

# Einsatz programmierbarer Logikbausteine in Umrichtern

Zu Themenschwerpunkt: Umrichtertechnik

Guido Bachmann,      Peter Mutschler  
gbach@srt.tu-darmstadt.de,      pmu@srt.tu-darmstadt.de

TU Darmstadt  
Institut für Stromrichtertechnik und Antriebsregelung  
Landgraf Georg Straße 4  
64283 Darmstadt  
Tel: +49 6151 16 2413  
Fax: Tel: +49 6151 16 2613

Die maximale Schaltfrequenz von Halbleitern eines selbstgeführten Stromrichters wird nicht notwendigerweise durch die Schaltverluste der Halbleiter begrenzt. Vielmehr ist es oft so, daß die Rechenleistung der Steuerrechner bei vertretbarem Aufwand nicht ausreicht, um die theoretisch mögliche maximale Schaltfrequenz der IGBTs oder MOSFETs zu erreichen. Bei Einsatz von quasiresonanten Umrichtertopologien, bei denen zusätzliche Meßsignale ausgewertet und zusätzliche Schalter angesteuert werden müssen verschärft sich dieses Problem. Abhilfe können hier programmierbare Logikbausteine bieten, die eine Vorauswertung von Informationen des Leistungsteils (Treiber) erledigen und falls möglich einen Teil der Steuerungsaufgaben übernehmen und somit den Prozessor entlasten.

Bild 1 zeigt den Leistungsteil eines quasi resonant geschalteten Umrichters (QRDCLI) [1],[2]. Dabei wurde eine dreiphasige Brücke um einen Resonanzkreis, bestehend aus zwei IGBTs in Halbbrückenschaltung  $T_{R1}, T_{R2}$  und den Resonanzkreiselementen  $L$  und  $C_R$  sowie einer freien Diode  $D_{R4}$ , erweitert. Die Snubberkondensatoren  $C_S$  über den Brückenhälbleitern sind in dieser Schaltung als Teil des Resonanzkreises unverzichtbar<sup>1</sup>, aber auch in einer hart geschalteten Variante zum Schutz der Halbleiter vor Spannungsspitzen sinnvoll.

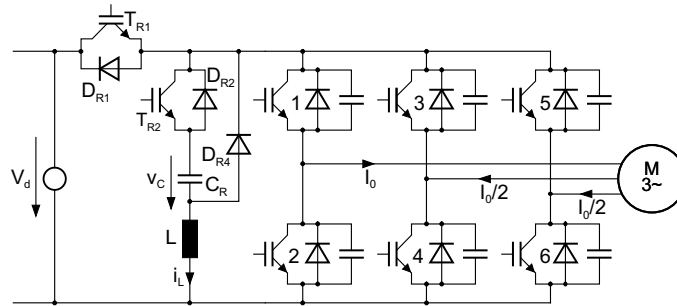


Abbildung 1: Quasi Resonant DC Link Inverter

In Bezug auf die zusätzlich erforderlichen Bauelemente stellen die QRDCL-Inverter die günstigste Lösung dar. Das gilt allerdings nicht für den Zusatzaufwand in der Ansteuerung. Neben den Maschinenströmen und der Lageinformation des Rotors zur Regelung des Antriebes, müssen zusätzlich, zur Steuerung des Resonanzzyklus, die Zwischenkreisspannung und der Resonanzspulenstrom gemessen und ausgewertet werden. Die Auswertung dieser zusätzlichen Informationen und die Erzeugung der Zündimpulse für die Resonanzkreis-IGBTs belasten den Steuerrechner zusätzlich, da insbesondere während eines laufenden Resonanzzyklus ein exaktes Timing für die Zündimpulse der Halbleiter gewährleistet sein muß und der  $\mu C$  somit in dieser Zeit keine anderen Aufgaben wahrnehmen kann.

