

Antrag zur Durchführung einer Projektgruppe

1 Thema: *CoaCh – Car on a Chip*

Neue Steuergeräte-Architekturen mit Systems-on-Chip im Automobilbereich

2 Zeitraum: WS 2008/2009 und SS 2009

3 Umfang: Jeweils 8 SWS.

4 Veranstalter

Olaf Spinczyk

Professor, LS12

Horst Schirmeier, Jochen Streicher

Wiss. Mitarbeiter, LS12

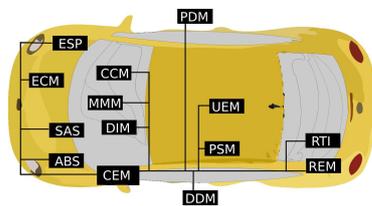


Abbildung 1: Vernetzte Steuergeräte in einem modernen Kraftfahrzeug, Scheinwerfer im (Labor-)Betrieb

5 Aufgabe

5.1 Einleitung

Die Vernetzung eingebetteter Systeme im Automobilbereich schreitet stetig weiter voran. Moderne Kraftfahrzeuge verfügen über mehr als 70 eingebettete Rechnersysteme, die in dieser Domäne als "Steuergeräte" oder ECUs ("embedded control units") bezeichnet werden. Sie führen jeweils eine spezielle Funktion aus [11], wie z.B. die Steuerung eines elektrischen Fensterhebers oder die Anzeige auf einem Instrument (siehe Abb. 1). Damit kann ein Auto als heterogenes, verteiltes, eingebettetes Rechnersystem auf Rädern angesehen werden.

Im Vergleich mit eingebetteten Systemen aus dem Bereich der Consumer-Elektronik, wie z.B. MP3-Playern, haben eingebettete Systeme in Automobilen eine deutlich längere Lebenszeit. Ersatzteile müssen über einen Zeitraum von 30 Jahren nach Produktionsbeginn eines Fahrzeugs verfügbar sein [9]. Der vergleichsweise schnelle Halbleitermarkt führt aber dazu, dass die Verfügbarkeit von Komponenten (wie Mikrocontroller und Peripheriebausteine) für ECUs nicht über die gesamte Lebenszeit eines Systems garantiert ist. Dieses Problem wird momentan durch aufwendige und kostenintensive Lagerhaltung von benötigten Teilen gelöst.

Aktuelle Entwicklungen in der Industrie tendieren dazu, die Anzahl von ECUs zu reduzieren, indem Funktionalität auf einem Controller-System integriert wird. Die Isolation zwischen den einzelnen Software-Komponenten erfolgt dann durch Softwaremethoden, wie z.B. in AutoSAR [1]. Hierbei ist jedoch fast immer eine komplette Neuentwicklung oder aufwendige Portierung der vorhandenen Software erforderlich, die zeit- und kostenintensiv ist.

Ein vielversprechender neuer Ansatz für ECU-Architekturen ist die Integration von Systemen auf reprogrammierbarer Hardware (FPGAs) als System-on-Chip (SoC). Mit Hilfe von sog. "soft cores" – Implementierungen von Systemkomponenten in einer Hardware-Beschreibungssprache wie VHDL [15, 12] – ist es möglich, die digitalen Komponenten eines existierenden eingebetteten Systems auf einem FPGA zu integrieren [7]. Hierbei sind Komponenten wie 8/16/32-Bit-Microprocessor-Cores, Peripheriecontroller und Bus-Systeme sowohl von kommerziellen Anbietern wie auch von Open Source-Projekten [2] verfügbar.

Mit diesem Ansatz ist es möglich, existierende Software und Werkzeuge ohne oder mit nur geringen Modifikationen weiterzuverwenden.

