

# Automatix

Kompakte isolierte Kickerschaltung

- Überblick und Funktionen
- Ansteuerung und Anschlüsse
- Sicherer Umgang mit dem Kicker

# Überblick und Funktionen

## Zu Beginn eine Warnung

Im Kicker treten hohe Spannung auf, welche bei Kontakt schwere Verletzungen bis hin zum Tod nach sich ziehen können. Auch wenn beim Design großes Augenmerk darauf gelegt wurde, das Risiko so weit wie möglich zu reduzieren, so ist dennoch im Umgang mit dem Kicker Vorsicht geboten. Dies gilt insbesondere bei geöffneter Hülle des Roboters oder bei Anschluss der Platine an eine Stromquelle außerhalb des Roboters (z.B. Netzteil). Weitere Infos sind im Kapitel "Sicherer Umgang mit dem Kicker" zu finden. Dies gesagt: Viel Erfolg, viel Spaß und lieber einmal zögern und Nachdenken.

## Laden

Der Kicker transformiert die Batteriespannung hoch, speichert sie in Kondensatoren und nutzt diese später zum kicken. Anders als bei allen bekannten Kickerschaltungen in der Liga und unserer Vorgängerschaltung *Maja* verfügt Automatix über eine **galvanische Trennung**. Um dennoch ein bestimmtes Potential zu haben, sind die Kondensatoren (HV+) hochimpedant zum Ground der Primärseite verbunden.

Bei der Ladeschaltung handelt es sich um einen **Flybackconverter**. Das Herzstück der Ladeschaltung ist der Chip LT3751. Dieser steuert das MOSFET, welches am Transformator angeschlossen ist. Bei dem Transformator handelt es sich genau genommen um zwei gekoppelte Induktivitäten. Diese unterscheiden sich insofern vom Transformator, als dass der Energietransphär asynchron abläuft.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass durch den s.g. "Flyback" und Streuinduktivitäten auf der Primärseite höhere Spannungen als die Batteriespannung anliegen. Auf der Sekundärseite entsteht eine SWechselspannung. Diese muss durch eine Diode gleichgerichtet werden. Wichtig ist hier, dass die Diode das 2-fache der gewünschten Ausgnagsspannung sperren können muss und eine geringe Reverse-Recovery-Time hat. Für weitere Informationen zur Funktionsweise von Flybackconvertern sei auf den [Wikipediaartikel](#) und das [Datenblatt](#) des Chips verwiesen.

Um die aktuelle Ladespannung anzuzeigen und vor der hohen Spannung zu warnen, wird eine **Blinkschaltung** verwendet, welche von der Kondensatorspannung betrieben ist und somit unabhängig von externer Spannungsversorgung ist. Je höher die Spannung ist, desto höher ist die Blinkfrequenz. Während eine blinkende LED bedeutet, dass der Kicker geladen ist und somit nicht

angefasst werden darf, kann aus einer dunklen LED nicht darauf geschlossen werden, dass der Kicker gerade entladen ist. Bis jetzt ist uns ein Fall bekannt, in dem die Blinkschaltung versagt hat. Im Zweifel ist durch ein Multimeter nachzumessen.

# Power und sicheres Entladen

## Spannungen auf dem Board

Das Board wird mit 24V versorgt. Nach der Inputprotection wird die Ladeschaltung (der Trafo) direkt von 24V betrieben. Ebenfalls werden mittels eines Buck-Converters 12V erzeugt. Diese laden durch eine Diode große Kondensatoren auf 12V (12S) auf und dienen als Ausgangspunkt für die Erzeugung von 5V. Aus 12S werden mittels eines weiteren Buck-Converters 3,3V (3V3) erzeugt.

Es wurde beobachtet, dass die Buckconverter sehr instabile Ausgangsspannungen liefern können und dann anfangen zu fiefen. In diesem Fall half es, einen kleinen Kondensator zusätzlich zum Spannungsteiler an mit dem FB-Pin des Controllers zu verbinden.

## Sicheres Entladen

Das Wichtigste beim Kicker ist eine sichere Handhabung. Da bei Automatrix auf einen dedizierten Entladewiderstand verzichtet wird und die Kondensatoren durch Kicken entladen werden sollen, muss gewährleistet sein, dass dies auch funktioniert wenn der Roboter ausgeschaltet wird.

