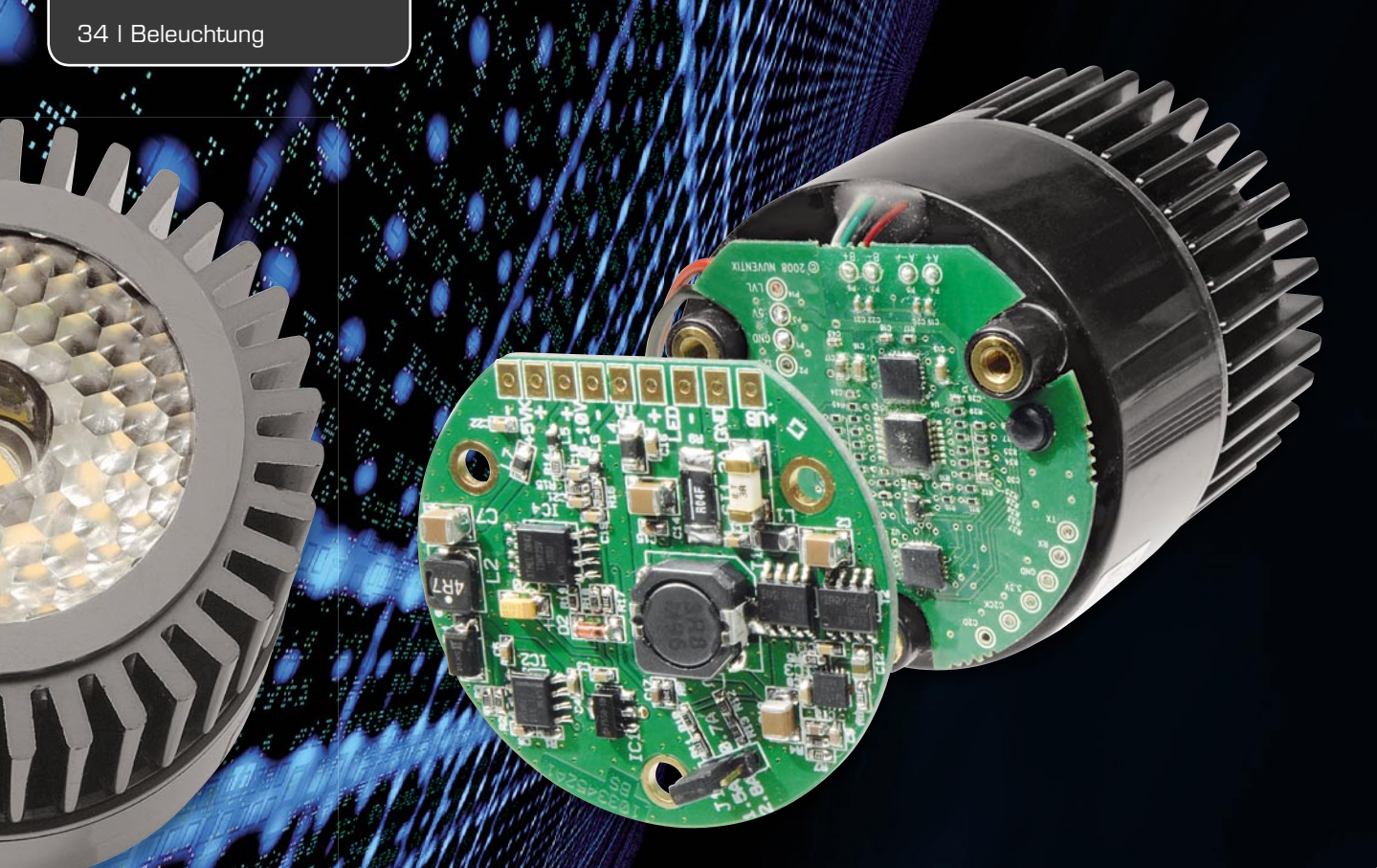




# High-Power-LED-Treiber für 10-Watt-LEDs

Der neue High-Power-LED-Treiber LED 28A ist in der Lage, LEDs mit einer Leistung von bis zu 10 Watt mit Konstantstrom zu versorgen. Über einen Taster bzw. Spannungseingang (0–10 V) kann die angeschlossene LED in der Helligkeit gedimmt werden. Mittels Jumper kann ein LED-Strom von 0,7 A|1,5 A oder 2,8 A ausgewählt werden. Die Platine ist unter anderem für die Montage auf einem neuartigen Lüfter des Herstellers Nuventix vorgesehen, der mit einem patentierten, fast geräuschlosen Lüfterkonzept arbeitet.

## Treiber mit viel Leistung

Durch den zunehmend höheren Leistungsbedarf von Power-LEDs ist die Nachfrage nach neuen leistungsfähigen Treiberschaltungen groß. Die hier vorgestellte Schaltung kann einen konstanten Strom bis 2,8 A liefern, was bei einer LED mit einer Flussspannung von 3,5 V eine Leistungsaufnahme von ca. 10 Watt darstellt. Derartig leistungsfähige LEDs sind bereits allge-

mein verfügbar, wenn auch, wie eben alle topaktuellen Innovationen, noch recht teuer. Alle LED-Markenhersteller haben bereits LEDs jenseits der 1-W-Klasse im Angebot, so Cree z. B. mit seiner MPL-, Seoul-Z- und Acriche-Reihe, Osrams OSTAR-, OSLO- und Dragon-Serien, EDISONs COB-Flächen- und EdiStar-LED-Reihe, um nur einige zu nennen. Die in unserem Applikationsbeispiel eingesetzte SST-90 von Luminus ist dabei mit 10 W eine der leistungstärksten derzeit verfügbaren LEDs.

