



LED-Lichterbogen

Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#1316

Beim Erscheinen dieses ELV-Journals sind es noch genau 3 Monate bis Weihnachten – Zeit für das Weihnachts-Deko-Projekt! Dieses Jahr stellen wir einen kleinen LED-Lichterbogen vor, dessen LED-Kerzen wahlweise im Dauerbetrieb oder als Flackerlicht arbeiten. Der in weißem Leiterplattenmaterial ausgeführte Träger kann nach Wunsch dekorativ bemalt oder mit Motiven beklebt werden.

Alle Jahre wieder ...

... steht „plötzlich“ Weihnachten vor der Tür. Also rechtzeitig an das Weihnachts-Deko-Projekt gemacht!

Der kleine LED-Lichterbogen ist da ein schlichtes, aber effektvolles Accessoire für Fenster, Zimmer oder Schreibtisch. Gegenüber echten Kerzen hat die LED-Lösung den Vorteil des ungefährlichen Betriebs – in Brand geraten kann hier nichts! Ergo auch eine sichere Weihnachts-Deko für das Büro, für Haushalte mit Kindern, Haustieren oder aber Vergessliche.

Der kleine Lichterbogen besteht aus fünf LED-„Kerzen“, die durch einen Mikrocontroller angesteuert werden. Dieser ermöglicht dann auch den wahlweisen Betrieb als Dauerlicht oder als eher dem natürlichen Kerzenbild entsprechenden Flackerlicht. Der Betrieb erfolgt an einem Netzteil, das dann z. B. täglich automatisch durch eine Zeitschaltuhr geschaltet wird.

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	LED-SB1
Versorgungsspannung:	7,5–12 Vdc
Stromaufnahme:	100 mA max.
LEDs:	5 LEDs, 3 mm, orange
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen(B x T x H):	200 x 30 x 96 mm
Gewicht:	42 g

Bedienung

Durch kurzes Betätigen des Tasters TA1 wird das Gerät eingeschaltet. Durch weiteres Betätigen wählt man eine der zwei Betriebsmodi (Dauerlicht/Flackerlicht) aus. Das Ausschalten erfolgt durch längeres Betätigen des Tasters für mindestens 3 Sekunden. Der Betriebszustand, also der momentan ausgewählte Anzeigemodus, wird im internen EEPROM des Controllers abgespeichert. So kann nach Abschalten der Versorgungsspannung und erneutem Einschalten der vorherige Betriebszustand wiederhergestellt werden. Dies ist nützlich, wenn der Lichterbogen mit einer Zeitschaltuhr gesteuert wird. Hierbei ist zu beachten, dass nach dem Ausschalten und Wiedereinschalten eine Pause von mindestens 60 Sekunden liegen sollte. Wird die Schaltung über den Taster ausgeschaltet, bleibt die Schaltung auch nach Unterbrechung der Versorgungsspannung und Spannungswiederkehr im ausgeschalteten Zustand.

Schaltung

Das Schaltbild des LED-Lichterbogens ist in [Bild 1](#) dargestellt, es gliedert sich in drei übersichtliche Schaltungsteile: die Stromversorgung, die elektronische Ein-/Ausschaltung und die Steuerung. Die Steuerung der fünf LEDs übernimmt der Mikrocont-



roller (IC3) vom Typ STM8L052C6. Die Helligkeit kann über dessen PWM-Ausgänge in 256 Helligkeitsstufen verändert werden. Die LEDs benötigen relativ wenig Strom und werden deshalb direkt vom Mikrocontroller angesteuert. Ein Widerstand in jedem LED-Strang begrenzt dabei den LED-Strom.

Die Helligkeitssteuerung erfolgt durch die schon erwähnte PWM (Pulsweiten-Modulation, [siehe Elektronikwissen](#)), was bedeutet, dass sich das Puls-Pausenverhältnis des Rechteckausgangssignals ändert bzw. gesteuert werden kann. Die LEDs werden durch diese Rechtecksignale ein- und ausgeschaltet. Dies geschieht mit einer so hohen Frequenz, dass die Schaltvorgänge vom menschlichen Auge nicht mehr wahrgenommen werden. Je nach Puls-Pausenverhältnis des Signals ergibt sich somit ein bestimmter Helligkeitswert (arithmetischer Mittelwert). Durch schnelles und quasi zufallsgesteuertes Verändern des Puls-Pause-Verhältnisses kann man so einen Flacker-effekt erzeugen.

