

Bo Hanus

Experimente mit superhellen Leuchtdioden



Superhelle LEDs in der Praxis!

- ▶ Richtige Spannungsversorgung
- ▶ Party-Deko-Beleuchtung
- ▶ KFZ- Rückfahr- und Bremswarner
- ▶ Licht-Mosaiken
- ▶ LED-Taschenlampen
- ▶ Weihnachtsdeko-Lichteffekte

Vorwort

Wir haben dieses Buch so verfasst, dass sowohl weniger erfahrene Tüftler als auch Profis auf ihre Kosten kommen. Es ist allerdings nicht möglich, dass man mit so einem Buch alle eventuellen Wissenslücken eines jeden Lesers füllen kann. Andererseits wäre es auch nicht sinnvoll, hier aufwendige Grafiken und Formeln aufzuführen, die nur für einen Leuchtdioden-Hersteller von Bedeutung sind.

Ein Profi findet in diesem Buch viele innovative Schaltungen, die wir speziell für dieses Thema entwickelt haben. Hinter so mancher Idee oder Bauanleitung, die hier leicht verständlich dargestellt ist, verbergen

sich etliche originelle Ideen und interne Entwicklungen, von denen auch ein erfahrener Fachmann profitieren dürfte.

Unser Dank für die Unterstützung mit aktuellen Fachauskünften und Unterlagen gehört dem Elektronik-Versandhaus „*Conrad Elektronik*“ und den Firmen *Osram* und *Everlight*.

Viel Spaß beim Lesen dieses Buches und viele Erfolgserlebnisse bei Ihren Experimenten wünschen Ihnen

Bo Hanus und seine Co-Autorin (& Ehefrau) **Hannelore Hanus-Walther**

Inhalt

| | | |
|----------|---|------------|
| 1 | Super-ultrahelle Leuchtdioden und ihre Anwendung | 9 |
| 1.1 | Die Leuchtkraft und der Abstrahlwinkel | 14 |
| 1.2 | Farben und Formen | 24 |
| 1.3 | Leuchtdioden mit speziellen Funktionen | 29 |
| 1.4 | Lebensdauer der Leuchtdioden | 32 |
| 2 | Stromversorgung | 36 |
| 2.1 | Probieren, messen oder rechnen? | 40 |
| 2.2 | Die Nennleistung des Vorwiderstandes | 51 |
| 2.3 | Spannungsreduktion mit Dioden | 53 |
| 2.4 | Netzgeräte und Netzteile | 54 |
| 2.5 | LED-Konstantstrom-Konverter | 64 |
| 2.6 | Batteriebetrieb | 64 |
| 2.7 | Praktische Tipps | 67 |
| 3 | Konstantes Licht | 73 |
| 3.1 | Mini-Spots | 73 |
| 3.2 | LED-Ketten | 79 |
| 3.3 | LED-Flächen | 80 |
| 3.4 | LEDs in Fahrzeugen | 80 |
| 4 | Blinkendes Licht | 86 |
| 4.1 | Multivibrator als Blinker | 86 |
| 4.2 | Blinker mit dem IC NE 555 | 92 |
| 5 | Laufendes Licht | 96 |
| 5.1 | Mehrstufige Timer-Ketten | 96 |
| 5.2 | Ringzähler-ICs | 99 |
| 5.3 | Glücksräder | 108 |
| 6 | Fließendes Licht | 112 |

Inhalt

| | | |
|-----------|-------------------------------------|------------|
| 7 | Nützliche Hilfsschaltungen | 119 |
| 7.1 | Dämmerungsschalter | 119 |
| 7.2 | Funk-Türglocke als Fernschalter | 119 |
| 7.3 | Schalten mit dem IC 4066 | 122 |
| 7.4 | Anwesenheitsmelder mit Relais | 124 |
| 7.5 | Anwesenheitsmelder mit dem IC 4066 | 125 |
| 7.6 | Licht und Klang | 128 |
| 7.7 | Laser-Pointer als Fernschalter | 130 |
| 8 | Energieübertragung mit Licht | 133 |
| 8.1 | Energieübertragung zu einer Wanduhr | 134 |
| 8.2 | Drahtloses Nachladen von Kleinakkus | 134 |
| 9 | LED-Impulsbetrieb | 138 |
| 10 | Interessante Anwendungen | 142 |
| 10.1 | Quiz-Taster | 142 |
| 10.2 | LED-Hausnummer | 145 |
| 10.3 | Gehrichtungerkennende Lichtschranke | 147 |
| 10.4 | LED-Taschenlampe anders | 148 |

Konstantes Licht

In diese Rubrik dürfte jedes Licht fallen, das ununterbrochen und „ruhig“ leuchtet. Es kann sich dabei um eine LED-Beleuchtung handeln, die einen dunklen Raum, eine dunkle Treppe oder einen Keller-Lichtschalter wirklich ununterbrochen beleuchtet oder einfach um eine Beleuchtung, die für einen limitierten Dauerbetrieb auf Abruf eingeschaltet wird. Zu letzterer Gruppe der „Konstantlicht-Quellen“ gehören verschiedenste Kontroll- und Signalleuchten, Warnleuchten und Warnanzeigen, Reklameleuchten, Partyleuchten, Decken-, Tisch- und Taschenlampen usw.

Der niedrige Energieverbrauch und die zunehmende Fähigkeit, ein akzeptables Tageslicht zu erzeugen, macht superhelle Leuchtdioden zu attraktiven Konkurrenten der herkömmlichen Lichtquellen.

Die technischen Informationen aus den vorhergehenden Kapiteln reichen dazu aus, dass ein Leser mit etwas kreativer Fantasie viele interessante LED-Anwendungen mit konstantem Licht leicht selber bewerkstelligen kann. Wir beschränken uns daher darauf, dass wir nur noch einige speziellere Anwendungsmöglichkeiten aufführen, die sich auch gut fürs Experimentieren eignen.

3.1 Mini-Spots

Wer ab und zu abends an seinem PC sitzt, der kennt das Problem: Man würde oft nur ein ganz bescheidenes Licht brauchen, um sich auf der Tastatur zurechtzufinden. Eine Tischlampe erweist sich oft als zu störend. Werden an ihrer Stelle zwei bis vier gut positionierte superhelle weiße LEDs verwendet, kann die PC-Tastatur auf eine sehr angenehme Weise beleuchtet werden.

Von der Anordnung des Monitors mit seiner „Randapparatur“ hängt ab, wo die LEDs am besten untergebracht werden können und wie viele LEDs erforderlich sind, um die Tastatur ausreichend vollflächig zu beleuchten (das muss individuell ausprobiert werden). Falls ein PC-Flachbildschirm ergonomisch in Augenhöhe auf einer Konsole steht, können z. B. etwa drei superhelle Leuchtdioden unter eine kleine Eigenbau-Blende nach *Abb. 3.1* (die z. B. aus einem ca. 0,5 bis 0,7 mm dünnen Alu-Blech angefertigt wird) untergebracht werden.

Superhelle LEDs eignen sich hervorragend auch für andere lokale Beleuchtungen, die wahlweise mit weißem oder auch mit

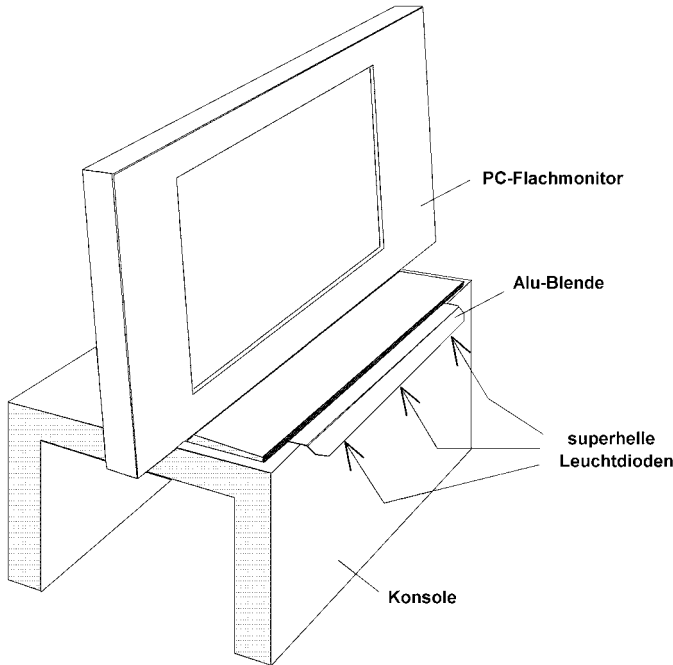


Abb. 3.1 Unter einer Selbstbau-Blende, die unterhalb eines PC-Flachbildschirms einfach eingesteckt wird, können superhelle Leuchtdioden untergebracht werden, die „dezent“ die PC-Tastatur beleuchten

farbigem Licht vorgenommen werden können.

Wir haben zu diesem Zweck verschiedene einfachere LED-Konfigurationen experimentell ausprobiert und die besten davon in der Form von kompletten nachbauleuchten Beispielen der passenden stabilisierten Spannungsversorgung in *Abb. 3.2* bis *3.4* ausgearbeitet. Um Ihnen beim Nachbau das Herumsuchen nach einzelnen Schaltungs-teilen auf anderen Buchseiten zu ersparen, wiederholen wir bei diesen Schaltplänen auch diverse Schaltungsteile, die mit den jeweils „vorhergehenden“ Schaltplänen optisch identisch sind und nur einige unterschiedliche Bauteile beinhalten.

