

Selbstbau von Tradfri Lightstrip-Controllern

Bereits im Januar 2017 hatte der Heise Verlag über den inneren Aufbau der Tradfri Weißspektrum Leuchtmittel am Beispiel der E14 Kugelbirne (14,99€) berichtet und auf einem Experimentierboard mittels Transistoren und Widerständen zwei LED am ausgebauten Zigbee-Modul betrieben. Anders als bei Hue-Leuchten ist bei Tradfri also das Zigbee-Modul eigenständig und nicht fest mit der Netzteilplatine verbunden – es eignet sich daher auch für Experimente, wenn man keine ausgebildete Elektrofachkraft ist.

Inzwischen sind die Tradfri-Leuchtmittel nicht nur in einer großen Auswahl in Deutschland verfügbar; seit August 2017 ist die Firmware zudem kompatibel zur Philips Hue-Bridge (solange man nicht Apples HomeKit als Smarthomezentrale einsetzt).

Zwar bieten Ikea und andere Anbieter eine Vielzahl von Leuchtmitteln an; günstige Lightstripcontroller fehlen jedoch. Der Philips Hue Lightstrip+ kostet mit 2m RGB+CW+WW immerhin 65€, eignet sich jedoch nicht für lange Lightstrips (Verlängerung kostet 20€/m, Gesamthelligkeit bleibt aber konstant). Preiswerte RGBW, RGB, WW/CW und einfarbige Stripes lassen sich daran nicht ohne weiteres betreiben.

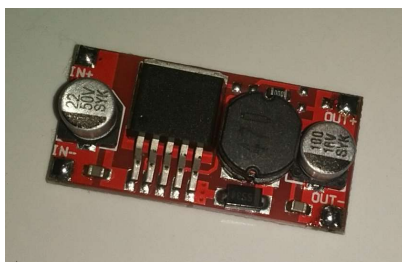
Von Paulmann gibt es CW/WW und RGBW-Controller für ca. 35€. Die meisten Bridges kennen jedoch deren Profile nicht, sie sind daher schwer zur Zusammenarbeit zu bewegen. Ein Paulmann RGBW-Controller an einer RaspBee/deConz-Bridge nutzt die weißen LED momentan (Firmware der Bridge 2.04.82) nicht, arbeitet also nur als RGB-Controller.

Im Wohnumfeld ist Weiß immer noch die wichtigste Lichtfarbe. Controller für einfarbige (Weiß oder Warmweiß) und zweifarbige (Kaltweiß+Warmweiß) Lightstrips sind für eine Wohnbeleuchtung die wichtigsten Controllertypen. Insbesondere im Küchenarbeitsbereich drängt sich der Einsatz von Lightstrips mit möglichst natürlichem weißen Licht auf.

Wie der Artikel vom Heise-Verlag schon zeigte, ist der Zigbee-Empfänger bei Tradfri-Leuchtmitteln ein eigenständiges Modul, welches mit einer passenden 3,3V-Versorgung auch außerhalb der Birne ihren Dienst verrichten kann. Mit 6,99€ (GU10 Warmweiß) bzw. 14,99€ (GU10 weißspektrum) sind die Tradfri-Leuchtmittel, aus denen man die Zigbee-Module gewinnen kann, auch recht günstig. Noch billiger ist es natürlich, wenn einem ein solches Leuchtmittel sowieso heruntergefallen ist und man statt der Entsorgung im Elektroschrott das Modul rettet – frei nach dem alten Motto: "Macht flott den Schrott".

Es drängt sich geradezu auf, die Zigbee-Module aus diesen Leuchtmitteln für eigene Lightstrip-Controller zu verwenden.

Lightstrips verwenden typischerweise 12V oder 24V Festspannung; im Bootsbereich auch 48V. Die Stromversorgung des Tradfri-Zigbee-Moduls von 3,3V kann daher mit einem preisgünstigen Stepdown-Konverter aus der Versorgung des Lightstrips generiert werden. Vernachlässigt man die im Heimbereich wenig verbreiteten Bootsbeleuchtungen, so ist ein Stepdown-Konverter 3,6-36V zu 3,3V für ca. 1,45€ inkl. Versand aus China die wohl preisgünstigste Möglichkeit, ein Zigbee-Modul mit der passenden Spannung zu versorgen.



Lightstrips verwenden üblicherweise einen gemeinsamen Versorgungsspannungsanschluss. Bei mehrfarbigen Stripes werden die Masseleitungen der entsprechenden Farben heraus geführt, die positive Spannungsversorgung ist der gemeinsame Anschluss. Hier heißt es aufzupassen: Normalerweise werden in der Elektronik rote Adern für +Vcc und schwarze für GND verwendet. Dies gilt auch bei einfarbigen Lightstrips, nicht aber bei mehrfarbigen. Hier ist schwarz i.d.R. Vcc!