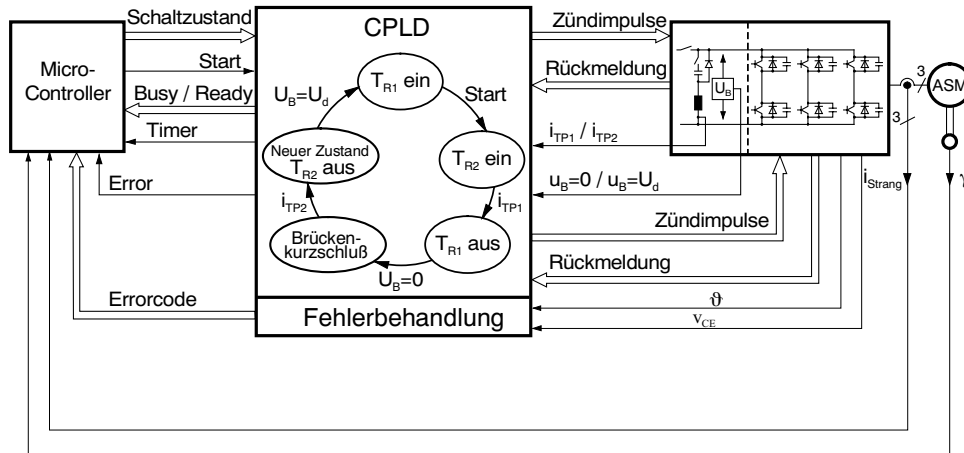


Abbildung 2: Ablaufsteuerung

Die Resonanzkreisfunktion läßt sich durch den in Bild 2 im Block CPLD dargestellten Zustandsgraphen beschreiben. Zur besseren Übersicht sind nur die wesentlichen Übergänge dargestellt. Bei einer Abweichung von

<sup>1</sup>Alternativ besteht die Möglichkeit die Snubberkondensatoren als Zweigsnubber oder als einzelnen Brückensnubber auszulegen.

den dargestellten Übergängen wird in einen definierten Fehlerzustand gewechselt. Vor jeder Schaltzustandsänderung in der Brücke, wird der Zustandsautomat gestartet. Sobald der in Bild 2 auf der vorherigen Seite mit *Neuer Zustand*  $T_{R2}$  aus dargestellte Zustand erreicht wird, kann der gewünschte Schaltzustand hergestellt werden.

Zur Realisierung eines solchen Zustandsautomaten außerhalb des  $\mu C$  bietet sich daher der Einsatz eines CPLDs (COMPLEX PROGRAMMABLE LOGIC DEVICE) an. Durch diese Auslagerung ist gewährleistet, daß der  $\mu C$ , nachdem er den Schaltzustand und ein Startsignal an das CPLD übergeben hat, während eines laufenden Resonanzzyklus wieder frei für andere Aufgaben ist. Bild 2 auf der vorherigen Seite zeigt eine entsprechende Struktur. Bei diesem Vorschlag ergibt sich folgende Aufgabenverteilung für die einzelnen Funktionsblöcke:

- Microcontroller
  - Erfassung und Auswertung der Maschinenmeßwerte
  - Erzeugung der Zündmuster
  - triggern des CPLDs
- CPLD
  - Erzeugen eines festen Zeitrasters für den  $\mu C$
  - Kommunikation mit dem  $\mu C$  (aktuelle Position im Zustandsautomat, Erzeugen eines Fehlercodes zu Diagnosezwecken)
  - Steuerung der Resonanzkreisfunktion in Abhängigkeit von dem Resonanzspulenstrom  $i_L$ , Brückeneingangsspannung  $v_B$  und dem Schaltzustand
  - Kommunikation mit den IGBT Treibern, Auswertung der Rückmeldungen und Fehlersignale
  - Verriegelung der Schalter zur Vermeidung von Kurzschlüssen
  - Entscheidung nach den Aspekten *möglich, sinnvoll, verboten* ob eine Schalthandlung ausgeführt wird
- IGBT-Treiber
  - $v_{CE}$ -Überwachung (Primärschutz)
  - Erzeugen von Fehlersignalen für das CPLD und den  $\mu C$
  - Schaltzustandsrückmeldung an das CPLD

Bei der Realisation eines Versuchsstandes nach Bild 2 auf der vorherigen Seite wurde darauf geachtet, daß die Resonanzfunktion als modulare Option zur hartgeschalteten Variante einsetzbar ist; d.h. sowohl Leistungs- als auch Steuerteil können ohne die für die Resonanzfunktion notwendigen Ergänzungen als hartgeschalteter Umrichter zusammen arbeiten.