Über den Selbstbau von Netzteilen haben

wir bereits in *Kap. 2.4* alles erläutert, was für die Praxis von Bedeutung ist. Daher dürfte es genügen, wenn wir zu dem maßgerecht ausgelegten Netzteil aus *Abb. 3.2* nur zwei Bausteinen zusätzliche Aufmerksamkeit widmen:

- a) Der Netztransformator (1 VA) ist hier bewusst etwas überdimensioniert, da er preiswerter und robuster ist als sein kleineres 0,5 VA-Brüderchen, dessen Sekundär (2 x 15 V/16 mA) für diesen Zweck bereits auch ausreichen würde.
- b) Als **D3** kann jede beliebige Restposten-Siliziumdiode eingesetzt werden, deren Sperrspannung (= Spannungsverlust an ihren Anschlüssen) theoretisch bei ca. 0,8 V liegt. Da jedoch in der Praxis die

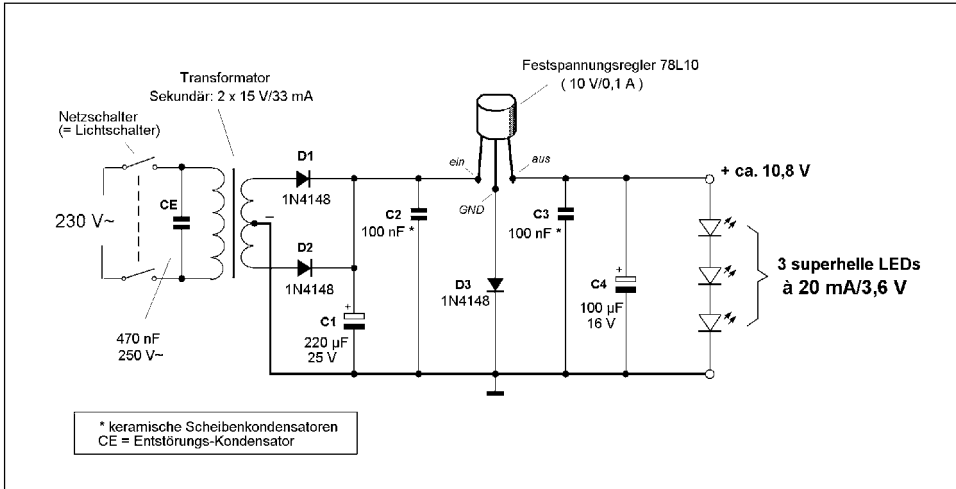


Abb. 3.2 Drei superhelle weiße LEDs reichen u.a. für die lokale Beleuchtung einer PC-Tastatur (nach Abb. 3.1)

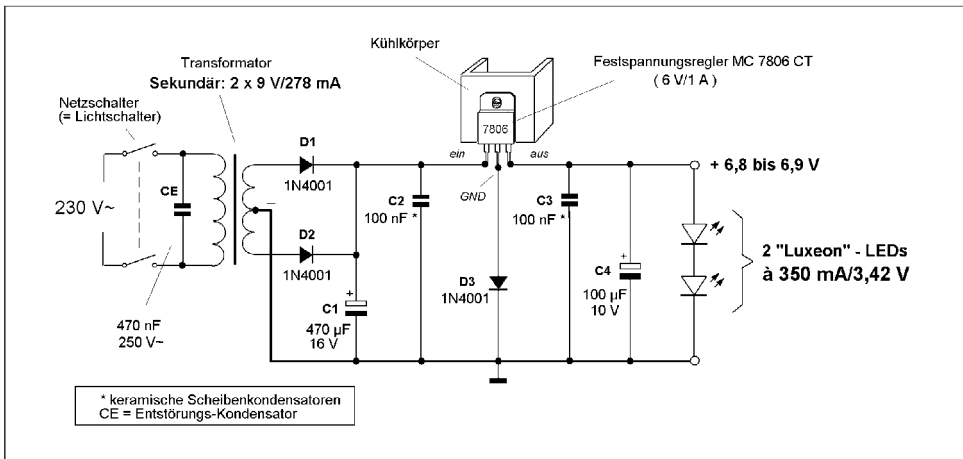


Abb. 3.3 Zwei superhelle Luxeon-LEDs (à 1 Watt) können als eine praktische Mini-Beleuchtung eingesetzt werden

Ausgangsspannung des Spannungsreglers von den vorgesehenen 10 Volt höchstwahrscheinlich etwas abweichen wird, müsste die Sperrspannung der **D3** genau genommen nur noch den exakten

Spannungsunterschied an den Regler-Ausgang anheben. Unter Umständen müsste als **D3** anstelle einer „normalen“ Siliziumdiode eine Schottky-Diode eingesetzt werden, deren Sperrspannung nur

Konstantes Licht

3

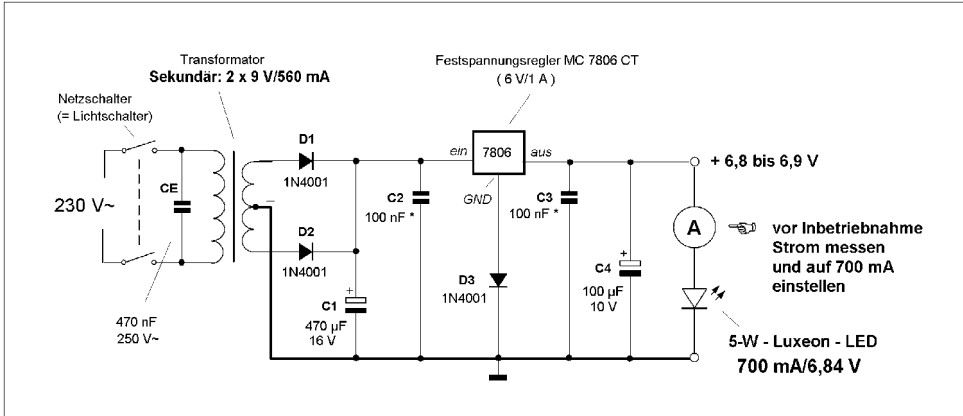


Abb. 3.4 Dieses Netzteil ist für die 5-Watt-Luxeon-LED ausgelegt, die einen Lichtstrom von stolzen 120 Lumen hervorbringt: das käme mit dem Lichtstrom einer herkömmlichen 230 V~-Haushaltsglühlampe von ca. 17 Watt überein (achten Sie bitte bei der Anschaffung dieser Leistungs-Leuchtdioden auf die vom Hersteller angegebene limitierte Lebensdauer!)

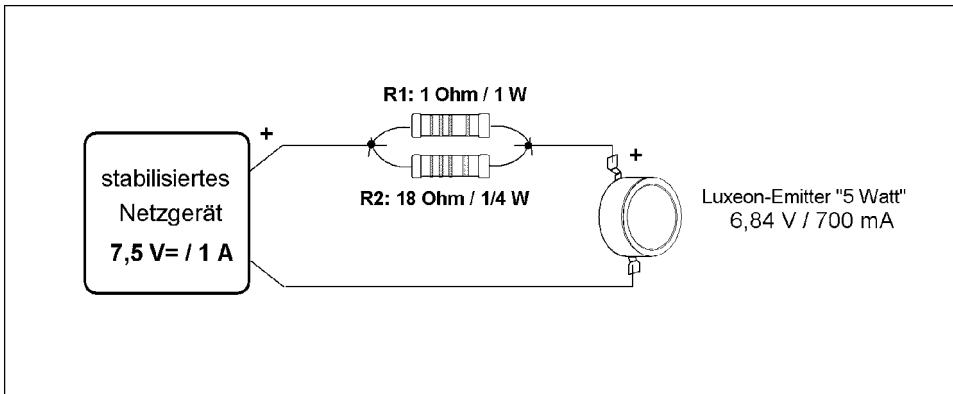


Abb. 3.5 Für die ersten Experimente kann als Spannungsversorgung einer superhellen 5-Watt-Luxeon-LED ein handelsübliches stabilisiertes 7,5-V/1-A-Netzgerät (Stecker-Netzgerät) verwendet werden; die überschüssige Spannung von 0,66 V fangen die zwei eingezeichneten Widerstände auf

ca. 0,3 V beträgt. Das ist aber bloß Theorie. Ein Praktiker wird erst die **D3** ganz weglassen, den GND-Anschluss des Reglers einfach mit der Masse verbinden und mit einem Milliampere-meter (Multimeter)

nachmessen, welcher Strom nun tatsächlich durch die drei in Reihe geschalteten Dioden fließt. Werden z. B. 18,5 bis 19 mA ermittelt, kann man sich damit zufrieden geben.

Mini-Spots

3

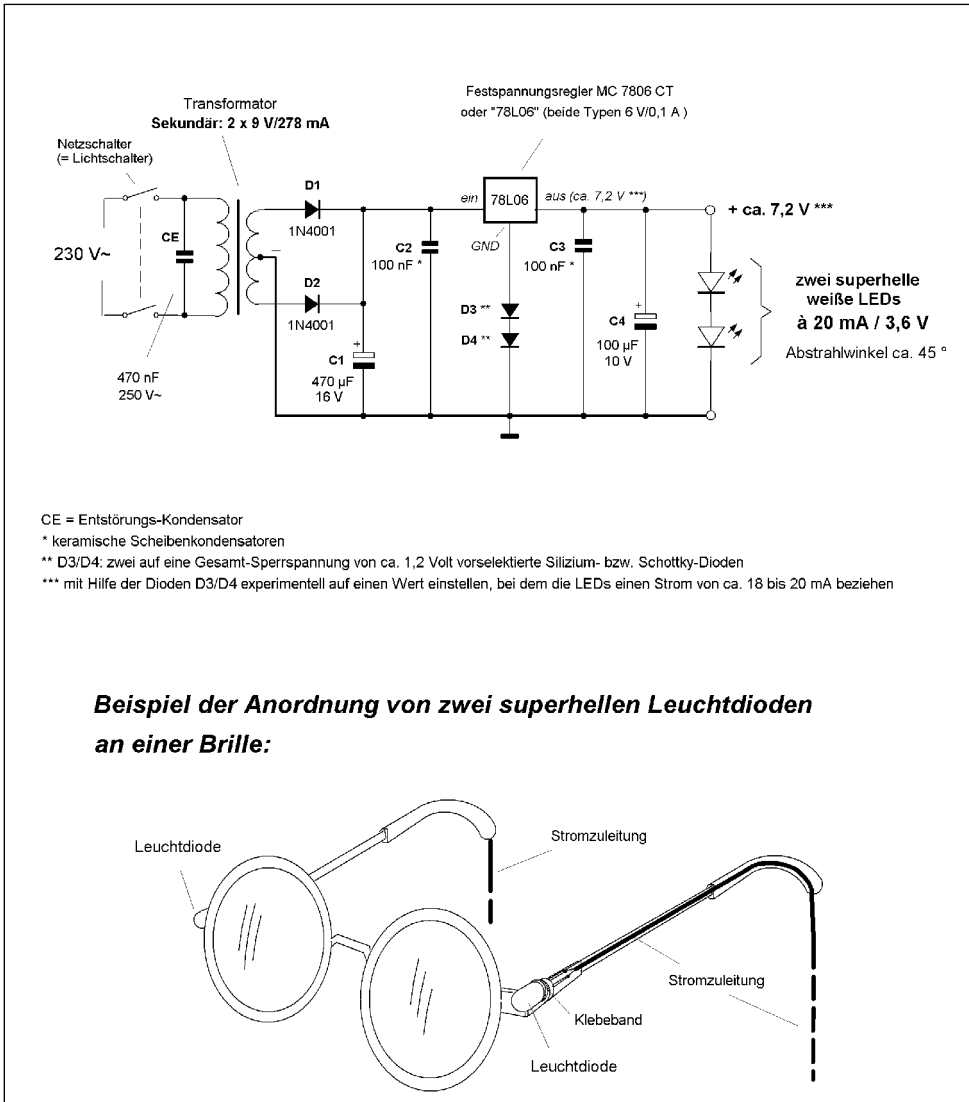


Abb. 3.6 oben: Netzteil für zwei weiße superhelle Leuchtdioden, die z. B. an einer Brille oder an einem glaslosen Brillengestell angebracht werden können; unten: Beispiel der Anordnung von zwei Leuchtdioden an einer Brille (die Zuleitung wird ähnlich wie eine Brillenkette gestaltet)

