



Dimmer für High-Power-LEDs

So genannte High-Power-LEDs erzeugen gegenüber „normalen“ LEDs ein vielfach helleres Licht. Dies eröffnet dieser LED-Bauart schon Anwendungen, die bisher von Glüh- oder Halogenlampen besetzt waren. Allerdings ist es hier nicht mit einem Vorwiderstand zur Strombegrenzung getan, da die Verlustleistungen bereits weit in den Watt-Bereich reichen, außerdem sind die von den Herstellern angegebenen Maximalströme genau einzuhalten. Der hier vorgestellte Dimmer stellt eine exakt geregelte Spannungsversorgung zur Verfügung und ermöglicht über eine PWM-Schaltung die stufenlose Einstellung der Helligkeit. Über Jumper sind verschiedene Ausgangsströme einfach und fest vorwählbar.

Luxeon und Co.

Die wohl bekanntesten Vertreter der High-Power-LEDs sind die Luxeon-LEDs des amerikanischen Herstellers Lumileds™. In Abbildung 1 sind beispielhaft für diese LED-Klasse verschiedene High-Power-LEDs dargestellt. Mittlerweile gibt es auch von anderen Herstellern den Luxeon-LEDs ähnliche High-Power-LEDs, die unter den

verschiedensten Markenbezeichnungen angeboten werden. Eines haben alle gemeinsam: Sie erzeugen gegenüber einer herkömmlichen LED ein sehr viel helleres Licht. Natürlich liegt die Stromaufnahme solcher LEDs nicht mehr im Bereich von wenigen mA, sie kann bis zu 1 A betragen. Um die Lebensdauer dieser (immerhin noch recht teuren) LEDs nicht unnötig zu verkürzen, ist es angebracht, dafür zu sorgen, dass der vom Hersteller angegebene

Maximalstrom keinesfalls überschritten wird. Ein „normaler“ Vorwiderstand reicht hierfür nicht mehr aus, da die Verlustleistung am Widerstand viel zu hoch wäre. Aus diesem Grund kommt man um einen Schaltregler für die Spannungsversorgung, wie er in unserer Schaltung zur Anwendung kommt, nicht herum. Zudem lässt sich in der hier vorgestellten Schaltung der maximale Ausgangsstrom bequem über einen Jumper einstellen.

Die Helligkeit der LED(s) wird mittels eines Pulsweiten-Modulators (PWM) eingestellt, der eine lineare Helligkeitseinstellung erlaubt.

Grundsätzlich sind in unserer Dimmerschaltung zwei Dinge auseinander zu halten: Der Schaltregler ist für die Stromregelung bzw. die Strombegrenzung des Ausgangstroms zuständig. Der Pulsweiten-Modulator wiederum steuert den Schaltregler (Step-down-Wandler) im Takt von 150 Hz an, wodurch letztlich die Helligkeit einstellbar ist.

Technische Daten: DHPL 1	
Spannungsversorgung:	8–24 V _{DC}
Stromaufnahme (Leerlauf) bei 12 V:	6 mA
Ausgangsstrom (mit Jumper wählbar):	150/250/350/500/750 mA/±5 %
Anzahl der LEDs:	1 bis 7, abhängig vom Typ und der Versorgungsspannung
Helligkeitssteuerung:	0 bis 100 % (PWM) über internes, externes Poti oder Steuerspannung (0–10 V)
Abmessungen (Platine):	72 x 47 mm

Schaltung

Die komplette Schaltung des Dimmers ist in Abbildung 2 zu sehen. Um die angeschlossene(n) LED(s) nicht zu überlasten, ist, wie eingangs diskutiert, eine Stromregelung zwingend erforderlich. Damit der Ausgangsstrom konstant bleibt, werden Soll- und Istwert miteinander verglichen und der Ausgangsstrom dementsprechend nachgeregelt. Diese Aufgabe übernimmt der Step-down-Wandler IC4 vom Typ LM2675, dessen Blockschaltbild in Abbildung 3 zu sehen ist. Durch diesen Schaltregler wird nicht nur der Ausgangsstrom konstant gehalten, sondern aufgrund seiner Arbeitsweise auch die Verlustleistung minimiert.

