

# Lehrstuhlseminar: Anwendung von FPGA in der Automatisierungstechnik

Sven Schönfeld

Dresden, 04. Januar 2017

---

## Inhalt

1. Inhalt
2. FPGA
3. Industrielle- und Prozessautomatisierung
4. Industrierobotik
5. Mobile Robotik
6. Automobil
7. Raumfahrt
8. Zusammenfassung

---

## Field Programmable Gate Array (FPGA)

- Integrierter Schaltkreis (IC)
- Funktion wird „im Feld“ durch Programmierung definiert
- besteht aus konfigurierbaren Basisblöcken
- Wahrheitstabelle in SRAM hinterlegt
- Ein-/Ausgangsblöcke
- Funktionsblöcke mit vordefinierten Funktionen möglich
- Programmierung durch Hardwarebeschreibungssprachen

---

## FPGA

### Vorteile:

- Geringe Entwicklungskosten
- Rekonfigurierbarkeit
- Hohe Parallelität möglich

### Nachteile:

- Geringe Taktraten (50 bis 500 MHz)
- Erhöhter Leistungsbedarf
- Anfällig gegen Teilchenstrahlung und Elektromagnetische Felder

---

## Industrielle- und Prozessautomatisierung

Ziele:

- Optimierung von Produktionsabläufen
- Überwachung von Prozessen

Anforderungen:

- Schnelle, präzise Abarbeitung von Produktionsschritten
- Kommunikation mit Netzwerk
- Einfache Handhabung
- Sicherheit

Realisiert durch PCs und Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)

---

## Industrielle- und Prozessautomatisierung

### SPS

- Besteht aus Prozessor, Mikrocontroller und I/O-Modulen
- Über Prozessor programmiert
- Programm in Speicher geladen
- Mikrocontroller fragt I/O-Module zyklisch ab
  - Zykluszeiten von 10 bis 100 ms
- Reagiert auf Änderungen am Eingang
- Auch Ereignisbasiert möglich
  - Untypisch

---

## Industrielle- und Prozessautomatisierung

### FPGA

- Hannover Messe 2010: Zander enthüllt High-Speed-SPS Zatego ohne Zykluszeit
  - FPGA statt Mikrocontroller
  - Parallele Bearbeitung der I/O-Module
  - Eigener Compiler für Übersetzung in Hardware Sprache
- 2011: National Instruments präsentiert CompactRIO
  - Ähnlich wie Zatego
  - Triple-Module-Redundancy (TRM) mit automatischer Neuprogrammierung fehlerhafter Module

---

## Industrierobotik

Ziele:

- Unterstützung bei Produktions- und Arbeitsabläufen
- Verbesserung der Produktqualität
- Höhere Produktquantität

Anforderungen:

- Hohe Genauigkeit
- Geringe Reaktionszeiten

Realisiert durch PCs, SPS, Mikrocontroller



---

## Industrierobotik

### FPGA:

- 2013: Saveetha Engineering College baut 3-Gelenkmanipulator mit 6 Freiheitsgraden
- Ansteuerung durch Xilinx Spartan-3
- Forschungsprojekt, nicht für Industrie geeignet
- Problem:
  - Starke Störfelder durch Aktuatoren
  - Recheneinheiten nicht direkt in Roboter verbaut
  - Leitung zu Recheneinheiten verursacht Latenzen

---

## Industrierobotik

Lösung:

- Kübler veröffentlicht November 2017 neuen Drehimpulsgeber
- Speziell entwickelte Schirmung ermöglicht Rechentechnik direkt im Impulsgeber
- FPGA korrigiert Signalfehler
- Wird bereits in Fahrstühlen verwendet

---

## Mobile Robotik

Ziele:

- Einsatzbereiche von Industrierobotern vergrößern
- Orientierung im Raum

Anforderungen:

- Hohe Genauigkeit
- Geringe Reaktionszeiten
- Hohe Ausfallsicherheit

Realisiert durch PCs, Mikrocontroller, FPGAs, System-on-a-Chip

---

## Industrierobotik

### Orientierung:

- Erkundung der Umgebung durch Sensoren (optische, haptische)
- Ermittlung von Wegen durch Pfadsuchalgorithmen
  - Verarbeitung großer Datenmengen
- Datenauswertung durch PCs, SoCs
- Ansteuerung der Aktuatoren durch Mikrocontroller und FPGAs

