

LED-Stroboskop LDS 1

Stroboskop-Effekte mit Hilfe von LEDs realisieren – diesen neuartigen Ansatz ermöglicht die Stroboskop-Steuerung LDS 1. Die Steuerung gibt 16 verschiedene effektvolle Blitzfolgen aus und ist dabei speziell für den Anschluss von LEDs ausgelegt. Die einfache Handhabung, die kleine Bauform und die Robustheit von LEDs lassen hier dem Anwender nahezu unendliche Freiräume, sich sein eigenes Stroboskop zusammenzustellen.

Allgemeines

Jede Party und jedes Konzert lebt neben der Musik auch von guten Lichteffekten. Stroboskope gehören dabei zu den einfachsten und ältesten Effektgeräten, sind aber nach wie vor zu den effektivsten zu zählen. Ein Stroboskop ist gekennzeichnet durch einen kurzen Lichtblitz bei variabler Wiederholrate. Im Schein dieser Stroboskop-Leuchten wirken Bewegungen dann abgehackt wie die Bewegung von Robotern. Dieser Effekt tritt je nach Begebenheit ab einer Wiederholrate von ca. 10 Hz auf. Wird der Blitz schneller, dann mittelt

das menschliche Auge ab ca. 30 Hz den Lichtblitz wieder zu einem „Flackerlicht“.

Die meisten Stroboskope werden mit Hochspannungs-Blitzröhren betrieben. Für große Lichtleistungen ist dies auch sicherlich die beste Lösung. Die stetig steigende Effizienz der LEDs mit immer größer werdenden Lichtstärken führt aber auch zu dem Ansatz, ein solches Stroboskop mittels LED-Lichtquellen zu realisieren. Ein Vorteil der LED-Technik ist dabei vor allem die wesentlich höhere Lebensdauer. Während herkömmliche Leuchtmittel das ständige Ein- und Ausschalten gar nicht „mögen“, beeinträchtigt der Pulsbetrieb die Lebensdauer einer LED nicht. Ein wei-

terer Vorteil ist die extrem einfache und vor allem gefahrlose Handhabung. LEDs werden mit Schutzkleinspannung betrieben und geben im Betrieb kaum Wärme ab.

Technische Daten: LED-Stroboskop LDS 1

Anzahl der Blitzvarianten: 16
Anschlüsse
- Spannungsversorgung:
Klemme bis 2,5 mm²
- LED-Ausgang: Klemme bis 2,5 mm²
Spannungsversorgung: 5–15 V/DC
Stromaufnahme: max. 1 A
Abmessungen: 47 x 78 x 11 mm

Letzteres gibt Bastlern nahezu unbegrenzte Möglichkeiten: Werden mehrere LED-Cluster verteilt in eine Dekoration eingebaut, so lassen sich damit Effekte erzielen, die mit Hilfe herkömmlicher Stroboskope unmöglich wären. Die Ansteuerung übernimmt dabei die Stroboskop-Ansteuerung LDS 1, wobei auch die Handhabung dieser Schaltung extrem einfach ist.

Das Einsatzgebiet der LDS 1 beschränkt sich allerdings nicht allein auf den Bereich der Lichttechnik im Partykeller etc., auch im Bereich des Modellbaus kann ein solches Blitzlicht effektiv eingesetzt werden: Die Nachbildung von lichtstarken Flugsicherheitsbefeuerungen und von Doppelblitz-Warnanlagen, so genannten „Räumlichtern“ bei Polizei- und Rettungswagen, sind nur einige Beispiele für den Modellbaubereich. Auch in Verbindung mit Alarmanlagen lässt sich die LDS 1 als Steuerung für lichtstarke Alarmleuchten einsetzen.