Um derartige, auch nicht ganz billige LEDs sicher betreiben zu können, muss ein entsprechender Ansteuerungsaufwand getrieben werden. Dafür eignen sich moderne Schaltregler-ICs wie der hier zum Einsatz kommende TPS40192 von Texas Instruments besonders gut, zumal dieser per PWM steuerbar ist. Das erlaubt uns in unserer Applikation, eine kleine Steuerungsschaltung mit einem Mikroprozessor einzusetzen, die mehrere Steuerungsarten für die angeschlossene LED erlaubt: Neben leistungslosem Ein-/Ausstellen kann die LED entweder über einen externen Taster oder die

### LED-Treiber-Platine

|                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| Spannungsversorgung: | 9–18 Vdc                      |
| Stromaufnahme:       | max. 2,5 A                    |
| LED-Strom:           | 0,7 A 1,5 A 2,8 A (±3 %)      |
| Spannungsausgang:    | 5 V 500 mA (nur bei LED-28AN) |
| Abmessungen:         | ø 47 mm                       |

### Synjet®-Kühler MR16

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Abmessungen:         | ø 50 mm, Länge 59 mm |
| Spannungsversorgung: | 5 V max. 310 mA      |

aus der Lichtsteuertechnik bekannte Steuergleichspannung von 0 bis 10 V gedimmt werden, womit die LED direkt in professionelle Lichtsteueranlagen eingebunden werden kann.

Der LED-Strom ist auf drei Standard-Ströme (0,7|1,5|2,8 A) einstellbar, so können auch LEDs bzw. LED-Anordnungen kleinerer Leistung, z. B. 1-W-LEDs oder Power-LED-Stripes, an dieser Steuerplatine betrieben und gleichzeitig gedimmt werden. Auch für die modernen Power-Infrarot-LEDs wie z. B. die ACULED-Multichip-LEDs ist eine solche Ansteuerung hervorragend geeignet. Damit kann man solche LED-Anordnungen, die zur Nachtsichtunterstützung von Überwachungskameras dienen, exakt an die jeweilige Aufgabe anpassen, ohne z. B. das Beobachtungsfeld der Kamera zu überstrahlen.

In unserer Applikation ist die Platine sowohl in der Form und Größe als auch in der optionalen Ausstattung mit einem zusätzlichen Spannungsausgang auf den gemeinsamen Einsatz am Synjet-Cooler von Nuventix ausgelegt, sie passt aber mit ihrem geringen Durchmesser von nur 47 mm auch als universeller Treiber an viele andere Kühlkörper.

Kühlung ist bei den steigenden LED-Leistungen – wie bei jedem Leistungshalbleiter – ein wichtiges Thema, das zur Erhaltung der Funktion und für eine lange Lebensdauer der teuren Bauteile keineswegs vernachlässigt werden darf. Denn bei Leistungen von mehr als 10 W stoßen die in der Größe begrenzten Passiv-Kühlkörper an die Grenzen des Machbaren. Aktiv-Kühlkörper mit elektrischen Lüftern kommen hingegen kaum in Frage, sie erzeugen nicht nur lästige Geräusche, sondern benötigen auch regelmäßige Wartung (Reinigung). Ergo muss nach anderen Lösungen gesucht werden.

### Nuventix Synjet-Cooler

Die Firma Nuventix hat sich auf aktive Kühltechnologie spezialisiert und bietet vor allem für die Kühlung von Hochleistungs-LEDs eine neue, innovative Technik an. In Bild 1 ist ein solcher Kühler vom Typ MR16 zu sehen. Die Bezeichnung „MR16“ bezieht sich dabei auf den üblichen Leuchtmittel-Durchmesser von MR16-Halogen-Einbaufassungen (Formfaktor), also 50 mm.

Das wesentlich Neue an dieser Technik ist, dass zur Kühlung keine Lüfter mit Motoren verwendet werden, sondern das patentierte Synjet-Verfahren (Aktuator-technologie).

Hierbei wird mit Hilfe einer Membran die Luft in zielgerichtete Schwingungen versetzt und dorthin befördert, wo Bedarf an einem Wärmemanagement besteht. Diese Technik ist besonders effektiv und erlaubt eine fast lautlose, wartungsfreie und besonders langlebige Lüfertechnologie. In Bild 2 sieht man, wie der Luftstrom zielgerichtet am eigentlichen Kühlkörper vorbeigeführt wird. In [1] ist die Technologie ausführlich erläutert.

Für die Ansteuerung der Membran ist eine aufwendige Steuerelektronik notwendig, die auf der Rückseite des Kühlers angebracht ist. Die Öffnung im vorderen Teil des Kühlkörperringes bietet ausreichend Platz, um eine Power-LED der neusten Generation inklusive einer Abdeckung zu befestigen. So erhält man einen kom-

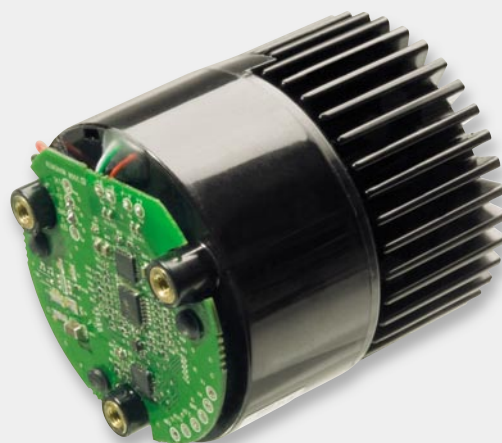


Bild 1: Der Aktiv-Kühler von Nuventix arbeitet nach dem patentierten Synjet-Verfahren.

pakten und gut gekühlten Spot im MR16-Einbaumaß.

