

12.24196

Introduction to Embedded Systems

Prof. Dr.-Ing. Stefan Kowalewski | Julius Kahle, M. Sc.
Summer Semester 2025

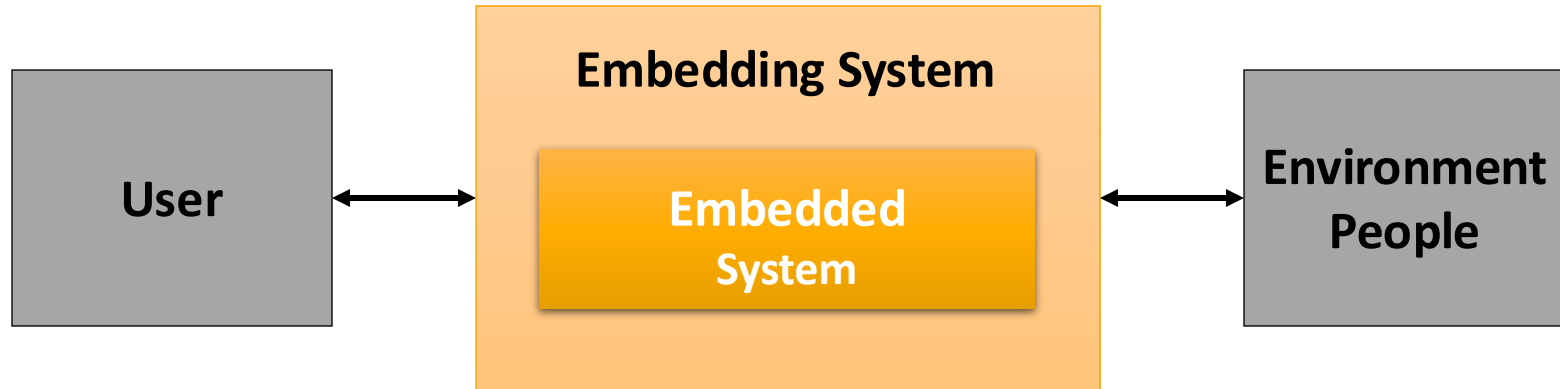
Part 0

Introduction (to Embedded Systems)

Content

1. What is an embedded system?
2. Product and production automation
3. Technology and programming languages

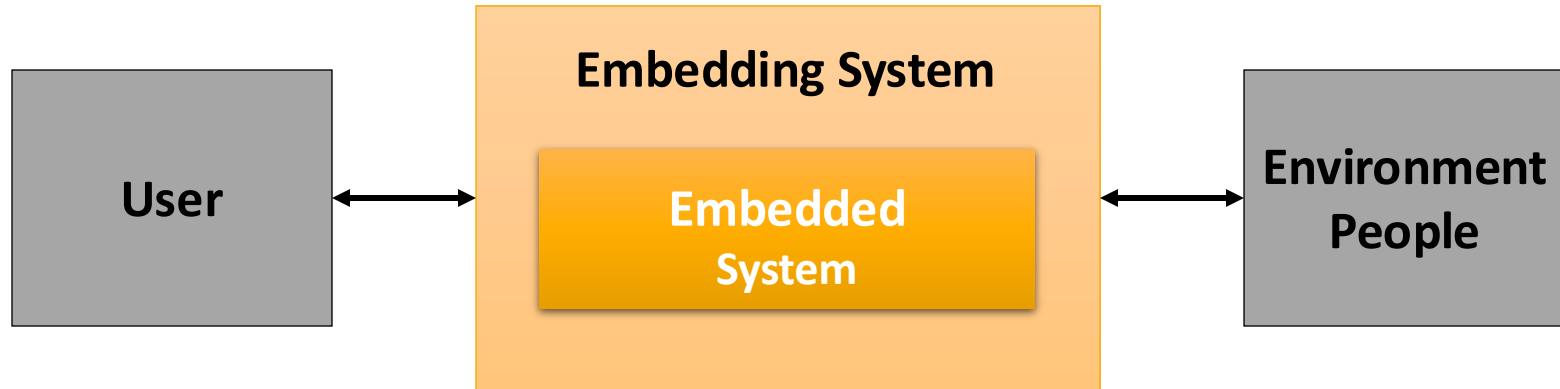
What is an embedded system?



Embedded System =

A computer system which is integrated into another technical system (the embedding system) for the purpose of influencing the embedding system such that it behaves in a desired manner.