Die Versorgungsspannung (unstabilisiert, 7,5–12 V_{DC}) wird der Schaltung über die Buchse BU1 zugeführt. Die Sicherung schützt das Netzteil im Falle eines Defekts (z. B. Kurzschluss in der Schaltung), während die Diode D1 als Verpolungsschutz dient. Mit dem Schalttransistor T8 wird die Versorgungsspannung in einer sogenannten „Selbsthaltung“ geschaltet.

Schauen wir uns diesen Schaltungsbereich im Detail an. Durch Betätigen des Tasters TA1 wird zunächst über die Entkoppeldiode D2 der Basiswiderstand R2 von T8 gegen Masse (GND) geschaltet. T8 schaltet durch, und die Betriebsspannung gelangt auf den Spannungsregler IC2, der wiederum eine stabile Spannung von 3,3 V für die restliche Elektronik zur Verfügung stellt. Nun wird auch der Mikrocontroller IC3 mit Spannung versorgt. Die interne Firmware wird gestartet und der Ausgangsport PA5 (Pin 6) auf High-Potenzial gelegt. Dies hat zur Folge, dass über den Widerstand R3 der Transistor T7 angesteuert wird und dieser durchschaltet.

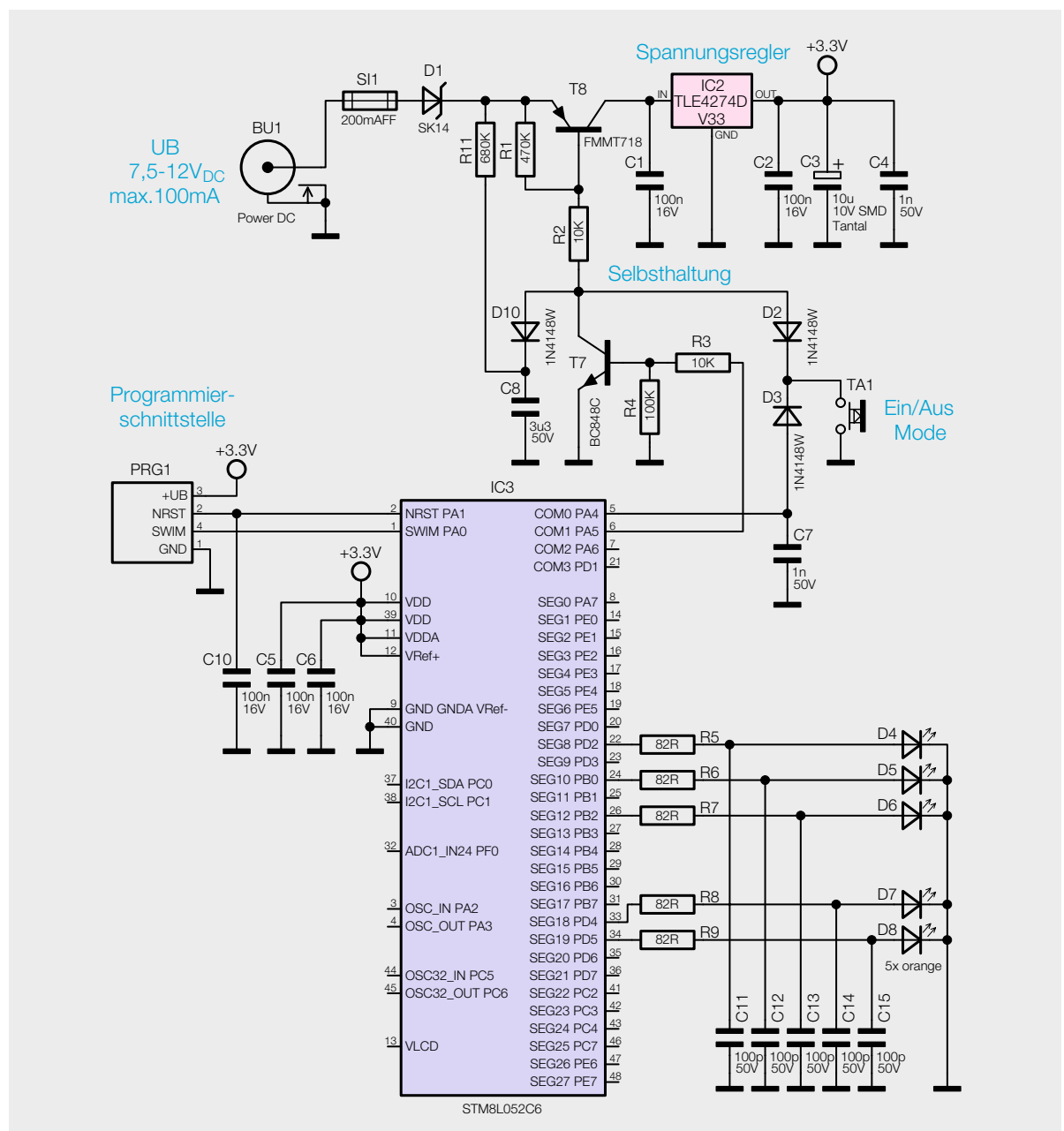


Bild 1: Schaltbild des Lichterbogens

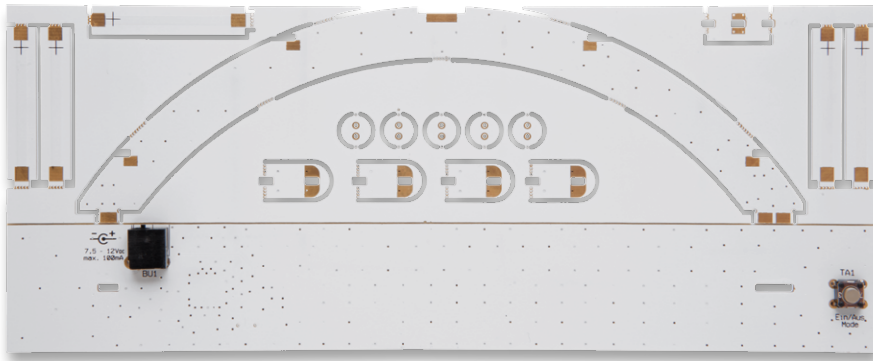
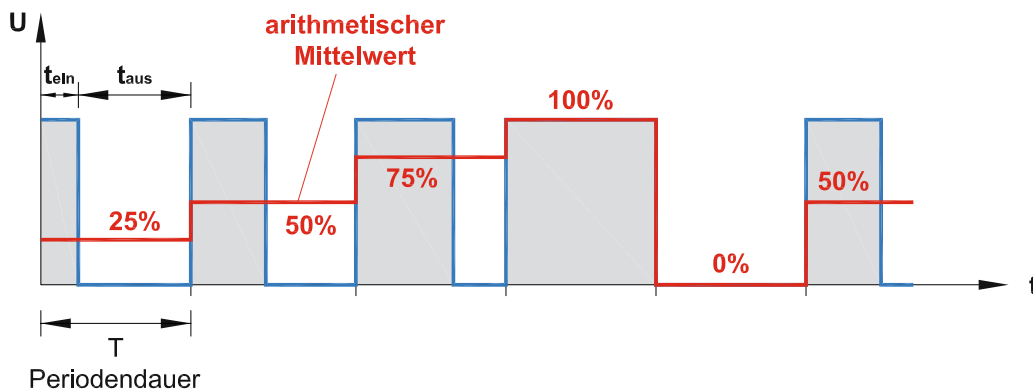


Bild 2: Die (herausbrechbaren) Platinen werden auf einem „Nutzen“ geliefert.

T7 übernimmt nun die Funktion des Tasters TA1, den wir betätigt haben. Nach Loslassen des Tasters TA1 bleibt die Versorgungsspannung erhalten, die Selbsthaltung ist aktiv. Das Ausschalten erfolgt ebenfalls mit Betätigung des Tasters TA1, der über die Diode D3 den Pegel des Ausgangsports PA4 (Pin 5 von IC3) auf Low-Pegel legt. Da mit dem Taster TA1 auch der Betriebsmode umgeschaltet wird (siehe Abschnitt „Bedienung“) muss der Taster für mindestens 3 Sekunden gedrückt gehalten werden. Dieses wird

vom Controller als Befehl zum Ausschalten erkannt, woraufhin die Selbsthaltung gelöst wird, indem der Port PA5 auf Low-Potenzial wechselt und der Transistor T8 sperrt. Jetzt befindet sich die Schaltung wieder im Ausgangszustand (ausgeschaltet).

