

Arduino-Shield

Quellcode kostenlos im Webshop

LEDs per Handbewegung steuern – Gesten-LED-Dimmer GLD1 für Arduino

Der auf einem intelligenten Lichtsensor von Silicon Labs basierende Gesten-LED-Dimmer ermöglicht das berührungslose Schalten und Dimmen leistungsstarker LEDs mittels Handbewegungen. So ist der einfache Aufbau z. B. einer kleinen und durch Handbewegung steuerbaren LED-Tischleuchte möglich. Der als Arduino-Shield ausgeführte GLD1 wird durch eine Arduino-Plattform gesteuert, ein quelloffenes Programmpaket steht als Download bereit.

Steuern wie von Zauberhand

Mit der Reihe Si114x hat Silicon Labs eine Serie von integrierten Lichtsensoren aufgelegt, die eine recht ausgefeilte Steuerung durch Handbewegungen möglich machen. Beim hier eingesetzten 3-Kanal-Lichtsensor Si1143 sind die Steuermöglichkeiten bereits umfangreich. Er enthält zwei integrierte Lichtsensoren (Bild 1), jeweils für sichtbares Licht und Infrarot-Licht. Über eine integrierte Kontroll-Logik werden drei externe (IR-)LEDs unabhängig voneinander und definiert mit Impulsen angesteuert. Dies ermöglicht dem steuernden Mikrocontroller die Unterscheidung

zu anderen Lichtquellen. Dazu kommt eine Licht-Abschirmung des Sensors, so dass der Fremdlichteinfluss, etwa durch andere getaktete Lichtquellen, weitestgehend ausgeschlossen ist. Das von den IR-LEDs ausgesandte Licht kann nun über die darüber geführte Hand auf den Sensor reflektiert werden. Aus der mechanischen Anordnung der drei IR-LEDs und der Intensität des reflektierten Lichts (Abstand der Hand) wird die Bewegungsrichtung und der Wechsel des Abstands ermittelt und in Steuerbefehle für eine durch den Mikrocontroller gesteuerte Last umgesetzt. So kann man durch Bewegen der Hand über dem Sensor die Last sowohl mit einer Bewegung ein-, mit der entgegengesetzten Bewegung ausschalten und durch wechselnden Abstand der Handfläche zum Sensor z. B. eine als Last betriebene Leuchte in der Helligkeit steuern.

Im Fall des GLD1 wird eine Power-LED über eine PWM-gesteuerte Stromquelle und eine MOSFET-Endstufe gesteuert. Dabei ist die Endstufe so ausgeführt, dass LEDs verschiedener Farben mit einem Strom von bis zu 300 mA angesteuert werden können.

Die Sensor-/Steuerplatine des GLD1 ist so ausgeführt, dass sie entweder als Arduino-kompatibles Shield, z. B. auf dem Arduino UNO, oder als Breakout-Board innerhalb von eigenen Schaltungen verwendet werden kann.

Kurzbezeichnung:	GLD1
Versorgungsspannung:	4,75–5,25 V _{DC}
Stromaufnahme:	max. 350 mA
Ansteuerung Power-LED:	PWM-gesteuerte Konstantstromquelle
Schnittstelle Lichtsensor:	I ² C
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen (B x H x T)	
Arduino-Board:	53 x 68,5 x 12 mm (ohne Stiftleisten)
Breakout-Board:	39 x 63 x 12 mm (ohne Stiftleisten)
Gewicht:	20 g

Sowohl für den Betrieb des Lichtsensors als auch des Dimmers steht ein quelloffenes Softwarepaket zur Verfügung, das auch in eigene Softwarelösungen integrierbar und modifizierbar ist.

Schaltung

Die Schaltung des Gesten-LED-Dimmers (Bild 2) lässt sich im Wesentlichen in die drei Teilbereiche Spannungsversorgung, Lichtsensor und Ansteuerung für die Power-LED unterteilen.

Zum Betrieb des Lichtsensors Si1143 (IC1) und zur Einstellung des LED-Stroms wird eine Spannung von 3,3 V benötigt, welche mit Hilfe des Festspannungsreglers IC2 aus der angelegten Betriebsspannung erzeugt wird. Während die Kondensatoren C4 und C7 zur Pufferung und Schwingneigungsunterdrückung dienen, verhindern die Kondensatoren C5 und C6 hochfrequente Störeinflüsse. Zusätzlich sind zum Schutz der Schaltung ein Verpolungsschutz in Form des MOSFETs T6 sowie ein Überstromschutz in Form des PTC-Widerstands R20 verbaut.

