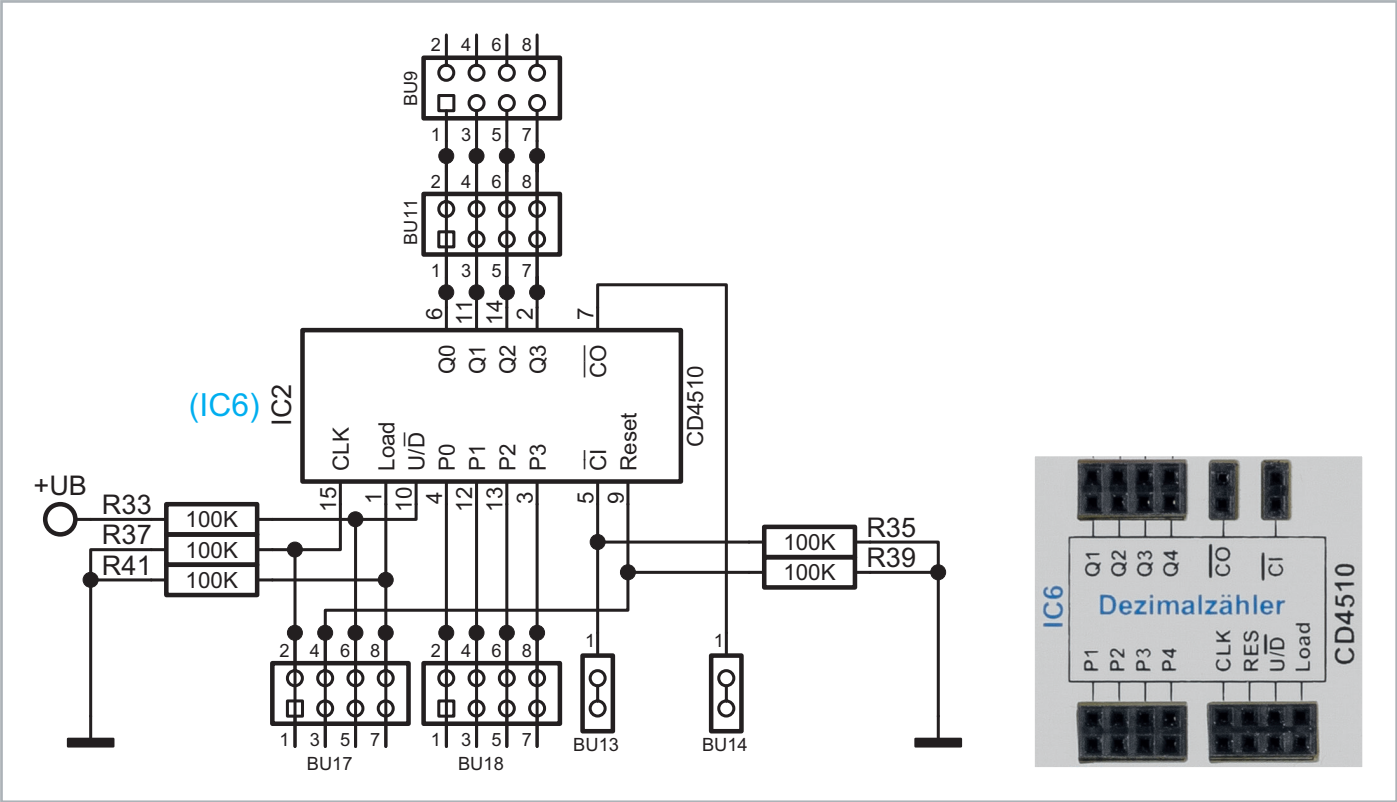


Bild 32: Das Schaltbild eines CD4510 mit Platinaufdruck

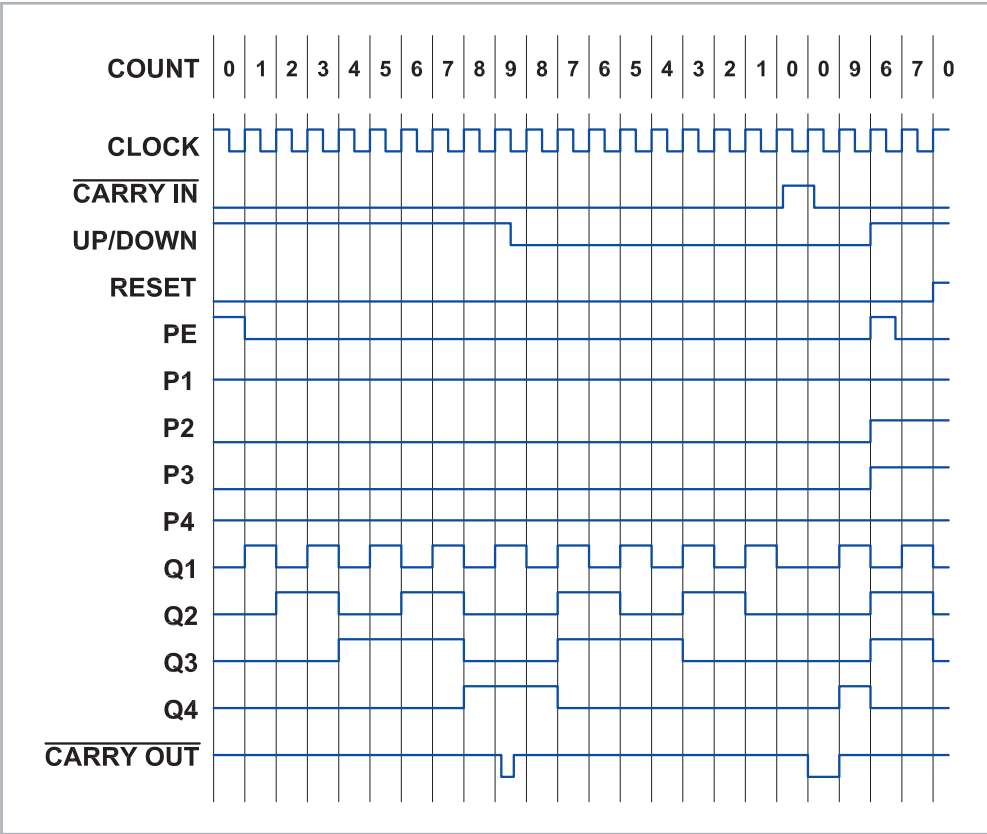


Bild 33: Die Signalverläufe des CD4510

Clock	Reset	U/D	CI	Load
	L	H	L	L
	L	L	L	L
X	L	X	X	H
X	X	X	H	X
X	H	X	X	X

H = High-Pegel
L = Low-Pegel
X = Zustand beliebig

Bild 34: Wahrheitstabelle für die Steuereingänge des CD4510

Der Ausgang Q6 teilt ja das Clocksignal durch (2^6), was einen Faktor von 64 ergibt. Beim Ausgang Q10 ergibt sich ein Teilungsfaktor von $2^{10} = 1024$. Leider kann man die Zählerstände so nicht addieren, sondern muss diese durch zwei dividieren. Der Grund ist, dass z. B. der Zählerstand 1024 von Q10 erst bei der vollen Periode erreicht wird. Auf der Hälfte dieser Zeit, also bei 512, wechselt der Q9-Ausgang aber schon auf High-Pegel. Um die Rechnerei zu vereinfachen, ist in der Tabelle (Bild 31) noch eine zweite Spalte eingefügt, die zur Berechnung des Zählerstandes für den Reset dient.

Jetzt zählt man die Teilerfaktoren, also 64 und 1024 zusammen und erhält den Zählerstand (1088), bei dem ein Reset durchgeführt wird. Jetzt kommt die Mathematik wieder ins Spiel. Nach 1088 Takten wird demnach ein Reset durchgeführt. Bei einer Oszillatorfrequenz von 4,194304 MHz ergibt sich ein Taktzyklus von 238 ns. Multipliziert man diesen Wert mit dem errechneten Zählerstand von 1088, ergibt sich eine Zeit von $1088 \times 238,4 \text{ ns} = 259 \text{ } \mu\text{s}$, was einer Frequenz von 3855 Hz entspricht. Man kann auch Oszillatorfrequenz/Zählerstand rechnen:

$$\text{Frequenz/Zählerstand} = \\ 4,194304 \text{ MHz}/1088 = 3,855 \text{ kHz}$$

Möchte man eine bestimmte Frequenz aus der Oszillatorfrequenz ableiten, sind der entsprechende Teilungsfaktor und der Zählerstand zu ermitteln. Da die Zählerausgänge Q1 bis Q3 nicht zugänglich sind, können nicht alle Teilerfaktoren verwendet werden. In der Tabelle in Bild 31 sind die Teilerfaktoren für die Ausgänge des CD4060 dargestellt. Hier ist auch ein zweites Beispiel zu sehen. Um den Lerneffekt zu vergrößern, haben wir das Ergebnis unten nicht eingetragen. Hier sollte man selber die Ausgangsfrequenz berechnen. Nur so lässt sich der Berechnungsweg erlernen. Leider können wir in diesem Artikel nicht die gesamte Digitaltechnik erklären. Hier heißt der Lernprozess „learning by doing“.