Damit die Schaltung auch nach Anlegen der Betriebsspannung automatisch ohne Tastenbetätigung einschalten kann (von der Speicherung des Betriebszustands abhängig, siehe Bedienung), wird mit R11, C8 sowie Diode D10 ein kurzer Einschalt-



Pulsweiten-Modulation (PWM)

Die Pulsweiten-Modulation, auch Pulslängen-Modulation oder Pulsdauer-Modulation genannt, ist eine Modulationsart, die vorwiegend bei Rechtecksignalen angewandt wird. Die zu übertragende Information steckt allein in der Pulsbreite und nicht in der Signalamplitude oder der Frequenz. Charakteristisch für eine PWM ist, dass die Periodendauer (T), also die Frequenz, immer konstant bleibt und sich nur die Einschalt-dauer ändert. Das Verhältnis von Einschaltzeit (t_{ein}) zur Periodendauer (T) wird als Tastgrad bezeichnet:

$$\text{Tastgrad} = \frac{t_{\text{ein}}}{T} \text{ Beispiel: } \frac{0,5}{1} = 0,5 \text{ entspricht } 50\%$$

Einsatzbereiche für eine PWM sind z. B. digitale Signalübertragung, D/A-Wandler in der Mikrokontrollertechnik usw.

Der Haupteinsatzbereich ist aber wohl die Leistungselektronik, wo es um die Drehzeleinstellung von Leistungsmotoren oder um die Helligkeitssteuerung von Lampen oder LEDs geht.

Möchte man die Drehzahl eines leistungsstarken Motors einstellen, kann dies durch einen Linearregler geschehen, der die Betriebsspannung des Motors verändert. Bei diesem Verfahren entsteht jedoch sehr viel Verlustleistung und damit verbundene Wärme. Diesen Nachteil kann man mit einer PWM umgehen. Die PWM-Steuerung schaltet den Motor periodisch ein und aus. Dieses Schalten geschieht sehr schnell ($> \text{ca. } 100 \text{ Hz}$), sodass dies vom Anwender nicht wahrgenommen wird. Die Leistungsendstufe besteht lediglich aus einem elektronischen Schalter (z. B. MOSFET), sodass die Verlustleistung nur durch den relativ geringen Einschaltwiderstand $R_{\text{DS(on)}}$ des MOSFET und die Schaltflanken bestimmt wird. Dieser Vorteil einer PWM wird auch gerne beim Dimmen von Lampen und LEDs ausgenutzt.

impuls generiert. Dies entspricht einer kurzen Tastenbetätigung. Der letzte Betriebszustand ist im internen EEPROM gespeichert und wird wiederhergestellt. Hat man die Schaltung durch Betätigen des Tasters vorher ausgeschaltet, findet keine automatische Einschaltung statt.

Nachbau

Der Aufbau erfolgt auf mechanisch vorgefertigten Platinen, die zusammenhängend auf einem sogenannten Nutzen (Bild 2) untergebracht sind. Die einzelnen Platinen können von Hand mittels der Perforation herausgebrochen werden. Bedingt durch die Perforation entsteht an

Bild 3:
Nach dem Herausbrechen der Platinen wird der Grat mit einer Feile entfernt.

