

# PRODUKTENTWICKLUNG 1

HOCHSCHULE LUZERN  
TECHNIK & ARCHITEKTUR

---

## DC Treiber

Konzeptbeschreibung

---

*Autoren:*

Ervin MAZLAGIĆ  
Flavio KREILIGER

*Projektgruppe:*  
PREN-ET

Horw  
22. Mai 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Fachgruppe Elektrotechnik</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Konzept</b>	<b>2</b>
2.1	Annahmen und Abschätzungen . . . . .	2
2.2	Ziel . . . . .	2
2.3	Funktionsweise . . . . .	3
2.4	Regelung . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Implementierung</b>	<b>6</b>
3.1	Treiber . . . . .	6
3.2	Timer . . . . .	6
3.3	PWM-Logik . . . . .	7
3.4	Ansteuerung . . . . .	8
3.4.1	Ladungspumpe . . . . .	8
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>9</b>

# 1 Fachgruppe Elektrotechnik

Elektrotechnik-Studierenden aus mehreren Gruppen haben sich zusammengeschlossen um gemeinsame Probleme anzugehen. Dabei handelt es sich um die benötigte Hard- und Software, um Motoren anzusteuern und gegebenenfalls zu regeln. In diesem Zusammenschluss werden drei Gruppen gebildet, um Lösungen für DC-, Stepper- und Brushless-Motoren auszuarbeiten. Die Idee besteht darin, dass nicht jede Gruppe für dasselbe Problem wo möglich denselben Lösungsansatz verfolgt, sondern die Ressourcen kombiniert, Synergien nutzt, um eine bessere Lösung zu erarbeiten. Auf diese Weise kann das teamübergreifende Arbeiten im Rahmen des PREN erlernt und geübt werden. Somit wird Idee der Interdisziplinarität im erweiterten Sinn Rechnung getragen. Die Gruppen und deren Mitglieder sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Projekt	Team
DC Motoren	19, 33, 39
Schrittmotor	27, 33, 38
BLDC Motor	27, 32

Tabelle 1: Übersicht der PREN-ET Projektgruppen

## 2 Konzept

Das Stellen eines fremderregten Gleichstrommotors erfolgt über die angelegte Ankerspannung. Eine variable Ankerspannung kann mittels einer zeitlichen Mittelung der anliegenden Spannung realisiert werden. Somit ist es möglich eine fremderregte Gleichstrommaschine mittels einer konstanten Gleichspannung einzustellen. Die Mittelung der Ankerspannung bildet die Basis des vorliegenden Konzepts für den DC-Motor-Treiber.

### 2.1 Annahmen und Abschätzungen

Für das vorliegende Konzept gilt die Annahme, dass das Erregerfeld mittels Permanentmagneten realisiert und das Erregerfeld konstant ist. Diese Annahme ist gewählt, da fremderregte Gleichstrommaschinen ohne Permanentmagneten einen Erregerstrom benötigen, welcher das Erregerfeld erzeugt. Im einfachsten Fall ist dies eine Konstantstromquelle. Eine solche Maschine benötigt mehr elektrische Energie und erfordert zusätzlichen Hardwareaufwand.

Die Drehzahl einer idealen fremderregten Gleichstrommaschine mit konstantem Erregerfeld korreliert mit dem Faktor  $-1$  zum Strom. Der Strom einer solchen Maschine korreliert wiederum mit der Belastung (Schlien, 2009, p.163). Dieses Verhalten zwischen Belastung und Drehzahl ist in Abbildung 1 dargestellt.

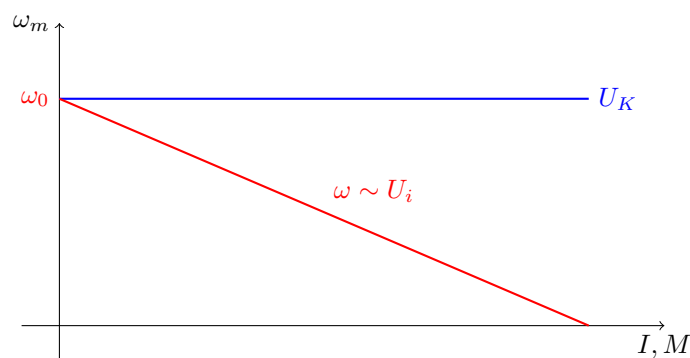


Abbildung 1: Winkelgeschwindigkeit einer idealen fremderregten Gleichstrommaschine

### 2.2 Ziel

Es ist eine Hardware zu entwickeln, welche es ermöglicht, die Winkelgeschwindigkeit einer fremderregten Gleichstrommaschine mit Permanentmagneten zu regeln.

