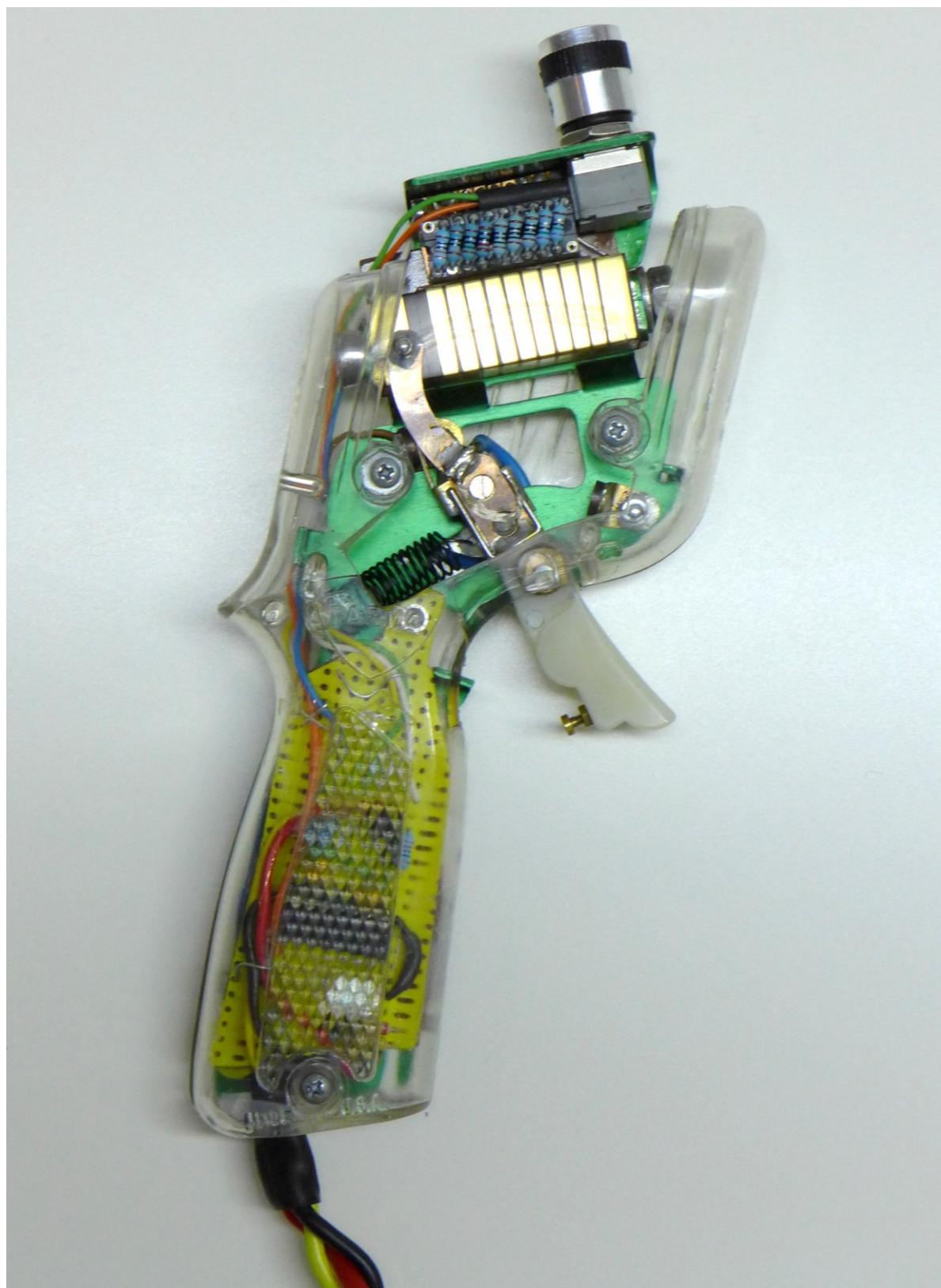


EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno





INHALT

Überblick	3
Warum PWM?	3
Funktionen	3
Technische Daten	4
Beschreibung mechanischer Aufbau	5
Trigger	5
Vollgasschalter	7
QuarzSand-Papier-QuarzSand Sandwich	8
Poti Anfahrspannung und Widerstandsreihe Kurve.....	11
Bremse	12
Beschreibung Elektrische Schaltung	13
Komischer Schaltplan	13
Regelung.....	14
Bremse	15
Vollgas	17
Verpolungsschutz	18
Platine oder Leistungsebene?	19
Alles so schön hell hier	19
Viel Spass!	21
Anhang	22
Stückliste der elektronischen Bauteile	22
Schaltplan groß	24

Doku Version 1.5, Oktober 2015



ÜBERBLICK

Den ersten PWM-Regler habe ich bereits Mitte der 90er an Slotbahnen gesehen. Er hieß „Tech2000“, kam damals neu aus den Niederlanden und kostete mehr als 600 DM. Er war super zu fahren, konnte alle Klassen, war aber für mich als Student nicht bezahlbar. Seither hat es mir in den Fingern gejackt, so etwas auch zu bauen. Da ich aber über zwei Jahrzehnte hinweg fast ausschließlich 16D- bis 12er-Klassen gefahren bin, kam ich immer mit einem (sehr guten) 1.8 Ohm Hoffmann Widerstandsregler aus, ohne irgendwelche Knöpfe oder sonstigen Schnickschnack. Mit dem Wiedereinstieg des SAC Stolberg in die Hartplastikklassen wurde dann aber doch der Bau eines einstellbaren Reglers notwendig.

Die Inspiration zu einer Schaltung hat dann irgendwann Clubkollege Kalle im Internet gefunden. Eine PWM-Schaltung für Bohrmaschinen etc. auf Basis des TL494. Ein IC, der für Schaltnetzteile entworfen wurde.

Ich kann in dieser Anleitung hier leider nicht auf jedes einzelne Detail eingehen. Bastlerisches Geschick und entsprechende Erfahrung setze ich voraus, sonst wird das hier dicker als die Bibel. Ich habe bei meinen eigenen Recherchen im Internet aber auch schon sehr viele sehr gute Bastelanleitungen zu einzelnen Themen beim Reglerbau gefunden. Wem also einzelne Dinge nicht so leicht von der Hand gehen, Google ist euer Freund ☺. Ihr könnt aber auch gerne alle Fragen an die E-Mail Adresse des SAC Stolberg schreiben (zu finden auf www.SAC-Stolberg.de). Vielleicht kann ich nicht immer sofort helfen, aber ich werde auf jeden Fall antworten.

WARUM PWM?

Die Vorteile von PWM-Motorsteuerungen und auch -Slotreglern sind im Internet an vielen Stellen schon beschrieben. Daher hier nur kurz in Stichpunkten meine Motivation einen PWM-Regler zu bauen:

- Ein Regler für alle Klassen (1/32-Slot.It bis offene G27/G7).
- Der Regler soll nicht heiß werden (obwohl ich mir an meinem Hoffmann bei manch kaltem Rennen schön die Hände wärmen konnte ☺).
- Möglichst wenig Innenwiderstand in Gas und Bremse. (Ich habe bei so manchem DM-Lauf, wenn am Ende der Geraden eine Wagenlänge gegen die Konkurrenten fehlte, an meinem Regler gezweifelt.)
- Es soll nach Möglichkeit alles in den Handregler passen, da ich keine externen Zusatzboxen mag.
- PWM führt man mit Mosfets aus. Mosfets haben sehr wenig Innenwiderstand (wenn man die richtigen auswählt). Wenig Innenwiderstand bedeutet viel Vollgas und harte Bremse!

FUNKTIONEN

Der Regler bietet eigentlich nur **zwei Verstellmöglichkeiten**. Über ein Poti kann die Anfahrspannung, und mittels des Austauschs einer Widerstandsreihe kann die Kurve verändert werden. Mit Hilfe der Widerstandsreihe kann man aber auch alle möglichen Spielereien bis zur Unfahrbarkeit des Reglers ausprobieren.

Einen **Bremsdämpfer** habe ich nicht integriert, da ich persönlich immer mit voller Bremsleistung fahre (wer später bremst, ist länger schnell ☺). Es ist aber über ein zusätzliches Leistungspoti sehr einfach möglich, diesen zusätzlich einzubauen. Dies wird später noch genauer beschrieben.



Mein Ehrgeiz hat mich dazu getrieben, **alles in eine Parma-Schale** einzubauen (weil das beim Tech2000 auch so ist). Ich habe das originale Aluchassis, den Hebel inkl. Lagerung, die Schalen und alle Schrauben eines Parma Turbo Reglers verwendet. Das war äußerst fummelig, ist aber absolut nicht notwendig. Man kann auch alles ganz bequem in eine externe Kiste einbauen, die dann direkt neben den Steckdosen der Bahn liegen kann. Auch dazu später noch mehr.

Ein **Verpolungsschutz** schützt vor Vertauschen von Plus und Minus, kann aber leider (noch?) nicht alle denkbaren Situationen abdecken (z.B. rot und gelb vertauschen und Vollgas geben). Da der Regler aber mind. 30 Ampere abkann, wird er an den meisten Netzteilen diese in die Strombegrenzung zwingen. Nur an Autobatterien sollte man ihn nicht zu sehr ärgern.

TECHNISCHE DATEN

- Maximale Spannung: **25 Volt** (getestet)
- Maximale Dauerstrombelastung: ca. **74 Ampere** (nach Datenblatt, nicht getestet)
- Maximale Pulsstrombelastung: ca. **240 Ampere** (nach Datenblatt, nicht getestet)
- Maximale Bremsstrombelastung: ca. **100 Ampere** (nach Datenblatt, nicht getestet)

Maximale Drehzahl: keine Ahnung ☺, aber die PWM Frequenz ist bewusst auf ca. **900 Hz** eingestellt. Dadurch werden auch bei > 100.000 U/min (G27/G7) noch komplette Kollektorbleche an den Kohlen vorbei fliegen, bevor die PWM ein- oder ausschaltet. Dadurch sollten keinerlei zusätzliche Magnetisierungsverluste auftreten (nicht getestet ☺).