Ziel der Projektgruppe ist es, durch Entwicklung und Integration mehrerer SoCs ein integriertes, heterogenes Network-on-Chip (NoC) für den Automobilbereich zu entwickeln. Dabei ergibt sich die Gelegenheit, den gesamten Entwicklungsprozess eingebetteter Controllersysteme vom Hardware-Entwurf über Systemsoftware bis hin zur Anwendung kennenzulernen. Hierbei ist insbesondere auch die Ansteuerung von physikalisch vorhandener Hardware wie Scheinwerfern, Dachmodulen und elektrischen Fensterhebern auf Hard- und Software-Ebene wichtig.

5.2 Wissenschaftlicher Kontext

Die Integration eingebetteter Systeme und die damit einhergehenden Isolationsprobleme sind aktuelle Forschungsthemen, die u.a. auch Thema des von der Arbeitsgruppe ausgerichteten IIES-Workshops sind [6]. Die verschiedenen Ansätze zur Integration von Systemen auf Hard- wie Software-Ebene führen zu jeweils spezifisch zu lösenden Problemen, wie der Integration von Legacy-Komponenten oder der Entwicklung für eingebettete Multicore-Systeme [10].

Der für die Projektgruppe gewählte Ansatz der Integration von Komponenten auf einem FPGA als Network-on-Chip (siehe Abb. 2) [4] ist eine Methode der Hardware-Spezialisierung, die als Alternative zu aktuellen Trends der Verwendung von Multicore-Systemen (Hardware-Vervielfachung) steht und damit andere Entwicklungsansätze erfordert, zugleich aber vorhandene Strukturen nachbilden kann. Hier ist von Interesse, inwieweit der gewählte Isolations- und Integrationsansatz praxistauglich ist. Dazu ist eine Evaluation des Kommunikations- und Zeitverhaltens im Vergleich zu realen Systemen vorgesehen.

Ein weiterer forschungsrelevanter Aspekt ist die Evaluation von querschnittenden Belangen über die Hardware-/Software-Grenze hinaus [5]. Hier ist insbesondere die durchgängige Konfiguration von eingebetteten Systemen auf Hardware- und Software-Ebene von Interesse. Dieser Ansatz soll die bisherigen Ergebnisse der Arbeitsgruppe im Bereich der Software-Produktlinien [13, 14] auf integrierte eingebettete Systeme ausweiten.

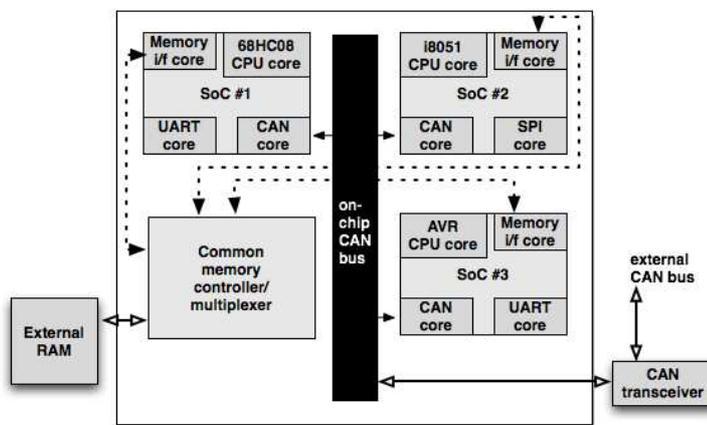


Abbildung 2: Automobiles Network-on-Chip

5.3 Ziele und beabsichtigte Lerneffekte

Im Rahmen der aktuell (bis Ende Sommersemester 2008) laufenden Projektgruppe "AutoLab" wurde der Grundstein für das Automobil-Labor der Arbeitsgruppe gelegt. Die in dieser PG erzielten Kenntnisse werden nun verwendet, um in CoaCh eine Gesamtsicht auf Hardware wie Software eines eingebetteten Systems zu geben.

Damit könnten dann folgende Einzelziele erreicht werden:

- Entwicklung von eingebetteten Systems-on-Chip für den Automobilbereich.
- Integration heterogener Systeme auf einem Chip als Network-on-Chip.

