



Mini-LED-Lampe

In der Mini-LED-Lampe MLL 10 werden bis zu 3 helle weiße LEDs mit nur zwei Knopfzellen versorgt. Diese kompakte Schaltung findet in einem kleinen Schlüsselanhänger-Gehäuse Platz. Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, eine Subminiatur-Platinenversion in eine E-10-Lampenfassung einzubauen. Hier reicht dann selbst die Versorgungsspannung einer einzigen Primärzelle (1,5 V) aus, um bis zu drei LEDs zu betreiben.

Allgemeines

Die Verwendung von LEDs wird in der Lichttechnik immer bedeutsamer. Waren LEDs vor kurzem „nur“ dazu da, um an Geräten als Indikator zur Einschaltkontrolle, Statusanzeige etc. zu dienen, so stoßen sie aufgrund der schnellen technischen Entwicklung in den Disziplinen Lichtausbeute und Farbvielfalt auch in die Beleuchtungstechnik vor. Dieser Bereich galt sonst immer als uneinnehmbare Domäne der Glühlampen. Aber immer häufiger setzen sich die in Lebensdauer und Wirkungsgrad überlegenen Leuchtdioden gegen ihre konventionellen „Kollegen“ durch. Die Bereiche mit sehr lichtstarken Beleuchtungsein-

richtungen bleiben allerdings zur Zeit noch fest in der Hand der Glühfadlampen.

Die bisherige LED-Technik hatte das Problem der monochromen Strahlung: LEDs strahlen prinzipbedingt nur Licht eines sehr schmalen Wellenlängenbereiches aus, d. h. sie leuchten nur in einer Farbe. „Bunte Lampen“ sind zwar für Dekorationszwecke sinnvoll einsetzbar, für reine Beleuchtungszwecke sind diese aber absolut unbrauchbar. In letzter Zeit hat der Fortschritt in der LED-Technik dazu geführt, dass immer mehr weiße LEDs mit großen Lichtstärken an den Markt kommen, die sich auch sehr gut als Lichtquelle eignen.

Kleine Beleuchtungsaufgaben wie beispielsweise die Beleuchtung von Notaus-

gängen und Fluchtwegen werden immer häufiger durch solche LEDs übernommen.

Ein ähnlicher Anwendungsfall ist die typische Kleinsttaschenlampe, die, am Schlüsselbund getragen, zum Auffinden des Schlüssellockes bei Nacht oder zum Ausleuchten des Weges gebraucht wird. Hier findet auch die kleine ELV-Schlüsselanhänger-Lampe MLL 10 ihr Einsatzgebiet.

Viele handelsübliche Kleinsttaschenlampen besitzen eine E-10-Glühlampe als Leuchtmittel. Diese haben, wie alle Glühlampen, den Nachteil des schlechten Wirkungsgrades – etwa 95 % der zugeführten Energie werden in nicht nutzbare Wärme umgesetzt. Außerdem ist eine Glühlampe sehr empfindlich gegen mechanische Beanspruchungen. Mit der Miniatur-Version der MLL-10-Schaltung, die zum Einbau in eine handelsübliche E-10-Fassung geeignet ist, kann eine solche Standard-Taschenlampe zu einer modernen LED-Taschenlampe mit wesentlich verlängerter Batterielebensdauer aufgerüstet werden.

Ein Problem des Betriebes von weißen LEDs aus einer batteriebetriebenen Quelle ist zum einen ihre relativ hohe Flussspannung von 3 V bis 4 V und zum anderen die große Abhängigkeit der Lichtstärke vom durchflossenen Strom. Ersteres bedeutet im Allgemeinen, dass eine entsprechende Batteriespannung vorhanden sein muss, letzteres macht einen Konstantstrombetrieb unabdingbar.

Da bei möglichst miniaturisierten Geräten wie Schlüsselanhänger-Taschenlampen das Gewicht und die mechanischen Abmessungen im Vordergrund stehen, ist es notwendig, die Anzahl der, im Vergleich zur Elektronik üblicherweise großen und schweren Batterien, so klein wie möglich zu halten. Bei 3 V bis 4 V Flussspannung benötigt eine LED zum sicheren Betrieb schon mindestens 3 Primärzellen (4,5V).