Die Spannungsversorgung erfolgt mit einer Gleichspannung von 5 V.

### Schaltung

Das Schaltbild der LED-Ansteuerung ist in Bild 3 dargestellt. Die Schaltung gliedert sich in mehrere Funktionsbereiche, die wir nacheinander betrachten wollen.

Da die Betriebsspannung höher als die LED-Spannung ist, kommt zur Ansteuerung der LED ein Step-down-Wandler (Abwärtswandler) zum Einsatz, der einen konstanten LED-Strom generiert. Bei diesem Schaltregler (IC 3), der im mittleren Teil des Schaltbildes dargestellt ist, handelt es sich um einen „Synchronous Buck Controller“. Im Vergleich hierzu ist im oberen rechten Teil des Schaltbildes ein konventioneller Step-down-Regler (IC 2) dargestellt, der eine Spannung von 5 V für den Nuventix-Kühler bereitstellt.

Die Vorteile und die Funktionsweise eines Synchronwandlers ist im „Elektronikwissen“ näher erklärt.



Bild 2: Das Funktionsprinzip des Synjet-Kühlers. Der Membranantrieb befördert die Kühlluft so, dass sie zielgerichtet durch die Kühlrippen streicht.

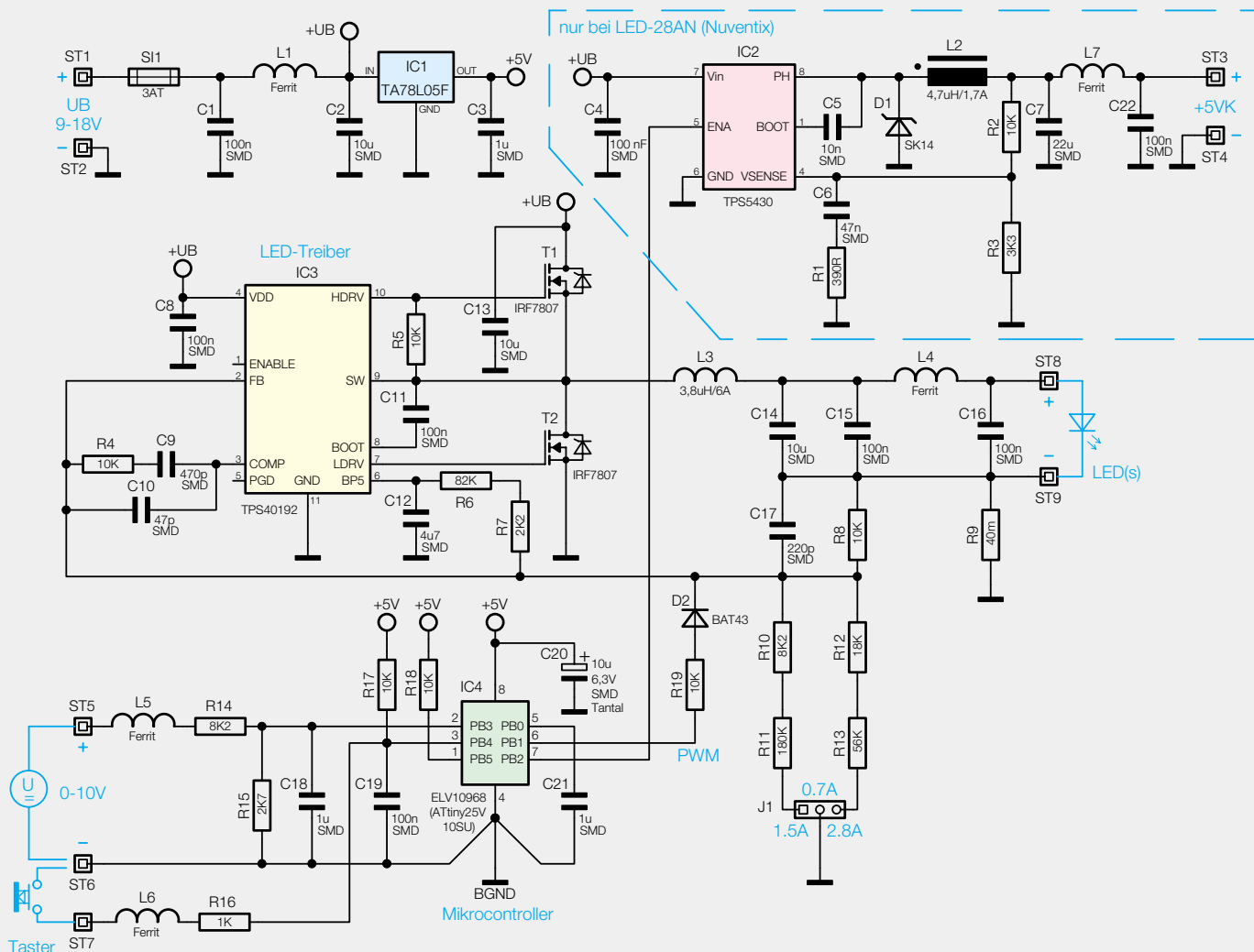


Bild 3: Schaltbild der LED-Ansteuerung, der rechts oben eingerahmte Schaltungsteil wird nur bei Anschluss des optionalen Nuventix-Kühlers benötigt.

