



Luxmetervorsatz für Multimeter

Einfach an den Meßeingang eines handelsüblichen Multimeters im 2V-Meßbereich angeschlossen, ermöglicht diese einfach zu realisierende Schaltung die genaue Erfassung der Umgebungshelligkeit.

Allgemeines

Die richtige Beleuchtungsstärke ist nicht nur in vielen Bereichen der Technik, sondern auch im beruflichen Alltag und im privaten Bereich wichtig. So gelten für verschiedene Räume und unterschiedliche Tätigkeiten abweichende Beleuchtungswerte als optimal.

Im technischen Bereich spielt die Beleuchtungsstärke, unter anderem im Foto- und Video-Bereich, eine wichtige Rolle und am Arbeitsplatz muß, oft schon allein aus Sicherheitsgründen vorgeschrieben, eine der jeweiligen Tätigkeit entsprechende Beleuchtung zur Verfügung stehen.

Das menschliche Auge ist in der Lage, extrem große Helligkeitsunterschiede (von kleiner 0,1 Lux bis über 100 kLux) zu verarbeiten. Der Helligkeitsdynamikbereich beim menschlichen Auge umfaßt somit mehr als 6 Dekaden.

Die relative spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges reicht etwa von 400 nm bis 800 nm. Unterhalb von 400 nm (blau) befindet sich der Ultraviolettbereich

und über 800 nm (rot) der Infrarotbereich. Beide Bereiche (UV- und IR-Strahlung) können von unserem Auge nicht mehr wahrgenommen werden. Weiterhin ist zu bedenken, daß auch innerhalb des sichtbaren Lichtbereichs die Empfindlichkeit des Auges nicht linear ist.

Aufgrund des extrem großen Dynamikumfangs ist eine Beurteilung der Helligkeit ohne geeignete Meßgeräte nicht möglich.

Eine zuverlässige und genaue Messung

muß neben dem hohen Dynamikumfang auch eine Anpassung der Meßcharakteristik an die relative spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges berücksichtigen. Schließlich soll nur diejenige Helligkeit gemessen und angezeigt werden, die auch vom Auge wahrgenommen wird.

Fast sämtliche handelsüblichen Fotodioden haben die größte spektrale Empfindlichkeit im Infrarotbereich und scheiden somit als Meßwertaufnehmer aus.

Die in unserem Luxmetervorsatz eingesetzte Fotodiode ist mit einem Bewertungsfilter für die Augencharakteristik ausgestattet und liefert einen absolut linearen Fotostrom im Bereich von 10^{-2} bis 10^5 Lux. Die relative spektrale Empfindlichkeit dieses Bauelements in Abhängigkeit von der Wellenlänge ist in Abbildung 1 zu sehen.

Abgesehen von der Fotodiode sind keine weiteren Spezialbauelemente für die technische Realisierung dieses interessanten Meßvorsatzes erforderlich. Zusammen mit einer 9V-Blockbatterie ist die Schaltung für den Einbau in ein transparentes Universalgehäuse vorgesehen. In vier Meßbereichen wurde ein sehr großer Anzeige-

Technische Daten: Luxmetervorsatz für Multimeter

Meßbereich:	0 - 200 Lux
	0 - 2 kLux
	0 - 20 kLux
	0 - 200 kLux
Auflösung:	0,1 Lux (im 200 Lux-Bereich)
Ausgangsspannung:	0 - 2 V
Low-Bat.-Anzeige	
Versorgungsspannung:	9V-Blockbatterie
Stromaufnahme:	<5 mA
Platinenabmessungen:	78 x 53,5 mm

