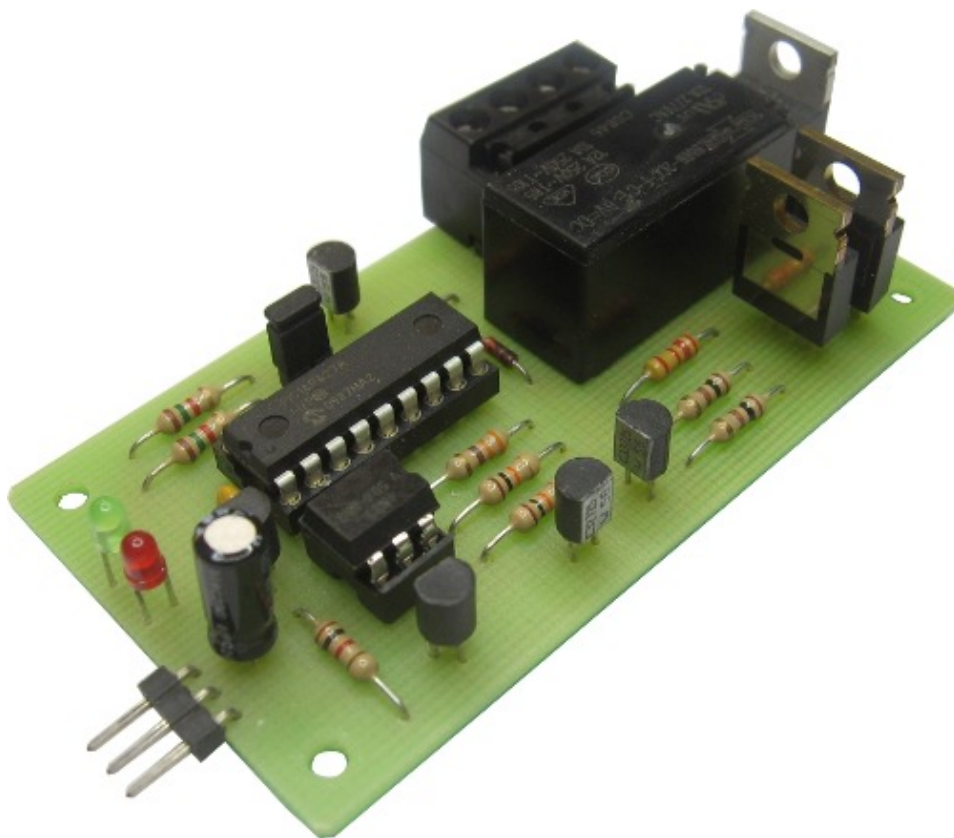


# Fahrtregler mit Umpolung (Relais) Aufbau- und Bedienungsanleitung

cp-elektronik.de

Stand: 8. Dezember 2018



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aufbauanleitung</b>	<b>3</b>
2.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	3
2.2	Aufbau des Fahrtreglers . . . . .	4
2.2.1	Stückliste . . . . .	4
2.3	Bestückung der Leiterplatte . . . . .	5
2.3.1	Widerstände . . . . .	5
2.3.2	Freilaufdiode für das Relais . . . . .	6
2.3.3	Keramik-Kondensator . . . . .	6
2.3.4	IC Fassungen . . . . .	6
2.3.5	Jumper . . . . .	7
2.3.6	Leuchtdioden . . . . .	7
2.3.7	Transistoren . . . . .	7
2.3.8	Elektrolytkondensator . . . . .	7
2.3.9	MOSFETs . . . . .	7
2.3.10	Schottky-Diode . . . . .	7
2.3.11	Relais und Motoranschluss . . . . .	7
2.3.12	Anschlusskabel . . . . .	8
2.3.13	Einsetzen der ICs . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Hinweise zur Bedienung</b>	<b>8</b>
3.1	Setup und Inbetriebnahme . . . . .	8
3.2	Anschluss von Motor und Akku . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Funktionsweise des Fahrtreglers</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Feedback</b>	<b>10</b>

## 1 Einführung

Ein Fahrtregler dient zur stufenlosen Steuerung der Drehzahl eines Elektromotors für Modellantriebe. Die Motordrehzahl variiert proportional mit der Stellung des Steuerknüppels am Sender zwischen null, wenn sich der Knüppel in Neutralstellung befindet, bis zur maximalen Motordrehzahl bei Vollausschlag des Knüppels. Wird der Steuerknüppel nach hinten bewegt, erfolgt eine Änderung der Motordrehrichtung, damit ist auch Rückwärtsfahren möglich.