Für die Weiterverarbeitung des gewonnenen Signals, z. B. als Taktsignal für eine weitere Zählerstufe, sollte man auf keinen Fall das Resetsignal verwenden. Das Resetsignal ist zeitlich gesehen sehr kurz (Spike) und entspricht der Verzögerungszeit eines CMOS-Gatters, bis tatsächlich ein Reset ausgeführt wird. Dies sind nur wenige Nanosekunden, deshalb sollte man immer den hochwertigsten Zählerausgang, in unserem Fall für Beispiel 1 ist das der Q10-Ausgang, verwenden (siehe Bild 30).

CD4510 – Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)

Bezeichnung: CD4510, HEF4510
 Typ: CMOS Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Frequenz: 1,5 MHz @ UB=5V
 12 MHz @ UB=10 V
 Stromaufnahme: 0,4 mA

Funktion

Dieser Dezimalzähler ist sowohl als Aufwärts- als auch als Abwärtszähler konfigurierbar. Zudem ist der Zähler kaskadierbar und der Zählerstand kann geladen werden. In Bild 32 ist die Schaltung mit dem CD4510 dargestellt, wobei rechts der Platinaufdruck zu sehen ist.

Bei einer Low-High-Flanke am Clockeingang wird um eine Stelle weiter gezählt. Der Anschluss U/D (Up/Down) legt fest, in welche Richtung gezählt werden soll. Da der Zähler dezimal arbeitet, erfolgt nach dem Zählerstand von 9 ein Reset auf 0. Während dieses Vorgangs wird ein Carry-out-Signal erzeugt, das zur Kaskadierung für den nächsten Zähler genutzt werden kann.

Die Kaskadierung kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Entweder man verbindet den Carry-out ($\overline{CO}$) mit dem Clock-Eingang der nächsten Stufe oder man legt an alle in der Kaskade befindlichen Zähler den gleichen Takt an und verbindet jeweils den Carry-out mit dem Carry-in der nächsten Stufe.

In Bild 33 sind die wesentlichen Signalverläufe dargestellt. Das parallele Laden von Daten an den Eingängen P1 bis P4 geschieht über ein High-Signal an Eingang „Load“. In der Tabelle in Bild 34 sind alle Eingänge und deren Funktion noch einmal dargestellt.

CD4543 – BCD-zu-7-Segment-Decoder (mit Speicher)

Bezeichnung: CD4543, HEF4543
 Typ: CMOS BCD zu 7-Segment-Decoder (LCD oder LED)
 Betriebsspannung: 3–15 V
 Stromausgang: Max. 10 mA/Segment
 Stromaufnahme: 0,4 mA ohne Last

Funktion

Dieser Decoder wandelt einen BCD-Code (Binary Coded Decimal) in eine 7-Segment-Ausgabe für LED- oder LC-Anzeigen um, zudem besitzt dieser Baustein noch einen Eingangsspeicher. In der Regel wird dieser Baustein für LED-7-Segmentanzeigen verwendet.

Der Anschluss PI legt fest, ob eine LED-Anzeigen mit gemeinsamer Anode (PI=H) oder Katode (PI=L) verwendet werden soll. Bei LC-Displays wird an PI ein Rechtecksignal eingespeist.

Die Tabelle in Bild 35 zeigt anhand der Logikpegel, wie der Decoder funktioniert. Die Spalten A bis D sind die Eingänge, und in Spalte „Anzeige“ ist der Anzeigewert zu sehen. Ein High am Anschluss BI (Blanking Input) schaltet die LED-Ausgänge ab und die Anzeige bleibt dunkel.

Für den normalen Betrieb muss der Eingang LE (Latch Enable) auf High gehalten werden. Falls Eingangsdaten nicht dauerhaft an den Eingängen A bis D anliegen, können diese im Eingangsspeicher abgelegt

A	B	C	D	LE	BI	Anzeige
L	L	L	L	H	L	0
H	L	L	L	H	L	1
L	H	L	L	H	L	2
H	H	L	L	H	L	3
L	L	H	L	H	L	4
H	L	H	L	H	L	5
L	H	H	L	H	L	6
H	H	H	L	H	L	7
L	L	L	H	H	L	8
H	L	L	H	H	L	9
X	X	X	X	H	H	Aus

H = High-Pegel
 L = Low-Pegel
 X = Zustand beliebig

Bild 35: Wahrheitstabelle für CD4543

werden. Hierzu wird der Anschluss LE kurzzeitig auf Low gebracht, wodurch die Daten im Speicher abgelegt werden.

In **Bild 36** ist die in unserem Experimentierboard verwendete Schaltung mit CD4543 und angeschlos-

senen LED-Anzeigen zu sehen. Die Schaltung sieht auf den ersten Blick etwas unübersichtlich aus, da für jede Segmentleitung eine Strombegrenzung integriert ist. Aus diesem Grund ist in [Bild 37](#) eine vereinfachte Darstellung des CD4543 in der Grundschaltung zu sehen. Eine Strombegrenzung für die LED-Anzeige ist deshalb notwendig, weil das

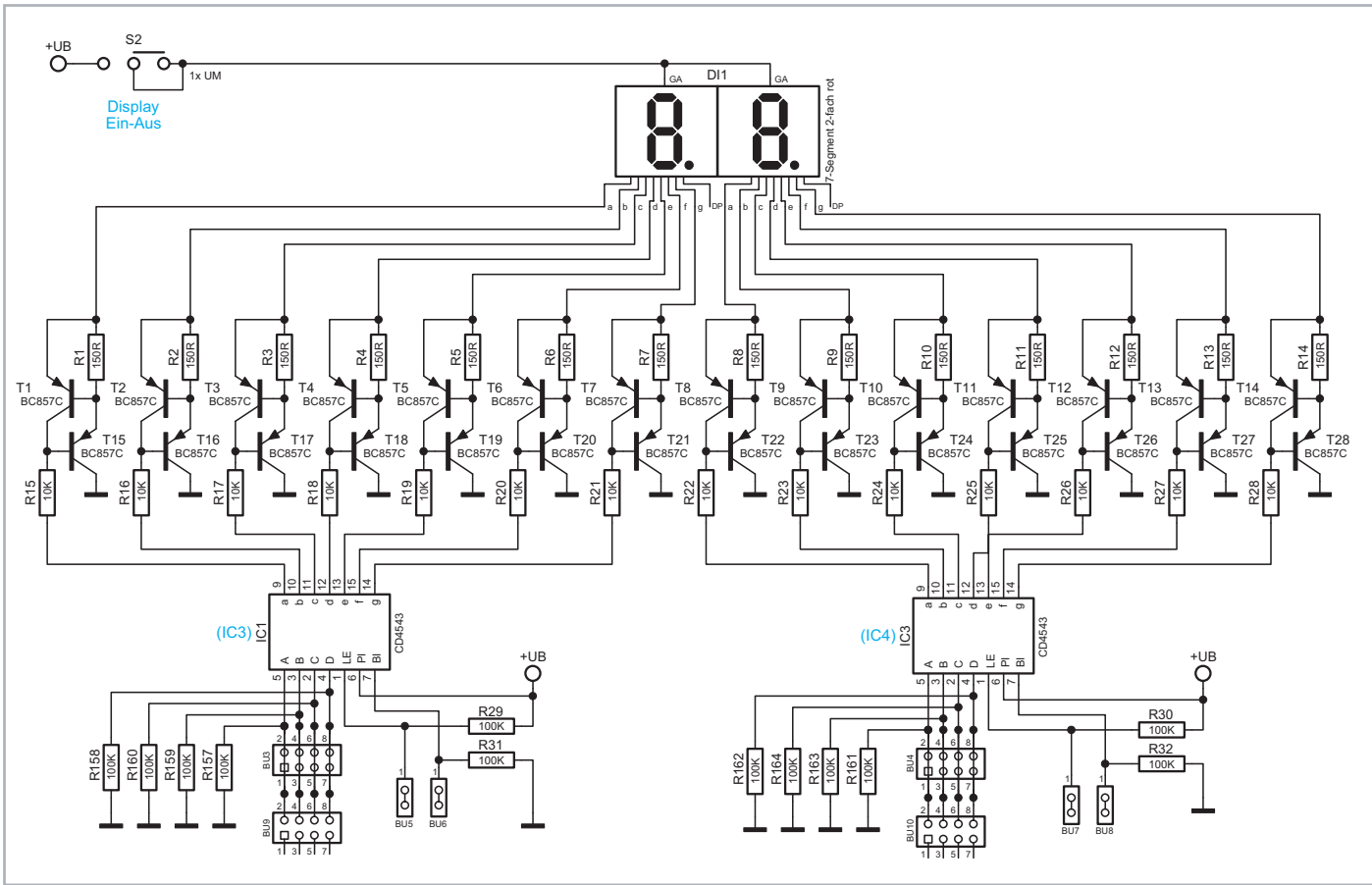


Bild 36: Schaltbild der beiden Decoder-Bausteine CD4543 mit angeschlossener 7-Segment-Anzeige

