



# LEDs fernschalten und dimmen – FS20-LED-Netzteil/Dimmer

LED-Anordnungen werden immer leistungsfähiger, da muss die Stromversorgung mithalten. Die hier vorgestellte Schaltung vereint ein leistungsstarkes Schaltnetzteil und einen Dimmer in einem Gerät. Der Ausgang ist mit einer Gleichspannung von 12 V für den Betrieb von z. B. LED-Stripes ausgelegt. Die angeschlossenen LEDs können bequem per FS20 oder externem Taster nicht nur ein- und ausgeschaltet, sondern auch in der Helligkeit gedimmt werden.

## Bequem schalten und dimmen

Nicht nur LED-Spots, auch die beliebten LED-Stripes und -Flächenleuchten werden immer leistungsfähiger. Das ist gut so, sollen LED-Beleuchtungen ja auch in Zukunft in immer mehr Anwendungen die Glüh- und Energiesparlampe ersetzen. Allerdings erfordern die recht empfindlichen Bauelemente auch eine sorgfältig dimensionierte und sichere Stromversorgung, um die propagierte hohe Lebensdauer zu erreichen. Da inzwischen eine 600 mm lange LED-Leiste bei entsprechender Bestückung schon bis zu 16 W Leistungsaufnahme hat, reichen die Netzteile der ersten Generation lange nicht mehr, diese sind ja meist in der 6-W-Klasse angesiedelt. Also musste auch eine Ergänzung für unser erstes LED-Funk-Netzteil – das FS20 LD – her.

Das neue FS20 LEDND gehört zu den leistungsstarken Vertretern seiner Klasse. Und es ist eben mehr als nur ein kompaktes Netzteil. Gleichzeitig können die angeschlossenen LEDs gedimmt werden, und es ist eine bequeme Fernbedienung durch alle FS20-Sender und/oder einen abgesetzten Niedervolt-Taster möglich. So kann man die LED-Beleuchtung recht einfach in eine normale, vorhandene Hausinstallation ein-

binden, indem man vorhandene Wandschalter z. B. durch einen FS20-Unterputz-Funk-Schalter ersetzt. Die in der Schalterdose vorhandene 230-V-Installation ist dann so zu schalten, dass das entweder direkt in der Leuchte oder in einer Zwischendecke bzw. einem Möbel eingebaute Netzteil ständig Netzspannung erhält. Da an das Netzteil bis zu drei verschiedene FS20-Sender anlernbar sind, kann man dann noch für das bequeme Schalten von der Couch aus zusätzlich einen FS20-Handsender anlernen.

Natürlich stehen auch alle Optionen, die das FS20-System bietet, offen, ob Zentralen-/PC-Steuerung, Ansteuerung durch Dämmerungsschalter oder Bewegungsmelder, alles ist einsetzbar.

### Daten

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| Spannungsversorgung:         | 230 V <sub>AC</sub> /50 Hz     |
| Leistungsaufnahme(Leerlauf): | <0,3 W                         |
| Ausgänge:                    | 12 V <sub>DC</sub> max. 2 A    |
| Eingänge:                    | 1x Taster-Eingang (Niedervolt) |
| Funkprotokoll:               | FS20/868 MHz                   |
| Abm. (Gehäuse):              | 195 x 51 x 36 mm               |

## Bedienung und Programmierung

### Bedienung mit externem Taster

Bei ausschließlicher Verwendung eines externen Tasters braucht keine Programmierung vorgenommen zu werden.

Die Bedienung ist schnell erklärt: Ein kurzer Tastendruck schaltet die Last (LEDs) jeweils ein oder aus (Toggle-Funktion). Zum „Dimmen“ hält man die Taste länger als 1 Sekunde gedrückt. Ein Dimmvorgang, also ein Durchlauf von Hell nach Dunkel und umgekehrt, dauert ca. 4,5 Sekunden. Um die Dimmrichtung umzukehren, lässt man die Taste kurz los, um sie danach erneut gedrückt zu halten. Ist der Verbraucher auf einen bestimmten Helligkeitswert gedimmt, so wird dieser Wert beim Ausschalten gespeichert und beim Einschalten sofort wieder automatisch eingestellt.

### Bedienung mit FS20-Fernbedienung – Grundfunktionen

Wie bei jeder FS20-Gerätekombination ist die Fernbedienung zunächst anzulernen. Wie das erfolgt, lesen Sie im nächsten Kapitel. Danach stehen sofort die Grundfunktionen „Schalten“ und „manuelles Dimmen“ zur Verfügung:

**Einschalten:** Rechte Taste des programmierten Tastenpaares kurz betätigen.

**Ausschalten:** Linke Taste des programmierten Tastenpaares kurz betätigen.

**Heraufdimmen:** Rechte Taste des programmierten Tastenpaares länger als 0,4 Sekunden betätigen, die Leuchte wird heller.

**Herabdimmen:** Bei eingeschalteter Leuchte linke Taste des programmierten Tastenpaares länger als 0,4 Sekunden betätigen, die Leuchte wird dunkler. Weitere Bedienvarianten, zur Programmierung eingesetzt, sind im nächsten Kapitel beschrieben.

Ist die Fernbedienung im Toggle-Modus programmiert, so erfolgt die gesamte Bedienung nur über eine einzelne Taste, wobei die Bedienung dann der mit dem externen Taster entspricht.