Die Auswertung von Handbewegungen oberhalb der Platine erfolgt mit Hilfe des Lichtsensors Si1143 (IC1). Dieser Chip steuert nacheinander die drei IR-Dioden D1 bis D3 impulsartig an und detektiert da-

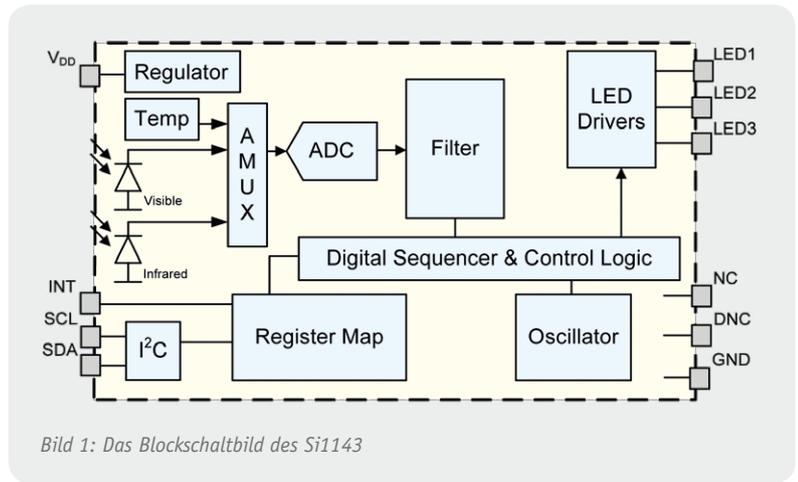


Bild 1: Das Blockschaltbild des Si1143

bei für jede Diode die Menge des durch einen Körper (z. B. die Hand) reflektierten Lichts. Durch die Anordnung der drei IR-Dioden ergibt sich bei einer Bewegung der Hand ein zeitlich verschobener Verlauf in Bezug auf die Lichtmenge. Aufgrund des zeitlichen Verlaufs lassen sich somit Gesten detektieren und auswerten. Der Elko C2 dient während der kurzen Einschaltphase einer IR-Diode als Energiespeicher, um einen Einbruch der Versorgungsspannung zu verhindern. Die beiden Widerstände R8 und R9 bilden den Vorwiderstand der drei IR-Dioden. Da der Lichtsensor die

