



Sensorsimulation in Hardware in the Loop-Anwendungen

Kristian Trenkel, Florian Spittler

Echtzeit 2014
20.11.2014

Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Einführung
Über 50 Steuergeräte (ECUs)

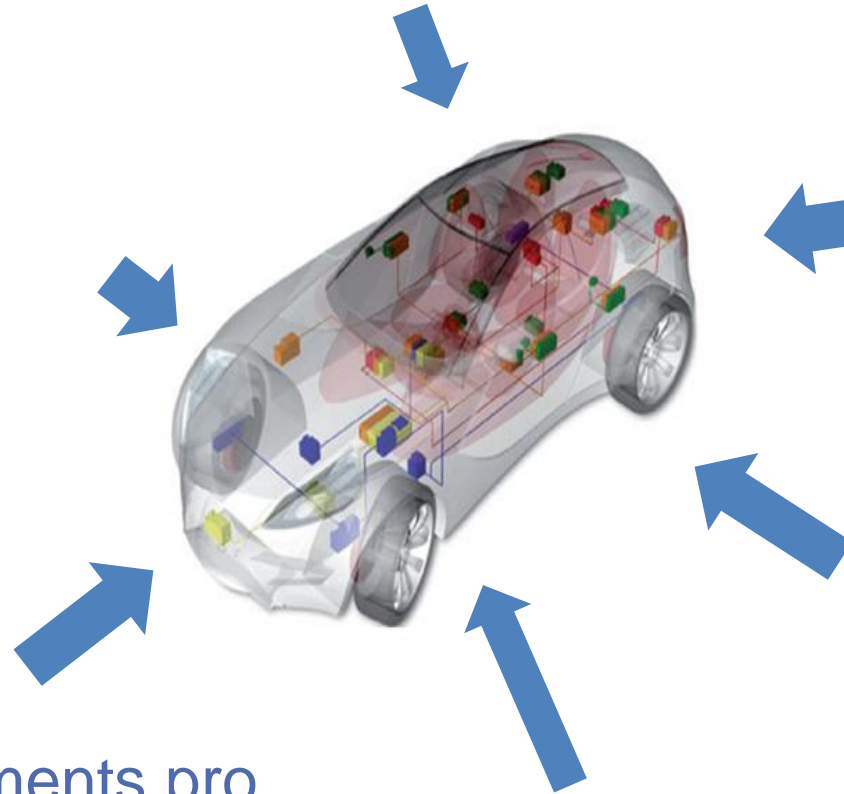
150 Sensoren

Komplexe
Systeme

Schnelle
Entwicklungs-
zyklen

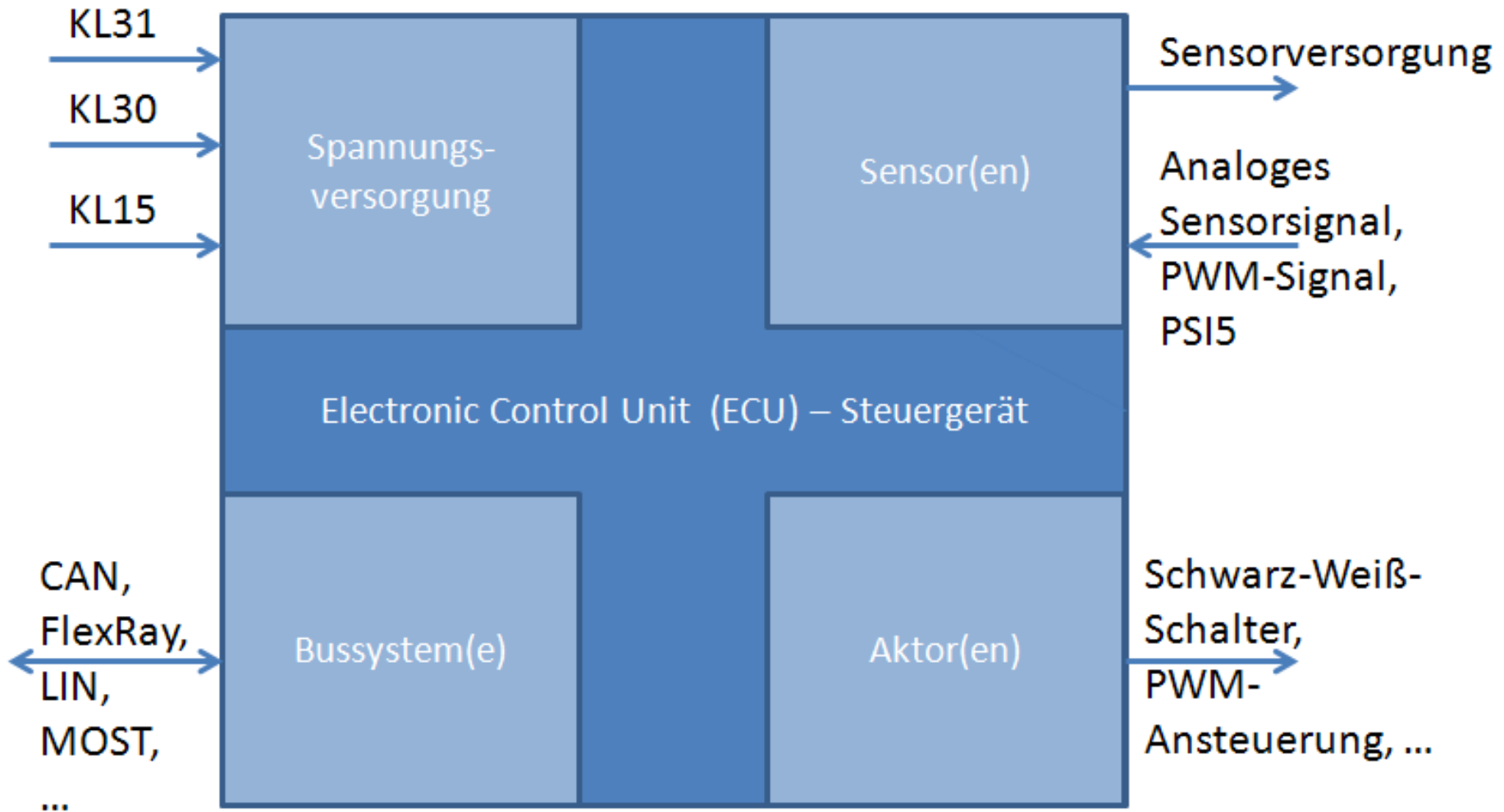
3000 oder
mehr Requirements pro
ECU

Ungeeignete Testsysteme



Einführung

Automotive ECU



Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung**
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Problemstellung

- Starke Verbreitung digitaler Sensorschnittstellen (z. B. PSI5, SENT, SPI und LIN)
- Umfangreiche Diagnoseinformationen von Sensoren
- Komplexe Kommunikation
- Nur reguläre Betriebszustände mit realen Sensoren nutzbar
- Keine/Wenige echtzeitfähigen Simulationen verfügbar



Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation**
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Anforderungen an eine Sensorsimulation

- Echtzeitfähige Simulation der Sensorkommunikation
- Echtzeitfähige Übernahme der Sensordaten von Testsystem (typisch 500µs – 1 ms)
- Echtzeitfähige Verarbeitung des Sensorprotokolls (typische < 1µs)
- Integration in bestehende Testsysteme und Prüfstände
→ CAN-Bus
- Flexible Erweiterbarkeit für neue Protokoll bzw. Protokollerweiterungen
- Möglichkeiten zur Fehlerinjektion



Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Konzept und Realisierung

Basiskonzept

Hardware Plattform – Zwei Lösungsansätze:

1. Protokollimplementierung in einem FPGA

- ✓ Sehr gute Echtzeitfähigkeit
- ✗ Hoher Implementierungsaufwand
- ✗ Hoher Wartungsaufwand

2. Protokollimplementierung in einem Mikrocontroller

- ✗ Bedingte Echtzeitfähigkeit
- ✓ Geringer Implementierungsaufwand
- ✓ Geringer Wartungsaufwand



Konzept und Realisierung

Basiskonzept

Physikalischen Schnittstellen – Zwei Lösungsansätze:

1. Komplexe Hardware für alle Schnittstellen
 - Hoher Komplexität
 - Nur eine Hardware zu pflegen
2. Jeweils eine Hardware für jedes Schnittstelle
 - Geringe Komplexität
 - Höherer Pflegeaufwand



Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung**
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform**
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Konzept und Realisierung

Hardware Plattform

- Mikrocontroller-Auswahl
 - Hohe Taktrate
 - Schnelle Interrupt-Annahmezeit
 - CAN-Schnittstelle
 - Ethernet-Schnittstelle
 - Verfügbarkeit
 - Preis

- ➔ ARM Cortex-M4 – STM32F4
- ➔ Mikrocontroller-Modul



Konzept und Realisierung

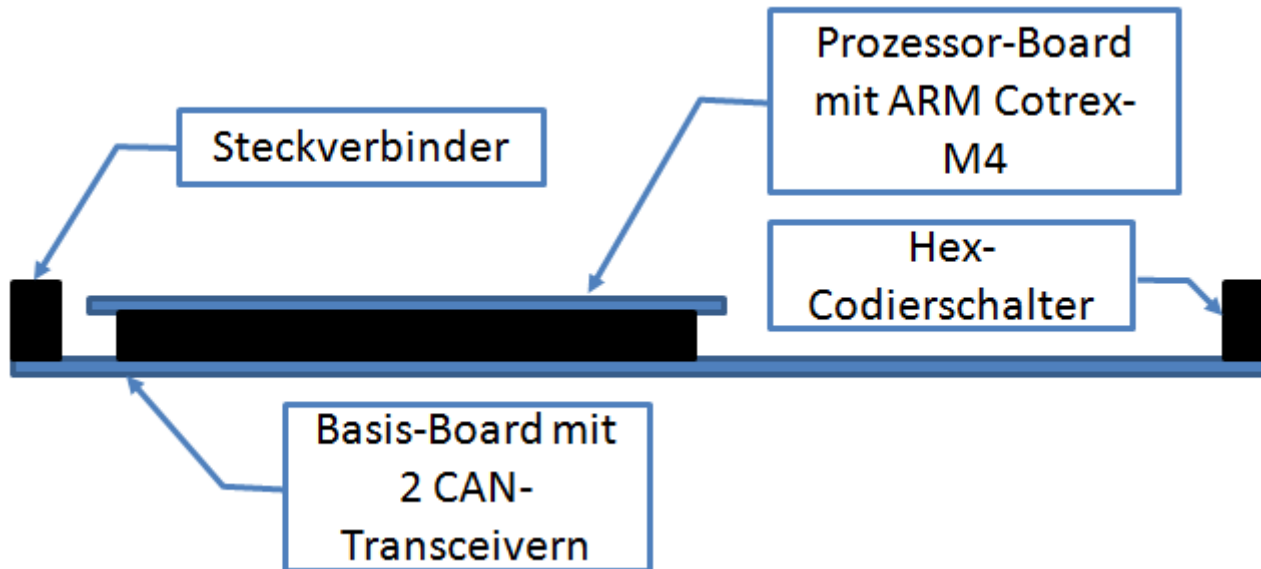
Hardware Plattform

- Umsetzung der physikalischen Sensorschnittstellen
 - Getrennte Hardware für jede Schnittstelle (SPI, SENT, PSI5 und LIN)
 - Gemeinsame Basisfunktionen (CAN und Hexcodier-Schalter)
 - Funktionen zur Fehlerinjektion auf physikalischer Ebene