### Programmiermodus

Bei Verwendung einer FS20-Funk-Fernbedienung muss zuvor deren Fernbedienungscode, bestehend aus der Kombination von Haus- und Adresscode, an das FS20 LEDND übermittelt werden. Hierzu wechselt man zuerst in den Programmiermodus. Dies erfolgt durch Betätigen der im Gehäuse eingebauten Taste „Prog.“ für länger als 5 Sekunden, bis die LED blinkt und damit anzeigt, dass sich das Gerät im Programmiermodus befindet. Die Taste ist mit einem versenkt im Gehäuse untergebrachten Stößel gegen versehentliches Betätigen geschützt. Ein Betätigen erfolgt mit einem spitzen Gegenstand wie z. B. einem Kugelschreiber.

### Anlernen eines FS20-Codes

Zum Anlernen ist nun nur noch eine der Tasten des zugeordneten Tastenpaares an der Fernbedienung zu drücken. Wenn der Code gespeichert ist, erlischt die LED am FS20 LEDND. Es können insgesamt 3 verschiedene FS20-Codes gespeichert werden. Wird innerhalb von 30 Sekunden kein FS20-Signal empfangen bzw. erkannt, verlässt das Gerät den Programmiermodus automatisch.

### Löschen einzelner FS20-Codes

Das Löschen einzelner Codes ist dann notwendig, wenn der Speicher voll ist oder wenn einzelne Fernbedienungen deaktiviert werden sollen. Zunächst muss dazu der Programmiermodus aktiviert werden (Taste „Prog.“ am Gerät länger als 5 Sekunden gedrückt halten, bis die LED blinkt). Falls der Speicher voll ist, wird dies dadurch angezeigt, dass die LED im Programmiermodus nicht blinkt, sondern für 5 Sekunden dauerhaft leuchtet. Nach Ablauf dieser 5 Sekunden wird automatisch in den Programmiermodus gewechselt. Wird jetzt eine Taste an der Fernbedienung gedrückt, deren Code schon im Speicher abgelegt ist, wird dieser gelöscht. Das Löschen wird durch zweimaliges kurzes Aufleuchten der LED am Gerät angezeigt.

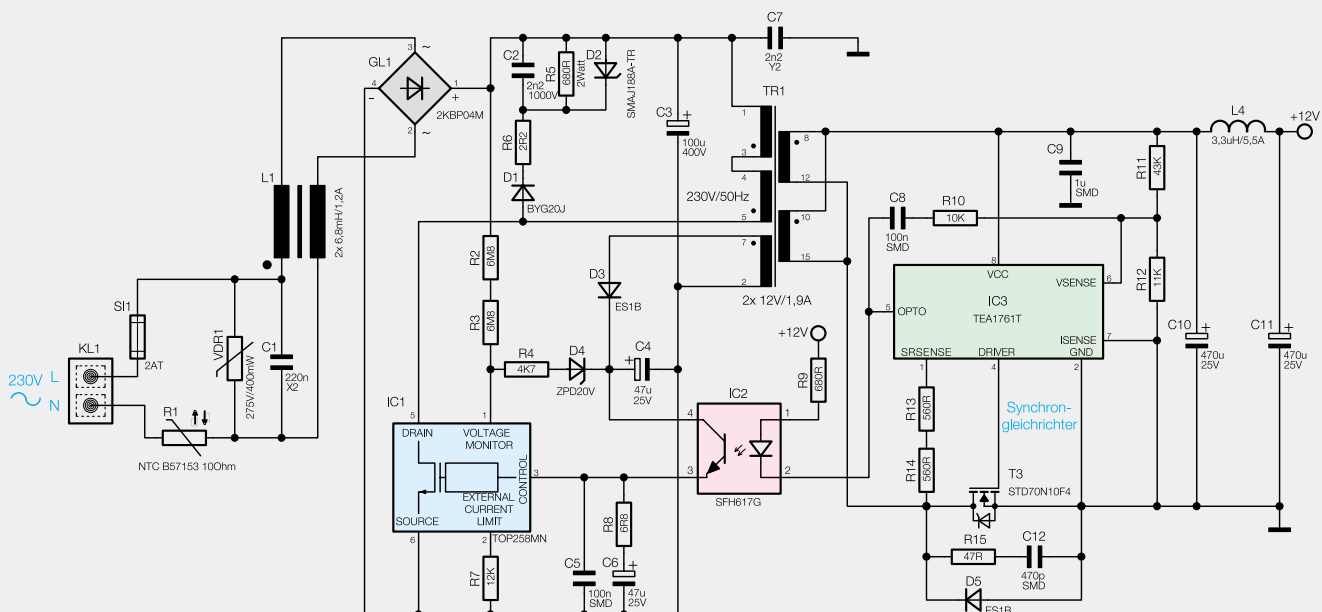


Bild 1: Das Schaltbild des Schaltnetzteils des FS20 LEDND

**Löschen aller Hauscodes**

Dies geschieht dadurch, dass im Programmiermodus (LED blinkt) die Taste „Prog.“ kurz betätigt wird. Nachdem der Speicher gelöscht wurde, blinkt die LED zweimal kurz auf. Jetzt ist das Gerät in den Auslieferungszustand zurückgesetzt und es sind alle gewünschten FS20-Sender neu einzuprogrammieren. Kommen wir damit zur Schaltung des FS20 LEDND.

**Schaltung**

Das Schaltbild des FS20 LEDND gliedert sich in zwei Schaltungsteile: das Schaltnetzteil, das in Bild 1 dargestellt ist, und den Prozessorteil mit der PWM-Endstufe (Bild 2). Betrachten wir zunächst das Schaltnetzteil, das mit einem sogenannten Sperrwandler (Flyback-Converter) aufgebaut ist.

