

Christoph Budelmann

Es werde Licht

English summary: At the end of last year, there was a discussion in the FREMO DCC list on finding an easy way to control headlights and taillights on cab cars. Quickly, the exploration was expanded into controlling interior lighting of coaches.

Wie alles begann ...

Endletzten Jahres kam in der fremodcc-E-Mail-Liste die Frage auf, wie man auf einfache Weise das Spitzen- und Schlusslicht in Steuerwagen schalten kann. Schnell wurde dabei die Fragestellung auch auf das Schalten der Innenbeleuchtung von Personenwagen ausgedehnt.

Bei Digitalbetrieb ist natürlich die Verwendung eines Funktionsdecoders naheliegend, nur benötigt man hierfür entweder einen separaten FRED(i) oder man muss eine Doppeltraktion mit der Zuglok bilden, wofür ein Programmiergleis mit einer entsprechenden Zentrale bereitgehalten werden muss.

Eine von einzelnen FREMO-Mitgliedern bereits praktizierte Methode bedient sich eines kleinen Magneten, der über das Dach der Waggons geführt einen Reed- oder Hall-Sensor aktiviert. Ergänzt man diesen Sensor um ein Flip-Flop oder ein Schieberegister, welches das Signal hält, wenn man den Magneten wieder entfernt, so kann man hierüber die Beleuchtung ein- oder ausschalten. Mit einem zusätzlichen Kondensator kann man sogar kurzzeitige Stromunterbrechungen durch verschmutzte Gleise überbrücken, ohne dass die Beleuchtung flackert. Hierfür entwickelte Claus Schröder eine einfache Schaltung, die bereits in mehreren Wagen verbaut wurde und über drei separate Reed-Kontakte jeweils Spitzen-, Schluss- und Innenbeleuchtung schaltet. Es eignen sich kleine Neodym-Magnete, die man beispielsweise am ungenutzten Ende eines Entkupplers anbringen kann.

Nachteilig wirken sich bei der Flip-Flop- oder Schieberegister-Lösung jedoch Kurzschlüsse aus, beispielsweise beim Auffahren einer falsch gestellten Weiche, da hierbei der Strom länger unterbrochen wird und die Schaltung wieder in ihren Ausgangszustand springt, womit in der Regel die Beleuchtung erst einmal wieder aus ist. Hier hilft nur eine Schaltung, die den letzten Schaltzustand speichert. Natürlich kann man hierfür bistabile Relais verwenden, nur kleiner und günstiger sind natürlich einfache Mikrocontroller, die jedoch programmiert werden wollen. Angeregt durch die Diskussion entwickelte ich eine kleine Platine, die zwei Konstantstromquellen für Leuchtdioden (Light Emitting Diode, kurz LED) bietet und über einen Magneten geschaltet werden kann, doch dazu später mehr.

Grundlegendes zur LED-Technik

In der E-Mail-Liste sowie auf Treffen kamen immer wieder grundlegende Fragen zu LEDs und deren Verschaltung auf, die der folgende Abschnitt kurz beantworten soll. Dabei richtet er sich explizit an elektronische Laien, die gezeigten Schaltungsbeispiele sind aber vielleicht auch für den einen oder anderen Hobby-Elektroniker interessant.

LEDs sind heutzutage aufgrund ihrer geringen Größe die erste Wahl für viele Beleuchtungsanwendungen im Modellbau. Werden sie von einem Strom in Durchlassrichtung durchflossen, so leuchten sie in unterschiedlichen Farben entsprechend ihres Aufbaus. Jedoch muss der Strom begrenzt sein, um eine Zerstörung der LED zu vermeiden. Im einfachsten Fall reicht hierfür ein Vorwiderstand, der sich nach folgender Formel berechnet (in eckigen Klammern die jeweilige Einheit):

$$R [\Omega] = (U_{\text{Versorgung}} - U_{\text{Fluss}}) [V] \div I [A]$$

Die Flussspannung einer LED ist unterschiedlich für verschiedene Far-

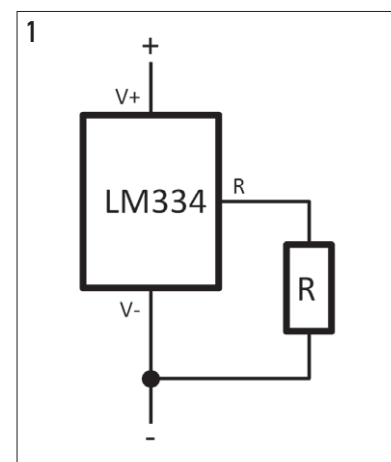
Tabelle 1 – Flussspannungen

Farbe	Flussspannung [V]
Rot	1,6 ... 1,8
Hellrot und Gelb	2,0 ... 2,2
Grün	2,2 ... 2,4
Blau und Weiß	3,0 ... 5,0