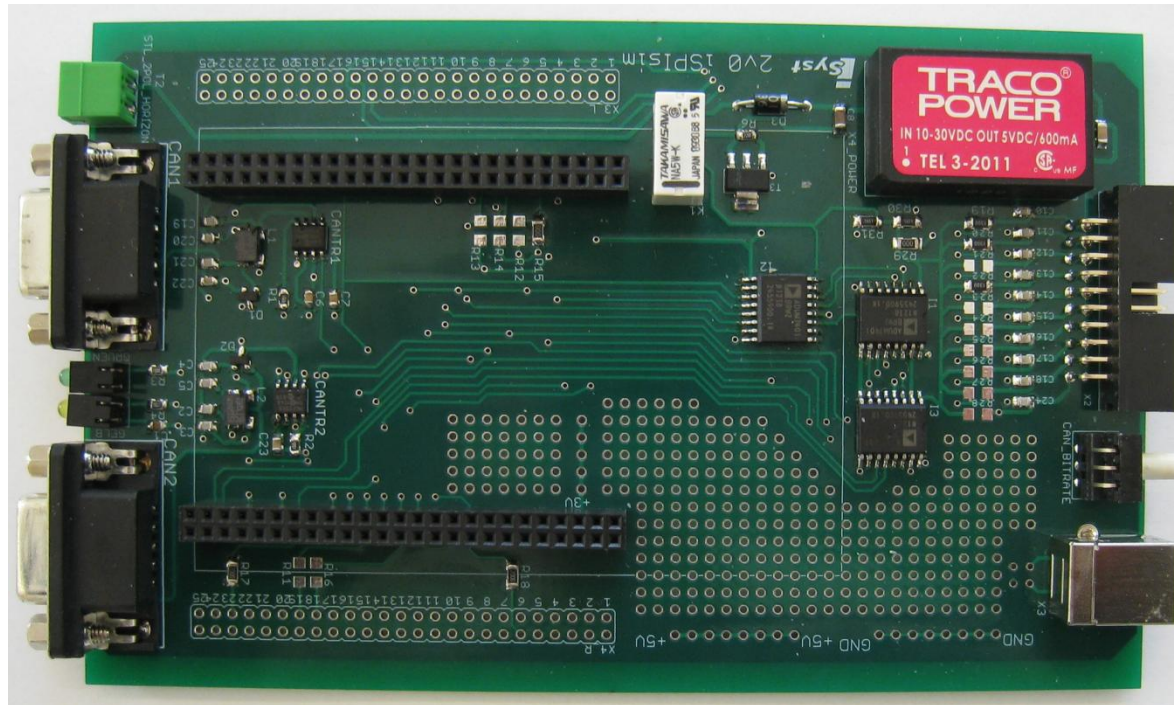
Konzept und Realisierung

Hardware Plattform



Konzept und Realisierung

Hardware Plattform – Beispiel SPI



Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung**
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform**
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Konzept und Realisierung