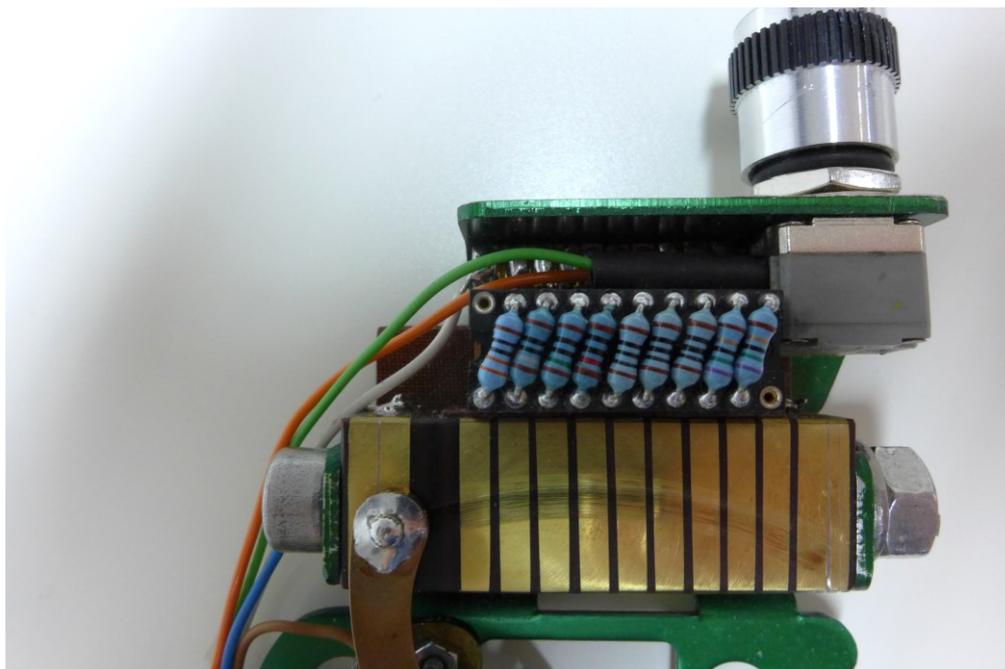
- Innenwiderstand Vollgas: < **0.01 Ohm** (das ist mind. eine Zehnerpotenz weniger als mit mechanischen Kontakten!).
- Innenwiderstand Bremse: **0.008 Ohm** (na gut, ein bisschen Bremsdämpfung ist doch drin ☺).
- Kosten: Parma Turbo (falls nicht schon vorhanden): ca. 60 €; alle elektronischen Bauteile inkl. Kabel und Stecker: < 40 € je nach Bezugsquelle und Porto etc. Ich habe dafür alle Bauteile mind. doppelt bestellt, falls mal was kaputt geht. D.h. der Gesamtregler ist für **ca. 80 - 100 €** zu bauen.
- Keine Rückspeisung zum Netzteil; im Gegensatz zu manch kommerziellem Regler speist dieser keine Energie der PWM-Regelung oder der Bremse zurück zum Netzteil. Man muss also keine Angst um sein (oder das anderer) Netzteil haben.

Ich fahre mit dem Regler Slotcars bis zu 12er- und 20er-Motoren, Anfahrstrom > 20 Ampere und Dauerbelastung 12-15 Ampere. Außerdem ist er bis 25 V mit Carrera-Motoren getestet. Die Spannweite zwischen diesen Klassen kann er also auf jeden Fall abdecken. Die offenen Klassen werde ich evtl. irgendwann mal testen.

BESCHREIBUNG MECHANISCHER AUFBAU

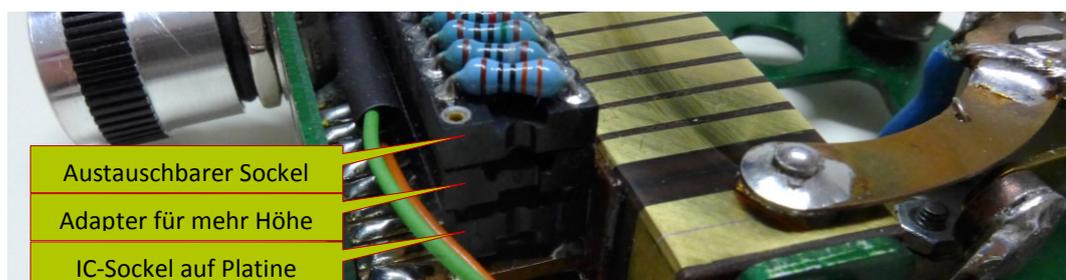
TRIGGER

Unter Trigger verstehe ich den Schleifer, den Abgriff oder wie auch immer ihr das nennt.



Wichtig für dieses Reglerkonzept ist, die einzelnen Widerstandsstufen zwischen den Triggerblechen verändern zu können (nicht während des Rennens, sondern je Motor oder je Bahn). Ich bin der Meinung, dass ca. 10 Stufen für einen Slotregler ausreichen. Da mir neun Potis für die Einstellung der einzelnen Stufen zu viel waren ☺, habe ich mich für eine Version mit steckbaren IC-Sockeln entschieden (habe ich auch vor langer Zeit mal irgendwo so gesehen).

D.h. alle einzelnen Triggerbleche sind über eine Streifenrasterplatine mit den Beinchen eines IC-Sockels verbunden. In diesen wird ein zweiter IC-Sockel eingesteckt, in dem die einzelnen Widerstände verlötet sind. Durch Umstecken des oberen IC-Sockels kann die Kurve (und auch die Anfahrspannung) verändert werden.



EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



Ich habe den Trigger „Scheibenweise“ aus Messingblechen (ca. 2,5 mm) und Pertinaxscheiben (0,5 mm) zusammengeklebt. Anschließend die Oberseite schön glatt geschliffen. Durch alle Scheiben (Messing und Pertinax) habe ich vorher Löcher gebohrt, durch die zum Schluss die Befestigungsschraube gesteckt wird.

Vorteil: nach dem Glattschleifen läuft der Schleifer sanft wie auf Eis. ~~Nachteil: Der Kohlenstaub der Schleiferkohle verschmutzt den Messingblock sehr schnell, so dass man die Fläche ständig putzen muss, wenn es so glatt bleiben soll. Wen es nicht so stört, wenn's mal ein kleines bisschen kratzt, der kann es so machen.~~

Mittlerweile habe ich die Kohle am Triggerarm durch ein doppelt gefaltetes Stück eines Schleifers (für den Leitkiel) ersetzt. Die Unterseite habe ich zunächst mit Öl getränkt, dann die Oberseite von unten an den Triggerarm gelötet. Das läuft noch weicher, und verschmutzt auch nicht mehr. Das Öl muss man natürlich nach dem Lötens eine Zeit lang immer wieder wegsaugen, aber nicht vollständig!

Ich würde beim nächsten Mal Kupfer statt Messing versuchen, und die Pertinax Scheiben dünner und kleiner machen, so dass sie tiefer liegen als die Messing- bzw. Kupferbleche.

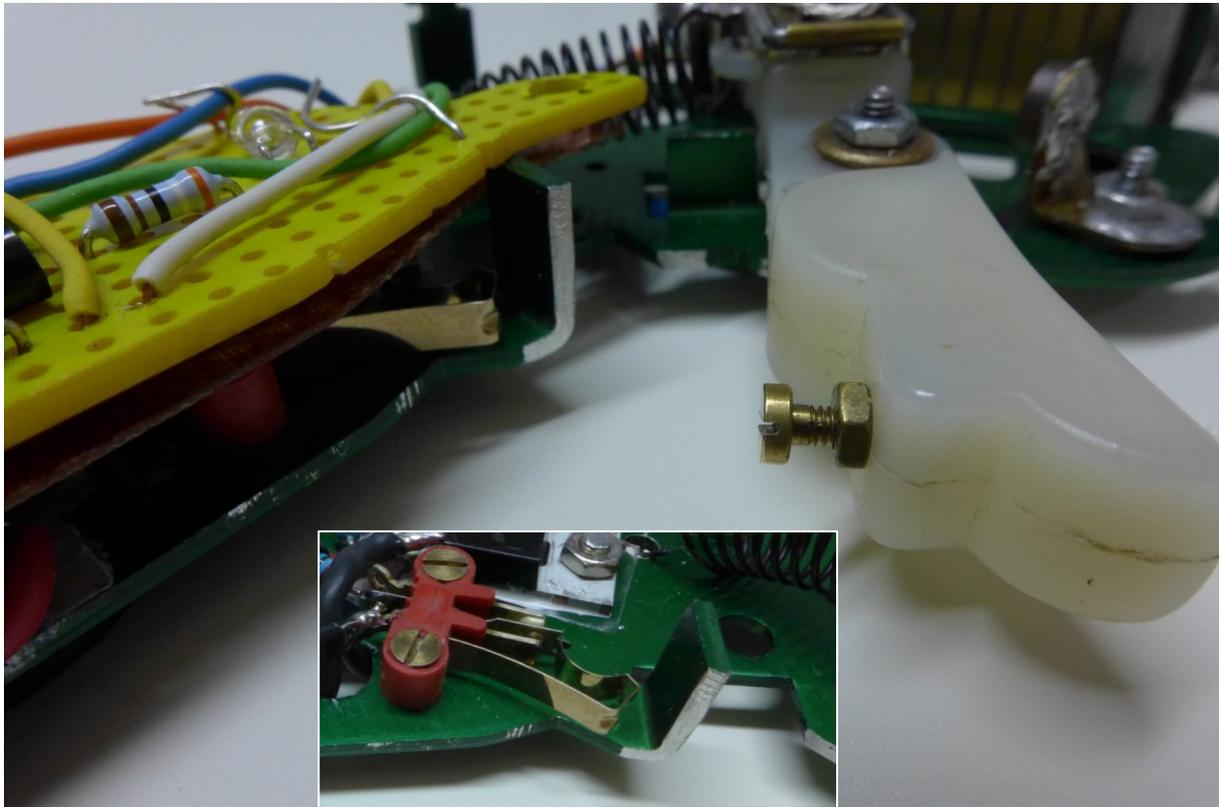
Es wird aber auch jede andere bereits im Internet beschriebene Triggerfläche funktionieren (z.B. Streifenrasterplatine, oder Kupferblech mit Säge einritzen, oder was Fertiges kaufen, oder, oder ...).