Da der Ausgang des Schaltreglers IC 3 nicht spannungs-, sondern stromstabil gehalten wird, kommt ein etwas anderes Rückkoppelnetzwerk als bei der Spannungsstabilisierung zum Einsatz. Für die Regelung spielt der Feedback-Eingang (FB) von IC 3 eine große Rolle. Hier wird der Ist-Wert des Ausgangs gemessen, sei es die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom. Die interne Referenzspannung, also der Soll-Wert, liegt bei 600 mV. Die interne Elektronik von IC 3 regelt das Puls-Pause-Verhältnis des Ansteuersignals so lange nach, bis der Ist-Wert dem Soll-Wert entspricht. Wird eine stabile Ausgangsspannung benötigt, besteht das Rückkoppelnetzwerk lediglich aus einem Spannungsteiler. Mit dem Teilverhältnis kann somit die Ausgangsspannung festgelegt werden.

In unserem Fall muss der Ausgangsstrom konstant gehalten

werden. Hier wird zunächst der Ausgangsstrom in eine Spannung umgewandelt. Dies geschieht mit Hilfe des Shuntwiderstandes R 9. Um die Verlustleistung an diesem Widerstand möglichst gering zu halten, ist der Widerstandswert relativ klein (40 mΩ). Der Nachteil hierbei ist, dass die Spannung an diesem Widerstand sehr gering (28–112 mV) und kleiner als die Referenzspannung (600 mV) ist. Somit kann diese Spannung nicht direkt als Ist-Wert zur Regelung genutzt werden. Hier müssen wir zu einem kleinen Trick greifen. Die gemessene Spannung an R 9, die proportional zum Ausgangsstrom ist, wird über ein Widerstandsnetzwerk einer anderen stabilen Spannung aufaddiert (siehe Bild 4).

Am Ausgang BP 5 (Pin 6) von IC 3 steht eine stabile Spannung von genau 5 V an, die über die Widerstände R 6 und R 7 auf den Feedback-Eingang (FB) geführt

wird. Über den Widerstand R 8 gelangt die Spannung von R 9 auf diesen Knotenpunkt. Durch die Widerstandswerte bzw. das Verhältnis zueinander in diesem Netzwerk kann der Ausgangsstrom festgelegt werden. Wie man im Schaltbild sieht, kann mit Hilfe des Jumpers J 1 zwischen Strömen von 0,7 A, 1,5 A oder 2,8 A gewählt werden.

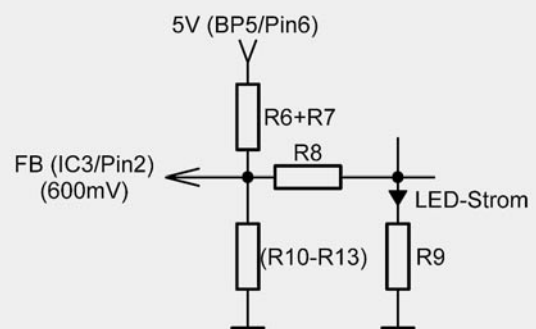


Bild 4: Die Erzeugung des Ist-Wertes über ein Widerstandsnetzwerk

Ein wichtiges Feature dieser Schaltung ist die Helligkeitsregelung der LEDs, die mit Hilfe einer PWM (Pulsweitenmodulation) vorgenommen wird. Hierzu muss der Ausgangsstrom periodisch ein- und ausgeschaltet werden. Das Abschalten des Schaltreglers erfolgt über die Diode D 2, mit der ein PWM-Signal auf dem Anschluss „FB“ überlagert wird. Eine hohe Spannung am Anschluss „FB“ „gaukelt“ der Regelung vor, dass der Ausgangsstrom ebenfalls zu hoch ist, folglich wird der Strom herabgeregelt bzw. komplett abgeschaltet. Theoretisch ist es auch möglich, den Schaltregler über den Anschluss „ENABLE“ zu deaktivieren. Die Einschwingzeit bzw. der Softstart machen hier ein relativ schnelles Schalten mittels der PWM jedoch nicht möglich.

Kommen wir nun zum Mikrocontroller IC 4, ein AVR vom Typ ATtiny25. Zur Fernsteuerung bzw. Bedienung der Schaltung stehen ein Spannungs- und ein Taster-eingang zur Verfügung. Der Controller generiert ein PWM-Signal, das, wie erwähnt, über die Diode D 2 den LED-Ausgang schalten kann. Wie im Abschnitt „Instal-

lation und Bedienung“ näher beschrieben, stehen drei verschiedene Betriebsmodi zur Verfügung. Über ST 5 und ST 6 kann eine externe Spannung im Bereich von 0 V bis 10 V zugeführt werden. Der interne Analog-Digital-Wandler des Controllers wertet diese Spannung aus und generiert in Abhängigkeit der Spannung ein entsprechendes PWM-Signal. Bei einer Spannung von 0 bis 1 V ist der Ausgang abgeschaltet (LED aus), während im Bereich von 1 V bis 10 V eine Helligkeitsänderung stattfindet. Bei einer Spannung von 10 V ist die volle Helligkeit von 100 % erreicht.

Eine Alternative zur einfachen manuellen Bedienung stellt der Taster-Eingang ST 7 dar. Hierdurch ist eine störungsunempfindliche und bequeme Bedienung (Ein-/Ausschalten, Dimmen) möglich (siehe Abschnitt „Installation und Bedienung“), bei dem unter anderem auch der eingestellte Helligkeitswert im EEPROM des Controllers gespeichert wird.

