

# PRODUKTENTWICKLUNG 1

HOCHSCHULE LUZERN  
TECHNIK & ARCHITEKTUR

---

## Stepper Treiber

Konzeptbeschreibung

---

*Autorin:*  
Bettina Wyss

*Projektgruppe:*  
PREN-ET

Horw  
27. Dezember 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Fachgruppe Elektrotechnik</b>	<b>2</b>
<b>2 Wirkungsweise</b>	<b>3</b>
<b>3 Stepper Motoransteuerung</b>	<b>5</b>
3.1 Grundsätzliches zur Ansteuerung . . . . .	5
3.2 Treiberstufe . . . . .	5
<b>4 Stepper Driver L6480</b>	<b>6</b>
4.1 Funktionsbeschreibung . . . . .	6
4.2 Schnittstelle . . . . .	6
4.3 Typical Application . . . . .	6
<b>5 Ausblick</b>	<b>7</b>
<b>Literatur</b>	<b>8</b>

## 1 Fachgruppe Elektrotechnik

Die 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 wurden 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 Team übergreifende Arbeiten im Rahmen der PREN erlernt und geübt werden. Somit wird Idee der Interdisziplinarität im erweiterten Sinn Rechnung getragen. Die Gruppen und deren Mitglieder sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

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

Tabelle 1: Übersicht der PREN-ET Projektgruppen

## 2 Wirkungsweise

Schrittmotoren oder auch Stepper genannt, sind Synchronmotoren, bei welchen der Rotor um einen bestimmten Winkel gedreht werden kann. So ist die Rotorposition ohne zusätzliche Sensoren bekannt. Dabei ist zu beachten, dass der Motor keine Schritte verliert, was bei Überlast geschehen kann. Da die meisten Schrittmotorensysteme Open- Loop Systeme sind, entsteht eine dauernde Positionsabweichung bei einem Schrittverlust. Grundsätzlich wird zwischen zwei Schrittmotortypen unterschieden:

- Permanentmagnetmotor
- Reluktanzmotor

Der Permanentmagnetmotor besitzt als Rotor einen Permanentmagneten. Beim Reluktanzmotor besteht der Rotor aus einem gezahnten Weicheisenkern. Permanentmagnetmotoren erreichen eine kleinere Schrittfrequenz, besitzen jedoch ein grösseres Drehmoment als der Reluktanzmotor. Die Kombination aus Reluktanzmotor und Permanentmagnetmotor ist ein Hybridmotor. Ein Hybridmotor verbindet die Vorteile von Reluktanz- und Permanentmagnetmotor.

Der Vollschrittbetrieb kann einphasig oder auch zweiphasig gesteuert werden. Beim einphasigen Vollschrittbetrieb sind immer zwei gegenüber liegende Pole aktiv. Beim zweiphasigen Vollschrittbetrieb werden jeweils zwei nebeneinander liegende Pole aktiv. Im Halbschrittbetrieb werden die beiden Vollschrittbetriebsarten kombiniert. So kann der Schrittwinkel halbiert werden. Zusätzlich kann der Schrittmotor mit Mikroschritten betrieben werden. Dabei folgt der Strom der sinusförmigen Referenzspannung. (Vgl. Seite 5)