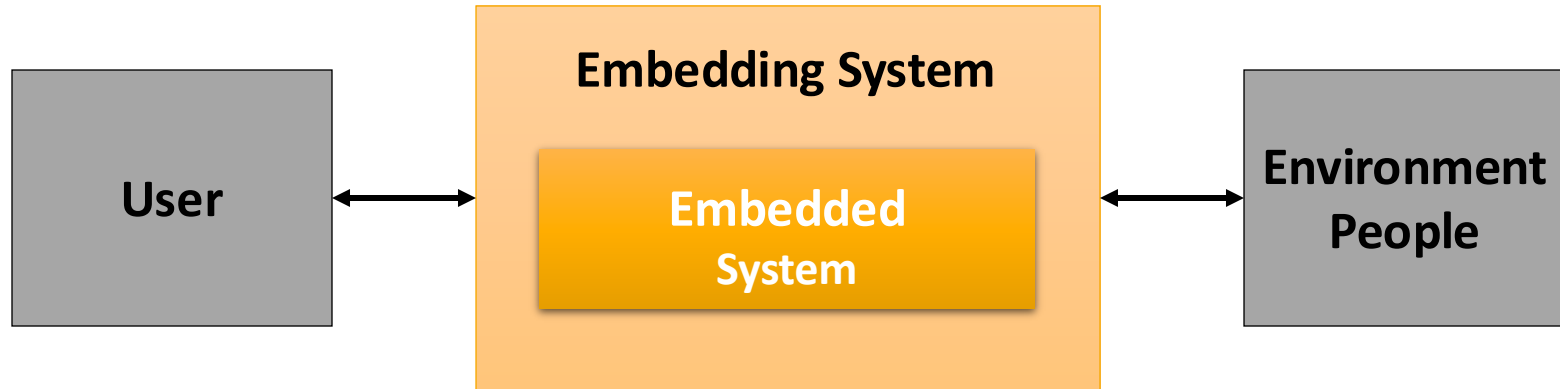
What is an embedded system?



Important for the design of embedded systems:

The requirements for the embedded system must be derived **from the requirements** for the embedding system.