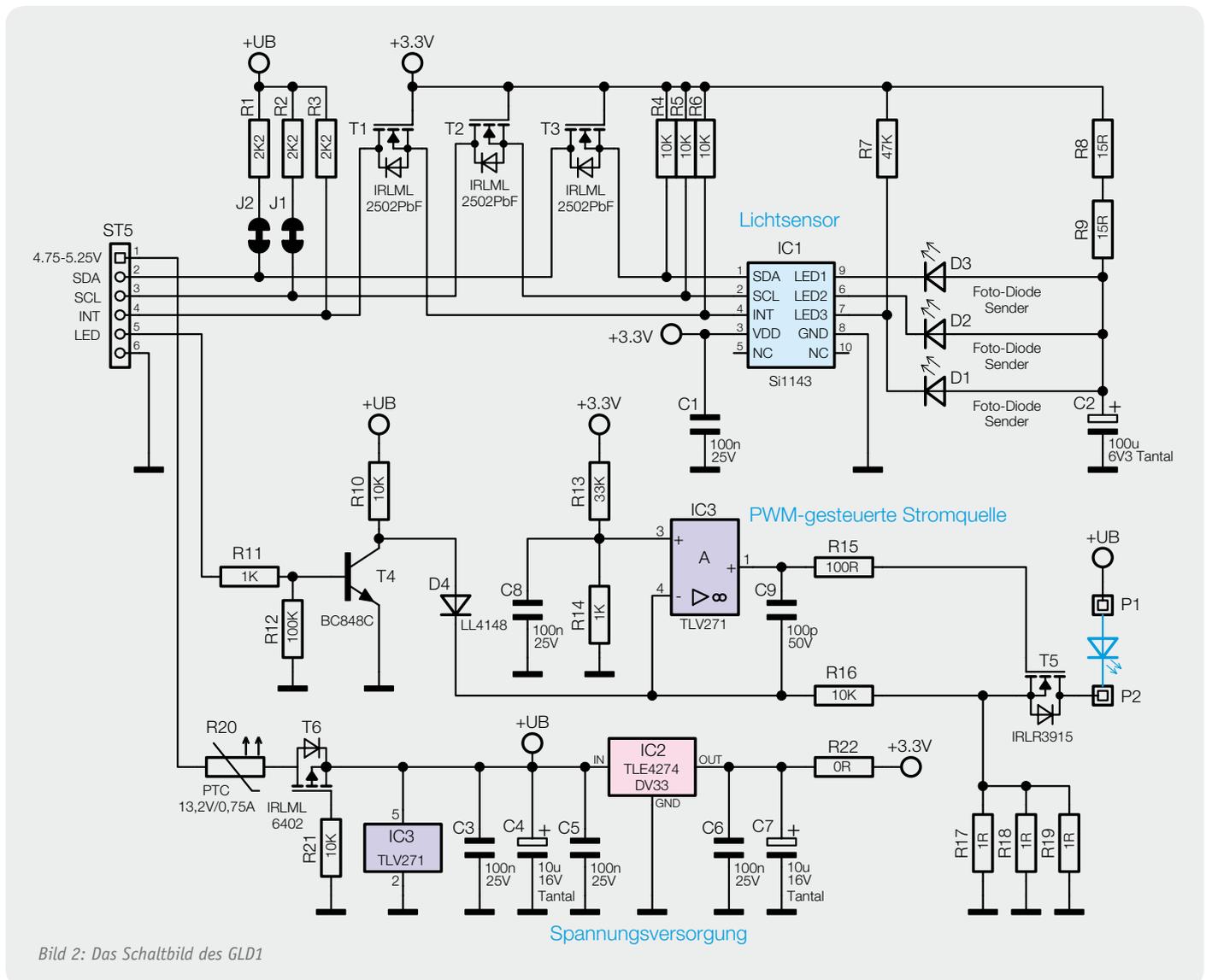


Bild 2: Das Schaltbild des GLD1

drei IR-Dioden zwar mit einem hohen Strom (350 mA) ansteuert, die Einschaltphase einer Diode jedoch sehr kurz gehalten ist (25,6 μ s jede 800 ms), benötigt der Baustein durchschnittlich nur ca. 4 mA.

Aufgrund der Tatsache, dass der Lichtsensor Si1143 (IC1) mit einer Spannung von 3,3 V betrieben wird, das Arduino-Board jedoch mit einer Spannung von 5 V arbeitet, ist die I²C-Kommunikation und der Interrupt-Pin „INT“ des Lichtsensors über einen bidirektionalen Pegelwandler nach außen geführt. Dadurch ist sichergestellt, dass die Schaltung auch mit Spannungswerten oberhalb von 3,3 V an den Pins „SDA“, „SCL“ und „INT“ (Pin 2–4 an ST5) betrieben werden kann.

Die Ansteuerung der Power-LED erfolgt mit Hilfe einer PWM-gesteuerten Konstantstromquelle, welche sich im Wesentlichen aus den Komponenten Operationsverstärker TLV271 (IC3), Power-MOSFET IRLR3915 (T5) sowie den Widerständen R13, R14, R17, R18 und R19 zusammensetzt (siehe auch „Elektronikwissen“). Mit Hilfe des Spannungsteilers, bestehend aus R13 und R14, wird die Referenzspannung am nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers auf ca. 100 mV eingestellt. Durch die 3 Widerstände R17, R18 und R19 ergibt sich somit ein Strom von ca. 300 mA durch die Power-LED und den MOSFET T1. Die Widerstände R15 und R16 sowie der Kondensator C9 dienen zusätzlich zur Filterung der zurückgekoppelten Spannung und verhindern ein Schwingverhalten der Regelschleife.

Um die Konstantstromquelle und damit die Power-LED ein- und ausschaltbar zu machen, enthält die Schaltung den Pin „LED“ (Pin 5 an ST5). Entsprechend des Pegels an diesem Pin wird der Transistor BC848C (T4) durchgeschaltet bzw. gesperrt, wodurch der Operationsverstärker über die Diode D4 beeinflusst wird und die Power-LED ein- und ausgeschaltet werden kann (siehe „Elektronikwissen“). Ein Potential entsprechend der Versorgungsspannung am Pin „LED“ führt hierbei zu einer eingeschalteten LED, ein Potential entsprechend dem Massepotential zu einer ausgeschalteten LED.

Mit Hilfe einer PWM am Pin „LED“ lässt sich die Konstantstromquelle entsprechend dem eingestellten Tastgrad ein- und ausschalten und die Power-LED somit dimmen.

Betrieb

Durch einen individuell gestalteten Lampenschirm lässt sich der Gesten-LED-Dimmer den eigenen Ansprüchen anpassen. Als Grundmaterial eignet sich hierfür



Bild 3: So wird der Ferritring in die Versorgungsspannungszuleitung des Arduino-Boards eingefügt.

sehr gut sogenanntes Transparent- bzw. Pergamentpapier. Um die Funktionalität der Gestenerkennung gewährleisten zu können, sollte bei der Gestaltung darauf geachtet werden, dass der Lampenschirm nach oben hin offen ist. Des Weiteren sollte eine Höhe von 21 cm (Breite eines DIN-A4-Blattes) nicht überschritten werden, um weiterhin ein Dimmen durchführen zu können.