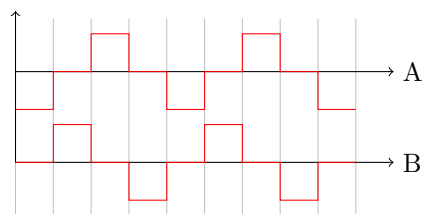


Abbildung 1: Vollschritt

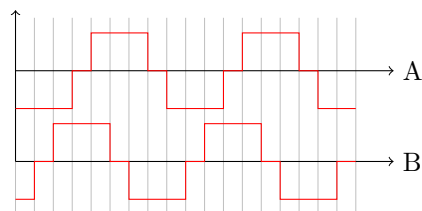


Abbildung 2: Halbschritt

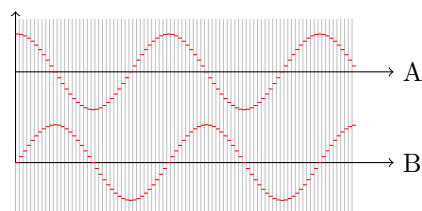


Abbildung 3: Mikroschritt

Eine Phase sind jeweils die zusammengeschalteten Statorwicklungen. Der unipolare Schrittmotor besteht aus vier Phasen. Ein Elektromagnet besteht aus zwei Phasen, welche gegenseitig gewickelt sind. So kann vermieden werden, dass der Stromfluss durch die Wicklung gedreht werden muss. Der Bipolare Schrittmotor besteht aus nur zwei Phasen. Es muss mit einer Brückenschaltung die Richtung des Stromes gedreht werden. In den meisten

Anwendungen werden Bipolare Schrittmotoren verwendet, da ein bipolarer Schrittmotor ein grösseres Drehmoment erzeugt als ein gleich grosser unipolarer Schrittmotor. Die beiden Betriebsarten sind in der Abbildung 4 ersichtlich.

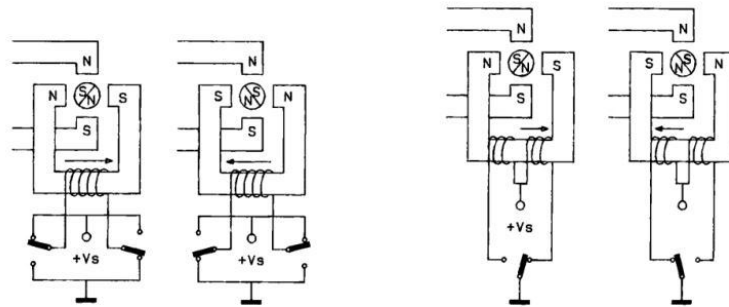


Abbildung 4: bipolarer und unipolarer Betrieb

### 3 Stepper Motoransteuerung

#### 3.1 Grundsätzliches zur Ansteuerung

Grundsätzlich besteht die Ansteuerung aus drei Teilen, wie in Abbildung 5 gezeigt. Um die Ansteuerung zu



Abbildung 5: Komponenten der Ansteuerung eines Schrittmotors

realisieren, gibt es eine Vielzahl von integrierten Schaltkreisen. Diese unterscheiden sich wie folgt:

- **Interfaces:** Einzelanschlüsse, einfache Busschnittstellen oder Mikrokontrollerschnittstellen wie SPI, I<sup>2</sup>C
- **Steuerfunktionen:** Einzelne Schritte oder Bewegungsabläufe (Motion Control Functiona)
- **Schaltungsintegration:** Steuerung und Treiberstufe als getrennte Schaltkreise, oder in einem Schaltkreis zusammengefasst.

Der gewählte integrierte Schaltkreis ist der L6480 von STMicroelectronics. Dieser wird über die SPI Schnittstelle gesteuert und besitzt eine Motion Contol Engine. Die Treiberstufe wird extern realisiert. (Vgl. Kapitel 4