ben und kann Tabelle 1 entnommen werden. Je höher der Strom durch die LED ist, desto heller leuchtet sie, wobei für die meisten Standard-LED der Maximalwert bei etwa 30 mA liegt. Im Zweifelsfall sollte man einen Blick ins Datenblatt der jeweiligen LED werfen und hier nach den Begriffen „forward voltage“ und „forward current“ suchen. Für eine rote LED mit einer Flussspannung von 1,8 V und einem Strom von 20 mA ergebe sich bei einer Versorgungsspannung von 12 V ein Vorwiderstand von 510 Ω . Aus der Formel wird jedoch bereits deutlich, dass der Strom und damit die Helligkeit nur für feste Versorgungsspannungen auch konstant sind. Ändert sich die Versorgungsspannung, so ändert sich auch die Helligkeit der LED.

Um dies zu umgehen, bietet sich eine sogenannte Konstantstromquelle an, die unabhängig von der anliegenden Spannung den Strom auf einen bestimmten Wert regelt und so auch die Helligkeit konstant hält.

Eine einfache Stromquelle für Ströme zwischen 1 μ A und 10 mA, die gerade für die Spitzen- und Schlussbeleuchtung von Loks oder Steuerwagen ausreichend sind, kann aus dem LM 334 und einem Widerstand aufgebaut werden (Abbildung 1). Leider ist die Abhängigkeit zwischen Widerstandswert und Strom nicht linear, weswegen exemplarisch verschiedene Werte-Paare der Tabelle 2



entnommen werden können. Die Schaltung lässt sich wie ein Vorwiderstand verbauen, nur bleibt der Strom nun auch für unterschiedliche Versorgungsspannungen konstant.

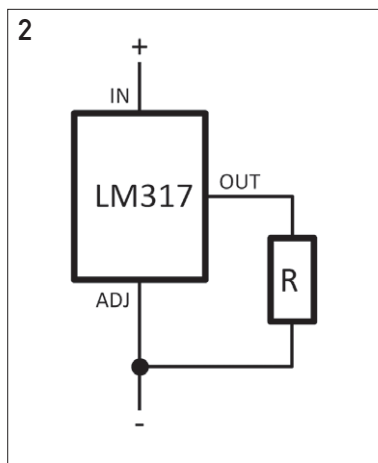
Tabelle 2 – Widerstandswerte für den LM 334

Strom [mA]	Widerstand [Ω]
0,1	680
0,5	130
1,0	68
2,0	33
5,0	15
10,0	6,8

Benötigt man einen höheren Strom als 10 mA, so eignet sich auch der LM 317. Dieser benötigt wie der LM 334 auch einen externen Widerstand zum Einstellen des Stromes (Abbildung 2), der zwischen 10 mA und 1,5 A liegen kann. Der Widerstand berechnet sich aus:

$$R [\Omega] = 1,25 [V] \div I [A]$$

Für einen Strom von beispielsweise 20 mA ergibt dies einen Widerstand mit etwa 62 Ω . Für kleine Ströme im mA-Bereich ist das TO-92-Gehäuse ausreichend, für größere Ströme empfiehlt sich ein größeres Gehäuse und evtl. ein Kühlkörper.



Beide Bauteile gibt es ab etwa € -,50 bei den meisten Elektronik-Versandhändlern wie Reichelt, Conrad oder TME.