Die 230-V-Wechselspannung wird über die Anschlussklemmen KL 1 zugeführt und gelangt, nachdem sie ein Entstörfilter (L 1 und C 1) passiert hat, auf den Brückengleichrichter GL 1. Zur Absicherung der Schaltung ist eine Sicherung (SI 1) zwischengeschaltet. Der NTC-Widerstand R 1 dient zur Begrenzung des Eingangsstroms, während der VDR-Widerstand (VDR 1) zu hohe Eingangsspannungen begrenzt.

Nach der Siebung durch den Elko C 3 steht eine Gleichspannung von ca. 320 V zur Verfügung, die über den Übertrager TR 1 auf den

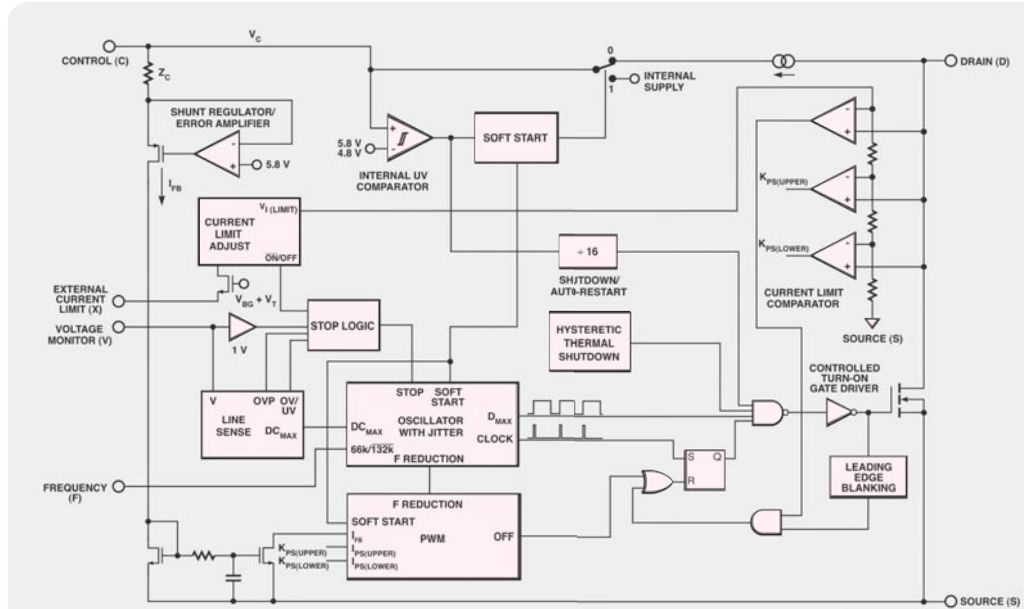


Bild 3: Das Blockschaltbild des TOP258MN

Drain-Anschluss des Schaltregler-ICs gelangt. Dieser Schaltkreis (IC 1) vom Typ TOP258MN beinhaltet alle wesentlichen Baugruppen eines Schaltnetzteils (siehe Bild 3). Dieser Schaltkreis ist auf eine minimale externe Bauteilbesetzung optimiert. Neben dem integrierten Leistungs-MOSFET, der als Schalter arbeitet, sind hier alle Regelungs- und Sicherheitsfunktionen bereits implementiert.

Im Anlaufmoment erhält das IC seine Versorgungsspannung über eine interne strombegrenzte Quelle aus dem Drain-Anschluss. Anschließend läuft der interne Oszillator an, der bei 132 kHz schwingt. Auch die weiteren internen Stufen werden aktiv und der Power-MOSFET beginnt zu schalten.

Die Begrenzung des Drain-Stroms erfolgt über eine interne Regelschaltung und den externen „CONTROL“-

Anschluss. Hierüber erfolgt in dieser Applikation auch die Regelung der Ausgangsspannung.

Die Gleichrichtung der sekundärseitigen Ausgangsspannung erfolgt nicht wie üblich mit einer Diode, sondern mit einem Synchrongleichrichter, der im Wesentlichen aus IC 3 vom Typ TEA1761 besteht. Wie ein solcher Synchrongleichrichter funktioniert, ist im Kasten „Elektronikwissen“ erläutert. IC 3 beinhaltet zusätzlich auch die Ansteuerung des Optokopplers sowie eine Spannungsreferenz (siehe Bild 4).