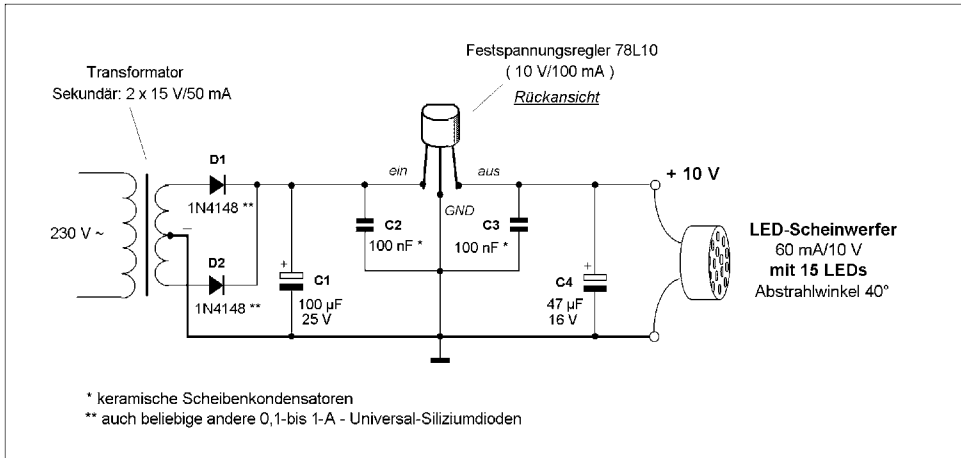


Abb. 3.7 Diverse handelsübliche LED-Scheinwerfer benötigen ebenfalls Netzteile, die leicht im Selbstbau nach diesem Beispiel maßgerecht erstellt werden können

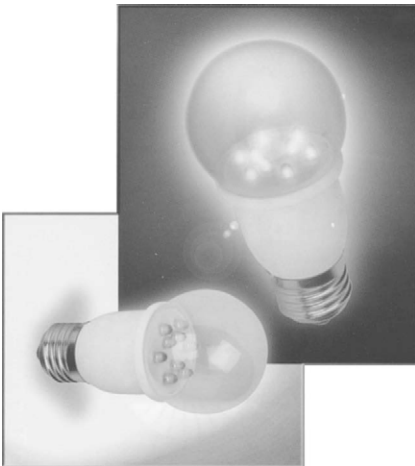


Abb. 3.8 Leuchtdioden anstelle einer Glühbirne: Manche dieser LED-Lampen können einfach anstelle von normalen Glühbirnen in gängige (E-27 und E 14) Glühbirnenfassungen eingeschraubt werden (sie sind wahlweise für eine Wechselspannung von 12 V, 24 V oder 230 V ausgelegt)

Für das Netzteil nach *Abb. 3.3* wäre eigentlich ein Trafo-Sekundär von 2 x 10 V optimal, aber für diese Spannungsregelung reichen erprobt die 2 x 9 V aus. Eventuelle kleinere Rillen, die in der Regler-Ausgangsspannung im Falle einer Netz-Unterspannung entstehen können, haben keine wahrnehmbare Auswirkung auf die Lichtqualität. Für die optimale Regler-Ausgangsspannung gilt dasselbe, was bereits im Zusammenhang mit *Abb. 3.2* erläutert wurde. Zu beachten: Diese Leuchtdioden benötigen Kühlkörper!

Auch bei dem Netzteil aus *Abb. 3.4* müsste im Idealfall die zusätzliche Siliziumdiode (D3) die Regler-Ausgangsspannung auf die erforderlichen 6,84 Volt erhöhen. Diese Leuchtdiode heizt sich beim *Dauerbetrieb* kräftig auf, benötigt einen ausreichend großen Kühlkörper und für ihre (noch relativ kurze) Lebenserwartung ist es wichtig,

dass der Betriebsstrom bei Dauerbetrieb **700 mA** (bevorzugt 650 bis 675 mA) nicht überschreitet.

In dem Netzteil aus *Abb. 3.6* wird mit zwei zusätzlichen Dioden (**D3/D4**) an dem „GND“-Anschluss des 6-Volt-Festspannungsreglers die Regler-Ausgangsspannung auf ca. 7,2 V erhöht. Zu diesem Zweck eignet sich am besten ein Dioden-Duo, das z. B. aus einer Siliziumdiode *1 N 4001* (bis *4004*) und einer Schottky-Diode *SB 130* besteht. Vorausgesetzt, dass z. B. die Schottky-Diode nicht ganz entfallen kann, wenn der Spannungsregler ohnehin eine etwas höhere Spannung als die vorgesehenen 6 Volt liefert. Zudem muss hier die theoretisch vorgesehene Spannung von 7,2 V eventuell etwas geändert werden, um den optimalen LED-Strom (von ca. 18 bis 20 mA) einzustellen (siehe hierzu auch unsere Tipps aus Kap. 2.6).

Es spricht aber nichts dagegen, dass hier anstelle des 6-Volt-Spannungsreglers ein 8-Volt-Spannungsregler verwendet und dass die überflüssige Spannung von einem ca. 39Ω bis 47Ω (0,25 W)-Vorwiderstand abgefangen wird.

Die meisten handelsüblichen LED-Scheinwerfer werden als kompakte Leuchtkörper angeboten, bei denen nur die Betriebsspannung, der Betriebsstrom und die Anzahl der eingebauten Leuchtdioden angegeben sind.

3.2 LED-Ketten

Die Länge einer LED-Kette hängt von zwei Faktoren ab: Die Versorgungsspannung muss verständlicherweise der Summe der einzelnen LED-Spannungen entsprechen und alle angewendeten Leuchtdioden sollten vor der Montage auf eine einigermaßen ausgewogene Lichtstärke vorselektiert sein.

„Abweichter“ unter den LEDs können sowohl rein optisch als auch durch eine Kontrolle der einzelnen *Durchlass-Spannungen* nach *Abb. 3.9* ermittelt und aussortiert werden. Die Ansprüche auf ausgewogene Parameter können abhängig von der Art der Anwendung unterschiedlich sein. Insofern die individuelle *Durchlass-Spannung* eine Erhöhung von maximal ca. 5 bis 10% gegenüber dem vorgegebenen Nennwert (U_F) aufweist (wie in dem Beispiel aus *Abb. 3.9* aufgeführt ist), stellt sie für kleinere LEDs keine ernsthafte Bedrohung der Lebenserwartung dar.

Bei größeren superhellen LEDs (ab ca. 1 Watt Leistung) sollten bei der Vorselektion für eine Reihenschaltung höhere Ansprüche auf die Ausgewogenheit der ermittelten *Durchlass-Spannungen* gestellt werden, wenn ein Dauerbetrieb vorgesehen ist. Zudem ist in dem Fall der Betriebsstrom der Kette ca. 5 bis 7% unterhalb des offiziellen „ I_F “ einzustellen.

Längere LED-Ketten können in mehrere Sektionen nach *Abb. 3.10* eingeteilt werden, wenn andernfalls die Versorgungsspannung zu hoch geraten würde.

Laufendes Licht

Unter dem Begriff „laufendes Licht“ stellt man sich meist einfachheitshalber eine Reihe von Lampen, die als „Lauflicht“ aus (an sich langweiligen) Lichterketten oder ähnlichen Vorrichtungen bekannt sind.

Fürs Experimentieren oder für die Entwicklung von kreativen Anwendungen sollte man im Bilde darüber sein, wie man das Ganze wirklich gut in den Griff bekommt, um auch speziellere Ideen in die Praxis umsetzen zu können. Wir spielen uns daher

mehrere Beispiele durch, um in Erfahrung zu bringen, was sich alles mit der Vielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten konkret anfangen lässt.

5.1 Mehrstufige Timer-Ketten

Das Timer-IC „NE 555“ kennen wir bereits aus Kapitel 4.4 (Abb. 4.9/4.10). Allerdings nicht als Timer, sondern sozusagen „zweckentfremdet“ als Taktgeber.

