

Audi
Vorsprung durch Technik



**Integration von bisher eigenständigen Steuergeräten und Funktionen –
Herausforderungen eines Kollaborationsprojektes**

INCHRON Kollaborationsworkshop 30.03.2011

Bernhard Augustin, Audi AG

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

Inhalt:

1. Ausgangssituation: Motivation für Integration von Steuergeräten
2. Herausforderungen: Neue Rollen und Aufgaben für OEM und Tier1
3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation
Interaktion der Funktionen aus dem Blinkwinkel einer Wirkkettenanalyse
- Ein Praxisbericht
4. Ausblick

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

Inhalt:

1. Ausgangssituation: Motivation für Integration von Steuergeräten
2. Herausforderungen: Neue Rollen und Aufgaben für OEM und Tier1
3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation
Interaktion der Funktionen aus dem Blinkwinkel einer Wirkkettenanalyse
- Ein Praxisbericht
4. Ausblick

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

1. Ausgangssituation Motivation für Integration von Steuergeräten:

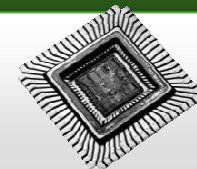
- ▶ Anzahl der Funktionen und Steuergeräte im Fahrzeug nimmt stetig zu

Kosten

- ▶ „Einfache“ CAN-Komponente besitzen „Mindest-Infrastruktur“ (uC, Spannungsregler, ...)
- ▶ Fertigungszeit
- ▶ Logistikkosten

Technologie

- ▶ Hochintegration Halbleiter-ASICs
- ▶ Gleichzeitig Performance-Zuwachs uCs



Bauraum

- ▶ „Einfache“ CAN-Komponente typisch größer 6x6x2 cm³
- ▶ Bauraum ist knappes Gut



Energie

- ▶ Betriebsstrom ~ 60mA
- ▶ Gewicht Komponente ~ 80g
- ▶ Gewicht Halter und Verkabelung

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

1. Ausgangssituation Motivation für Integration von Steuergeräten:

Kriterien für eine Integration:

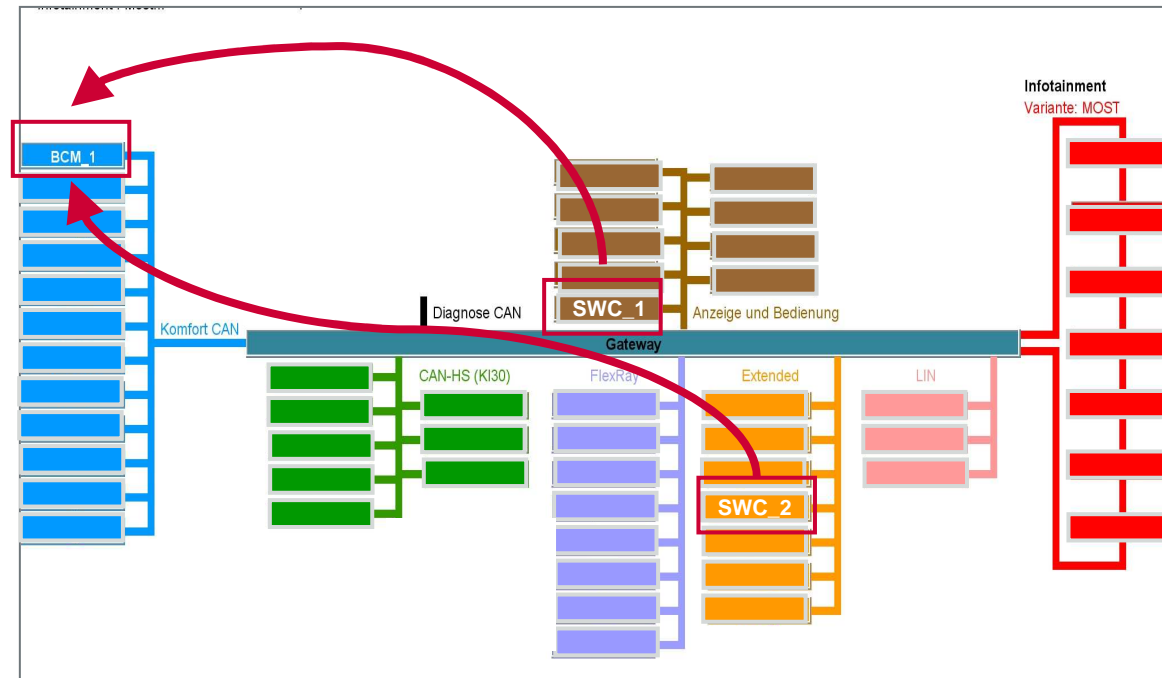
- ▶ Kommerzielle Kriterien
- ▶ Einbauraten: werden Sonderausstattungen in Serien-Steuergerät integriert, gibt es Overhead-Kosten ?
- ▶ In welchen Domänen sind die Funktionen beheimatet – gibt es Synergien aus Sicht Vernetzung und Komplexität?
- ▶ Sind Funktionen wechselseitig aktiv – gibt es Synergien aus Sicht Ressourcen-Sharing?
- ▶ Gibt es Synergien in der Organisationsstruktur:
 - ▶ Beim OEM: Synergien vs. unterschiedliche Prozesse der beteiligten Bereiche?
 - ▶ Beim Zulieferer: treten die Beteiligten als Wettbewerber auf?
- ▶ Welches sind die Sicherheitsanforderung und Vorgaben an den Entwicklungsprozess (A-SIL-Einstufung)
- ▶ ...