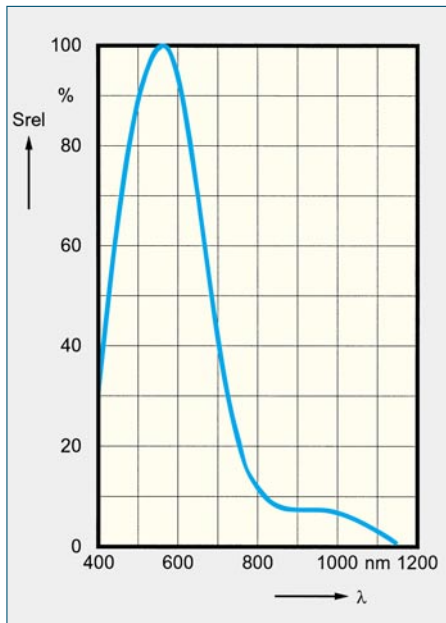


Bild 1: Relative spektrale Empfindlichkeit des Sensors (BPW 21)

umfang von 0,1 Lux bis 200 kLux realisiert. Im kleinsten (empfindlichsten) Meßbereich entsprechen $2\text{ V} = 200\text{ Lux}$ und im größten Meßbereich entspricht die gleiche Ausgangsspannung 200 kLux.

Schaltung

Die Schaltung des in Abbildung 2 dargestellten Meßvorsatzes ist im wesentlichen mit einem einzigen 4fach-Operationsverstärker des Typs TLC 274 und wenigen externen Komponenten realisiert.

Die Versorgungsspannung (9V-Blockbatterie) wird mit dem Pluspol an ST 1 und mit dem Minuspol an ST 2 (Schaltungsmasse) angeschlossen. Über S 1 gelangt die Spannung auf den Eingang des Spannungsreglers IC 2, an dessen Ausgang dann stabilisiert 6 V zur Verfügung stehen.

Mit dem Spannungsteiler R 5 und R 6 wird eine auf halber Betriebsspannung liegende Bezugsspannung für den Meßverstärker erzeugt, wobei IC 1 B als Puffer geschaltet ist. Für den mit IC 1 C und IC 1 D aufgebauten Meßverstärker ist somit der Ausgang von IC 1 B (Pin 7) der virtuelle Massepunkt. R 7 und C 6 dienen als zusätzliches Siebglied am Ausgang.

Mit IC 1 C der Fotodiode D 1 und den im Gegenkopplungsweig liegenden, umschaltbaren Widerständen R 8 bis R 11 ist der eigentliche Meßverstärker aufgebaut. Der von der Fotodiode proportional zur Helligkeit erzeugte Fotostrom an den Eingangs-Pins von IC 1 wird durch den jeweils selektierten Gegenkopplungswiderstand in eine proportionale Spannung am Ausgang des IC 1 C (Pin 8) umgewandelt.

4 unterschiedliche Gegenkopplungswiderstände und somit 4 Meßbereiche, sind mit Hilfe des 4fach-Umschalters S 2 selektierbar. Befindet sich R 8 im Rückkopplungsweig, so entsprechen 2 V Ausgangsspannung 200 Lux, während mit R 11 im Rückkopplungsweig die gleiche Ausgangsspannung (2 V) 200 kLux entspricht.

Der Spindeltrimmer R 13 dient zur Offsetspannungskorrektur des Meßverstärkers (Nullpunktgleich). Über den mit R 14 und R 15 aufgebauten Spannungsteiler ist der Einstellbereich auf ca. $\pm 3\text{ mV}$ am OP-Eingang begrenzt.

Die Ausgangsspannung des Meßverstärkers gelangt direkt auf den mit R 12, R 16, R 17 und IC 1 D aufgebauten invertierenden Verstärker. Hier wird eine Invertierung vorgenommen, die abhängig ist von der Einstellung des Trimmers R 16. Der Abgleichtrimmer R 16 (Skalenfaktor) ist so einzustellen, daß jeweils am Meßbereichsende 2 V erreicht werden (siehe Kapitel „Abgleich“).

Über den mit R 18 und C 7 aufgebauten Tiefpaß gelangt die Meßspannung letztendlich zum Multimeter-Plusanschluß (ST 3). Der Minusanschluß des Multimeters ist mit der Bezugsspannung, d. h. mit der virtuellen Masse an ST 4 zu verbinden.