Der Ist-Wert wird durch Messung des LED-Stroms mit einem Shunt-Widerstand (R20/R21) ermittelt. Der Spannungsabfall über diese parallel geschalteten Widerstände ist proportional zum LED-Strom. Dieser Ist-Wert wird normalerweise dem Schaltregler an Pin 4 (FB = Feedback) zugeführt und mit der internen Referenzspannung von 1,21 V (Soll-Wert) verglichen. Da wir den Ausgangsstrom jedoch einstellbar haben wollen, ist ein Verstärker (IC 3) zwischengeschaltet, dessen Verstärkungsfaktor mittels Jumper einstellbar ist. Mit dem Jumper JP 2 sind verschiedene Ausgangsströme im Bereich von 150 bis 700 mA wählbar. Der Verstärkungsfaktor von IC 3 errechnet sich z. B. für einen Ausgangsstrom von 700 mA wie folgt:

$$V = \frac{U_{\text{Ref}}}{U_{R20/R21}} = \frac{U_{\text{Ref}}}{R_{20} \parallel R_{21} \cdot I_{\text{LED}}} = \frac{1,21\text{V}}{0,5\Omega \cdot 0,7\text{A}} = 3,46$$



Bild 1: Verschiedene High-Power-LEDs

Der Verstärkungsfaktor der OP-Stufe wird mit den Widerständen R 18, R 19 und den mit Jumper JP 2 ausgewählten Widerständen R 13 bis R 17 vorgegeben.

Um die Helligkeit der LED verändern zu können, wird der Ausgangsstrom gepulst und das Puls-Pausen-Verhältnis verändert (Pulsweiten-Modulation, PWM). Die Helligkeit einer LED kann natürlich auch über den Strom verändert werden, jedoch besteht kein lineares Verhältnis zwischen LED-Strom und Helligkeit. Hier ist eine Pulsweiten-Modulation besser geeignet.

Wesentlicher Bestandteil des Pulsweiten-Modulators ist der Sägezahn-Oszillator, der mit den beiden OPs IC 1 A und IC 1 B und entsprechender Peripherieschaltung aufgebaut ist. Der Transistor T 1 und der Widerstand R 1 bilden eine einfache Stromquelle, die einen konstanten Ladestrom in den Kondensator C 1 schickt. Durch den konstanten Ladestrom steigt die Spannung am Kondensator C 1 linear an. Der Komparator IC 1 A vergleicht die Spannung am Kondensator C 1 mit der durch die Spannungsteiler R 2 und R 3 vorgegebenen Spannung von 2,5 V (Schwelle) an

Pin 3 (IC 1 A). Ist die Spannung an C 1 höher als 2,5 V, schaltet der Ausgang (Pin 1) des Komparators auf Low-Pegel. Hierzu muss gesagt werden, dass dieser Ausgang ein Open-Collector-Ausgang ist und somit nur nach Masse schalten kann. Sobald also der Komparator-Ausgang nach Masse schaltet, wird der Widerstand R 4 parallel zu R 3 geschaltet. Die Schaltschwelle des Komparators IC 1 A ändert sich hierdurch auf etwa 0,4 V. Das Ausgangssignal (Pin 1) vom ersten Komparator gelangt auf den nachgeschalteten zweiten Komparator IC 1 B. Bei diesem Komparator liegt die Schaltschwelle bei ca. 2 V, sie wird von R 5 und R 6 bestimmt. Der Ausgang dieses Komparators wechselt praktisch zeitgleich mit IC 1 A auf „low“ (Masse). Der Kondensator C 1 wird dann schlagartig über den internen Transistor (Open Collector) an Pin 7 entladen. Die beiden Komparatoren wechseln nun wieder in den am Anfang beschriebenen Zustand zurück, wodurch der Ladevorgang von C 1 erneut beginnt.

An Pin 7 von IC 1 B steht damit eine Sägezahnspannung mit einer Frequenz von ca. 150 Hz an, die auf den Komparator IC 2 B