Another term: Software controlled systems

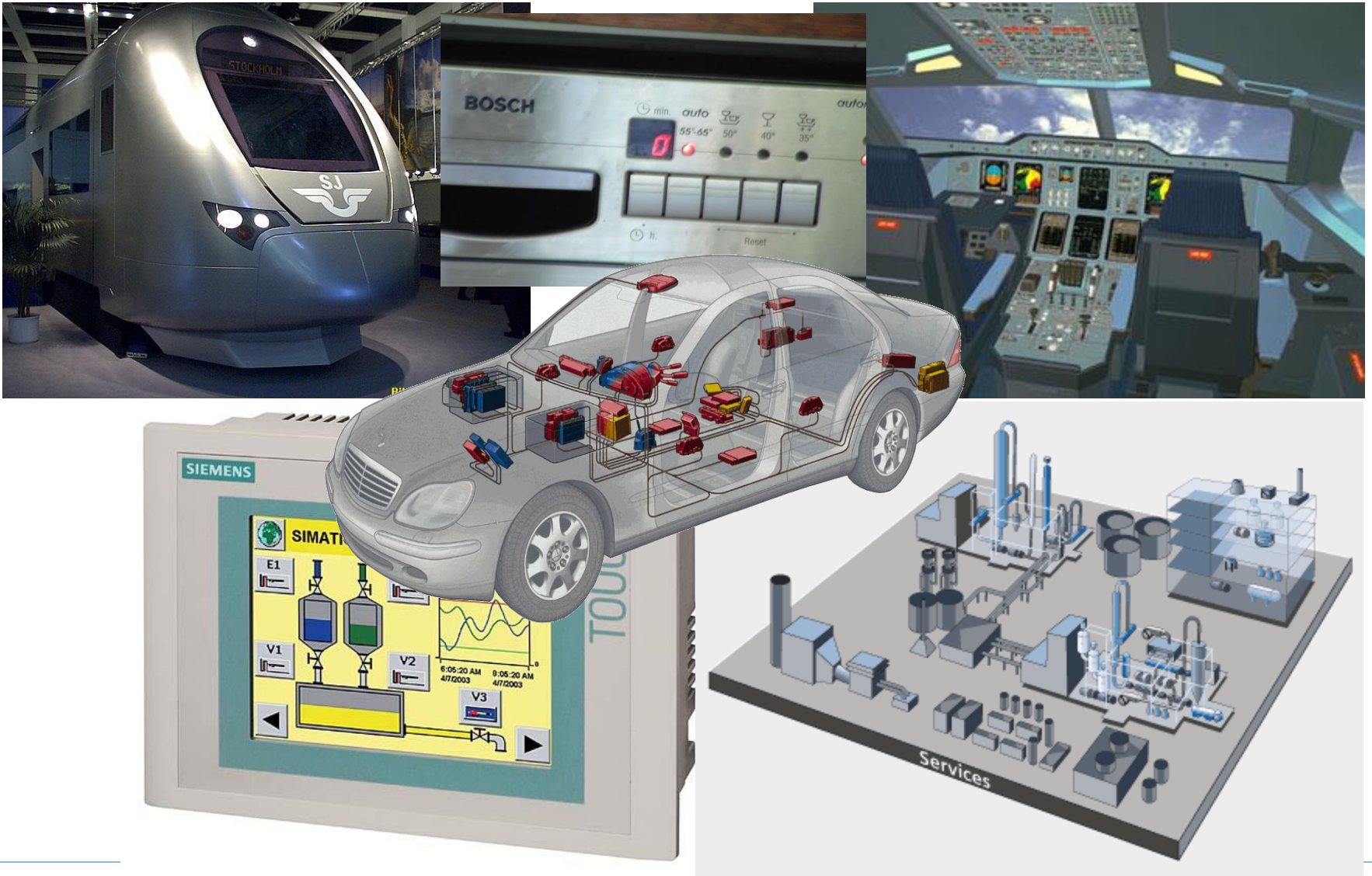


Software controlled system =

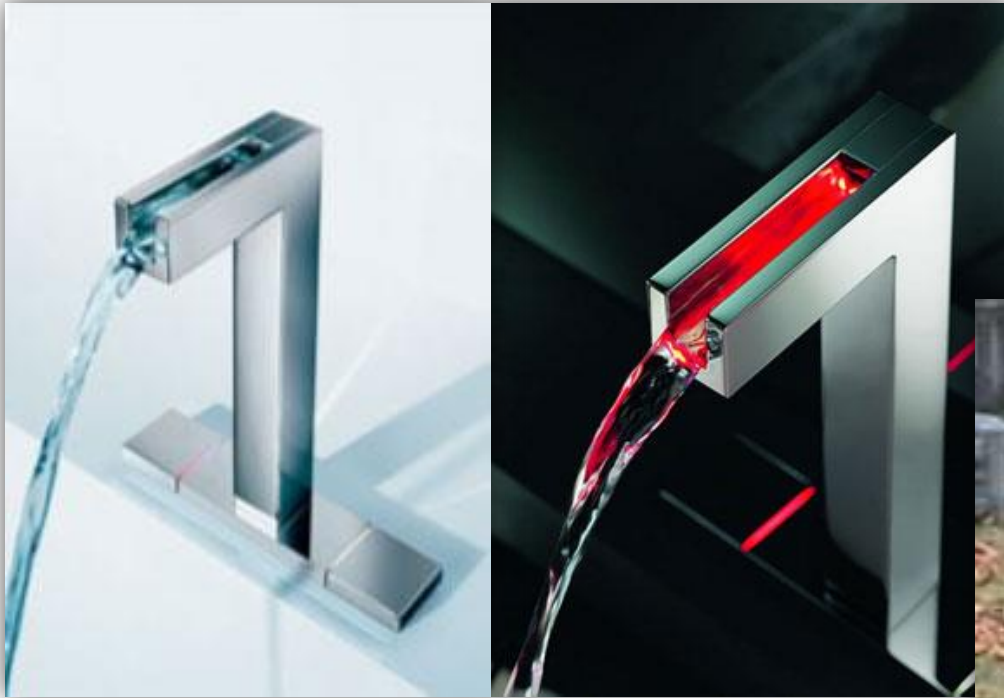
A system which is controlled by a control system and where the functionality of the control system is realized dominantly by software.

⇒ Functionality and quality of overall system depends critically on software.

Examples of embedding systems



Embedded systems(?)