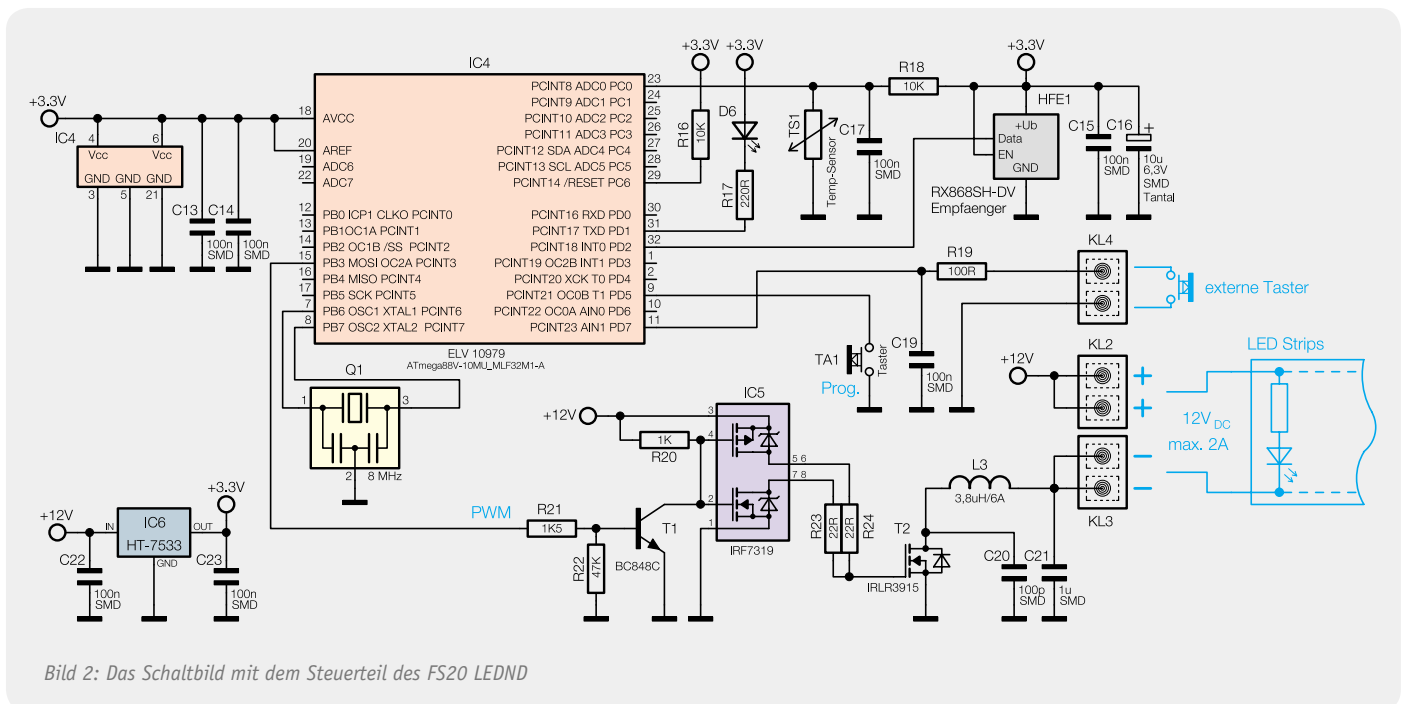


Bild 2: Das Schaltbild mit dem Steuerteil des FS20 LEDND

Schauen wir uns den Regelkreis etwas genauer an. Die Regelung der Ausgangsspannung erfolgt über eine Rückkopplung (Optokoppler) von der Sekundärseite auf den primärseitigen Schaltregler IC 1. Die Spannungsregelung geschieht dabei über eine Spannungsreferenz (2,5 V) und einen OP (Komparator), die im oberen Teil des Blockschaltbildes von TEA1761 dargestellt sind. Der Ausgang „Opto“ (Pin 5) bildet den Ausgang dieser Steuerelektronik und steuert die Kathode des Optokopplers an.

Die sekundärseitige Ausgangsspannung wird über den Spannungsteiler R 11/R 12 heruntergeteilt und gelangt auf den Eingang „VSENSE“ von IC 3. Diese Spannung stellt den IST-Wert dar. Die interne Spannungsreferenz (2,5 V) bildet den SOLL-Wert. Der Ausgang „OPTO“ regelt den Diodenstrom der Sendediode des Optokopplers so lange nach, bis die IST-Spannung identisch mit der Referenzspannung (2,5 V) ist. Hierdurch wird dann letztlich die Spannung am CONTROL-

Eingang des Schaltreglers IC 1 so beeinflusst, dass der Schaltregler genau so viel Energie liefert, wie für eine Ausgangsspannung von 12 V erforderlich ist – die Ausgangsspannung ist somit ausgeglichen. Die Ausgangsspannung von 12 V ergibt sich aus dem Spannungsteiler R 11/R 12.

Die sekundärseitige 12-V-Ausgangsspannung wird zur Versorgung der angeschlossenen LED(s) genutzt. Zur Helligkeitsregelung der LEDs bzw. LED-Stripes an Klemme KL 2 kommt eine PWM (Pulsweiten-Modulation) zum Einsatz. Die Generierung des PWM-Signals übernimmt ein Mikrocontroller (IC 4). MOSFET T 2 arbeitet als Endstufe und schaltet die angeschlossene Last im Takt der PWM. Durch das Puls-Pause-Verhältnis verändert sich dabei die Helligkeit. Die Ansteuerung am Gate von T 2 erfolgt nicht direkt durch den Mikrocontrollerausgang Pin 15, sondern durch einen vorgeschalteten Push-pull-Treiber (IC 5), der für ein steilflankiges Rechtecksignal sorgt. Bedingt durch das

