



## Im Schein der Kerzen – LED-Flackerkerze

Die LED-Flackerkerze simuliert das Flackern einer brennenden Kerze. Die vier SMD-LEDs und die Steuer-Elektronik sind in ein schickes Designgehäuse eingebaut und sorgen für eine schöne Lichtstimmung. Die Flackerkerze kann mit etwas handwerklichem Geschick in eine echte Kerze eingebaut und somit z. B. in einen vorhandenen Adventskranz integriert werden.

### Nicht nur zur Weihnachtszeit

Kerzenlicht verbinden die meisten Menschen mit der Weihnachtszeit, aber auch über das restliche Jahr assoziiert Kerzenlicht Romantik, Entspannung, Besinnung, Gemütlichkeit, Wärme und Geborgenheit. Das flackernde Feuer hat seit der Urzeit und der Entdeckung des Feuers als Licht- und Wärmequelle eine besondere Anziehungskraft für die Menschen.

Elektronische Nachbildungen des Feuerscheins sind aus eben diesen Gründen sehr beliebt und mit LEDs sowie den Möglichkeiten, die eine Steuerung durch einen kleinen Mikrocontroller bietet, sehr realitätsnah realisierbar. Die „LED-Kerze“ hat in der Handhabung viele Vorteile, allem voran sei der ungefährliche Betrieb genannt – es gibt keine Brandgefahr durch eine offene Flamme und die zugehörige Wärmeentwicklung. Deshalb kann man sie auch quasi überall einsetzen, z. B. auch in Räumen, die nicht unter lückenloser verantwortungsbewusster Aufsicht stehen.

Unsere Lösung besteht in einer kompakten LED-Platine mit einer warmweiß und mehreren gelb leuchtenden LEDs, die von einem Mikrocontroller angesteuert werden. Dessen Firmware realisiert eine zufallsgesteuerte, dynamische Helligkeitseinstellung der einzelnen LEDs, so dass, zusammen mit den unterschiedlichen Lichtfarben, ein realistischer Feuerschein bzw. Flackereffekt entsteht.

Die Elektronik ist in einem kompakten Designgehäuse untergebracht, das in drei Farben jedem Bausatz beiliegt (Bild 1). Wie man hier sehen kann, erfolgt die Lichtabstrahlung über einen wie eine Flamme geformten Diffusor. In Bild 2 ist der Größenvergleich zu einem Teelicht zu sehen. Die Spannungsversorgung kann z. B. über zwei extern anzuschließende 1,5-V-Batterien erfolgen. Die Anordnung aus Batteriehalter und LED-Kerze kann mit etwas Geschick einfach in eine echte Kerze eingebaut werden, wie Bild 3 zeigt. Darauf werden wir später noch ausführlicher eingehen.



Bild 1: Das Gehäuse steht in den Farben Schwarz, Weiß und Rot zur Verfügung.

Daten

Spannungsversorgung:	2–3,5 Vdc (2x 1,5-V-Batterie)
Stromaufnahme:	100 mA (Spitze)/ 40 mA (Mittel)
LEDs:	3x Gelb/1x Warmweiß
Abm. (Platine, ø):	30,5 mm
Abm. (Gehäuse, ø):	38/35 x 48,5 mm

Gerade in der bevorstehenden Weihnachtszeit ist solch ein kleines Elektronikobjekt eine tolle Ergänzung der Weihnachts-Illumination und vielleicht auch ein schönes, kleines Geschenk, das zu einer eigenen Kerzenkreation anregt.

## Schaltung

Das Schaltbild der Flackerkerze ist in Bild 4 dargestellt. Wie man erkennt, werden die Steuersignale für die LEDs von einem Mikrocontroller (IC 1) erzeugt. Dieser Controller vom Typ ATmega48 arbeitet bis herab zu einer Betriebsspannung von 2 V und eignet sich somit sehr gut für den Batteriebetrieb.