Kommen wir nun zum zweiten Step-down-Wandler IC 2, der eine stabile Versorgungsspannung von 5 V für den Nuventix-Kühler bereitstellt. Dieser Schaltungs-

### Synchroner Abwärtsregler

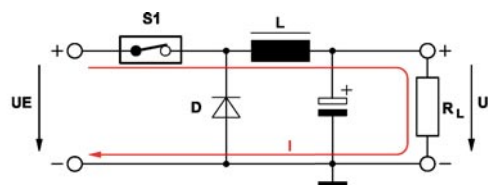
Bei zunehmender Leistung, wenn also ein Abwärtsregler hohe Ströme verarbeiten soll, ist es vorteilhaft, diesen durch einen „synchronen Abwärtsregler“ zu ersetzen. Es geht dabei primär um die Minimierung der Verlustleistung. Denn unnötiger Energieverbrauch bedeutet schlechter Wirkungsgrad und zusätzliche Wärmeentwicklung.

Schauen wir uns zunächst den Aufbau und die Funktion eines „normalen“ Abwärtsreglers an (a). Der Schalter S 1 (wird in der Hardware meist durch einen MOSFET realisiert) ist durchgeschaltet und es fließt ein Strom durch die Spule L und zur angeschlossenen Last  $R_L$ . Der Strom in der Spule steigt an, und es wird Energie in der Spule gespeichert.

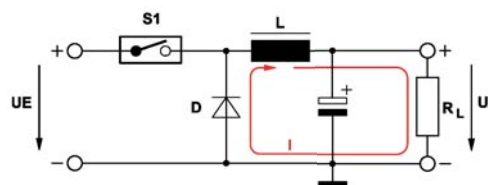
In der zweiten Schaltphase (b) ist der Schalter S 1 offen – jetzt wird der Stromfluss durch L und die Last aufrechterhalten, da in dieser Betriebsphase die Diode DI leitend ist.

Wie man erkennt, fließt durch die Diode der gleiche Strom, der auch durch die angeschlossene Last fließt. An nahezu jedem Bauteil fällt in irgendeiner Form Verlustleistung ab. Bei einem Ausgangsstrom von z. B. 3 A und einer Diodenflussspannung von 0,35 V (Schottky-Diode) beträgt die Verlustleistung an der Diode 1,05 Watt ( $P = U \times I$ ), die in Wärme umgewandelt wird. Die entstehende Wärme an der Diode ist so hoch, dass ein Kühlkörper oder auch entsprechend große Leiterbahnanschlussflächen für Kühlung sorgen müssen.

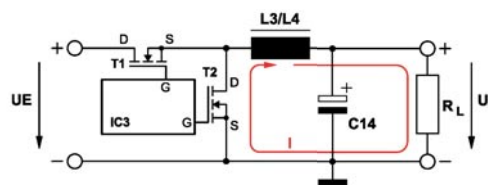
Um die Verluste zu minimieren, wird bei einem „synchronen Abwärtsregler“ die Diode durch einen MOSFET ersetzt. Ein MOSFET verhält sich natürlich nicht wie eine Diode, deshalb ist eine Steuerelektronik notwendig, die da-



a) Konventioneller Abwärtsregler / Schalter S1 geschlossen

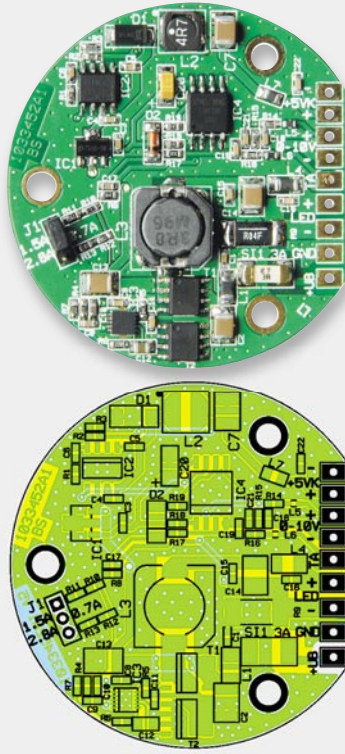


b) Konventioneller Abwärtsregler / Schalter S1 offen, Diode leitend



c) Synchroner Abwärtsregler / T1 offen, T2 geschlossen

für sorgt, dass der MOSFET im „richtigen“ Moment durchgeschaltet (c) und so eine Diode simuliert. Im durchgeschalteten Zustand weist der in unserer Schaltung verwendete MOSFET einen EIN-Widerstand ( $R_{DS(on)}$ ) von ca.  $0,025 \Omega$  auf. Nach der Formel  $P = I^2 \times R$  ergibt sich jetzt eine Verlustleistung an dem MOSFET von nur noch 0,225 Watt. Durch diese Schaltungstechnik werden zum einen ein höherer Wirkungsgrad der Schaltung erreicht und zum anderen die Verlustleistung und somit die Wärmeentwicklung minimiert.



Die Platine und der Bestückungsdruck von der Oberseite in Originalgröße



### Hinweis zum Betrieb:

Weißes LEDs sind besonders empfindlich gegenüber elektrostatischen Aufladungen, sie können u. U. durch bloßes Berühren der Anschlüsse im unverbauten Zustand zerstört werden.

Auch sollte man niemals direkt in das Licht dieser hellen LEDs schauen. Eine bleibende Schädigung der Netzhaut kann nicht ausgeschlossen werden!