#### 3.2 Treiberstufe

Wird ein Schrittmotor unipolar betrieben, so können die vier Wicklungen direkt mit Leistungsstufen angesteuert werden. Für den bipolaren Betrieb benötigt man für beide Wicklungen je eine H- Brücke. Die einfachste Methode ist es, den Strom nur durch den Wicklungswiderstand zu begrenzen. Der Nachteil ist, dass die Zeitkonstante durch den Wicklungswiderstand und der Induktivität bestimmt ist, und so bei höheren Schrittfrequenzen der gewünschte Strom und damit das Drehmoment nicht mehr erreicht wird. Deshalb wird ein zusätzlicher Vorwiderstand in Serie geschaltet, und so die Zeitkonstante verkleinert. Typische Verhältnisse sind vierfacher- oder fünffacher Widerstand, was eine vierfache bzw. fünffache Speisespannung voraussetzt. Diese Methode wiederum führt zu einer höheren Verlustleistung in den Widerständen. Im Ruhezustand ist es sinnvoll, den Strom soweit zu senken, dass das Haltemoment nicht unterschritten wird. Eine Spannungsumschaltung hat den weiteren Vorteil, dass so beim Anfahren eine steilere Stromkurve erreicht werden kann. (Vgl. Abbildung 6) Der Schrittmotor kann

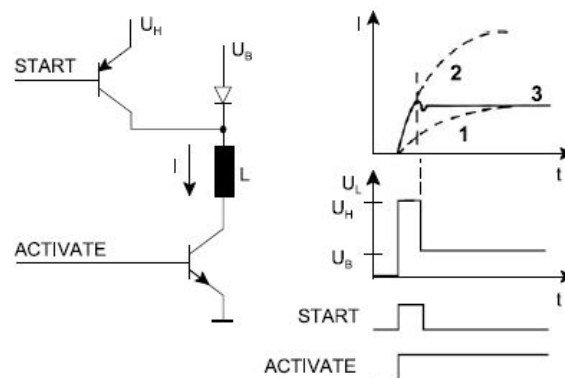


Abbildung 6: Spannungsumschaltung

alternativ auch stromgesteuert betrieben werden. Dabei folgt der Stromverlauf dem Verlauf einer Referenzspannung (Sollwert). Der Stromverlauf wird auf den Sollwert geregelt. Die Betriebsspannung muss so nicht stabilisiert werden.

## 4 Stepper Driver L6480

Wie bereits im Kapitel 3.1 erwähnt, wird der L6480 von STMicroelectronics verwendet.

### 4.1 Funktionsbeschreibung

Diese Schrittmotorensteuerung ist für den Betrieb von zweiphasigen (Vgl. Kapitel 2) Schrittmotoren mit Mikrosteps (Vgl. Kapitel 2) geeignet. Der L6480 erreicht eine maximale Auflösung von einem 1/128 Schritt. Die Steuerung generiert intern die PWM- Signale für die Motorenansteuerung. Alternativ kann auch mit Einzelschritten oder Halbschritten gearbeitet werden. Die beiden H- Brücken werden extern mit N-Kanal MOSFETs realisiert. Es können Bewegungsprofile konfiguriert werden, so dass die Motoren definiert Anfahren, Abbremsen oder ein Punkt direkt angefahren werden kann. So kann der Aufwand bei der Mikrokontrollerprogrammierung verringert werden. Die Befehle werden über eine SPI- Schnittstelle übertragen. Die absolute Position ist in einem 22- Bit Register gespeichert. Der Bereich liegt dementsprechend zwischen  $-2^{21}$  und  $2^{21} - 1$ .

### 4.2 Schnittstelle

Der steuernde Mikrocontroller benötigt 8 Pins für die Kommunikation mit dem L6480:

Pin	IO	Funktion
$\overline{FLAG}$	Output	Wird bei einem Fehler intern auf GND gezogen.
$\overline{BUSY}$ / SYNC	Output	Wird während dem Ausführen eines Befehls intern auf GND gezogen.
$\overline{STBY}/RESET$	Input	Standby- und Resetmodus, falls extern GND anliegt.
STCK	Input	Im Step-Clock- Mode führt jede positive Flanke an diesem Pin zu einem Schritt.
<b>SPI</b>		
$\overline{CS}$	Input	Chip Select: Falls extern GND anliegt, startet die Kommunikation. Um die Kommunikation zu beenden, muss $\overline{CS}$ extern auf High gehalten werden.
CK	Input	Serial Clock: Synchronisierung der Kommunikation.
SDO	Output	Slave Data Out: Daten für den Mikrocontroller.
SDI	Input	Slave Data In: Befehle und Daten für den L6480.