- Gesamtkonfiguration von eingebetteten Systemen auf Hardware-, Software- und Netzwerk-Ebene.

Im Rahmen der AutoLab-Projektgruppe wurde bereits eine Zusammenarbeit mit Industriepartnern initiiert, die auch im Rahmen von CoaCh weitergeführt werden soll.

Die Arbeiten auf der Fahrzeugseite werden sich auf den Karosseriebereich konzentrieren, da bereits vertiefte Erfahrungen mit dem dort zum Einsatz kommenden CAN-Bus vorliegen. Messeinrichtungen für den CAN-Bus [8] sind bereits vorhanden und werden für die Integration des FPGA Network-on-Chip mit realen Hardware-Komponenten zum Einsatz kommen. Hier ist die Ansteuerung von im Labor vorhandenen Komponenten wie Scheinwerfern, Gangwahlschalter und elektrischem Fensterheber wichtiger Bestandteil der Arbeiten.

Ein Schwerpunkt liegt auf der Erstellung von eingebetteten Systems-on-Chip mit heterogenen Strukturen und deren Integration in ein Network-on-Chip. Hierbei sollen verschiedene SoCs in Gruppen von 3-4 Studierenden erstellt werden, indem als Open Source verfügbare *soft cores* für Prozessoren, Peripherie- und Buseinheiten evaluiert, adaptiert und in ein System integriert werden; darauf aufbauend soll eine Beispielapplikation basierend auf einem typischen automobilen Echtzeitsystem wie OSEK [3] implementiert werden. Die einzelnen Systeme werden dann in gemeinsamer Arbeit auf einen FPGA integriert. Hierbei sind Integrationsprobleme zu erkennen und zu lösen.

Studentinnen und Studenten, die in der Projektgruppe mitarbeiten, bietet sich neben der Erfahrung, eine komplexe Aufgabe im Team zu lösen, die Möglichkeit, die Welt der Entwicklung automotiver eingebetteter Systeme kennenzulernen. Dazu gehört Wissen über typische Hard- und Softwarearchitekturen, Entwicklung von Hardware-Systemen auf FPGAs und Adaption von Betriebssystemen auf die jeweilige Hardware sowie generelles Know-How über die Zusammenhänge in dieser gerade in Deutschland sehr wichtigen und erfolgreichen Branche. Auf der praktischen Seite bietet die Projektgruppe Teilnehmern die Gelegenheit, ein verteiltes, heterogenes, eingebettetes System aus Hard- und Software zu konzipieren, auf Beschaffungen Einfluss zu nehmen und letztlich die Hard- und Software dafür zu entwerfen und implementieren.

5.4 Rechtliche Hinweise

Die Ergebnisse der Projektarbeit inkl. der dabei erstellten Hard- und Software sollen der Fakultät für Informatik uneingeschränkt zur freien Forschung zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sind keine Einschränkungen der Verwertungsrechte an den Ergebnissen der Projektgruppe vorgesehen. Es ist jedoch möglich, dass im Rahmen von Industriekooperationen im Einzelfall (z.B. bei Zugriff auf Quellcodes kommerzieller Embedded-Betriebssysteme) Vertraulichkeitsvereinbarungen unterzeichnet werden müssen.