Die Masseleitungen der einzelnen Farben können über MosFETs geschaltet werden. Ein schnelles Ein- und Ausschalten (ca. 1000-Mal je Sekunde) wird zum Dimmen verwendet; das Verhältnis der Dauer An zu Aus bestimmt die Helligkeit (sogenannte Pulsweitenmodulation, PWM). Genau dies für die Ansteuerung benötigte PWM-Signal liefern die Module aus den Tradfri-Leuchtmitteln.

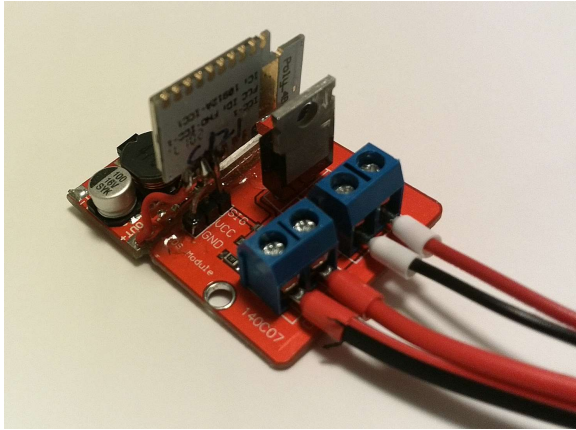
Neben dem Stepdown-Konverter und dem Zigbee-Modul bedarf es daher nur noch eines geeigneten MosFETs je Farbkanal, der sich mit den 3,3V ansteuern lässt. Solche MosFETs nennen sich "LogicLevel n-Type MosFET" und sind für viele Spannungen und Leistungen in unterschiedlichen Bauformen erhältlich. Sehr preiswert (0,49€/Stk bei Reichelt Elektronik, 4,40€/10Stk bei eBay zzgl. 2,50€ Versand) sind IRL540N. Diese sind von den Leistungsdaten für den Einsatz in einem Lightstrip-Controller natürlich erheblich überdimensioniert (100V, 35A), von der Bauform (TO220) jedoch sehr handlich bei Selbstbauprojekten verwendbar. Diese gibt es auch preisgünstig als Fertigmodule (1- und 4-Kanal) mit Basisplatine und Schraubklemmen.

Einkanal-Lightstrip-Controller

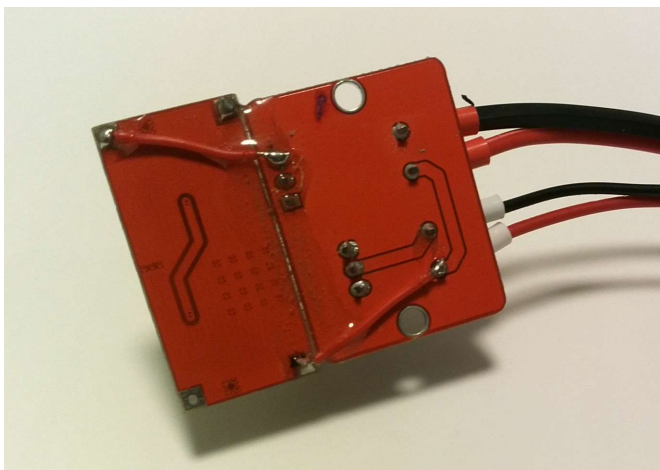
n-Chanel-MosFETs gibt es auch als fertiges Modul für den Anschluss an Microcontroller. Ein solches Modul kostet inklusive Versand 1€, ein Zehnerpack sogar nur 5,60€. Ein solches Modul, bereits mit Schraubklemmen ausgestattet, spart nicht nur Lötarbeit, sondern auch eine eigene Basisplatine für den Controller.



Wie man erkennen kann, wird bei der Pinleiste des IRL540N-Moduls der mittlere Pin mit einem Seitenschneider entfernt und die Pins "GND" und "SIG" so gebogen, dass sie nach oben zeigen und auf 2 mm Abstand aneinander rücken. Hieran wird das Tradfri-Modul direkt angelötet – Pin 2 des Tradfri-Moduls an GND, Pin 3 (der PWM-Ausgang) an SIG. An Pin 1 des Tradfri-Moduls kommt ein dünnes Kabel, welches mit +out des Spannungsreglers verbunden wird.