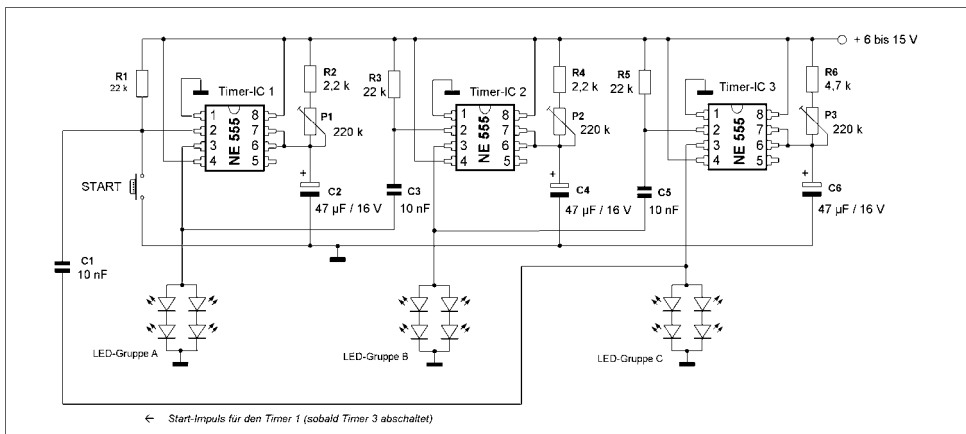


Abb. 5.1 Schaltung eines mehrstufigen Timers, der als Ringzähler ausgelegt ist

Mehrstufige Timer-Ketten

Abb. 5.1 zeigt eine dreistufige Timer-Kette, die als *Ringzähler* fungiert. Alle Timer sind völlig baugleich. Anstelle der informativ eingezeichneten LED-Gruppen kann jeder Timer selbstverständlich jeweils nur eine einzige LED – oder auch beliebig viele LEDs – betreiben. Falls die Versorgungsspannung nicht auf die LEDs abgestimmt wird, sind zusätzliche Vorwiderstände oder andere „Spannungsschlucker“ erforderlich (siehe hierzu Kap. 2).

Zu der Funktion der drei Timer: Ein Timer (ein Zeitschalter) ist ein einfaches Ding, das irgendwann irgendetwas einschaltet, um es nach der eingestellten Zeitspanne wieder abzuschalten.

Auf dieselbe Art arbeitet unsere Timer-Kette. Die mit **P1**, **P2** und **P3** einstellbaren Zeiten sind jedoch nur sehr kurz (dauern z. B. nur etwa eine 3/4-Sekunde) und die Schaltung ist als ein *Ringzähler* ausgelegt, in dem sich die „Einschaltimpulse“ in einer unendlichen Schleife drehen. In dem Moment, in dem der Timer 1 abschaltet, verhält sich **C3** ähnlich einer **Start-Taste** des Timers 2 und startet diesen Timer. Sein Schaltausgang am **Pin 3** kippt bei diesem Abschalten von „low“ auf „high“, schaltet die Versorgungsspannung für die LED-Gruppe B ein usw. Wenn dann Timer 3 „abschaltet“, erhält Timer 1 über **C1** einen Startimpuls, die **LED-Gruppe A** leuchtet in dem Moment auf und der ganze Vorgang wiederholt sich (in einer unendlichen Schleife).

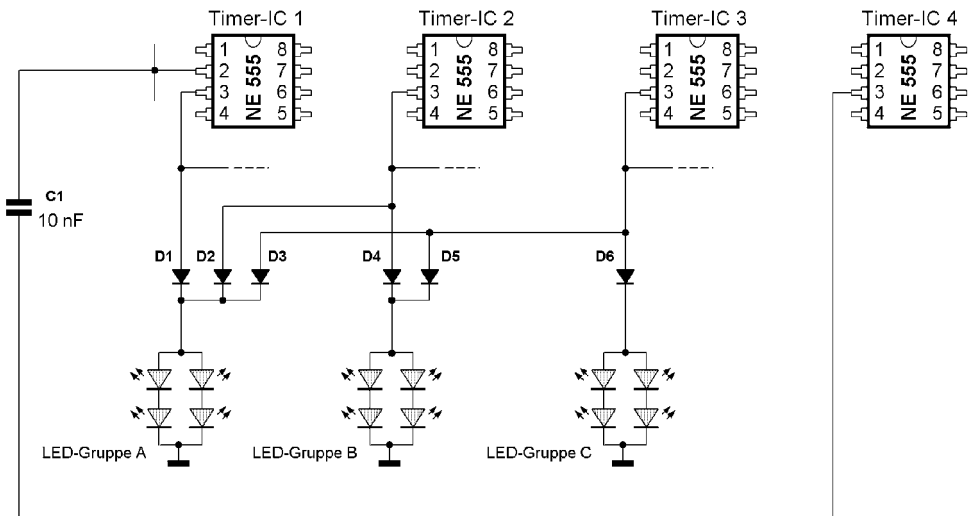


Abb. 5.2 Eine LED-Timer-Kette mit vier Timern, wovon der letzte Timer 4 nur zum Einlegen einer Zwischenpause dient, während der alle LED-Gruppen ausgeschaltet sind; D1 bis D6 = 1N4148 (bis ca. 100 mA) oder 1N4001 bis 1N4004 (für einen Strom von 100 bis 150 mA).

Dieser Ringzähler funktioniert im Prinzip ähnlich wie ein Blinker, aber es wechseln sich hier nicht zwei, sondern drei „Lichtquellen“ ab. Mit den Einstellpotentiometern (**P1** bis **P3**) können bei Bedarf die einzelnen Einschalt-Zeitspannen unterschiedlich eingestellt werden.

Interessant an diesem Ringzähler ist, dass die Timer-Kette beliebig verlängert werden kann (mit denselben Bauteilen). Pin 3 *des letzten* Timers wird dann über einen 10-nF-Kondensator mit Pin 2 des Timer 1 verbunden – wie wir es in *Abb. 5.2* gemacht haben. Genau genommen darf die Kapazität der Kondensatoren C1, C2 und C5 zwischen ca. 1 nF und 47 nF liegen (auch gemischt). Auch die Kapazitäten der C2, C4 und C6 brauchen nicht eingehalten zu werden (sie drüfen zwischen ca. 1 nF und 10 nF liegen). Wenn Sie erst nur einen der Timer bauen, können Sie selber ausprobieren, wie er auf die Veränderung der Kapazität der Kondensatoren reagiert.

Wie viele Stufen so ein Ringzähler benötigt, hängt selbstverständlich von dem vorgesehenen Projekt ab. Für ein eindrucksvolleres Lauflicht sind drei Timer-Stufen sicherlich zu wenig. Ein derartig „kurz geratener“ Ringzähler kann aber leuchtende Bewegungen (wie z. B. eine winkende Hand) besser simulieren als ein reiner Blinker.

Mit Hilfe eines solchen Ringzählers kann man die Lichter auch „aufbauend“ aufleuchten lassen, wie *Abb. 5.2* zeigt: Erst leuchtet nur die LED-Gruppe A auf, danach leuchtet zusätzlich noch die LED-Gruppe B auf, dann schaltet sich noch die LED-Gruppe C dazu – und in unserem Beispiel schal-

tet schließlich der Timer 4 vorübergehend alles aus. Nach dieser Zwischenpause folgt die nächste Runde usw.

Das Funktionsprinzip ist einfach: In dem Moment, wenn Timer 1 die Stromzufuhr zu der **LED-Gruppe A** abschaltet, springt Timer 2 ein und führt ihr über **D2** den Strom weiter zu. Gleichzeitig erhält von ihm über **D4** auch die **LED-Gruppe B** Strom, wodurch beide Gruppen weiterhin leuchten. Als dritte im Bunde schaltet sich zu den zwei vorhergehenden LED-Gruppen die **LED-Gruppe C** auf dieselbe Weise dazu, sobald Timer 3 aktiviert wird (nun erhalten über Dioden **D3**, **D5** und **D6** alle drei LED-Gruppen ihre Betriebsspannung). Nachdem Timer 3 abschaltet, wird Timer 4 aktiviert. An seinem Pin 3 sind aber keine LEDs angeschlossen und alle Lichter sind daher vorübergehend ausgeschaltet (die Länge dieser Pause kann am Timer 4 eingestellt werden). Sein Pin 3 ist über **C1** mit dem ersten Timer verbunden (diese Verbindung schließt die Schleife auf dieselbe Weise, wie bei der Schaltung aus *Abb. 5.1*).

Wozu so etwas gut sein kann, zeigt das Beispiel aus *Abb. 5.3*: Die aus LEDs zusammengestellten Lichtsegmente eines Weihnachtssternes aus *Abb. 5.3b* werden in LED-Sektionen eingeteilt, die mit der Anordnung aus *Abb. 5.2* übereinstimmen. Die einzelnen Teile des Sternes bauen sich nach und nach leuchtend auf, danach erlöschen kurz alle LEDs und anschließend fängt die folgende Runde an (in einer unendlichen Schleife). Die Reihenfolge des Aufleuchtens verläuft demnach wie folgt: **A** – **A+B** – **A+B+C** – **Pause** – **A** – **A+B** – **A+B+C** – **Pause** usw.

Auf diese Art lassen sich viele sehr attraktive Figuren konstruieren, die als Party-Gags, als romantische weihnachtliche Lichtdekorationen oder als verspielte Blickfänger ihre Anwendungen finden. Dabei können nach Belieben verschiedenste superhelle LEDs mit preiswerten Standard-LEDs kombiniert werden, wenn es die „Sichtweite“ erlaubt oder wenn es die „Belebung“ eines Ornamentes unterstützt.

Zudem können auch LEDs diverser Größe miteinander kombiniert werden, wie z. B. das Beispiel aus *Abb. 5.3* zeigt. Sollte der Strombedarf einiger Sektionen die 150 mA überschreiten, die das IC NE 555 verkraftet, können evtl. zwei dieser ICs einfach parallel miteinander verbunden werden. Alternativ kann der Timer über ein zusätzliches Relais beliebig große LED-Ketten schalten (*siehe hierzu Abb. 4.10*).

5.2 Ringzähler-ICs

Zu den bekanntesten „Ringzähler-ICs“ gehören die ICs *Type 4024* (*Abb. 5.4*) und *4017* (*Abb. 5.12*). Sie funktionieren fast ähnlich wie die Ringzähler aus *Abb. 5.1* und *5.2*, benötigen jedoch einen zusätzlichen Taktgeber. *Abb. 5.4* zeigt eine einfache Schaltung, in der pro Ringzähler-Schaltausgang jeweils nur eine Low-current-LED verwendet wird.

Den Taktgeber kennen wir bereits aus *Abb. 4.9* und *4.10*. Anstelle des IC „NE 555“ könnte hier alternativ auch sein „schlapperes“ CMOS-Brüderchen „ICM 7555“ verwendet werden. Das arbeitet sogar energiesparender, ist jedoch nicht so strapazierfähig wie die bipolare Type „NE 555“.