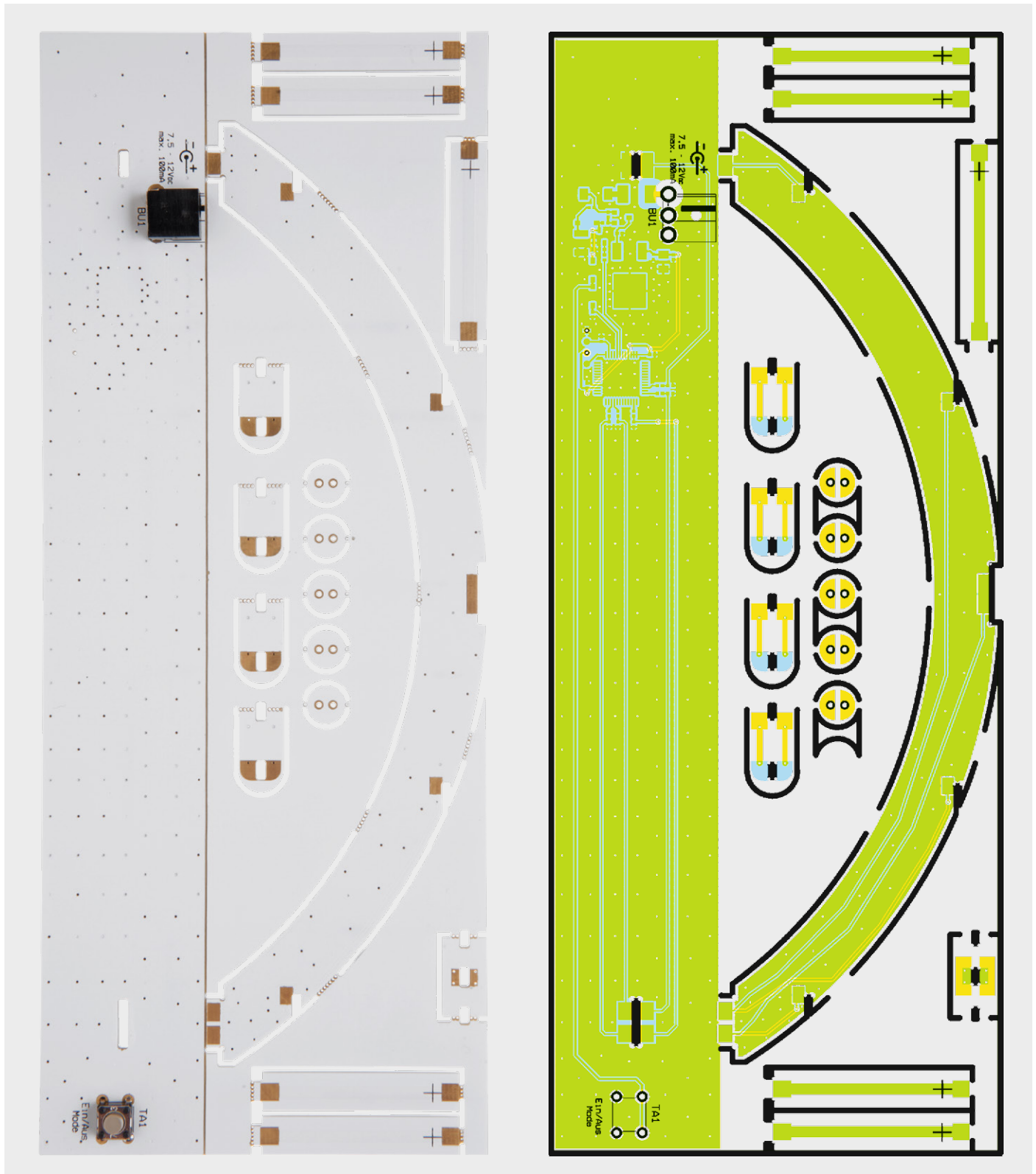


Bild 4a: Platinenfoto und Bestückungsplan der Bestückungsseite aller Platinen

einigen Seiten einer kleiner Grat, der leicht mit einer Feile oder mit Schleifpapier zu entfernen ist (Bild 3). Vor dem Zusammenbau sollten alle Platinen auf diese Weise vom Grat befreit werden. Grundlage für den Auf- und Zusammenbau bilden die Platinenfotos, die Bestückungsvorlagen (Bild 4a und 4b) und die einzelnen Detailaufnahmen.

Da alle SMD-Bauteile schon vorbestückt sind, muss man nach einer Kontrolle der ordnungsgemäßen SMD-Bauteilbestückung nur noch wenige bedrahtete Bauteile bestücken. Hierzu zählt das Bestücken der LEDs, der Buchse BU1 sowie des Tasters TA1.

Auf der Basisplatte werden im ersten Arbeitsschritt die Buchse BU1 und der Taster TA1 eingesetzt und verlötet. Im nächsten Arbeitsschritt

wird die Bogenplatte auf die Basisplatte gesteckt und auf der Unterseite verlötet (Bild 5). Die Bogenplatte kann durch unterschiedliche Zapfenbreiten nicht verdreht eingesetzt werden. Beim Verlöten ist darauf zu achten, dass keine Brücken zwischen den einzelnen Kontaktflächen entstehen (siehe Bild 5). Als nächstes werden die fünf Sockelplatten mit der Bogenplatte verlötet.