Beim Betrieb mit dem Arduino-Board muss aus EMV-technischen Gründen ein Ferritring in die Versorgungsspannungszuleitung eingebracht werden. Die Zuleitung muss viermal durch diesen Ferritkern geführt werden (Bild 3).

Arduino-Quellcodes

Zur Nutzung des Gesten-LED-Dimmers mit dem Arduino-Board steht im Download-Bereich des Geräts im ELV-Web-Shop ein Quellcode-Paket mit Beispiel zur Verfügung, wobei die Ansteuerung der Power-LED und die Gestenerkennung in zwei unterschiedliche Klassen aufgeteilt wurden.

Die Klasse „PowerLED“ stellt einige Routinen zur PWM-Ansteuerung der Power-LED zur Verfügung. Da eine hart eingeschaltete LED für das menschliche Auge meist sehr unangenehm ist, wird die Helligkeit mit Hilfe dieser Klasse langsam herauf- bzw. heruntergefahren, bis der entsprechende Helligkeitswert erreicht wird. Die Helligkeit im eingeschalteten Zustand kann dabei individuell eingestellt werden, so dass sich die Routinen auch für Dimm-Vorgänge auf gewünschte Helligkeitswerte verwenden lassen.

Die Klasse „GestureDetection“ stellt die Routinen zur Erfassung der Daten des Lichtsensors Si1143 zur Verfügung. Das Modul greift dabei auf die Klasse „Si1143“



Wichtige Hinweise zum Betrieb:

- Wird das Breakout-Board verwendet, ist dieses direkt in eine Schaltung ohne zusätzliche Leitungen einzubauen.
- Für einen ausreichenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen ist der Einbau in ein geeignetes (nicht metallisches) Gehäuse erforderlich, damit die Schaltung nicht durch eine Berührung mit den Fingern oder Gegenständen gefährdet werden kann. Das Gehäuse sollte ebenfalls so ausgelegt werden, dass kein Risiko einer Verletzung von Personen durch sich erwärmende Teile (Power-LED und MOSFET T5) ausgeht, die erwärmte Luft jedoch entweichen kann, so dass kein Hitzestau entsteht.
- Während des Betriebs niemals ungeschützt in die Power-LED hineinschauen, da hierbei die Gefahr von schweren Netzhautschäden besteht. Der Lichtsensor arbeitet mit unsichtbarem Infrarotlicht, daher bitte mindestens 20 cm Augenabstand zum Gerät einhalten.
- Das Arduino-Board ist bei Verwendung des GLD1 immer mit externer Stromversorgung zu betreiben, da über USB dem Arduino maximal 200 mA zur Verfügung stehen, diese aber zum Betrieb des GLD1 nicht ausreichen und es zu einer Überlastung des USB-Ports kommen könnte.