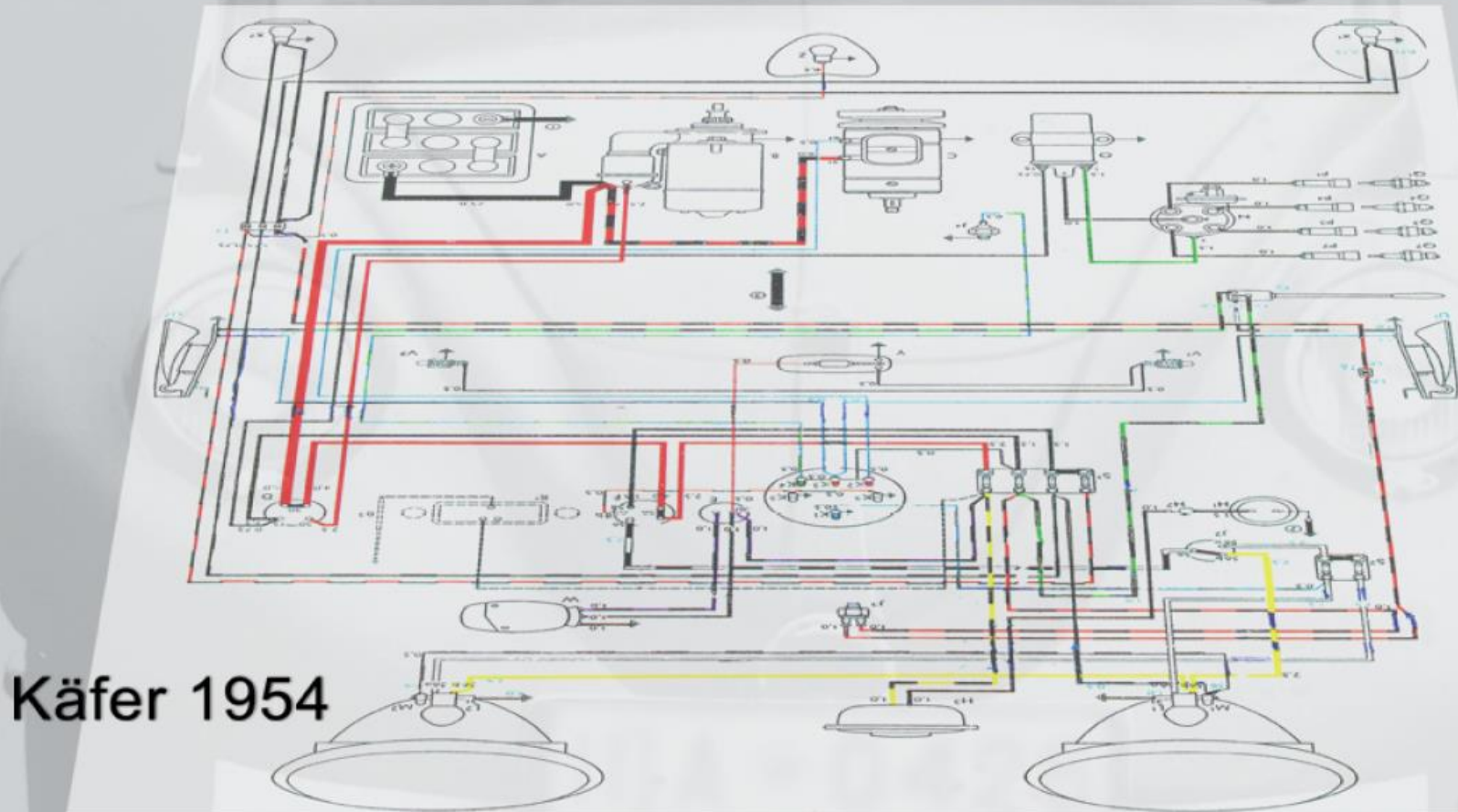


Importance of embedded systems

- ▶ **Market share with respect to number of processors:**
98% of all processors for embedded systems,
2% for desktops, laptops, servers etc.
(of $> 8 \cdot 10^9$ units, statistics from 2000)
 - ▶ **Number of embedded systems with which an average citizen is contacted during a day:**
60–100 (Estimation, USA, 1998)
 - ▶ **Share of electronics and software in the development costs of an automobile:**
2006: **20%**^[1]
2015: **35%**^[2]
Future Trend: 50%^[3]
- [1] Mercer Study Automotive Electronics (2006),
[2] <http://www.strategyand.pwc.com/perspectives/2015-auto-trends>,
[3] <http://www.automotiveit.eu/expertise-das-kluge-auto-kommt-ohne-it-geht-es-nicht/blickpunkt/id-0028076> (2011))