Auf der Unterseite wird +IN des Stepdownwandlers vom Klemmanschluss Vcc/V+ und –IN/OUT (im Spannungswandler verbunden) vom GND-Pin der Steckleiste des MosFET-Moduls mit der Eingangsspannung versorgt. Die mechanische Verbindung der Platinen des Stepdown- und des MosFET-Moduls wird mit 2-Komponenten Epoxydharz-Kleber hergestellt:



Mit zwei Fertigmodulen für zusammen weniger als 3 €, drei kurzen Drahtstücken, insgesamt 8 Lötunkten und natürlich einem Tradfri-Modul (aus einem warmweißen Leuchtmittel) entsteht so mit wenig Aufwand ein 1-Kanal-Lightstripcontroller für 12V und 24V Lightstrips.

Zweikanal-Lightstrip-Controller

Der Aufbau von einem Controller für einen Kanal und einem für zwei Kanäle unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch, dass man bei zwei Kanälen einen zusätzlichen MosFET benötigt und entsprechend eine Ausgangsklemme mehr hat – und man das Modul aus einem teureren Tradfri Weißspektrum Leuchtmittel gewinnen muss. In der Bauform sind die Module identisch, sie unterscheiden sich nur durch die Firmware und der damit verbundenen Nutzung des Pins 4 als zweiten PWM-Kanal.

Während man bei einem einkanaligen Controller die maximale Helligkeit eines Lightstrips nutzen kann, werden warmweiß/kaltweiß-Stripes nur mit 50% ihrer Maximalhelligkeit betrieben. Im Kaltweiß- bzw. Warmweißmodus leuchten die entsprechenden LEDs mit jeweils 100%, die jeweils andere mit 0% (also nicht). Bei Neutralweiß leuchten beide LED-Typen mit je 50%. Ein Modus, mit dem beide LED auf 100% gehen, ist nicht vorgesehen.

Dies hat zwei Gründe, einen nutzungsabhängigen und einen technischen:

Der Nutzer möchte die Lichtfarbe unabhängig von der Helligkeit regeln. Die Maximalhelligkeit soll daher bei allen Farbtemperaturen gleich sein. Ansonsten würde die Farbtemperatureinstellung kaum genutzt, denn alle Farbtemperaturen außer Neutralweiß hätten ja weniger Helligkeit.

Technisch ergibt sich die Begrenzung aus dem Abwärmemanagement: LEDs und ihre Netzteile produzieren Abwärme. LEDs vertragen weniger Hitze als beispielsweise Glühbirnen. Die bei den heute üblichen LED-Typen entstehende Abwärme bei Lichtabgabe von ca. 400lm entspricht dem, was bei der Bauform GU10 sicher abgeführt werden kann; bei der Bauform E27 können ca. 1000lm erzeugt werden, bevor es wärmetechnisch kritisch wird.

Platz für mehr LEDs wäre vorhanden – und wird bei Weißspektrum auch genutzt. Platz für Abwärmemanagement ist aber nicht vorhanden – bei Weißspektrum dürfen also auch nur 50% der Lichtleistung der LEDs genutzt werden, um Netzteil und Wärmemanagement nicht zu überlasten.

Bei einem Lightstrip ist das Wärmemanagement kein größeres Problem. Die Stripes sind durchaus darauf bemessen, dass alle LED zu 100% leuchten können. Auch ist das Netzteil dafür in der Regel vorgesehen: Typischer Weise 72W bei 5m. Mit einem Weißspektrum-Controller würde ein 36W-Netzteil reichen (die Tradfri-Controller lassen abwechselnd die beiden Farbtemperaturen leuchten), bzw. man könnte mit einem 72W-Netzteil 10m Lightstrip versorgen.

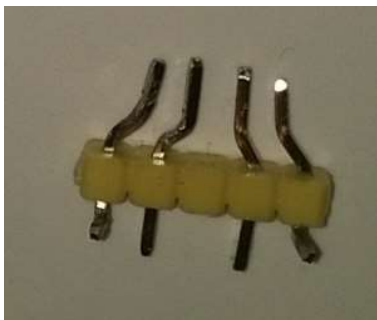
Bei Lightstrips mit zwei Weißtönen ist technisch also ein "Superhell Neutralweiß" möglich, wenn das Netzteil die nötige Leistung hat. Dies wird von den Controllern jedoch nicht unterstützt.

Ein solcher Modus kann sehr nützlich sein: Eine angenehme Helligkeit im Flur, bei der die Spinnenweben an der Decke und der Dreck in den Ecken nicht voll ausgeleuchtet und von Gästen gesehen werden, ist ja grundsätzlich nicht verkehrt. Will man jedoch putzen und aufräumen, ist ein Superhell-Modus geboten, damit man auch sieht, wo die Spinnenweben und der Dreck weg müssen.