Die Bezeichnung Fahrtregler ist eigentlich nicht ganz richtig, denn es findet keine Regelung im meßtechnischen Sinne statt, die die Drehzahl des Motors auf einem Sollwert konstant hält. Der Name Drehzahlsteller wäre treffender, hat sich aber nicht durchgesetzt.

Zu den wesentlichen Leistungsmerkmalen eines Fahrtreglers gehören seine Strombelastbarkeit und sein Wirkungsgrad.

Der angeschlossene Motor darf nicht mehr Strom aufnehmen, als der Fahrtregler schalten kann, sonst wird der Regler zerstört. Je höher die Strombelastbarkeit eines Reglers ist, umso geringer ist das Risiko einer Überlastung des Reglers.

Das Regeln der Motordrehzahl ist immer mit elektrischen Verlusten verbunden, die sich in einer Erwärmung der Leistungstransistoren zeigen. Verluste sind aber unerwünscht, denn einerseits muss die entstehende Wärme abgeführt werden, andererseits wird dadurch die Fahrzeit des Modells verringert, denn die Energieverluste durch Wärme müssen vom Fahrakku aufgebracht werden und stehen damit nicht mehr für den Antrieb zur Verfügung. Große Kühlkörper oder gar Wasserkühlung (im Schiffsmodell) deuten auf einen schlechten Wirkungsgrad hin.

Geringe Verlustleistung kann man erreichen, indem die Leistungstransistoren mit einem Rechtecksignal im kHz-Bereich (mehrere tausend mal pro Sekunde) mit variablen Impuls-Pausen Verhältnis angesteuert werden (PWM, engl.: pulse width modulation, Pulsweitenmodulation). Die Funktionsweise des Fahrtreglers ist in Kapitel 4 beschrieben.

Der hier vorgestellte Fahrtregler verfügt über folgende Features:

- Strombelastbarkeit ca. 8-12 A, je nach Relais
- Taktfrequenz von 2,5 kHz oder 9 kHz
- feinfühliges Steuerung durch 250 Geschwindigkeitsstufen pro Fahrtrichtung
- fail safe: bei Empfangsstörungen wird der Motor ausgeschaltet
- Anlaufschutz des Motors beim Einschalten der Stromversorgung
- hohe Störsicherheit durch galvanische Trennung von Steuer- und Leistungsstufe
- Lernen der Neutral- und Maximalposition durch Setup-Prozedur

Wer selber Platinen ätzen und Mikrocontroller flashen kann, findet die Platinenlayouts (Belichtungsvorlage) als PDF-Dateien und die Firmware für die Programmierung der Mikrocontroller unter <http://cp-elektronik.de>.

Leiterplatten in Industriequalität kann man bei [aisler.net](https://aisler.net/cp-elektronik/playground/esc) bestellen: <https://aisler.net/cp-elektronik/playground/esc>

## 2 Aufbauanleitung

### 2.1 Allgemeine Hinweise

Für den Nachbau der Schaltung werden Grundkenntnisse über die richtige Behandlung der Bauteile vorausgesetzt. Ausserdem sollten Sie ein wenig Übung im Löten elektronischer Bauteile haben.