Nachdem das „Grundgerüst“ fertiggestellt ist, folgt der Zusammenbau der fünf „Kerzen“, also der Platinen, die später die Kerzen nachbilden. Da diese

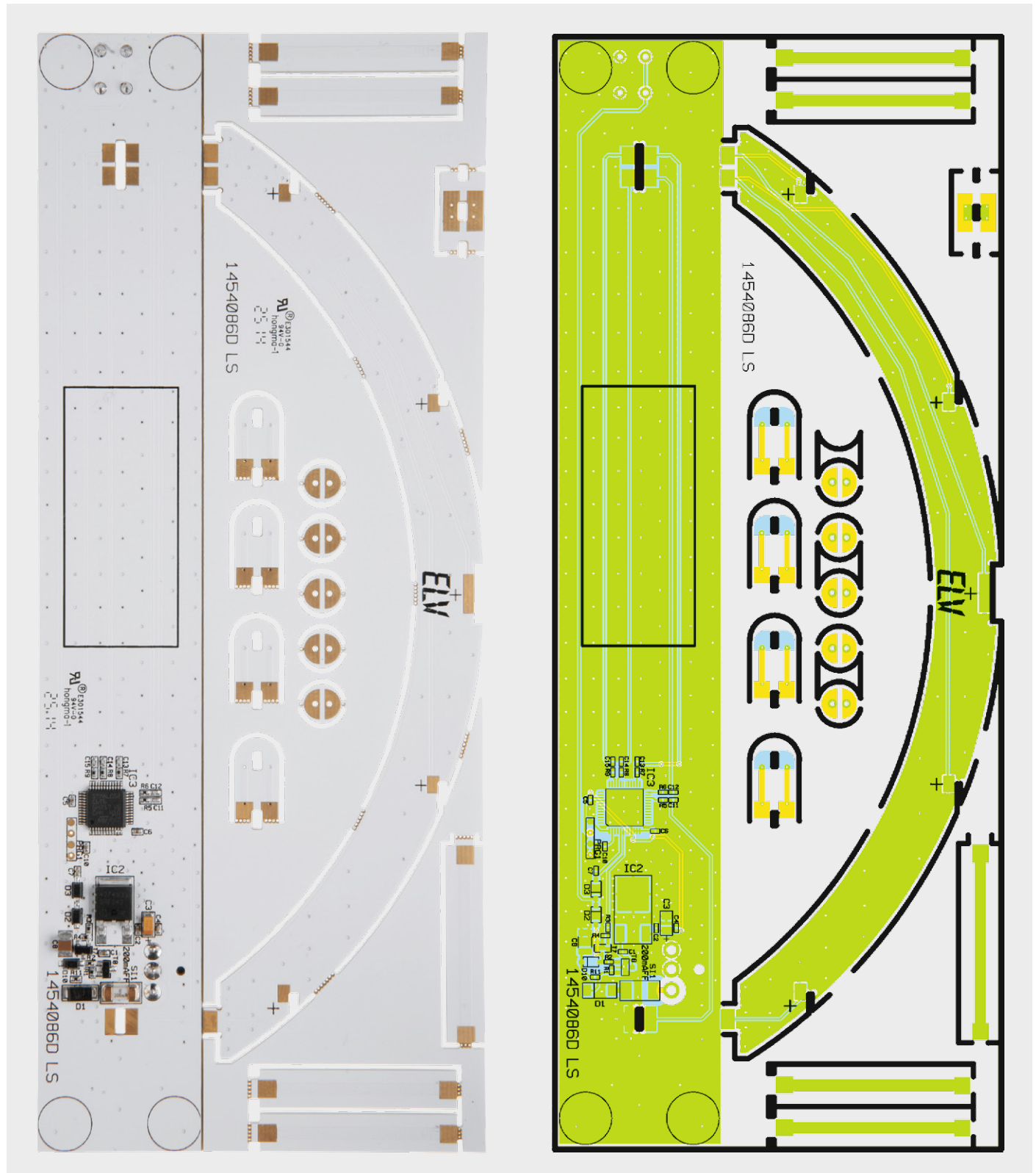


Bild 4b: Platinfoto und Bestückungsplan der Lötseite aller Platinen

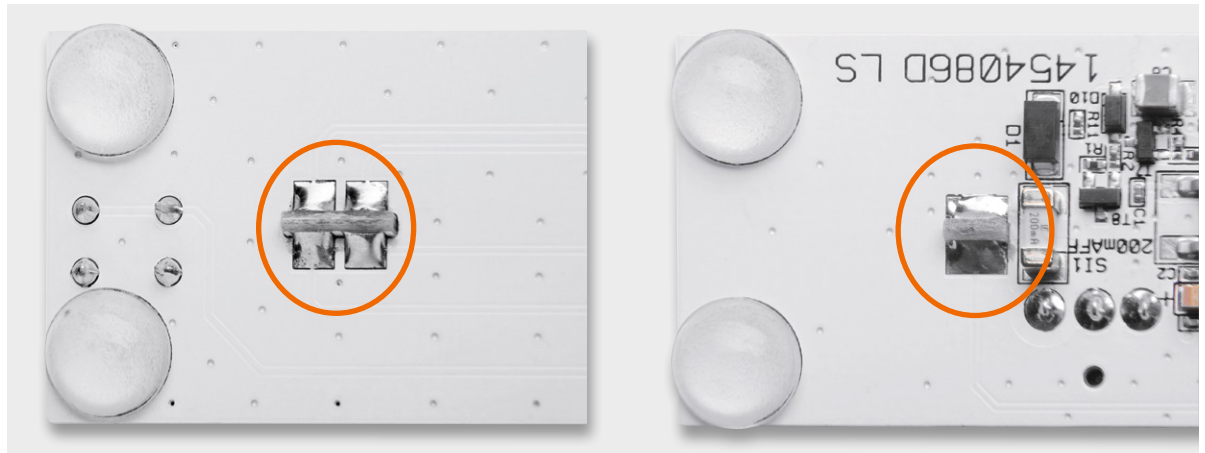


Bild 5: So sind die Verbindungsstellen zwischen Bogenplatine und Basisplatine zu verlöten. Beim Verlöten ist darauf zu achten, dass keine Brücken zwischen den einzelnen Kontaktflächen entstehen.

Platinen relativ klein sind, benötigt man eine „dritte Hand“. Hierfür eignet sich z. B. ein kleiner Minischraubstock (siehe Bild 6).

Zunächst werden die kleinen runden Platinen mit den länglichen Kerzenplatinen zusammen mit jeweils einer LED verlötet (Bild 7). Wichtig ist hier, auf die richtige Polung der LEDs zu achten. Bild 8 zeigt, dass ein Anschlussdraht der LED etwas länger ist. Dies ist die Anode und somit der Pluspol. Auf den länglichen Kerzenplatinen ist ein „+“-Symbol aufgedruckt, so dass hier die Anode angelötet wird. Der Pluspol ist somit beim Zusammensetzen der Platinen eindeutig zu erkennen.