Leider ist es die Strapazierfähigkeit der „Schaltausgänge“ des ICs 4024 auch nicht gerade umwerfend, denn sie verkraften

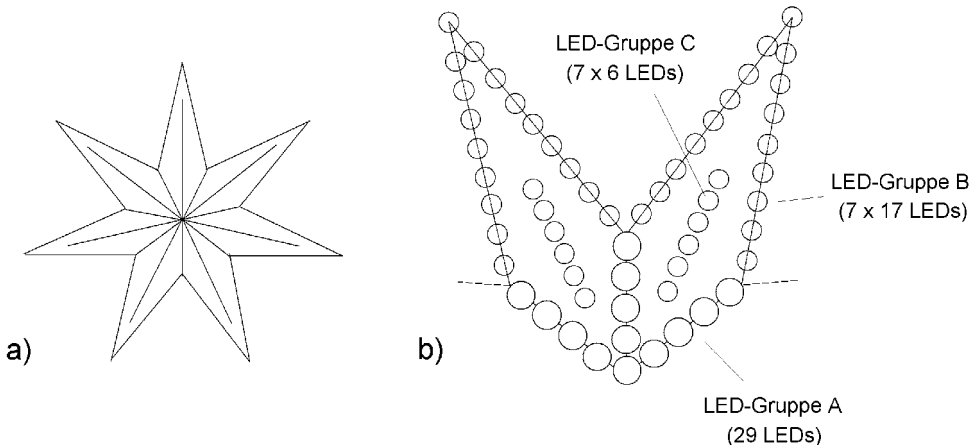


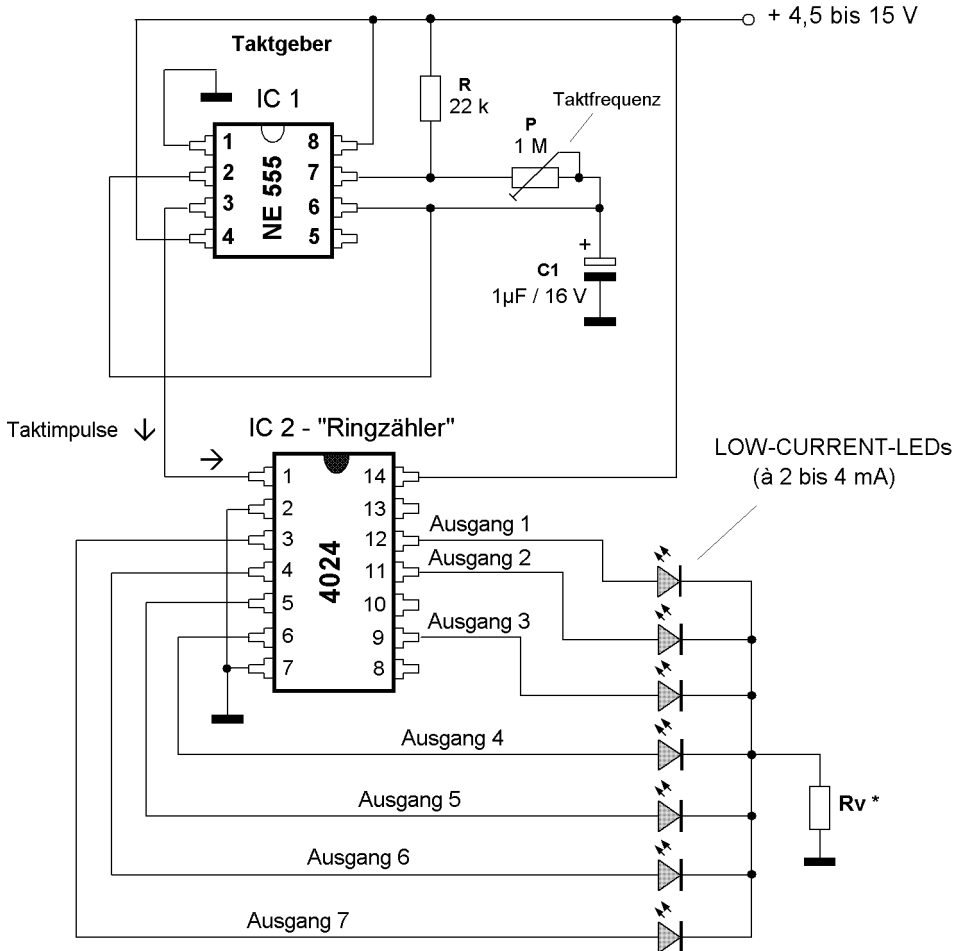
Abb. 5.3 Ausführungsbeispiel eines LED-Sterns, der von der Timer-Kette aus *Abb. 5.2* betrieben werden kann: a) Skizze des LED-Sterns; b) Anordnung der einzelnen LED-Sektionen, die sich auf die Schaltung aus *Abb. 5.2* beziehen.

Laufendes Licht

5

höchstens nur einen Strom von 10 mA pro Pin. Fürs Experimentieren oder für eine bescheidene Anwendung kommen daher nur die eingezeichneten Low-current-LEDs in

Betracht. Sie dürften allerdings auch als LED-Reihen angeordnet sein, insofern die Stromabnahme pro „Schaltausgang“ 10 mA nicht überschreitet.



- * Bei einer 4,5-V-Versorgungsspannung und 2-mA-LEDs: $R_v = 1,2 \text{ k}$
- bei einer 6-V-Versorgungsspannung und 2-mA-LEDs: $R_v = 2 \text{ k}$ (zwei 1-k-Widerstände in Serie)
- bei einer 9-V-Versorgungsspannung und 2-mA-LEDs: $R_v = 3,45 \text{ k}$ (2 x 6,8 k parallel)

Abb. 5.4 Eine einfache Ringzähler-Schaltung mit Low-current-LEDs

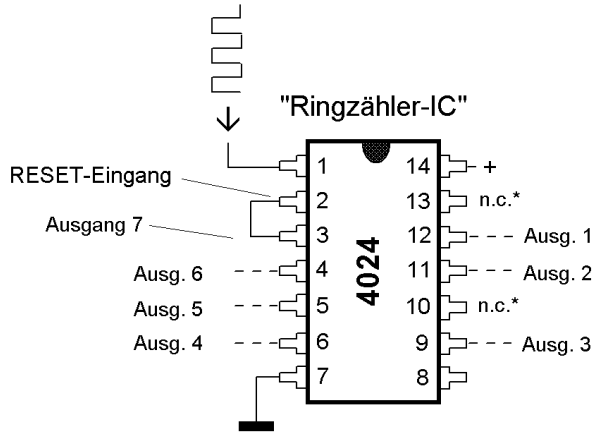


Abb. 5.5 Pin-Belegung des ICs 4024

* n.c. = nicht angeschlossen

Um auf diese Weise LEDs betreiben zu können, deren Strombedarf mehr als 10 mA beträgt, muss als Zwischenglied ein passender „Treiber“ nach *Abb. 5.6* zwischen die Schaltausgänge des ICs 4024 und die LEDs eingesetzt werden, der einen Strom von bis zu 40 mA pro Treiberglied schalten kann.

Das preiswerte IC 7407 verfügt allerdings nur über 6 Treibereinheiten. Zu den speziellen Eigenheiten des Ringzähler ICs 4024 gehört, dass der Anwender die Anzahl der Ringzähler-Ausgänge problemlos verringern kann. Der „nicht mehr benötigte“ Ausgang wird in dem Fall einfach mit Pin 2 (Reset-Eingang) verbunden und der Ringzähler zählt dann jeweils nur bis zu der vorhergehenden höchsten Stufe (in unserer Beispiel aus *Abb. 5.6* verwenden wir nur 6 Ringzähler-Stufen. Würde man z. B. den Ausgang 4 mit Pin 2 verbinden, dann würde der Ringzähler jeweils nur bis drei zählen

und danach in einer „unendlichen Schleife“ jeweils die Stufen (Ausgänge) 1-2-3-1-2-3-1-2-3 usw. durchlaufen.

Wichtig: Nicht angeschlossene Schaltausgänge sollten bei allen ICs grundsätzlich über Widerstände von ca. 4,7 k bis 47 k mit der Masse verbunden werden (jeder Ausgang einzeln).

Möchte man dennoch alle 7 Ringzähler-Schaltausgänge verwenden, kann natürlich u. a. ein zweites IC der Type 4024 verwendet werden. Das muss nicht unbedingt eine Verschwendung darstellen, denn diese Treiber arbeiten sehr kooperativ in Parallelschaltungen. Wenn z. B. diverse LED-Ornamente aus unterschiedlicher Anzahl von LEDs pro Sektion zusammengesetzt sind, können für die kräftiger belasteten Sektionen zwei oder auch mehrere Treiber parallel verbunden werden. Die Strombelastung addiert sich hier im Prinzip sehr ausgewogen.