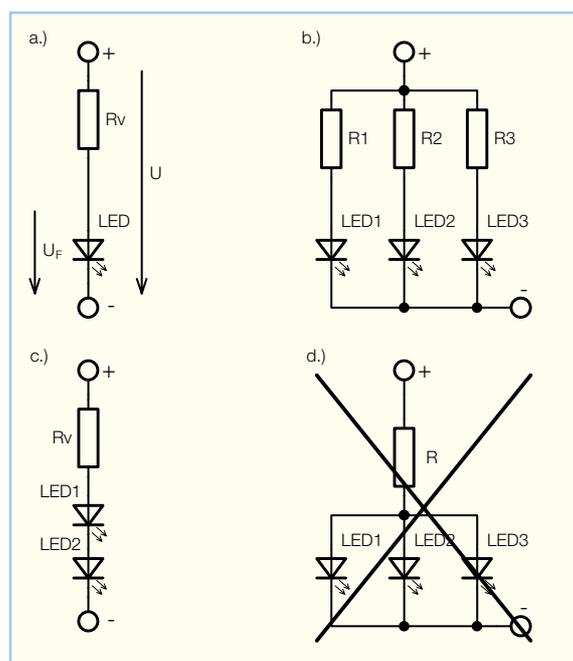
Anschluss und Bedienung

Installation und Bedienung beschränken sich im Prinzip auf den Anschluss der Spannungsversorgung am DC-Eingang und der LEDs am Schaltausgang sowie dem Programmieren der Blitzfolge.

Die Betriebsspannung für das LED-Stroboskop wird über die Klemme KL 1 zugeführt. Hier ist eine Gleichspannung im Bereich von 5 V bis 15 V anzuschließen, die einen Strom von mindestens 1 A liefern können muss (abhängig von der angeschlossenen Last). Dabei ist die Polung zu beachten – eine Diode schützt die Schaltung allerdings bei versehentlichem Verpolen.

Die Blitzfolge wird am Ausgang KL 2 ausgegeben. Hier steht am Anschluss „A“ (Anschluss für die Anode der LEDs) der Pluspol der Betriebsspannung an, der Anschluss „K“ (Kathode der LED) wird im Sinne der programmierten Impulsfolge nach Masse geschaltet. Somit ist die Ausgangsspannung immer von der zugeführten Betriebsspannung abhängig, der Spannungsabfall über dem Schalttransistor kann dabei vernachlässigt werden. Bei 12 V Betriebsspannung liegen an der Ausgangsklemme KL 2 also Rechteckimpulse mit einer Amplitude von 12 V an. Auf der Basis dieser Information muss dann auch

Bild 1:
Anschlussbeispiele für
LED-Zusammenschaltungen



die Last bestimmt werden. Hier ist zu beachten, dass der maximale Strom von 1 A nicht überschritten wird.

Geeignet zum Anschluss an das LED-Stroboskop sind alle möglichen Varianten von Einzel-LEDs und LED-Cluster (zusammengeschaltete LED-Pakete). Es ist allerdings immer sicherzustellen, dass die maximalen Leistungsdaten der LEDs eingehalten werden. Dazu hier ein kurzes Intermezzo zum Thema „Praktische Anwendung von LEDs“.

Praktische Anwendung von LEDs und LED-Clustern

Grundsätzlich gilt es beim Einsatz von LEDs eigentlich nur zwei Punkte zu beachten. Zum einen ist bei einer LED die korrekte Polung sicherzustellen, zum anderen ist die emittierte Lichtstärke vom fließenden Strom und nicht von der anliegenden Spannung abhängig.

Da eine LED in ihrer Urform immer noch eine Diode darstellt, ist für den Einsatz die korrekte Polarität des speisenden Stromes stets zu berücksichtigen. Die recht kleine maximale Sperrspannung von ca. 5 V macht das Bauteil auch relativ empfindlich gegen diese Art der Überlastung. Die Kennzeichnung von Anode und Kathode am Bauteil erfolgt dabei über die in den meisten Gehäusevarianten gut erkennbare Reflektorwanne. Bei schon zusammenschalteten LED-Clustern sind die Kontakte meist entsprechend beschriftet.

Des Weiteren ist aufgrund der recht steilen Strom-Spannungs-Kennlinie nur der Betrieb mit Stromsteuerung bzw. Strombegrenzung erlaubt. Diese Strombegrenzung ist im LED-Stroboskop-Modul LDS 1 nicht (!) implementiert und muss somit durch eine äußere Beschaltung (z. B. einen

Reihenwiderstand) sichergestellt werden. Wie dies geschehen kann, zeigt folgende Ausführung.