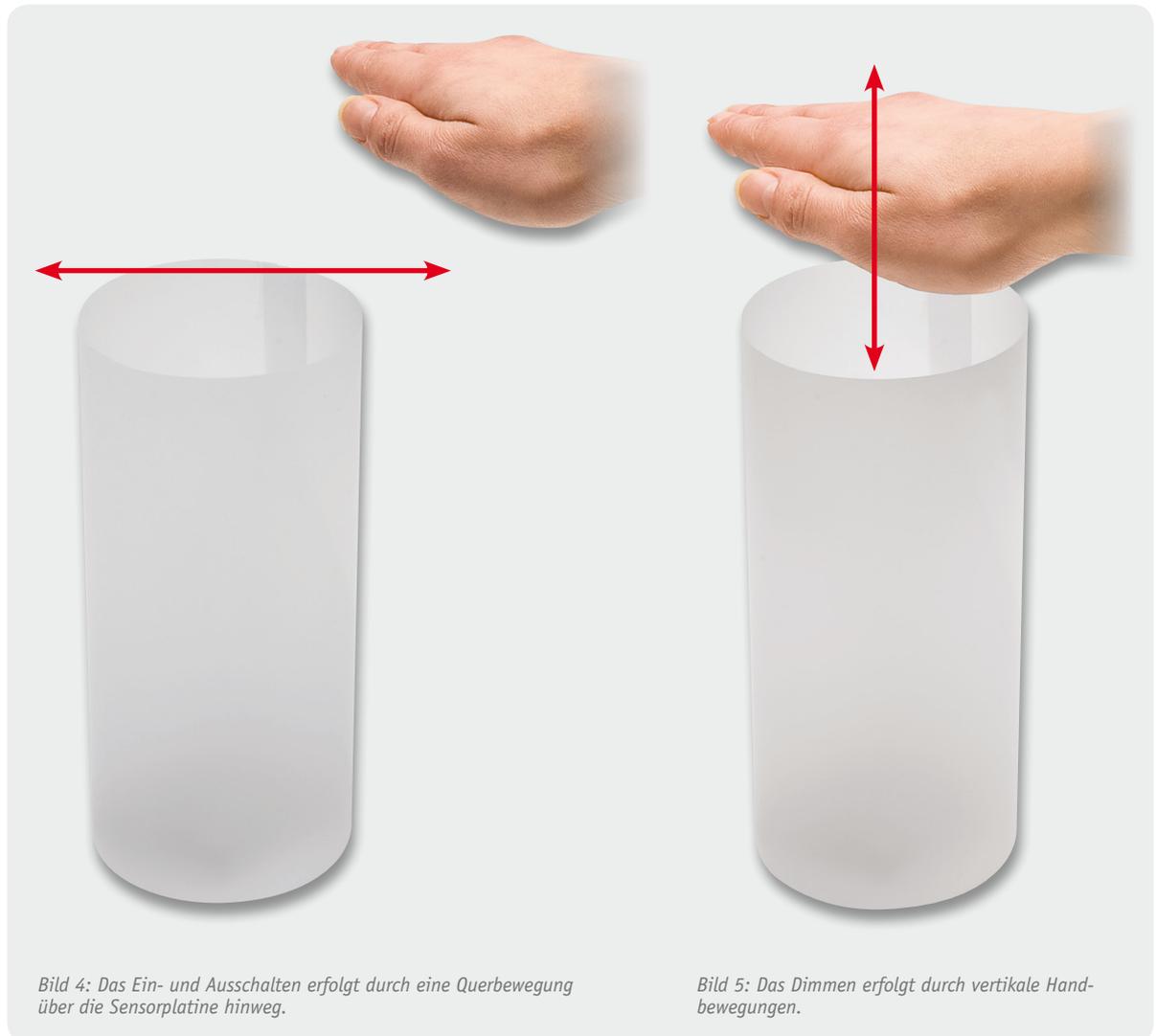


Bild 4: Das Ein- und Ausschalten erfolgt durch eine Querbewegung über die Sensorplatte hinweg.

Bild 5: Das Dimmen erfolgt durch vertikale Handbewegungen.

innerhalb der Datei Si1143.cpp bzw. Si1143.h zurück, welche einen Großteil der Funktionalität des Lichtsensors für den Programmierer zur Verfügung stellt.

Die beiden Klassen sind dabei so aufgebaut, dass sie unabhängig voneinander verwendet werden können. So lässt sich die Platine z. B. in einer eigenen Schaltung mit Gestenerkennung verwenden, ohne dass eine Power-LED angeschlossen werden muss. Anders herum kann die Platine natürlich auch nur zur Ansteuerung einer Power-LED verwendet werden, ohne dass der Lichtsensor zur Gestenerkennung überhaupt genutzt wird.

Beispiel „LED-Dimmer“

Dem Quellcode-Paket liegt das Beispiel „LED-Dimmer“ bei, welches eine der Anwendungsmöglichkeiten der LED-Ansteuerung in Verbindung mit der Gestenerkennung aufzeigt.

Mit Hilfe des Beispielprogramms kann die verbaute Power-LED durch eine Handbewegung über den Lichtsensor hinweg ein- bzw. ausgeschaltet werden (Bild 4). Wird die Hand oberhalb des Sensors für ca. 1 Sekunde an einer Position gehalten, geht das Programm in den Dimm-Modus über. Wird die Hand nun nach oben gezogen, wird die Power-LED hinauf gedimmt. Entsprechend hinunter gedimmt, wenn die Hand weiter nach unten gezogen wird (Bild 5).

Nachbau

Da alle SMD-Komponenten beim Gesten-LED-Dimmer bereits vorbestückt sind, müssen nur noch wenige Bauteile bestückt werden. Als Orientierung dienen dabei das Platinenfoto sowie der zugehörige Bestückungsdruck (Bild 6).

Dabei werden zunächst die Stiftleisten montiert. Soll die Platine als Arduino-Shield verwendet werden, sind die vier Stiftleisten ST1 bis ST4 zu montieren (Bild 6). Möchte man die Platine jedoch in eigene Schaltungen einbinden, ist, nachdem die Breakout-Platine herausgebrochen wurde, lediglich die Stiftleiste ST5 zu montieren (Bild 8).