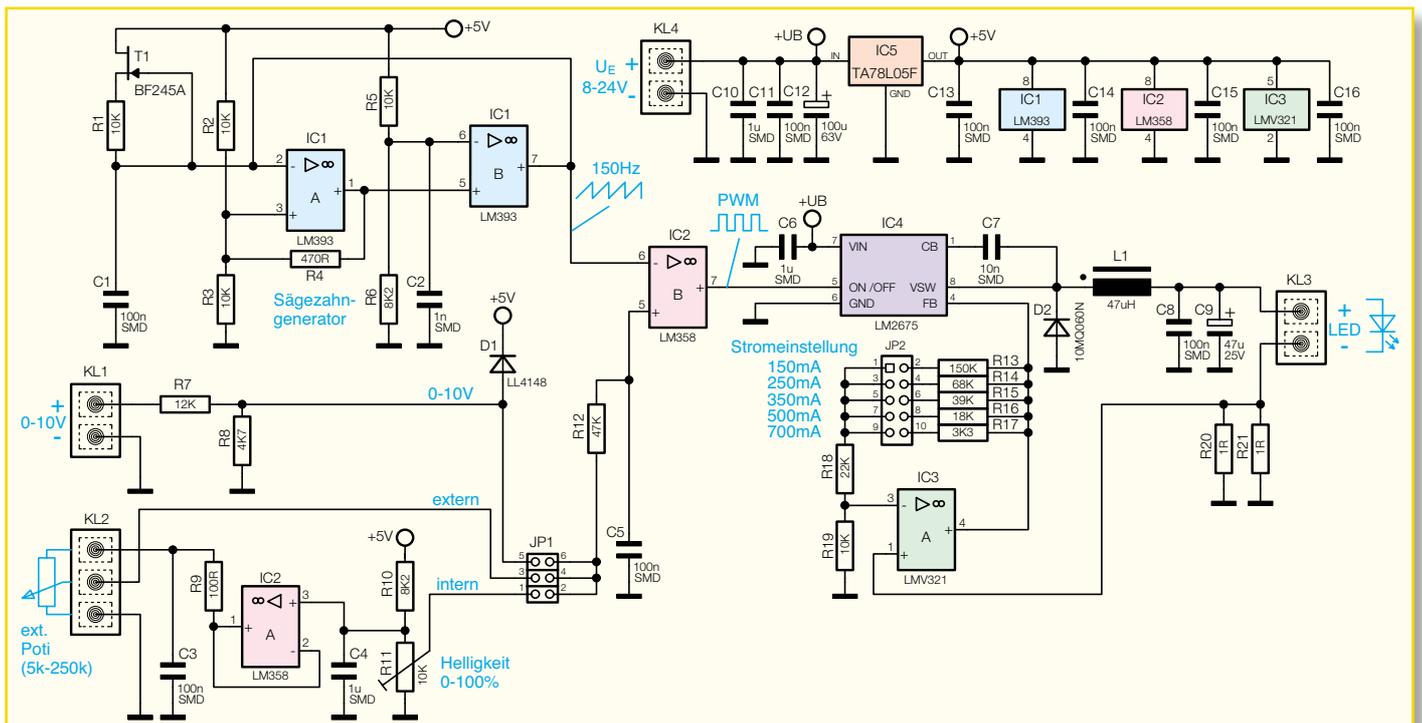


Bild 2: Schaltbild des Dimmers für High-Power-LEDs

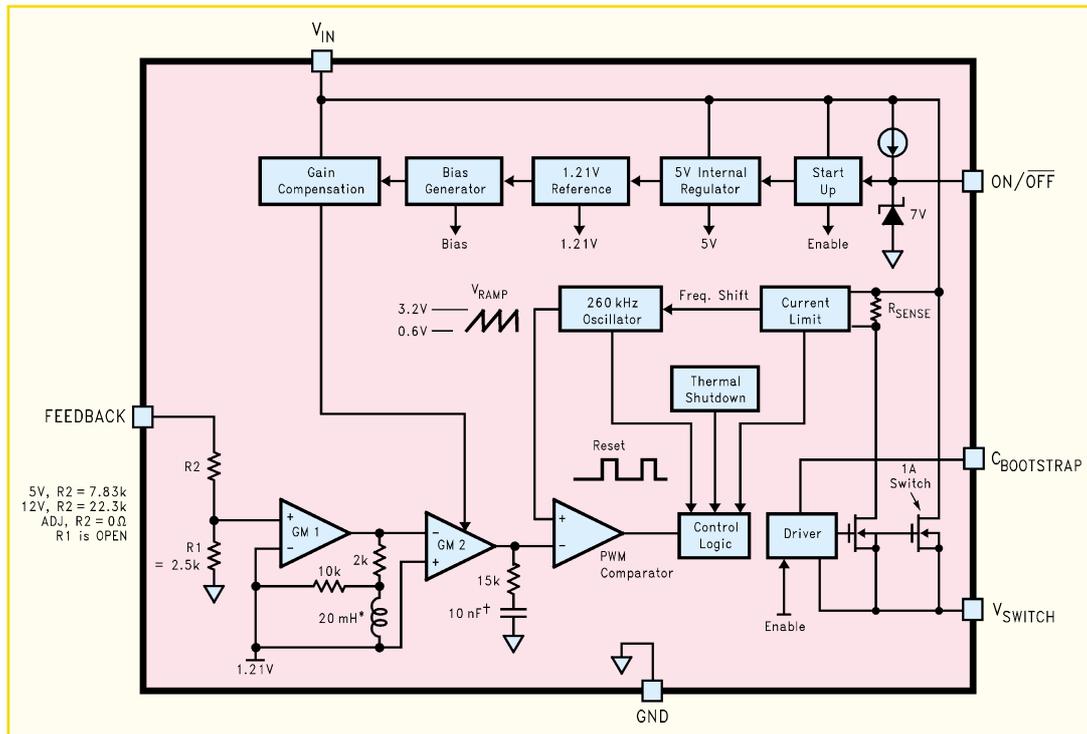


Bild 3:
Blockschaltbild des
Step-down-Wandlers

geführt wird. Je nach Stellung des Jumpers JP 1 kann nun mittels des Trimmers R 11, einer extern zugeführten Steuerspannung an KL 1 (0 bis 10 V) oder eines externen Potentiometers die Spannung am Plus-Eingang, Pin 5 des Komparators IC 2 B, verändert werden. Hierdurch verändert sich, bedingt durch die Sägezahnspannung an Pin 6, das Puls-Pausen-Verhältnis am Ausgang Pin 7 (IC 2). Mit diesem PWM-Signal wird der Schaltregler IC 4 an Pin 5 (ON/OFF) getaktet, wodurch auch die angeschlossene LED im gleichen Rhythmus ein- bzw. ausgeschaltet wird.

Der als Spannungsfolger geschaltete OP IC 2 A erzeugt eine gepufferte Spannung für das externe Potentiometer, welches über die Anschlussklemme KL 2 angeschlossen wird.

Die Betriebsspannung der Schaltung kann im Bereich von 8 bis 24 V liegen, sie wird an den Anschlussklemmen KL 4 zugeführt. Mit dem Spannungsregler IC 5 wird eine stabile Betriebsspannung von 5 V für die Schaltung erzeugt.

Nachbau

Die Platine wird bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert, so dass nur die bedrahteten Bauteile bestückt werden müssen und der mitunter mühsame Umgang mit den kleinen SMD-Bauteilen somit entfällt. Hier ist lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans. Die