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

1. Ausgangssituation Motivation für Integration von Steuergeräten:

Konkretes Beispiel: Integrationen in Bodycomputer

- ▶ Tier-1-Lieferant wird in einem Steuergerät integriert
- ▶ Tier-1-Lieferant wird durch eine SW-Eigenentwicklung ersetzt
- ▶ Aus 3 Steuergeräten wird 1 Steuergerät



Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

1. Ausgangssituation: Motivation für Integration von Steuergeräten
2. Herausforderungen: Neue Rollen und Aufgaben für OEM und Tier1
3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation
Interaktion der Funktionen aus dem Blinkwinkel einer Wirkkettenanalyse
- Ein Praxisbericht
4. Ausblick

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

Gewinn

- ▶ Funktion 1, die reine SW-Funktionalität darstellt
- ▶ Funktion 2, die von Halbleiterintegration profitiert
- ▶ Ausreichend Synergien realisierbar
- ▶ „Harte“ Kriterien voll erfüllt (Kosten, Gewicht, ...)

Risiko

- ▶ Komponenten aus unterschiedlichen Domänen werden integriert
- ▶ Zulieferer treten als Wettbewerber auf
- ▶ Projekt geht beim OEM über Organisationsgrenzen hinweg
- ▶ Eindeutige Verantwortungsbeziehung (Entwicklung und Serie) nicht mehr gegeben

Integration erfordert neue Entwicklungspartnerschaften und -konstellationen

- ▶ Neue Anforderungen an Entwicklungsprozess (OEM und Zulieferer)
- ▶ Methodische Unterstützung
 - ▶ Abstraktion des IPs zwischen den Zulieferern
 - ▶ Beschreibung relevanter systembestimmender Eigenschaften: Formulierung von Echtzeitanforderungen
 - ▶ Nachweis der Einhaltung dieser Eigenschaften (Verantwortung!)