Prinzipiell soll entladen werden, indem zunächst so kurz gekickt wird, dass der Kickerbolzen in der Mitte der Spule zum stehen kommt. Nach dem der Bolzen zum Stillstand gekommen ist, wird dann ein weiteres Mal gekickt - diesmal bis die Kondensatoren vollständig entladen sind. Hierdurch sollte sich der Kicker nach dem der Bolzen "ausgefahren" ist beim zweiten harten Kick nicht mehr bewegen, bis die Kondensatoren leer sind und dann durch die Federn zurückgezogen werden. Die Spulen werden hier also als Entladewiderstand genutzt.

Im **Idealfall** wird dem Microcontroller des Kickers mitgeteilt, dass der Kicker entladen werden soll und dieser entlädt dann die Kondensatoren. Ist dies nicht möglich, weil zum Beispiel abrupt der Strom wegfällt, so gibt es zwei Mechanismen, die dennoch ein sicheres Entladen ermöglichen sollen. Beide beruhen darauf, in den Kondensatoren von 12S genügend Energie gespeichert zu haben um die MCU lange genug mit Spannung versorgen zu können um den Kicker zu entladen.

### **Fallback 1: Power good detection**

Um von Seiten des Kickers einen Spannungswegfall zu detektieren wird mittels eines Komparators die Versorgungsspannung mit einer aus den 3,3V erzeugten Referenz verglichen. Fällt die Versorgungsspannung unter einen Threshold von aktuell 16,5V, so wird das Signal PG24V auf 0V gezogen und die MCU kann das Entladen einleiten.

### **Fallback 2: Yeeet**

Sollte das sanfte Entladen nicht schnell genug gehen und die Spannung 12S unterhalb von 5V

fallen, so ist Eile geboten. In diesem Fall werden sowohl Kicker, als auch Lupfer voll durchgeschaltet, um die Kondensatoren schnellstmöglich zu entladen.

# Spannungsmessung

Die Isolierte Ausführung der Platine macht die Spannungsmessung aufwändig. Dies wurde durch die Verwendung eines **Optokoplers mit Linearisierung** gelöst. Auf der HV-Seite wird die Spannung mittels eines Spannungsteilers gemessen. Ein Operationsverstärker treibt die LED im Optokopler. Das von dieser LED ausgesendete Licht trifft auf zwei identische Photodioden. Eine auf der HV-Seite, welche zur Linearisierung verwendet wird und eine auf der LV-Seite zur Spannungsmessung. Da der Verstärkungsfaktor herstellungsbedingt schwankt, wird mittels eines Potentiometers die Spannungsmessung kalibriert. Die Versorgung der HV-seitigen Messschaltung erfolgt über die isolierten 5V, welche durch die Gatetreiber bereitgestellt wird.

Der Ladecontroller LT3751 verfügt zusätzlich über eine Möglichkeit der **Spannungsmessung über den Flybackeffekt** auf der Primärseite. Über einen Widerstand auf der Primärseite wird normalerweise die maximale Ladespannung festgelegt. Das sichere Abschalten wurde jedoch nicht getestet und durch ungünstiges Ansteuern des Controllers (immer wieder an- und ausschalten) kann u.U. auch höher geladen werden.

# Kicklogik und -Schaltung

Das Kicken und Lupfen erfolgt durch je einen IGBT. Diese werden von isolierten Gatetreibern angesteuert. Die Spannung zum Treiben der Gates erzeugen die Gatetreiber selbst auf der Sekundärseite. Zusätzlich werden isolierte 5V bereitgestellt, welche für die Spannungsmessung benötigt werden. Auf der LV-Seite sind das Kick- und Chipsignal vom MCU jeweils logisch mit dem Yeet-Signal verodert, bevor diese zu den Gatetreibern weitergeführt werden.

Beim Kicken fließen hohe Ströme in den Spulen (bis 200A). Aufgrund der Induktivität der Spulen kann der Stromfluss nicht direkt gestoppt werden. Sperrt ein IGBT bevor die Kondensatoren vollständig entladen sind, so übernehmen die antiparallelen Dioden den Stromfluss, bis der magnetische Fluss im Innern der Spule abgebaut ist.

Die **Kickstärke** wird durch die Dauer des Kickimpulses gesteuert. Dieser sollte vermutlich zwischen 1ms und 10ms andauern.

# Temperaturmessung

Analogsignal proportional zur Temperatur wird von der MCU ausgewertet. Sensor ist zwischen Buckconverter und Kickermosfet platziert.

## Microcontroller

Als Controller kommt der STM32G474CET zum Einsatz.

# Ansteuerung und Anschlüsse

## Konnektivität

Der Kicker benötigt 24V und kommuniziert über CAN. Zudem verfügt er über einen Debugheader und USB-C Anschluss.

# Sicherer Umgang mit dem Kicker

Sei nicht dumm. Spaß, hier kommen noch Infos. :)