## 2.3 Funktionsweise

Um die Klemmenspannung der Gleichstrommaschine zu stellen, wird eine H-Brücke verwendet. Diese kann je nach Bedarf individuell ausgelegt werden. Die Ansteuerung der H-Brücke erfolgt mittels des Treiberchips A3941 von Allegro Microsystems. Das Interface, welches der Treiberchip zur Verfügung stellt, wird mittels eines Mikrocontrollers bedient, welcher ebenfalls individuell gewählt ist.

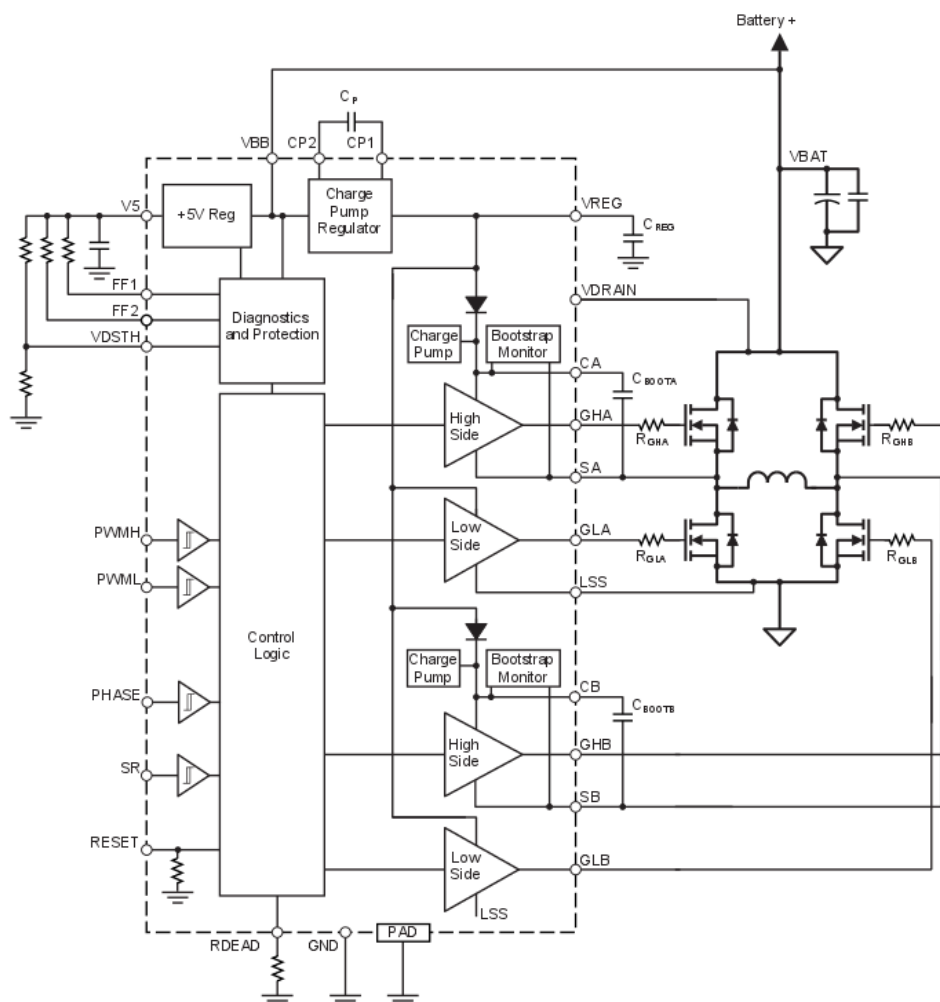


Abbildung 2: Blockschaltbild des A3941 (Allegro MicroSystems, LLC, 2011)