Die Helligkeit einer Leuchtdiode ist, wie gesagt, stets vom fließenden Strom abhängig. Üblicherweise werden LEDs mit Strömen im Bereich von 5 mA bis 20 mA (Dauerstrom) betrieben, wobei sich die technischen Daten meist auf einen Vorwärtsstrom von 20 mA beziehen. Speziell für die Anwendung im LED-Stroboskop ist allerdings nicht dieses Datum des „Continuous Forward Current“ interessant, sondern eher der max. zulässige Spitzenwert „Peak Forward Current“, der um einiges höher ist. Die Streuung dieser Angabe ist allerdings sehr hoch (100 mA bis 1 A), so dass hier kein typischer Wert angegeben werden kann. Zur Sicherheit sind hier immer die technischen Daten zurate zu ziehen – hier ist dann auch angegeben, auf welche Impulsdauer sich der maximal zulässige Peak-Strom bezieht.

Da der Stroboskop-Effekt sehr stark von der Lichtstärke abhängt, sollte man diese so groß wie möglich wählen. Dazu gibt es die Möglichkeit, superhelle LEDs einzusetzen, die gegenüber Standard-LEDs einen wesentlich höheren Wirkungsgrad haben, d. h. bei gleichem Strom mehr Lichtleistung emittieren. Außerdem kann durch das Zusammenschalten (Reihen- und Parallelschalten) von mehreren superhellen LEDs ein so genanntes LED-Cluster aufgebaut werden. Diese gibt es allerdings auch schon fertig im Gehäuse montiert (z. B. 50-LED-Cluster, rot, 23.000 mcd, Best.-Nr.: 42-489-19).

Wie bereits erwähnt, muss der LED-Strom stets begrenzt oder geregelt sein. Die Flussspannung, d. h. die bei einem bestimmten Strom an der Diode „abfallende“ Spannung unterliegt starken Exem-



Warnung!

Blicken Sie niemals direkt in die Lichtquelle, da bei empfindlichen Menschen unter Umständen epileptische Anfälle ausgelöst werden können! Dies gilt insbesondere für Epileptiker!

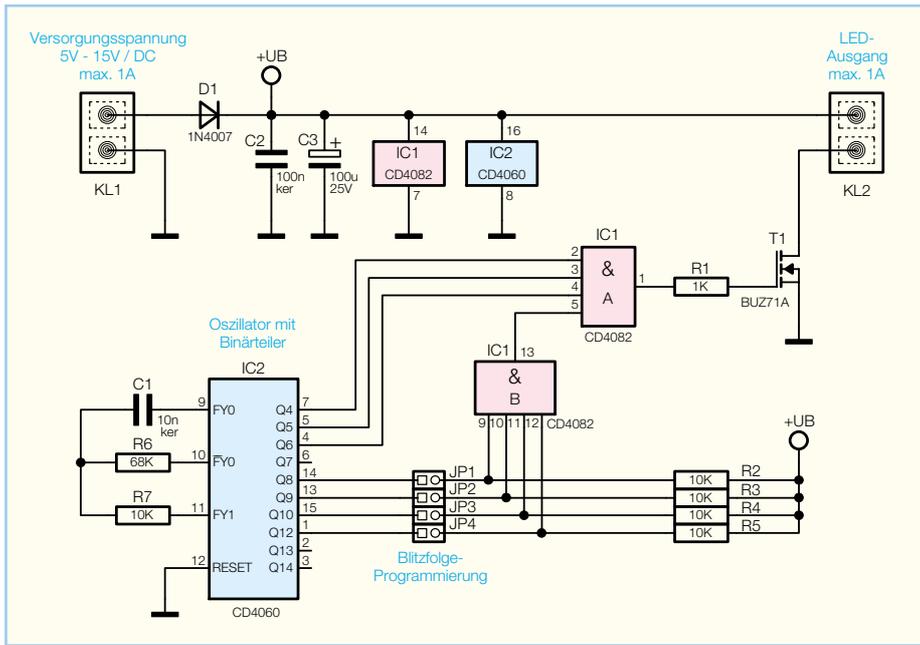


Bild 2: Schaltbild des LED-Stroboskopes

plarstreuungen. Somit ist der Betrieb am Schaltausgang KL 2 nur über einen strombegrenzenden Vorwiderstand zulässig. Diese in Abbildung 1 a gezeichnete Schaltung ist auch gleichzeitig die einfachste Art, eine LED am LDS 1 zu betreiben.

