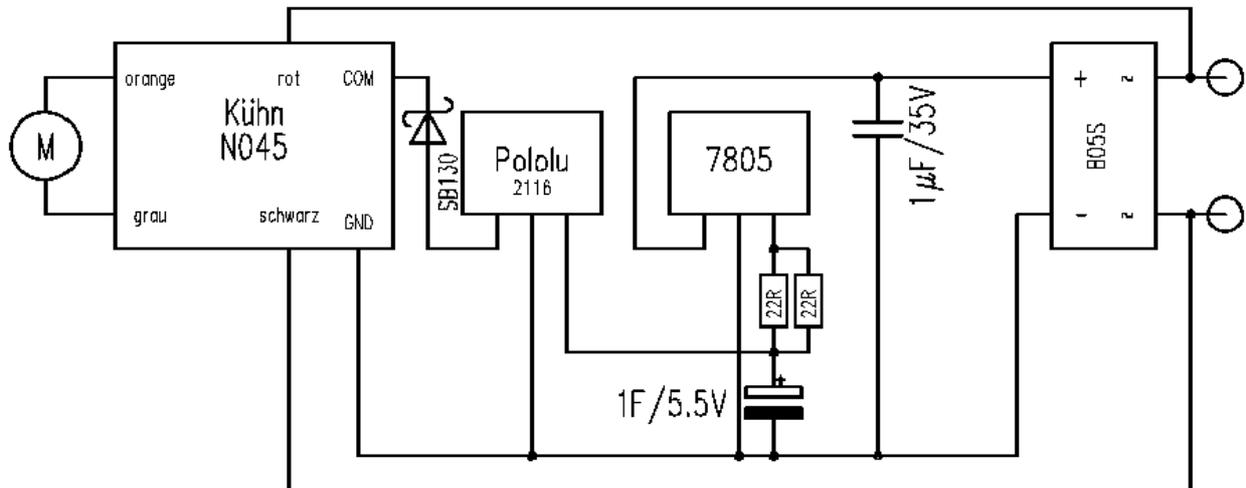


Spannungspuffer für DCC mit Supercap (c) ateshci 2017



Man kann die Überbrückung von kontaktlosen Stellen um Gleis auf zwei Arten durchführen:

Man benutzt einen LiPo-Akku und transformiert dessen Spannung hoch.

Man setzt einen Pufferkondensator ein.

Beim Akku muss man sowohl einen Ein/Aus-Schalter sowie eine begrenzte Pufferzeit vorsehen, denn sonst kann bei einer Entgleisung die Lok unkontrollierbar weiterfahren bzw. es drehen sich Motor und Räder weiter. Weiterhin muss man den Akku bei Betriebsruhe ausschalten können. Eine Ladebuchse braucht man auch noch, denn ein LiPo lässt sich nicht in Schwebeladung (Pufferladung im Betrieb) so ohne weiteres betreiben. Die zu alle dem nötigen Bauteile benötigen mehr Platz, als in der Regel in einer TT-Lok zur Verfügung steht.

Für den Pufferkondensator spricht, dass er nicht ein/ausgeschaltet werden muss und die Pufferzeit durch entsprechende Dimensionierung festgelegt ist. Es gibt kommerziell erhältliche Speicherschaltungen mit direkt von der Betriebsspannung aufladbaren Kondensatoren, jedoch sind die realisierbaren Kapazitäten auf günstigstenfalls 1000 -2200µF bei viel Platz im Gehäuse beschränkt. Bei einem Motorstrom von 150mA und einem nutzbaren Spannungsabfall von 15 auf 5 Volt (darunter schaltet der Decoder ab) schafft man bei 2200µF allerdings ca. 0,15 sec Pufferzeit, was selbst bei 1cm/sec einer Strecke von 1,5mm entspricht und damit die meisten Kontaktprobleme überbrücken kann. Leider ist jedoch ein 2200µF/16V-Kondensator mit Anschlußdrähten 23mm lang und 10mm dick. Eine z. B. von Fischer-Modell vertriebene Platine (die eine unbedingt nötige Drossel zur Erhaltung der Programmierbarkeit des Decoders und Laderegler enthält) misst zusätzlich 8x9x2,5 mm³. Wenn der Platz nur für weniger reicht, ist bei voller Bestückung mit Ta-Elkos 16x9x7mm³ und 1100µF etwa die Hälfte der oberen Werte möglich. Bei vielen Sound-Decodern reicht das aber nicht, um ein 'Verschlucken' der Geräusche und/oder Neustart zu verhindern. Auch gibt es bei kurz hintereinander folgenden Unterbrechungen, wie sie z.B. auf (Doppelkreuz) Weichen vorkommen können, keine ausreichende Nachlademöglichkeit und die Lok bleibt stehen.