Das Kabel zum Triggerarm habe ich in der „Parma-Variante“ verlegt. D.h. auf der Unterseite des Aluchassis ein großes S aus 0,75 mm² Messkabel. Das ist schön flexibel und hat sich bei meinem alten Regler bewährt.

Dieses Kabel habe ich dann aus Platzgründen an ein gelbes Schaltdrahtkabelchen gelötet, welches zur Platine läuft.

VOLLGASSCHALTER



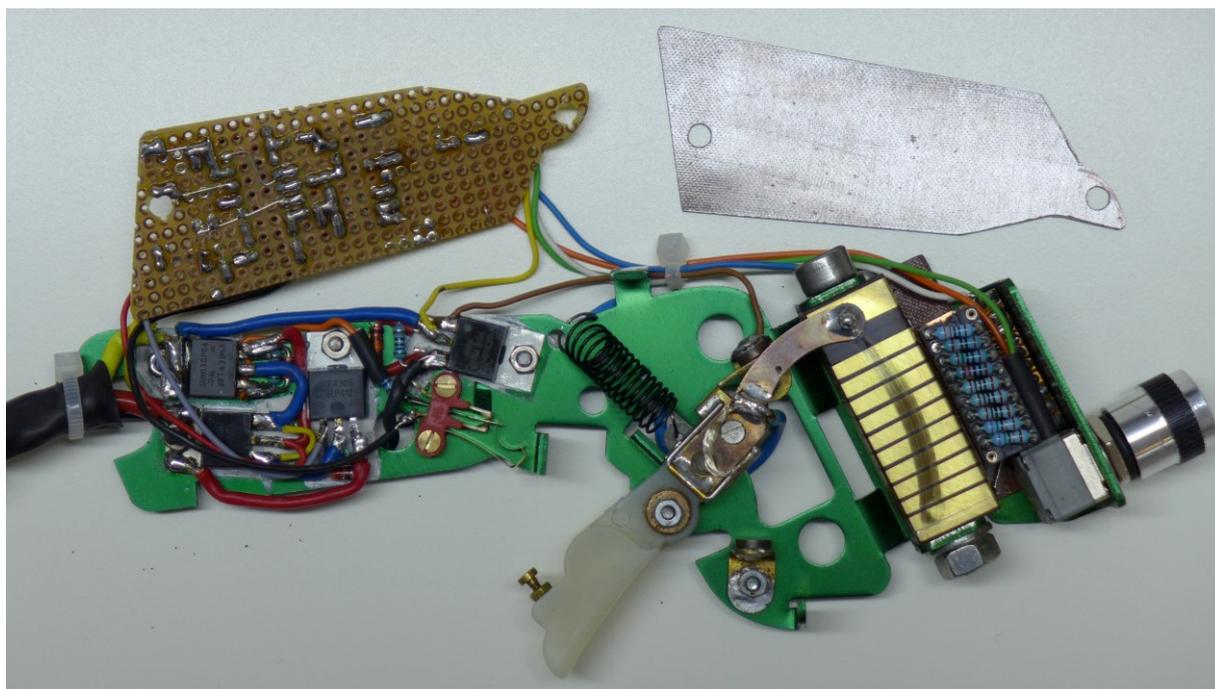
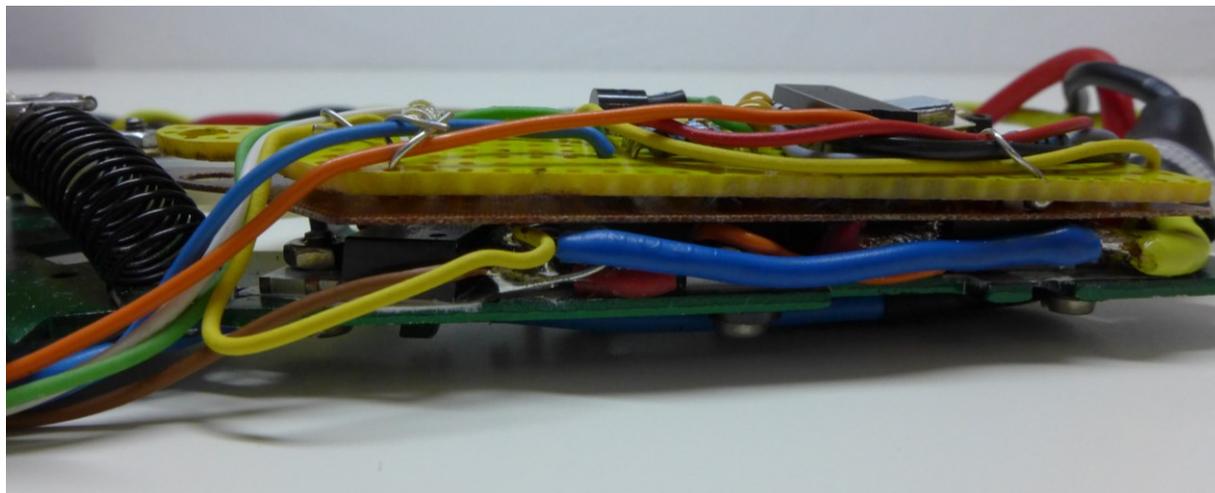
Der PWM-IC TL494 kann keine 100% Duty-cycle (kein Vollgas). Daher war es notwendig, einen separaten Schalter und ein separates Vollgas-Mosfet einzubauen.

Der Schalter ist ein Mikroschalter und wird von einer Schraube im Triggerhebel betätigt. Dazu habe ich ein Gewinde in den Triggerhebel geschnitten und eine Schraube mit Kontermutter eingeschraubt. So ist der Schaltzeitpunkt des Mikroschalters exakt einstellbar.

Der Mikroschalter wird direkt aufs Aluchassis geschraubt.

QUARZSAND-PAPIER-QUARZSAND SANDWICH

Um alles in den Regler reinzubekommen, habe ich im Griff zwei Ebenen realisiert.



Die Leistungsebene besteht aus allen Mosfets etc. und ist direkt auf das Aluchassis geschraubt. Alle Mosfets sind zur Isolierung mit Glimmerscheiben, Wärmeleitpaste und Kunststoffbuchsen verschraubt. Mosfets, die nicht im TO220 Gehäuse erhältlich sind, habe ich im TO263 Gehäuse (auch D2PAK) gekauft und habe mir selber ein Fähnchen mit Loch drin aus dünnem Messing (alte Kohlenunterlage vom 12er Motorkopf) dran gelötet.

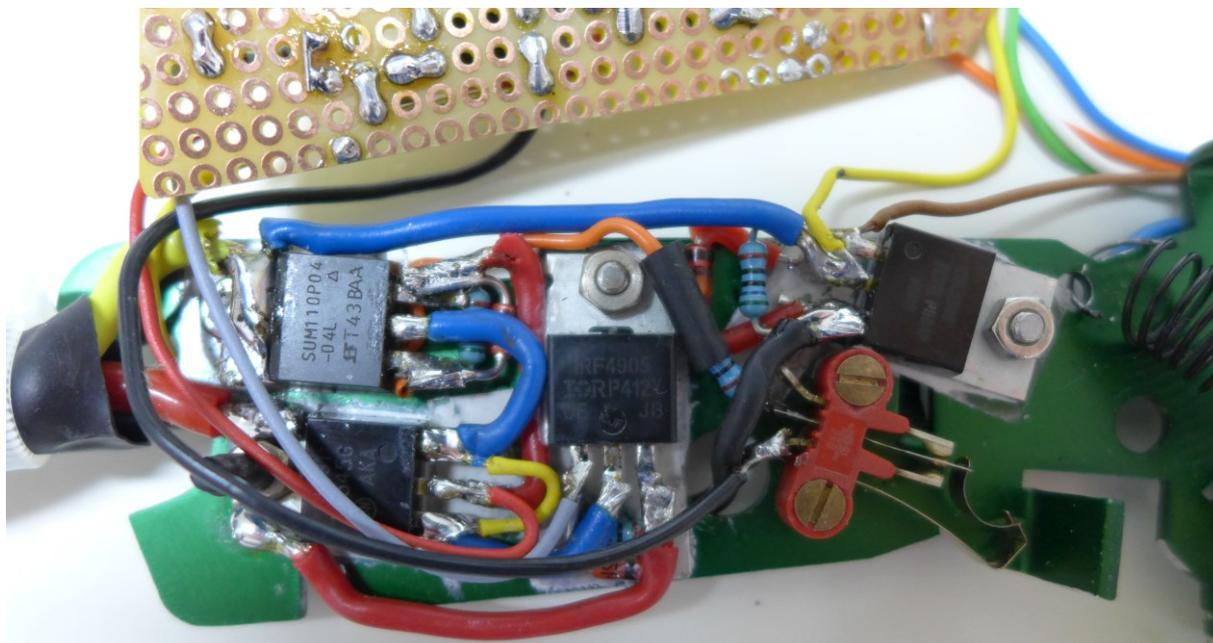
Unter die Beinchen der Mosfets habe ich zur Isolation auch jeweils nochmal eine halbe Glimmerscheibe geschoben (nach dem Lötten).