Im Anschluss wird die gewünschte Power-LED (nicht im Lieferumfang enthalten) auf der Platine positioniert und mit den beiden Kunststoffschrauben und -muttern fixiert. Hierbei ist auf die richtige Ausrichtung der LED zu achten. Auf der Platine sind dazu die beiden Anschluss pads neben der LED mit „+“ und „-“ gekennzeichnet. Die LED ist so zu positionieren, dass der positive Anschluss der LED in Richtung des mit „+“ markierten Pads zeigt. Entsprechend zeigt der negative Anschluss der LED in Richtung des mit „-“ gekennzeichneten Pads.

Anschließend wird das Anschluss pad „+“ mit einem ca. 10 mm langen Draht mit dem positiven Anschluss pad der LED verbunden. Genauso wird mit dem An-

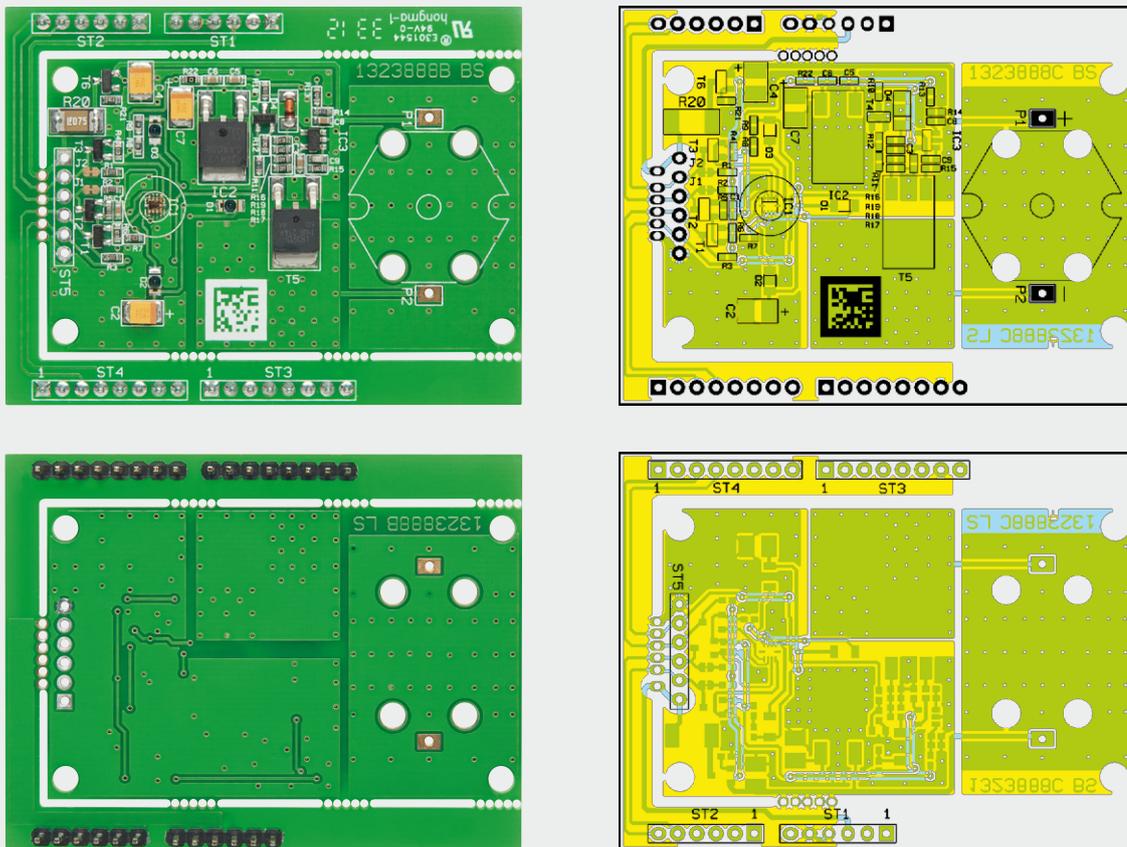


Bild 6: Ansicht der komplett bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan

schlusspad „-“ und dem negativen Anschlusspad der LED vorgegangen, so dass die LED nun elektrisch mit der Platine verbunden ist (Bild 7).

Da der Lichtsensor sehr empfindlich gegen seitliches Streulicht ist, wird zu guter Letzt ein kleines Kunststoffröhrchen mit Sekundenkleber um den Sensor geklebt (Bild 9), wobei darauf zu achten ist, dass kein Klebstoff auf den Lichtsensor gelangt.

Nun kann der Gesten-LED-Dimmer GLD1 in Betrieb genommen werden.