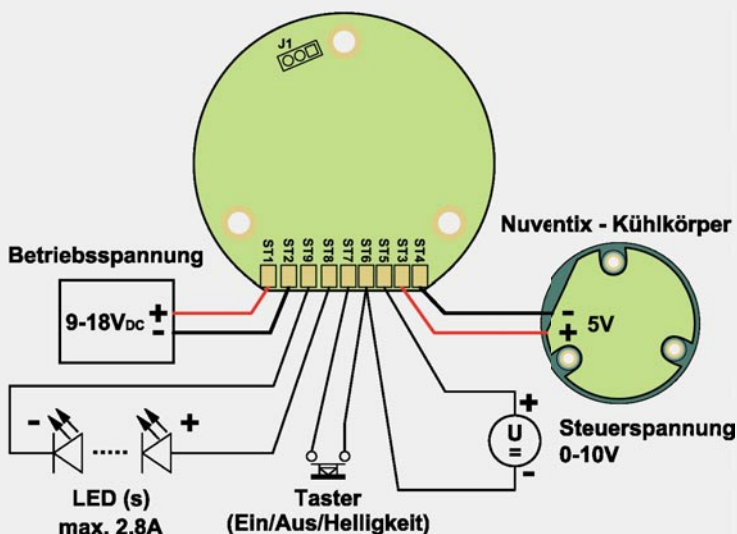


Bild 5: Die komplette Anschlussbeschriftung der Ansterelektronik inklusive Kühlkörperanschluss

teil wird nur dann benötigt, wenn auch ein entsprechender Kühler eingesetzt wird.

IC 2 ist ein klassischer integrierter Abwärtswandler mit einem internen Schalttransistor und einer externen Freilaufdiode D 1. Die Funktionsweise eines Schaltreglers ist im Abschnitt „Elektronikwissen“ ebenfalls erklärt. Die Ausgangsspannung an ST 3 wird mit den Widerständen R 2 und R 3 vorgegeben, durch die eine Rückkopplung auf den Feedback-Eingang (VSENSE) erfolgt. Der Chip-Ferrit L 7 und C 22 dienen der Unterdrückung von Störspannungen.

Die Spannungsversorgung der Schaltung erfolgt über die Anschlusspunkte ST 1 und ST 2. Mit dem Spannungsregler IC 1 (TA78L05F) wird eine stabile 5-V-Spannung für den Mikrocontroller IC 4 bereitgestellt.

### Nachbau

Die Platine wird bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert, so dass nur die bedrahteten Bauteile, und hier allein der Jumper J 1, zu bestücken sind. Durch die sehr kleinen SMD-Bauformen, wie sie in dieser Schaltung verwendet werden, wäre ein manuelles Bestücken, vor allem von IC 3, fast unmöglich.

Vor dem Einsatz der Schaltung sollte die Platine noch einmal auf exakte Bestückung, fehlerhafte Lötstellen und Lötzinnbrücken untersucht werden, da die Bausatzplatine lediglich bestückt, aber nicht geprüft ist.

### Installation und Bedienung

In Bild 5 ist das Anschlussschema der Schaltung, inklusive des Nuventix-Kühlers, dargestellt.

Das eingesetzte Netzteil muss eine Spannung im Bereich von 9 bis 18 V und einen zur Last adäquaten Strom liefern. Die Spannung ist auch davon abhängig, wie viele LEDs in Reihe betrieben werden sollen. Wird eine einzelne LED mit einer Flussspannung von 3,5 V angeschlossen, reicht eine Versorgungsspannung von 9 V. Die Eingangsspannung sollte in der Regel 3 V über der LED-Flussspannung liegen.

Da über die Zuleitungen vom Netzteil und der LED relativ hohe Ströme fließen (max. 2,8 A), sollte der Kabelquerschnitt mindestens 1 mm<sup>2</sup> betragen. Da der Abstand der Anschluss pads auf der Platine zueinander recht klein ist, sollte man beim Anlöten auf der Anschlussleitung größte Sorgfalt walten lassen. Nach dem Testen empfiehlt sich hier das zusätzliche Isolieren durch Behandlung des komplett verdrahteten Anschlussfeldes mit Plastispray. Bei der späteren Montage sollten alle Leitungen zugsicher fixiert werden. Hier empfehlen sich ähnliche Konstruktionen wie in der Halogentechnik mit fest fixierten Leitungsverbindern.

Um die Polarität der Zuleitungen auch farblich unterscheiden zu können, ist es ratsam, für die Plusleitungen immer die Farbe Rot zu wählen.

Falls der optionale Nuventix-Kühler zum Einsatz kommt, sind dessen Versorgungsleitungen mit den Anschlusspunkten ST 3 und ST 4 zu verbinden.

Es stehen drei verschiedene Bedienvarianten zur Verfügung:

- **1. Keine externen Bedienelemente:** Nach Anlegen



Bild 6: Die 10-Watt-LED SST-90 von Luminus ist eine der derzeit leistungsstärksten am Markt.

der Versorgungsspannung wird die LED mit 100 % Leistung angesteuert. Hierzu müssen die Kontakte ST 6 und ST 7 (Taster) kurzgeschlossen (gebrückt) werden.

- **2. Bedienung durch Taster an ST 6 und ST 7:** Durch kurze Betätigung des Tasters wird die LED ein- bzw. ausgeschaltet. Durch längeres Drücken des Tasters kann die LED-Helligkeit eingestellt (gedimmt) werden. Kurzes Loslassen des Tasters kehrt die Dimmrichtung um. Der eingestellte Helligkeitswert wird im EEPROM gespeichert und beim nächsten Einschalten wiederhergestellt. Als Taster kann ein beliebiger Taster, aber auch ein potentialfreier Relais-Ausgang, z. B. eines Funk-Schalters, zum Einsatz kommen. Wichtig ist, dass die Taster-Relaiskontakte potentialfrei sind.
- **3. Steuerung durch eine Gleichspannung (0–10 V) an ST 5 (+) und ST 6 (-):** Die Spannungsquelle sollte einen möglichst niedrigen Innenwiderstand (Quellimpedanz) aufweisen (max. 100  $\Omega$ ). Der Bereich 0 bis 1 V wird als „AUS“ interpretiert, während eine Spannung zwischen 1 V und 10 V einer Helligkeit von 3 % bis 100 % entspricht.