Die Helligkeitssteuerung der Leuchtdioden D 1 bis D 4 ist durch eine PWM (Pulsweiten-Modulation) realisiert. Mit den Widerständen R 3 bis R 6 wird der LED-Strom begrenzt. Die Helligkeit der einzelnen LEDs, und somit die realistische Nachbildung einer flackernden Kerze, wird von einem Zufallsgenerator in der Firmware des Controllers gesteuert.

Damit die LEDs auch bei niedriger Betriebsspannung einwandfrei funktionieren, d. h. eine Betriebsspannung zur Verfügung steht, die höher als die Flussspannung der LEDs ist, ist ein Step-up-Wandler notwendig, der die Spannungserhöhung auf ca. 3,6 V vornimmt. Die Funktionsweise eines Step-up-Wandlers wurde schon mehrmals im ELVjournal besprochen, unter [1] kann man dazu eine detaillierte Beschreibung nachlesen. Der Step-up-Wandler wird über den Enable-Anschluss (EN) vom Controller aktiviert und stellt an seinem Ausgang (V<sub>out</sub>) die geforderte stabile Spannung zur Versorgung der LEDs bereit.

Durch kurze Betätigung des Tasters TA 1 wird ein



Bild 2: Größenvergleich des Flackerlichts (ohne Batterie) mit einem Teelicht



Bild 3: Die Flackerlicht-Schaltung, eingelassen in einer herkömmlichen Wachskerze