Der gewünschte LED-Strom I_{Fpeak} , die Betriebsspannung U und die Flussspannung U_F ergeben über folgende Gleichung den erforderlichen Vorwiderstand R_V :

$$R_V = \frac{U - U_F}{I_{Fpeak}}$$

Die maximale Verlustleistung P_V des Widerstandes berechnet sich danach wie folgt:

$$P_V = I_{Fpeak}^2 \cdot R_V$$

Für den Betrieb einer Standard-LED ($U_F = 1,8 \text{ V}$, $I_{Fpeak} = 200 \text{ mA}$) an 12 V Betriebsspannung ergibt sich somit folgender Vorwiderstand:

$$R_V = \frac{12 \text{ V} - 1,8 \text{ V}}{200 \text{ mA}} = 51 \Omega$$

In diesem Fall wird ein Widerstand von 56Ω aus der E-12-Reihe gewählt, mit dem ein LED-Strom von 182 mA zustande kommt. Der Widerstand muss weiterhin für folgende Verlustleistung ausgelegt sein:

$$P_V = (182 \text{ mA})^2 \cdot 56 \Omega = 1,85 \text{ W}$$

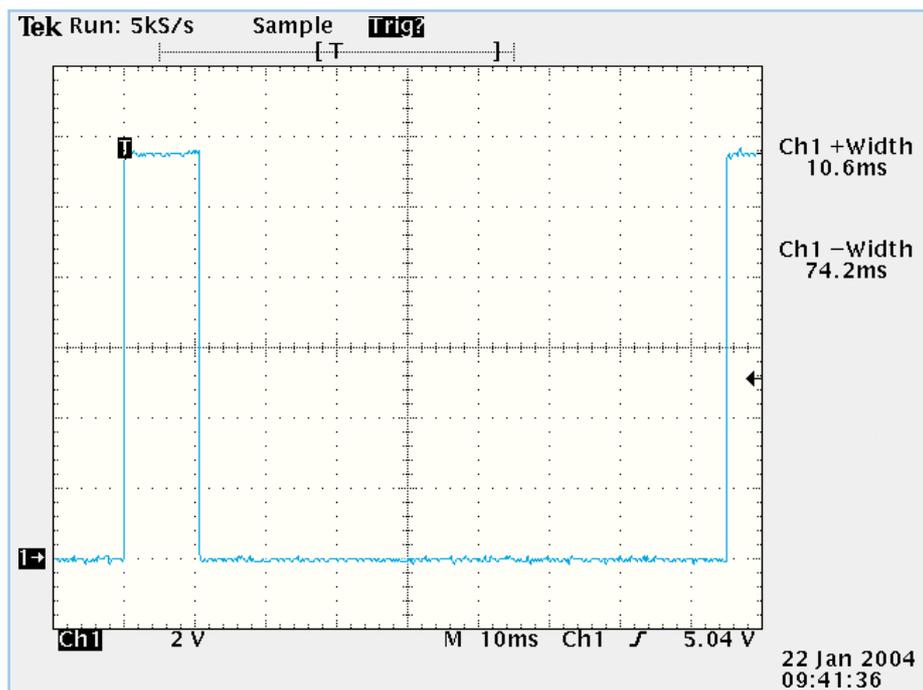


Bild 3: Einzelner „Blitzimpuls“

Dieser Wert gilt für 200 mA Dauerlast und kann aufgrund des Impulsbetriebs je nach Impulsfestigkeit reduziert werden. Sollen mehrere LEDs an einer Quelle betrieben werden, so gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten der Zusammenschaltung: die Reihen- und die Parallelschaltung. In Abbildung 1 b und c sind zwei mögliche Varianten aufgezeigt. Da die Flussspannung von LEDs Exemplarstreuungen unterliegt, ist die in Abbildung 1 d gezeigte Schaltung bei der Zusammenschaltung von Einzel-LEDs nicht brauchbar. Bei fertigen LED-Clustern hingegen kann diese Art der Verschaltung durch die Verwendung speziell aufeinander abgestimmter LEDs zum Einsatz kommen. Hier gibt dann aber das entsprechende Datenblatt nähere Auskünfte zur Verschaltung und zur Bestimmung des Vorwiderstandes.