Der vierte, für das Luxmeter nicht benötigte Operationsverstärker (IC 1 A), wird in unserer Schaltung zur Überwachung der Batteriespannung genutzt.

Zur Spannungsüberwachung wird die in Durchlaßrichtung geschaltete Diode D 3 über R 3 mit Spannung versorgt. Die an D 3 abfallende Flußspannung liegt direkt am nicht-invertierenden Eingang von IC 1 A an. Der invertierende Eingang ist über den Spannungsteiler R 1 und R 2 direkt mit der Batteriespannung verbunden. Sobald die Batteriespannung unter 7 V sinkt, wird die Schaltschwelle erreicht. Die Spannung am invertierenden Eingang fällt dann unterhalb der Spannung an Pin 3. Der Ausgangspegel an Pin 1 wechselt von „low“ nach „high“, und über R 5 wird die „Low-Bat“-Anzeige (D 2) mit Spannung versorgt.

Nachbau

Da die gesamte Schaltung nur aus einer Handvoll Standardbauelementen besteht, ist der praktische Aufbau sehr einfach und in kurzer Zeit erledigt.

Zuerst sind 4 Lötstifte mit Öse stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen zu pressen.

Dann werden die Anschlußbeinchen von sämtlichen Widerständen auf Rastermaß abgewinkelt und von der Bestückungsseite durch die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte geführt. Damit die Bauteile nach dem Umdrehen der Platine nicht wieder herausfallen können, sind die Anschlußbeinchen auf der Lötseite leicht anzuwickeln. Danach ist die Platine vorsichtig

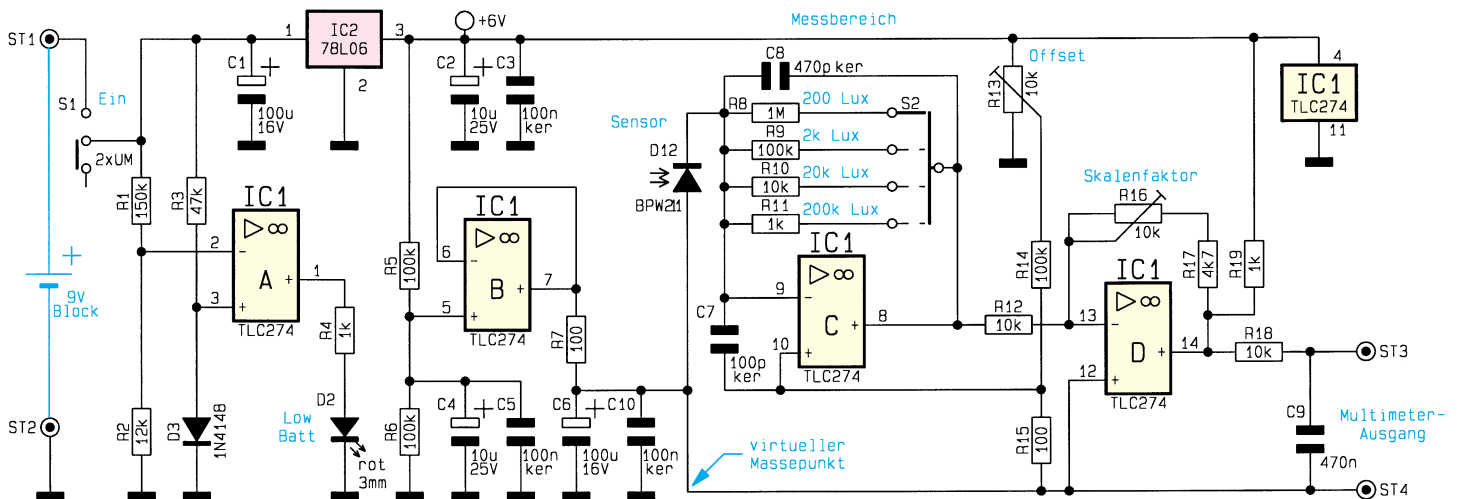
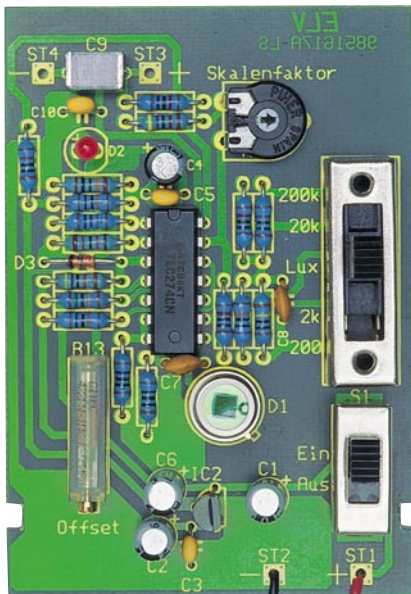
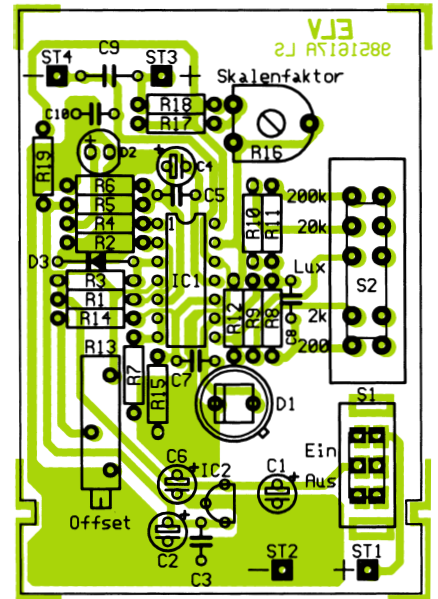