Technische Daten: MLL 10

Anzahl der LEDs: max. 3 (Reihenschaltung)
Lichtstärke: 1500 mcd pro LED
Abstrahlwinkel: 15°
Batterielebensdauer (Dauerbetrieb)	
- MLL 10 (3 LEDs): 60 Minuten
- E-10-Einbauversion (1 LED):	ca. 12 h an 1 Micro-Batterie
Spannungsversorgung:	
- MLL 10: 2 x LR 44 / A 76
- E-10-Einbauversion: 1,1 V/DC/ 68 mA bis 12 V / DC / 20 mA
Abmessungen (L x B x H):	
- MLL 10: 65 x 35 x 13 mm
- E-10-Einbauversion (ohne LED): 9 x 7,5 x 4,8 mm
Gewicht	
- MLL 10 (inkl. Batterien): 24 g
- E-10-Einbauversion (mit LED):	1 g

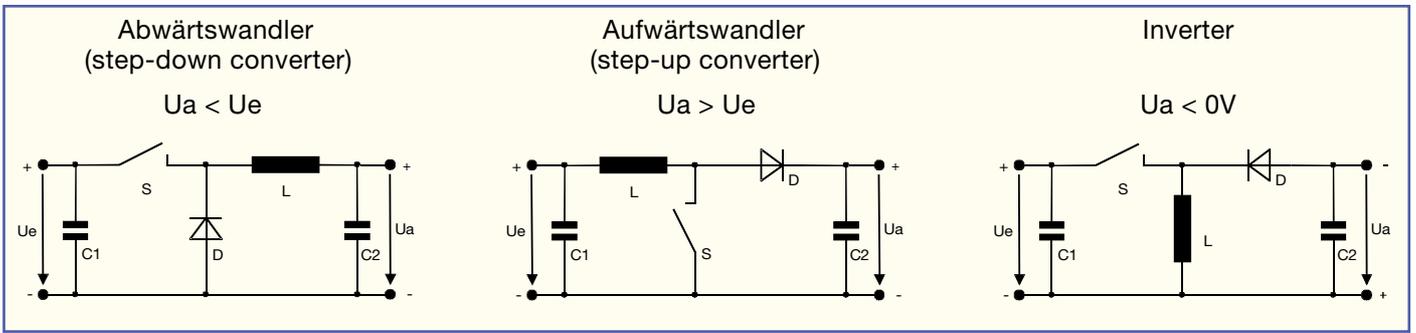


Bild 1: Prinzipschaltbilder von Schaltreglerarten.

Damit ist der Betrieb einer weißen LED mit nur ein oder zwei Zellen nur durch das Hochsetzen der Batteriespannung möglich.

Für eine solche Spannungswandlung kommen sogenannte DC/DC-Wandler zum Einsatz. Die Bezeichnung beruht auf der Art der Ein- und Ausgangsspannung. Da sowohl Ein- als auch Ausgangsspannung Gleichspannungen (DC) sind, wird diese Art des Wandlers als DC/DC-Wandler bezeichnet.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, eine solche Umsetzung vorzunehmen, wobei der Unterschied in der Art der Energiespeicherung während des Wandlungsprozesses liegt. So unterscheidet man zwischen Schaltregler mit geschalteten Kapazitäten und Schaltreglern mit Speicherdrossel. Beide Varianten haben ihre Vor- und Nachteile. Der Vorteil der Schaltregler mit geschalteten Kondensatoren liegt in der kleineren Bauform, dem günstigeren Preis und den geringeren elektromagnetischen Störpotential, wo hingegen die Schaltregler mit Speicherdrossel einen wesentlich besseren Wirkungsgrad haben und in der Lage sind, auch größere Leistungen umzusetzen.

Bei fast allen batteriebetriebenen Geräten überwiegt im Allgemeinen der Vorteil des besseren Wirkungsgrades, so dass hier Schaltregler mit Speicherdrossel gegenüber der kostengünstigeren Version mit geschalteten Kondensatoren den Vorzug erhalten. So arbeitet auch der DC/DC-Wandler in der Mini-LED-Lampe nach diesem Schaltungsprinzip.

Schaltungsprinzip

Das Schaltungsprinzip beruht auf der Möglichkeit, Energie in einer Drossel zu speichern. Ähnlich wie in einem Kondensator, in dem die Energie letztlich als Ladungsverschiebung in Form eines elektrischen Feldes gespeichert ist, speichert auch eine Induktivität Energie in ihrem magnetischen Feld. Die Speicherfähigkeit ist dabei beim Kondensator von der Kapazität, bei der Drossel äquivalent dazu von der Induktivität abhängig.

Das Prinzip eines Schaltreglers besteht nun darin, dass durch „intelligentes“ Schalten zwischen den Phasen der Energiezufuhr und Energieabgabe umgeschaltet wird, um so eine Spannungstransformation zu

erreichen. Die meistverwendete Art ist der klassische Schaltregler mit Drossel.

Für einen solchen Schaltwandler benötigt man in der Minimalkonfiguration drei Bauelemente: Schalter, Speicherdrossel und Freilaufdiode. Eine reale Schaltung kommt allerdings nicht ohne einige „Zugaben“, beispielsweise in Form von Glättungskondensatoren, aus. Prinzipiell gibt es dann auch hier 3 Arten von Anordnungen dieser Bauteile. Abbildung 1 zeigt diese Varianten: den Tiefsetzsteller (Abwärtswandler, engl.: step-down oder buck converter), den Hochsetzsteller (Aufwärtswandler, engl.: step-up oder boost converter) und den Inverter (inverter).