Relevanz der Elektronik im Automobil

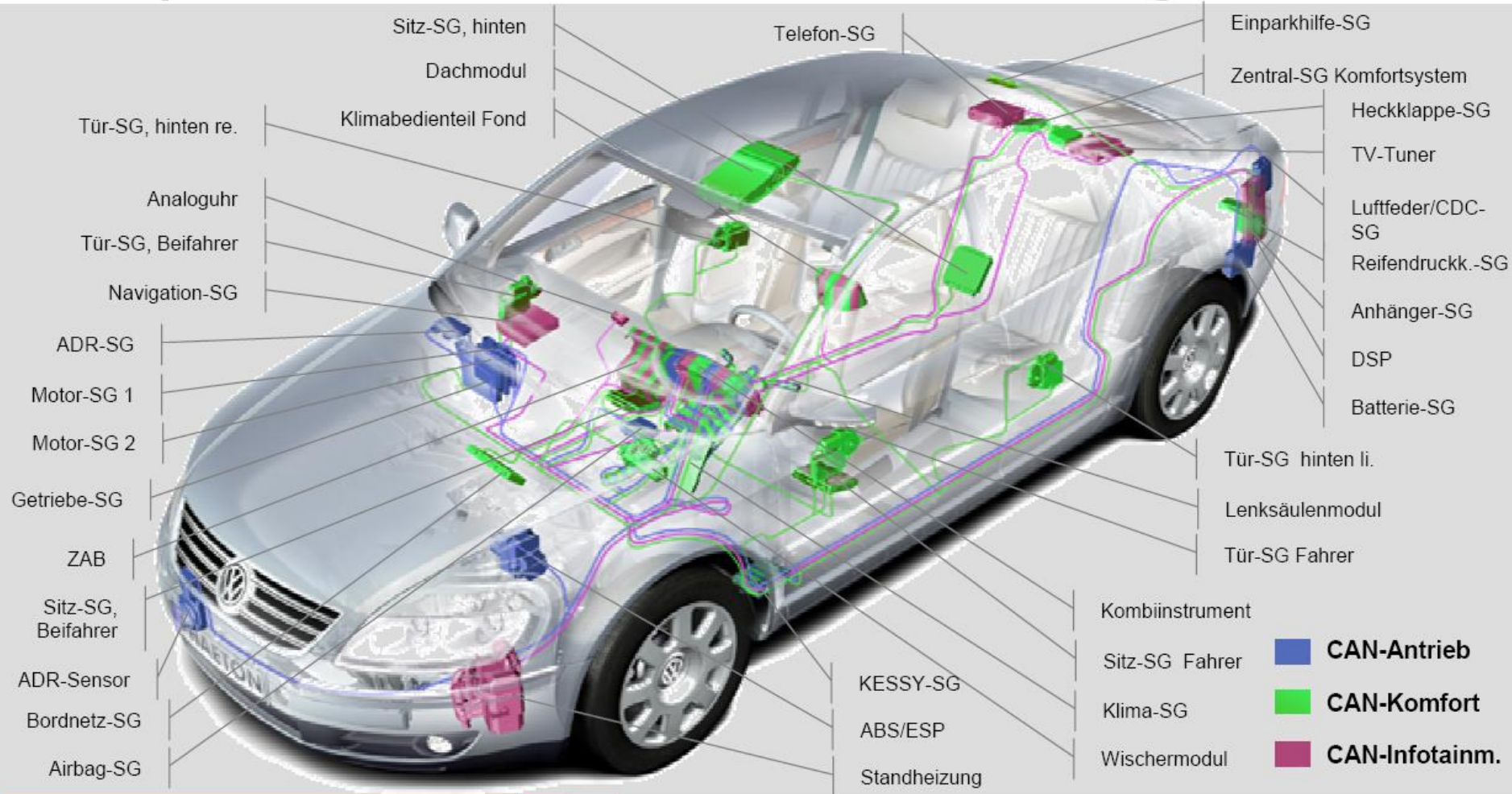
Komplexität des Käfers von 1954



Käfer 1954

Relevanz der Elektronik im Automobil

Komplexität des Phaeton: CAN vernetzte Steuergeräte



Fahrzeug steht, Kunde läuft

Durch digitale Steuersysteme komfortabler, doch inzwischen Nummer eins. Mit einer großen Hersteller und Zulieferer