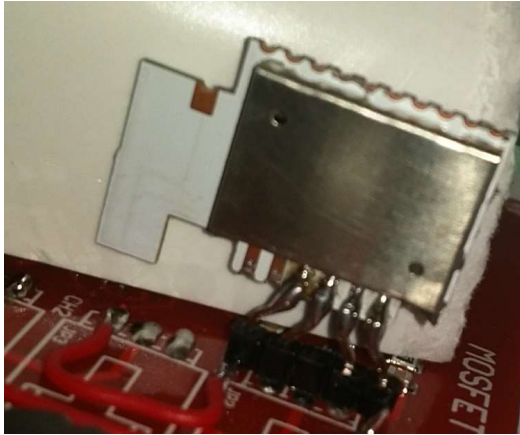
Um diesen „Turboboost“ zu realisieren, drängt es sich auf, jeweils zwei MosFETs je Kanal einzusetzen. Ein „Four Chanel MosFET Module“ kostet bei ebay ca. 3,70€ inkl. Versand aus China. Es drängt sich als Basis für einen Zweikanalcontroller (mit Turboboost) geradezu auf.

Auf dem einen Ende des Moduls sind die Klemmleisten: +/-_in und 4* +/-_out. „+“ ist dabei zwischen allen Klemmen verbunden. Am anderen Ende findet man 4 3-Pin-Anschlüsse, beschriftet mit Sig, Vcc und GND. Diese müssen zunächst entfernt (ausgelötet) werden.

Nun bereitet man eine 5-polige Stiftleiste vor. Der mittlere Pin wird gezogen, bei den beiden äußeren winkelt man an der Unterseite um 90° ab. Oben werden die Pins so gebogen, dass ein 2mm-Raster entsteht:

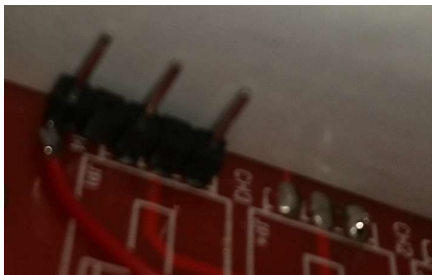


Diese Stiftleiste lötet man nun mit den beiden noch gerade nach unten zeigenden Anschlüssen auf den Eingang des Kanals 1. An die vier Pins kann man direkt das Tradfri-Modul löten.



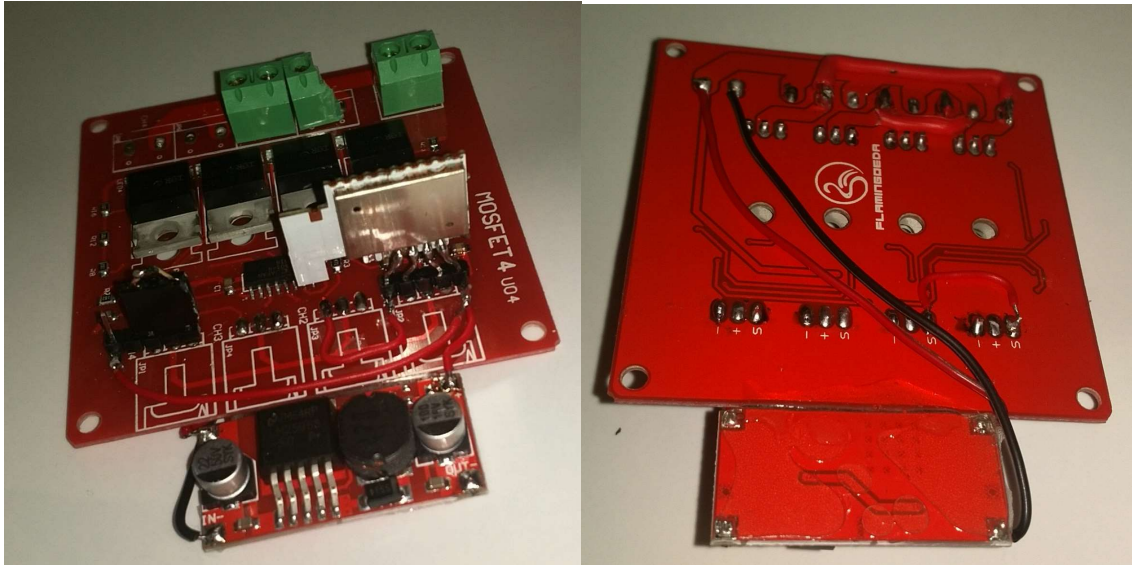
GND und der erste Ausgang sind über die Pinleiste mit dem MosFET-Modul verbunden, der zweite Ausgang wird mit einem Draht vom linken abgewinkelten Pin an den 2. Signaleingang des MosFET-Moduls angeschlossen. An den rechten abgewinkelten Pin kommt die Leitung zu +out des Stepdownwandlers.

