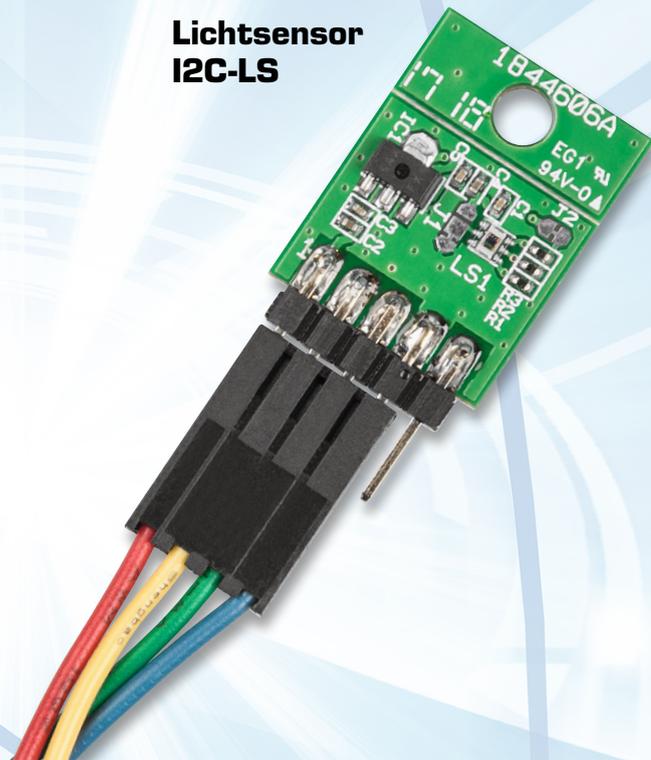




Einsetzbar z. B. mit

**Lichtsensor
I²C-LS****Arduino****Raspberry Pi****USB-I2C-
Interface**

OPT3001 mit I²C-Schnittstelle

I²C-Lichtsensor mit weitem Messbereich

Infos zum Bausatz

im ELV Shop

#10174

Ein Helligkeitssensor zählt zu den wichtigen Umweltsensoren, lässt er sich doch vielseitig einsetzen – ob bei der Hausautomatisierung, im Robotikbereich, in Steuerungen oder für Sicherheitsaufgaben. Um eine Vielzahl von Sensoren auch an Mikrorechnersysteme mit wenigen Schnittstellen anschließen und für einfache Datenverarbeitungsalgorithmen einsetzen zu können, bietet sich die I²C-Schnittstelle an. Unser Lichtsensor verfügt nicht nur über diese, er sticht auch mit besonderen Eigenschaften wie einem weiten Messbereich mit sensorinterner Bereichsumschaltung, sehr geringem Stromverbrauch und weitem Einsatzspannungsbereich hervor.

Vielseitiger Sensor

Wie in der Einleitung schon gesagt, bietet sich die I²C-Schnittstelle immer dann an, wenn man einerseits viele externe Baugruppen, Sensoren, Ein- und Ausgabegeräte an einen kleinen Mikrorechner anschließen, dabei nur ein Minimum an Leitungen einsetzen

und andererseits einfache Standard-Algorithmen für Schnittstellen anwenden will. Dabei greift man auf Bibliotheken (lib) zurück, in denen für die jeweilige Peripherie alle Standardabläufe, Eigenschaften, Messabläufe etc. zusammengefasst sind. So genügt dann im eigentlichen Programm ein Befehl, um etwa einen Wert auszulesen oder eine bestimmte Reaktion auszulösen.