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

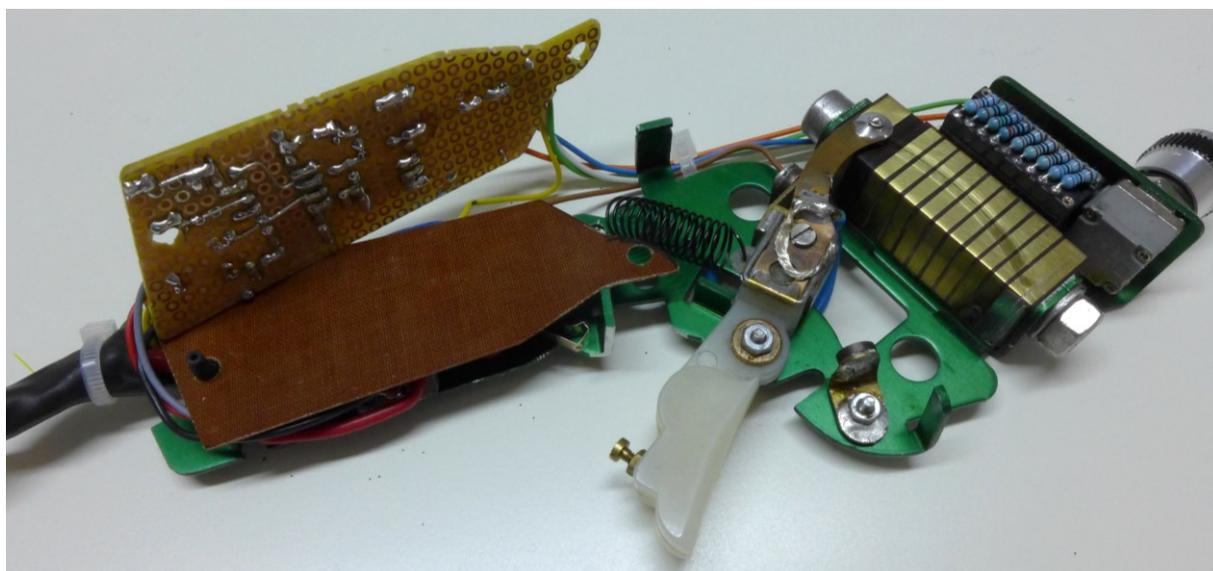
von Benno



Pullup/Pulldown-Widerstände und Schutzdioden sind ebenfalls in dieser Ebene direkt an die Beinchen der Mosfets gelötet.



Darüber ist eine Lage 0,5 mm Pertinax zur Isolation gelegt.

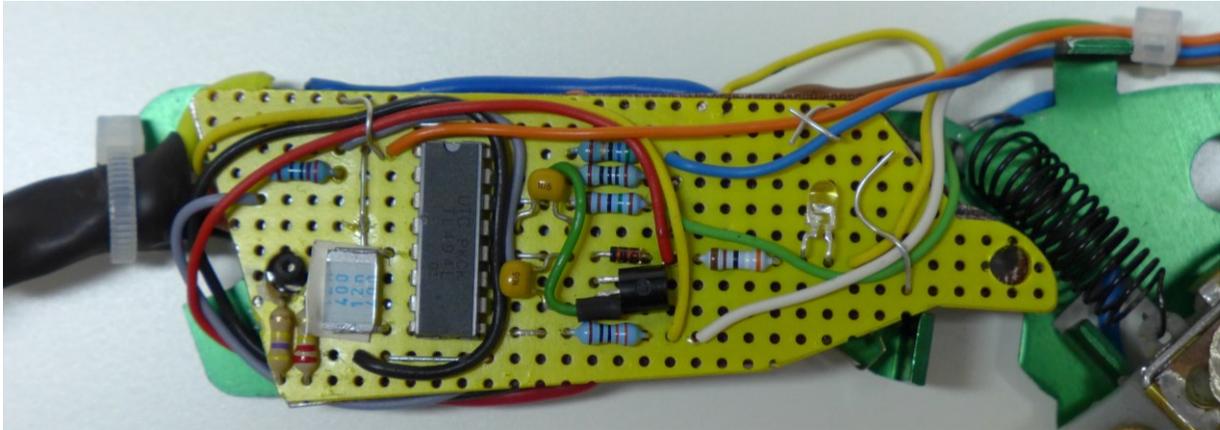


EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



Die obere Ebene ist die Steuerebene. Auf einer Lochrasterplatine sitzt zentral der TL494 und drum herum die sonstigen notwendigen Bauteile.

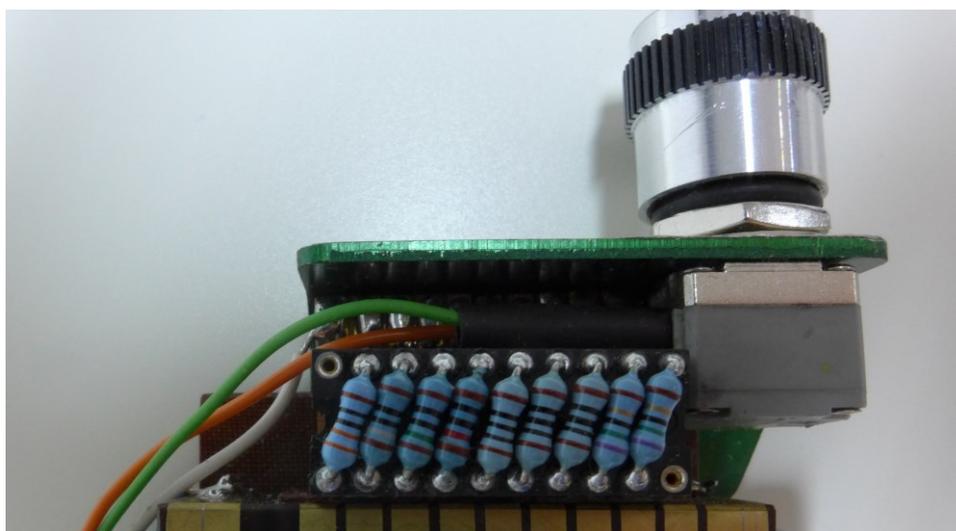


Das Ganze passt in der Höhe wirklich nur so grade ($< 0,5$ mm Luft) in die Reglerschale. Man muss also beim Löten an den Mosfets aufpassen, dass keine Lötstellen dicker werden als die Mosfets selbst.

Hier aber nochmal der Hinweis: außer evtl. vorhandenem persönlichem Ehrgeiz gibt es keinen Grund, das alles in den Regler rein zu quetschen. Eine externe Kiste funktioniert genauso.

POTI ANFAHRSPANNUNG UND WIDERSTANDSREIHE KURVE

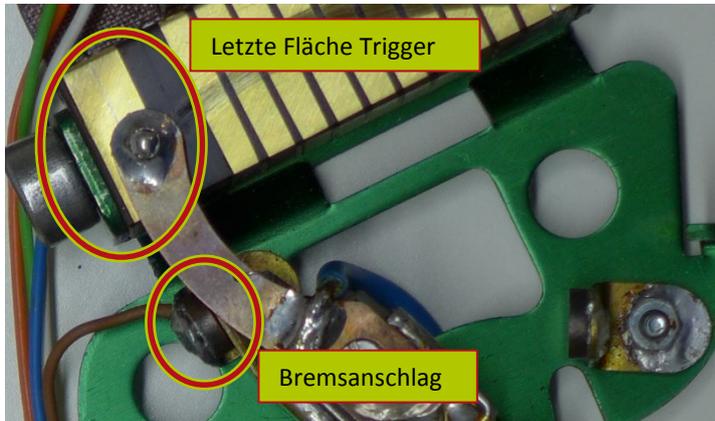
Am Poti gibt's nix besonderes. Eingebaut ganz oben, verlötet mit einem Beinchen direkt an der Lochrasterplatine. (Im Bild leider versteckt hinter dem Schrumpfschlauch).



Die Widerstandsreihe zum Einstellen der Kurve ist wie bereits erwähnt auf einem IC-Sockel untergebracht, der auf einen weiteren aufgesteckt wird. Zum Testen würde ich mit einer Reihe von 100 Ohm Widerständen beginnen (ergibt dann in Summe 900 Ohm bei 10 Abgriffflächen). Dann tastet man sich durch Probefahren der verschiedenen Motorklassen an Gesamtwiderstand und Kurve heran. Ähnliche Motoren können mit derselben Reihe gefahren werden. Ich habe drei Reihen im Bereich zwischen 600 Ohm und 900 Ohm (nicht verwirren lassen, im Bild ist noch eine alte Version zu sehen). Alle sind progressiv abgestimmt, d.h. bei den ersten (langsamen) Stufen große Sprünge durch größere Widerstandswerte, zum Vollgas hin dann immer kleinere Widerstandswerte.

BREMSE

Hier gibt es eine Besonderheit zu erwähnen, ohne die die Schaltung so nicht funktioniert.



Die letzte Fläche des Triggers schaltet die PWM-Regelung aus und sperrt damit den Regelmosfet.

Dies geschieht zeitlich vor dem Öffnen des Bremsmosfet und verhindert damit einen Kurzschluss.

Das Bremsmosfet wird durch den „Zusatzanschlag“ des Parma Turbo geschaltet.

Hier ist auch zu sehen, dass der Vollgas Zusatzanschlag des Parma Turbo elektrisch nicht mehr genutzt wird. Er wird nur noch mechanisch zur Begrenzung des Triggerweges benutzt.