Für den „Turboboost“ nimmt man eine 5-polige Stiftleiste, zieht Pins 2 und 4 und winkelt Pin ein auf der Lötseite um 90° ab. Pin 3 und 5 werden in Sig bzw. GND von Chanel 4 des MosFET-Moduls eingelötet. Der unten abgewinkelte Pin wird mit einem Kabel an +out des Stepdownwandlers verbunden. Auf der Unterseite verbindet man Sig von Chanel 4 und 3.



Bei den Ausgängen des MosFET-Moduls verbindet man auf der Unterseite die Ausgänge von Chanel 2+3 und 1+4. Verbindet man nun den mittleren Pin des oberen Anschlusses mit Masse (rechter Pin), so sind Chanel 3+4 gesperrt, ob und wie der Lightstrip leuchtet, entscheidet das Zigbee-Modul. Verbindet man den mittleren Pin mit 3,3V (linker Pin), so leuchten beide Farbtemperaturen mit 100%, also Maximalhelligkeit – das Zigbee-Modul ist wirkungslos. Wer möchte, kann natürlich einen Schalter an den Pins anschließen – oder ein zweites Zigbee-Modul aus einer warmweißen GU10.

Fertig sieht es so aus:



Die nicht benötigten Anschlussklemmen wurden entfernt, beim verbleibenden Dreieranschluss ist Mitte Vcc, die beiden anderen die Anschlüsse für Warm- bzw. Kaltweiß.

RGBW-Controller

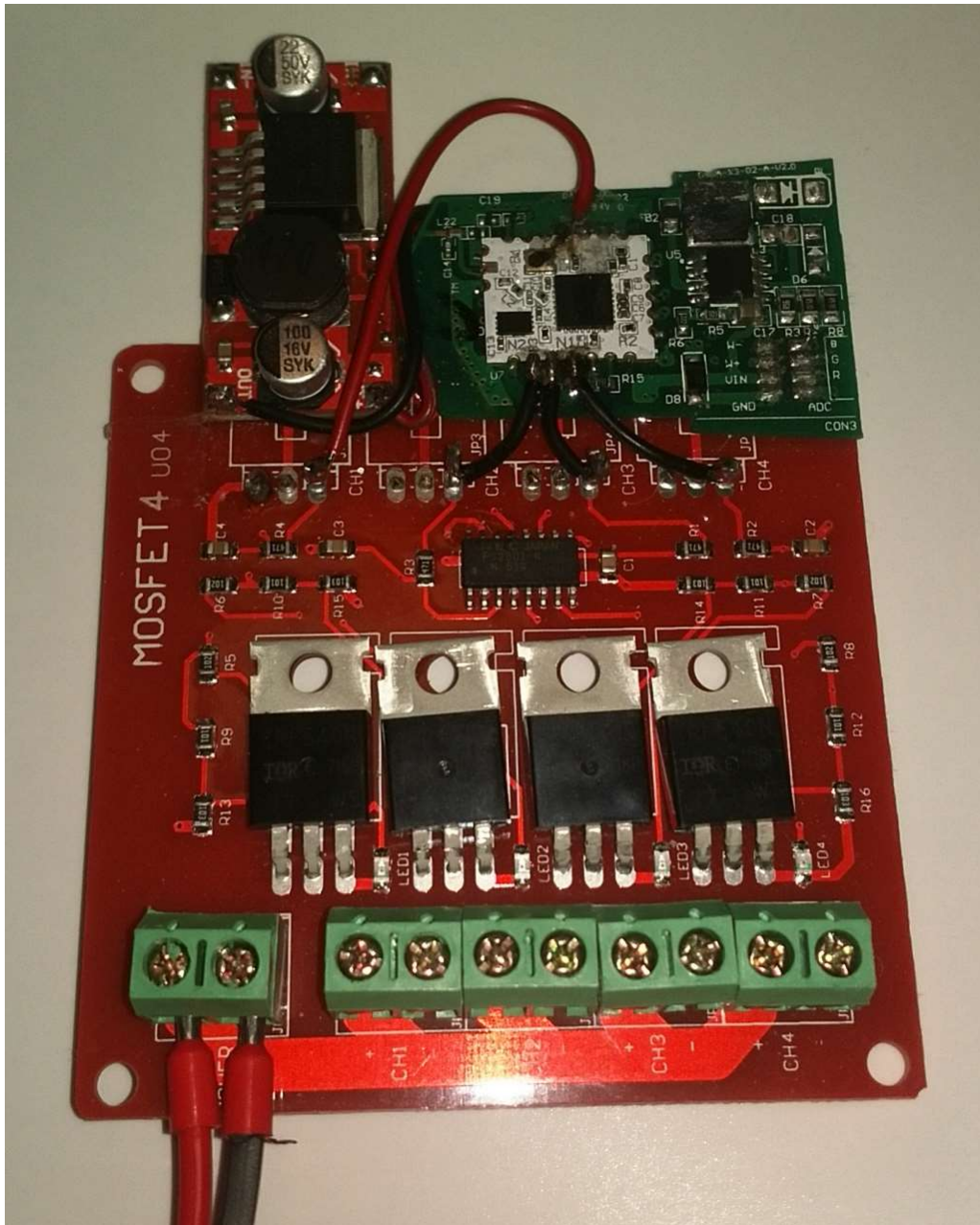
Ikea bietet auch eine Tradfri-E27 in farbig mit Fernbedienung für 35€ an. Bedenkt man den Einzelpreis der Fernbedienung (15€), ist dies sehr günstig. Es wird spannend, was das Leuchtmittel einzeln kosten wird und ob/wann/zu welchem Preis auch E14er und GU10er in Farbe kommen.