Bauteilanschlüsse werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt. Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der Platinenunterseite (Lötseite) werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle dabei zu beschädigen. Eine gute Hilfestellung zur Bestückung gibt auch das Platinenfoto.

Beim Einsetzen der beiden Elkos sowie des Transistors T 1 ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten. Die Elkos sind dabei in der Regel am Minus-Anschluss gekennzeichnet. Die Einbaulage des Transistors ergibt sich aus dem Bestückungsaufdruck. Die beiden Elkos C 9 und C 12 sind liegend zu montieren.

Als Nächstes werden die Klemmleisten und das Potentiometer R 11 bestückt und verlötet. Für den optionalen Gehäuseeinbau steht ein unbearbeitetes Gehäuse zur Verfügung, in das noch die Bohrungen für die Kabelzuleitungen eingebracht werden müssen.

Inbetriebnahme

Nach Fertigstellung der Schaltung ist ein Funktionstest ohne angeschlossene LED(s) durchzuführen. Hierzu werden ein Multimeter und ein Widerstand von ca. 3 Ω



Sicherheitshinweis!

Durch das sehr helle Licht der genannten High-Power-LEDs kann es zu bleibenden Augenschäden kommen. Schauen Sie deshalb niemals aus kurzer Distanz in die LED! Lesen Sie auch die Sicherheitshinweise des Herstellers.