Beim Tiefsetzsteller ist die Ausgangsspannung kleiner als die Eingangsspannung. Dieses Prinzip wird z. B. in den meisten Schaltnetzteilen angewandt. Hier wird im Prinzip z. B. die Netzspannung gleichgerichtet und dann via Tiefsetzsteller in eine kleinere Spannung gewandelt. Praktisches Beispiel wäre das Netzteil eines PCs oder Fernsehgerätes. Beim Hoch-

setzsteller ist, wie der Name schon vermuten lässt, die Ausgangsspannung höher als die Eingangsspannung. Hier wird die Eingangsspannung hochtransformiert, wobei kein Transformator im üblichen Sinne erforderlich ist. Das Funktionsprinzip arbeitet mit einer „normalen“ einfachen Speicherdrossel. Der als Inverter geschaltete Schaltregler sorgt für eine Invertierung der Polarität der Eingangsspannung. Im Folgenden soll nur der in der MLL 10 verwendete Hochsetzsteller betrachtet werden.

Bei geschlossenem Schalter liegt die volle Eingangsspannung an der Spule an. Der Spulenstrom steigt nach dem Einschalten langsam an. Mit dem Ausschalten des Schalters wird in der Spule eine hohe Induktionsspannung erzeugt, die dafür sorgt, dass der Spulenstrom weiterfließt. Da der Schalter geöffnet ist, findet der Strom seinen Weg über die Freilaufdiode, die angeschlossene Last und die speisende Spannungsquelle – der Stromkreis ist geschlossen. Die dabei entstehende Spannung ergibt sich aus der Addition der Eingangs-

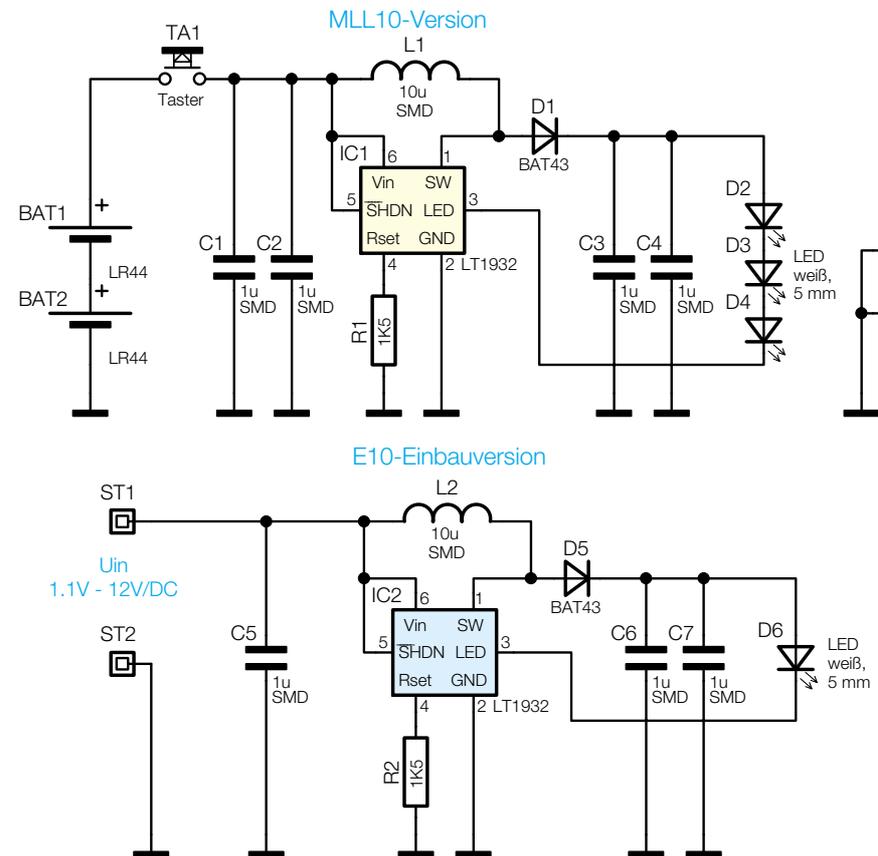


Bild 2: Schaltbild der Mini-LED-Lampe

spannung und der Induktionsspannung und ist somit höher als die Eingangsspannung.