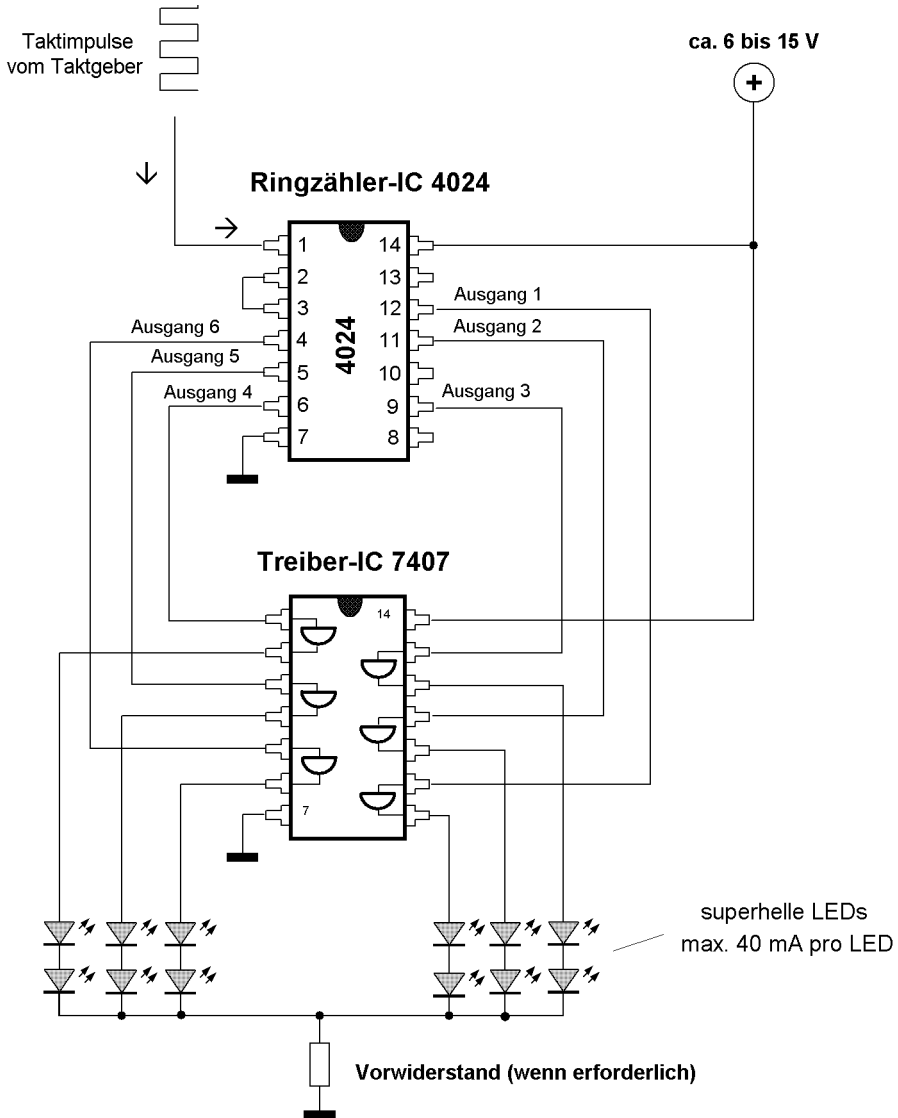


Abb. 5.6 Mit Hilfe des Treiber-ICs 7407 kann ein Strom von bis zu 40 mA „durchgeschaltet“ werden

So verkräften z. B. drei Treiber einen Strom von bis zu 120 mA (3 x 40 mA).

Die Aufgabe der Treiber können jedoch auch diverse NPN-Transistoren nach *Abb. 5.7/5.8* übernehmen. Für niedrigere Strom-

Ringzähler-ICs

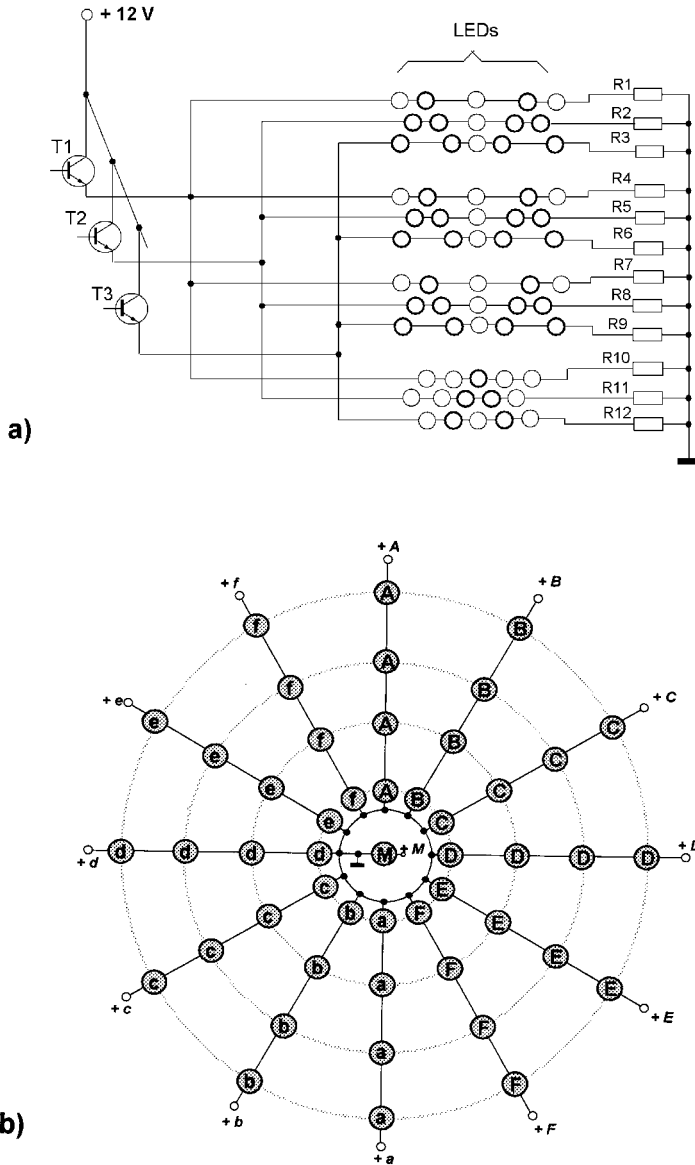


Abb. 5.7 Mit Hilfe von zusätzlichen Treiber-Transistoren können Leuchtdioden-Ketten mit höherer Stromabnahme geschaltet werden (R1 bis R12 sind als „LED-Vorwiderstände“ auf den Spannungsbedarf der jeweiligen LED-Ketten abzustimmen) a) elektronische Schaltung, b) Beispiel eines sich in sechs Schritten drehenden Lichtbalkens

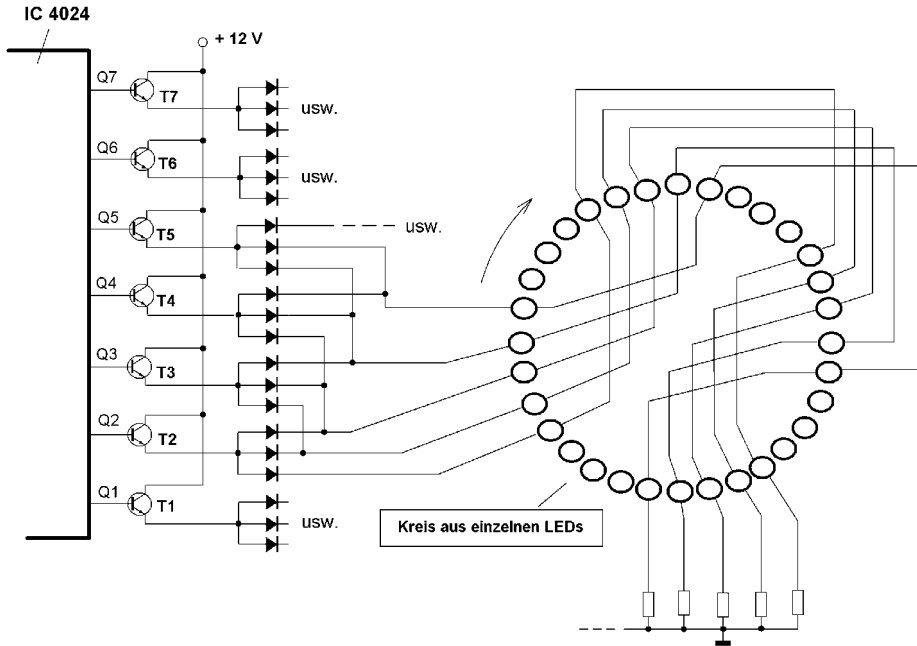


Abb. 5.8 Transistoren entlasten als Treiber das Ringzähler-IC und mit Hilfe von zusätzlichen Dioden (1 N 4148) können sich die Segmente des Leuchtdioden-Kreises Schritt für Schritt so drehen, dass immer drei LEDs leuchten

belastung können zu diesem Zweck fast alle Kleintransistoren (100-mA- bis 200-mA-Typen) verwendet werden. Für höhere Strombelastung eignen sich entweder diverse 1-Ampere-„Bipolar-Standard-Leistungstransistoren“ oder „Power MOSFET-Transistoren“ (N-Kanal) der Type *BUZ 103S* und Ähnliche, auf die wir noch im Kap. 6 zurückkommen.

Abb. 5.8 zeigt eine „Treiberkette“, die aus 7 Transistoren (z. B. der Type *BC 107*, *BC 170*, *BC 547* usw.) besteht und drehende „LED-Trios“ schrittweise schaltet. Wir konnten bereits in Zusammenhang mit *Abb. 5.2* in Erfahrung bringen, wie man mit Hilfe

von zusätzlichen Dioden die einzelnen Ringzählerstufen mit den LEDs so verschalten kann, dass sie genau das tun, was man von ihnen verlangt. Und hier wird verlangt, dass jeder der Schaltausgänge jeweils 12 LEDs so bedient, dass das Ein- und Ausschalten der Sektionen schrittweise (LED für LED) so verläuft, dass sich der LED-Kreis quasi wie ein Zahnrad dreht.

Wir haben bei diesem Beispiel übersichtshalber nur die Verbindung des Schaltausganges **Q2** komplett eingezeichnet. Somit kann leichter nachvollzogen werden, dass der darauf folgende Schaltausgang **Q3** das „Zahnrad“ jeweils nur um eine LED „weiter dreht“.