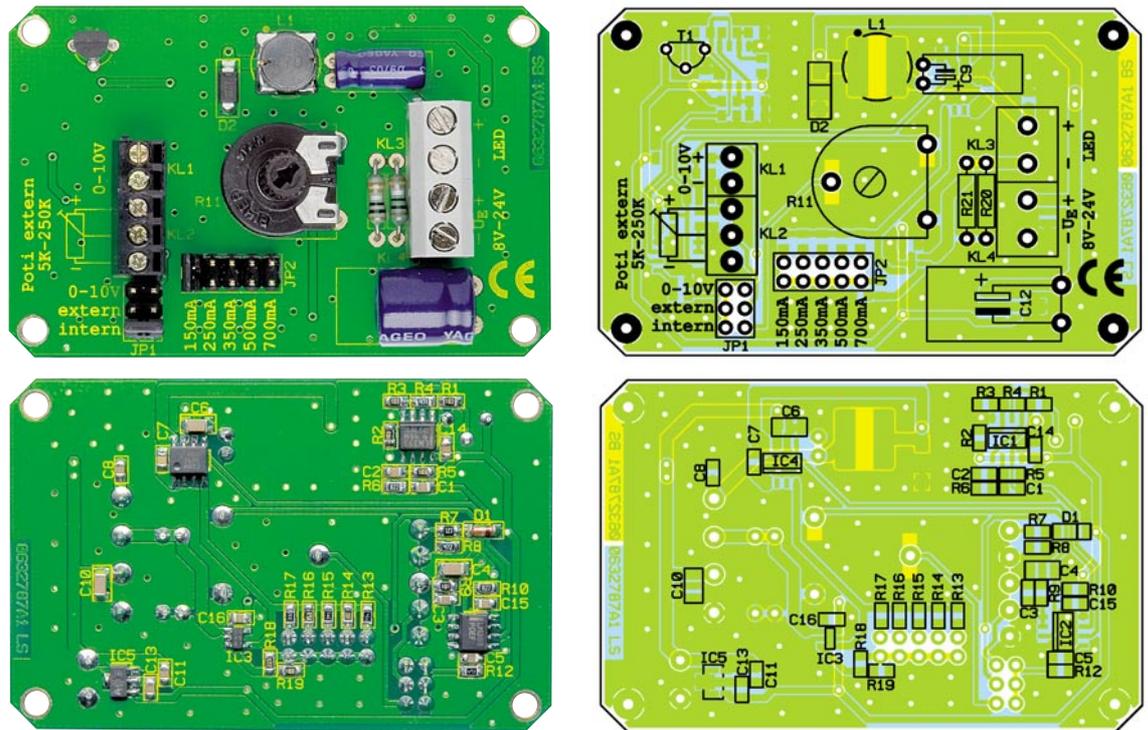
bis 10 Ω (>1 Watt) benötigt, die in Reihe geschaltet an den Ausgang der Schaltung angeschlossen werden.

Das Multimeter stellt man auf einen DC-Strommessbereich von 1 bis 2 A ein. Mit dem Jumper JP 2 wird ein LED-Strom von 350 mA ausgewählt und der Jumper JP 1 auf „Intern“ gesetzt. Beim Rechtsanschlag von Trimmer R 11 sollte das Strommessgerät einen Strom von 350 mA \pm 5 % anzeigen. In dieser Weise kann man auch alle anderen Strombereiche testen.

Wählen Sie niemals einen höheren Strom als den vom Hersteller angegebenen max. Strom (siehe Tabelle 1) für die jeweilige LED aus, da dies zur Zerstörung der LED führen kann. Es ist auch nicht zwingend erforderlich, dass z. B. eine 1-Watt-Luxeon mit 350 mA betrieben wird. Auch schon bei 150 mA geben diese LEDs ein sehr helles Licht ab und die LED dankt dies dazu mit einer längeren Lebensdauer.

Tabelle 1		
Typ:	Flussspannung U_F max.	max. LED-Strom I_F
Luxeon I (1 Watt) Weiß, Grün, Blau	3,42 V	350 mA
Luxeon I (1 Watt) Rot, Amber	2,85 V	350 mA
Luxeon III (3 Watt) alle Farben	3,70 V	700 mA
Luxeon V (5 Watt) alle Farben	6,84 V	700 mA

Ansicht der fertig bestückten Platine des Dimmers mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite



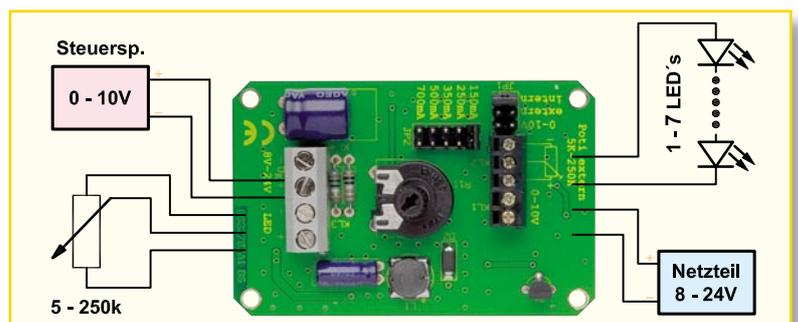
Wie schon erwähnt, können mehrere LEDs angeschlossen werden. Diese werden, wie in Abbildung 4 dargestellt, in Reihe geschaltet. Die maximale Anzahl der anzuschließenden LEDs ist zum einen von der Versorgungsspannung und zum anderen von den verwendeten LEDs abhängig. Die Flussspannung UF ist den technischen Daten der LED zu entnehmen. In Tabelle 1 sind die technischen Daten einiger Luxeon-LEDs aufgelistet: Man beachte, dass die Flussspannung einer 5-Watt-Luxeon bis zu 6,84 V betragen kann.

Die Versorgungsspannung sollte um mindestens 2 V höher sein als die Summe der einzelnen Flussspannungen der LEDs. Bei einer Betriebsspannung von 12 V kann man also problemlos 3 rote 1-Watt-Luxeons (3 x 2,85 V) in Reihe schalten.

Soll die Helligkeitseinstellung nicht mit dem auf der Platine befindlichen Trimmer, sondern mit einem von der Platine abgesetzten Potentiometer (Trimmer) vorgenommen werden, ist dieses Potentiometer an die Anschlussklemme KL2 anzuschließen (siehe Abbildung 4). Der Jumper ist in diesem Fall auf die Position „Extern“ zu stecken. Die Zuleitung sollte dabei nicht länger als 3 Meter sein. Der Widerstandswert des Potentiometers kann im Bereich von 5 kΩ bis 250 kΩ liegen. Es besteht auch die Möglichkeit, über eine externe Steuerspannung (Jumper JP 1 in Stellung „0–10 V“) die Helligkeit zu steuern. Die Steuerspannung kann im Bereich von 0 bis 10 V liegen.

Hinweis: Der Betrieb der Schaltung in Kfz ist im Geltungsbereich der StVZO nicht erlaubt.

Bild 4: Anschlussplan des LED-Dimmers



Stückliste: Dimmer für High-Power-LEDs DHPL 1

Widerstände:

1 Ω	.....	R20, R21
100 Ω/SMD	.....	R9
470 Ω/SMD	.....	R4
3,3 kΩ/SMD	.....	R17
4,7 kΩ/SMD	.....	R8
8,2 kΩ/SMD	.....	R6, R10
10 kΩ/SMD	.....	R1–R3, R5, R19
12 kΩ/SMD	.....	R7
18 kΩ/SMD	.....	R16
22 kΩ/SMD	.....	R18
39 kΩ/SMD	.....	R15
47 kΩ/SMD	.....	R12
68 kΩ/SMD	.....	R14
150 kΩ/SMD	.....	R13
PT15, liegend, 10 kΩ	.....	R11

Kondensatoren:

1 nF/SMD	.....	C2
10 nF/SMD	.....	C7
100 nF/SMD	.....	C1, C3, C5, C8, C11, C13–C16
1 µF/SMD/1206	.....	C4, C6, C10
47 µF/25 V	.....	C9
100 µF/63 V	.....	C12

Halbleiter:

LM393/SMD	.....	IC1
LM358/SMD	.....	IC2
LMV321/SMD	.....	IC3
LM2675M-ADJ/SMD	.....	IC4
TA78L05F/SMD	.....	IC5
BF245A	.....	T1
LL4148	.....	D1
10MQ060N/SMD	.....	D2

Sonstiges:

- SMD-Induktivität, 47 µH/1 A L1
- Mini-Schraubklemmleiste, 2-polig, print KL1
- Mini-Schraubklemmleiste, 3-polig, print KL2
- Schraubklemmleiste, 2-polig, print KL3, KL4
- Stiftleiste, 2 x 3-polig JP1
- Stiftleiste, 2 x 5-polig JP2
- Jumper, geschlossene Ausführung JP1, JP2
- 1 Trimmer-Steckachse, 11,7 mm
- 1 Aufsteckdrehknopf, ø 16,5 mm, Schwarz

Internet: www.lumileds.com