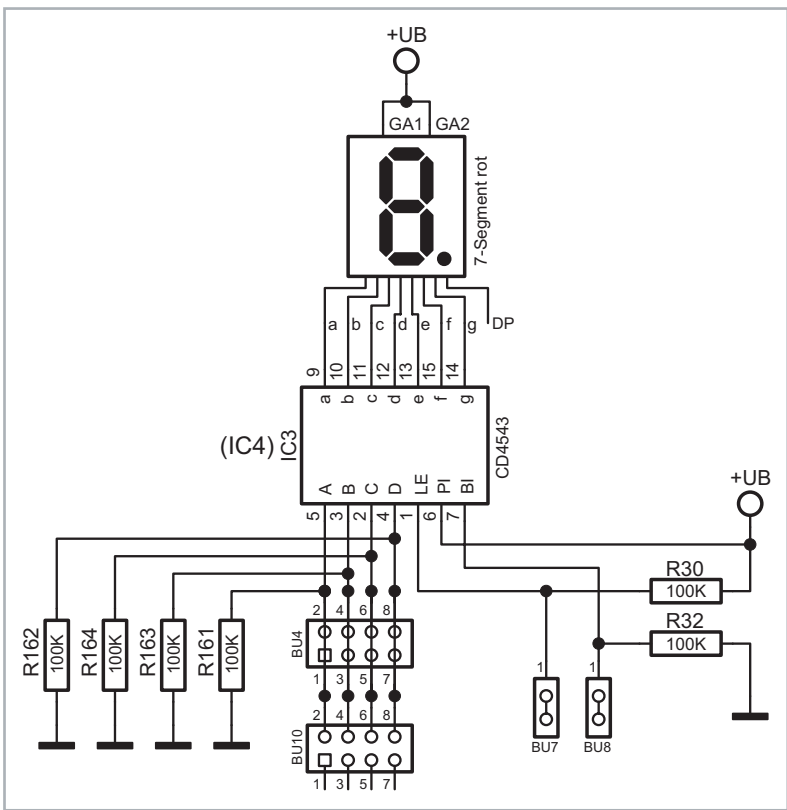


Bild 37: Vereinfachte Darstellung (ohne Strombegrenzung)

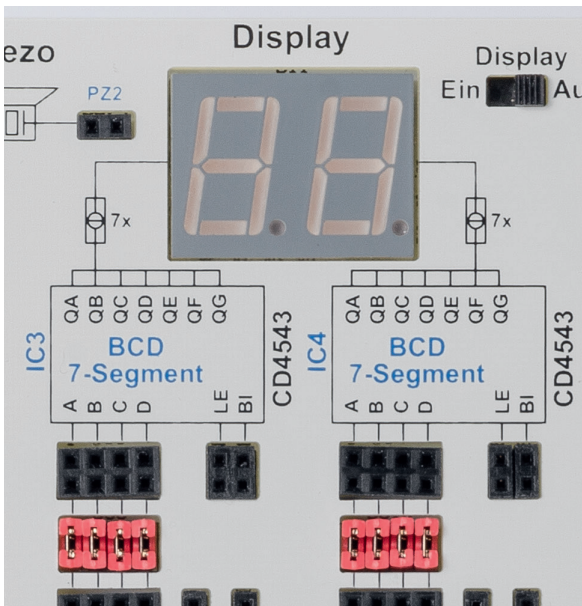


Bild 38: Platinenaufdruck der Decoder CD4543

Experimentierboard für einen weiten Spannungsbe-
reich von 3–15 V ausgelegt ist.

Die Funktion der Strombegrenzung ist im Abschnitt
„Statusanzeige“ erklärt. Wenn die Anzeigeneinheit
nicht benötigt wird, kann die LED-Anzeige abgeschaltet
werden. Alle Steuereingänge sind mit Pull-up- bzw.
Pull-down-Widerständen für den Betrieb mit der LED-
Anzeige (gemeinsame Anode) ausgelegt. Die Daten
am Eingang führen sofort zur Anzeige.

In Bild 38 ist ebenfalls auch der Platinaufdruck
für die Anzeigeneinheit zu sehen. Mechanisch sind
die Decoder sehr nahe an den beiden Dezimalzäh-
lern (CD4510) positioniert. Über Jumper können die
Zähler mit dem Anzeigedecoder verbunden werden,
falls dies erwünscht ist. Wie dies geschieht, ist im
Abschnitt „Anwendungsbeispiel 1“ erklärt.

Diskrete Bauteile und Bedienelemente

Für allgemeine Anwendungen befinden sich auf der
Platine einige analoge diskrete Bauteile wie Wider-
stände, Kondensatoren und Dioden. Diese werden für

einfache Zeitkonstanten usw. benötigt. In Bild 39
sind die verfügbaren Einzelbauteile dargestellt. Je-
des Bauteil besitzt eine zweipolige Buchse, wodurch
auch eine gute Weiterführung zu anderen Bauteilen
gegeben ist (Bild 40).

Als Bedienelemente sind drei Taster (TA1–TA3)
und ein Schiebeschalter (S1) vorgesehen.

Die Anschlussbelegung ist anhand des Platinen-
aufdruckes erkennbar (siehe Bild 41). Die Buchsen
für +UB und GND befinden sich in unmittelbarer
Nähe. Mit einer kleinen Kabelverbindung können die
Schalter/Taster so einseitig an UB oder Masse gelegt
werden, je nachdem, was gerade schaltungstechnisch
benötigt wird. Wie man in Bild 41 erkennt, gibt es
Beschriftungsfelder auf der Platine. Mit einem was-
serfesten Faserstift kann man hier individuelle Be-
schriftungen wie z. B. „Start“ oder „Stopp“ vorneh-
men. Mit etwas Alkohol lässt sich diese Beschriftung
wieder entfernen. Es gibt auch die Möglichkeit hier
kleine Etiketten aufzukleben, die einfach wieder ent-
fernt werden können.

Bild 39: Alle frei
verfügbaren diskre-
ten Bauteile. Die
blauen Bezeichnun-
gen sind die auf der
Frontplatte aufge-
druckten Werte.

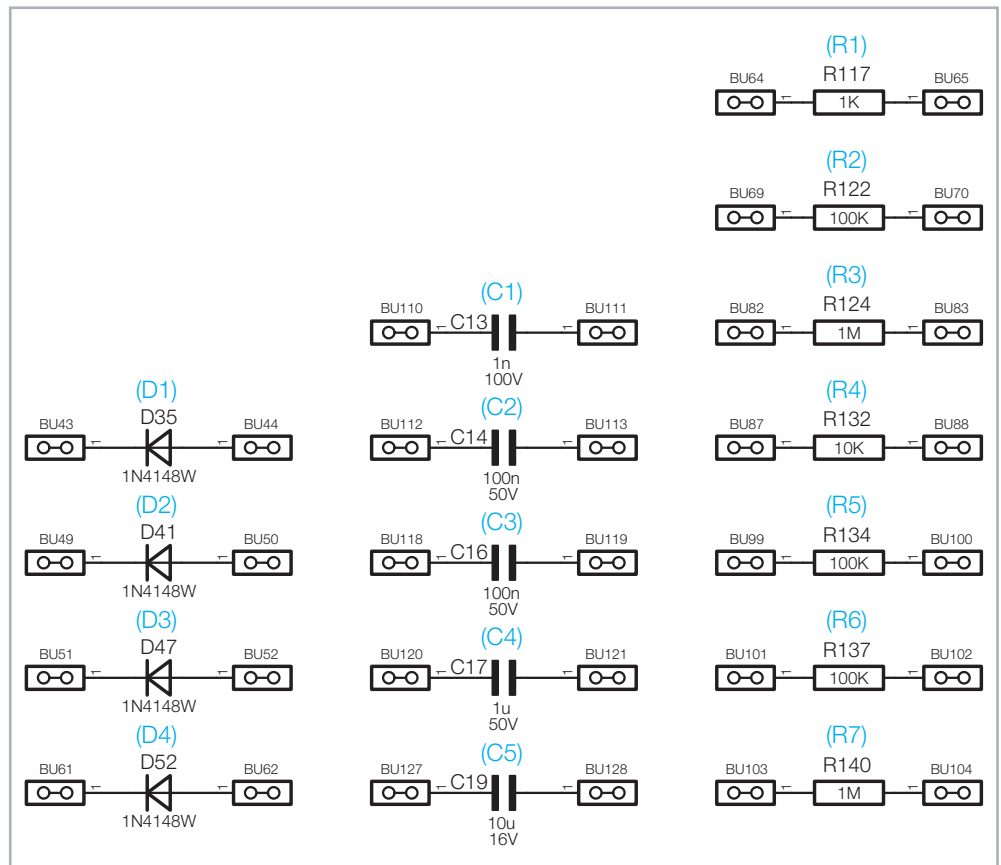


Bild 40: Jedes Bauteil verfügt zwei 2-polige
Buchsenleisten an jedem Anschluss.