Strebt man also eine längere Pufferzeit an, bleibt nur der Einsatz von Kondensatoren hoher Kapazität, den 'Supercaps'. Die gibt es jedoch nur mit 2,5V und neuerdings auch mit 5,5V Spannungsfestigkeit. Sie erfordern daher eine entsprechende Ladeschaltung und eine

Aufwärtstransformierung der Spannung für den Decoder. Ohne weitere Zusatzelektronik kann man sie auch nicht an den +Pol (Common) des Decoders anschließen - es würde ja die hochtransformierte Spannung wieder am Laderegler anliegen und damit das Ganze im Kreis arbeiten. Ebenso darf der Ladestrom nicht mehr als ca. 100mA betragen, um den internen Gleichrichter der meisten Decoder nicht zu überlasten. Von z. B. Lenz, ESU und anderen werden solche Einheiten angeboten, ihr Preis ist aber mit um die 35,-€ recht hoch. Ihr Volumen beträgt ca. 22x14x10mm³. Die Pufferzeit beträgt ca. 1,5 sec. - damit kommt auch jeder Sounddecoder zurecht.

Neurdings gibt es sehr dünne Supercaps mit 5,5V Spannungsfestigkeit, die eine sehr flache Bauweise solcher Puffer gestatten. Nutzt man dann noch einen externen Gleichrichter, benötigt man keine Elektronik zur Lade/Entladesteuerung, auch keine Drossel und man kann (unter Berücksichtigung des Stromstoßes auf der Anlage beim erstmaligen Einschalten, wenn mehrere Loks sich darauf befinden) mit relativ hohem Ladestrom arbeiten. Die Anzahl der nötigen Bauteile ist gering, wenn man das aufwändigste Teil, den Spannungswandler, als fertige miniaturisierte Schaltung bezieht und integriert. Man hat außerdem die Gewissheit, dass das kritischste Teil der Schaltung funktioniert. Siehe das obige Schaltbild.

Diese Schaltung dient zum Aufladen eines Pufferkondensators. Aus Platz- und Ersparnisgründen wurde für die Aufladeschaltung ein Längsregler mit Strombegrenzung durch Widerstände gewählt. Für die Dimensionierung gibt es drei Gesichtspunkte:

1. Aufladezeit so kurz wie möglich.
2. Aufladestrom darf nicht zur Überhitzung der Bauteile führen.
3. Bei ausreichender Spannung am Gleis (~15V DCC-Spannung) darf der Schaltung kein Strom entnommen werden.

Die Dimensionierung soll jetzt durchgerechnet werden, um festzustellen, ob und welche Maßnahmen zur evtl. Kühlung von Bauteilen und Überlastungsschutz vorgenommen werden müssen.

Der 7805 im DPAK-Gehäuse ist einerseits klein genug, hat andererseits aber noch eine ausreichend große Kühlfläche. Er ist intern gegen Überhitzung und Kurzschluss geschützt. Der Wandler von Pololu arbeitet bis herab zu einer Eingangsspannung von 2,5V und schaltet sich dann selbst ab. Damit wird der Kondensator zwar nur zur Hälfte seiner Kapazität genutzt, hat aber Vorteile bei Wiederbereitschaftszeit und Verlustleistung. Um ausreichende Belastbarkeit beim ersten Einschalten zu erreichen, werden zwei 0,3W-Widerstände parallel geschaltet.