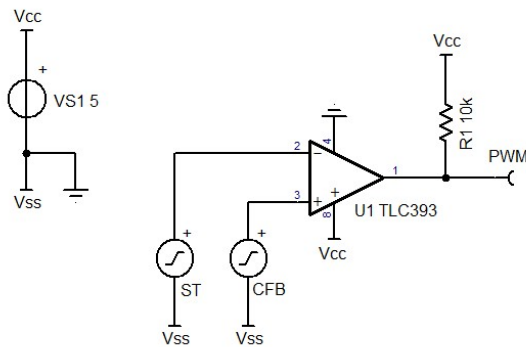
Die Regelung der Winkelgeschwindigkeit eines angeschlossenen Motors kann mit verschiedenen Ansätzen realisiert werden. Gemeinsam ist dabei stets die Stellgrösse, welche durch das PWM Signal gegeben ist, als auch die Winkelgeschwindigkeit der Maschine, welche die Regelgrösse darstellt.

Die Regelung muss auf einem Feedback der Winkelgeschwindigkeit basieren. Wird von einer idealen Maschine ausgegangen, muss dieses Feedback nicht zwingend durch einen Encoder generiert werden, sondern kann implizit durch den Strom gegeben sein, wie in Abbildung 1 dargestellt. Mit den getroffenen Annahmen aus Abschnitt 2.1 kann somit auf ein explizites Feedback der Winkelgeschwindigkeit verzichtet werden.

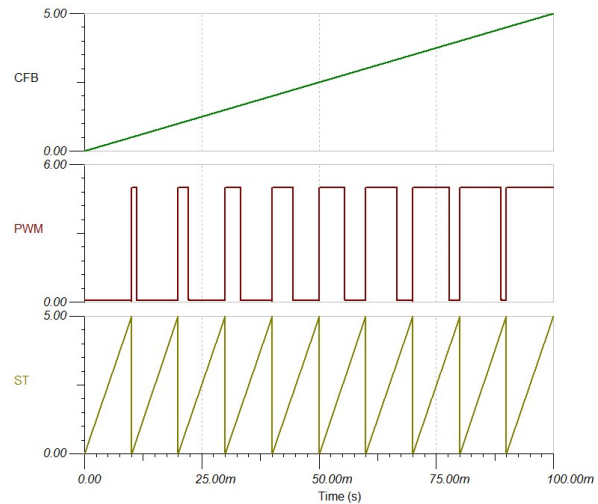
## 2.4 Regelung

Für die Ansteuerung der H-Brücke bzw. des Treiberchips A3941 wird ein PWM Signal benötigt. Dieses kann in Hardware auf dem Treiberboard implementiert werden, mittels eines Sägezahngenerators und einem Komparator. Der zweite Komparatoreingang wird dazu an das Feedback des Stromes angeschlossen, was ein zur Winkelgeschwindigkeit angepasstes PWM Signal generiert.

Alternativ zu dieser Regelung kann das Feedback des Stromes auch zu einem Mikrocontroller geführt werden, welcher dieses auswertet und ein passendes PWM Signal generiert.