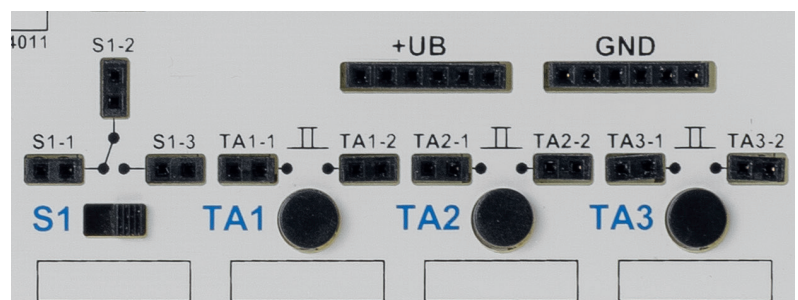


Bild 41: Die verfügbaren Schalter und Taster mit Anschlussbelegung

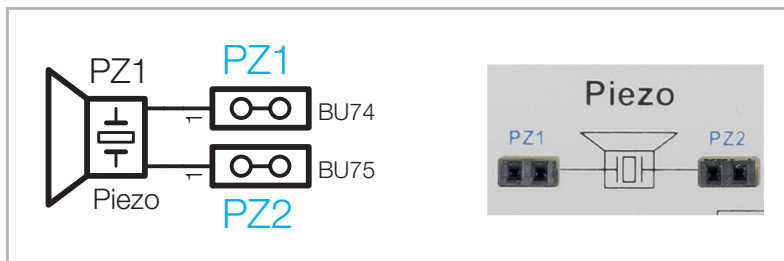


Bild 42: Piezo-Signalgeber mit zugehörigem Platinenaufdruck

Piezo-Signalgeber

Der Piezo-Signalgeber ist ein Soundgenerator mit einer bestimmten Resonanzfrequenz. Er dient als akustischer Signalgeber für universelle Aufgaben. Im Gegensatz zu einem Lautsprecher ist ein Piezo-Signalgeber sehr hochohmig. Die Ansteuerung erfordert deshalb wenig Energie, dafür aber eine möglichst hohe Spannung und die Frequenz sollte genau in bzw. in der Nähe der Resonanzfrequenz sein. Der hier verwendete Piezo hat eine Resonanzfrequenz von ca. 5 kHz. Dies bedeutet nicht, dass der Piezo keine 3 kHz wiedergeben kann, sondern sagt aus, dass die maximale Lautstärke bei 5 kHz erreicht wird. Bild 42 zeigt den Platinenaufdruck mit den Anschlusspunkten.

Open-Collector-Ausgang

Für externe Schaltaufgaben steht ein sogenannter Open-Collector-Ausgang zur Verfügung. Hiermit können z. B. kleine Relais geschaltet werden. Der Ausgang wird von dem Transistor T1 gebildet und hat zwei Ausgangssignale, die an Klemme KL1 zur Verfügung stehen. Der Transistor schaltet gegen Masse und darf mit einem maximalen Strom von 100 mA belastet werden. Ein externer Verbraucher muss deshalb einseitig mit einer Versorgungsspannung verbunden werden. Diese Versorgungsspannung kann die vom DEB100 oder eine andere Schutzkleinspannung sein. Der Transistor verbindet im Prinzip die Kontakte vom KL1 miteinander. Wie so ein Verbraucher angeschlossen wird, zeigt Bild 43.

Nachbau

Bild 44 zeigt das Platinenfoto mit dem Bestückungsdruck und die bedruckte Frontplatte des DEB100. Der Nachbau gestaltet sich im Prinzip recht einfach, ist durch die vielen Bauteile aber recht umfangreich. Wichtig ist, dass folgende Anleitung genau befolgt wird. Es müssen z. B. sehr viele Buchsenleisten eingesetzt und verlötet werden. Damit die Position dieser Buchsenleisten exakt mit den Aussparungen in der Frontplatte übereinstimmt, muss ein kleiner Trick angewendet werden, der im Folgenden beschrieben wird.

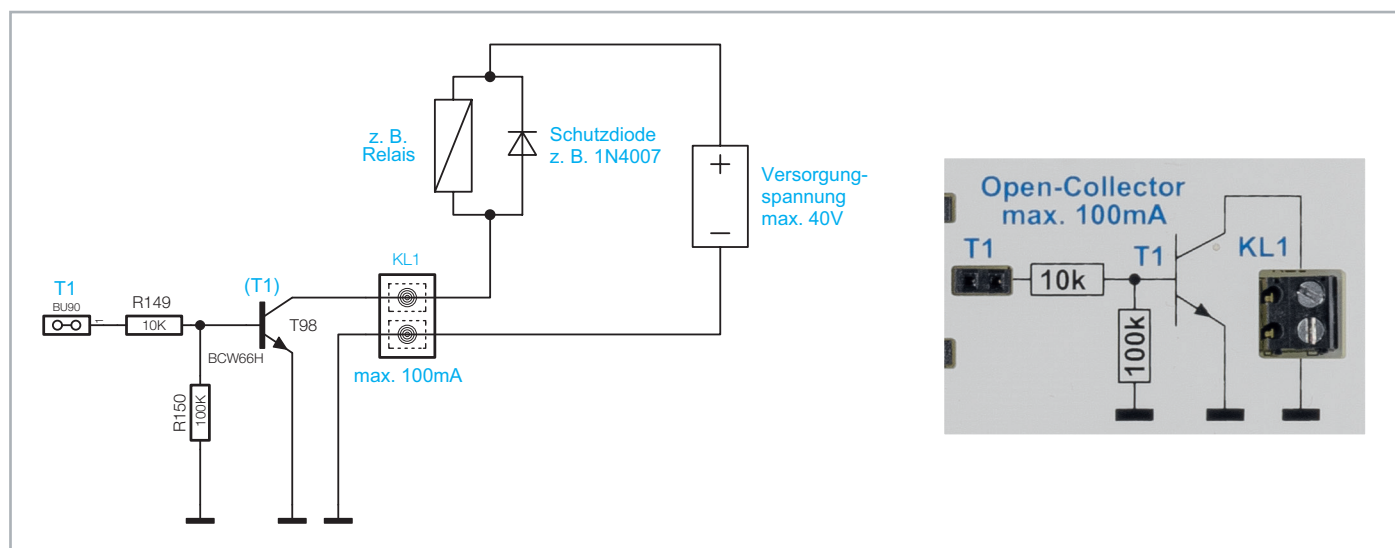


Bild 43: Open-Collector-Ausgang

Bevor überhaupt Bauteile bestückt werden, muss zunächst die Frontplatte mit der Platine verschraubt werden. In Bild 45 sind die entsprechenden Abstandshalter und der Zusammenbau dargestellt. Solch eine Vorgehensweise scheint im ersten Moment etwas ungewöhnlich, denn der Zusammenbau erfolgt eigentlich erst nach der Bestückung der Platine. Der Grund ist folgender: Wie man in Bild 46 erkennt, werden die Bauteile (nicht alle) von oben durch die Frontplatte bestückt. Hierdurch werden die Bauteile exakt in Position gehalten und auch die Einbauhöhe ist nach dem Umdrehen der Platine korrekt. So können alle Buchsenleisten und die eckigen LEDs bestückt werden. Die Anschlussbelegung der LED ist in Bild 47 dargestellt. Der längere Anschluss ist immer der Anodenanschluss, der auf der Platine mit „+“ gekennzeichnet ist.

Im Anschluss wird ein Stück Pappe (siehe Bild 48) zugeschnitten und auf die Frontplatte gelegt. Die Pappe muss eine minimale Stärke von 3 mm aufweisen und somit stärker als die Schraubenköpfe sein. Nur so wird verhindert, dass die zuvor bestückten Bauteile beim Umdrehen der Platine herausfallen. Der „Trick“ ist, dass sich die Bauteile nach dem Umdrehen der Platine zum einen an der exakten Position befinden und zum anderen bündig mit der Frontplatte abschließen. Dies sieht nicht nur optisch gut aus, sondern sorgt auch dafür, dass die Frontplatte problemlos abgenommen und wieder aufgesetzt werden kann, ohne dass die Buchsen sich verkanten und einen Zusammenbau verhindern. Im nächsten Arbeitsschritt werden die Bauteile auf der Lötseite der Platine verlötet.

Um die restlichen Bauteile bestücken zu können, muss die Frontplatte wieder entfernt werden. Nun können Taster, Schalter, Klemmleiste KL1 und die 5-polige Buchsenleiste BU60 und die zwei Stiftleisten BU9 und BU10 eingesetzt und verlötet werden. Hierzu braucht die Frontplatte nicht erneut montiert zu werden, denn die genannten Bauteile sollten plan auf der Platine aufliegen. Auch die 7-Segment-LED-Anzeige kann in diesem Arbeitsschritt montiert werden. Die richtige Einbaulage ergibt sich durch die beiden Dezimalpunkte, die auch auf der Platine dargestellt sind (Bild 49).