- Arbeiten Sie beim Löten und Verdrahten in Ruhe und absolut gewissenhaft.
- Nehmen Sie sich Zeit für jede einzelne Lötstelle und achten Sie darauf, dass keine kalten Lötstellen entstehen.
- Verwenden Sie zum Löten eine regelbare Lötstation oder einen kleinen LötKolben mit einer Leistung von max. 30 Watt mit einer kleinen Lötspitze.
- Bei manchen Bauteilen muss auf die richtige Polung bzw. Orientierung geachtet werden. In diesen Fällen wird im Text darauf hingewiesen.
- Halbleiter sind hitzeempfindlich. Löten sie nicht zu lange an einem Pin (max. ca. 5 s). Lassen Sie das Bauteil ggf. zwischendurch wieder abkühlen.

Im Folgenden wird vorausgesetzt, dass Sie bereits über eine Platine und alle notwendigen Bauteile verfügen.

## **2.2 Aufbau des Fahrtreglers**

### **2.2.1 Stückliste**

Die Bezeichnung der Bauteile stimmt mit der Bezeichnung der Bauteile auf dem Schaltplan (Bild 3) überein.

Anzahl	Bezeichnung	Wert	Bauteil
1	C1	100 $\mu$ F	Elko, RM 2,5 mm, radial
1	C2	100 nF	Keramik-Kondensator, RM 2,5 mm
1	D1	LED	LED 3 mm, rot
1	D2	LED	LED 3 mm, grün
1	D3	1N4148	Si-Universaldiode
1	D8	MBR 1645	Schottky-Diode 16 A 45 V
1	IC1	PIC 16F627A	Mikrocontroller 18-pol. DIL
1			18-pol. Fassung für PIC
1	JP1		Stiftleiste 2-pol. (mit Jumper)
1	K1	G2R o.ä.	6V-Relais, 2xUM, 8A oder 12A
1	OK1	4N27, CNY17, IL47	Optokoppler
1			6-pol. Fassung für Optokoppler
1	Q1	BC 327	Transistor
2	Q2, Q3	IRL 3803	N-Kanal MOSFET
1	R1	1 k $\Omega$	Widerstand 1/4 W
3	R2, R3, R4	330 $\Omega$	Widerstand 1/4 W
2	R5, R7	2,2 k $\Omega$	Widerstand 1/4 W
2	R6, R10	10 k $\Omega$	Widerstand 1/4 W
2	R8, R9	100 $\Omega$	Widerstand 1/4 W
1	SV1		Servokabel passend zum Empfänger
1	SV2		4-pol. Anschlussklemme RM 5,0 mm
2	T1, T3	BC 337	Transistor
2	T2, T4	BC 547	Transistor

## 2.3 Bestückung der Leiterplatte

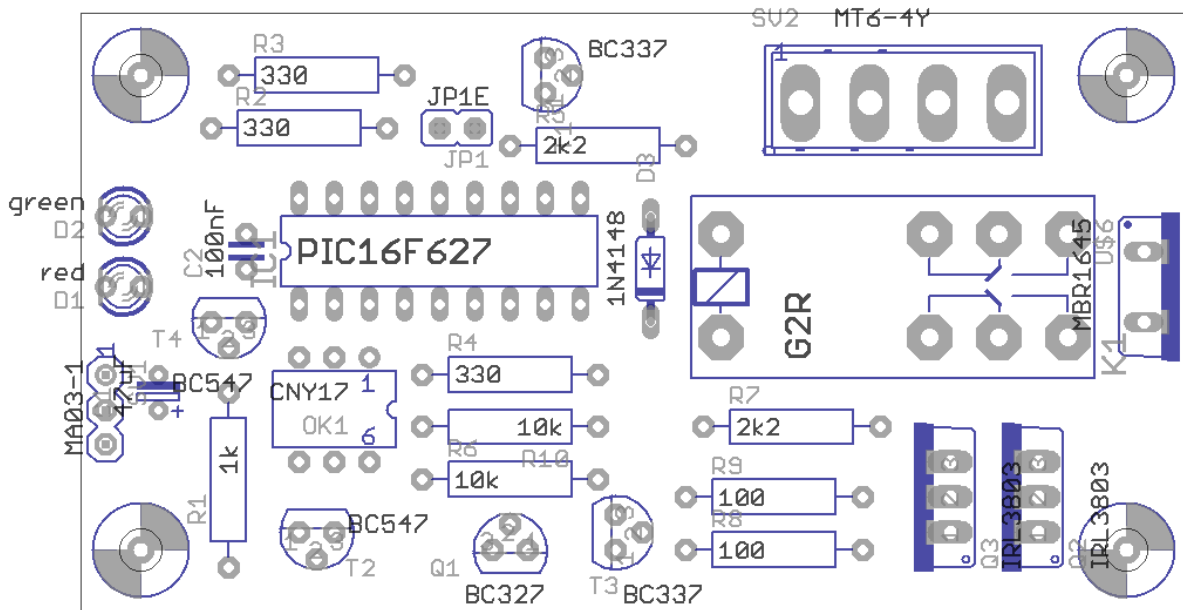
Stecken Sie die Anschlussdrähte der Bauteile durch die Bohrungen auf der Leiterplatte hindurch und löten Sie sie auf der Lötseite fest. Orientieren Sie sich beim Einlöten der Bauelemente am Bestückungsplan (Bild 1) und am Bestückungsaufdruck auf der Platine. Der Bestückungsplan zeigt die Aufsicht auf die Bestückungsseite.