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

Konventioneller Entwicklungsprozess

- ▶ Tier-1 entwickelt und liefert Steuergerät als abgeschlossenes System
- ▶ Tier-1 hat ausgeprägtes know-how zum abgeschlossenen System
- ▶ Tier-1 ist verantwortlich für die volle Steuergeräte-Verifikation
- ▶ OEM verifiziert die Fahrzeugintegration

Integrations-Entwicklungsprozess

- ▶ Tier-1 hat weitere „Tier-1“ Zulieferer,
- ▶ der jedoch kein Sub-Lieferant ist (Wettbewerbssituation!)
- ▶ Eigenentwicklung des OEM wird integriert
- ▶ Tier-1 kann Gesamt-Steuergerät nicht mehr vollständig verifizieren (Fremdfunktionen nicht rückwirkungsfrei)
- ▶ OEM wird zu einem „2.Integrator“

Integration führt zu neuen Rollenverteilungen

- ▶ OEM definiert Anforderungen an Architektur des Host-Steuergerätes
- ▶ OEM versteht und vermittelt die Schnittstellenanforderungen der jeweiligen Funktion
- ▶ Zulieferer beschreibt auch bisher implizit vorhandene Eigenschaften als Anforderung
- ▶ Integrationstests des OEM wandern von der Fahrzeugebene auf die Steuergeräte-Ebene
- ▶ Integrationstests müssen auch beim OEM durchgeführt werden (nur OEM hat Zugriff und Verständnis auf alle Funktionen)

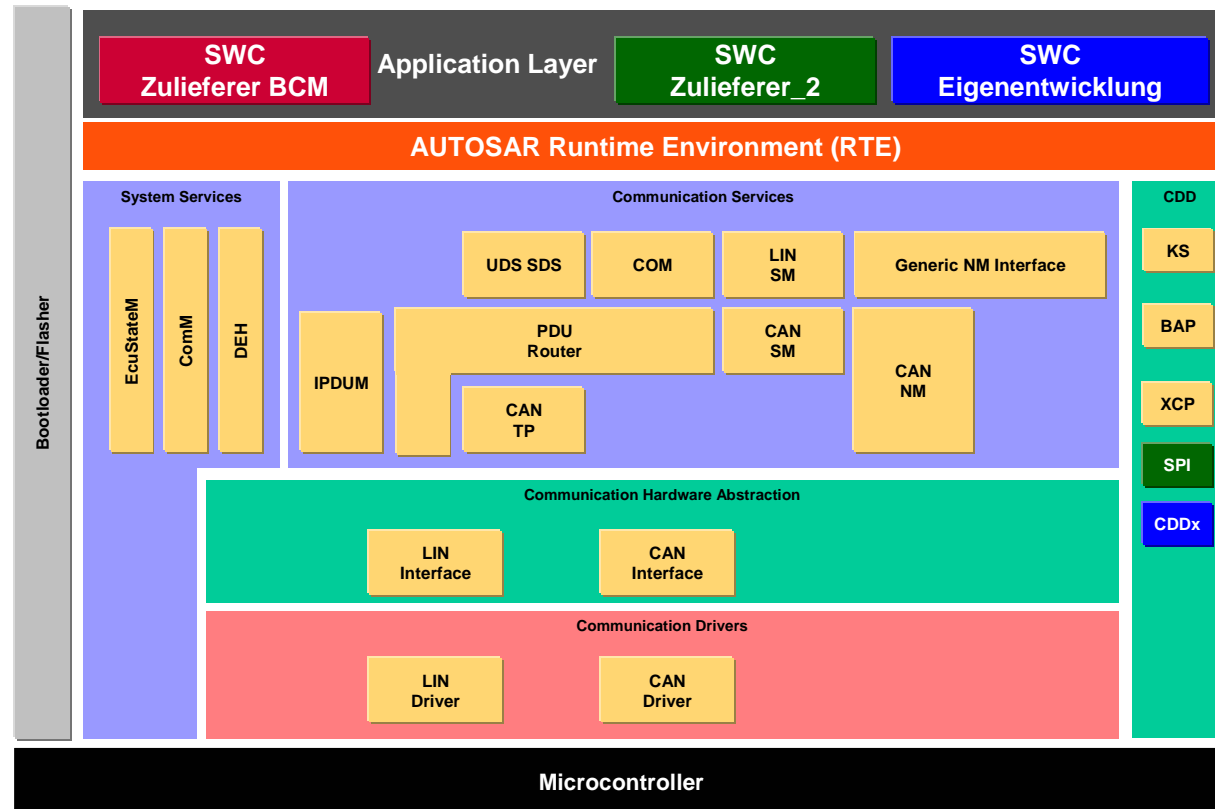
Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