Bei allen Widerstandsberechnungen sollte auch kurz die Verlustleistung überprüft werden, die der Widerstand in Wärme umwandelt. Ist die Verlustleistung zu hoch, kann das Bauteil beschädigt werden. Die Verlustleistung berechnet sich aus:

$$P_{\text{Verlust}} [W] = R [\Omega] \times I^2 [A]$$

Für unser erstes Beispiel mit dem Vorwiderstand von 510 Ω und den

Strom von 20 mA, ergibt sich eine Verlustleistung von 204 mW. Will man einen SMD-Widerstand verwenden, so benötigt man hier schon mindestens die Bauform 1206 oder muss mehrere Widerstände parallel oder in Reihe verwenden. Typische Werte für die maximale Verlustleistung sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3 – Maximale Verlustleistungen für verschiedene Bauformen

Bauform	Verlustleistung [W]
0603 (SMD)	0,1
0805 (SMD)	0,125
1206 (SMD)	0,25
Minimelf (SMD)	0,25
Melf (SMD)	0,5
0204 (THT)	0,5
0207 (THT)	0,5

Universelle Beleuchtungsplatine für Waggons

Wie bereits erwähnt entstand aus der Diskussion in der fremodcc-E-Mail-Liste eine kleine Beleuchtungsplatine von 10 x 12 mm² Größe und einer Höhe von nur 2,4 mm. Die Schaltung wird direkt von der Spannung am Gleis versorgt und besitzt einen Anschluss für einen Kondensator, um einen flackerfreien Betrieb zu ermöglichen. Der Kondensator kann dabei direkt an die Platine angelötet oder über kurze Anschlusskabel angeschlossen werden, beispielsweise, um den Kondensator in der Toilette des Waggons zu verstecken. Die Platine besitzt zwei Konstantstromquellen, die von einem Mikrocontroller geschaltet werden, der auch den Hall-Sensor ausliest. Jedes Führen eines Magneten schaltet den Mikrocontroller einen Schritt weiter, von beiden Kanälen deaktiviert über jeweils einen aktiven Kanal bis hin zu beiden Kanälen eingeschaltet. Der aktuelle Zustand wird dabei immer in einem EEPROM gespeichert, womit der Zustand auch nach einem Stromausfall, beispielsweise in Folge eines Kurzschlusses erhalten bleibt. Die Konstantstromquellen sind auf jeweils 10 mA eingestellt, durch Tauschen je eines Widerstandes kann der Strom aber frei eingestellt werden. Sinnvollerweise sollte je Kanal ein Wert von 20 mA nicht überschritten werden im normalen Betrieb, da sich ansonsten der Schalttransistor zu sehr erwärmt. Getestet wurde die Plati-

ne zwar bis 35 mA pro Kanal, dabei erwärmt sie sich aber auch um gut 100 °C. Dies ist bei einer typischen Umgebungstemperatur von 25 °C zwar noch innerhalb des erlaubten Bereiches bis 150 °C, jedoch sollte man dann einen direkten Kontakt der Platine mit dem Waggondach (insbesondere bei Kunststoffdächern) vermeiden und die Platine nicht in einen Schrumpfschlauch verpacken, was einen Wärmestau auslösen könnte. Bis 20 mA ist es aber unkritisch. Über der Konstantstromquelle fallen 5 V ab, womit bei einer typischen Boosterausgangsspannung von 14 V noch 8 V für die LEDs bleiben, da auch noch etwa 1 V am Brückengleichrichter abfällt. Will man fertige LED-Streifen verwenden, die bereits über Vorwiderstände verfügen und meistens für 12 V ausgelegt sind, so sollte man den Widerstand des jeweiligen Kanals auf der Platine mit Lötzinn überbrücken oder gegen einen 0 Ω Widerstand tauschen. Hierdurch macht man zwar aus der Konstantstromquelle eine normale Spannungsquelle, jedoch ist das Tauschen des Widerstandes deutlich einfacher als ein Umlöten des dünnen und empfindlichen Folienleiters der LED-Streifen.

In einer ersten Bestellaktion, die über die fremodul- und fremodcc-E-Mail-Liste ging, wurden bereits mehrere hundert Platinen bestellt, gefertigt und etwa zeitgleich mit dem Erscheinen dieses Heftes ausgeliefert. Erste Praxistests erfolgten auf den Treffen in Hamburg-Winterhude und Krefeld. Wer noch Interesse an der Platine hat, kann sich gerne unter fremo@budelmann-elektronik.com an den Autor wenden. Einzelne Platinen kosten € 6,50, ein Zehnerpack € 59,-. Die Platinen sind bis auf den externen Kondensator fertig bestückt und getestet. Alle Anschlüsse sind auf der Unterseite beschriftet; zudem liegt eine kurze Bedienungsanleitung für die erfolgreiche Inbetriebnahme bei ☐

Christoph Budelmann

Literatur:

- U. Tietze und C. Schenk, Halbleiter-Schaltungsdesign, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1999.