### 2.3.1 Widerstände

Beginnen Sie die Bestückung mit dem Einlöten der Widerstände. Auf die Orientierung kommt es bei den Widerständen nicht an.

- R1: 1 k $\Omega$ , Farbcode: braun-schwarz-rot-gold

Abbildung 1: Bestückungsplan des Fahrtreglers



- R2, R3, R4: 330  $\Omega$ , Farbcode: orange-oranger-braun-gold
- R5, R7: 2,2 k $\Omega$ , Farbcode: rot-rot-rot-gold
- R6, R10: 10 k $\Omega$ , Farbcode: braun-schwarz-oranger-gold
- R8, R9: 100  $\Omega$ , Farbcode: braun-schwarz-braun-gold

### 2.3.2 Freilaufdiode für das Relais

Löten Sie nun D3 ein. Die Diode hat einen kleinen Glaskörper und ist an einer Seite mit einem Ring gekennzeichnet. Dieser muss Richtung R4/R7 zeigen.

### 2.3.3 Keramik-Kondensator

Löten Sie nun den 100nF Kondensator C2 ein. Bei diesem Bauelement muss keine Orientierung beachtet werden.

### 2.3.4 IC Fassungen

Achten Sie beim Einlöten der 18-pol. IC Fassung auf die richtige Orientierung: die Kerbe der Fassung muss Richtung C2 zeigen. Bei der 6-pol. Fassung muss die Kerbe Richtung R4/R6 zeigen. Nach Abschluss aller Lötarbeiten wird der programmierte PIC-Mikrocontroller in die 18-pol. Fassung gesetzt, wobei die Kerbe am Gehäuse des Mikrocontrollers ebenfalls in diese Richtung zeigen muss. Auch die Kerbe am Gehäuse des Optokopplers muss beim Einsetzen in Richtung der Kerbe der Fassung zeigen.

### 2.3.5 Jumper

Löten Sie die 2-polige Stiftleiste JP1 zur Aufnahme des Jumpers ein.

### 2.3.6 Leuchtdioden

Bestücken Sie nun die rote LED D1 und die grüne LED D2. Die Anschlussbeine der LED sind nicht gleich lang; löten Sie die LEDs so ein, dass das kürzere Bein (Minuspol der LED) zur Außenseite der Leiterplatte zeigt. Das längere Anschlussbein zeigt in Richtung des PIC Mikrocontrollers.

### 2.3.7 Transistoren

Die Transistoren haben drei Anschlussbeine (Basis, Kollektor und Emitter). Der Typ des Transistors ist auf dem Gehäuse aufgedruckt. Eine Seite des Gehäuses ist abgeflacht, beim Einlöten muss diese Seite so orientiert werden, wie auf dem Bestückungsplan vorgegeben.