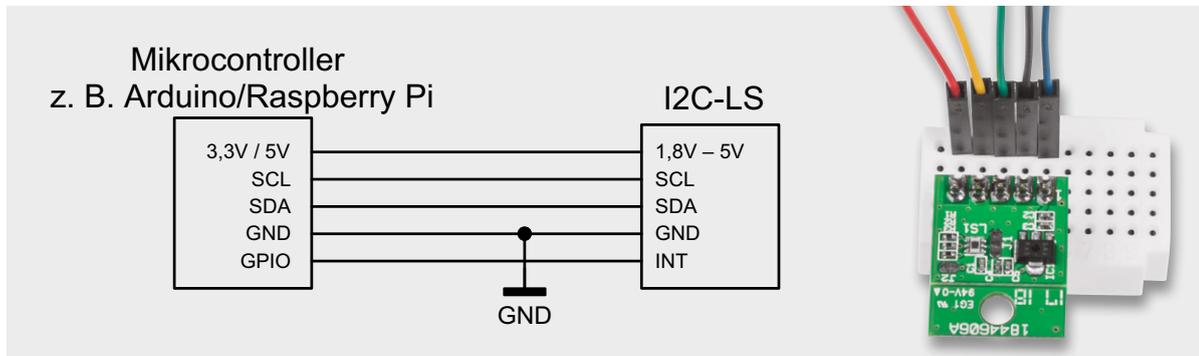
Der hier vorgestellte I²C-Lichtsensor, der auf dem Ambient-Light-Sensor OPT3001 von Texas Instruments (siehe „Elektronikwissen“) basiert, passt genau in das beschriebene Anwenderschema. Er lässt sich per I²C hervorragend an Mikrorechner wie den Raspberry Pi oder den Arduino anbinden, und eine passende Bibliothek erleichtert seine Einbindung in eigene Programme.

Neben einem sehr geringen Stromverbrauch auch im aktiven Messbetrieb – in der Zeit batteriebetriebener oder per Energy-Harvesting gespeister Sensor-Nodes im IoT ein wichtiger Aspekt – überstreicht er

Geräte-Kurzbezeichnung:	I2C-LS
Versorgungsspannung:	1,8–5 Vdc
Messbereich:	0,01–83.865,6 lx
Messintervall:	100 ms/800 ms
Leitungslänge:	30 cm max.
Busgeschwindigkeit:	400 kHz max.
Stromaufnahme Betrieb:	10 µA
Stromaufnahme Shutdown:	2 µA
Abmessungen (ohne Stiftleiste):	20,5 x 15,5 x 3 mm
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Gewicht:	1,5 g



Bild 1: Der exemplarische Anschluss des Sensorbausteins an ein Mikrocontrollersystem, rechts die sensorseitige Verkabelung im Einsatz



einen weiten Messbereich zwischen 0,01 lx und 83 klx. Dabei erfolgt die Bereichumschaltung und die entsprechende Datenausgabe intern im Sensor, sodass sich der Programmierer in der Anwendung nicht mehr um dieses Detail kümmern muss.

Den universellen Einsatzbereich unterstreicht auch der Betriebsspannungsbereich des Sensors – er ist von 1,8 bis 5 V einsetzbar, also in allen gängigen Digital- bzw. Mikroprozessorsystemen. Bild 1 zeigt exemplarisch den direkten Anschluss an ein Mikrocontrollersystem.

Über das ELV USB-I2C-Interface [1] lässt sich der Sensor noch einfacher einsetzen, wird doch hier bereits die vielfach nötige bzw. gewünschte Umsetzung auf USB ganz einfach. Auch hierfür werden Demoprogramme zum Sensor bereitgestellt.

Der Sensor muss bei der ersten Inbetriebnahme einmal konfiguriert werden, danach kann er permanent die Helligkeit messen.

Es stehen noch weitere Konfigurationen zur Verfügung, diese finden sich im Datenblatt des OPT3001 [2]. So ist es u. a. möglich, den Sensor schneller messen zu lassen, dafür mit geringerer Genauigkeit. Oder es lassen sich nur einzelne Messungen durchführen und der Sensor über die Schnittstelle abschalten. Auf diese Weise ist er vielfach an seine jeweilige spezielle Aufgabe anpassbar.

Einordnung ins System

Über J1 lässt sich die I²C-Adresse des Sensors ändern; so können mehrere Sensoren an einem I²C-Bus verwendet werden. Mittels J1 sind zwei Einstellungen möglich (weitere Verbindungen gegen SCL oder SDA kann man dem Datenblatt des OPT3001 [2] entnehmen):

J1 Verbindung	I ² C-Adresse (schreibend/lesend)
zu GND	0x88/0x89
zu +3,3 V	0x8A/0x8B

Über Auftrennen des Lötjumpers J2 lassen sich bei Bedarf die Pull-up-Widerstände auf dem Modul deaktivieren. Dadurch ist es möglich, den Sensor mit einer niedrigeren Spannung zu betreiben als auf dem I²C-Bus verwendet wird.