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

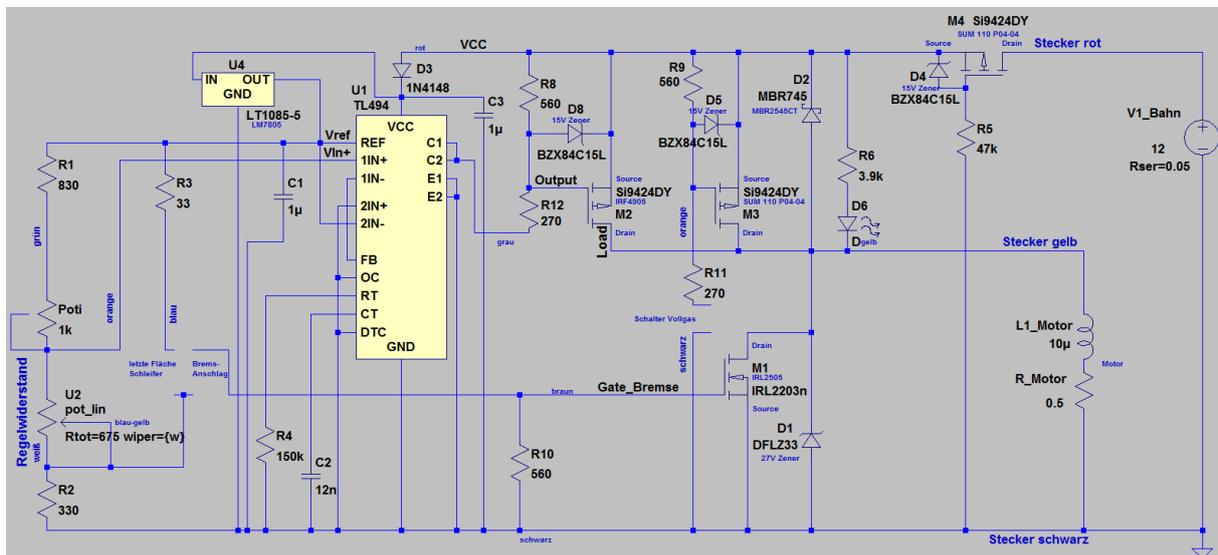
von Benno



BESCHREIBUNG ELEKTRISCHE SCHALTUNG

KOMISCHER SCHALTPLAN

Die Optik des Schaltplans ist etwas gewöhnungsbedürftig, aber keine Angst davor. Es handelt sich hier um ein Simulationsprogramm, mit dem die Schaltung simuliert werden kann. Es heißt LTSpice und kann kostenlos beim Hersteller (Linear Technologies) heruntergeladen werden. Bei Yahoo gibt es eine rege Community dazu, wo u.a. jede Menge Bauteile zum Download bereitstehen, die bei LTSpice nicht enthalten sind (unter anderem der TL494). Damit habe ich die gesamte Schaltung vor dem Bau simuliert.



Die schwarzen Bezeichnungen der Bauteile sind unwichtig, es sind ähnliche Bauteile, die das Simulationsprogramm zu Verfügung stellt. In kleinen blauer Schrift sind die Bezeichnungen der tatsächlich verbauten Teile hinzugefügt. Die wichtigsten werden im Folgenden beschrieben. Eine Stückliste aller Bauteile folgt in Anhang.

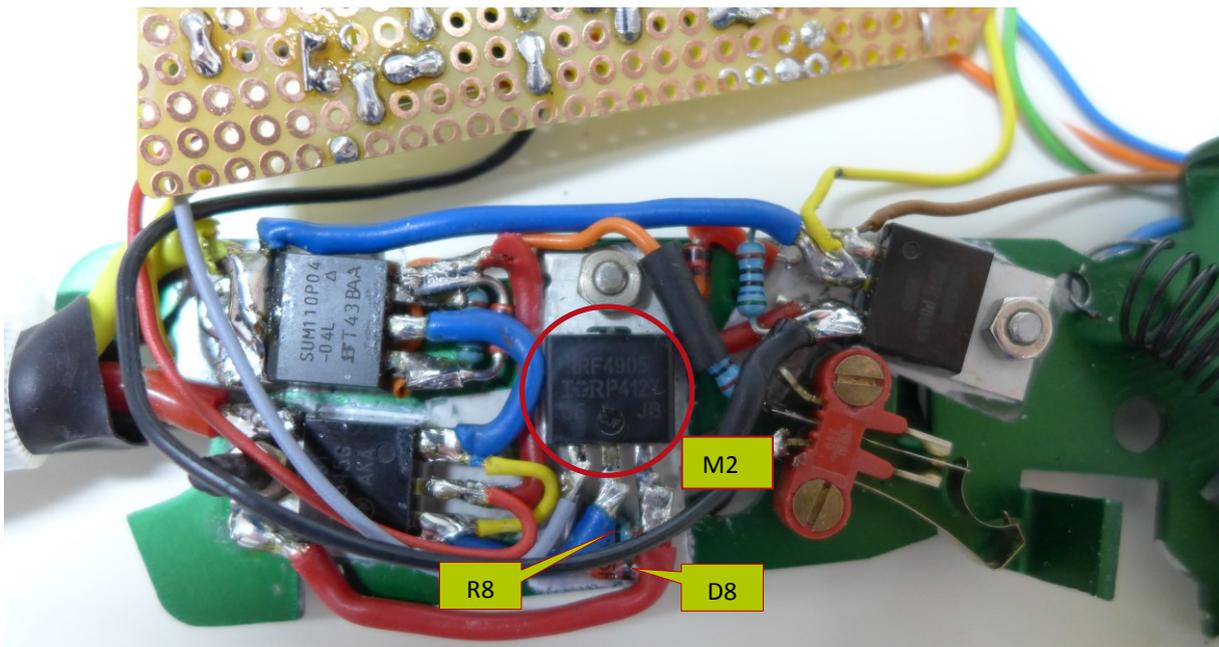
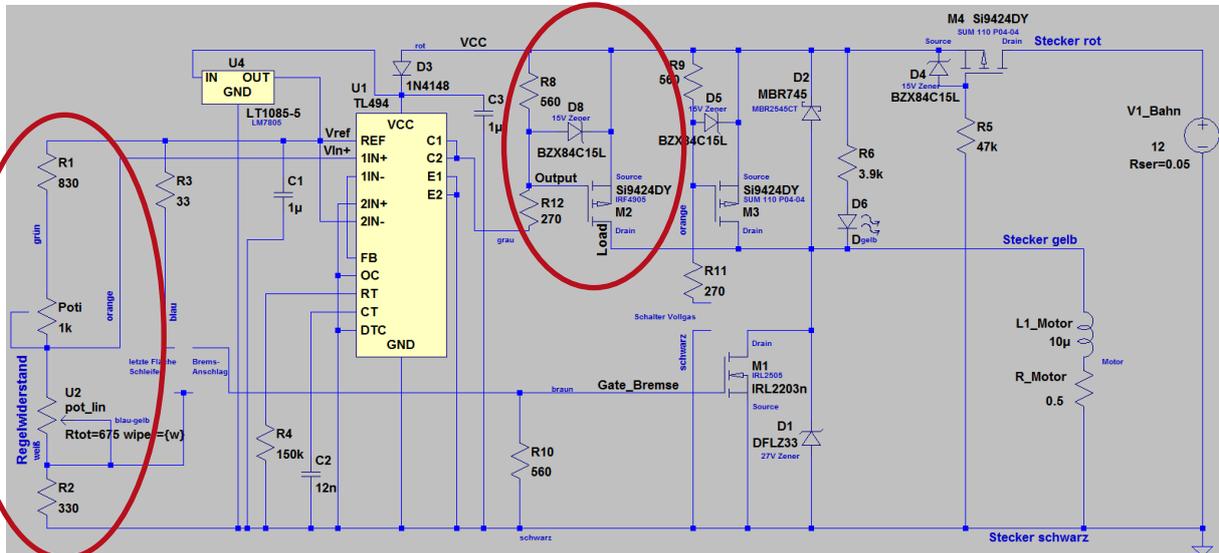
Auf der rechten Seite des Plans befinden sich die Bahnspannungsquelle (V1_Bahn) und ein einfaches Ersatzschaltbild eines Motors. Diese werden zur Simulation benötigt und ich habe sie dem besseren Verständnis halber im Plan gelassen.

Ganz am Ende im Anhang ist der Schaltplan nochmal groß dargestellt.

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno

REGELUNG



Die Regelung besteht im Wesentlichen aus folgenden Bauelementen:

- Poti: Poti zur Einstellung der Startspannung
- U2 pot_lin: dies ist der Trigger (die Widerstandsreihe)
- M2: dies ist der Mosfet, der den Motor mit dem „PWM-Strom“ versorgt
- D8: 15-V-Zener Diode zum Schutz des Mosfet
- Und natürlich dem TL494 (U1)