### 2.3.8 Elektrolytkondensator

Beim Kondensator C1 die Polung beachten. Der Minuspol ist das kürzere Beinchen, ähnlich wie bei den LED, ist aber auch auf dem Gehäuse gekennzeichnet. Der Minuspol muss in Richtung der LEDs zeigen.

### 2.3.9 MOSFETs

Die MOSFET Leistungstransistoren haben drei Anschlussbeine und eine Gehäusesseite aus Metall mit einer Bohrung zum Anschrauben eines Kühlkörpers. Bei sachgemäßer Verwendung des Fahrtreglers (bis 15 A) und bei Verwendung der 2,5-kHz Firmware Version ist kein Kühlkörper an den MOSFETs notwendig. Löten Sie die Transistoren so ein, dass die Metallseite des Gehäuses in Richtung R7/R9 zeigt.

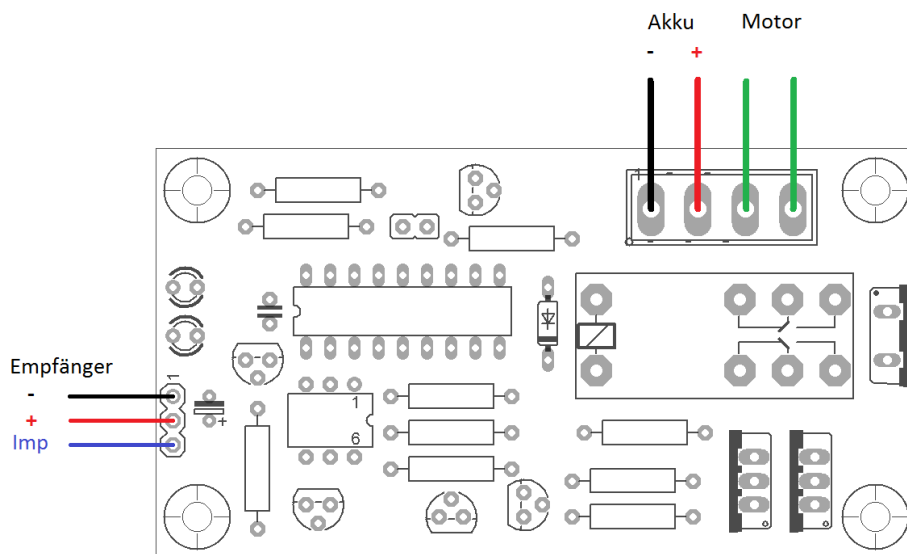
### 2.3.10 Schottky-Diode

Diese Diode läßt den Motorstrom während der Ausschaltphasen der Leistungstransistoren weiter fließen und muss den gesamten Motorstrom verkraften. Sie hat ein ähnliches Gehäuse wie die MOSFETs, aber nur zwei Anschlussbeine. Achten Sie beim Einlöten darauf, dass die Metallseite des Gehäuses auf die Platinenaußenseite zeigt.

### 2.3.11 Relais und Motoranschluss

Löten Sie das Relais und die vierpolige Schraubklemme für den Anschluss von Akku und Motor auf die Leiterplatte. Bei der Schraubklemme sollte die Öffnung zum Einführen der Anschlusskabel nach außen zeigen.

Abbildung 2: Anschluss des Fahrtreglers



### 2.3.12 Anschlusskabel

Verwenden Sie zum Anschluss an den Empfänger ein handelsübliches Servokabel, welches Sie an SV1 anlöten. Die Farbgebung für robbe-Anschlusskabel ist in der Regel rot für + 5 V, schwarz für GND und weiss für die Impuls-Leitung. In Bild 2 ist dargestellt, wie das Servokabel am Decoder angeschlossen wird.