Ein Beispiel dazu: Versorgung des Sensors direkt aus einer Batteriespannung, während der Mikrocon-

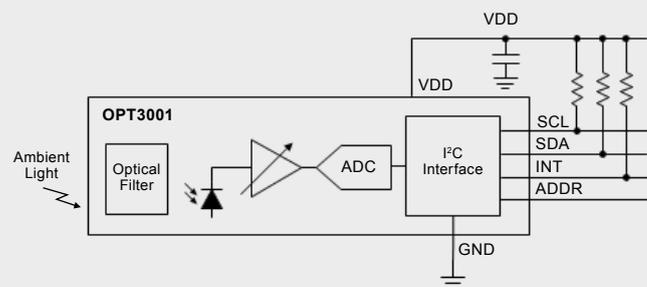
Umgebungshelligkeits-Sensor OPT3001

Der OPT3001 erfasst die Umgebungshelligkeit (Ambient Light) im sichtbaren Lichtspektrum in einem weiten Wertebereich von 0,01 lx bis 83 klx. Um Beeinflussungen durch andere Spektralbereiche wie Infrarot- oder UV-Licht auszuschließen, verfügt der Sensor über einen optischen Filter, der bis zu 99 % Infrarot-Strahlung unterdrückt.

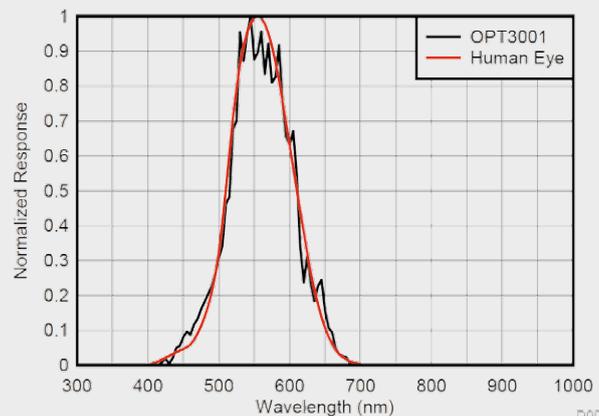
Der erfasste Sensorwert wird in einem großen Dynamikbereich von 23 Bit inklusive automatischer Verstärkungsregelung für den internen ADC umgesetzt.

Ein Digital Interface sorgt für die Einbindung des Sensors in das verbreitete und einfach handhabbare I²C-Bussystem. Über dieses kann auch definiert werden, ob eine kontinuierliche Datenerfassung oder eine Datenerfassung auf Anforderung erfolgen soll. Eine Interrupt-Option erlaubt stromsparenden Schlafbetrieb in den Messpausen.

Der Sensor benötigt nur sehr wenig Betriebsstrom (typ. 1,8 µA) und kann in einem weiten Betriebsspannungsbereich von 1,6 bis 3,6 V arbeiten, was ihn für einen ökonomischen Batteriebetrieb prädestiniert.



Blockschaltbild des OPT3001



Spektrale Empfindlichkeit des Sensors gegenüber der des menschlichen Auges
Bilder: Texas Instruments

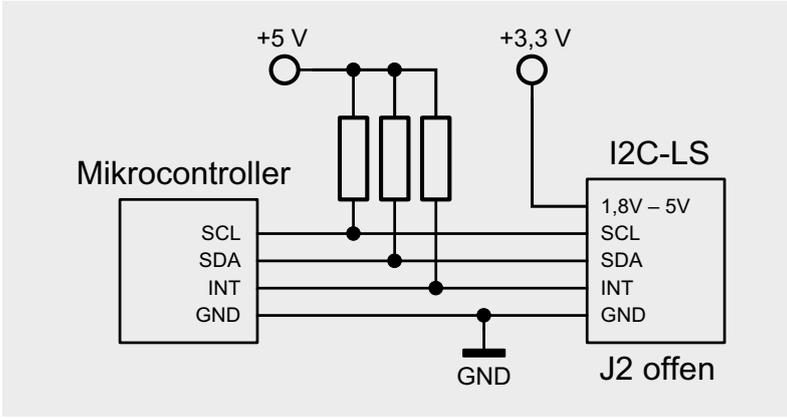


Bild 2: Bei abweichenden Betriebsspannungen von Controller und Sensorbaustein ist der Einsatz externer Pull-up-Widerstände notwendig.

troller über einen Step-up-Regler mit 5 V versorgt wird. Jedoch sind dann externe Pull-up-Widerstände notwendig, wie Bild 2 zeigt.