Schaltung

Die Schaltung zur Mini-LED-Lampe ist in Abbildung 2 dargestellt. Da sich die beiden Versionen (Gehäuseversion und E-10-Version) von der Schaltungstechnik leicht unterscheiden, gibt es auch zwei separate Schaltbilder. In der Abbildung ist oben die Schaltung zur Gehäuseversion (MLL 10) zu sehen, während der untere Teil die E-10-Einbauversion zeigt. Das Prinzip beider Versionen ist gleich, der Unterschied liegt allein in der Spannungsversorgung und der Anzahl der LEDs. Die Schaltungsbeschreibung erfolgt anhand der oben abgebildeten Gehäuseversion.

Das Kernstück der Schaltung ist das als DC/DC-Wandler arbeitende IC vom Typ LT 1932. Die genauen technischen Daten sind in dem separaten Textblock am Ende des Artikels zusammengefasst. Im Prinzip handelt es sich hierbei um einen klassischen Step-up-Wandler mit der Erweiterung einer Konstantstromquelle.

Die Eingangsspannung, die hier von den beiden Batterien geliefert wird, gelangt über den betätigten Taster an die Schaltung. Die beiden Eingangskondensatoren C 1 und C 2 sorgen für einen hochfrequenten Bypass am Eingang des ICs. Das IC erhält über den Pin 6 seine Spannungsversorgung. Der Shut-down-Mode, der den Schaltregler in einen Aus-Zustand mit Stromsparmodus versetzt, ist durch das Beschalten des „/SHDN“-Pins mit Betriebsspannung nicht aktiv. Weiterhin gelangt die Betriebsspannung direkt auf die Speicherdrossel L 1. Diese Seite der Drossel wird auch als „kalter Anschluss“ bezeichnet, da die Spannung hier konstant ist. Der andere, „heiße“ Anschluss der Speicherdrossel geht auf den Pin 1 des ICs. Hier ist IC-intern für einen Schaltregler namensgebende Schalttransistor angebunden. Aufgrund der hohen Schaltfrequenz von ca. 1,2 MHz kann die Speicherdrossel relativ klein bleiben. Allerdings stellt die hohe Schaltfrequenz besondere Anforderungen an die Güte der Drossel und der Ausgangskondensatoren sowie an das Platinenlayout. Das Funktionsprinzip wurde im Abschnitt Schaltungsprinzip ja schon erklärt.

Bild 3: Simulation der Schaltreglerschaltung

Der Schalter ist durch den von Pin 1 nach Masse liegenden Schalttransistor realisiert. IC-intern läuft mit Anlegen der Betriebsspannung ein 1,2-MHz-Oszillator an. Dieser schaltet mit jeder Oszillatorschwingung den Transistor ein. Der Ausschaltzeitpunkt innerhalb der Schwingung wird über eine IC-interne Regelung erzeugt und ist von der Ausgangsleistung, d. h. der erzeugten Spannung und dem aufzubringenden Strom abhängig. Das Abschalten des Schalttransistors sorgt für eine schlagartige Unterbrechung des Stromes in Pin 1 hinein. Eine solche abrupte Stromänderung ruft eine Induktionsspannung an der Spule hervor. Mathematisch gilt hier das Induktionsgesetz:

$$U_{Ind} = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

Die Induktionsspannung ist dabei so gerichtet, dass sie dafür sorgt, dass der Drosselstrom in gleicher Richtung weiterfließt, d. h. sie ist vom heißen zum kalten Anschluss hin gerichtet und addiert sich so zur Eingangsspannung (Batteriespannung) hinzu. Überschreitet die Spannung die durch die Diode D 1 und die LEDs (D 2 bis D 4) gegebene Schwellenspannung, fließt ein Laststrom durch die LEDs in den Pin 3 des LT 1932 hinein. Die beiden Ausgangskondensatoren C 3 und C 4 werden während dieser Wandlungsphase aufgeladen. Sie müssen während der folgenden Leitphase des Schalttransistors die Versorgung des Lastkreises übernehmen.