Software Plattform

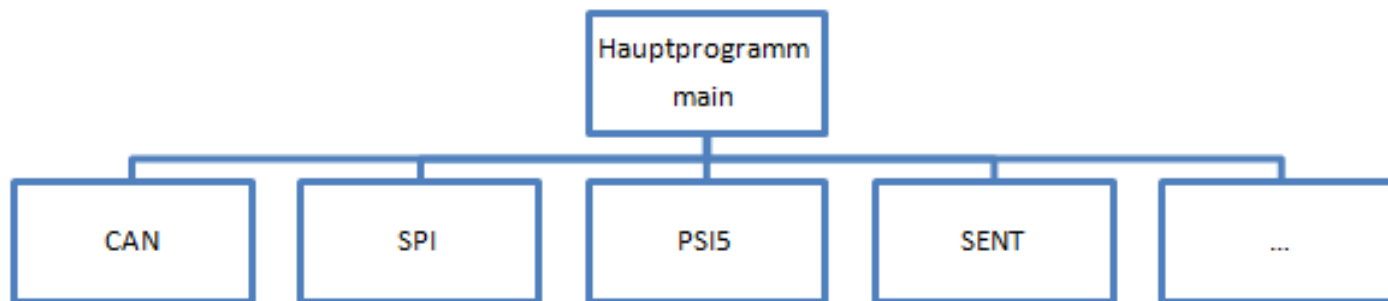
- Modularer Ansatz
- Wiederverwendung gemeinsamer Module
- Hardwarenahe Programmierung – Hohe zeitliche Anforderungen

➔ „Flaches“ Modulkonzept



Konzept und Realisierung

Software Plattform



Konzept und Realisierung

Software Plattform

- Protokollspezifische Module
 - Integration der Interrupt Service Routinen
 - Verwendung von *inline*
 - Keine Verwendung vorhandener Treiber
 - Direkter Zugriff auf Hardware-Register
- ➔ Maximale Optimierung auf Performance notwendig
- ➔ Einhaltung der Verarbeitungszeit von $< 1\mu\text{s}$



Konzept und Realisierung

Systemintegration

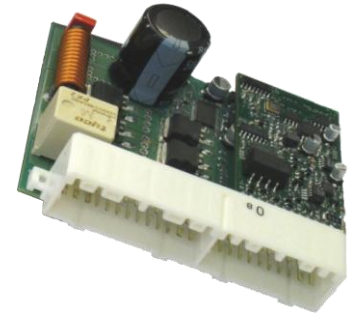
Testsystem



Sensorsimulation



Device under Test



CAN

SPI
PSI5
SENT

Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Anwendungsbeispiele

Beschleunigungssensoren – Bosch SMI510 und SMI 540

- SPI angebundene Beschleunigungssensoren
- Simulation von 3 Sensoren parallel
- Kommandoverarbeitung und CRC-Prüfung in $< 1\mu\text{s}$
- Fehlerinjektion auf Protokollebene möglich
- Fehlerinjektion auf physikalischer Ebene möglich



Anwendungsbeispiele

Radbeschleunigungssensor – Continental AK gSAT 16g



- PS15 angebundene Radbeschleunigungssensor
- Simulation von 4 Sensoren parallel
- Simulation des realen Zeitverhalten des Sensors inklusive Aufstartverhalten
- Fehlerinjektion auf Protokollebene möglich
- Fehlerinjektion auf physikalischer Ebene möglich

Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Zusammenfassung

- Effiziente und modulare Plattform für die Sensorsimulation in Entwicklung und Test
- Echtzeitfähige Simulation verschiedener Sensorprotokolle
- Umfangreiche Fehlerinjektionsmöglichkeiten für den Test sicherheitsrelevanter Systeme
- Integrationsmöglichkeit in bestehende Testsysteme und Prüfstände
- Einsatz für Entwicklung



Gliederung

- I. Einführung
- II. Problemstellung
- III. Anforderungen an eine Sensorsimulation
- IV. Konzept und Realisierung
 - a. Basiskonzept
 - b. Hardware Plattform
 - c. Software Plattform
- V. Anwendungsbeispiele
- VI. Zusammenfassung
- VII. Ausblick



Ausblick

- Erweiterung auf weitere Sensorprotokolle – z. B. IO-Link
- Implementierung spezifischer Sensorprotokolle – z. B. für SPI
- Erweiterung der Sensordatenvorgabe mit Echtzeit Ethernet



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen, Anregungen oder mögliche
Anwendungen in der Automatisierung?

iSyst Intelligente Systeme GmbH
Nordostpark 91
D-90411 Nürnberg

kristian.trenkel@isyst.de