Da der Lichtsensor im Betrieb nur wenige Mikroampere benötigt, kann dieser dauerhaft aktiviert bleiben. Der Anschluss „INT“ kann zum Aufwecken/Alarmieren von Controllern genutzt werden, z. B. bei Über- bzw. Unterschreiten von eingestellten Schwellen.

Die ausgelesenen Werte bzw. Limits werden als 16-Bit-Wert übertragen, wobei die Helligkeit sich wie folgt berechnet:

Die obersten 4 Bits geben den Exponenten an und die unteren 12 Bit die Mantisse:

Exponent	Mantisse
Bits 15 bis 12	Bits 11 bis 0

$$\text{Helligkeit (in Lux)} = 0,01 * \text{Mantisse} * 2^{\text{Exponent}}$$

Für Mikrocontroller-Programme ergibt sich der Wert so:

$$\text{Helligkeit} = 0,01 * \text{Mantisse} * (1 \ll \text{Exponent})$$

Dabei ist es sinnvoll, auf den Faktor 0,01 zu verzichten, um Fließkommawerte zu vermeiden. Dann sind die Werte mit zwei festen Nachkommastellen versehen, diese lassen sich im Mikrocontroller einfacher mittels Teilen durch 100 verarbeiten als Fließkommawerte.

In Bild 3 ist ein Beispiel des Sensoranschlusses an einen Raspberry Pi zu sehen.

Wir beschränken uns bei den Software-Anwendungen an dieser Stelle jedoch auf den Einsatz am PC über das USB-I2C-Interface und am Arduino.

Verwendung mit USB-I2C-Interface

Bei Verwendung mit dem USB-I2C-Interface bleibt der INT-Pin des I2C-Ls unbenutzt (Bild 4).

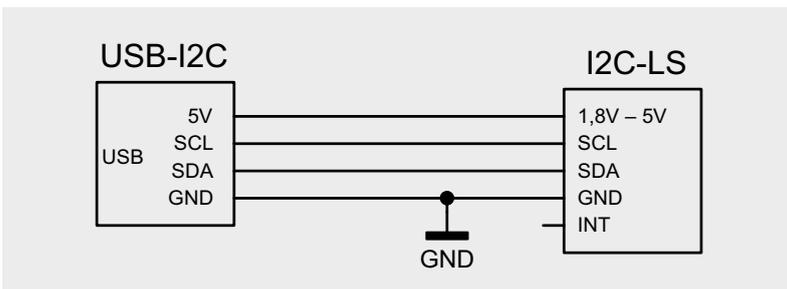


Bild 4: Bei Anschluss des Sensorbausteins an das USB-I2C-Interface bleibt der INT-Anschluss unbenutzt.

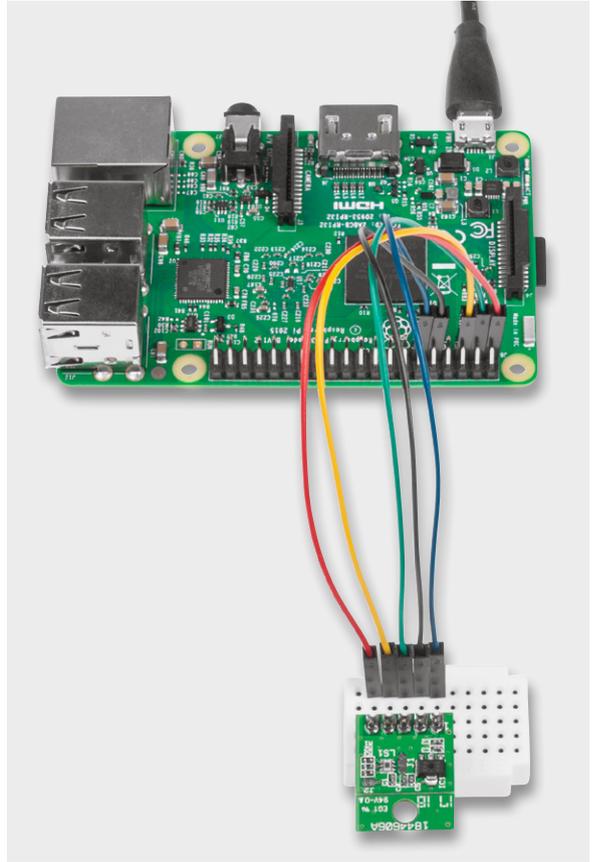


Bild 3: So erfolgt der Anschluss des Sensorbausteins an einen Raspberry Pi.