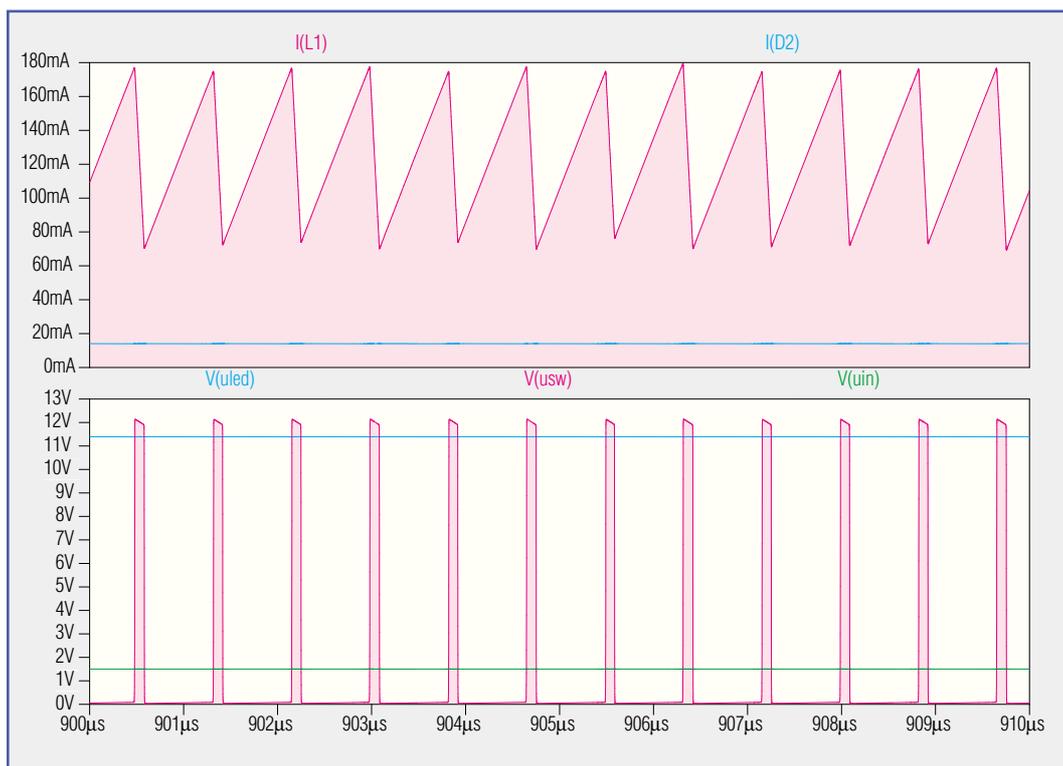
Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse einer Simulation. Hier sind im oberen Teil die Ströme in der Drossel („I(L1)“) und der

LED-Strom („I(D2)“) dargestellt. Im unteren Teil des Bildes sind die Eingangsspannung („V(uin)“), die Spannung am Schalttransistor („V(usw)“) und die Spannung an der LED („V(uled)“) dargestellt. Schön zu erkennen ist dabei der rampenförmig ansteigende Strom in der Speicherdrossel während der Leitphase des Schalttransistors und die hohe Induktionsspannung während der Sperrphase in Verbindung mit dem weiterhin fließenden, jedoch rampenförmig abfallenden Strom in der Drossel.

An Pin 3 des ICs befindet sich dann die bereits erwähnte Stromregelung. Um eine konstante Helligkeit gewährleisten zu können, wird der LED-Strom hierüber auf einen hardwaremäßig vorgegebenen Wert stabilisiert. Dazu ist IC-intern ein weiterer Schalttransistor implementiert, der für die Stromregelung sorgt. Die hardwaremäßige Programmierung des LED-Stromes geschieht über den Widerstand R 1. Das IC regelt den LED-Strom so aus, dass am Anschluss „Rset“ eine Spannung von 100 mV ansteht. Der dabei bei gegebenem Widerstand benötigte Strom ergibt, mit dem Faktor 225 multipliziert, den LED-Strom. Somit gilt folgende Gleichung:

$$R_{Set} = 225 \cdot \frac{0,1V}{I_{LED}}$$

Der hier eingesetzte Wert von 1,5 kΩ begrenzt den LED-Strom auf ca. 15 mA. Dieser Wert hat sich als guter Kompromiss zwischen Stromaufnahme der Schaltung und der resultierenden Leuchtdichte herausgestellt.





Achtung!

- Der Einbau in Fahrradlampen, die im Bereich der StVZO (öffentlicher Verkehr) benutzt werden, ist nicht erlaubt.
- Verbrauchte Batterien gehören nicht in den Hausmüll, sondern müssen in den örtlichen Batteriesammelstellen abgegeben werden.

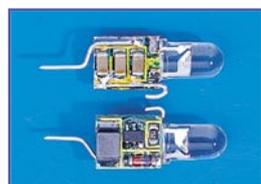
Der integrierte DC/DC-Wandler LT 1932 besitzt noch die Besonderheit, dass er auch in der Lage ist, die Regelung des Stromes zu übernehmen, wenn die Eingangsspannung größer ist, als die Ausgangsspannung. In diesem Fall arbeitet der Step-up-Wandler nicht. Die Stromregelung erfolgt dann über den von Pin 3 nach Masse angeordneten Transistor. Dieser geht dann in den Linearbetrieb über und regelt als konventionelle Konstantstromquelle den LED-Strom.

Weitere detaillierte Informationen zum integrierten DC/DC-Wandler sind der Bauteilbeschreibung zu entnehmen oder können im Internet beim Hersteller „Linear Technology“ unter <http://www.linear.com> eingesehen werden. Damit ist die Schaltungsbeschreibung zur Mini-LED-Lampe abgeschlossen und es folgen die Informationen zum Nachbau.