### 2.3.13 Einsetzen der ICs

Drücken Sie den programmierten Mikrocontroller vorsichtig in die 18-pol. Fassung. Achten Sie auf die Kerbe, die in Richtung der Kerbe der Fassung zeigen muss. Sollten die Anschlussbeine des PIC etwas abstehen und nicht genau nach unten weisen, nehmen Sie den PIC zwischen Daumen und Zeigefinger beider Hände und biegen Sie auf einer ebenen Fläche (Tisch) die Beine einer Seite vorsichtig gemeinsam in eine senkrechte Stellung. Wiederholen Sie den Vorgang für die zweite Seite. Der PIC sollte sich nun leicht in die Fassung stecken lassen.

Setzen Sie auch den Optokoppler in seine Fassung, beachten Sie die Position der Kerbe an Gehäuse und Fassung.

## 3 Hinweise zur Bedienung

### 3.1 Setup und Inbetriebnahme

Allgemein gilt: *ein dauerhaftes Aufleuchten der roten LED signalisiert fehlerhafte Empfängerimpulse und deutet auf Empfangsstörungen oder einen ausgeschalteten Sender!*



Überprüfen Sie den richtigen Anschluss am Empfänger, den Anschluss des Servokabels und ggf. die Lötstellen an R1, T4 und Pin 6 des PIC.

Vor der Verwendung muss der Fahrtregler die Impulslängen des Empfängers für die Neutral- und Maximalposition lernen. Entfernen Sie dazu den Jumper JP1. Schalten Sie den Sender ein und stellen Sie den entsprechenden Steuerknüppel und die Trimmung auf Neutralposition. Verbinden Sie den Fahrtregler mit dem Empfänger und schalten Sie die Stromversorgung des Empfängers ein.

Nach dem Einschalten blinkt die rote LED ca. 5 s lang, in dieser Zeit muss der Steuerknüppel und die Trimmung in der Neutralposition gehalten werden. Verlischt die LED, wurde der entsprechende Wert im EEPROM des PIC gespeichert (im EEPROM gespeicherte Werte bleiben auch nach Abschalten der Versorgungsspannung erhalten). Daraufhin blinkt die grüne LED für 5 s, der Steuerknüppel muss während dieser Zeit in die Maximalposition gebracht und dort gehalten werden, bis die grüne LED verlischt, das Setup ist damit beendet.

Nach Durchführen des Setup (beide LED aus) muss der Fahrtregler für ca. 30 s von der Versorgungsspannung getrennt werden (Empfänger-Stromversorgung abschalten). Bitte diese Zeit nicht unterschreiten, da sich der Kondensator erst vollständig entladen muss.

Das Setup kann bei Bedarf (Wechsel des Kanals oder Wechsel der Fernsteuerung) erneut durchgeführt werden.

## 3.2 Anschluss von Motor und Akku

Schließen Sie den Fahrakku und den (entstörten!) Motor an, wie in in Bild 2 gezeigt.

Der Jumper wird nun gesteckt und die Versorgungsspannung des Empfängers eingeschaltet. Die grüne LED leuchtet für ca. 2 s, in dieser Zeit muss sich der Steuerknüppel aus Sicherheitsgründen in der Neutralposition befinden, sonst läuft der Motor nicht an. Verlischt die grüne LED, ist der Motorausgang aktiviert und der Regler betriebsbereit.

Bewegen Sie den Steuerknüppel langsam nach vorne. Der Motor läuft nun an. In Neutralposition ist der Motor ausgeschaltet. Bewegen Sie den Steuerknüppel langsam zurück. Das Relais sollte anziehen (hörbares klacken) und der Motor wechselt die Drehrichtung.

Falls der Motor in der falschen Richtung anläuft, können die Motoranschlüsse vertauscht werden. Auf keinen Fall die Anschlüsse des Fahrakkus vertauschen!

Sollte das Relais anziehen, wenn Sie den Knüppel nach vorne bewegen, aktivieren Sie für den entsprechenden Kanal Servo-Reverse im Sender und führen danach ein neues Setup durch.