## Montage von LED und Kühler

Wer den High-Power-LED-Treiber zusammen mit dem beschriebenen Nuventix-Kühler und einer passenden LED betreiben möchte, sollte diesen Abschnitt sorgfältig lesen, denn die verwendete 10-W-LED und auch der Kühler gehören in die etwas gehobene Preiskategorie. Neue, innovative Technik hat nun mal ihren Preis. Entsprechend sorgfältig sollte man die Montage vornehmen.

Die in unserem Beispiel eingesetzte LED von Luminus SST-90 (Bild 6, siehe auch [2]) zählt mit 100 Lumen pro Watt im Moment mit zu den hellsten am Markt befindlichen LEDs. Das Datenblatt nennt für die weiße LED einen Lichtstrom von bis zu 2150 lm und eine Effizienz von mehr als 100 lm/W (@ 3,15 A). Unter bestimmten Einsatzbedingungen kann diese LED mit bis zu 9 A getrieben werden! 10 W Leistung sind für eine Einzel-LED derzeit schon sehr viel!

Die LED wird zusammen mit der Linse und dem Kunststoffring, wie in Bild 7 dargestellt, montiert. Für die Befestigung der LED verwendet man Wärmeleitkleber, der für einen guten thermischen Kontakt sorgt und gleichzeitig eine mechanisch stabile Verbindung herstellt. Vor dem Verkleben sind die Zuleitungen für die LED anzulöten! Auch hier sind dem fließenden Strom entsprechende Leitungsquerschnitte mit mind. 1 mm<sup>2</sup>



### Hinweis zum Betrieb:

Der Modus 2 und 3 wird vom Mikrocontroller automatisch erkannt. Wird nach Anlegen der Betriebsspannung zuerst der Taster betätigt, wird der Modus 1 aktiviert. Umgekehrt, wenn also zuerst eine Spannung an ST 5|ST 6 angelegt wird, ist automatisch der Modus 3 aktiv. Ein gleichzeitiger Betrieb von Taster und Spannungssteuerung ist nicht möglich.

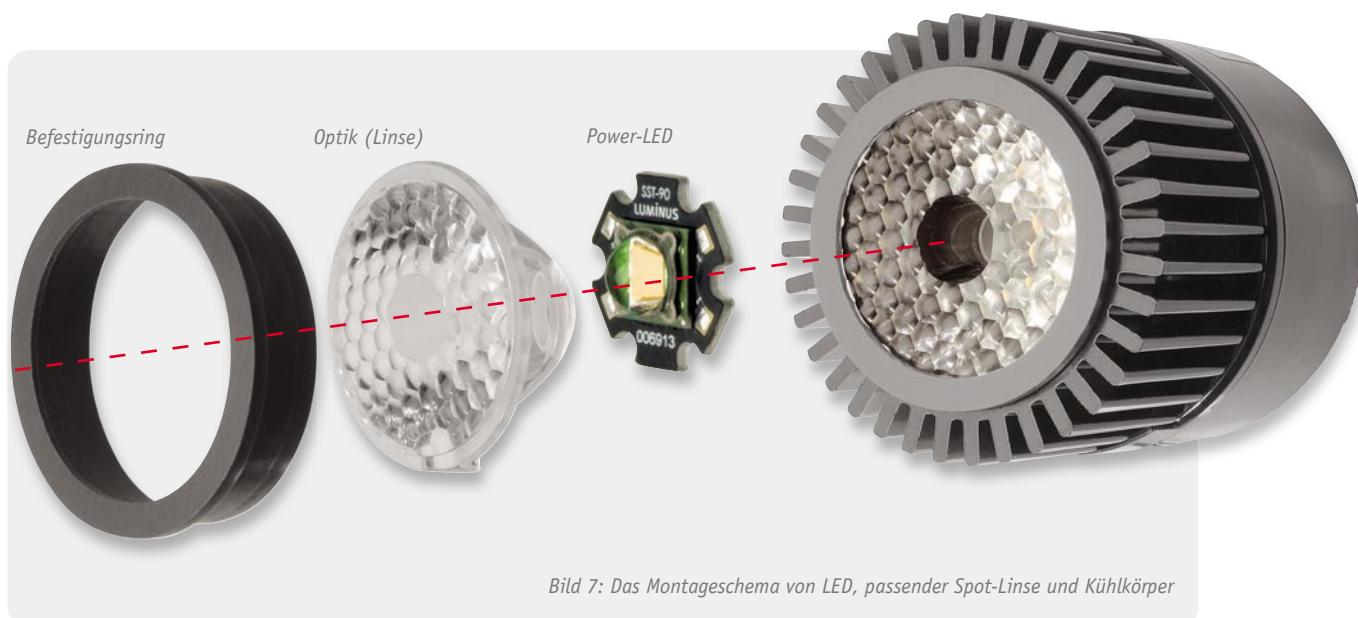


Bild 7: Das Montageschema von LED, passender Spot-Linse und Kühlkörper



Bild 8: So wird die LED-Steuerplatine an den Nuventix-Kühler montiert.