Bild 6: Ein nützlicher Helfer ist ein kleiner Schraubstock, mit dem die Platinen fixiert werden können.



Bild 7: Der längere Anschluss der LED wird auf der mit „+“ markierten Seite angelötet.

Widerstände:

82 Ω /SMD/0402	R5–R9
10 k Ω /SMD/0402	R2, R3
100 k Ω /SMD/0402	R4
470 k Ω /SMD/0402	R1
680 k Ω /SMD/0402	R11

Kondensatoren:

100 pF/50 V/SMD/0402	C11–C15
1 nF/50 V/SMD/0402	C4, C7
100 nF/16 V/SMD/0402	C1, C2, C5, C6, C10
3,3 μ F/50 V/SMD/3225	C8
10 μ F/10 V	C3

Halbleiter:

ELV141368/SMD	IC3
TLE4274DV33/SMD	IC2
BC848C/SMD	T7
FMMT718/SMD	T8
SK14/SMD	D1
1N4148W/SMD	D2, D3, D10
LED/3 mm/orange	D4–D8

Sonstiges:

DC-Buchse, print	BU1
Mini-Drucktaster, 1x ein,	
Tastknopflänge, 1 mm	TA1
Sicherung, 200 mA, flink, SMD	SI1
1 Trinkhalm, rot	
4 Gehäusefüße, selbstklebend	

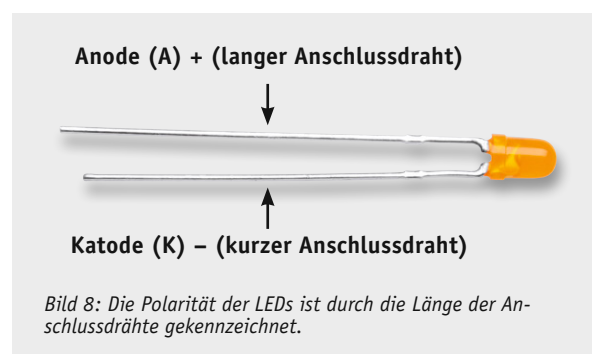


Bild 8: Die Polarität der LEDs ist durch die Länge der Anschlussdrähte gekennzeichnet.