Der innere Aufbau unterscheidet sich bei der farbigen E27 etwas gegenüber den anderen Leuchtmitteln. Es sind zwei Platinen vorhanden: Eine Netzplatine und ein gestecktes „Huckepackmodul“, auf dem eine kleine Platine mit dem eigentlichen Zigbee-Modul flach verlötet ist. Leider sind diese Elemente vergossen; die Vergussmasse lässt sich jedoch leicht lösen, wenn man den außenliegenden Aluminiumkörper entfernt hat (Drehmel oder "Abknabbern" mit Seitenschneider). Für den Ausbau der Elektronik darf man beim ersten Mal gerne eine halbe Stunde veranschlagen.

Da die Leiterbahnantenne auf der Huckepackplatine sitzt und nicht auf dem Zigbee-Modul, setzt man sinnvollerweise die ganze Huckepackplatine im Selbstbaucontroller ein – es sei denn, man hat die Werkstattausrüstung, um das eigentliche Zigbee-Modul zerstörungsfrei auszubauen.

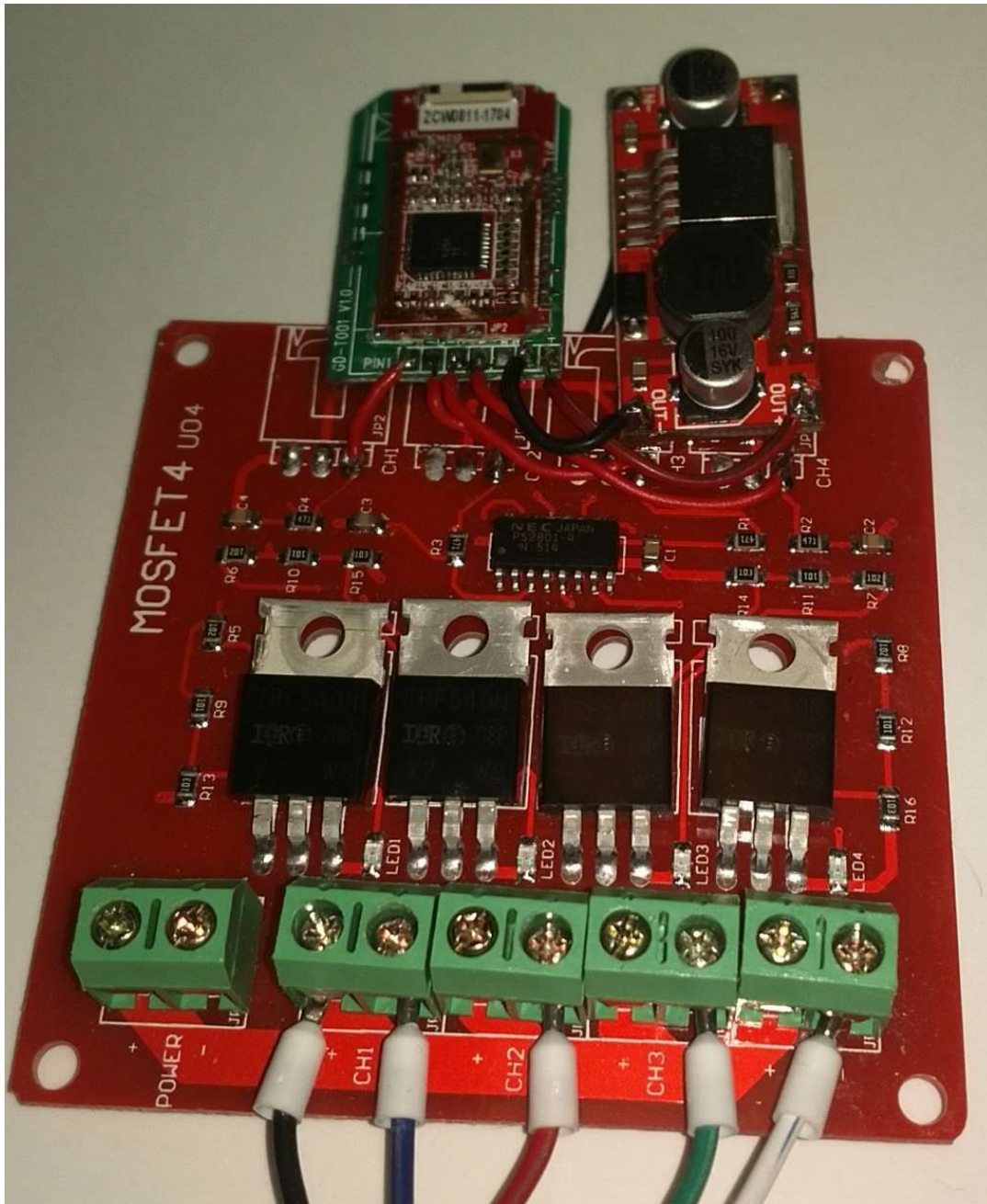
Die Anschlüsse für 3,3V, GND, R, G, W und B sind beschriftet. Der Anschluss des Stepdownwandlers und der vier LogicLevel MosFETs ist also eindeutig.