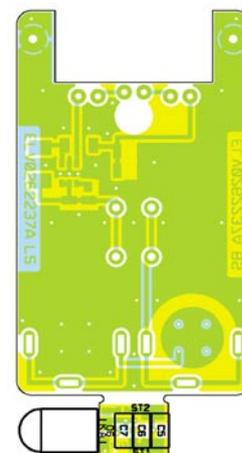
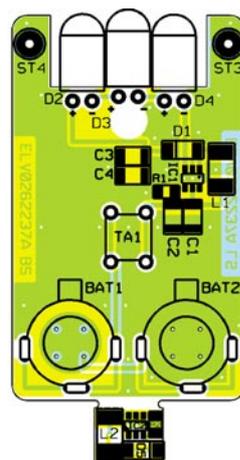
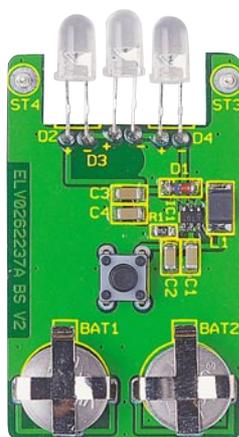
Nachbau

Mit dem gelieferten Bausatz lässt sich entweder die Mini-LED-Lampe im Schlüsselanhänger-Gehäuse mit der Bezeichnung MLL 10 oder die miniaturisierte Einbauversion für eine E-10-Lampenfassung (E-10-Version) aufbauen. Umfang des Bausatzes sind zwar beide (!) Platinenversionen, die elektronischen Komponenten sind aber nur einmal vorhanden. Wer beide Versionen aufbauen möchte, kann ganz einfach die fehlenden Bauteile separat nachordern und dann auch die zweite Version fertig stellen.

Vor Beginn des Nachbaus müssen die beiden Platinen voneinander getrennt werden. Aus Gründen der einfacheren Herstellung befindet sich die kleine Platine der E-10-Einbauversion an einer Stirnseite der großen Platine. Eine Perforation dient dabei als Sollbruchstelle. Nach dem Trennen der Platinen durch einfaches Abbrechen müssen diese an der Bruchstelle nur noch mit einer kleinen Feile gerade geschliffen wer-



Ansicht der fertig bestückten Miniplatine von der Löt- und der Bestückungsseite



Ansicht der fertig bestückten Platine der MLL 10 mit zugehörigem Bestückungsplan, der zusätzlich auch die Bestückung der Miniplatine von der Bestückungs- und der Lötseite enthält

den. Die folgende Nachbaubeschreibung gliedert sich, getrennt nach Version, in zwei Teilabschnitte.

Mini-LED-Lampe MLL 10

Die 51 mm x 30,5 mm messende Platine dient als Träger für die MLL-10-Gehäuseversion. Alle Bauelemente finden auf der Bestückungsseite Platz. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand des Bestückungsdruckes und der Stückliste, wobei auch das dargestellte Platinenfoto hilfreiche Zusatzinformationen liefern kann.

Der Nachbau der zum größten Teil in SMD-Technik aufgebauten Schaltung ist mit der Bestückung der SMD-Kondensatoren, der SMD-Speicherdrossel und des SMD-Widerstandes zu beginnen. Im nächsten Schritt erfolgt die Bestückung der Diode D 1, wobei hier auf die richtige Polarität geachtet werden muss. Als Orientierungshilfe dient der Katodenring des Bauteils, der mit der entsprechenden Markierung im Bestückungsdruck übereinstimmen muss. Anschließend kann das IC unter Beachtung der richtigen Einbaulage eingelötet werden. Die Punktmarkierung auf dem IC kennzeichnet den Pin 1, dieser ist auch im Bestückungsdruck entsprechend markiert.

Sind diese elektronischen Teile montiert, so müssen nacheinander die Batteriehalter, die Lötstifte und der Taster eingesetzt werden. Vor dem Verlöten ist bei diesen Bauteilen unbedingt darauf zu achten, dass sie direkt auf der Platine aufliegen, d. h. so tief wie möglich eingesetzt sind.

Zum Abschluss der Bestückungsarbeiten sind die LEDs einzubauen. Hier besteht die Möglichkeit, nur eine LED einzusetzen oder aber zwei oder drei LEDs zu bestücken. Die Anzahl der LEDs hat natürlich Auswirkung auf die Helligkeit und die Batterielebensdauer. Mit einer LED ist die

Batterielebensdauer am längsten, die Helligkeit reicht dabei zum Auffinden eines Schlüsseloches aus kurzer Entfernung aus. Mit der Maximalbestückung von drei LEDs ist die Lebensdauer mit ca. 1 Stunde kürzer, die Helligkeit ist damit aber auch so hoch, dass die Mini-Taschenlampe z. B. auch zum Ausleuchten eines Fußweges genutzt werden kann.