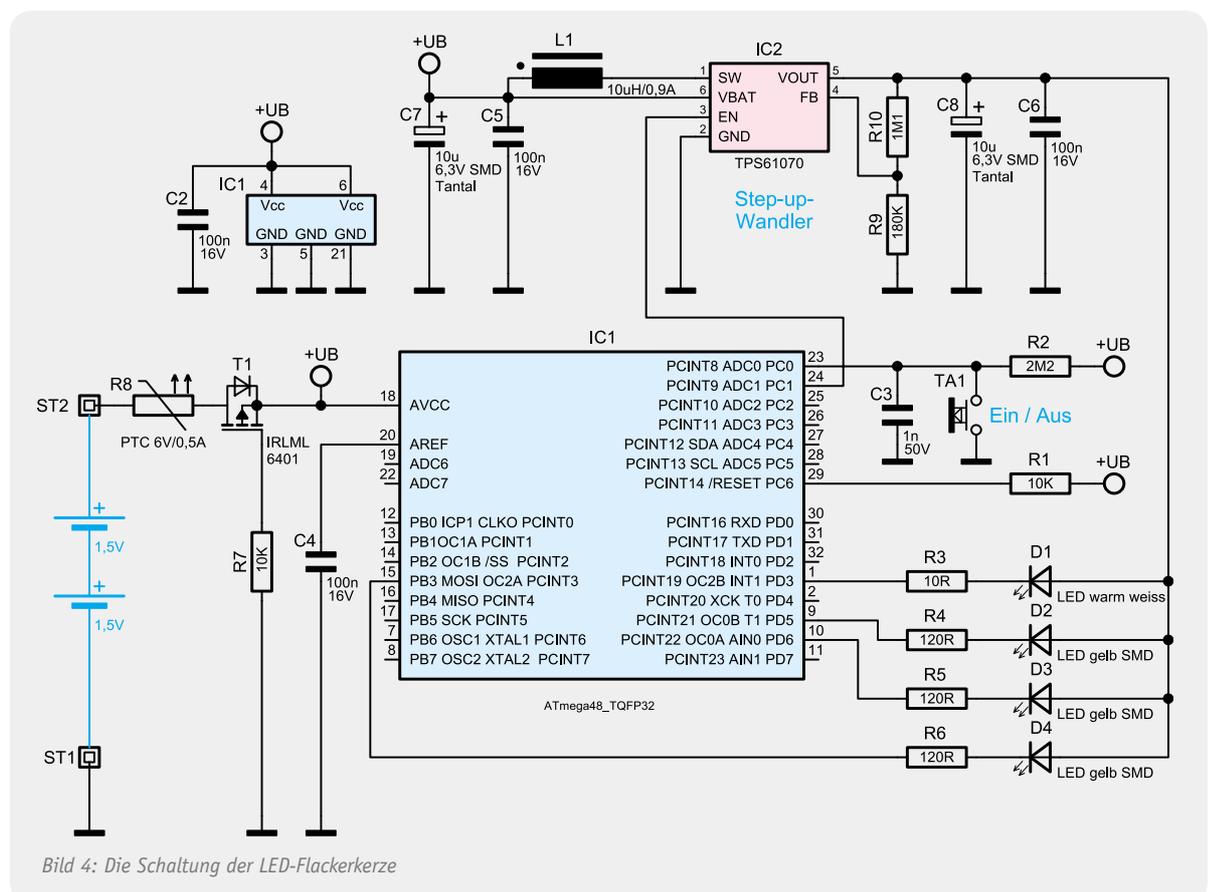


Bild 4: Die Schaltung der LED-Flackerkerze



Bild 5: Die Versorgung der Schaltung kann mit Batterien erfolgen, die in einen Batteriehalter eingelegt werden.

externer Interrupt ausgelöst, der den Controller dazu veranlasst, die Schaltung je nach Betriebszustand zu aktivieren bzw. deaktivieren. Kurz gesagt – ein kurzer Tastendruck schaltet das Gerät ein oder aus (Toggle-Funktion).

Die Spannungsversorgung der Schaltung (3 V) kann über zwei in Reihe geschaltete 1,5-V-Batterien erfolgen, die mit den Anschlüssen ST 1 und ST 2 verbunden werden. Der PTC (R 8) dient als reversible Sicherung, d. h. im Fehlerfall (z. B. Kurzschluss in der Schaltung) wird dieser PTC hochohmig und begrenzt so den Strom. Nach Beseitigung des Fehlers nimmt der PTC wieder seinen ursprünglichen Widerstandswert an. Ebenfalls zum Schutz der Schaltung dient der MOSFET T 1, der einen Verpolungsschutz darstellt. Gegenüber einer Diode als Verpolungsschutz, bei der, je nach Typ, durch die Flussspannung ein Spannungsabfall von bis zu ca. 0,7 V auftritt, hat der MOSFET den Vorteil, dass nur sehr wenig Spannung abfällt (max. 0,1 V).

## Nachbau

Bedingt durch die sehr kleinen SMD-Bauformen, wie sie in dieser Schaltung zum Einsatz kommen, würde sich die Handbestückung als schwierig gestalten. Daher sind alle SMD-Bauteile schon vorbestückt. Vor dem Einsatz der Schaltung sollte die Platine jedoch noch einmal auf exakte Bestückung, fehlerhafte Lötstellen und Lötzinnbrücken untersucht werden, da die Bauplatine lediglich bestückt, aber nicht geprüft ist.

## Inbetriebnahme und Gehäuseeinbau

Als Spannungsversorgung dienen z. B. zwei 1,5-V-Bat-

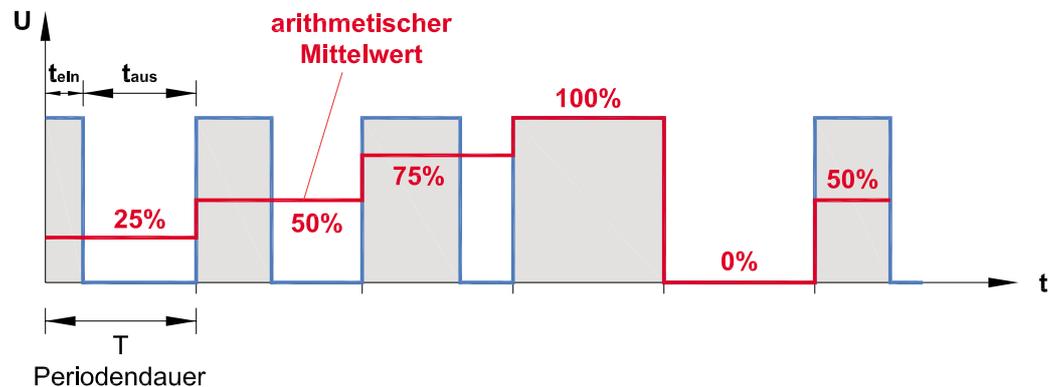


Bild 7: Die Flackerkerze kann samt Batteriehalter auch in ein passend zurechtgeschnittenes, handelsübliches 40-mm-Kunststoffrohr eingesetzt werden. Das kann auch nach eigenem Wunsch beispielsweise lackiert oder mit Dekofolie bezogen werden.