Wenn es die Höhe der zur Verfügung stehenden Betriebsspannung zulässt, ist für das Zusammenschalten immer die Variante 1 c zu verwenden. Bei 12 V Betriebsspannung können so mindestens 5 Standard-LEDs (z. B. 5 mm , grün) in Reihe betrieben werden. Hierbei ist dann auf jeden Fall sichergestellt, dass alle LEDs vom selben Strom durchflossen werden und somit auch die gleiche Helligkeit besitzen. Außerdem ist nur ein Vorwiderstand notwendig, der aufgrund des reduzierten Spannungsabfalles auch weniger Verlustleistung umsetzen muss. Durch das Parallelschalten solcher Stränge, ähnlich wie in Abbildung 1 b gezeigt, lässt sich dann die Gesamtlichtstärke weiter erhöhen und die maximale Belastbarkeit des Schaltausganges KL 2 von 1 A voll ausschöpfen. Die im Folgenden vorgestellte einfache Schaltungstechnik macht das Gerät dabei robust und vielseitig verwendbar.

Schaltung

Die Schaltungstechnik des LED-Stroboskopes LDS 1 ist in Abbildung 2 dargestellt. Zwei CMOS-Gatter und ein Schaltransistor sind hier für die eigentliche Funktion verantwortlich. Ein Binärzähler mit integriertem Oszillator dient als Taktgenerator. Durch geschickte logische Verknüpfung der einzelnen Ausgänge lassen sich dann verschiedene Impulsfolgen erzeugen.

Der Binärzähler mit integriertem Oszillator IC 2 erzeugt zunächst einen „Grundtakt“. Sowohl die Impulsdauer als auch die Impulsfolge wird ausgehend von diesem CMOS-Baustein vom Typ 4060 generiert.

Für die Dimensionierung des Oszillators sind die vorgesehene Impulsdauer und die gewünschte Impulsfolgefrequenz ausschlaggebend. Als günstige Impulsdauer für einen einzelnen Blitzimpuls hat sich eine Zeitspanne von ca. 10 ms herausge-

stellt. D. h. ein einzelner „Blitz“ einer angeschlossenen LED ist ca. 10 ms lang. Damit ein solcher Einzelimpuls auch als solcher sichtbar bleibt, ist eine gewisse Pause bis zum nächsten Impuls notwendig. Ist diese zu klein, „mittelt“ das menschliche Auge die aufeinander folgenden Impulse zu einem mehr oder weniger flackernden „Dauerleuchten“ der LED. Als günstige Konstellation haben sich 10 ms Impulsdauer bei einer Periodendauer von ca. 80 ms herausgestellt. Abbildung 3 zeigt einen solchen Einzelimpuls.

Aus den angegebenen Zeiten lässt sich dann die Taktfrequenz des im Binärzählers implementierten Oszillatorteiles bestimmen. Dabei bestimmt der kleinste verfügbare Teilerangang des 4060 in Verbindung mit der gewünschten Impulsbreite von ca. 10 ms die Frequenz: Der kleinste zugängliche Teilerangang ist Q 4 mit $+2^4$ an Pin 7. Soll hiermit also eine High-Phase von 10 ms erzeugt werden, so ergibt sich die Oszillatorfrequenz wie folgt:

$$f_{osz} = 2^4 \cdot \frac{1}{2 \cdot 10 \text{ ms}} = 800 \text{ Hz}$$

Der Oszillator des 4060 benötigt in der Applikation als RC-Oszillator nur die drei externen Bauelemente R 6, R 7 und C 1. Wobei die eigentliche Oszillatorfrequenz nur durch R 6 und C 1 bestimmt wird. Die Oszillatorfrequenz lässt sich über folgende Formel bestimmen:

$$f_{osz} \approx \frac{1}{2 \cdot R6 \cdot C1}$$

Mit der hier angegebenen Dimensionierung liegt die Oszillatorfrequenz bei ca. 735 Hz. Dies ergibt eine maximale Impulsdauer von 10,9 ms. Aufgrund von Bauteiltoleranzen kann die Frequenz aber um mehr als $\pm 10\%$ schwanken. Dies ist in dieser Anwendung allerdings völlig unkritisch.