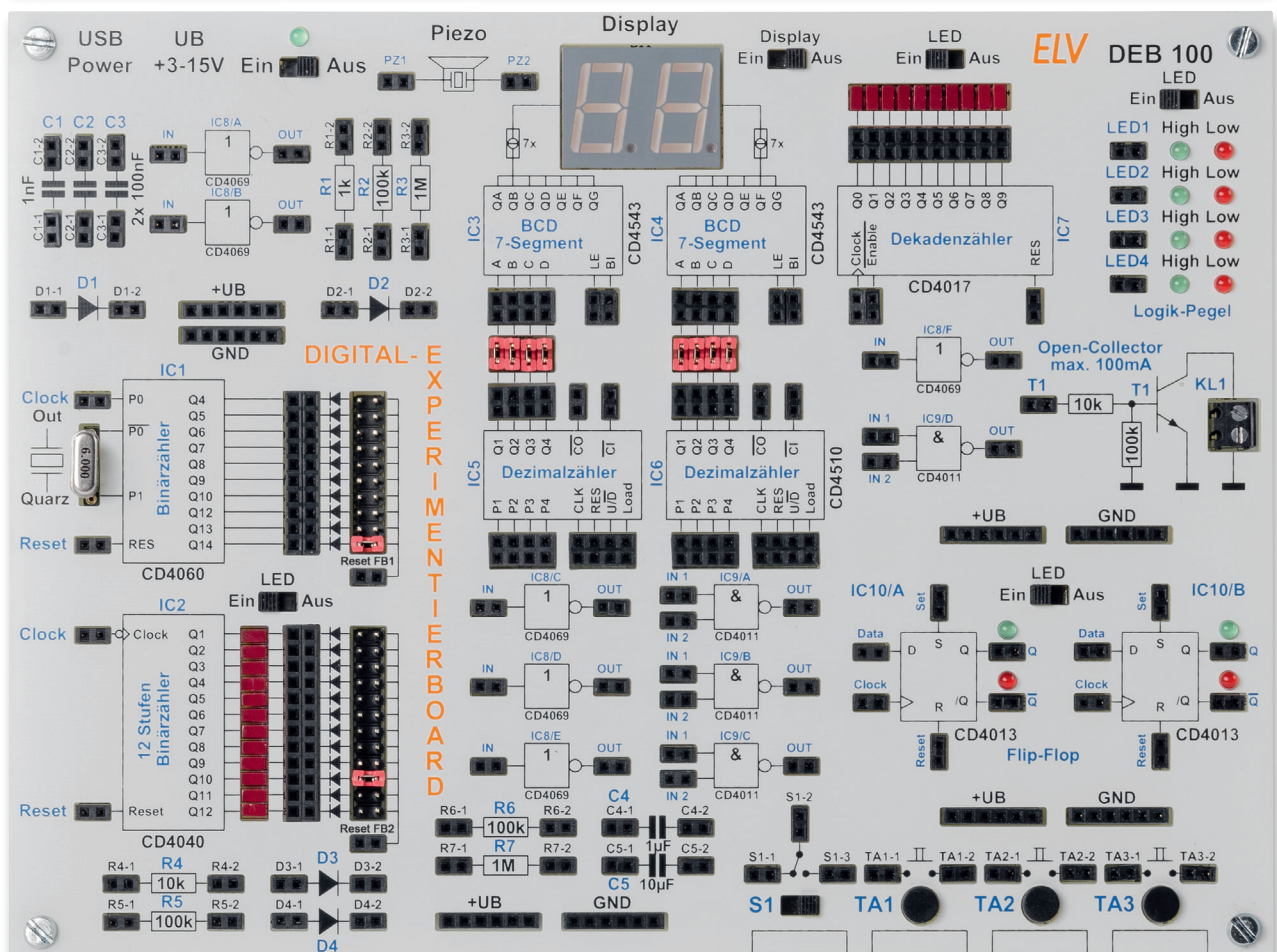
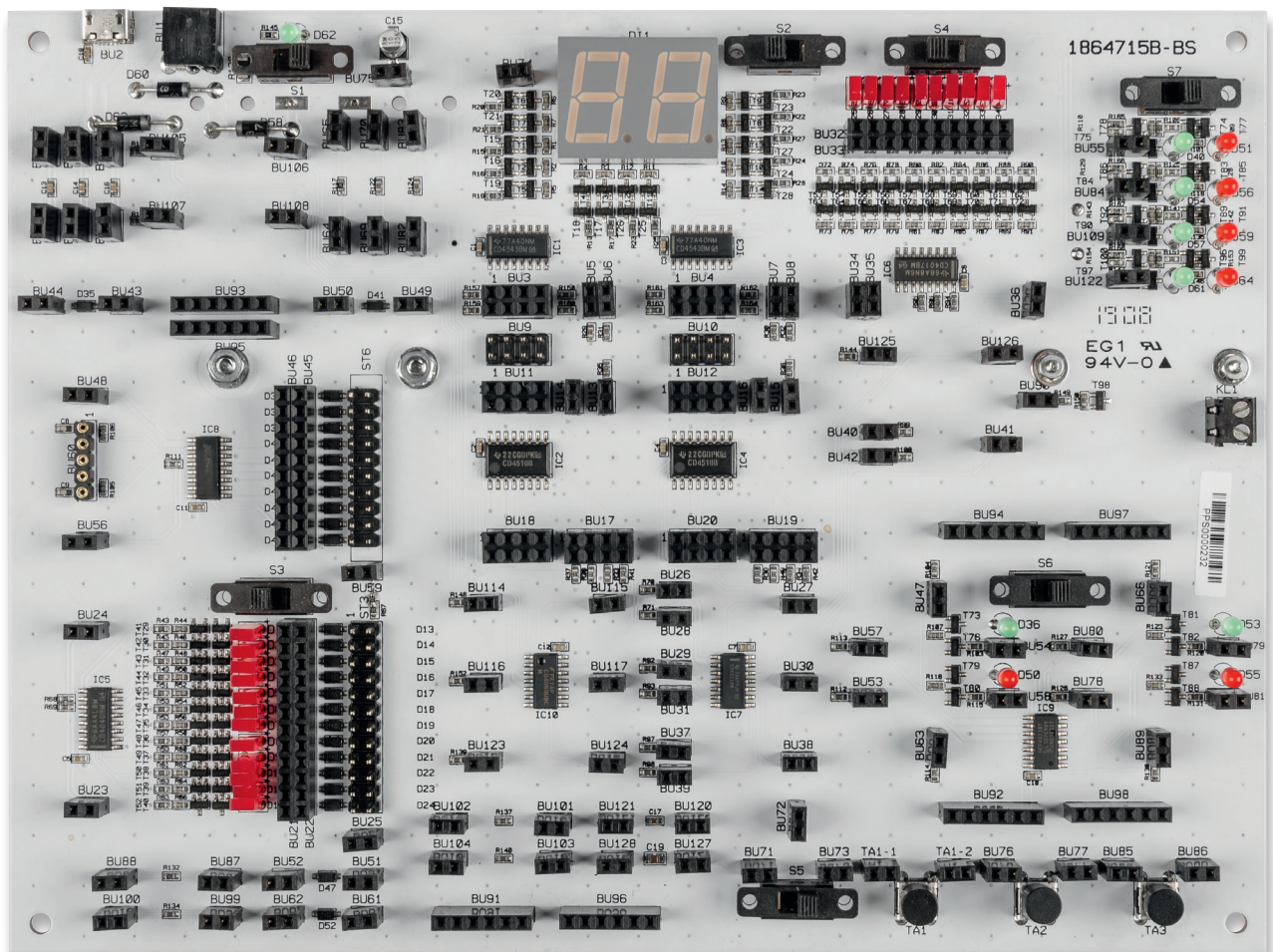


Bild 44: Das Platinenfoto des DEB100, darunter die bedruckte Frontplatte (84 % der Originalgröße)



Bild 45: So werden Frontplatte und Platine mittels Abstandshalter verschraubt.

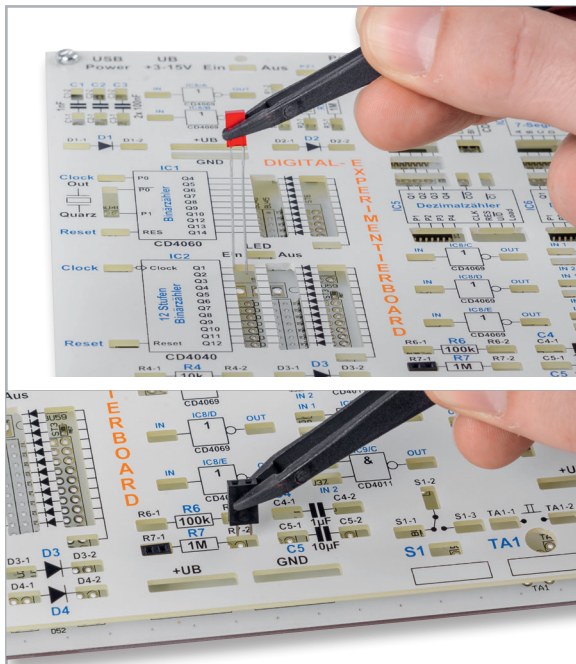


Bild 46: Nachdem Frontplatte und Platine miteinander verschraubt worden sind, werden die Buchsen und die eckigen LEDs von oben eingesetzt.