terien. Zweckmäßigerweise nimmt man hierfür Mignon- oder Micro-Batterien, die in einem Batteriehalter untergebracht sind (siehe Bild 5). Wenn man sich für eine andere Spannungsquelle entscheidet, muss unbedingt die maximale Betriebsspannung von 3,5 V beachtet werden. Bei Batteriehaltern mit konfektionierten Anschlussleitungen ist die farbliche Zuordnung der Anschlüsse einfach: Rot ist die Plusleitung (ST 2), schwarz die Minusleitung (ST 1). Bevor die Platine in das Gehäuse eingesetzt wird, muss noch die „Flamme“ vorsichtig in den Deckel eingesteckt werden. Der Einbau der Platine in das Gehäuse ist in der Fotoserie in Bild 6 gezeigt. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass in die Zuleitung zur Zuentlastung ein Knoten eingebracht werden muss (siehe Bild 6, erstes Bild). Nachdem

Bild 6: Die Montager Reihenfolge: Leitungen unten durch die Gehäuseöffnung führen – gegen unerwünschtes Herausziehen mit einem Knoten sichern – abisolierte Enden von unten durch die Platinenbohrung führen und auf der Platinenoberseite verlöten – Platine einsetzen – Deckel („Flamme“) so aufsetzen, dass der Tasterstößel genau in der dafür vorgesehenen Öffnung sitzt – Gehäuse verschrauben.





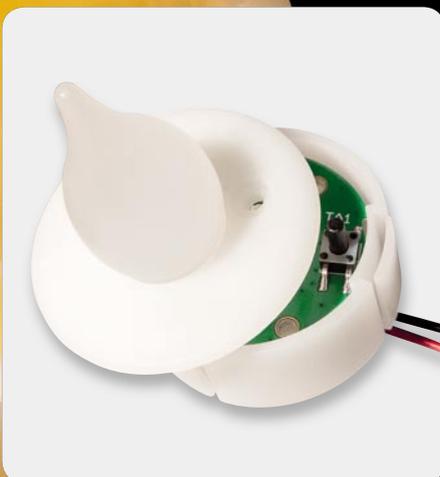
### Pulsweiten-Modulation (PWM)

Die Pulsweiten-Modulation, auch Pulsweiten-Modulation oder Pulsdauer-Modulation genannt, ist eine Modulationsart, die vorwiegend bei Rechtecksignalen angewandt wird. Die zu übertragende Information steckt allein in der Pulsbreite und nicht in der Signalamplitude oder der Frequenz. Charakteristisch für eine PWM ist, dass die Periodendauer ( $T$ ), also die Frequenz, immer konstant bleibt und sich nur die Einschaltzeit ( $t_{\text{ein}}$ ) zur Periodendauer ( $T$ ) wird als Tastgrad bezeichnet:

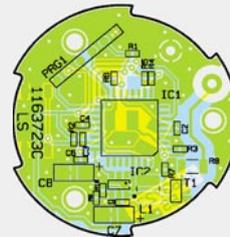
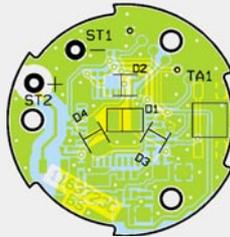
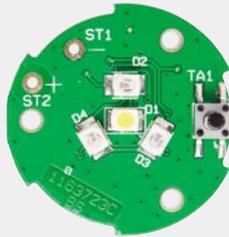
$$\text{Tastgrad} = \frac{t_{\text{ein}}}{T} \quad \text{Beispiel: } \frac{0,5}{1} = 0,5 \text{ entspricht } 50\%$$