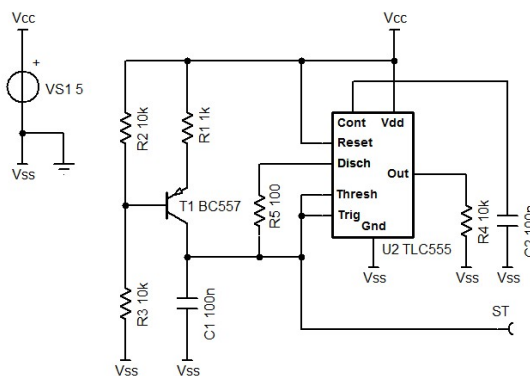


(a) Prinzipschema mit dem Komparator TLC393

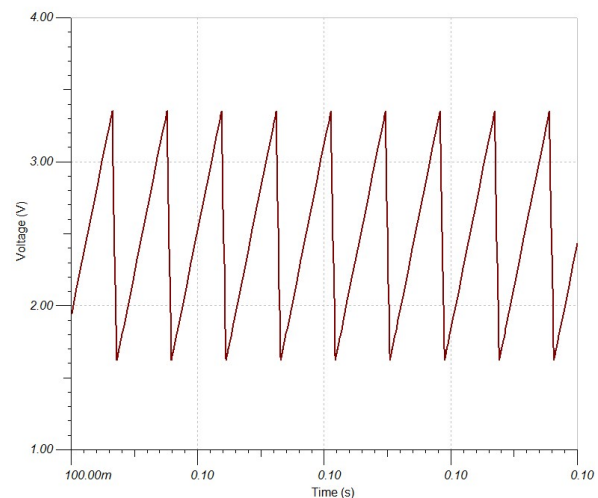


(b) Simulationsergebnisse für lineares Feedback

Abbildung 3: Simulation eines PWM-Generators mit Komparator



(a) Sägezahngenerator mit Timer TLC555



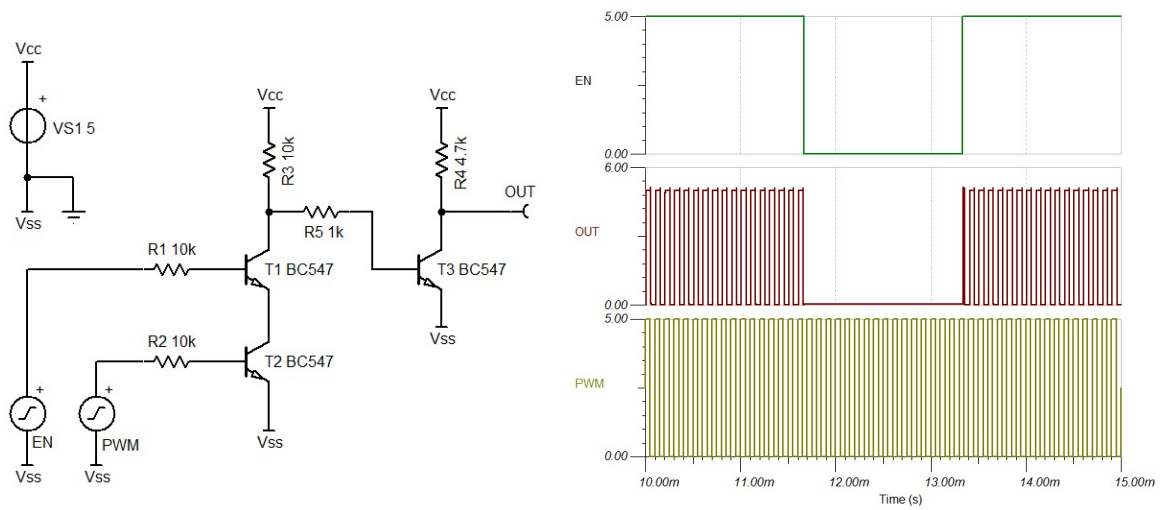
(b) Simulationsergebnisse ( $f_{ST} \approx 9.3\text{kHz}$ )

Abbildung 4: Simulation eines Sägezahngenerators

Ein passender Baustein zur Erzeugung ist der Timer TLC555, wie in der Abbildung 4 dargestellt. Das Feedback des Stromes kann dabei auf verschiedene Weisen implementiert werden. Einerseits gibt es eine kostengünstige Variante mittels dem Einsatz eines Shunt-Widerstands. Dieser bietet im Idealfall ein lineares Verhalten. In der Realität führt der Einfluss der Temperatur zu einer deutlichen Nichtlinearität dieses Messmittels. Eine Alternative zum Shunt-Widerstands bietet der Einsatz von Hall-Effekt-Stromwandlern, welche den Strom linearisiert als Spannungssignal ausgeben. Ein solcher Baustein ist der ACS712 der Allegro Microsystems, welcher im SMD Format verfügbar ist, bis zu einem Strom von 30A.

Ist eine genaue Drehzahl nicht von Bedeutung, kann auf die Regelung der Winkelgeschwindigkeit verzichtet werden. Dies gilt insbesondere, wenn eine hohe Übersetzung vorliegt, welche verhindert, dass die Winkelgeschwindigkeit der Gleichstrommaschine einbricht, bei entsprechender Belastung. Für diesen Fall kann das PWM fix eingestellt werden und lediglich mit einem Enable Signal gearbeitet werden. Dies lässt sich mit einer logi-

schen AND Funktion realisieren für das PWM Signal. Eine mögliche Implementierung ist in der Abbildung 5 dargestellt.