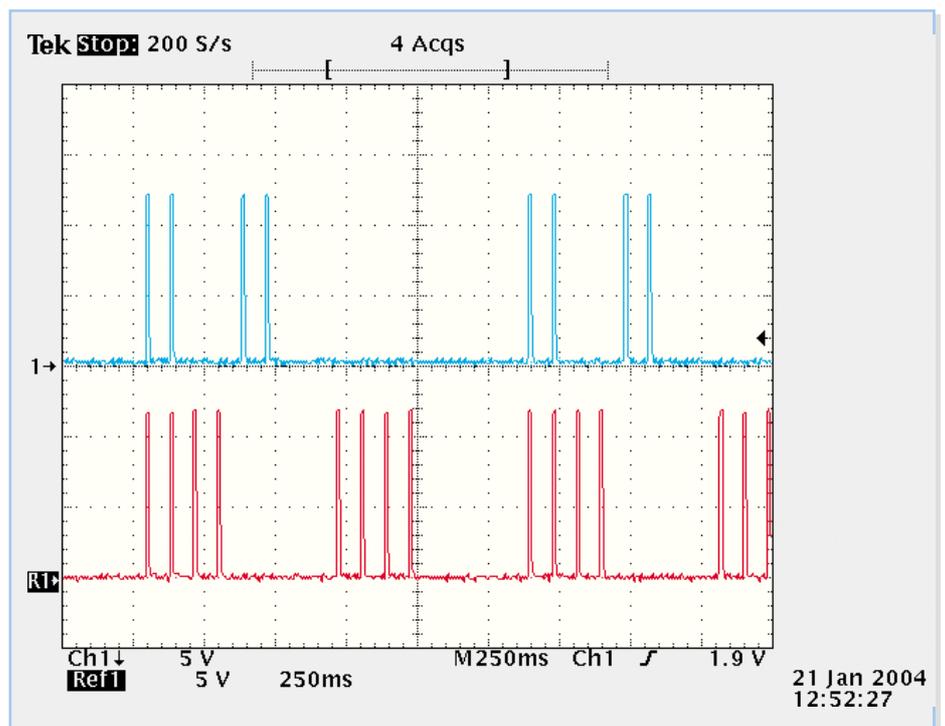


Bild 4: Blitzfolge, oben: Jumper-Codierung „1010“, unten: „0100“

Um aus diesem Taktsignal nun den in Abbildung 3 gezeigten Impuls zu „formen“, ist eine logische Verknüpfung entsprechender Binärteiler-Ausgänge notwendig. Dies übernimmt das UND-Gatter IC 1 A. Relevant für die Erzeugung des dargestellten Impulses sind die Eingänge Pin 2, 3 und 4; Pin 5 dient zur Festlegung der Wiederholfolgen dieses Impulses, worauf wir später eingehen. Um den 10-ms-Impuls, der an Pin 7 von IC 2 anliegt, mit einer Wiederholrate von ca. 1/80 ms zu generieren, müssen die Teilerangänge „Q 5“ und „Q 6“ mit dem Ausgang „Q 4“ UND-verknüpft werden. Somit ist der eigentliche „Blitzimpuls“ erzeugt.