Die hier vorgeschlagene Anordnung ist eine Fortsetzung des Trends hin zu mehr Meßwertverarbeitung und Entscheidung in der Peripherie. Moderne Treiberbausteine für IGBTs und MOSFETs übernehmen immer mehr Schutz und Überwachungsfunktionen ( $v_{CE}$ -Überwachung, Einschaltverriegelung und -Verzögerung, Temperaturüberwachungsauswertung etc. . .). Damit einhergehend gibt es immer mehr Rückmeldungen vom Treiber an die Steuereinheit, die Informationen über den aktuellen Zustand der Leistungshalbleiter liefern. Der Einsatz programmierbarer Logikbausteine bietet sich zur Filterung von Informationen und zum Treffen von zeitkritischen Entscheidungen in diesem Zusammenhang an, da es sich bei diesen Informationen in der Regel um logische Pegel handelt, die entweder direkt ausgewertet werden können; oder aber um Pulse, in deren Pulsdauer Informationen kodiert sind. Das impliziert, daß auch die Meßwerte der Resonanzkreisgrößen der in Bild 1 auf der vorherigen Seite dargestellten Schaltung entsprechend aufbereitet vorliegen müssen. An dieser Stelle sei erwähnt, daß es nicht möglich ist beliebige Rechenoperationen in das CPLD auszulagern, um damit einen Geschwindigkeitsvorteil für die Anordnung zu erreichen. Die Filterfunktion des CPLD funktioniert in beide Richtungen; d.h. der  $\mu C$  wird im Extremfall nur davon informiert, daß ein Fehler aufgetreten ist, die Abschaltung wurde durch das CPLD realisiert, eine Fehlercodeanzeige kann ebenfalls durch das CPLD erfolgen. In der anderen Richtung kann durch die Logik im CPLD eine Entscheidung darüber getroffen werden, ob eine vom  $\mu C$  angeforderte Schalthandlung möglich, sinnvoll oder verboten ist.

Im final paper werden die Anforderungen an einen  $\mu C$  zur Steuerung eines Umrichters am Beispiel der in Bild 1 auf der vorherigen Seite dargestellten Schaltung definiert und die Auslagerung zeitkritischer Funktionen in ein CPLD wird vorgestellt. Desweiteren wird auf die Hardwarerealisation der Steuereinheit in Form eines C167  $\mu C$  [3] und eines Altera MAX7128 CPLD [4] eingegangen.

## Literatur

- [1] Jong-Woo Choi and Seung-Ki Sul. Resonant Link Bidirectional Power Converter: Part I Resonant Circuit. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 10(4):479–484, Juli 1995.
- [2] Joohn-Sheok Kim and Seung-Ki Sul. Resonant Link Bidirectional Power Converter: Part II Application to Bidirectional AC Motor Drive without Electrolytic Capacitor. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 10(4):485–493, Juli 1995.
- [3] Siemens Semiconductor, editor. *C167 16-Bit Microcontrollers User's Manual 03.96 Version 2.0*. Siemens AG, 1996.
- [4] Altera Corporation, editor. *Altera Device Data Book 1999*. Datenbuch. Altera, 1999.

Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Peter Mutschler**

Technische Universität Darmstadt  
Institut für Stromrichtertechnik und Antriebsregelung  
Landgraf-Georg-Str. 4  
64283 Darmstadt  
Telefon: (06151)16-2166, 16-2213  
Telefax: (06151) 16-2613  
e-mail: pmu@srt.tu-darmstadt.de

P. Mutschler hat an der TH Darmstadt Elektrotechnik studiert. Anschließend wurde er dort wissenschaftlicher Mitarbeiter und promovierte Jahre 1975 mit einem Thema zur Hochspannungs Gleichstrom Überttragung. Ab 1976 war er bei Brown Boverie in Mannheim in einer Entwicklungsabteilung tätig. Kerngebiet seiner Entwicklungen waren Steuerung, Regelung und Schutz auf Mikroprozessorbasis für verschiedenste leistungselektronische Systeme. Diese reichten von der HGÜ über Antriebe von stromrichter-gespeisten Schienenfahrzeugen, insbesondere S-Bahn und Straßenbahnantriebe über Fahrmotor-Regelung und Batterie, Management für ein Elektroauto bis zu den Stromrichter -Seriengeräten für den allgemeinen Industriebedarf. Seit April 1988 ist Herr Mutschler Universitätsprofessor am Institut für Stromrichtertechnik und Antriebsregelung der TH Darmstadt. Zu seinen Arbeitsgebieten zählen: Echtzeit-Kommunikation für Antriebe, neue Antriebsregelungen und leistungselektronische Stellglieder.

**Dipl.-Ing. Guido Bachmann**

Technische Universität Darmstadt  
Institut für Stromrichtertechnik und Antriebsregelung  
Landgraf-Georg-Str. 4  
64283 Darmstadt  
Telefon: (06151) 16-2413  
Telefax: (06151) 16-2613  
e-mail: gbach@srt.tu-darmstadt.de

G. Bachmann hat von 1992 bis 1997 an der Technischen Hochschule Darmstadt Elektrotechnik studiert mit der Vertiefungsrichtung „Allgemeine Elektrotechnik“. Seit September 1997 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter von Professor Mutschler am Institut für Stromrichtertechnik und Antriebsregelung an der Technischen Universität Darmstadt im Bereich der Resonant geschalteten Mittelspannungs IGBT Umrichter tätig.