(a) AND-Schaltung mit NPN-Transistoren

(b) Simulationsergebnisse

Abbildung 5: Simulation einer AND-Schaltung realisiert mit Bipolartransistoren

## 3 Implementierung

### 3.1 Treiber

Als Treiber für die H-Brücke wird der A3941 von Allegro verwendet. Dieser Chip ist auf Farnell für ca. 8 CHF verfügbar und bietet eine einfache DC-Motorenansteuerung mittels PWM-Signal und Richtungsangabe.

#### Eckdaten zum A3941 Treiberchip

- Spannung: 5.5 – 50V
- Geschwindigkeitseinstellung mittels PWM
- Richtungsbestimmung
- Preis: ca. 8 SFR
- Externe H-Brücke

### 3.2 Timer

Dieser Teil der Schaltung erzeugt das interne PWM-Signal. Mithilfe des NE555 wird ein Sägezahnsignal erzeugt, welches auf den Komparator in IC1 geführt wird. Dieser Vergleicht diesen Sägezahn mit dem Schwellwert, welcher mit dem Potentiometer R7 oder den beiden Widerständen R22 und R23 eingestellt werden kann (R22 und R23 sind eine Bestückungsvariante). Sobald er Sägezahn über dem Schwellwert ist, gibt der Komparator 15V aus. Wenn der Sägezahn tiefer ist zieht er seinen Ausgang auf Ground. Da er einen Open-Drain Ausgang hat, benötigt er einen Pull-UP Widerstand am Ausgang.