Der Widerstandswert ist also 11 Ω, damit liegt der maximale Ladestrom bei 0,45A. Die Kapazität beträgt 1F, daraus folgt die Zeitkonstante RC=11sec. Gerechnet wird mit einer Aufladezeit von 3RC, dann ist der Kondensator zu ~95% aufgeladen.

Der Ladestrom errechnet sich für das erste Aufladen bei 5V Ladespannung zu:

$$I = \frac{5}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Am IC fallen bei 15V Eingangsspannung 10V ab und die mittlere Verlustleistung ist dann für T=3RC:

$$N = \frac{1}{3RC} \int \left(\frac{5}{R} * 10 * e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad \text{und das ergibt} \quad N = \frac{5 * 10 * RC}{3 * RC * R} * \left(e^{-\frac{0}{RC}} - e^{-\frac{3RC}{RC}} \right) .$$

Zahlenwerte eingesetzt: $N = \frac{50}{33} * (1 - 0,05) = N(IC) = 1,44W$.

$$\text{An den Widerständen errechnet sich } N(R) = I^2 * R = \frac{5 * 5 * R}{R^2 * 3 * RC} * \int e^{\frac{-2 * t}{RC}} dt =$$
$$\frac{25 * R * RC}{R^2 * 3 * RC * 2} * (e^0 - e^{\frac{-2 * 3 * RC}{RC}}) = \frac{25}{66} * (1 - 0,002) = N(R) = 0,4W$$

In Summe sind das 1,84W.

Diese Leistung wird während 33sec frei, danach ist die anfallende Leistung = 0, weil der Wandler nur 9V erzeugt und die Schottkydiode wegen der anliegenden 15V sperrt. Es kann kein Strom in den Decoder fließen.

Bei einer Unterbrechung treten, weil sich der Kondensator im Betrieb dadurch nur bis auf 2,5V entlädt, höchstens die Hälfte der Leistung auf:
 $N(IC) = 0,72W$ und $N(R) = 0,2W$, *zusammen also 0,92W.*

Zum Vergleich: zwei der oft eingebaute Glühlampen von 12V und 40..60mA Strom erzeugen **pro Stück** zwischen 0,48..0,72Watt Dauerleistung und diese sitzen nahe oder in Plastikteilen.

Der Temperaturanstieg ist in erster Näherung proportional dem Quadrat des Stromes und der Zeit zum Aufladen. Bei einem kleineren Kondensator von 0,45F (der jetzt zur Verfügung steht) ist die Zeit entsprechend kürzer und damit ist der Temperaturanstieg der Bauteile viel geringer. Wenn man den Widerstandswert verdoppelt, beträgt der Temperaturanstieg nur noch ein Viertel des vorigen Werts.

Dazu kommt noch, dass sich zufällig die Unterbrechungen so erstrecken müssten, dass der Kondensator kurz vor dem Abschalten der Wandlers (und damit Stehenbleiben der Lok) wieder auflädt und dass die nächste Unterbrechung nach genau 33sec. auftritt. Daraus sieht man, dass diese Höchstwerte im Betrieb nie erreicht werden können. Die Erfahrungen aus dem Probetrieb mit einem Prototypen bestätigen das.

Baut man also das Ganze so ein, dass über den Widerständen und dem IC ca. 2mm Luft sind und der IC auf einer Kupferfläche der Platine sitzt, sind keine Probleme im Betrieb zu erwarten.

Man muss nur bei der Wahl des Ladewiderstandes überlegen, wieviel kurzzeitigen Einschaltstrom der Booster kann und das mit der Anzahl der Loks im Bereich in Beziehung setzen. Ein Booster, der 2,5A Dauerstrom kann, verträgt mindestens 6 Loks mit der o.a. Dimensionierung gleichzeitig beim Einschalten. Bei 0,45A sind für TT-Loks keine Probleme an Rädern oder Stromabnehmerschleifern zu befürchten.