Die restlichen Verbindungen lassen sich direkt mit einem der 4-poligen Kabel herstellen, die mit dem USB-I2C-Interface geliefert werden. Bild 5 zeigt einen so angeschlossenen Sensorbaustein.



Bild 5: Der Anschluss des I2C-Ls am USB-I2C-Interface erfolgt über ein 4-poliges Kabel.

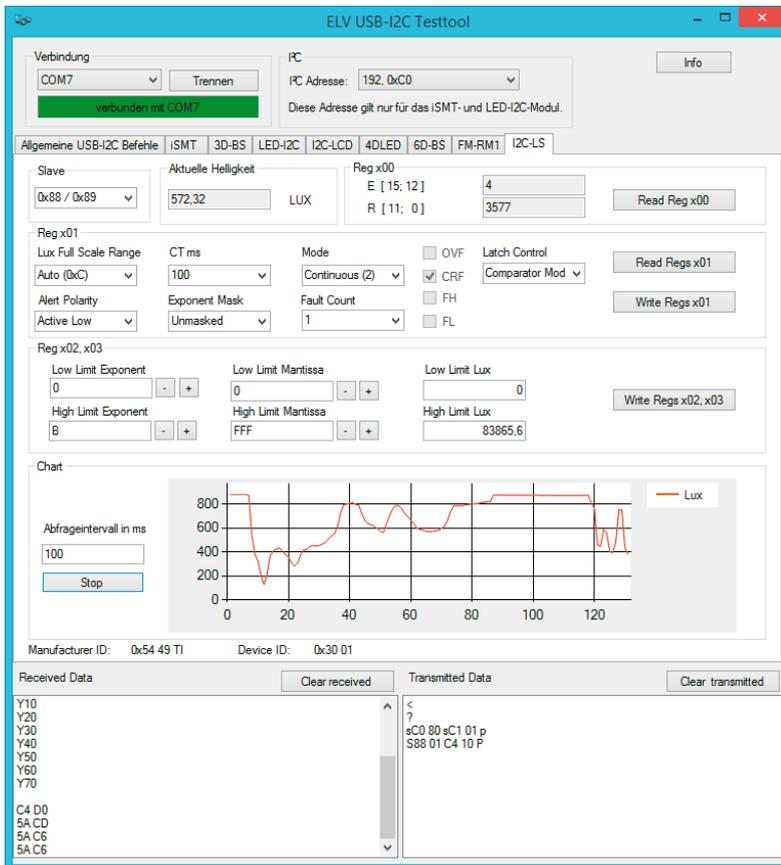


Bild 6: Der Sensorbaustein I2C-LS wurde in das PC-Programm für das USB-I2C-Interface integriert, ist hier umfangreich konfigurierbar und kann einfach ausgelesen werden.

PC-Software mit USB-I2C

In der PC-Software (Bild 6) lassen sich alle Einstellungen des I2C-LS auslesen bzw. ändern.

Zu Beginn ist die Slave-Adresse einzustellen und danach das Register Reg x01 entsprechend zu konfigurieren.

Über die Register Reg x02, x03 können Schwellen eingestellt werden, die den Interrupt-Pin bei Über-/Unterschreiten beeinflussen. Da dieser Pin beim USB-I2C-Interface nicht angeschlossen werden kann, ist dies nur über die Flags FH und FL unter Register 1 erkennbar.