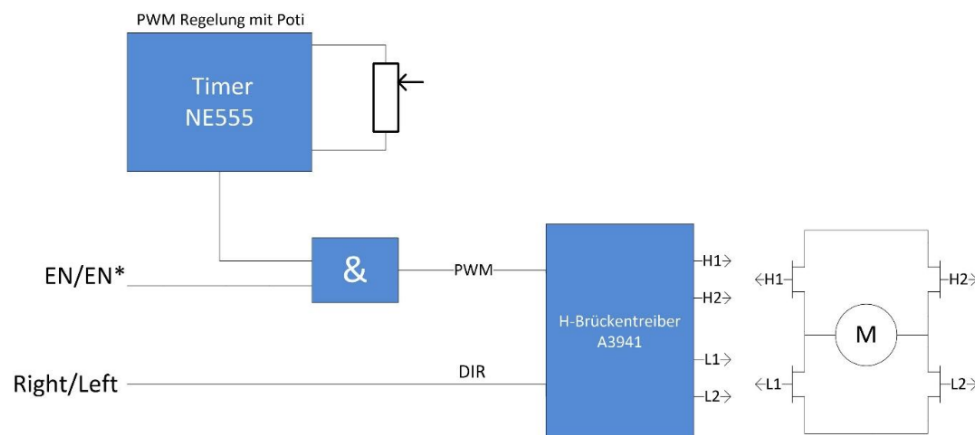


Abbildung 6: Blockschaltbild der Timerschaltung

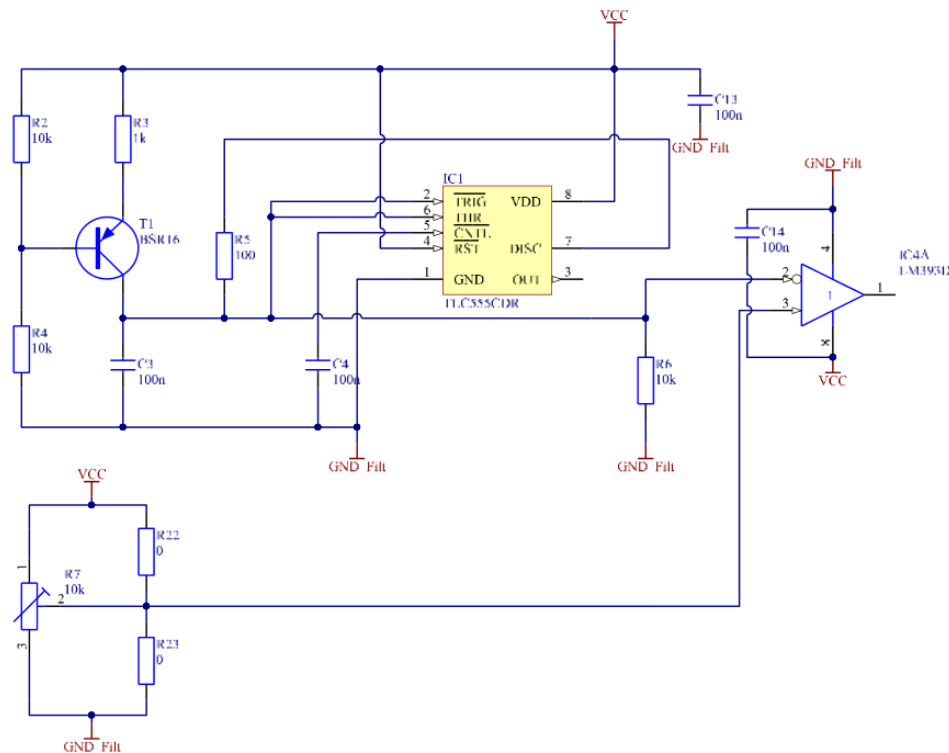


Abbildung 7: Timerschaltung

### 3.3 PWM-Logik

Mit dieser Logik kann eingestellt werden, ob das interne oder ein externes PWM Signal verwendet werden kann. Wird auf das Switch-Signal eine Logische 0 gelegt, wird das interne PWM verwendet, bei einer Logischen 1 das externe PWM. Das Switch Signal kann auch als ON/OFF Signal für das interne PWM verwendet werden. Dazu muss nur das externe PWM Signal dauerhaft auf Ground geschaltet werden. Auf diese Art kann zwischen internem PWM und keinem PWM umgeschaltet werden. Diese Betriebsart wird im Moment verwendet.

Die Zehnerdiode am Ausgang wird benötigt, um das Ausgangssignal auf den Logikpegel des A3941 zu senken. Die 400x IC Reihe kann mit bis zu 18V betrieben werden und gibt auch annähernd diese Spannung wieder aus. Da der A3941 maximal einen Logikpegel von 6.5V verträgt, muss die Spannung gesenkt werden.