Pannenhelfer mit Laptop

Komplexere Software in Autos als Pannenursache Nummer eins

Die immer komplexere Software in Autos ist Pannenursache Nummer eins: Fehler in der Elektronik seien inzwischen für 55 Prozent der Ausfälle verantwortlich, räumten Automobilhersteller und Softwareexperten zu Beginn der Fachtagung «Informatik 2003» am Dienstag in Frankfurt ein. Hauptursache sei das mangelnde Zusammenspiel zwischen Software verschiedener Zulieferer.

Center Automotive Research in Gelsenkirchen zufolge sank die Zahl der Personenwagen in den vergangenen Jahren mehr als verdoppelt, die Zahl der Unfallopfer sank um 70 Prozent. «Dies ist zu einem Gutteil auf Systeme wie ABS oder ESP zurückzuführen», glaubt die Gesellschaft für Informatik und beruft sich dabei auf Zahlen des Statistischen Bundesamtes und des ADAC.

Allerdings häufen sich auch die Systempannen. Prof. Heinrich Mayr, Präsident der GI, macht dafür eine fatale Koalition aus immer kürzeren Entwicklungszyklen und immer komplexeren IT-Systemen verantwortlich. «Bislang wird unterschätzt, dass der Entwicklungsprozess bei Software aufwendiger ist als in der Mechanik», sagt er. Ingenieuren lernen - auch was Grundlegende Standards für



Murks aus Germany

Das Mautsystem und weitere Blamagen der deutschen Industrie ...

ger, bestatigt Car IT GmbH. Der Markt einer Studie der Unternehmensberatung 2010 auf 100 Milliarden Euro vervierfachen. basierten 90 Prozent aller Innovationen im Auto auf Software oder Elektronik. «In einem Oberklasse-Wagen sind heute 70 oder 80 elektronische Steuergeräte», sagt Weinmann. Dank 300

Beitrag drucken

Automacken

Die Krux mit der Elektronik

Das Fenster bleibt stecken, die Zentralverriegelung funktioniert nicht - Probleme mit der Bordelektronik hat etwa jedes sechste Auto. Führend in der Mackenstatistik: teure Modelle der Hersteller Mercedes und BMW.

Meinzig 17 Prozent der Befragten einer repräsentativen Umfrage der Elektronik am Auto zu



AUTOHERSTELLER

Die Pannenserie bei General Motors

Autor: Axel Postinett

Datum: 08.04.2014 01:32 Uhr

Der Autobauer GM steht weiter in der Kritik. Im Zentrum der neuesten Vorwürfe steht ein Software-Fehler, der das Auslösen von Airbags verhindert. Auch dieses Problem sei vertuscht worden.

Quelle: Handelsblatt 08.04.2014

<http://www.handelsblatt.com/auto/test-technik/autohersteller-die-pannenserie-bei-general-motors/9731406.html>

magazin,

www.hallo-das-magazin.de

Airbag-Fehler beim A4: Audi ruft 850.000 Wagen zurück



Audi

Allein in Deutschland sind rund 150.000 Autos betroffen: Audi ruft weltweit 850.000 A4 in die Werkstätten zurück. Wegen eines Softwarefehlers könnten die Airbags im Falle eines Unfalls versagen.

Quelle: Spiegel Online 23.10.2014

<http://www.spiegel.de/forum/auto/airbag-fehler-beim-a4-audi-ruft-850000-wagen-zurueck-thread-174798-1.html>

Und selbst als der Wachmann einen Hammer holte, dauerte es. Die Scheiben erwiesen sich als sehr widerstandsfähig." Jaovisidha hatte seinen Dienst-BMW erst zwei Tage zuvor bekommen – als Ersatz für einen Mercedes, der ebenfalls kaputt gegangen war.

What are embedded systems doing?