Bild 2: Schaltbild des Luxmetervorsatzes für Multimeter



Ansicht der fertig bestückten Leiterplatte



Bestückungsplan des Luxmetervorsatzes für Multimeter

Stückliste: Luxmetervorsatz für Multimeter

Widerstände:

100Ω	.....	R7, R15
1kΩ	.....	R4, R11, R19
4,7kΩ	.....	R17
10kΩ	.....	R10, R12, R18, Rx
12kΩ	.....	R2
47kΩ	.....	R3
100kΩ	.....	R5, R6, R9, R14
150kΩ	.....	R1
1MΩ	.....	R8
Spindeltrimmer, 10kΩ	.....	R13
PT10, liegend, 10kΩ	.....	R16

Kondensatoren:

100pF/ker	.....	C7
470pF/ker	.....	C8
100nF/ker	.....	C3, C5, C10
470nF	.....	C9
10µF/25V	.....	C2, C4
100µF/16V	.....	C1, C6

Halbleiter:

TLC274	.....	IC1
78L06	.....	IC2
BPW21 (ausgemessen)	.....	D1
1N4148	.....	D3
LED, 3mm, rot	.....	D2

Sonstiges:

Schiebeschalter, 2 x um, hoch	.....	S1
Schiebeschalter, 2 x 4 Stellung	.....	S2
1 9V-Batterieclip		
2 Lötstifte mit Lötöse		
30 cm 2adrig isolierte Leitung		
1 Bananenstecker rot		
1 Bananenstecker schwarz		

umdrehen und auf eine ebene Unterlage zu legen, um sämtliche Widerstände in einem Arbeitsgang zu verlöten. Die überstehenden Drahtenden werden direkt oberhalb der Lötstelle abgeschnitten.

Nun folgen die Keramik- und Folienkondensatoren, die mit beliebiger Polarität und möglichst kurzen Anschlußbeinchen einzulöten sind.

Vorsicht ist bei den Elektrolyt-Kondensatoren geboten, da es sich hierbei um gepolte Bauelemente handelt. Üblicherweise ist bei Elkos der Minuspol gekennzeichnet.

Danach ist der Spannungsregler IC 2 mit kurzen Anschlußbeinchen einzulöten.