---

## Automobil

Ziele:

- Fahrassistenzsysteme
- Komfortausstattung
- Sicherheit
- Autonomes Fahren

Anforderungen:

- Ausfallsicherheit
- Kurze Reaktionszeiten
- Hoher Datendurchsatz

---

## Automobil

- Realisiert durch Elektronische Kontrolleinheiten (ECU)
- Ein bis mehrere ECU pro Aufgabe
- Starke Zunahme der ECUs seit 2000
  - Höherer Stromverbrauch
  - Höherer Platzbedarf
  - Größere Verzögerungszeiten
- Verringerung der Anzahl der ECUs notwendig
- Verbesserung durch Einsatz von FPGAs

---

## Automobil

- 2010: Projekt des AUTOSAR-Konsortiums
- FPGAs als rekonfigurierbare ECUs
- Konfiguration abhängig von Zustand des Fahrzeuges
- Beispiel:
  - Konfiguration 1: Stadtverkehr
    - Tempomat
    - Abstandsmesser
  - Konfiguration 2: Einparken
    - Rückfahrkamera
    - Parkassistent

---

## Raumfahrt

Ziele:

- Erforschung des Weltraums

Anforderungen:

- Vollständige Autonomie
- Hohe Ausfallsicherheit
- Hohe Fehlertoleranz

Realisiert durch Spezielle Anwendungsspezifische Integrierte Schaltkreise (ASIC)

- Sehr Teuer

Trend zu Off-The-Shelf-Teilen



---

## Raumfahrt

- Ohne Atmosphäre hohe Teilchenstrahlung
- Fehler eher Regel als Ausnahme
- Systeme müssen Fehler handhaben können
- Redundante Systeme
- Cyclic Redundancy Check (CRC) und TMR sind Standard

---

## Raumfahrt

### FPGA:

- Spezielle FPGAs für Weltraumeinsätze von Actel
- „Flying Laptop“-Projekt entwickelt TMR weiter
- Ähnlich wie CompactRIO werden fehlerhafte Module neu konfiguriert
- Konfiguration in geschirmten Speicher hinterlegt
- Module durch Optokoppler galvanisch getrennt

---

## Zusammenfassung

- FPGAs in Industrie noch selten
  - Zusätzliche Anforderungen an Personal
  - Industrie setzt überwiegend auf bewährtes
- In Forschungslastigen Gebieten bereits etabliert
- Nicht alle Gebiete betrachtet
  - Animatronik
  - Energietechnik

---

## Quellen

- [1] I. Stotz, „Superschnelle SPS ohne Zykluszeit“, elektrotechnik Automatisierung, 29.03.2010
- [2] K. Dinnes, „Automatisierung mit FPGA-Technologie“, Aktuelle Technik, 2/2011.
- [3] National Instruments, „Leistungssteigerungen bei SPS-Systemen: FPGA-Programmierung“,  
<http://www.ni.com/white-paper/11169/de/>
- [4] Anonym, „FPGA inside: Intelligente Drehgeber-Systeme für die Servotechnik“, SPS-Magazin, 30.10.2017

---

## Quellen

- [5] S.L.Pravalika, Dr. A. N. J. Raj, „FPGA Based Robotic Arm With Six Degrees of Freedom“, International Journal of Innovations in Engineering and Technology, Vol.2 Issue 1 February 2013.
- [6] J. Becker, M. Hübner, „Dynamic and Partial FPGA-Exploitation“, Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 2, February 2007
- [7] F. Huber, P. Behr, H. Röser, S. Pletner, „FPGA based On-Board Computer System for the „Flying-Laptop“ Micro-Satellite“, <http://www.tz-raumfahrt.de/pdf/dasia07flp.pdf>
- [8] K. Morris, „FPGAs in Space: Programmable Logic in Orbit“, FPGA Journal, 03.08.2004

---

## Quellen

- [9] A. Fernandez-Leon, A. Pouponnot, S. Habinc, „The Use of Reprogrammable FPGAs in Space“, [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Engineering\\_Technology/Microelectronics/The\\_use\\_of\\_reprogrammable\\_FPGAs\\_in\\_space](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Microelectronics/The_use_of_reprogrammable_FPGAs_in_space)
- [10] Costaud, „Hexapod Robot Based on FPGA“, Instructables, <http://www.instructables.com/id/Hexapod-Robot-based-on-FPGA/>