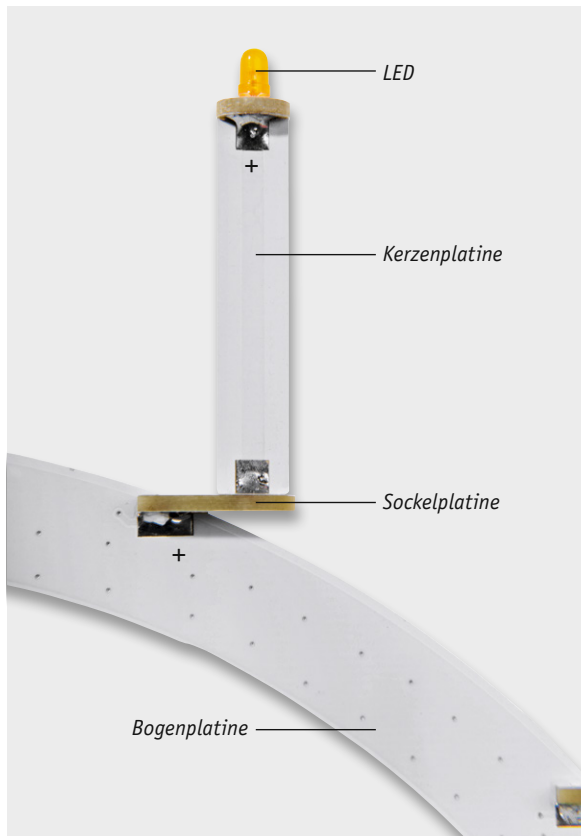


Bild 9: Eine fertige und bereits angelötete Kerzenplatte

Beim weiteren Zusammenbau ist nun darauf zu achten, dass der Pluspol der Kerzenplatinen in Richtung der bedruckten Seite („+“-Symbol) der Bogenplatte zeigt. Hier ist am jeweiligen Anschlusspunkt (Lötfläche) ebenfalls ein „+“ aufgedruckt. Bevor im weiteren Arbeitsschritt die Kerzenplatte auf die Sockelplatinen gelötet werden, vergewissere man sich, dass die Polarität der LEDs korrekt ist.

Die fertig aufgebauten Kerzenplatinen können nun in die dafür vorgesehenen Einkerbungen in der Sockelplatte (Bild 9) eingesetzt und verlötet werden. Hier gilt: Wenn alles rechtwinklig ist, wird man den Eigenbau nicht von einem professionellen Aufbau unterscheiden können.

Auch hier ist nochmals auf die korrekte Polarität der LEDs bzw. der Kerzenplatinen zu achten. Zum Abschluss der Aufbauarbeiten werden noch rote Kunststoffhülsen (Trinkhalme) über die Kerzenplatinen gestülpt. Diese Hülsen sind zuvor auf eine Länge von 36 mm zuzuschneiden. Dies kann z. B. mit einer Schere geschehen. Bei Bedarf können die Hülsen mit etwas Haushaltskleber (keinen Sekunden- und keinen Heißkleber verwenden) fixiert werden.

Nach dem Aufkleben der vier Gummifüße auf der Unterseite der Basisplatte (siehe Bild 5), ist der Nachbau beendet.

Bild 10 zeigt den fertig aufgebauten und betriebsbereiten Lichterbogen.

Inbetriebnahme

Zur Spannungsversorgung dient ein passendes Steckernetzteil. Die Ausgangsspannung sollte im Bereich von 7,5 V bis 12 V liegen. Der Anschluss der Versorgungsspannung erfolgt an Buchse BU1 mittels eines Hohlsteckers (3,5 mm). **ELV**



Bild 10: Der fertig aufgebaute und betriebsbereite Lichterbogen