Tabelle 3: Schnittstelle

### 4.3 Typical Application

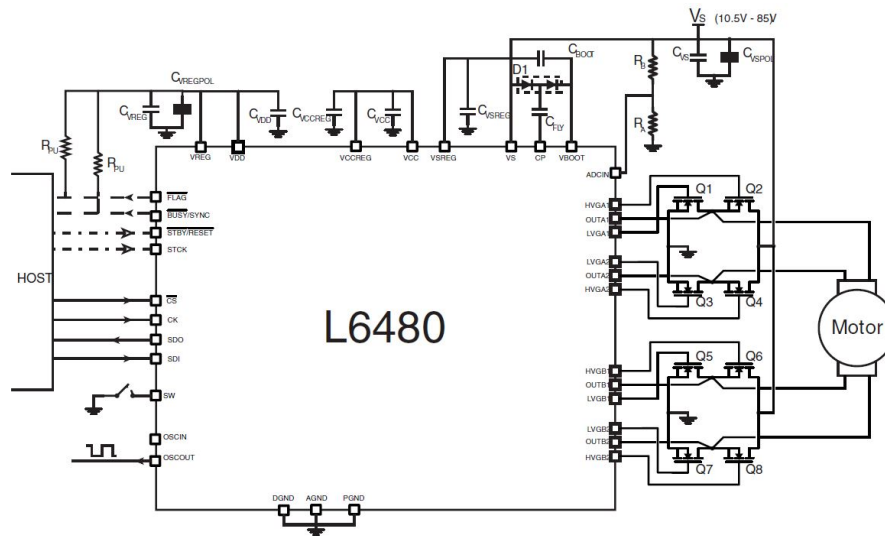


Abbildung 7: Typical Application

## 5 Ausblick

In einem nächsten Schritt soll der L6480 bestellt werden und in einer Testschaltung getestet werden. Weiter soll ein Schema und ein Layout geplant und produziert werden, welche alle Teammitglieder in ihrem Projekt verwenden können, falls sie dies benötigen.



## Literatur

- Atmel Corporation. (2013). *Atmel AVR443: Sensor-based Control of Three Phase Brushless DC Motor* (App. Note). 1600 Technology Drive, San Jose, CA 95110 USA: Autor. (2596C-AVR-07/2013)
- Prof. Dr. Wolfgang Matthes. (2007). *Schrittmotoren (Einführung) [Software-Handbuch]*. Peukinger Weg 34, 59423 Unna.
- Schlienz, U. (2009). *Schaltnetzteile und ihre Preiperipherie* (4. Aufl.). Vieweg+Tubner.
- STMicroelectronics. (2012). *L6480, cSPIN™: microstepping motor controller with motion engine and SPI* (Datasheet). 39, Chemin du Champ des FillesPlan-Les-Ouates, CH1228 Geneva: Autor.
- Thomas Hopkins. (2012). *AN235 Application note, Stepper motor driving* (App. Note). 39, Chemin du Champ des FillesPlan-Les-Ouates, CH1228 Geneva: STMicroelectronics. (Doc ID 1679 Rev 2)
- Tobias Plüss. (2014, November). Hochschule Luzern, Technik und Architektur. (In einem Gespräch)

## Abbildungsverzeichnis

1	Vollschritt . . . . .	3
2	Halbschritt . . . . .	3
3	Mikroschritt . . . . .	3
4	bipolarer und unipolarer Betrieb . . . . .	4
5	Komponenten der Ansteuerung eines Schrittmotors . . . . .	5
6	Spannungsumschaltung . . . . .	5
7	Typical Application . . . . .	7

## Tabellenverzeichnis

1	Übersicht der PREN-ET Projektgruppen . . . . .	2
3	Schnittstelle . . . . .	6