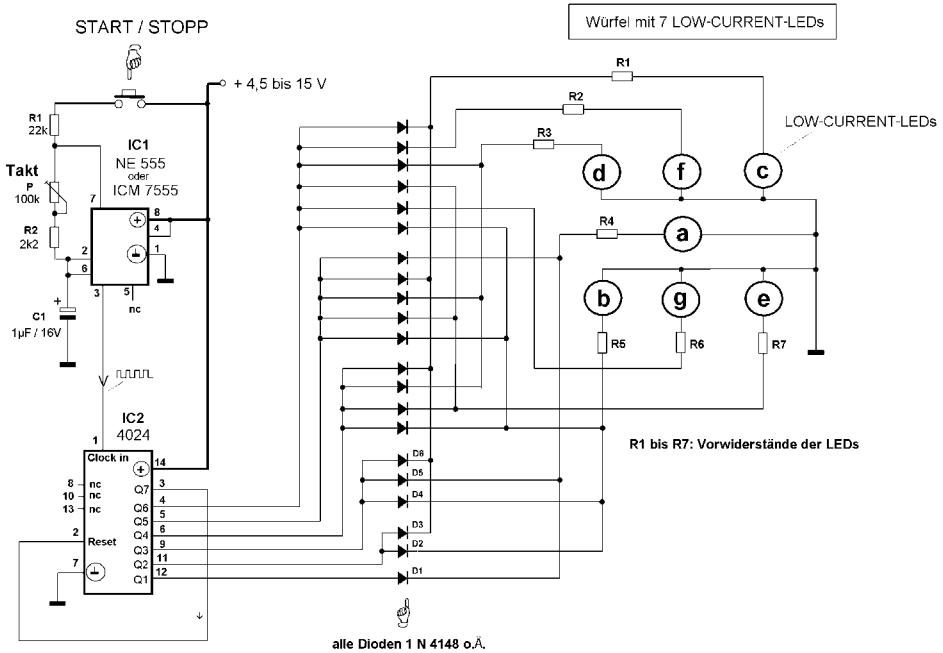


Abb. 5.9 Ein elektronischer Leuchtdioden-Spielwürfel (die beiden ICs sind hier mit den gängigen Schaltzeichen dargestellt (da werden die einzelnen Pins der ICs nicht in der tatsächlichen Reihenfolge eingezeichnet, sondern nur jeweils mit der entsprechenden Pin-Nummer versehen)

Mit Hilfe von zusätzlichen Dioden kann jeder Ringzähler-Schaltausgang (Q1 bis Q7) jeweils genau die LEDs schalten, die in einer gewünschten Reihenfolge geschaltet werden sollen.

Was darunter zu verstehen ist, erklären wir uns mit Hilfe der Schaltung aus *Abb. 5.9*: Sieben Leuchtdioden stellen einen Spielwürfel dar, der allerdings nicht geworfen, sondern durch einen „blitzschnell“ laufenden Ringzähler gesteuert wird. Die beiden ICs sind hier zur Abwechslung mit den gängigen Schaltzeichen dargestellt (da werden die einzelnen Pins der ICs nicht in der

tatsächlichen Reihenfolge eingezeichnet, sondern nur jeweils mit der entsprechenden Pin-Nummer versehen).

Solange die START/STOPP-Taste gedrückt bleibt, läuft der Ringzähler derartig schnell, dass man die Bewegung der Lichter gar nicht erfassen kann. Beim Loslassen der Taste stoppt der Ringzähler „wahllos“ und nur einer der Schaltausgänge bleibt positiv. Abhängig davon, welcher der Ausgänge auf diese „unkontrollierbare“ Weise „high“ wird, zeigt der Würfel in der Form von leuchtenden Punkten die üblichen Zahlen zwischen 1 und 6 an.

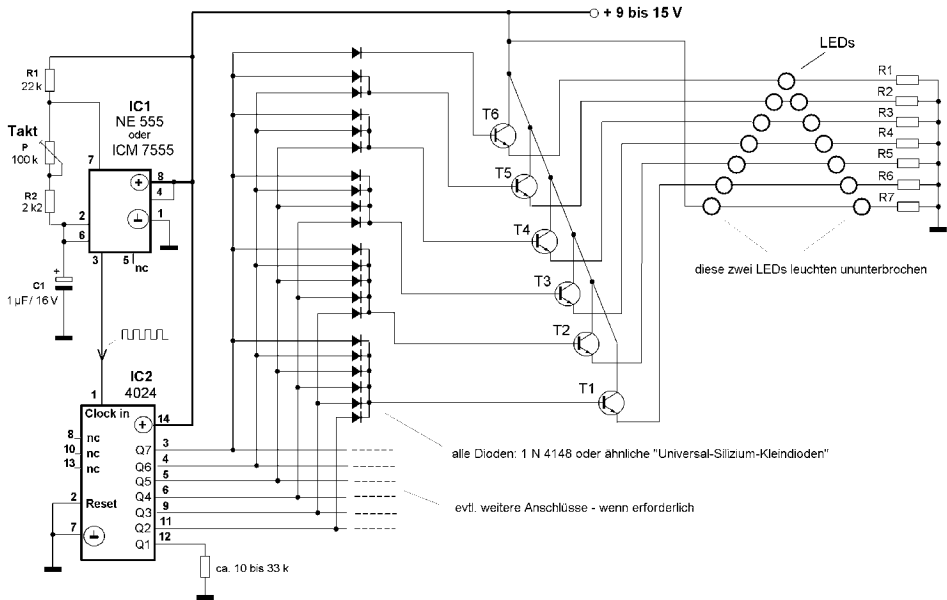


Abb. 5.10 Ein leuchtender Pfeil (einzelne Lichtsegmente bauen sich schrittweise auf)

Sehen Sie sich bitte interessehalber an, wie die Leuchtdiode „a“ verschaltet ist: Wenn der Ringzähler-Ausgang **Q1 positiv** wird, erhält *nur* Leuchtdiode „a“ über die unterste Diode **D1** ihre Versorgungsspannung und leuchtet auf. Am Ausgang **Q2** sind zwei Dioden (**D2** und **D3**) angeschlossen: **D2** führt zu der LED „b“, **D3** zu der LED „c“. Dieser Schaltausgang ist für die Zahl „2“ zuständig. Der Schaltausgang „Q 3“ lässt die Zahl „3“ (als drei Punkte) aufleuchten usw. Sehen Sie sich bitte genauer an, wie die Verbindungen von den einzelnen Ausgängen des Ringzählers zu den LEDs der Würfel geleitet werden.

Auf eine ähnliche Weise können Sie experimentell alle nur denkbaren Einschalt-Reihenfolgen von verschiedenen LED-Mosaik-

Steinchen nach Ihrem Gusto auslegen. Zum Schalten von „kräftigeren“ Strömen (überhalb von ca. 9 mA) sind zusätzliche Treiber-Transistoren erforderlich, die z. B. nach *Abb. 5.10* ebenfalls über Kleindioden wunschgerecht „aktiviert“ werden.

Die relativ einfache Schaltung in *Abb. 5.10* stellt eine Alternative zu dem Schaltbeispiel aus *Abb. 5.2* dar. Die beiden ICs sind hier ebenfalls mit den gängigen Schaltzeichen dargestellt. Die Schaltausgänge **Q2** bis **Q7** schalten einfach nach und nach die höher liegenden LEDs „aufbauend“ zu dem ständig leuchtenden unterstem LED-Duo. Das Laufflicht läuft hier seine „Runden“ mit einer Unterbrechung, die während einer Impulsdauer am **Q1** entsteht. Anstelle des eingezeichneten Leuchtdioden-Pfeils können

Ringzähler-ICs

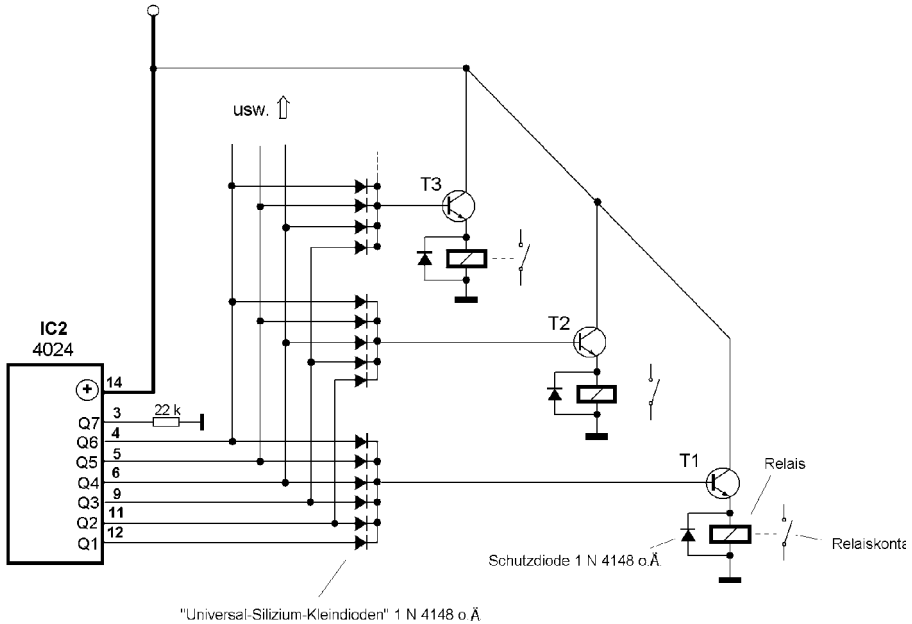
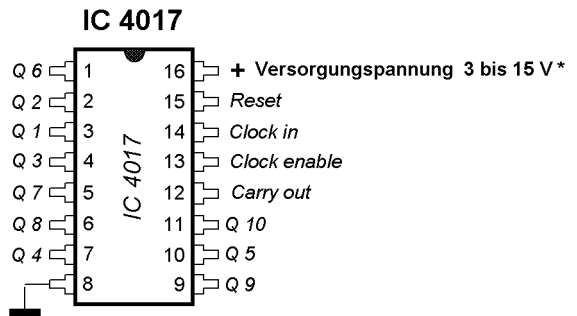


Abb. 5.11 Schalten über Relais (Teilzeichnung)



* typenabhängig bis zu 18 V

Abb. 5.12 Pin-Belegung des Ringzähler-ICs 4017

Bitte zu beachten: von den Schaltausgängen Q1 bis Q10 darf maximal ein Strom von 10 mA (pro Ausgang) bezogen werden

selbstverständlich beliebige andere Figuren oder kaleidoskopähnliche Mosaiken auf diese Art konzipiert werden.