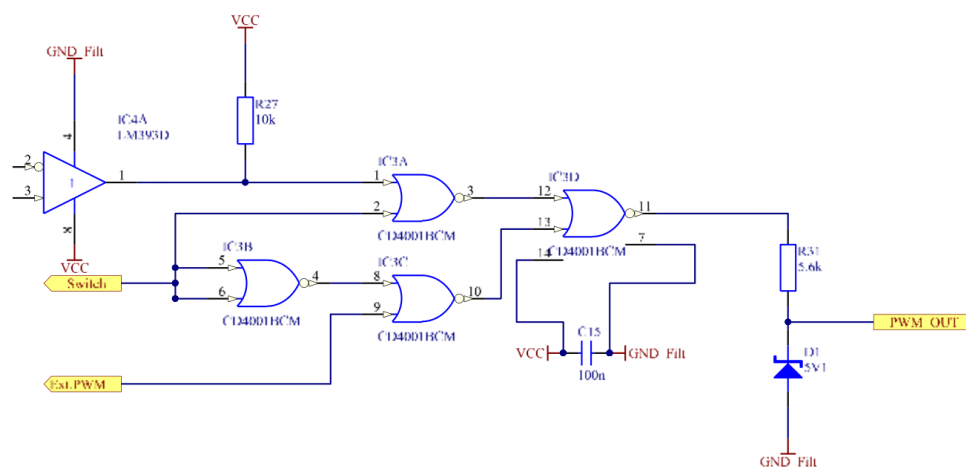


Abbildung 8: PWM-Logik



### 3.4 Ansteuerung

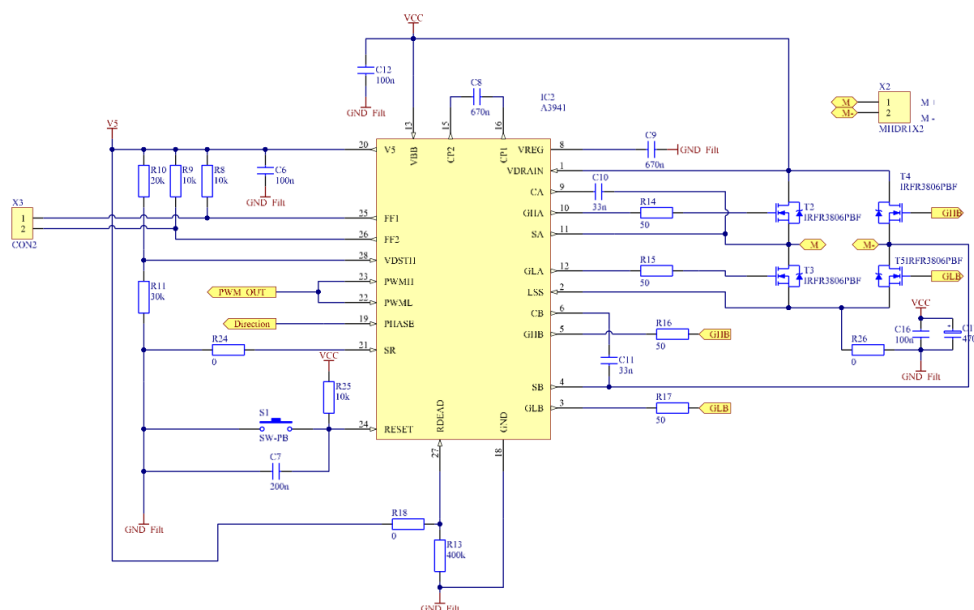


Abbildung 9: Treiberschaltung

Mit dem Phase-Eingang kann die Richtung eingestellt werden. Bei PWMH und PWML wird das PWM Signal angeschlossen. Der Motorentreiber wird im Fast-Decay Modus betrieben. Das heisst, die Spule des Motor wird beim Abbremsen über die Dioden der H-Brücke entladen.

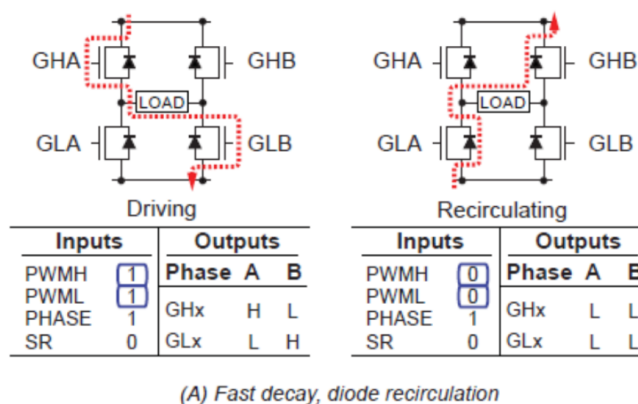


Abbildung 10: Fast Decay Illustation

### 3.4.1 Ladungspumpe

Die Ladungspumpe (Charge-Pump) wurde anhand des Datenblattes des A3941 und der eingesetzten MOSFET berechnet und eingesetzt. Die dazu notwendige Kapazität ist wie folgt berechnet.

$$C_{BOOT} = \frac{20 \cdot Q_{GATE}}{V_{BOOT}} = \frac{20 \cdot 30nC}{10V} = 33.3nF \xrightarrow{E6} 33nF$$

Die Stützkapazität ist mit dem 20-fachen Wert zu belegen, also mit

$$C_{REG} \approx 20 \cdot C_{BOOT} = 20 \cdot 33\text{nF} = 660\text{nF}$$

## Literatur- und Quellenverzeichnis

Allegro MicroSystems, LLC. (2011). *A3941, Automotive Full Bridge MOSFET Driver* (Datasheet). 115 Northeast Cutoff Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.: Autor.

Schlienz, U. (2009). *Schaltnetzteile und ihre Peripherie* (4. Aufl.). Vieweg+Tubner.

## Abbildungsverzeichnis

1	Winkelgeschwindigkeit einer idealen fremderregten Gleichstrommaschine . . . . .	2
2	Blockschaltbild des A3941 . . . . .	3
3	Simulation eines PWM-Generator mit Komparator . . . . .	4
4	Simulation eines Sägezahngenerators . . . . .	4
5	Simulation einer AND-Schaltung realisiert mit Bipolartransistoren . . . . .	5
6	Blockschaltbild der Timerschaltung . . . . .	6
7	Timerschaltung . . . . .	7
8	PWM-Logik . . . . .	7
9	Treiberschaltung . . . . .	8
10	Fast Decay Illustration . . . . .	8

## Tabellenverzeichnis

1	Übersicht der PREN-ET Projektgruppen . . . . .	2
---	--	---