Zur Vorbereitung sind die Anschlussbeine der LEDs in einem Abstand von 7 mm zur Gehäuseunterseite um 90° abzuwinkeln. Hierbei ist aber schon die korrekte Polarität zu beachten: Wenn sich die Anode der LED von hinten betrachtet links

Stückliste:
Mini-LED-Lampe MLL10

Widerstände:
1,5 kΩ/SMD R1 (R2)

Kondensatoren:
1µF/SMD C1-C4 (C5-C7)

Halbleiter:
LT1932/SMD IC1 (IC2)
BAT43/SMD D1 (D5)
LED, 5 mm, weiß D2-D4 (D6)

Sonstiges:
10µH/SMD L1 (L2)
Mini-Drucktaster, 1 x ein,
1 mm Tastknopflänge TA1
Batteriehalter
für LR44 BAT1, BAT2
Lötstift, 1 mm ST3, ST4
1 IR-Handsendergehäuse, bedruckt
1 Kunststoffeinsatz, bearbeitet, rot
1 Schlüsselring mit Kette
1 Klammer für Schlüsselkette
2 Knopfzellen LR44
1 Senkkopfschraube, M2 x 5 mm,
schwarz
1 Typenschild-Aufkleber MLL10
4 cm Schaltdraht, blank, versilbert



Bild 4: Miniaturplatine mit einer LED in E-10-Fassung

befindet, sind die Anschlussbeine nach unten abzuwinkeln.

Anschließend können diese, je nach Ausbaustufe, in die mit D 2 bis D 4 bezeichneten Positionen eingesetzt werden, wobei die richtige Polung ja durch die korrekte Vorbereitung sichergestellt ist. Soll nur eine LED eingebaut werden, ist sinnvollerweise nur die mittlere Einbauposition D 3 zu verwenden. Die Bohrungen der beiden anderen Dioden D 2 und D 4 sind dann mit einem Silberdrahtbügel zu überbrücken. Beim Einbau von 2 LEDs sind die beiden äußeren Positionen zu besetzen, d. h. die Kontakte für D 2 sind entsprechend zu überbrücken. Abschließend müssen noch die beiden Batterien mit dem Pluspol nach oben (siehe Batterieprägung) in die Batteriehalter eingeschoben werden.

Damit ist der Nachbau abgeschlossen und nach einer Überprüfung des korrekten Aufbaus kann der Einbau ins Gehäuse erfolgen. Dazu wird die Platine so in die Unterhalbschale gelegt, dass sich die LEDs in der vorderen Gehäuseausparung befinden. Auf eine Filterscheibe etc. wurde bewusst verzichtet, da die LEDs extrem robust sind und eine Filterscheibe, auch wenn sie transparent ist, immer eine gewisse Dämpfung, d. h. Schwächung des Lichts, mit sich bringt.

Vor dem Aufsetzen des Deckels ist in diesem noch die Abdeckscheibe einzukleben, und der Tasterstößel ist zu kürzen. Beim Kürzen des Stößels sollte man sehr vorsichtig vorgehen, da sich hierüber die aufzubringende Kraft zum Einschalten der Lampe ergibt. Bei einem zu kurzen Stößel muss sehr viel Kraft zur Tasterbetätigung aufgebracht werden, während ein zu langer Stößel ggf. ein selbsttätiges Einschalten in der Tasche zur Folge haben kann. Eine verbleibende Länge von 1,8 mm bietet im Allgemeinen ein angenehmes Betätigungsgefühl. Um ganz sicher zu gehen, kann man zunächst auf eine verbleibende Länge von 2 mm kürzen und sich anschließend durch sukzessives Abschneiden bzw. Abfeilen an den optimalen persönlichen



Bild 5: Vergleich: handelsübliche E-10-Glühlampe vs. Miniatur-Platine in E-10-Fassung eingebaut.

Einschaltpunktherantasten. Ist der optimale Tastpunkt gefunden, wird der Deckel mit der Senkkopfschraube fixiert. Damit ist der Nachbau der Mini-LED-Lampe MLL 10 abgeschlossen.

E-10-Einbauversion

Soll die Schaltung der Mini-LED-Lampe als Nachrüstung für konventionelle Taschenlampen dienen, ist die Miniaturversion aufzubauen. Da die Platine nur 9 mm x 7,5 mm messen darf, um in eine handelsübliche E-10-Fassung zu passen, sind die SMD-Bauteile sowohl auf der Bestückungsseite als auch auf der Lötseite angeordnet. Außerdem sind die Bauteile aufgrund der beengten Platzverhältnisse sehr dicht angeordnet, so dass bei der Bestückung sehr sorgsam vorzugehen ist. Zum Nachbau gelten der zur Platine zugehörige Bestückungsdruck und die in Klammern gesetzten Referenzbezeichnungen der Stückliste. Neben dem Foto der fertig bestückten Platine sind die beiden Bilder (Abbildung 4 und 5) der in eine E-10-Fassung eingebauten Schaltung als Nachbauhilfe heranzuziehen.