Beachten Sie, dass der Regler beim Fahren im Teillastbereich am stärksten belastet wird. Sollte sich die Schottky-Diode im Betrieb stark erwärmen, montieren Sie mit einer M3 Schraube ein kleines Alu-Kühlblech zur besseren Wärmeableitung.

Auch bei Verwendung der 9 kHz-Firmware Version (falls das Motorpiepsen stört) können sich die beiden Leistungstransistoren stark erwärmen und benötigen dann ein Kühlblech.

Eine weitere Maßnahme zur Steigerung der Strombelastbarkeit ist das Verstärken der Leiterbahnen, die den Motorstrom führen. Diese Leiterbahnen sind vom Lötstopplack ausgenommen und es kann ein blanker Kupferdraht aufgelötet werden. Ersatzweise

können die Leiterbahnen auch dick mit Lötzinn verstärkt werden.

## 4 Funktionsweise des Fahrtreglers

Der Schaltplan des Fahrtreglers ist in Bild 3 zu sehen.

Das Herzstück des Steuerteils ist ein Mikrocontroller vom Typ 16F627A. Das Signal des Empfängers wird zur Pegelerhöhung über die Inverterstufe T4/R1/R10 an den Port B0 des Controllers geführt. An den Ausgängen A0 und A1 befinden sich zwei LEDs zur Anzeige von Fehlerzuständen und zur Signalisierung des Setup.

Über den Ausgang B4 und den Treibertransistor T1 wird das Umpolrelais gesteuert. Die Strombelastbarkeit beträgt ca. 15 A und dürfte damit für die meisten Schiffsmodelle, die nicht als Rennboot betrieben werden, ausreichen. Der Strom wird vor allem durch die Belastbarkeit des Relais begrenzt, diese liegt bei 12 A. Da das Relais aber (idealerweise) nur im stromlosen Zustand schaltet, kann man es etwas höher belasten, ohne die Lebensdauer drastisch zu senken.

Am Ausgang B3 liegt das PWM Signal zur Steuerung des Motors an. Über den Optokoppler CNY17 und die Inverterstufe T2 wird eine aus Q1 und T3 gebildete sog. *totem pole* Treiberschaltung für die MOSFETs IRL 3803 angesteuert. Die 100  $\Omega$  Gatewiderstände R8/R9 sind ein Kompromiss aus der Forderung nach schnellen Schaltflanken zur Reduzierung der Verlustleistung und langsamen Schaltflanken zur Reduzierung von Störsignalen (Fourier-Oberwellen). Ggf. könnte man die Gatewiderstände auch auf 47  $\Omega$  verringern, wenn bei größerer Entfernung zwischen Sender und Empfänger keine Störungen auftreten.

Die Schottky-Diode MBR 1645 führt den im Motor induzierten Strom während der Ausschaltphasen der MOSFETs in den Motor zurück.