Das Prinzip für einen Lightstripcontroller ist das selbe wie zuvor – natürlich ohne Turboboost (wir benötigen ja alle 4 Kanäle) und ohne direktes Anlöten irgendwelcher Pins (mechanisch nicht möglich). Vin und GND befinden sich auf der Unterseite des Tradfri-Moduls an Con2.



Alternative für RGBW: Jiawen E27 RGBW Zigbee (Gearbest: ca. 15,50€)

Das günstige China-Leuchtmittel zeichnet sich dadurch aus, dass auch hier der eigentliche Zigbee-Teil eine gesonderte Platine ist. Die Anschlüsse dieser Platine sind sauber beschriftet, +,-,R,G,B,W,WW (wobei WW in der Lampe nicht verbunden ist – die Firmware also keine zwei Weißtöne nutzt). Das Zigbee-Modul arbeitet einwandfrei mit der Hue-Bridge, dem Tradfri-Gateway und dem RaspBee. Probleme gibt es beim eingebauten Zigbee-Gateway des Echo plus; hier kommt es zu Abstürzen der Verbindung. Für alle anderen Zwecke ist das Zigbee-Modul einer Jiawen jedoch optimal.



Standby-Verbrauch

Werden Lightstrips als Wohnbeleuchtung eingesetzt, so ist der Leerlaufbetrieb bzw. der Standbybetrieb des Netzteils mit angeschlossenem Controller nicht zu vernachlässigen. 1W Standby kosten immerhin schon um die 2€/Jahr.

Zur Messung ist ein Energie Master von ELV ideal, da der gleiche Chipsatz verbaut ist, wie bei den elektronischen Stromzählern der Energieversorger.

Mehrere 12V/72W Schaltnetzteile in der Bauweise, wie man sie von Notebooks her kennt, hatten eine Leerlaufast von 2,1 W (ohne Controller) bzw 2,5W (mit Stepdownwandler und Controller). Dies ist definitiv zu viel; nach EU-Richtlinie darf ein Standbybetrieb 1W nicht überschreiten.

Eine Überraschung gab es bei einem absoluten Billig-Netzteil (6,99€ inkl. Versand aus China). Die Verarbeitung mutet bedenklich an (keine Zugenlastungen, dünne, einfach

isolierte Kabel am 240V-Eingang). Die Meßwerte hingegen: 0,1W im Leerlauf, 0,5W mit Lightstripcontroller:



Wer die notwendige Fachkunde hat und die Mängel beseitigen kann (und darf), hat also ein ziemlich gut geeignetes Netzteil.