Der 4fach-Operationsverstärker IC 1 ist so zu bestücken, daß die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Bei der Leuchtdiode D 2 (Low-Bat.) ist der untere Gehäusekragen an der Kathodenseite (Pfeilspitze) abgeflacht. Die LED ist mit einem Abstand von 14 mm, gemessen von der LED-Spitze bis zur Platinenoberfläche, zu bestücken.

Die gleiche Einbauhöhe gilt auch für die Fotodiode D 1. Das Gehäuse des Sensorelementes ist mit der Anode verbunden und die Kathodenseite durch ein Metallfähnchen am unteren Gehäusekragen gekennzeichnet.

Beim Einlöten der beiden Einstelltrimmer ist eine zu große Hitzeeinwirkung zu vermeiden, und die Anschlußpins der beiden Schiebeshalter sind mit ausreichend Lötzinn festzusetzen.

Der 9V-Batterieclip ist mit dem Pluspol an ST 1 und mit dem Minuspol an ST 2 anzuschließen.

Zur Verbindung mit dem Multimeter ist an ST 3 und ST 4 eine 50 cm lange, 2-adrige, isolierte Leitung anzulöten. Die von ST 3 kommende Leitung wird danach mit einem roten Bananenstecker und die von ST 4 kommende Leitung mit einem schwarzen Bananenstecker bestückt.

Abgleich

Der Abgleich ist besonders einfach, da jeder einzelne Sensor in einer Kalibrierkammer bei genau definierter Lichtstärke ausgemessen und mit einem individuellen Kalibrierfaktor versehen wurde.

Doch zuerst ist die Offsetspannung des Meßverstärkers abzugleichen, d. h. der Nullpunktgleich durchzuführen. Dazu wird der Sensor (D 1) provisorisch durch einen 10kΩ-Widerstand (Rx) ersetzt und im 200kLux-Meßbereich die Ausgangsspannung auf exakt 0 V eingestellt.

Danach ist der Sensor wieder einzubauen und im 2kLux-Meßbereich einer Helligkeit auszusetzen, die am Ausgang des Meßverstärkers (IC 1 C, Pin 8) eine Aus-

gangsspannung von -1 V bis -1,5 V liefert. Die gewünschte Helligkeit ist am einfachsten mit einer Glühlampe, deren Abstand variiert wird, zu erreichen.

Mit Hilfe des Trimmers R 16 (Skalenfaktor) wird nun am Ausgang (ST 3) eine Spannung eingestellt (allerdings mit positivem Vorzeichen), die der Spannung an Pin 8 geteilt durch den Kalibrierfaktor entspricht.

$$\frac{-U_{IC1, Pin 8}}{\text{Kalibrierfaktor}} = U_{ST3}$$

Beispiel:

1. Multimeter in den 2V-Meßbereich bringen.
2. Minus-Meßspitze mit ST 4 der Schaltung verbinden.
3. Plus-Meßspitze an IC 1, Pin 8 anlegen und Meßwert notieren (z. B. -1,2 V).
4. Meßwert durch Kalibrierfaktor teilen (liegt der Fotodiode bei, z. B. 1.500).
5. Plus-Meßspitze an ST 3 anlegen und mit R 16 das Ergebnis aus Punkt 4

$$\text{(hier } \frac{-(-1,2 \text{ V})}{1,500} = 0,800\text{V) einstellen}$$

- der Abgleich ist fertig.

Nach erfolgreich durchgeführtem Abgleich kann der Einbau der Schaltung in ein zweiteiliges, schraubenloses Profilhäuse erfolgen. Aufgrund der glasklaren Ausführung ist kein Durchbruch für das Sensorelement und für die Leuchtdiode erforderlich. Auf Wunsch ist das Gehäuse auch mit einer Feinsäge auf die erforderliche Länge zu kürzen. Für die exakte Erfassung der Umgebungshelligkeit steht nun ein praktisches und preiswertes Meßgerät zur Verfügung. 