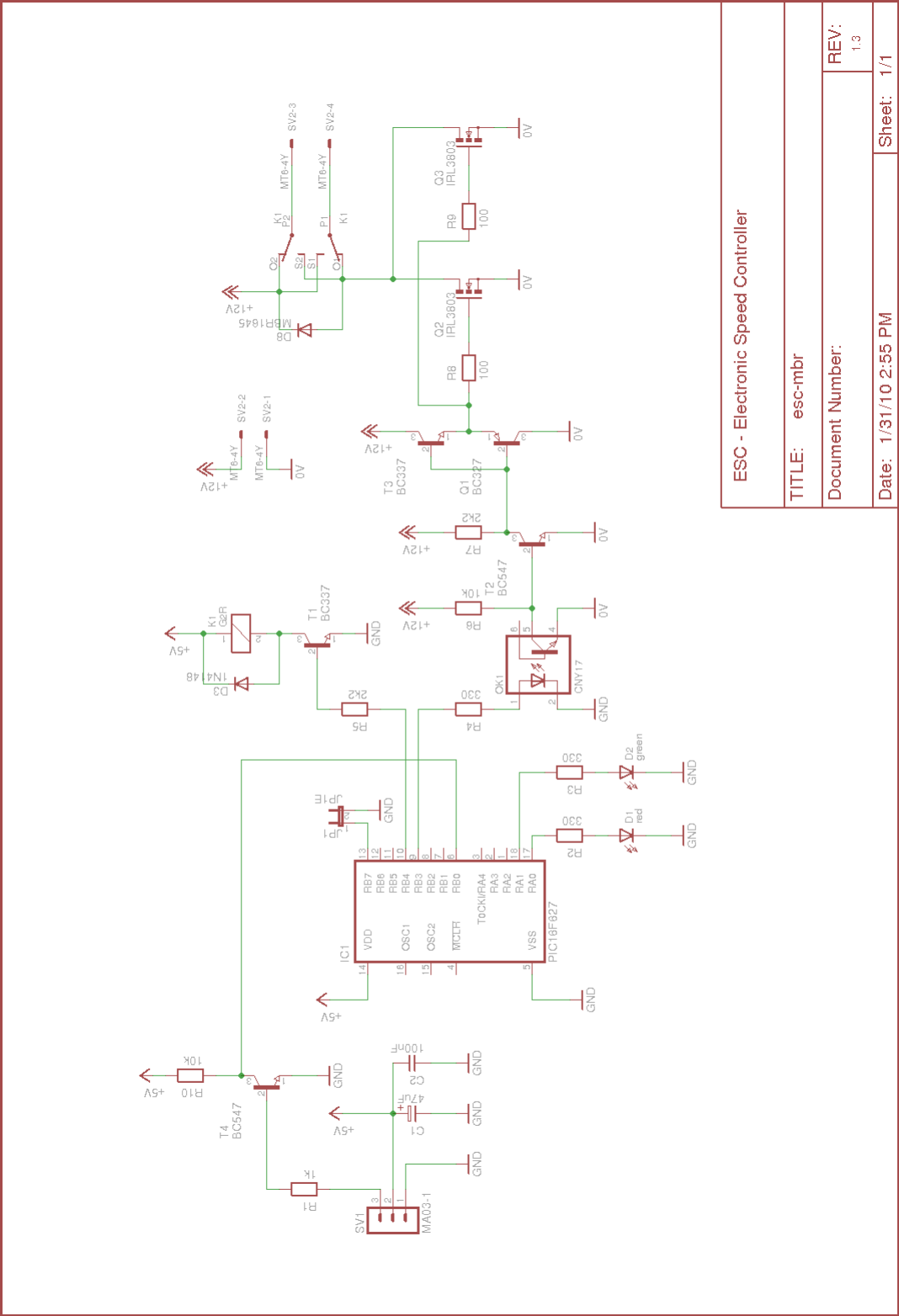
Der Optokoppler sorgt für eine galvanische Trennung von Steuer- und Leistungsteil. Auf eine sorgfältige Motorentstörung sollte dennoch nicht verzichtet werden.

Der Regler kann mit einer Fahrspannung zwischen 6 V und 12 V betrieben werden. Generell ist es aber empfehlenswert, 12 V als Fahrspannung zu verwenden. Bei gleicher Leistung ist der Strom geringer, ein kleiner Strom lässt sich leichter handhaben und die Verlustleistung an den Leistungstransistoren, Zuleitungen und im Motor verringert sich deutlich, da sie proportional zum Quadrat des Stroms wächst. Bei gleicher Motorleistung ist die Verlustleistung mit 6 V Fahrspannung also um den Faktor 4 höher als mit 12 V.

## 5 Feedback

Falls Sie Hinweise auf Fehler, Unklarheiten oder Verbesserungsvorschläge für diese Anleitung haben, so schreiben Sie mir bitte eine E-Mail an [info@cp-elektronik.de](mailto:info@cp-elektronik.de)

Abbildung 3: Schaltplan Fahrtregler



ESC - Electronic Speed Controller		
TITLE:	esc-mbr	REV: 1.3
Document Number:		Sheet: 1/1
Date:	1/31/10 2:55 PM	