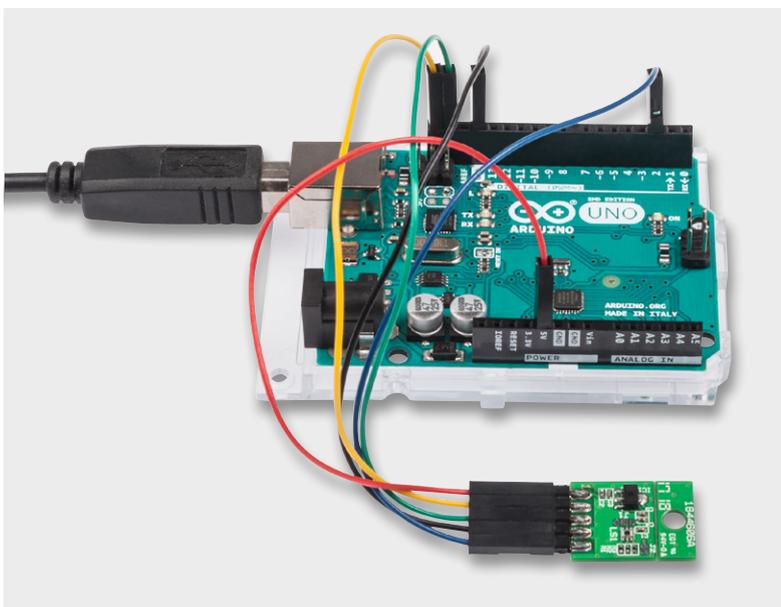


Bild 7: Der Lichtsensor am Arduino Uno – bezüglich der Belegung der Interrupt-Eingänge der einzelnen Arduino-Typen sind deren spezifische Pin-outs zu beachten.

Im Bereich „Chart“ lässt sich ein automatisches Auslesen mit einem einstellbaren Zeitabstand starten/stoppen. Dafür muss der Sensor aber vorher unter „Reg x01 -> Mode“ im Continuous-Mode konfiguriert werden.

Sinnvoll ist es, das Abfrageintervall gleich oder größer als die „ConversionTime“ (CT) des Sensors einzustellen. Bei kleineren Werten werden sonst mehrfach die gleichen Werte ausgelesen.

Die ausgelesenen Helligkeitswerte werden im Diagramm als Kurvenverlauf dargestellt, wobei die Skala sich automatisch an die maximal erfasste Helligkeit anpasst.

Verwendung mit dem Arduino:

Für die Verwendung in Arduino-Mikrocontroller-Umgebungen (Bild 7 zeigt den Sensor an einem Arduino Uno) bieten wir eine speziell hierfür entwickelte Arduino-Bibliothek zum Download auf der Produktseite [3] an.

Diese Bibliothek (Bild 8 zeigt sie integriert in die Arduino-IDE) enthält auch mehrere Beispielprogramme:

- **Polling:**

Ein einfaches Beispiel zum Einstieg, welches den Sensor zunächst initialisiert, diesen dann mittels Delay-Funktion zyklisch abfragt und über die serielle Schnittstelle (Serial Monitor) ausgibt. Dabei kann es vorkommen, dass derselbe Messwert zweimal ausgelesen wird.

- **Plotter:**

Vereinfachte Ausgabe, sodass die zyklisch abgefragten Messwerte mittels Serial Plotter in der Arduino-IDE grafisch als Verlaufsgraph dargestellt werden können.

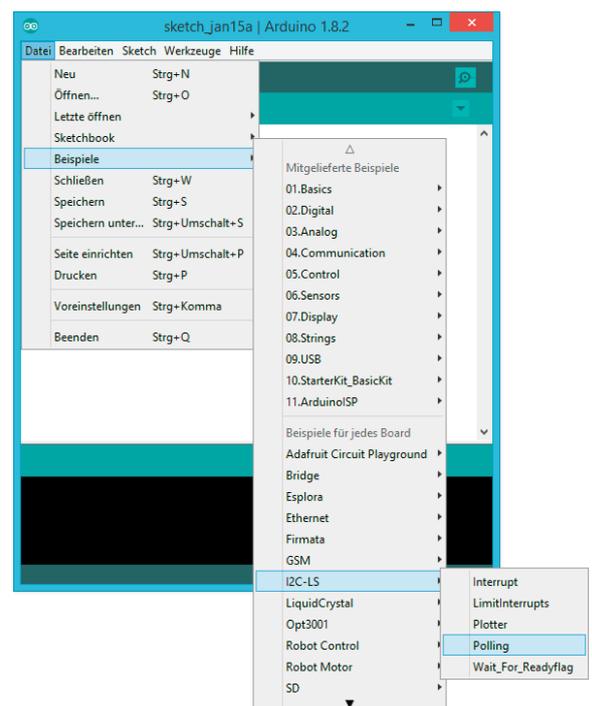


Bild 8: Die I2C-LS-lib für die Arduino-IDE enthält mehrere Beispiel- und Testprogramme für den Sensor.