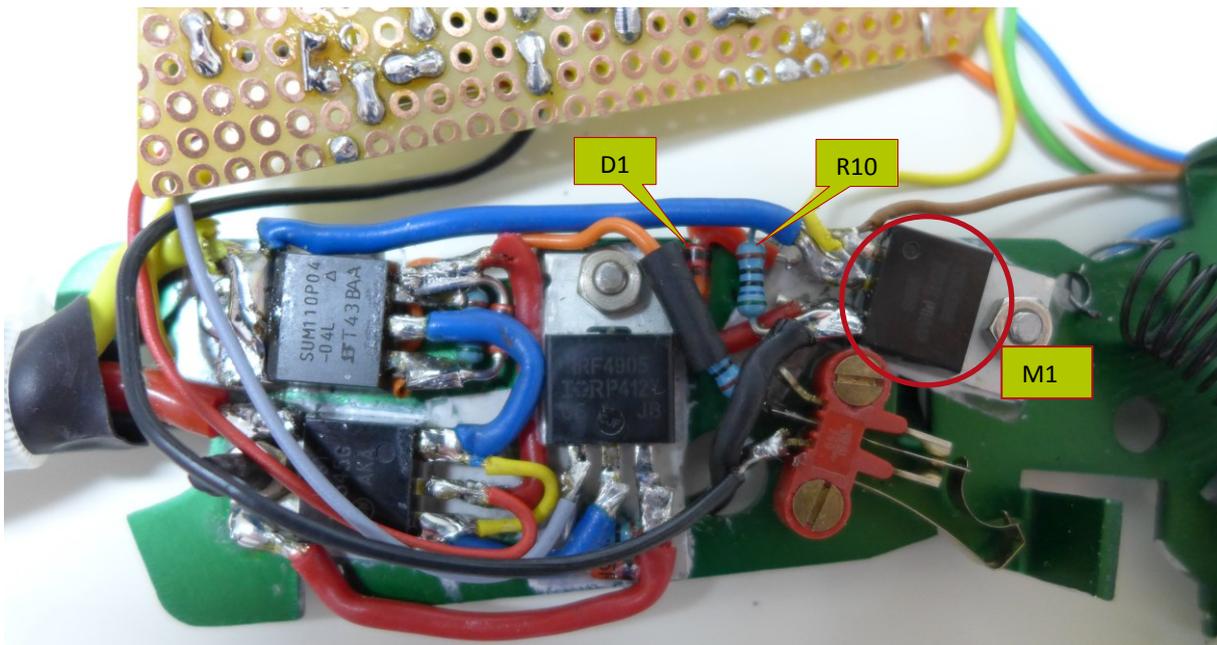
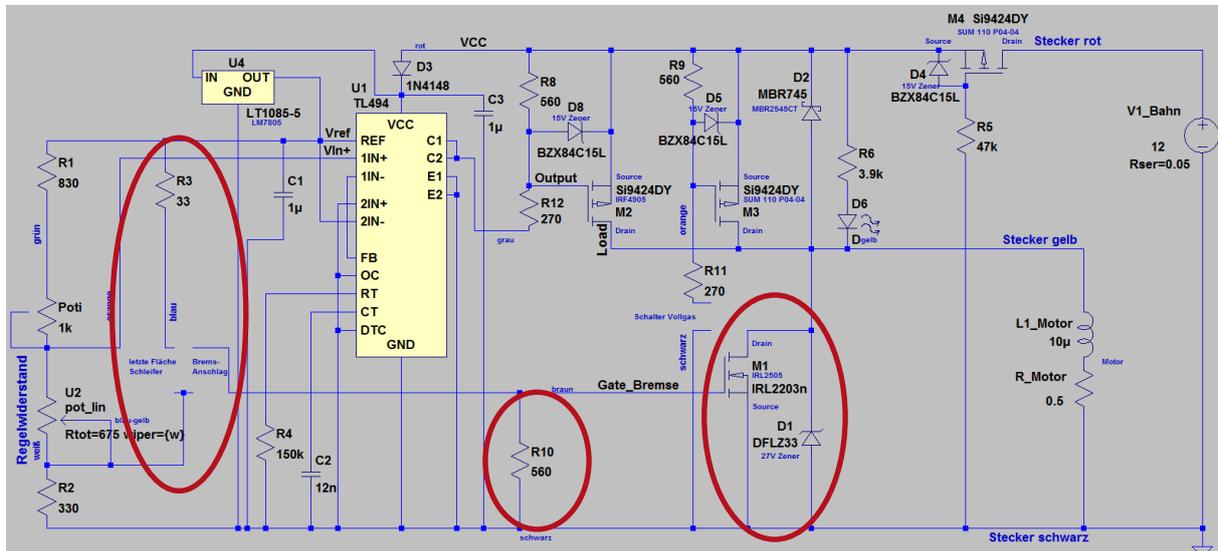
Alle weiteren eingekreisten, und auch noch einige der nicht eingekreisten Bauelemente sind notwendig, damit die aufgeführten Bauteile die korrekte Wirkung erzielen. Wenn mal mehr Zeit zur Verfügung steht, werde ich das noch beschreiben, aber für das Verständnis der Regelung ist das hier nicht notwendig.

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



BREMSE



Die Bremse besteht im Wesentlichen aus folgenden Bauelementen:

- „Letzte Fläche Schleifer“ und „Bremsanschlag“: dies sind wie schon beim mechanischen Aufbau beschrieben die Schalter zum Ausschalten der PWM-Regelung und zum Einschalten (Öffnen) des Bremsmosfet.
- M1: dies ist der Bremsmosfet
- D1: 27-V-Zener-Diode zum Schutz des Mosfet.

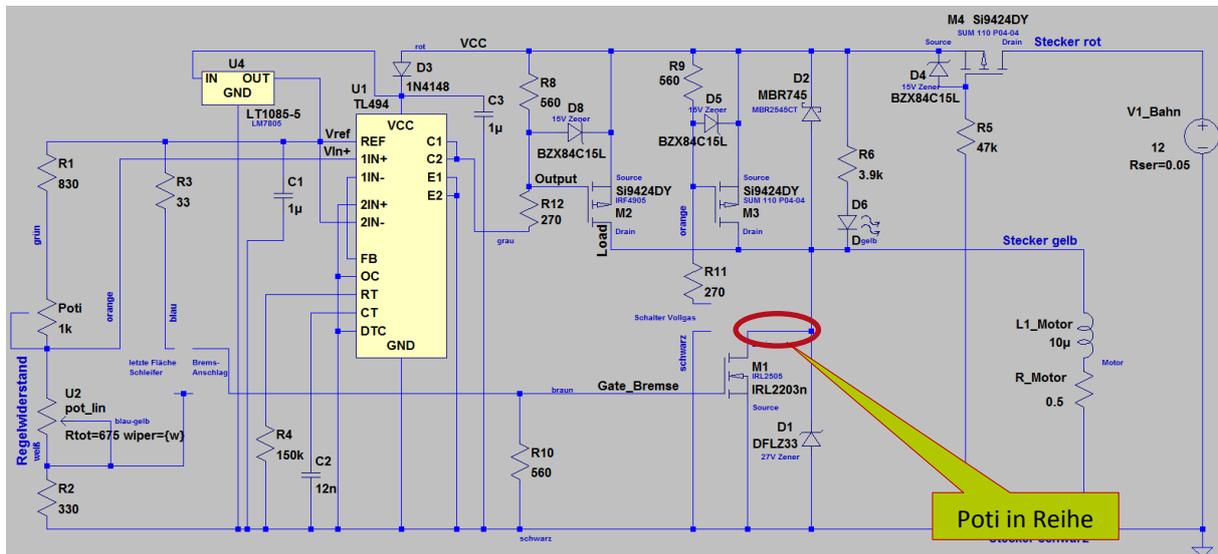
Die Body-Diode des Bremsmosfet dient gleichzeitig als Freilaufdiode über den Motor.

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



Wer nun noch einen Bremsdämpfer integrieren möchte, sollte in Reihe zum M1 ein Leistungspoti schalten (in die Drain-Leitung). Die Leistung muss natürlich mind. den gewünschten Motorklassen entsprechen, den Widerstandswert recherchiert ihr am besten im Internet.

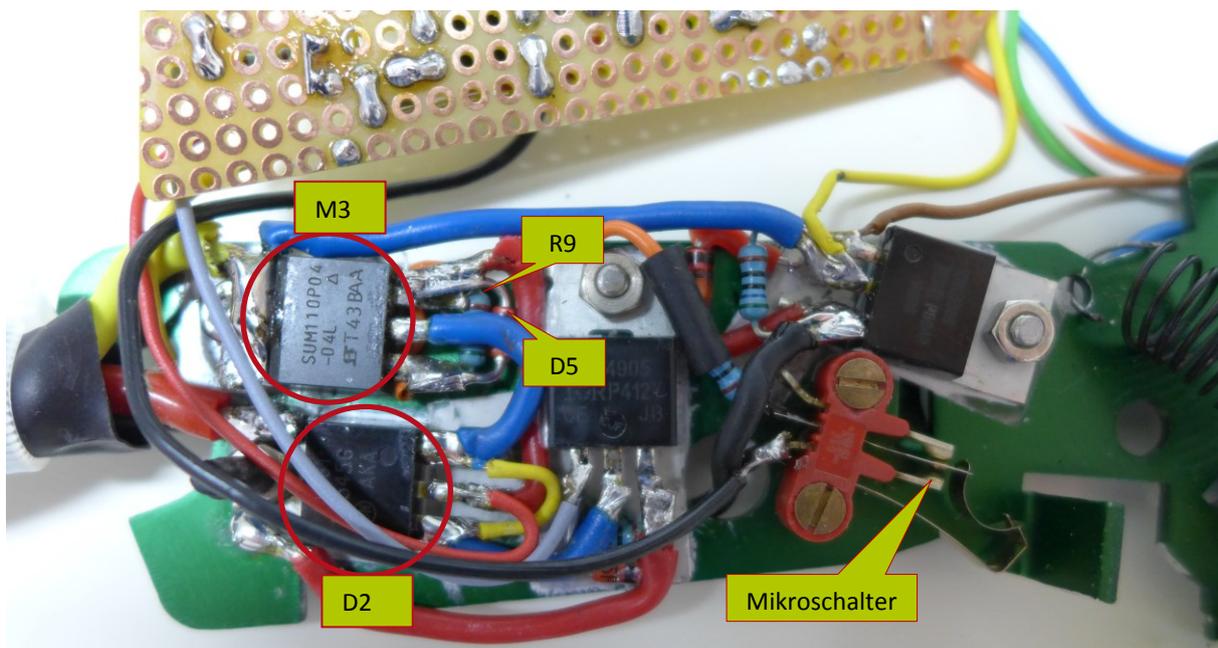
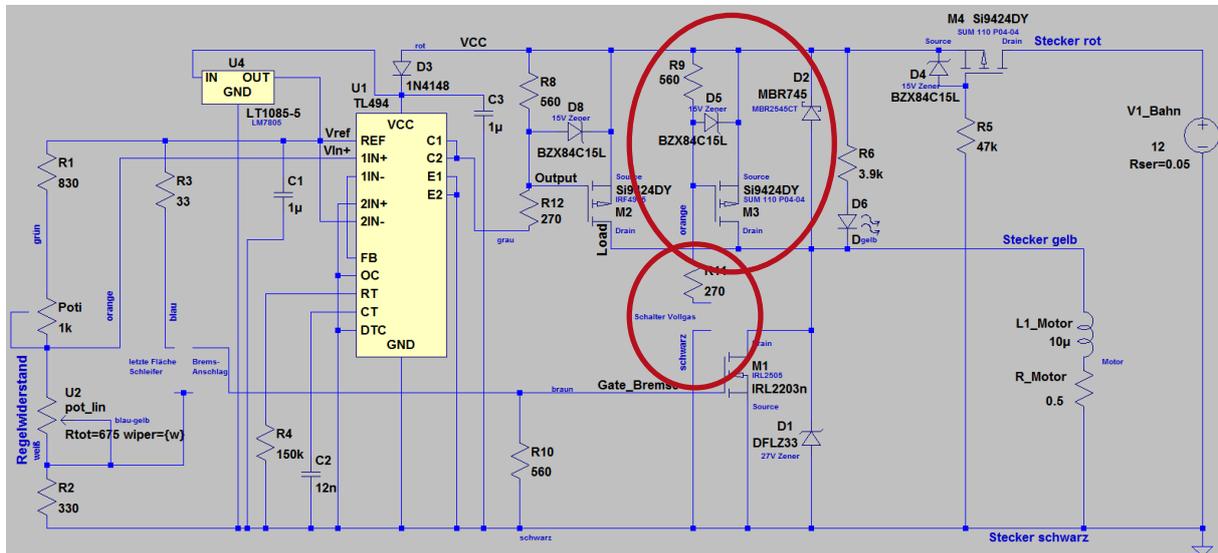


EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



VOLLGAS



Da der TL494 ja leider kein Vollgas kann, muss eben noch ein Vollgasmosfet mit einem Schalter eingebaut werden.