einzusetzen. Bild 8 zeigt, in welcher Lage die LED-Ansteuerung an die Montagedomes des Nuventix-Kühlers zu montieren ist. Im Kühlkörper und dem Synjet befindet sich eine Öffnung bzw. ein Schacht, durch den die Anschlussleitungen der LED geführt werden. Der unter „Technical Documents“ in [1] vorhandene „Design Guide“ gibt zahlreiche Hinweise für die Applikation des Synjet in vorhandene Leuchten, zur Luftführung und zu den Einbaubedingungen. So ist u. a. immer für eine ausreichende Luftzirkulation von der

Rückseite bzw. Seite des Synjet her zu sorgen. Deshalb muss beim Einbau in Decken oder Wandverkleidungen genügend Raum hinter der Lampe frei sein, die Rückseite darf nicht durch Dämmstoffe o. Ä. abgedeckt sein. Kann dies nicht sicher gewährleistet werden, helfen die aus der Halogenlampentechnik bekannten Abstandshalter (Bild 9). Als Fassung eignen sich viele MR16-Fassungen oder MR16-Spots. Die Befestigung kann entsprechend dieser Vorschrift über vorhandene Montagewinkel an den Fassungen, zusätzliche Trägerplatten o. Ä. erfolgen. Obwohl die Synjet-Belüftungstechnik selbst sehr leise arbeitet, kann es dennoch durch ungünstige Luftführung zu Geräuschbildungen kommen.

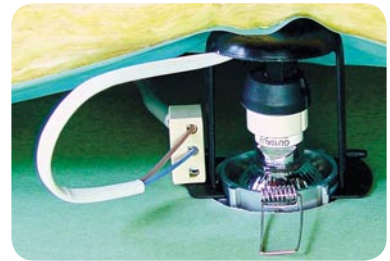


Bild 9: Mit einem solchen, aus der Halogenleuchten-Technik bekannten Abstandshalter ist der Nuventix-Kühler auch an kritischen Orten installierbar und bekommt genug Luft zum „Atmen“.

Auch hier gibt der Design-Guide zahlreiche Hinweise.

Grundsatz: freie Luftführung – ohne Hindernisse, lose Teile (z. B. Kabel und Leitungen) usw. im Ansaugweg – vermindern die Geräuschbildung. **ELV**



#### Quellen:

- [1] [www.nuventix.com/products/synjet-mr16-led-cooler](http://www.nuventix.com/products/synjet-mr16-led-cooler)  
[2] [www.luminus.com/content1504](http://www.luminus.com/content1504)

### LED-28A

#### Widerstände:

|                  |       |      |                     |
|------------------|-------|------|---------------------|
| Shunt-Widerstand | 40 mΩ | SMD  | R9                  |
| 1 kΩ             | SMD   | 0603 | R16                 |
| 2,2 kΩ           | SMD   | 0603 | R7                  |
| 2,7 kΩ           | SMD   | 0603 | R15                 |
| 8,2 kΩ           | SMD   | 0603 | R10, R14            |
| 10 kΩ            | SMD   | 0603 | R4, R5, R8, R17–R19 |
| 18 kΩ            | SMD   | 0603 | R12                 |
| 56 kΩ            | SMD   | 0603 | R13                 |
| 82 kΩ            | SMD   | 0603 | R6                  |
| 180 kΩ           | SMD   | 0603 | R11                 |

#### Kondensatoren:

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 47 pF SMD 0603         | C10                        |
| 220 pF SMD 0603        | C17                        |
| 470 pF SMD 0603        | C9                         |
| 100 nF SMD 0603        | C1, C8, C11, C15, C16, C19 |
| 1 μF SMD 0603          | C3, C18, C21               |
| 4,7 μF SMD 0805        | C12                        |
| 10 μF 25 V SMD 1210    | C2, C13, C14               |
| 10 μF 6,3 V Tantal SMD | C20                        |

#### Halbleiter:

|          |         |        |
|----------|---------|--------|
| TA78L05  | SMD     | IC1    |
| TPS40192 | DRCX    | IC3    |
| ELV10968 | SMD     | IC4    |
| IRF7807  | PBF SMD | T1, T2 |
| BAT43    | SMD     | D2     |

#### Sonstiges:

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Chip-Ferrite, 1206               | L1, L4 |
| Speicherdrossel, SMD, 3,8 µH 6 A | L3     |
| Chip-Ferrite, 0603               | L5, L6 |
| Sicherung, 3 A, träge, SMD       | SI1    |
| Stiftleiste, 1x 3-polig          | J1     |
| Jumper, RM = 2,0 mm              | J1     |

### LED-28AN (zusätzliche Bauteile)

#### Widerstände:

|        |     |     |      |    |
|--------|-----|-----|------|----|
| 390 Ω  | 1 % | SMD | 0603 | R1 |
| 3,3 kΩ | 1 % | SMD | 0603 | R3 |
| 10 kΩ  | 1 % | SMD | 0603 | R2 |

#### Kondensatoren:

|        |     |      |         |
|--------|-----|------|---------|
| 10 nF  | SMD | 0603 | C5      |
| 47 nF  | SMD | 0603 | C6      |
| 100 nF | SMD | 0603 | C4, C22 |
| 22 μF  | SMD | 1210 | C7      |

#### Halbleiter:

|            |     |     |
|------------|-----|-----|
| TPS5430DDA | SMD | IC2 |
| SK14       | SMD | D1  |

#### Sonstiges:

|                 |                  |       |    |
|-----------------|------------------|-------|----|
| Speicherdrossel | SMD, 4,7 $\mu$ H | 1,7 A | L2 |
| Chip-Ferrit     | 0603             |       | L7 |