ELV

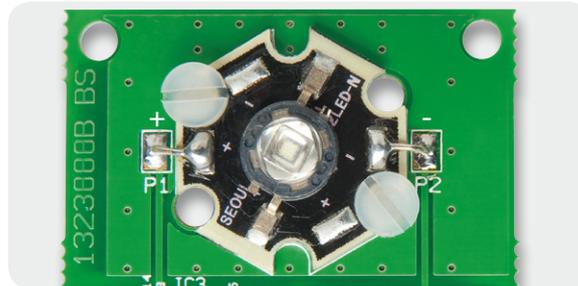


Bild 7: Ausrichtung und Montage der Power-LED

Widerstände:

0 Ω/SMD/0603	R22
1 Ω/SMD/0603	R17–R19
15 Ω/SMD/0603	R8, R9
100 Ω/SMD/0603	R15
1 kΩ/SMD/0603	R11, R14
2,2 kΩ/SMD/0603	R1–R3
10 kΩ/SMD/0603	R4–R6, R10, R16, R21
33 kΩ/SMD/0603	R13
47 kΩ/SMD/0603	R7
100 kΩ/SMD/0603	R12
Polyswitch/13,2 V/0,75 A/SMD/1812	R20

Kondensatoren:

100 pF/SMD/0603	C9
100 nF/SMD/0603	C1, C3, C5, C6, C8
10 µF/16 V/SMD	C4, C7
100 µF/6,3 V/SMD/Tantal	C2

Halbleiter:

Si1143/SMD	IC1
TLE4274DV33/SMD	IC2
TLV271/SMD	IC3
IRLML2502PbF/SMD	T1–T3
BC848C/SMD	T4
IRLR3915/SMD	T5
IRLML6402/SMD	T6
LL4148	D4
Infrarot-LEDs/SFH4056	D1–D3

Sonstiges:

Stiftleisten, 1x 6-polig, gerade, print	ST1, ST2, ST5
Stiftleisten, 1x 8-polig, gerade, print	ST3, ST4
1 Distanzrolle, M3 x 10 mm	
1 Ferrit-Ringkern, 25 (15) x 12 mm	
2 Kunststoffschrauben, M3 x 6 mm	
2 Kunststoffmuttern, M3	

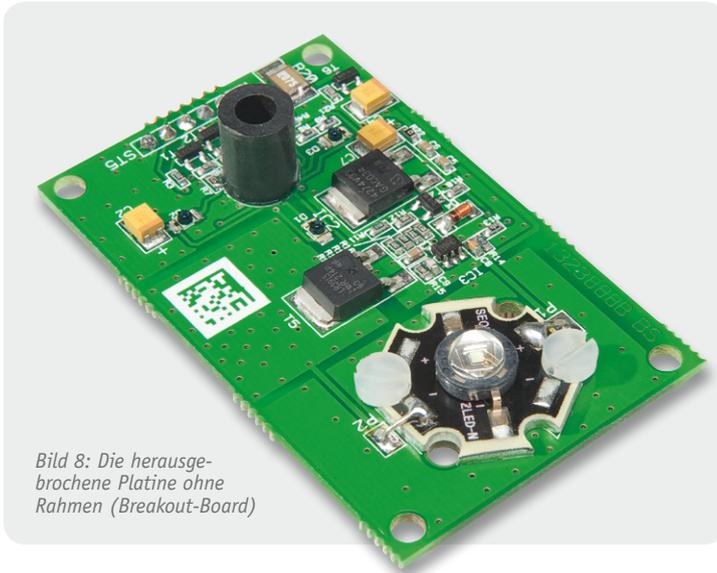


Bild 8: Die herausgebrochene Platine ohne Rahmen (Breakout-Board)

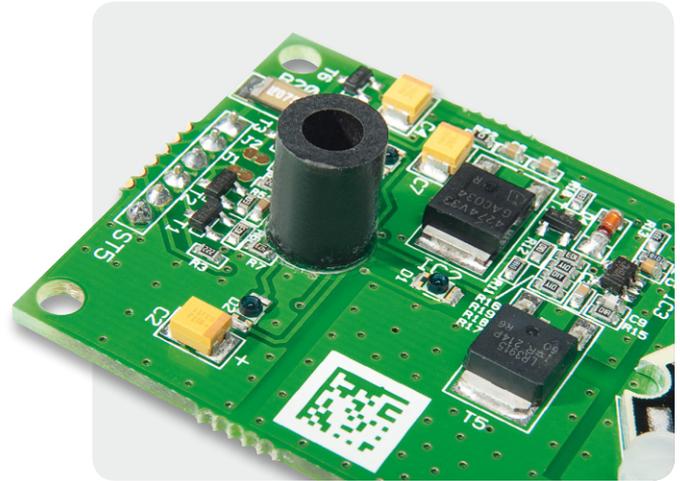


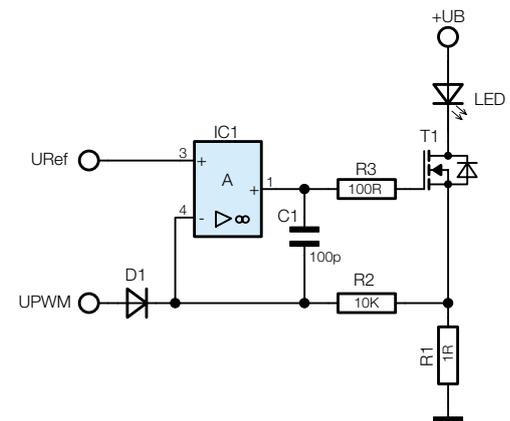
Bild 9: Montage des Kunststoffröhrchens, das den Lichtsensor vor seitlichem Streulicht schützt