Der längere Anschluss ist die Anode „+“.

Bild 47: Polung der LED



Bild 48: Ein Stück Pappe verhindert, dass die zuvor bestückten Bauteile beim Umdrehen der Platine herausfallen. Die Ecken müssen, wie abgebildet, noch zugeschnitten werden.

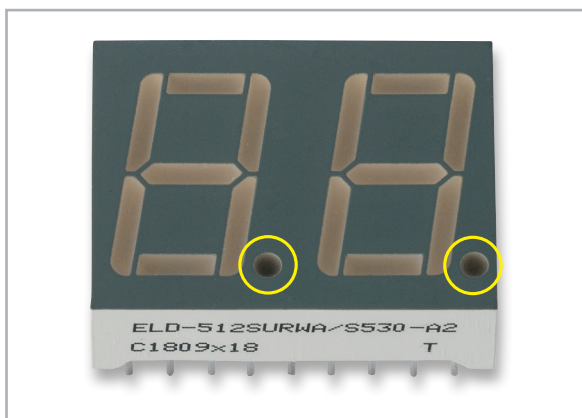


Bild 49: Für die richtige Einbauposition können die beiden Dezimalpunkte genutzt werden.

Auf der Platinenunterseite werden nun der Batteriehalter und der Piezo-Signalgeber montiert. Der Batteriehalter muss zuvor mit selbstklebenden Gummifüßen beklebt werden, um so einen Kontakt mit der Platine zu verhindern (Bild 50). Die Befestigung geschieht mittels zweier Senkkopfschrauben M3 x 10 mm, die von unten durch die Befestigungsbohrungen im Batteriehalter gesteckt und auf der Platinenoberseite mit jeweils einer M3-Mutter und Fächerscheibe festgeschraubt werden. Die Anschlussleitungen werden entsprechend dem Bild 51 gekürzt und mit Anschlusspunkten auf der Platine verbunden. Das rote Kabel wird mit „+“ und das schwarze Kabel mit „-“ verbunden.

In gleicher Weise wird der Piezo-Signalgeber mit zwei Schrauben M2 x 8 mm montiert (Bild 52). Auf eine Polung der Anschlussdrähte braucht nicht geachtet zu werden.

Um die richtige Einbauhöhe der restlichen, runden grünen und roten LEDs zu ermitteln, werden die LEDs zunächst nur in die Platine eingesetzt, aber nicht verlötet. Für die Polung gilt auch hier: Der längere Anschluss ist die Anode „+“.

Nach dem Bestücken der LEDs wird die Frontplatte wieder montiert. Dreht man die Platine nun um, sollten alle LEDs automatisch in die Bohrungen der Frontplatte fallen. Die LEDs sind so konstruiert, dass diese nicht durch Bohrungen in der Frontplatte herausfallen können. Nachdem man sich vorsichtig von der korrekten Position (Platine vorsichtig anheben) vergewissert hat, werden die Anschlüsse der LEDs verlötet. Überstehende Anschlussdrähte werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten.

Der Quarzoszillator von IC1 (CD4060) kann mit einem austauschbaren Quarz oder Keramikschringer bestückt werden. Die Kontaktierung geschieht über eine Stiftleiste, an die der Quarz angelötet wird (Bild 53). So kann man sich unterschiedliche Quarzmodule anfertigen. Es gibt Keramikschringer mit integrierten Kondensatoren, die drei Anschlüsse aufweisen. Hier ist der mittlere Anschluss der Massenschluss.

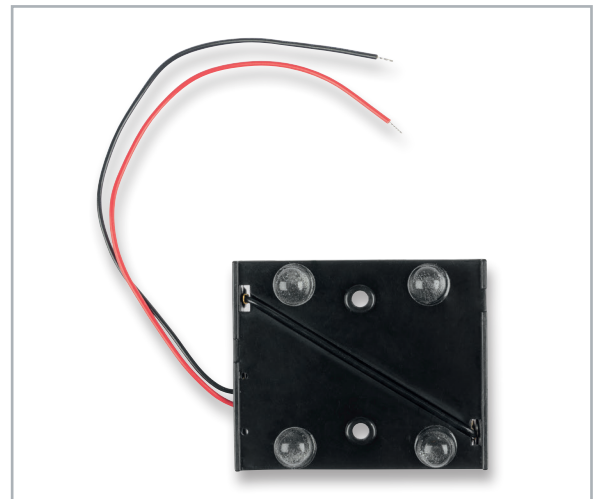


Bild 50: Der Batteriehalter wird an den gekennzeichneten Stellen mit Gummifüßen beklebt.

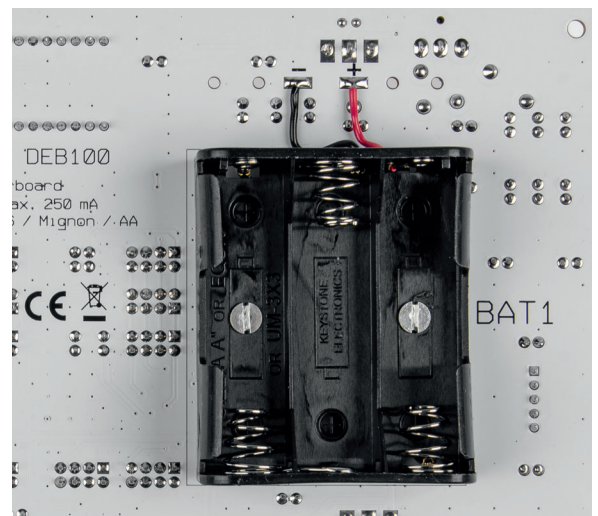


Bild 51: So wird der Batteriehalter befestigt und angeschlossen.

Verwendete Bauteile		
Typ	Funktion	Seite
CD4011	4fach Nand-Gatter	6
CD4069	6fach-Inverter	7
CD4013	2fach-D-Flip-Flop	8
CD4017	Dezimalzähler mit 10 Ausgängen	9
CD4040	12-stufiger Binärzähler	11
CD4060	14-stufiger Binärzähler mit Oszillator	13
CD4510	Dezimalzähler (aufwärts/abwärts)	17
CD4543	BCD zu 7-Segment-Decoder	17

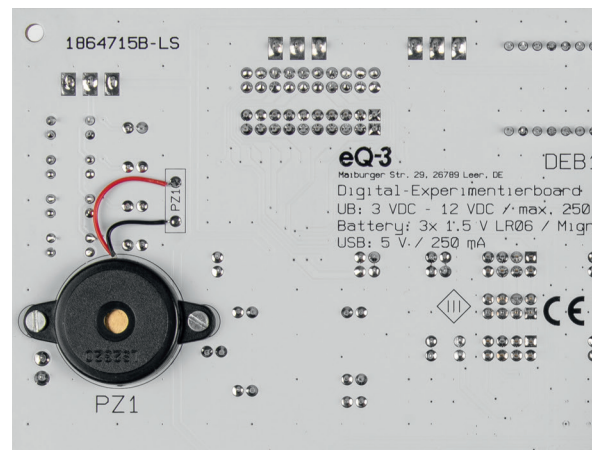


Bild 52: So wird der Piezo-Signalgeber montiert und angeschlossen.

Technische Daten	Geräte-Kurzbezeichnung:	DEB100
	Versorgungsspannung:	3–15 Vdc, Steckernetzteil 3x 1,5 V LR6/Mignon/AA 5 Vdc, USB-Netzteil
	Stromaufnahme:	250 mA max.
	Batterielebensdauer:	Ca. 50 h max., abhängig von der Schaltung
	Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
	Sonstiges:	Mit Batteriehalter (Platinenunterseite)
	Abmessungen (B x H x T):	200 x 150 x 30 mm
	Gewicht:	330 g/285 g (inklusive/exklusive Batterien)

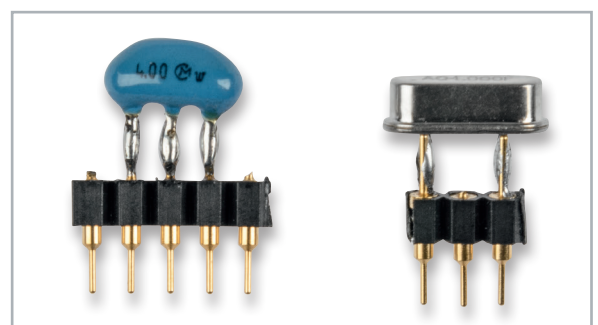


Bild 53: Quarz und Keramikschringer auf Stiftleisten montiert

Widerstände:

150 Ω /1 %/SMD/0603	R1–R14, R44, R46, R48, R50, R52, R54, R56, R58, R60, R62, R64, R66, R73, R75, R77, R79, R81, R83, R85, R87, R89, R91, R101, R107, R110, R116, R118, R123, R129, R133, R135, R143, R146, R154
1 k Ω /SMD/0603	R117, R145
2,2 k Ω /1 %/SMD/0603	R106
10 k Ω /1 %/SMD/0603	R15–R28, R43, R45, R47, R49, R51, R53, R55, R57, R59, R61, R63, R65, R67 R103, R109, R115, R120, R128, R131, R132, R142, R149, R153
47 k Ω /1 %/SMD/0603	R165–R168
100 k Ω /1 %/SMD/0603	R29–R42, R68, R69, R72, R74, R76, R78, R80, R82, R84, R86, R88, R90, R94, R95, R96, R102, R104, R108, R111–R114, R119, R121, R122, R125, R127, R130, R134, R136, R137, R141, R147, R150, R151, R157–R164
1 M Ω /1 %/SMD/0603	R70, R71, R92, R93, R97–R100, R124, R139, R140, R144, R148, R152, R155, R156
10 M Ω /SMD/0603	R105
PTC/0,35 A/16 V/SMD/1206	R138

Kondensatoren:

22 pF/SMD/0603	C8, C9
1 nF/100 V/SMD/0603	C13
100 nF/50 V/SMD/0603	C1–C7, C10–C12, C14, C16, C18
1 μ F/50 V/SMD/0603	C17
10 μ F/16 V/SMD/0805	C19
10 μ F/25 V	C15

Halbleiter:

CD4543/SMD	IC1, IC3
CD4510BNSR/SMD	IC2, IC4
CD4040/SMD	IC5
CD4017/SMD	IC6
CD4011/SMD	IC7
CD4060/SMD	IC8
CD4013/SMD	IC9
CD4069/SMD	IC10
BC857C/SMD	T1–T28, T74, T77, T83, T85, T89, T91, T96, T99
BC847C/SMD	T100, T29–T73, T75, T76, T78–T82, T84, T86–T88, T90, T92, T97
BCW66H/SMD	T98
1N4148W/SMD	D13–D24, D35, D37–D39, D41–D49, D52
SB120/1N5817/THT	D58, D60, D63
LED/Rechteck/rot/LTL-403HR	D1–D12, D25–D34
LED/3 mm/grün	D36, D40, D53, D54, D57, D61, D62
LED/3 mm/rot	D50, D51, D55, D56, D59, D64
D512SURWA/S530-A2/superhell rot	DI1

Sonstiges:

Quarz, 4,194304 MHz, HC49U4	Q1
Mini-Drucktaster, 1x ein, 7,3 mm Höhe, IP67	TA1–TA3
Tastkappen, rund, 6 mm, schwarz	TA1–TA3
Miniatur-Schiebeschalter, 1x um	S1–S7
Piezo-Signalgeber	PZ1
DC-Buchse, print	BU1
USB-Buchse, Micro-B, SMD	BU2
Stiftleisten, 2x 4-polig, gerade, print	BU9, BU10
Buchsenleisten, 2x 4-polig, gerade	BU3, BU4 BU11, BU12, BU17–BU20,
Buchsenleisten, 1x 2-polig, trennbar, print, gerade	BU5–BU8, BU13–BU16, BU23–BU31, BU34–BU44, BU47–BU59, BU61–BU90, BU99–BU128
Buchsenleisten, 1x 12-polig, print, gerade	BU21, BU22
Buchsenleisten, 1x 10-polig, print, gerade	BU32, BU33, BU45, BU46
IC-Buchsenleiste, 1x 5-polig	BU60
Buchsenleisten, 1x 6-polig, print, gerade	BU91–BU98
Schraubklemme, 2-polig, Drahtein- führung 90°, RM=3,5 mm, THT, black	KL1
Stiftleiste, 2x 12-polig, gerade, print	ST3
Stiftleiste, 2x 10-polig, gerade, print	ST6
Kontaktleiste, 1x 12-polig, gerade	
Batteriefach für 3 Mignonzellen, mit 2 Leitungen	
Distanzbuchsen	
Distanzrollen mit Innengewinde, M3 x 20 mm	
Zylinderkopfschrauben, M2 x 8 mm	
Muttern, M2	
Jumper	
Zylinderkopfschrauben, M3 x 16 mm	
Senkkopfschrauben, M3 x 10mm	
Muttern, M3	
Fächerscheiben, Stahl, M3	
Gehäusefüße, selbstklebend, transparent	
Frontplatte, bearbeitet und bedruckt	

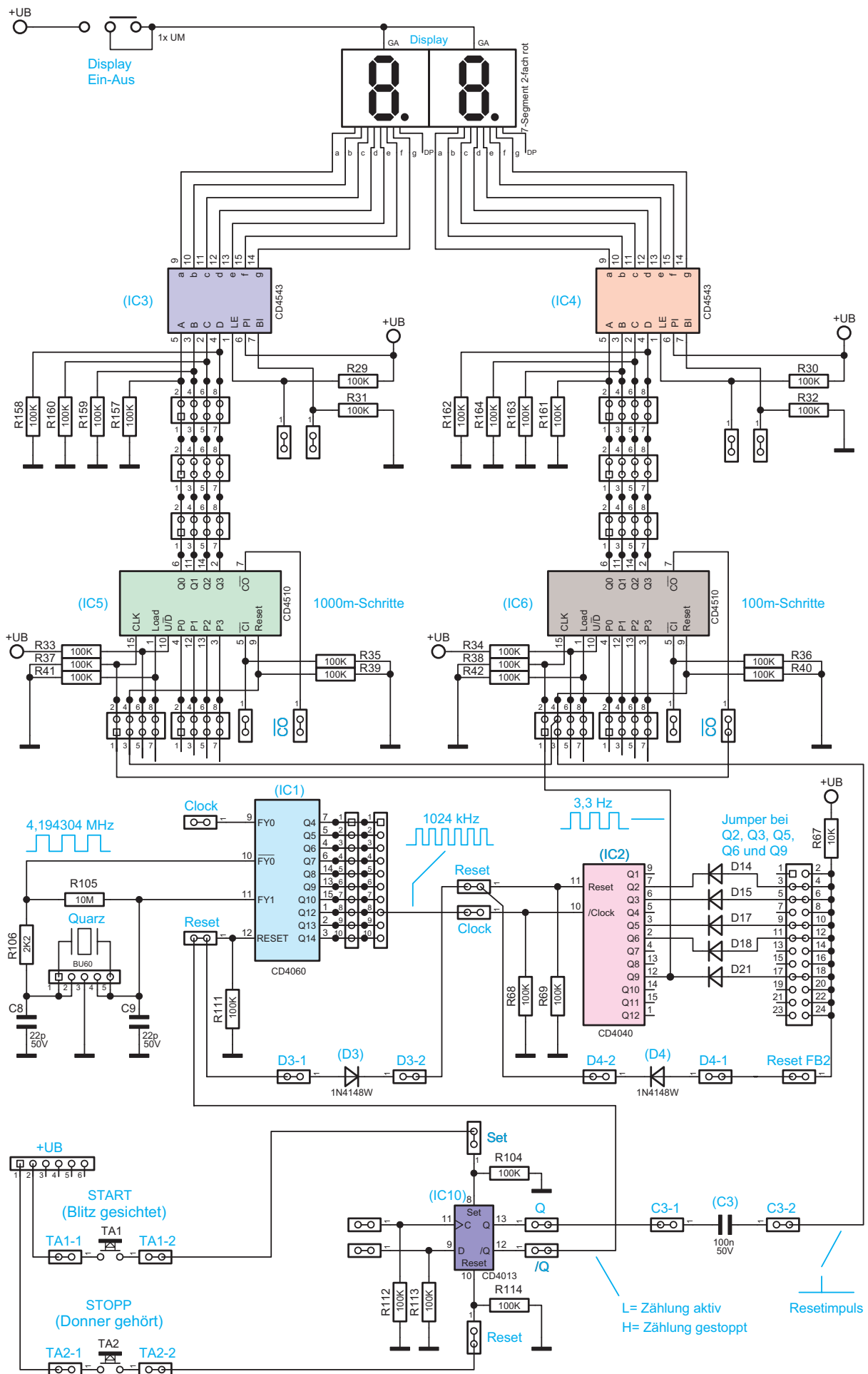


Bild 54: Die erste Anwendung des DEB100: das Schaltbild des Blitzentfernungsmessers

Anwendungsbeispiel 1 Blitzentfernungsmesser

In unserem ersten Beispiel für eine praktische Anwendung widmen wir uns einem Klassiker, der erstmalig im ELV Journal 3/98 vorgestellt wurde. Zur damaligen Zeit wurden CMOS-Bausteine sehr häufig eingesetzt, um Schaltungen zu realisieren. Dieser Blitzentfernungsmesser arbeitet sehr simpel, aber dennoch effektiv und kommt ohne spezielle Sensoren oder Ähnliches aus. Das Prinzip ist einfach, es gibt zwei Taster, mit dem ein Timer gestartet bzw. gestoppt wird. Sieht man in der Ferne einen Gewitterblitz aufleuchten, wird mit einem Taster der Timer gestartet. Sobald das Donnern, also das akustische Signal wahrgenommen wird, stoppt man den Timer. Aus der abgelaufenen Zeit und der Kenntnis, dass sich der Schall in Luft mit einer Geschwindigkeit von 330 m/s ausbreitet, kann die Entfernung zum Ursprungsort errechnet werden.