### Synchrongleichrichter versus Diode

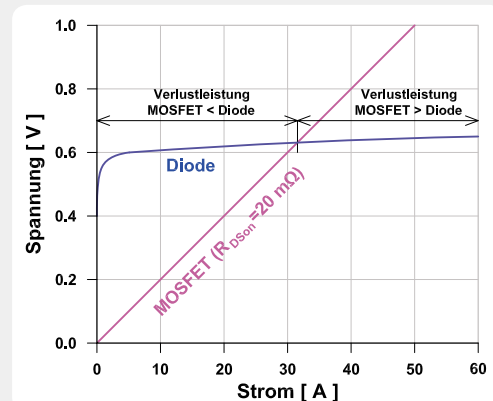
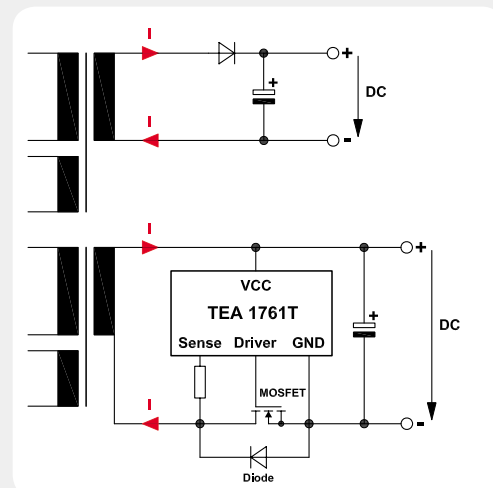
Für die Gleichrichtung von Wechselspannungssignalen werden im Allgemeinen Dioden verwendet. Problematisch wird der Einsatz von Dioden, wenn es um relativ hohe Ströme geht, denn eine Diode ist, bedingt durch die Vorwärtsspannung (Verlustspannung) immer mit Verlusten behaftet. Durch Einsatz von Schottky-Dioden mit einer Flussspannung von ca. 0,3 V anstelle von Siliziumdioden, die eine Flussspannung von ca. 0,6 V aufweisen, kann die Verlustleistung etwa halbiert werden. Generell muss (sollte) ab einer Verlustleistung von ca. 1 Watt für eine entsprechende Kühlung gesorgt werden.

In Netzteilen mit relativ kleiner Ausgangsspannung (<12 V) bzw. mit einem hohen Ausgangsstrom bietet sich eine Alternative zur Diode an, und zwar ein sogenannter Synchrongleichrichter. Dies ist eine elektronische Nachbildung einer Gleichrichterdiode mit Hilfe eines MOSFETs und einer Steuerelektronik. In unserem Beispiel ist dies der Schaltkreis TEA1761T. In der nebenstehenden Abbildung sind beide Schaltungsvarianten zum Vergleich dargestellt.

Die Steuerelektronik sorgt dafür, dass der MOSFET nur bei einer Stromrichtung der Wechselspannung durchschaltet. Die Funktionsweise ist recht einfach und mit wenigen Worten erklärt. Mit dem Eingang „Sense“ erkennt die Steuerelektronik (IC) anhand von Komparatoren, ob es sich um die positive Halbwelle der Wechselspannung handelt. In der eingezeichneten Stromrichtung fließt der Strom zunächst kurzzeitig über die Diode bzw. über die integrierte Schutzdiode des MOSFETs. Schaltungsbedingt muss erst ein Strom fließen, damit die Steuerelektronik dies erkennt und anschließend den MOSFET „zuschaltet“. Im nebenstehenden Diagramm zeigt sich deutlich, welche Vorteile sich in Bezug auf die Verlustleistung durch Einsatz eines Synchrongleichrichters ergeben. Wie man erkennt, ist der Spannungsabfall an dem MOSFET (Beispiel mit einem  $R_{DS(on)}$  von 20 m $\Omega$ ) bis zu einem Strom von ca. 30 A wesentlich geringer als bei einer Diode (Silizium).

Die höheren Kosten durch den Bauteileaufwand bei einem Synchrongleichrichter werden weitestgehend durch die geringe Verlustleistung und die damit eingesparte Kühlung wieder ausgeglichen. Wenn z. B. kein Platz für einen Kühlkörper vorhanden ist, bietet sich diese Lösung an. Auch der bessere Wirkungsgrad der gesamten Schaltung sollte dabei berücksichtigt werden.

Die hier vorgestellte Schaltungsmaßnahme bezieht sich auf einen einfachen Einweggleichrichter. In Schaltnetzteilen wird auch häufig eine Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung verwendet, bei der dann zwei Dioden bzw. MOSFETs zum Einsatz kommen. Wer mehr Informationen zu diesem Thema nachlesen möchte, wird im Internet mit dem Suchbegriff „Synchrongleichrichter“ oder „synchronous rectifier“ fündig.



schnelle Ein- und Ausschalten des MOSFETs ist somit kein Kühlkörper erforderlich.

Die Steuerung der Helligkeit bzw. das Ein- und Ausschalten der LEDs kann wahlweise über die FS20-Funkfernsteuerung oder über einen externen Taster (KL 4) erfolgen.

Die vom HF-Empfangsmodul (HFE 1) kommenden Daten werden vom Mikrocontroller ausgewertet und in entsprechende Schalt- bzw. Dimmbefehle gewandelt.

Der auf der Platine befindliche Taster TA 1 dient zur Programmierung der FS20-Funktionen.

## Nachbau

Der Nachbau erfolgt auf einer doppelseitigen Platine mit sowohl bedrahteten als auch SMD-Bauteilen. Die SMD-Bauteile sind vorbestückt, so dass hier lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig ist.

Bei der Bestückung der konventionellen Bauteile ist besondere Sorgfalt nötig. Ein Bestückungsfehler wie z. B. das falsche Einsetzen der Elkos (Verpolung) führt unter Umständen zur Zerstörung der Schaltung.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsdruckes und des Schaltbildes. Die Bauteile werden auf der Platinenunterseite verlötet und überstehende Drahtenden mit dem Seitenschneider gekürzt.

Wie schon erwähnt, ist bei der Bestückung aller Elkos unbedingt auf die richtige Polung zu achten. Der Elko C 3 wird liegend bestückt und mit etwas Haushaltskleber oder einer Klebepistole auf der Platine fixiert. Der Minuspol ist bei Elkos in der Regel auf dem Gehäuse gekennzeichnet, während auf der Platine der Pluspol (+) markiert ist.