PWM-gesteuerte Konstantstromquelle zur Ansteuerung einer Power-LED

Innerhalb des GLD1 wird eine Konstantstromquelle zur Ansteuerung der Power-LED verwendet. Dieses hat den Vorteil, dass der Strom (und damit die Helligkeit) der Power-LED unabhängig von der angelegten Betriebsspannung $+U_B$ ist.

Wie im Bild zu sehen, besteht die Schaltung aus einem Operationsverstärker (IC1), einem n-Kanal-Power-MOSFET (T1), Widerständen und einem Kondensator. Die Einstellung des Stroms durch die Power-LED erfolgt mit Hilfe der Referenzspannung U_{Ref} am nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers und dem Widerstand R1. Hierbei ergibt sich die einfache Beziehung $I_{LED} = U_{Ref} / R1$. Warum ist das so?

Zum Einschaltzeitpunkt der Schaltung ist der n-Kanal-Power-MOSFET gesperrt, so dass zwischen dem MOSFET und dem Widerstand R1 Massepotential anliegt. Da dieser Punkt (über den Widerstand R2) mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers verbunden ist, liegt dort ebenfalls Massepotential an. Aufgrund der Tatsache, dass mit U_{Ref} am nicht-invertierenden Eingang eine deutlich höhere Spannung anliegt, steuert der Ausgang des Operationsverstärkers zunächst voll durch. Dieses führt wiederum dazu, dass der angeschlossene Power-MOSFET geöffnet wird und durch die Power-LED ein Strom fließen kann. Da der Strom durch die LED über den Widerstand R1 gegen Masse abfließt, bildet sich an R1 ein Spannungsabfall. Dieser Spannungsabfall hebt auch die Spannung am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers an und führt dazu, dass die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Eingängen des Operationsverstärkers abnimmt, was wiederum zu einer Verringerung der Ausgangsspannung des Operationsverstärkers führt und den Power-MOSFET weniger öffnet. Der daraus resultierende geringere Strom durch die Power-LED führt wiederum zu einem geringeren Spannungsabfall am Widerstand R1 und somit zu einer geringeren Spannung am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers. Dieser Regelvorgang wird so lange fortgeführt, bis sich am invertierenden Eingang die gleiche Spannung einstellt wie am nicht-invertierenden Eingang (U_{Ref}), so dass sich sowohl der Operationsverstärker als auch der Power-MOSFET im linearen Betrieb befinden. Da nun am Widerstand R1 ebenfalls U_{Ref} anliegt, muss über diesen ein Strom von $U_{Ref} / R1$ fließen, was wiederum dem Strom durch die Power-LED entspricht. Die Widerstände R2 und R3 sowie der Kondensator C1 dienen zusätzlich zur Filterung der zurückgekoppelten Spannung und



verhindern ein Schwingverhalten der Regelschleife. Soll die Konstantstromquelle ein- und ausschaltbar sein, kann die Schaltung einfach durch eine Diode (D1) am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers erweitert werden. Legt man den Eingang UPWM auf Massepotential, verhält sich die Schaltung wie oben beschrieben, da die Diode in Sperrrichtung betrieben wird und somit keinen Einfluss hat (die Power-LED wird eingeschaltet). Legt man hingegen eine Spannung deutlich oberhalb der Referenzspannung U_{Ref} an die Diode, so ergibt sich über die Diode und die Widerstände R1 und R2 ein Stromfluss. Dieses sorgt dafür, dass sich am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers ein Potential entsprechend der angelegten Spannung (abzüglich der Diodenspannung) ergibt. Da diese Spannung größer als die Referenzspannung ist, wird der Ausgang des Operationsverstärkers in Richtung Masse gezogen, wodurch der Power-MOSFET sperrt und kein Strom mehr durch die Power-LED fließen kann. Mit Hilfe einer PWM an der Diode lässt sich die Konstantstromquelle somit entsprechend dem eingestellten Tastgrad ein- und ausschalten und die Power-LED somit dimmen. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass die PWM invertiert auf die Diode gegeben werden muss.