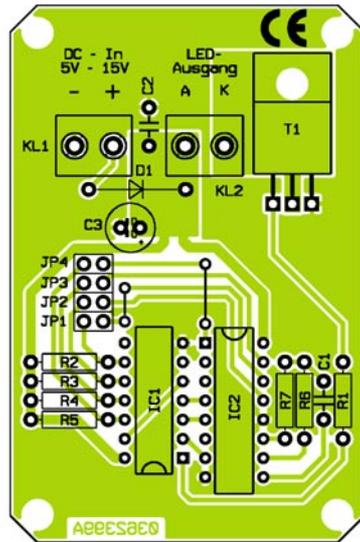
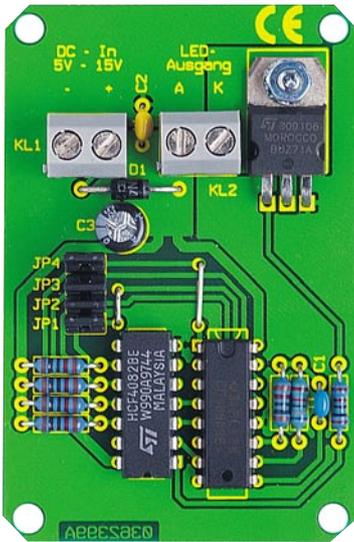
Mit Hilfe der Jumper JP 1 bis JP 4 lassen

sich dann bis zu $16 (2^4)$ verschiedene Blitzfolgen erzeugen. Ein gesetzter Jumper führt das Ausgangssignal des Binärteilers (IC 2) auf das UND-Gatter IC 1 B, während bei gezogenem Jumper der Gatter-Eingang auf High-Pegel liegt. Die so realisierbaren Impulsfolgen reichen von einer stetigen Folge der einzelnen Blitzimpulse (alle Jumper gezogen) bis zu einem Zweierpack an Blitzimpulsen mit einer Wiederholrate von ca. 5,5 Sekunden. Innerhalb dieser Maximalwerte lassen sich dann weitere 14 verschiedene Blitzfolgen einstellen – je nach gesetzter Verknüpfung der einzelnen Binärteiler-Ausgänge.

In Abbildung 4 sind zwei verschiedene mögliche Blitzfolgen zu sehen: oben im Bild



Bild 5: Impulsdiagramm zum LED-Stroboskop



Ansicht der fertig bestückten Platine des LED-Stroboskops mit zugehörigem Bestückungsplan

die Folge bei der Jumper-Konstellation 1010 (JP 1 bis JP 4), unten die Folge bei 0100. Der interessierte Leser kann sich die ausgeführten Blitzfolgen auch leicht selbst herleiten: Im Prinzip wird der in Abbildung 3 gezeigte Impuls mit der gemäß IC 1 B erzeugten Verknüpfung ein- und ausgeschaltet. Wie das Ausgangssignal von IC 1 B aussieht, lässt sich mit Hilfe eines Impulsdigrammes nachvollziehen. Da die Eingangssignale (Q 8, Q 9, Q 10 und Q 12 von IC 2) ja die durch 2^8 , 2^9 , 2^{10} bzw. 2^{12} geteilte Oszillatorschwingung darstellen, lassen sich die Verknüpfungen auch leicht von Hand zeichnen. Alle Blitzfolgen sind in

Abbildung 5 nochmals zusammengefasst: Die unteren 16 Graphen geben die möglichen Ausgangssignale bei angegebener Jumperstellung an, die oberen Graphen stellen die entsprechenden Ausgänge des Binärteilers dar. Am einfachsten und wirkungsvollsten ist es allerdings, sich die Blitzfolgen bei angeschlossener LED anzusehen.

Die generierte Impulsfolge steht nun am Ausgang des UND-Gatters IC 1 A an. Da der Ausgang eines solchen CMOS-Bausteines nur einige Milliampere treiben kann, ist eine Treiberstufe notwendig. Diese Funktion übernimmt der MOSFET T1 vom Typ BUZ 71A. Er dient als Open-Drain-Ausgangsstufe, d. h. der Drain-Anschluss wird gemäß der Ansteuerung gegen Masse geschaltet. Zum Anschluss der Last dient die Klemme KL 2, auf die neben dem Drain-Kontakt von T 1 auch noch der „Plus-Anschluss“ der Betriebsspannung geführt ist. Hier lassen sich dann die LEDs bzw. die LED-Cluster anschließen.

Da die CMOS-Gatter einen weiten Versorgungsspannungsbereich haben, wurde auf eine eigenständige Stabilisierung verzichtet. Die an der Klemme KL 1 anliegende Betriebsspannung wird hier nur noch mittels C 3 gefiltert. Die Diode D 1 dient als Verpolungsschutz.