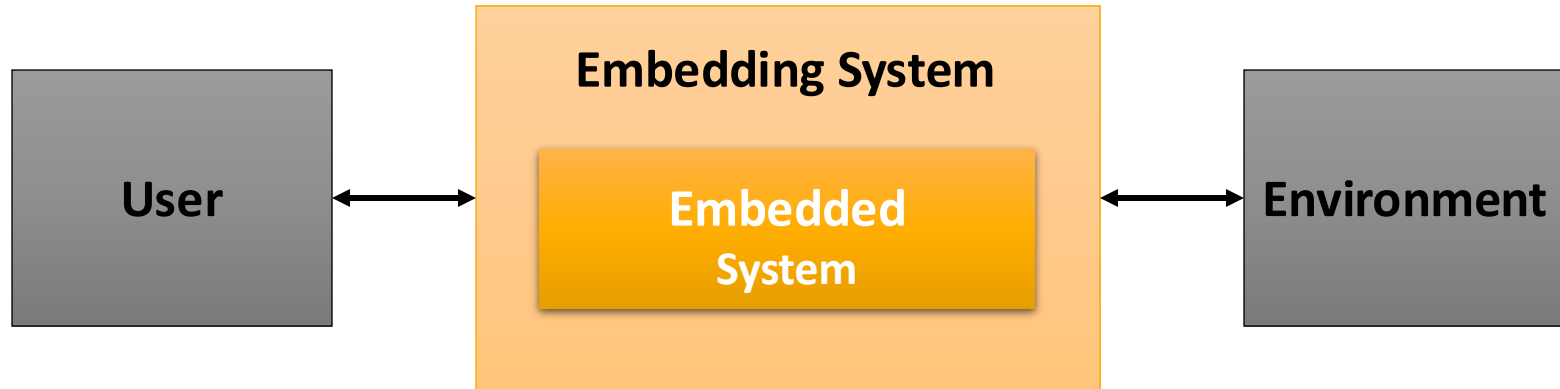
▶ Typical functionalities

- Measuring physical variables (sensing)
- Storing data
- Processing sensor signals and data
- Influencing physical variables (actuating)
- Monitoring, Supervision
- Enable manual and automatic operation

▶ Important disciplines for embedded systems:

- Control Engineering
- Measurement/Sensor Technology
- Signal Processing

Two different main application areas



Product automation

Embedding system = product

Examples:

- Automotive Electronics
- Avionics
- Health Care Systems

Production automation

Embedding system = production system

Examples:

- Manufacturing Control
- Chemical Process Control
- Logistics

Similarities in product and production automation

- ▶ Requirements for embedded system must be derived from the requirements for the embedding system
- ▶ Strong real-time, safety and reliability requirements
- ▶ Design happens at the interface between Computer Science and Electrical/Control Engineering
- ▶ Design culture is coined by electrical and mechanical engineering
 - Hardware design has priority.
 - Hardly any software abstractions
- ▶ Design effort moves from hardware to software
- ▶ Rising complexity and quality concerns

Differences between product and production automation

- ▶ Mass production versus unique, custom-made plants (embedding system)
- ▶ Resource constraints
- ▶ Relationship between manufacturer, supplier, operator and user
- ▶ Operation and maintenance
- ▶ Device technology for embedded systems
- ▶ Programming languages, design environments

Differences between product and production automation (2)

Product automation

Device technology:

- Microcontrollers
- Digital Signal Processors
- Programmable Hardware

Programming Languages:

- C
- Assembler
- C++
- VHDL
- MATLAB/Simulink
- Java (only for apps)

Production automation

Device technology:

- Programmable Logic Controllers (PLCs)
- Distributed Control Systems (DCS)
- Industrial PCs (IPCs)

Programming languages:

- IL
- LD (RLL)
- FBD
- ST
- SFC

(all standardized by IEC 61131-3)

Differences between product and production automation (2)

Product automation

Device technology:

- **Microcontrollers**
- Digital Signal Processors
- **Programmable Hardware**

Programming Languages:

- **C**
- Assembler
- C++
- VHDL
- **MATLAB/Simulink**
- Java (only for apps)

Production automation

Device technology:

- **Programmable Logic Controllers (PLCs)**
- Distributed Control Systems (DCS)
- Industrial PCs (IPCs)

Programming languages:

- **IL (*German: AWL*)***
- **LD/RLL (KOP)***
- **FBD (FBS)***
- **ST***
- **SFC (AS)* (S7-GRAPH)**
- **CFC**

*standardized by IEC 61131-3

In general:

- ▶ Reliability
- ▶ Safety
- ▶ Real-time
- ▶ Maintainability
- ▶ Evolvability

Mostly for high-volume systems (product automation systems):

- ▶ Cost
- ▶ Weight
- ▶ Mounting space
- ▶ Energy consumption