Stückliste

Widerstände:	10 k Ω /SMD/0402	R1–R3
Kondensatoren:	100 nF/16 V/SMD/0402	C1, C3, C5
	1 μ F/16 V/SMD/0402	C2, C4
Halbleiter:	S1206B33U3T1/SOT89-3	IC1
Sonstiges:	OPT3001	LS1
	Stiftleiste, 1x 5-polig, 16,5 mm, gerade, print	ST1

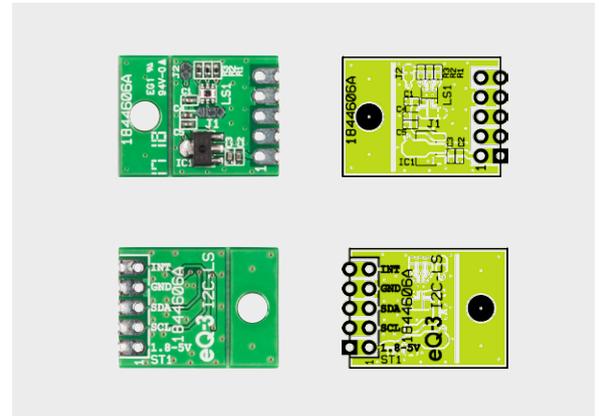


Bild 10: Platinenfotos und Bestückungsplan des Lichtsensor-Moduls I2C-LS

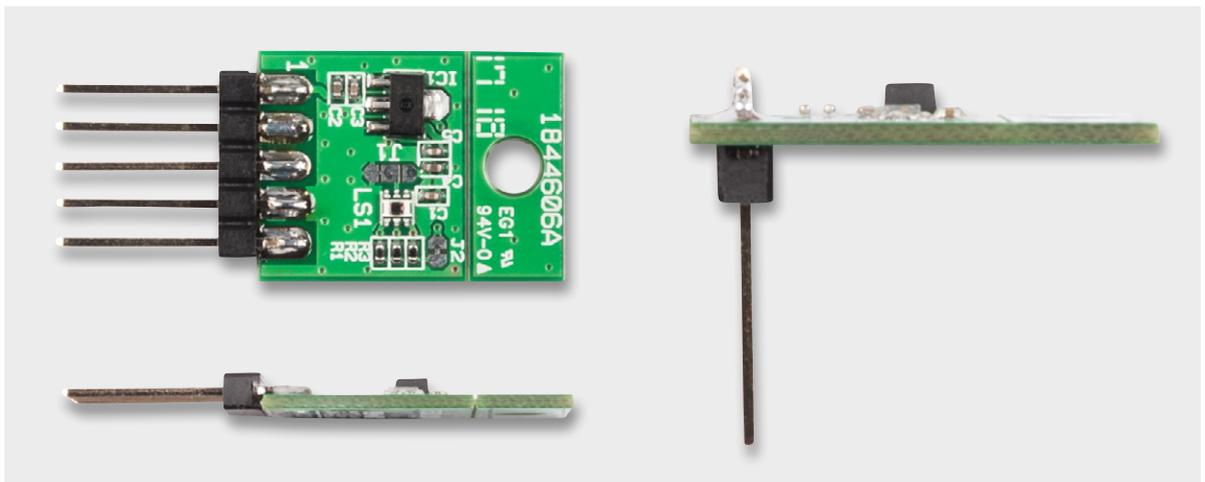


Bild 11: Die Stiftleiste kann sowohl gerade als auch abgewinkelt zur Leiterplatte bestückt und verlötet werden.



Wichtige Hinweise:

Für einen ausreichenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen ist der Einbau in ein geeignetes (nichtmetallisches) Gehäuse erforderlich, damit die Schaltung nicht durch eine Berührung mit den Fingern oder Gegenständen gefährdet werden kann.

Wird das Gerät über Leitungen angeschlossen, dürfen diese eine Länge von 30 cm nicht überschreiten. Für die Datenleitungen gilt zudem, dass diese gegen auftretende Datenfehler möglichst kurz gehalten werden sollten. Dabei gilt: je höher die Bustaktrate, desto kürzer die Leitungen.

Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Außerdem muss es sich um eine Quelle begrenzter Leistung gemäß EN60950-1 handeln, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Üblicherweise werden beide Forderungen von handelsüblichen Stecker-Netzteilen mit entsprechender Leistung erfüllt.

Montagevideo



#10177

QR-Code scannen oder Webcode im ELV Shop eingeben



Weitere Infos:

- [1] USB-I2C-Interface (Best.-Nr. 08 41 23): www.elv.de/output/controller.aspx?cid=74&detail=10&detail2=24012
- [2] Datenblatt OPT3001: www.ti.com/product/OPT3001
- [3] ELV Produktseite des I2C-LS: www.elv.de: Webcode #10174