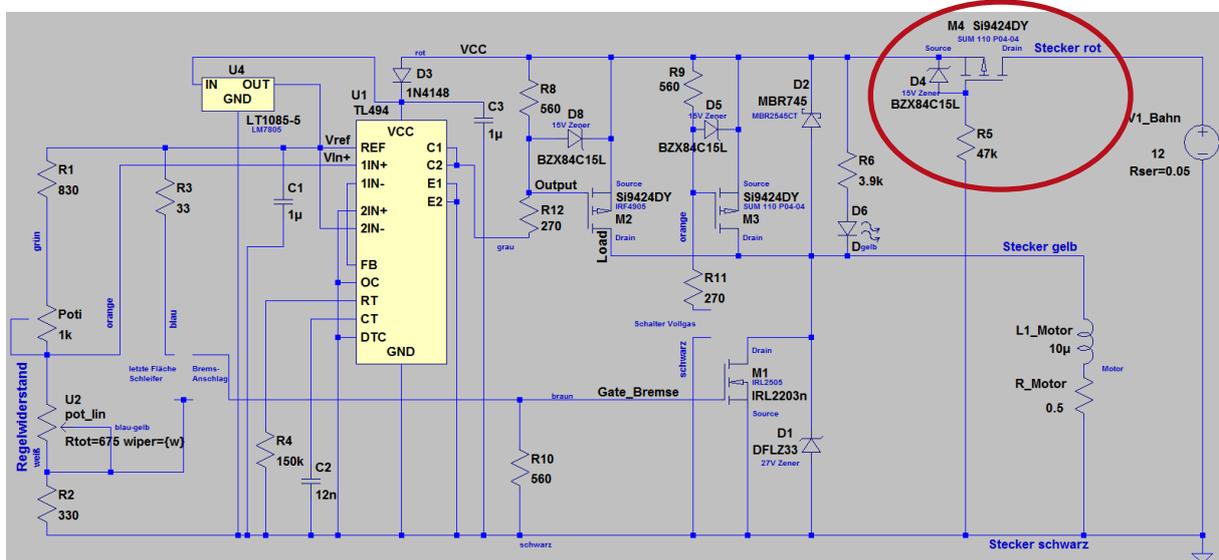
- „Schalter Vollgas“: der Mikroschalter
- M3: Vollgasmosfet
- D5: 15-V-Zener-Diode zum Schutz des Gates des Mosfet
- D2: Schottky-Diode zum Schutz der Bodydiode des Mosfet

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno

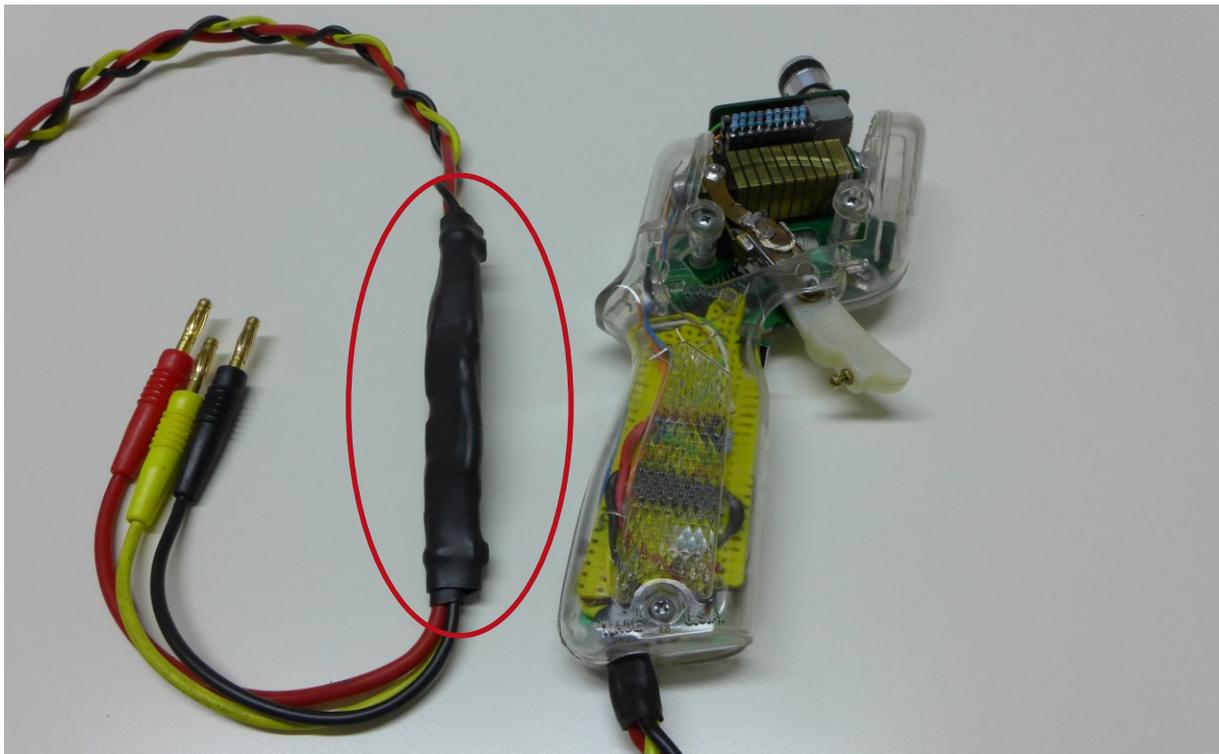


VERPOLUNGSSCHUTZ



Diese Schaltung hat das Internet ausgespuckt. Sie schützt den Regler aber „nur“ vor vertauschen von Plus und Minus. Für die restlichen Fehlermöglichkeiten habe ich noch keine Lösung gefunden. Wer Ideen hat, immer her damit an die E-Mail-Adresse des SAC Stolberg (mail@sac-stolberg.de).

Da ich im Regler keinen Platz mehr hatte, musste der Verpolungsschutz leider ins Kabel wandern. Die Bauelemente sind einfach auf eine Streifenrasterplatine gelötet und an die Kabel angeschlossen. Schrumpfschlauch drum, fertig. (Sieht hier so lang aus, weil auf der Platine Platz für 2 Mosfets ist.)



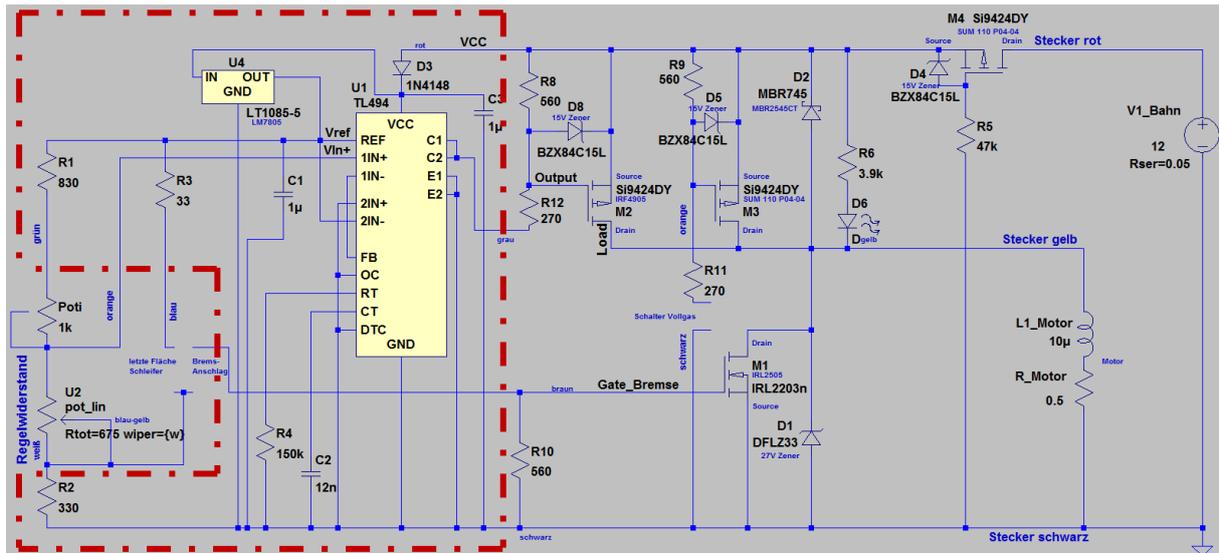
EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



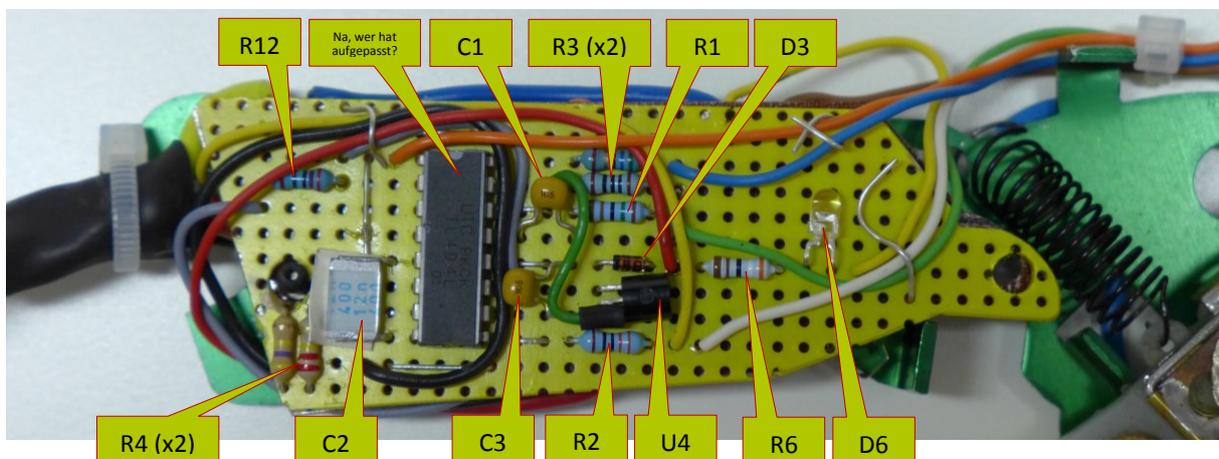
PLATINE ODER LEISTUNGSEBENE?