Die erste Grundüberlegung ist, welche Taktfrequenz benötigt wird, damit eine Anzeige mit einer Auflösung von 100-m-Schritten angesteuert werden kann. Wenn der Schall in einer Sekunde 330 m zurücklegt, ergibt sich nach einer einfachen Dreisatzrechnung folgende Rechnung:

$$x = 1/330 \times 100 = 0,303 \text{ s}$$

Die Zeit ergibt als Frequenz $1/0,303 \text{ s} = 3,3 \text{ Hz}$. Diese Frequenz benötigen wir also zum Takten des Zählers für 100-m-Schritte.

Fangen wir also mit Erzeugung dieser Taktfrequenz an. Der Grundtakt wird mit dem Oszillator und Teiler CD4060 erzeugt, wie in Bild 54 dargestellt. Der verwendete Quarz arbeitet mit einer Frequenz von 4,19439 MHz. Durch den integrierten Teiler wird die Frequenz mit jeder Teilerstufe durch zwei geteilt. Wir verwenden die Frequenz am Ausgang Q12. An diesem Anschluss liegt die Oszillatorfrequenz geteilt durch 212 (4096) an. Das ergibt 4,194304 MHz, geteilt durch 4096 = 1024 Hz. Um auf eine Frequenz



Wichtiger Hinweis:

Bei einer maximalen Beschaltung kann es zu EMV-Störungen kommen!

Dies darf aus Gründen der Konformität mit den angewendeten Normen durch eine unzulässige Beschaltung nicht hervorgerufen werden.

Die Ursache ist die Beschaltung des „Clock Out“ am CD4060-Baustein, wenn ein Quarz über 4 MHz verwendet wird.

Bei Verwendung eines Quarzes über 4 MHz ist die Beschaltung des „Clock Out“ am CD4060-Baustein nicht zulässig!

von 3,3 Hz zu kommen, benötigen wir einen weiteren Teiler. Deshalb wird diese Frequenz auf den Takteingang des Zählers CD4040 gegeben. Wir müssen diese Frequenz jetzt durch einen Faktor von 310 teilen, um 3,3 Hz zu erhalten.

Wie man über eine Wired-And-Matrix den Teilerfaktor errechnet, ist im Abschnitt „CD4060“ bzw. „CD4040“ erklärt. Um es vorwegzunehmen, wir benötigen die Teilerausgänge Q2, Q3, Q5, Q6 und Q9, die mittels einer Und-Funktion einen Reset am CD4040 auslösen müssen. Entsprechend sind also an den genannten TeilerAusgängen die Steckbrücken (Jumper) zu setzen. Der Anschluss Reset FB2 wird nun über eine Diode mit dem Reseteingang des CD4040 verbunden (siehe Bild 54). Durch diese Maßnahmen erhalten wir einen Teiler, der die Eingangsfrequenz (1024 Hz) durch 310 teilt (siehe auch Beschreibung CD4040, Bild 25). Wir erhalten somit eine Frequenz von 3,304 Hz, also nicht ganz genau die erwünschte Frequenz von 3,3 Hz. Diese kleine Abweichung nehmen wir in Kauf, denn alleine durch die Reaktionszeit beim Drücken der Tasten ergeben sich größere Abweichungen.

Kommen wir nun zur Zählereinheit. Diese besteht aus Dezimalzählern vom Typ CD4510, die im entsprechenden Abschnitt beschrieben sind. Der erste Zähler IC6 soll in 100-m-Schritten und der zweite Zähler IC5 in 1000-m-Schritten zählen. Da wir ja den Takt für die 100-m-Schritte generiert haben, braucht dieser Takt nur mit dem Clock-Eingang von IC6 verbunden zu werden. Der Zähler soll aufwärts zählen, sodass der U/D-Pin, der die Zählrichtung vorgibt, an +UB liegen muss. Hier brauchen wir nichts zusätzlich zu stecken, da dieser Anschluss bereits über einen Widerstand an UB liegt.

Beim Übergang von der Zählstufe 9 nach 0 wird ein Impuls am Ausgang Carry-out ($\overline{CO}$) generiert, den wir nutzen, um den zweiten Zähler IC5 zu takten. Das war in Sachen Zählereinheit schon alles. Um die Zählerstände zur Anzeige bringen zu können, setzen wir den BCD-zu-7-Segment-Decoder ein. Dies geschieht mit IC3 und IC4 vom Typ CD4543. Auch hier ist die Funktionsbeschreibung in dem entsprechenden Abschnitt erklärt. Diese Wandler setzen den BCD-Code der Zählerausgänge in einen Code für die 7-Seg-

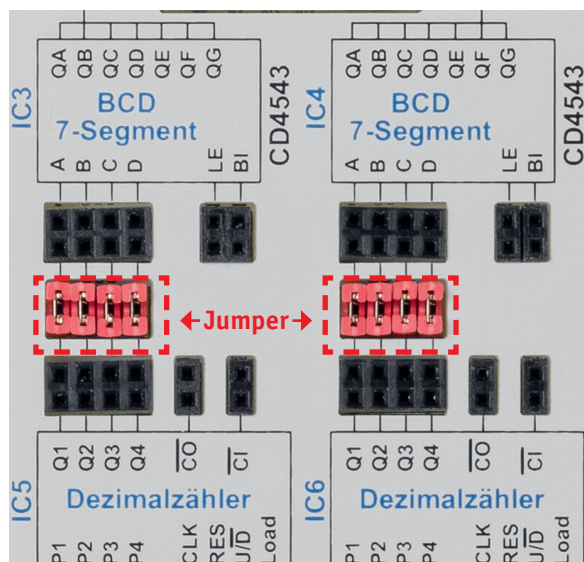


Bild 55: Mittels Jumper werden Zähler (CD4510) und Anzeigen-decoder (CD4543) verbunden.

ment-Anzeigen um, sodass wir die Zahl auf der LED-Anzeige ablesen können. Zu beachten ist hier, dass die Zählerausgänge (IC5 und IC6) mit den Eingängen der Decoder verbunden werden müssen. Dies geschieht über Jumper, wie sie in [Bild 55](#) dargestellt sind.

Nun müssen wir das Ganze mit einer Steuerlogik ausstatten. Hierzu nehmen wir ein D-Flip-Flop mit den beiden Eingängen Set und Reset. Wie im Schaltbild zu sehen, ist der Taster TA2 (Stopp) einseitig mit dem Reset des Flip-Flops verbunden. Die andere Seite von TA2 wird mit +UB verbunden. Auf die gleiche Weise wird der zweite Taster TA1 (Start) mit dem Set-Eingang verbunden. Wir können also mit den beiden Tasten das Flip-Flop setzen und zurücksetzen. Dies ist nun unsere Steuereinheit.

Nachdem der Taster (Start) betätigt wird, wechselt der Ausgang Q vom Flip-Flop auf High und der /Q-Ausgang auf Low. Der /Q-Ausgang ist mit dem Reset vom CD4060 verbunden, solange dieser Anschluss High-Pegel führt sperrt der Oszillator des CD40460. Über eine weitere Diode wird der Reset von CD4060 mit dem Reset des CD4040 verbunden. Die Diode dient hier zur Entkopplung. Hierdurch werden beide Zähler zurückgesetzt.

Nachdem man die Stopp-Taste betätigt hat, bleibt die Anzeige auf dem gemessenen Wert stehen, bis ein neuer Messvorgang gestartet wird. Steht die Anzeige auf z. B. einen Wert 35, dann bedeutet dies eine Entfernung von 3,5 km.

Ein Problem muss noch gelöst werden. Bei einem neuerlichen Startvorgang müssen die Dezimalzähler zurückgesetzt werden. Dies lösen wir durch einen kurzen Impuls, der mit einem Kondensator (100 nF) erzeugt wird. Dieser Kondensator wird auf der einen Seite mit dem Ausgang Q vom Flip-Flop angeschlossen. Die andere Seite des Kondensators wird mit den beiden Reseteingängen der Zähler CD4510 verbunden. Bei einem Startvorgang wechselt ja der Q-Ausgang von Low- auf High-Pegel. Dieser Low-High-Wechsel wird als positiver Impuls über den Kondensator auf die Reseteingänge übertragen, wodurch diese zurückgesetzt werden.

Damit ist unsere Schaltung für einen einfachen Blitz-entfernungsmesser fertig. Viel Spaß beim Nachbauen bzw. Stecken!

Weitere Anwendungsbeispiele werden auf der Produktseite des DEB100 im ELV Shop aktualisiert und können kostenlos heruntergeladen werden. **ELV**



Datenblätter:

Datenblatt CD4011:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4011b>

Datenblatt CD4013:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4013b>

Datenblatt CD4017:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4017b>

Datenblatt CD4040:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4040b>

Datenblatt CD4060:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4060b>

Datenblatt CD4069:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4069ub>

Datenblatt CD4510:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4510b>

Datenblatt CD4543:

<http://www.ti.com/lit/gpn/cd4543b>

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 Leistungselementen mit hoher Temperatur ist dies zu beachten.

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

ELV

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