Auf der Lötseite sind zunächst die 3 Kondensatoren einzulöten. Anschließend sind die übrigen SMD-Bauteile auf der Bestückungsseite zu montieren. Bei der Bestückung der Diode und des ICs ist, in gleicher Weise wie oben beschrieben, die korrekte Einbaulage sicherzustellen. Die Anschlussbeine der LED müssen auf eine verbleibende Länge von 2 mm gekürzt und unter Beachtung der Polung auf die dafür vorgesehenen Pads gelötet werden. Aus Platzgründen gibt es hier keine Bohrungen für die Anschlussbeine.

Wer handwerklich geschickt ist, kann auch die 3 LEDs über eine „fliegende Verdrahtung“ zusammenlöten und dann an die Platine der E-10-Einbau-Version anlöten. Bei geschickter Anordnung passt diese Konstruktion dann auch so noch in viele Miniatur-Taschenlampen etc. Vor allem unter Berücksichtigung der Tatsache, dass bei einem Austausch einer konventionellen Glühlampe gegen LEDs der Reflektor nicht mehr benötigt wird und daher entfernt werden kann, dürfte ein Einbau spätestens dann möglich sein.

Linear Technology LT 1932 Konstantstrom DC/DC-Wandler für LED-Anwendungen

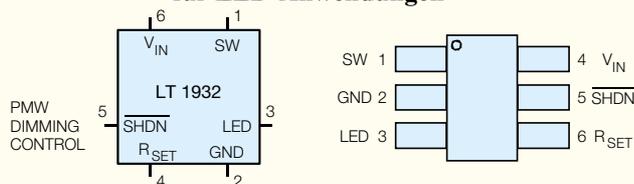


Bild 6: Detailliertes Symbol LT 1932

Der DC/DC-Wandler vom Typ LT 1932 ist eine Konstantstromquelle mit hohem Wirkungsgrad für den Betrieb von weißen LEDs an Batteriespannungen bis hinunter zu 1 V.

Das IC besitzt folgende wesentlichen Features:

- Hohe Schaltfrequenz von 1,2 MHz – benötigt so nur eine kleine Speicherdrossel und eine kleine Kapazität am Ausgang.
- Hoher Wirkungsgrad von bis zu 80 %.
- Einfache hardwaremäßige Programmierung des LED-Stromes im Bereich von 5 mA bis 40 mA.
- LED-Strom Regelung auch bei $U_{IN} > U_{Out}$.
- Möglichkeit des Dimmens über eine zugeführte DC-Spannung, über ein digitales Signal oder mit Hilfe eines PWM-Signales.
- Möglichkeit des Shut-down-Betriebes mit einer Stromaufnahme von $< 1 \mu A$.
- Kleine äußere Abmessungen im SOT 23-6 Gehäuse.

Im letzten Schritt sind die Anschlussdrähte der Schaltung anzufertigen. Dazu müssen zunächst zwei ca. 15 mm lange Silberdrahtstücke zugeschnitten und dann wie folgt auf die beiden dafür vorgesehenen Anschlussflächen links und rechts der Kondensatoren auf der Lötseite gelötet werden:

Der Anschluss für die positive Betriebsspannung ST 1 wird so aufgelötet, dass das Silberdrahtstück nach unten über die Platine übersteht, während der Anschluss für den Minuspol ST 2 nach oben überstehen muss. Damit ist der Aufbau der Platine abgeschlossen. Nach einer sorgfältigen Überprüfung hinsichtlich Bestückungsfehler und Lötzinnbrücken kann der Einbau in eine E-10-Fassung erfolgen:

Das untere Drahtende wird beim Einsetzen der Platine in die Fassung durch die Bohrung im Fuß der Fassung gesteckt und dort verlötet. Das oben herausragende Drahtende muss direkt an der Oberkante der Fassung um dessen Rand gebogen und dort angelötet werden. Damit ist das Ersatzleuchtmittel für eine Taschenlampe etc. fertig. Vor dem Einsetzen der so modifizierten Lampe ist unbedingt die richtige Polung der über die Fassung zugeführten Batteriespannung zu gewährleisten.

Damit sind sowohl der Nachbau der Mini-LED-Lampe im Schlüsselanhänger-Gehäuse MLL 10 als auch der Auf- und Einbau der E-10-Version detailliert erläutert.

Eine gesonderte Inbetriebnahme ist nicht erforderlich und somit ist ein Einsatz der Schaltung sofort nach dem Aufbau möglich.