Im folgenden Bild ist markiert, welche Elemente auf der Platine untergebracht sind. Alles innerhalb der roten Linie ist auf der Platine. Alles rechts davon befindet sich auf dem Aluchassis, und alles in dem kleinen Ausschnitt links unten ist am Trigger.



Wenn man nun eine externe Kiste verwenden möchte, sollte der TL494 mit in diese Kiste. Denn das graue Kabel von den Ausgängen C1 und C2 des TL494 zum Gate des Regelmosfet sollte möglichst kurz bleiben. Über dieses Kabel wird die PWM-Frequenz von ca. 900 Hz zum Mosfet übertragen. Lange Kabel und hohe Frequenzen vertragen sich nicht gut.

Hier noch eine Übersicht, welche Bauelemente wo auf der Platine platziert sind. Die Widerstände, wo x2 hinter steht, hatte ich nicht in der passenden Größe und habe den Wert daher durch zwei parallele Widerstände eingestellt. Hier sollte natürlich direkt der passende Wert einmal eingebaut werden.



Schaut nicht auf die Farbringe der Widerstände auf dem Bild. Das Bild ist nicht der letzte Stand, ich habe die Werte nochmal geändert.

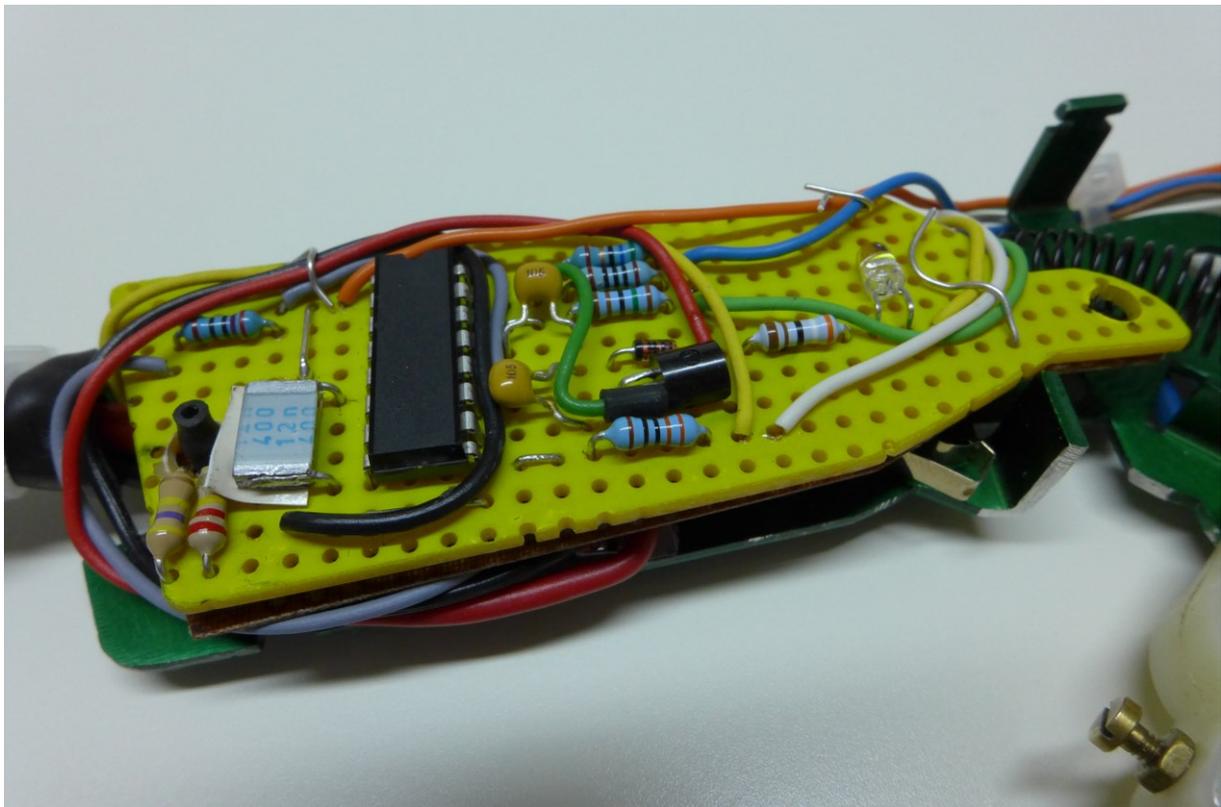
EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



ALLES SO SCHÖN HELL HIER

Eine LED (D6) habe ich noch spendiert. Diese zeigt nach dem Einstecken des Reglers an, ob Spannung vorhanden ist. Wenn man (mit Slotcar auf der Bahn) Gas gibt, wird sie entsprechend der Gasstufen dunkler. Bei Vollgas muss sie komplett ausgehen. Tut sie das nicht, ist der Vollgasmosfet hinüber. Das Auto fährt dann nur noch mit 96% Vollgas (was man ja schnell mal auf den Motor schiebt).



(Hier war noch Platz für ein Bild)

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



VIEL SPASS!

So, ich hoffe das war alles wenigstens einigermaßen verständlich und würde mich sehr freuen, wenn jetzt noch irgendwer Lust hat, den Regler nachzubauen 😊.

Ich denke, ich habe einige Dinge vergessen zu erläutern, die mir vollkommen klar sind. Also wenn ihr tatsächlich vorhabt, den Regler nachzubauen, habt keine Hemmungen Fragen zu stellen. Ich versuche dann Zeit zu finden, die Beschreibung zu erweitern.

Wenn ihr Anregungen und Ideen zur Verbesserung habt, her damit. Wenn ihr tatsächlich einen gebaut habt, her mit den Bildern (nur wenn ihr wollt natürlich).

Mir persönlich hat der Bau so viel Spaß gemacht, dass ich sofort danach mit einer Microcontroller-Variante begonnen habe. Das dauert aber noch ein bisschen. Ich werde berichten ...

Viel Spaß und hochtourige Grüße wünscht

Benno.

ANHANG

STÜCKLISTE DER ELEKTRONISCHEN BAUTEILE

Datenblätter und ggf. Vergleichstypen findet ihr z.B. unter www.alldatasheet.com.

Alle Mosfets und die Schottky-Diode am besten im TO220 Gehäuse bestellen, sonst TO263 (auch D2PAK).

Bezeichnung im Plan	Typ	Anzahl	Was ist das?
M1	IRF8113 oder SUM120N04	1	Bremsmosfet (IRL2505 nur bis 15V)
M2	IRF4905	1	Regelmosfet
M3, M4	SUM110P04 oder IPP120P04P4L	2	Vollgasmosfet, Verpolungsschutz
U1	TL494 (od. TL594)	1	PWM-IC
U4	LM7805	1	5V Spannungsregler Referenzspannung
Poti	Poti 1 Kilo-Ohm	1	Regelung Anfahrspannung (Knopf für aufs Poti nicht vergessen)
D1	Zener Diode 27V 1,3 W	1	Schutz Bremsmosfet
D2	MBR2545CT	1	Schottkydiode Schutz Vollgas- und Regelmosfet
D3	1N4148	1	Diode Verpolungsschutz TL494
D4, D5, D8	Zener Diode 15V 1,3 W	3	Schutz Mosfets Verpolungsschutz, Vollgas, Regelung
D6	LED	1	Anzeige Spannung und Vollgasmosfet OK
R1	820 Ohm 0,25 W	1	Widerstand Regelung (ja, im Plan steht hier 830; 820 geht aber auch und kann man kaufen)
R2	330 Ohm 0,25 W	1	Widerstand Regelung
R3	33 Ohm 0,25 W	1	Pullup-Widerstand Bremsmosfet
R4	150 kOhm 0,25 W	1	Widerstand Frequenzeinstellung
R5	47 kOhm 0,25 W	1	Vorwiderstand Verpolungsschutz
R6	3,9 kOhm 0,25 W	1	Vorwiderstand LED Gas
R8, R9, R10	560 Ohm 0,25 W	3	Pullup- bzw. Pulldown-Widerstände Mosfets
R11, R12	270 Ohm 0,25 W	2	Pulldown-Widerstände Mosfets
C1, C3	1 µF Kondensator	2	Pufferkondensatoren
C2	12 nF Folien-Kondensator	1	Kondensator Frequenzeinstellung (muss Temperaturstabil sein, daher Folienkondensator!)
U2 pot_lin	Widerstände zwischen 47 Ohm und 150 Ohm	Viele (z.B. je 10 Stck.)	Widerstandsreihen für den Trigger
Schalter Vollgas	z.B. Marquardt 1010.0101	1	Mikroschalter der das Vollgasmosfet schaltet

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER

von Benno



Und sonst noch:

- 1,5mm² Messkabel oder Silikonkabel (je nach Vorliebe)
- Goldkontaktstecker (nach Lamellenstecker 4mm suchen)
- dünne Käbelchen (nach Litze oder Schaltdraht suchen)
- IC-Sockel mit passender Anzahl Beinchen (je nach Ausführung des Wiperboards)
- Lochrasterplatine und ggf. Pertinaxplatten
- Glimmerscheiben und Isolierhülsen für die TO220 und TO263 Gehäuse
- Wärmeleitpaste
- Schrauben und Muttern M2 und M2.5 (M3 geht auch)

EIGENBAU PWM-SLOTREGLER



SCHALTPLAN GROß