Auch bei dem Gleichrichter GL 1, IC 1 und dem Optokoppler IC 2 ist auf die richtige Einbaulage zu achten, die sich durch den Bestückungsaufdruck ergibt. Die Widerstände R 5 und R 6 werden stehend montiert, so dass die Anschlussdrähte entsprechend abgewinkelt werden müssen (siehe auch Platinenfoto). Die Einbaulage des Übertragers TR 1 ergibt sich automatisch durch die unterschiedliche Anordnung der Anschlusspins.

Nachdem die restlichen Bauteile bestückt und verlötet sind, folgt das Einsetzen der Schraubklemmen, deren Platinenanschlüsse mit reichlich Lötzinn zu verlöten sind.

Zum Schluss wird das HF-Empfangsmodul bestückt. Dieses Modul wird seitlich vertikal an die entsprechenden Lötflächen der Basisplatine angelötet, wobei der untere Überstand ca. 1,5 mm betragen sollte. Die Antenne muss dem Platinenfoto entsprechend verlegt werden. Zur Fixierung werden drei Antennenhalter in die entsprechenden Bohrungen eingesetzt. Der Antennendraht wird mit etwas Kleber an dem Antennenhalter fixiert.

Nach einer letzten sorgfältigen Kontrolle auf Bestückungs- und Lötfehler ist die Platine nun in die Unterschale des Gerätegehäuses einzulegen.

In die Bohrung der Gehäuseoberschale, die sich später über der LED befindet, wird von unten (Gehäuseinnenseite) ein Lichtleiter eingesetzt, der das

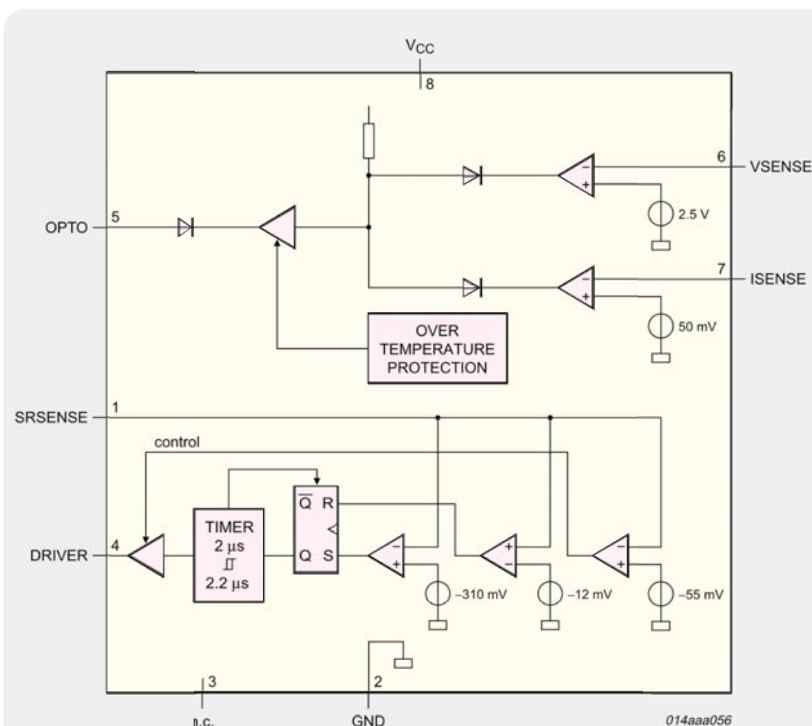


Bild 4: Das Blockschaltbild des TEA1761

Licht der SMD-LED D 6 von der Platine nach oben zur Gehäusebohrung leitet. Die weiße Fläche auf der Platine dient als Reflektor, da sich die LED D 6 nicht direkt unterhalb des Lichtleiters befindet, sondern etwas versetzt daneben. Dies ist durch Einhaltung von Sicherheitsabständen zwischen Primär- und Sekundärseite begründet.

Als Nächstes wird die Gehäuseoberschale aufgelegt und mit den beiliegenden Schrauben mit der Gehäuseunterschale verschraubt.

Die Ausgangsklemmen KL 2 bis KL 4 werden mit einem kleinen Aufkleber markiert, der direkt über die Klemmen in das Gehäuse geklebt wird.

Hiermit ist der Nachbau beendet und wir können uns der Installation widmen.