Ausblicke

Die hier vorgeschlagenen Controller sind produktiv nutzbar. Es gibt aber noch viele Erweiterungsmöglichkeiten und Raum für Experimente.

So stellt der verwendete Stepdownwandler bis zu 2A bereit – das Tradfri-Modul verbraucht nur einen Bruchteil. Ohne weiteres ließe sich noch ein Arduino Nano pro 3,3V (oder Clone aus China für 1,70€) daran betreiben.

Beim Arduino ist es möglich, die Pulsdauern an Eingängen zu messen (Funktion `PulseIn()`). Je nach verwendetem Tradfri-Modul lassen sich Helligkeit, Farbtemperatur und Farbe feststellen. Der Arduino kann nun seinerseits diese Informationen verwenden und davon abhängig Vorgänge auslösen, z.B. Ausgänge schalten.

Die Anwendungsmöglichkeiten beginnen bei einer Anpassung von Farbprofilen (ein Lightstrip wird so angesteuert, dass er trotz anderer Eigenschaften der LEDs exakt die Farbe wie im gleichen Raum vorhandene E27er Birnen liefert). Man könnte Farben umrechnen – z.B. gezielt auf Komplementärfarben, was bei Partys ein interessanter Effekt wäre. Auch lässt sich anhand der RGBW-Werte errechnen, wie ein RGB-Strip für gleiche Farben angesteuert werden müsste – der Strip darf dann auch ein digitaler sein.

Eine sehr lustige Anwendung wäre die getrennte Ansteuerung von Ausgängen des Arduinos – bei 10% Helligkeit geht der erste Ausgang an, ab 20% der nächste usw. Jeder Anschluss steuert einen kurzen LED-Strip. Die Abschnitte ergäben übereinander eine raumhohe Pegelanzeige bei Verwendung einer Disco-App. Bei mehreren solchen Controllern könnte man einen ganzen Spektrumanalyser an die Wand kleben. Auch hier wäre alternativ die Verwendung digitaler Stripes möglich.

Eine sinnhaftere Anwendung: Hat ein Raum z.B. 9 nicht dimmbare Deckeneinbauleuchten, so könnte man diese in drei Gruppen fassen und je nach gewünschter Gesamthelligkeit 3, 6 oder 9 Strahler davon leuchten lassen (Achtung: Selbstbau nur bei Kleinstspannungen, 230V gehören in die Hände einer ausgebildeten Fachkraft)

Hinweis:

Lightstrips "von der Rolle", die kürzbar sind, können wie hier beschrieben angesteuert werden. Die für die LEDs erforderliche Stromregelung geschieht durch Widerstände im Lightstrip selbst. Es gibt jedoch auch Lightstrips, die fest in Leuchtmitteln verbaut sind und über Konstanstromquellen (KSQ) versorgt werden (z.B. in Ein- und Aufbaupanelen). Dies ist effizienter als die Verwendung von Vorwiderständen, aber eben nur möglich, wenn die Last genau bekannt ist.

Bei derartigen Konstantstromquellen darf die Last nicht während des Betriebes entfernt und vor allem nicht wieder angeklemmt werden, da dies die Stromregelung aus dem Gleichgewicht bringen würde. Eine sekundärseitige PWM wäre genau eine solche (Dauer-) Störung.

Es gibt hochwertige KSQ, die intern im Megaherzbereich regeln. Eine sekundärseitige PWM mit 1 kHz ist dann "Peanuts" was die Störwirkung angeht. Hier wird eine sekundärseitige PWM-Dimmung also meist funktionieren. Es gibt auch KSQ, die einen PWM-Eingang haben, mit dem gedimmt werden kann. Hier fließt das Tast/Pause-Verhältnis in die Regelschaltung ein, die Funktion ist also nicht mit einer sekundärseitigen PWM-Dimmung vergleichbar. Diese beiden Arten von KSQ sind teuer – in der Regel teurer als die vorhandene Lampe, die man umrüsten möchte. Die Original KSQ der Lampe wird normalerweise keine solche Funktionen haben.

Will man also ein Leuchtmittel mit fest verbauten LEDs umrüsten, braucht man entweder eine PWM-KSQ oder muss die vorhandenen LED mit Vorwiderständen bestücken bzw. durch normale Lightstrips von der Rolle ersetzen (Abwärme beachten).

© 2017 Dipl.-Ing. Oliver-André Urban

Dieser Text einschließlich Abbildungen unterliegt der Creative Common Licence und darf von jedermann weiter verwendet werden, solange der originale Autor genannt wird. Bei Veröffentlichung in Printmedien ist ein Belegexemplar an den Autor zu senden, in Onlinemedien ein Link auf den Beitrag.