6 Teilnahmevoraussetzungen

Notwendige Voraussetzungen

- Vorlesung "Rechnerarchitektur", "Prozessrechnertechnik" oder "Eingebettete Systeme"
- Bereitschaft zur hardware- und systemnahen Programmierung sowie keine Angst vor Hardware
- Verständnis englischsprachiger Artikel und Handbücher

Wünschenswert

- Programmierkenntnisse in C/C++ und Hardware-Entwurfssprachen (VHDL, Verilog)
- Vorlesung "Betriebssystembau"

7 Minimalziele

1. Entwicklung von Systems-on-Chip
 - (a) Detaillierter Entwurf von Systems-on-Chip für automobiler Controller und Evaluierung verfügbarer Open Source-Komponenten

- (b) Implementierung der jeweiligen Systeme unter Verwendung der evaluierten Komponenten
2. Erstellung einer Beispielanwendung für das jeweilige System-on-Chip
3. Planung der Integration der SoCs in ein Network-on-Chip
 - (a) Ermittlung von Integrationsproblemen
 - (b) Entwicklung von Konzepten für die Buskomponente und weitere Integrationskomponenten
4. Implementierung des Network-on-Chip, Integration der in (1) und (2) erstellten Hard- und Software-Komponenten unter Anwendung der in (3) erarbeiteten Konzepte
5. Dokumentation aller Ergebnisse, insbesondere in Form des Zwischen- und Abschlussberichts

8 Literatur

- [1] AutoSAR homepage. <http://www.autosar.org>.
- [2] OpenCores homepage. <http://www.opencores.org>.
- [3] OSEK/VDX Group, Operating Systems Specification 2.2.3. OSEK/VDX Group, February 2005, <http://www.osek-vdx.org>. <http://www.opencores.org>.
- [4] Hannu Tenhunen (Eds.) Axel Jantsch. Networks on Chip. Kluwer Academic Publishers, Boston; 2003. Hardcover, pp. 303, plus VIII, ISBN 1-4020-7392-5. *Microelectronics Reliability*, 44(7):1203–1204, 2004.
- [5] Michael Engel and Olaf Spinczyk. Aspects in Hardware - What Do They Look Like? In *Proceedings of the 7th AOSD Workshop on Aspects, Components, and Patterns for Infrastructure Software (AOSD-ACP4IS '08)*, Brussels, Belgium, April 2008. ACM Press.
- [6] Michael Engel and Olaf Spinczyk, editors. *Proceedings of the 1st Workshop on Isolation and Integration in Embedded Systems (IIES 2008)*, Glasgow, UK, April 2008. ACM Press.
- [7] Michael Engel and Olaf Spinczyk. System-on-Chip Integration of Embedded Automotive Controllers. In *Proceedings of the First Workshop on Isolation and Integration in Embedded Systems*, Glasgow, UK, April 2008. ACM Press.
- [8] Konrad Etschberger. *Controller Area Network*. Carl Hanser Verlag, 2002.
- [9] Thomas Heinz. Preserving temporal behaviour of legacy real-time software across static binary translation. In *Proceedings of the First Workshop on Isolation and Integration in Embedded Systems*, Glasgow, UK, April 2008. ACM Press.
- [10] Hermann Kopetz, Roman Obermaisser, Christian El Salloum, and Bernhard Huber. Automotive Software Development for a Multi-Core System-on-a-Chip. In *SEAS '07: Proceedings of the 4th International Workshop on Software Engineering for Automotive Systems*, page 2, Washington, DC, USA, 2007. IEEE Computer Society.
- [11] Peter Marwedel. *Eingebettete Systeme*. Springer-Verlag, 2007.
- [12] Douglas L. Perry. *VHDL: Programming by Example*. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA, 2002.
- [13] Julio Sincero, Olaf Spinczyk, and Wolfgang Schröder-Preikschat. On the Configuration of Non-Functional Properties in Software Product Lines. In *Proceedings of the 11th Software Product Line Conference, Doctoral Symposium (SPLC '07)*, pages 167–173, 2007.
- [14] Olaf Spinczyk and Holger Papajewski. Using Feature Models for Product Derivation. In *Proceedings of the 10th Software Product Line Conference (SPLC '06)*, page 225, Baltimore, Maryland, August 2006. tutorial description.
- [15] The Design Automation Standards Committee of the IEEE Computer Society. *IEEE Standard 1076-1993: VHDL*. IEEE, 1993.