Wenn erforderlich, können das eigentliche Schalten auch Relais (nach Abb. 5.11) übernehmen und evtl. über Dioden-Kaskaden

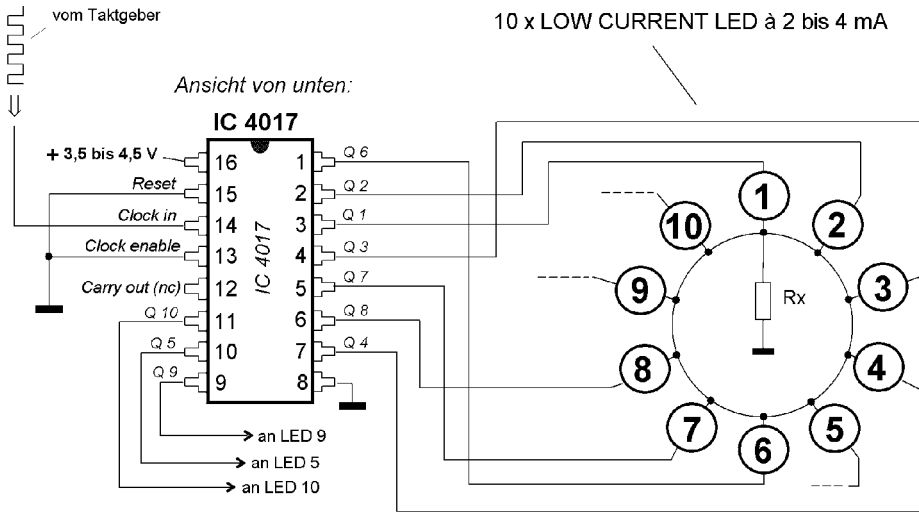


Abb. 5.13 Ein kleines Experimentier-Glücksrad mit dem IC 4017

aufbauend beliebige Lichter-Konfigurationen schalten. Wir stellen hier ebenfalls nur mit einer Teilzeichnung das eigentliche Prinzip dar, bei dem 6 Relais „aufbauend“ zugeschaltet werden. Auch diese Schaltung basiert auf demselben Prinzip wie die Schaltung aus *Abb. 5.2*: Der erste Schaltausgang **Q1** des ICs *4024* (an seinem **Pin 12**) schaltet *nur* das Relais am **T1** ein. Sobald der zweite Schaltausgang **Q2** (**Pin 11**) von „low“ auf „high“ kippt, springt das Relais am **T2** an und das Relais des **T1** bleibt eingeschaltet. Die Basis des **T1** bleibt bei den Schritten von **Q1 bis Q6** unter Spannung (da es bei dem „Schaltsprung“ vom **Q1** auf **Q2** zu keiner Spannungsunterbrechung kommt) und schaltet – mit den restlichen LEDs – erst dann ab, wenn der Pausen-Schaltausgang **Q7** aktiviert ist. Der nächste Taktimpuls aktiviert aber wieder **Q1** und **T1**, womit die nächste Runde beginnt usw.

Auf dieselbe Weise wie das Ringzähler-IC *4024* arbeitet auch das etwas größere IC **4017** (*Abb. 5.12/5.13*), verfügt jedoch über 10 „Schaltausgänge“ (die sich bei Bedarf auf dieselbe Weise reduzieren lassen wie bei dem IC *4024*). Der Taktgeber für das kleine Glücksrad aus *Abb. 5.13* kann identisch mit dem aus *Abb. 5.10* sein.

5.3 Glücksräder

Glücksräder gehörten schon immer zu den beliebten Attraktionen bei festlichen Veranstaltungen, Feiern und Kinderfesten. Ein Glücksrad, bei dem superhelle LEDs aufleuchtend „drehen“, kann die Faszination einer solchen Verlosung noch mehr steigern. Bei dieser Art der Anwendung ist es jedoch erwünscht, dass sich nach dem „Start“ die Drehzahl des Glücksrades langsam verringert und letztendlich zum Stillstand kommt. Dies beinhaltet, dass die Fre-

Sachverzeichnis

A

Abstrahlwinkel 14
Anwesenheitsmelder 124, 125
Ausgangsspannung eines Solarmoduls 67
Autobatterie 81

B

Batteriebetrieb 64
Beobachtungswinkel 15
Betriebsspannung (U_F) 38, 41
Betriebsstrom (I_F) 41
Betriebstemperatur 32
Bleiakkumulatoren 64
Blinker mit dem IC „555“ 92
Blink-LED 30
Blinklicht 86
Brückengleichrichtung 60
BUZ 103 S als Treiber 113

D

Dämmerungsschalter 119, 123
Drahtloses Nachladen von Kleinakkus 134
Duo-LEDs 29

E

Einstellbarer Spannungsregler 60
Einstellpotentiometer 42
Einstellung des LED-Stroms 67
Elektromagnetisches Relais 29
Elliptische LEDs 16
Empfohlene Vorwiderstände 39
Energiesparlampen 10
Energieübertragung mit Licht 133
Energieübertragung zu einer Wanduhr 134
Experimentier-Glücksrad 108

F

Fahrrad-Dynamo 82
Farbenbezogene Empfindlichkeit
unserer Augen 25
Farbspektrum 26
Flächenbeleuchtung 21
Fließendes Umschalten von Lichtquellen
112
Fotowiderstand 19, 123
Full-color-LED 29
Funk-Türglocke 129
Funk-Türglocke als Fernschalter 119

G

Gegurtete LEDs 27
Gehrichtungserkennende Lichtschranke
147
Germaniumdioden 53
Gesprochene Meldungen 128
Getaktete Netzgeräte 55
Gleichspannungs-Netzgeräte 55
Glücksräder 108

H

Hausnummer aus Leuchtdioden 146
Hintergrundbeleuchtung 16

I

Intervall-Melder mit Sprachausgabe 129

K

Kleindioden 106
Kondensatoren 88
Kühlkörper 33
Kühlplatte 72

Sachverzeichnis

L

Laser-Pointer als Fernschalter 130
Lastwiderstand 22
Laufflicht 96
Lebensdauer der Leuchtdioden 32
LED als Schaltzeichen 13
LED-Beleuchtung der PC-Tastatur 74
LED-Betriebsstrom 36
LED-Durchlassspannung 36
LED-Flächen 80
LED-Grundfarben 24
LED-Impulsbetrieb 138
LED-Ketten 80
LED-Lampen 78
LED-Mosaik-Steinchen 106
LED-Nennleistung 36
LEDs 9
LEDs in Fahrzeugen 80
LED-Schneeflocke 115
LED-Spots 13
LED-Taschenlampe 148
Leistungs-LEDs 14
Leistungs-Leuchtdioden 33
Leuchtdioden-Ketten 89
Leuchtdioden-Spielwürfel 105
Leuchtender Pfeil 106
Leuchtkraft 14
Leuchtstofflampen 10
Licht und Klang 128
Lichtstärke 14
Lichtstärken-Messung 49
Lichtstrom 10, 14
Light-emitting diodes 9
Low-current-LEDs 100
Low-drop-Spannungsregler 58
Lux 21

M

Mehrfarbige Leuchtdioden 28
Mehrstufige Timer-Ketten 96
Memory-Effekt 65
Messen der Lichtintensität 19
Messfehler 49
Metallfilm-Widerstand 62
Metallschicht-Widerstände 70
Mini-Spots 73
Mini-Verstärker mit dem TDA 7052 110
Mini-Voice-Recorder 130
Mittelpunkt-Schaltung 60
Monochromatisches Licht 10

Multimeter 21
Multivibrator als Blinker 86

N

Nennleistung des Vorwiderstandes 51
Netzgeräte 54
Netzteil für einen LED-Scheinwerfer 78
Netzteile 54, 55
NiCd-Akkumulatoren 65
NiMH-Akkumulatoren 65

O

Öffnungswinkel 15
Ohm 21
Ohmmeter 19

P

Photonen-Dichte 15
Piepser 143
Pin-Belegung des Ics 4024 101
Pin-Belegung des Ics 4066 122
Pin-Belegung des Ringzähler-Ics 4017 107
Power MOSFET-Transistoren 104

Q

Quiz-Taster 142

R

Reihenwiderstand 37
Relais-Magnetspule 30
Relaisspule 30
RESET-Schalter 119
Ringzähler-Ics 99
Ringzähler-Kette 111

S

Schalten mit dem IC 4066 122
Schaltstrom der Relaiskontakte 31
Schottky-Dioden 53
Selbstbau-Laderegelung 65
Siliziumdioden 53
SMD-LEDs 24
Solarzelle 21
Solarzellen-Spannungen 22
Sound-Modul 145
Stabilisierte Netzgeräte 58
Standard-Spannungsregler 58
Stromstoßrelais 121
SuperFlux-LEDs 15
Superhelle LEDs 11

Sachverzeichnis

Superhelle SMD-LEDs 26
Supperhelle Leuchtdioden an einer
Brille 77

T

Taktgeber 99
Tongenerator (Doppel-T-Oszillator) 109
Transistoren 88
Treiber-IC 7407 102
Treiber-Transistoren 103, 106

U

Unstabilisierte Netzgeräte 58

V

Versorgungsspannung 40
Voice-Module 130
Vorwiderstand 37

W

Wechselspannungs-Netzgeräte 55
Wechselspannungs-Versorgung 50
Weißes Licht 11
Wirkungsgrad 10

Z

Zenerdioden 53
Zenerspannung 63

Bo Hanus

Experimente mit superhellen Leuchtdioden

Superhell weiß leuchtende Leuchtdioden bzw. LEDs (Light Emitting Diodes) werden immer leistungsfähiger, billiger und sparsamer. Sie sind auf dem Weg, Edisons allmächtige Glühbirne nach und nach zu verdrängen und die 40 Milliarden Dollar schwere Beleuchtungsindustrie umzuwälzen.

In diesem Buch erfahren Sie, wie superhelle Leuchtdioden in Hobby und Alltag richtig angewandt werden und welche Nutzungsmöglichkeiten sich bieten. Neben vielen originellen und einfachen Experimenten finden sich eine Menge praktischer Bauvorschläge, die das erzeugte Licht in vielfältiger Art und Weise nutzen: Faszinierende Lichtmosaiken, traumhafte weihnachtliche Außen- und Innendekorationen, Party-Effekte, Lauflichter, KFZ-Signalanwendungen, LED-Taschenlampen usw. Das Buch ist so aufbereitet, dass auch Einsteigern der Schaltungsnachbau gelingt. Sämtliche Bauteile sind über den Versandhandel beziehbar.

Aus dem Inhalt

- Allgemeinwissen zu LEDs
- Spannungsversorgung
- Einfache Experimente mit LEDs
- Effekte mit bewegtem Licht
- LED-Anzeigen
- KFZ-Anwendungen
- Typenübersicht & spezielle Eigenheiten