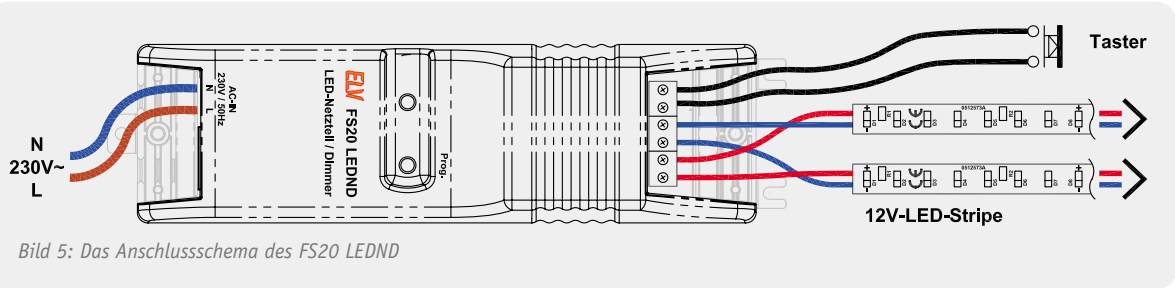
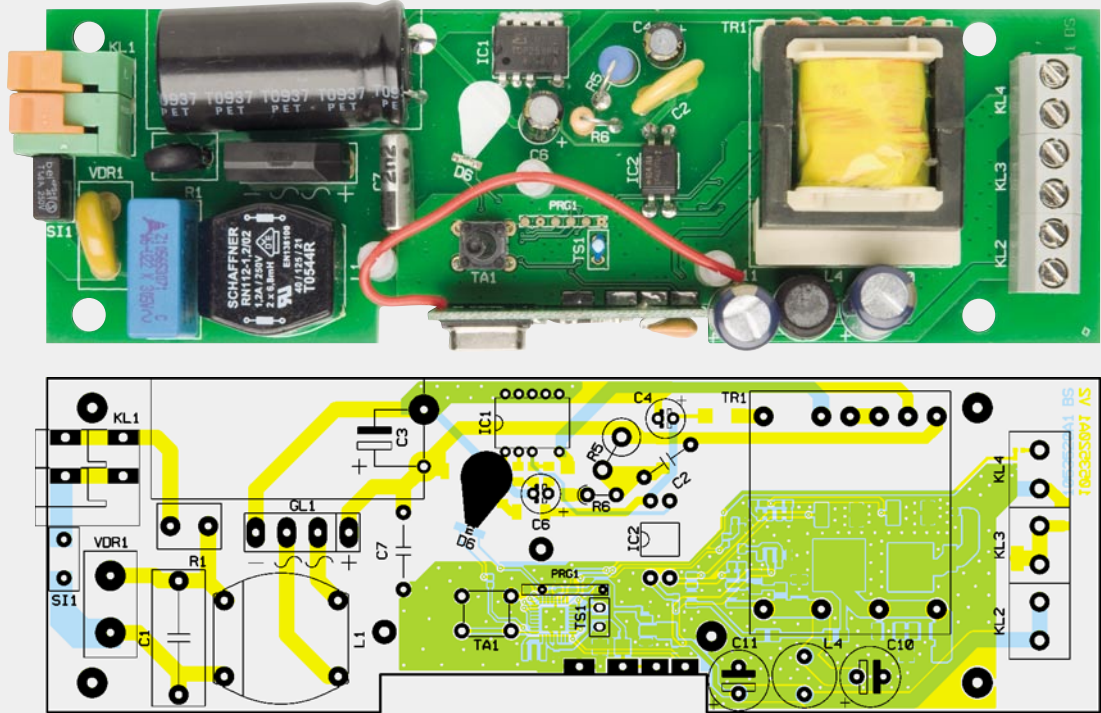
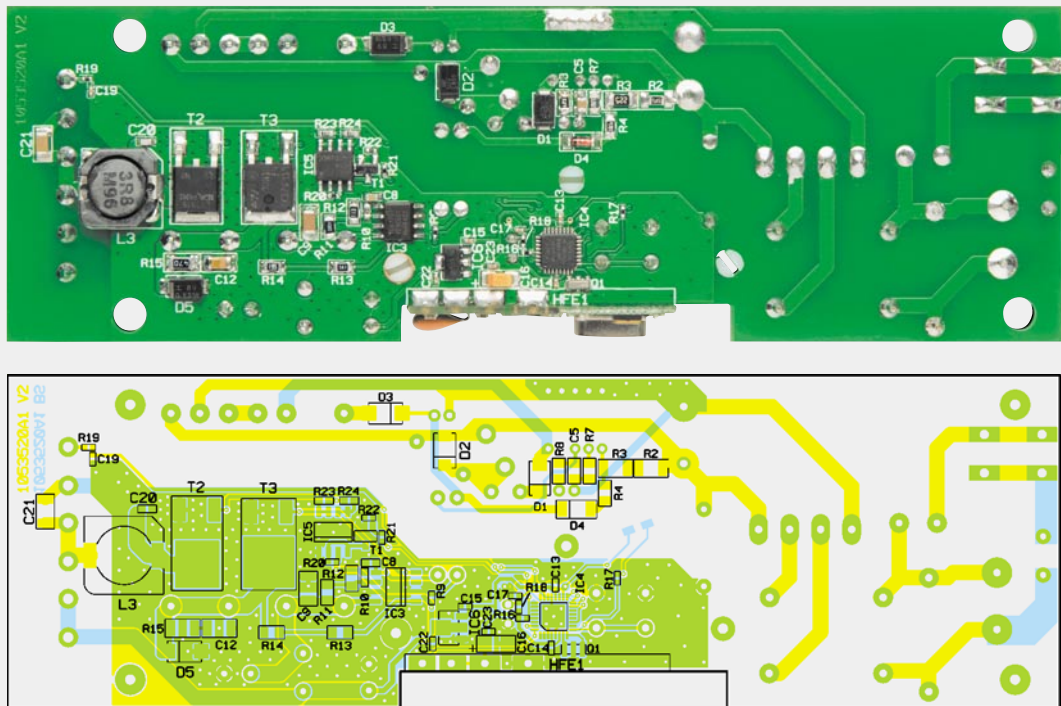


Bild 5: Das Anschlussschema des FS20 LEDND



Ansicht der fertig bestückten Platine des LED-Netzteils/Dimmers mit dem zugehörigen Bestückungsplan von der Bestückungsseite



Ansicht der fertig bestückten Platine des LED-Netzteils/Dimmers mit dem zugehörigen Bestückungsplan von der Lötseite

## Installation

In Bild 5 ist ein typisches Anschlussbeispiel für das LED-Netzteil dargestellt. Die Netz- und Tasterleitungen (optional) sind bei einer ortsfesten Montage auch als ortsfeste, starre Verdrahtung auszuführen. Dazu gehört auch, dass das Netzteil an seinem Einsatzort über die Befestigungslaschen sicher zu verschrauben ist. Die Leitungsenden sind in den entsprechenden Schraubklemmen fest zu verschrauben.