Einsatzbereiche für eine PWM sind z. B. digitale Signalübertragung, D/A-Wandler in der Mikrocontrollertechnik usw. Der Hauptein-

satzbereich ist aber wohl die Leistungselektronik, wo es um die Drehzahlsteuerung von Leistungsmotoren oder um die Helligkeitssteuerung von Lampen oder LEDs geht. Möchte man die Drehzahl eines leistungsstarken Motors einstellen, kann dies durch einen Linearregler geschehen, der die Betriebsspannung des Motors verändert. Bei diesem Verfahren entsteht jedoch sehr viel Verlustleistung und damit verbundene Wärme. Diesen Nachteil kann man mit einer PWM umgehen. Die PWM-Steuerung schaltet den Motor periodisch ein und aus. Dieses Schalten geschieht sehr schnell ( $> \text{ca. } 100 \text{ Hz}$ ), so dass dies vom Anwender nicht wahrgenommen wird. Die Leistungsendstufe besteht lediglich aus einem elektronischen Schalter (z. B. MOSFET), so dass die Verlustleistung nur durch den relativ geringen Einschaltwiderstand  $R_{\text{DSon}}$  des MOSFETs und die Schaltflanken bestimmt wird. Dieser Vorteil einer PWM wird auch gerne beim Dimmen von Lampen und LEDs ausgenutzt.



Ansicht der fertig bestückten Platine der LED-Flackerkerze mit zugehörigem Bestückungsplan, links Oberseite, rechts Unterseite



die Platine in das Gehäuse eingebaut ist, sollte ein Funktionstest durchgeführt werden. Durch Betätigen des Tasters wird das Gerät eingeschaltet und durch nochmaliges Betätigen wieder ausgeschaltet.

**Hinweis:** Ein dreimaliges Aufblinken der weißen LED nach dem Einschalten signalisiert, dass die Batteriespannung auf ca. 2 V abgefallen ist (Low-Bat.) und die Batterien gewechselt werden müssen.

Die fertige Schaltung kann z. B. in eine größere Wachskerze eingesetzt werden (siehe Bild 3). Hierzu wird die Wachskerze ausgehöhlt, so dass genügend Platz für die Elektronik und Batterie entsteht.

Ein zweites Anwendungsbeispiel zeigt Bild 7. Hier wird ein handelsübliches Abflussrohr, das entsprechend auf Länge gesägt wird, als Kerzenkörper verwendet. Im Inneren ist genügend Platz für eine Batteriehalterung mit Mignon-Batterien. **ELV**



### Weitere Infos:

[1] Webcode: #1212  
„Elektronikwissen: Step-up-Wandler“

### Widerstände:

10 $\Omega$ /SMD/0402	R3
120 $\Omega$ /SMD/0402	R4–R6
10 k $\Omega$ /SMD/0402	R1, R7
180 k $\Omega$ /SMD/0402	R9
1,1 M $\Omega$ /SMD/0402	R10
2,2 M $\Omega$ /SMD/0402	R2
Polyswitch, 6 V, 0,5 A, SMD, 1206	R8

### Kondensatoren:

1 nF/SMD/0402	C3
100 nF/SMD/0402	C2, C4–C6
10 $\mu$ F/6,3 V/Tantal/SMD	C7, C8

### Halbleiter:

ELV111066/SMD	IC1
TPS61070DDC/SMD	IC2
IRLML6401/SMD	T1
LED, Warmweiß, SMD	D1
LED, Gelb, SMD	D2–D4

### Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10 $\mu$ H/0,9 A	L1
Mini-Drucktaster, 1x ein, 5,1 mm Tastknopflänge	TA1
30 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Rot	
30 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Schwarz	
1 Flamme, natur	
1 Flammen-Einsatz, Weiß	
1 Flammen-Einsatz, Rot	
1 Flammen-Einsatz, Schwarz	
1 Gehäuseunterteil, Weiß, bedruckt	
1 Gehäuseunterteil, Rot, bedruckt	
1 Gehäuseunterteil, Schwarz, bedruckt	
3 TORX-Kunststoffschrauben 2,0 x 12 mm	

Stückliste