Nachbau

Die ausschließliche Verwendung bedrahteter Bauteile führt dazu, dass sich der Aufbau dieser Schaltung recht unkompliziert gestaltet. Alle Bauelemente finden auf der dargestellten 47 x 78 mm messenden Platine Platz. Die Bestückung der Platine erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes, wobei auch das dargestellte Platinenfoto hilfreiche Zusatzinformationen liefern kann.

Die Bestückung wird mit dem Einbau der niedrigen Bauteile begonnen. Dazu sind im ersten Arbeitsschritt die Draht-

brücken anzufertigen und an den entsprechenden Positionen einzulöten. Anschließend können die Widerstände und die Diode bestückt werden, wobei beim Einsetzen der Diode die Polarität zu beachten ist. Der Katodenring auf dem Bauteil, der mit der Kennzeichnung im Bestückungsplan übereinstimmen muss, gibt dazu eine Orientierungshilfe.

Im Folgenden sind die Kondensatoren einzusetzen – beim Einbau des Elektrolytkondensators muss die richtige Polung sichergestellt werden. Danach sind die aktiven Teile zu bestücken:

Bei den ICs kennzeichnet die Gehäusekerbe, die auch im Bestückungsdruck gezeichnet ist, die korrekte Einbauposition. Der Transistor T 1 wird zur mechanischen Stabilisierung liegend eingebaut. Hierzu sind zunächst die Anschlussbeine im Abstand von 2,5 mm um 90° nach hinten abzuwickeln. Anschließend wird das Bauteil eingesetzt und mittels M3x8-mm-Schraube, Fächerscheibe und Mutter, wie im Bild zu sehen, befestigt. Erst dann erfolgt das Anlöten der Anschlüsse. Der Einbau der Klemmen KL 1 und KL 2 und der Jumperpins bildet den Abschluss der Bestückungsarbeiten. Sind alle Teile ordnungsgemäß positioniert, ist die Platine vor der ersten Inbetriebnahme auf Lötzinnbrücken und Bestückungsfehler hin zu untersuchen.

Inbetriebnahme

Zur ersten Inbetriebnahme wird zunächst die Spannungsversorgung, die im Bereich von 5 V bis 15 V liegen muss, an KL 1 angeschlossen. Die korrekte Polung ist dabei sicherzustellen. Am einfachsten lässt sich die Funktion prüfen, wenn der Ausgang KL 2 bereits mit einer entsprechenden LED gemäß den Ausführungen im Abschnitt „Anschluss und Bedienung“ beschaltet wird. Ansonsten kann die Funktion natürlich auch mit einem Oszilloskop geprüft werden: Wenn alle Jumper gezogen sind, muss am Ausgang Pin 1 des Gatters IC 1 A das in Abbildung 3 dargestellte Signal anstehen. Wobei die Amplitude natürlich von der angelegten Betriebsspannung abhängig ist. Durch das Stecken der einzelnen Jumpersteckbrücken lassen sich nun nacheinander alle verschiedenen Blitzfolgen prüfen.

Damit ist der Aufbau abgeschlossen, und das LED-Stroboskop LDS 1 kann in seiner eigentlichen Anwendung eingebaut werden. Mit Hilfe der 4 Platinenbohrungen lässt sich die Schaltung montieren. Ist ein Gehäuseeinbau vorgesehen, so kann dazu das Universal-Installationsgehäuse (Best.-Nr.: 42-171-21 bzw. 42-171-22) verwendet werden. Dieses lässt sich gut bearbeiten und nach individuellen Wünschen beschriften. **ELV**

Stückliste:	
LED-Stroboskop LDS 1	
Widerstände:	
1 kΩ	R1
10 kΩ	R2–R5, R7
68 kΩ	R6
Kondensatoren:	
10 nF/ker	C1
100 nF/ker	C2
100 µF/25 V	C3
Halbleiter:	
CD4082	IC1
CD4060	IC2
BUZ71A	T1
1N4007	D1
Sonstiges:	
Schraubklemmleiste, 2-polig	KL1, KL2
Stiftleiste, 1 x 2-polig, gerade	JP1–JP4
Jumper	JP1–JP4
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	
5 cm Schaltdraht, blank, versilbert	