Beim Anschluss der Last (LED-Beleuchtung) ist darauf zu achten, dass nur LED-Stripes und Module verwendet werden können, die mit einer Betriebsspannung von 12 V arbeiten. Ein direkter Anschluss von LEDs ohne entsprechende Vorwiderstände zur Strombegrenzung ist nicht möglich.

An den Taster-Eingang KL 4 kann optional ein Niedervolttaster angeschlossen werden. Der Eingang ist galvanisch von der 230-V-Primärseite getrennt und kann deshalb gefahrlos berührt werden. Da hier nur ein sehr geringer Strom fließt, können im Prinzip alle Tasterausführungen verwendet werden.

Abschließend wird dann die Abschlusskappe des Gehäuses aufgesetzt und mit dem Gehäuse verschraubt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Netzleitung durch



## Wichtiger Hinweis:

Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau, Inbetriebnahme sowie die Installation ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten. Außerdem ist bei allen Arbeiten am geöffneten Gerät, z. B. bei der Reparatur, ein Netztrenntransformator zu verwenden.

- Installationsarbeiten sowohl am primärseitigen Netzanschluss als auch am Sekundäranschluss (12-V-Niedervoltausgang) dürfen nur im stromlosen Zustand erfolgen. Dabei sind alle einschlägigen Vorschriften des Installationshandwerks zu beachten!
- Die Leitungen der sekundärseitigen 12-V-Ausgangsspannung und des externen (optionalen) Tasters dürfen nicht direkt mit den netzspannungsführenden Leitungen in Berührung kommen bzw. zusammen in Abzweigdosen etc. verlegt werden.

die als Zugentlastung dienenden Klemmrippen des Gerätegehäuses sicher erfasst und fixiert sind. **ELV**

### Widerstände:

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| 2,2 Ω                   | R6       |
| 6,8 Ω/SMD/0805          | R8       |
| 22 Ω/SMD/0603           | R23, R24 |
| 47 Ω/SMD/1206           | R15      |
| 100 Ω/SMD/0402          | R19      |
| 220 Ω/SMD/0402          | R17      |
| 560 Ω/SMD/0805          | R13, R14 |
| 680 Ω/SMD/0402          | R9       |
| 680Ω/2 W/Metalloxid     | R5       |
| 1 kΩ/SMD/0402           | R20      |
| 1,5 kΩ/SMD/0402         | R21      |
| 4,7 kΩ/SMD/0805         | R4       |
| 10 kΩ/SMD/0402          | R16, R18 |
| 10 kΩ/SMD/0603          | R10      |
| 11 kΩ/SMD/0805          | R12      |
| 12 kΩ/SMD/0805          | R7       |
| 43 kΩ/SMD/0805          | R11      |
| 47 kΩ/SMD/0402          | R22      |
| 6,8 MΩ/SMD/1206         | R2, R3   |
| NTC, 10Ω                | R1       |
| Varistor, 275 V, 400 mW | VDR1     |

### Kondensatoren:

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 100 pF/SMD/0603        | C20                            |
| 470 pF/SMD/1206        | C12                            |
| 2,2 nF/1 kV/ Y5R       | C2                             |
| 2,2 nF/250 V~/Y2       | C7                             |
| 100 nF/SMD/0402        | C13–C15,<br>C17, C19, C22, C23 |
| 100 nF/SMD/0603        | C8                             |
| 100 nF/SMD/0805        | C5                             |
| 220 nF/305 V~/X2       | C1                             |
| 1 μF/SMD/1206          | C9, C21                        |
| 10 μF/6,3 V/Tantal/SMD | C16                            |
| 47 μF/25 V/105 °C      | C4, C6                         |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| 100 μF/400 V/105 °C | C3       |
| 470 μF/25 V/105 °C  | C10, C11 |

### Halbleiter:

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TOP258MN                      | IC1    |
| SFH617-2                      | IC2    |
| TEA 1761T                     | IC3    |
| ELV10979                      | IC4    |
| IRF7319PBF/SMD                | IC5    |
| HT7533/SMD                    | IC6    |
| BC848C                        | T1     |
| IRLR3915/SMD                  | T2     |
| ST70N10F4/SMD                 | T3     |
| 2KBP04M                       | GL1    |
| BYG20J                        | D1     |
| SMAJ188A-TR/SMD               | D2     |
| ES1B/SMD                      | D3, D5 |
| ZPD20V/SMD                    | D4     |
| Side-Looking-LED, Orange, SMD | D6     |

### Sonstiges:

|  |         |
|--|---------|
| Temperatursensor, 103ETB2                          | TS1     |
| Stromkompensierte Drossel, 2x 6,8 mH, 1,2 A        | L1      |
| Speicherdrossel, SMD, 3,8 μH/6 A                   | L3      |
| Drosselspule, 3,3 uH/5,5 A                         | L4      |
| Übertrager SP-EF 25                                | TR1     |
| Empfangsmodul RX868SH-DV-T, 868 MHz                | HFE1    |
| Keramikschwinger, 8 MHz, SMD                       | Q1      |
| Kleinstsicherung 2 A, 250 V                        | SI1     |
| Miniaturklemme, 1-polig, winkelprint               | KL1     |
| Miniaturklemme mit Abschluss, 1-polig, winkelprint | KL1     |
| Schraubklemmleisten, 2-polig, print                | KL2–KL4 |
| Mini-Drucktaster, 1x ein, 12,8 mm Tastknopflänge   | TA1     |
| 3 Antennenhalter                                   |         |
| 1 Gehäuse komplett, bedruckt                       |         |