2. Herausforderungen: Neue Rollen und Aufgaben für OEM und Tier1

Mitauslegung der Steuergeräte-Architektur durch den OEM!

Spezifika:

- ▶ Complex Device Drivers
- ▶ Spezifische SPI Treiber



Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

1. Ausgangssituation: Motivation für Integration von Steuergeräten
2. Herausforderungen: Neue Rollen und Aufgaben für OEM und Tier1
3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation
Interaktion der Funktionen aus dem Blinkwinkel einer Wirkkettenanalyse
- Ein Praxisbericht
4. Ausblick

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

- ▶ Analyse von bisher, auch implizit vorhandenen Systemeigenschaften
=> Ableitung von Anforderungen für das neue Gesamtsystem

- ▶ Berücksichtigung von Hardware-Abhängigkeiten bzw. Hardware-Einschränkungen in der konkreten Realisierung: welche Ressourcen sind verfügbar (z.B. Anzahl von verfügbaren DMA-Kanälen)

- ▶ Anforderungen der Echtzeitfähigkeit: Anforderungsanalyse aller Projektpartner
 - ▶ Anforderungen an task-Modell (Aktivierungsrate)
 - ▶ Anforderungen an Jitter, Latenzen
 - ▶ Datenverarbeitung: Anforderung an Datenkonsistenz, Auswirkungen von Mehrfachverarbeitung von Daten bzw. Verlust von Daten

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

- Übersicht der im Projekt angewandten Kriterien (für jede SWC)

Echtzeitkriterium	Anforderung
Antwortzeiten	Die Funktionen müssen vor erneutem Einsprung beendet sein (10ms-Task und 5ms-Task).
Zeitkritische Wirkketten	Jede zweite 5ms-Task muss nach der 10ms-Task ausgeführt werden (nur Variante A).
	In der 10ms-Task bereitgestellte CAN-Signale müssen zeitnah auf dem CAN-Bus gesendet werden. Die maximale Latenzzeit ist noch nicht bekannt.
Start-to-start Jitter	Der Start-to-Start-Jitter $\pm 2\text{ms}$ des Funktionseinsprungs in der 10ms-Task muss eingehalten werden.
	Der Start-to-Start-Jitter $\pm 1\text{ms}$ des Funktionseinsprungs in der 5ms-Task (nur Variante A) muss eingehalten werden.
Gewährleistung Datenkonsistenz	Während der Lesevorgänge muss die Datenkonsistenz im Interaction Layer gewährleistet werden.
	Während der Funktionslaufzeit muss die Konsistenz der gelesenen Signale gewährleistet werden.
Interrupts	IRQs dürfen nicht verloren gehen (nur Variante-Variante).
	Während der SPI-Kommunikation müssen IRQs gesperrt werden.

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

Konkrete Integrationsaufgabe:

- ▶ mehrere funktionale Komponenten (Runnables) von verschiedenen ECUs
- ▶ werden auf einer ECU zusammengeführt

- ▶ SWC_Eigenentwicklung:
5ms-Task mit 1 Runnable und eine 10ms-Task mit 1 Runnable
Zwischen den Tasks werden Daten ausgetauscht mit einer definierten maximalen Bearbeitungslatenz (Timing Requirement)

- ▶ SWC_Zulieferer_BCM:
u.a. 10 ms-Task mit 1 Runnable

Auswirkung:

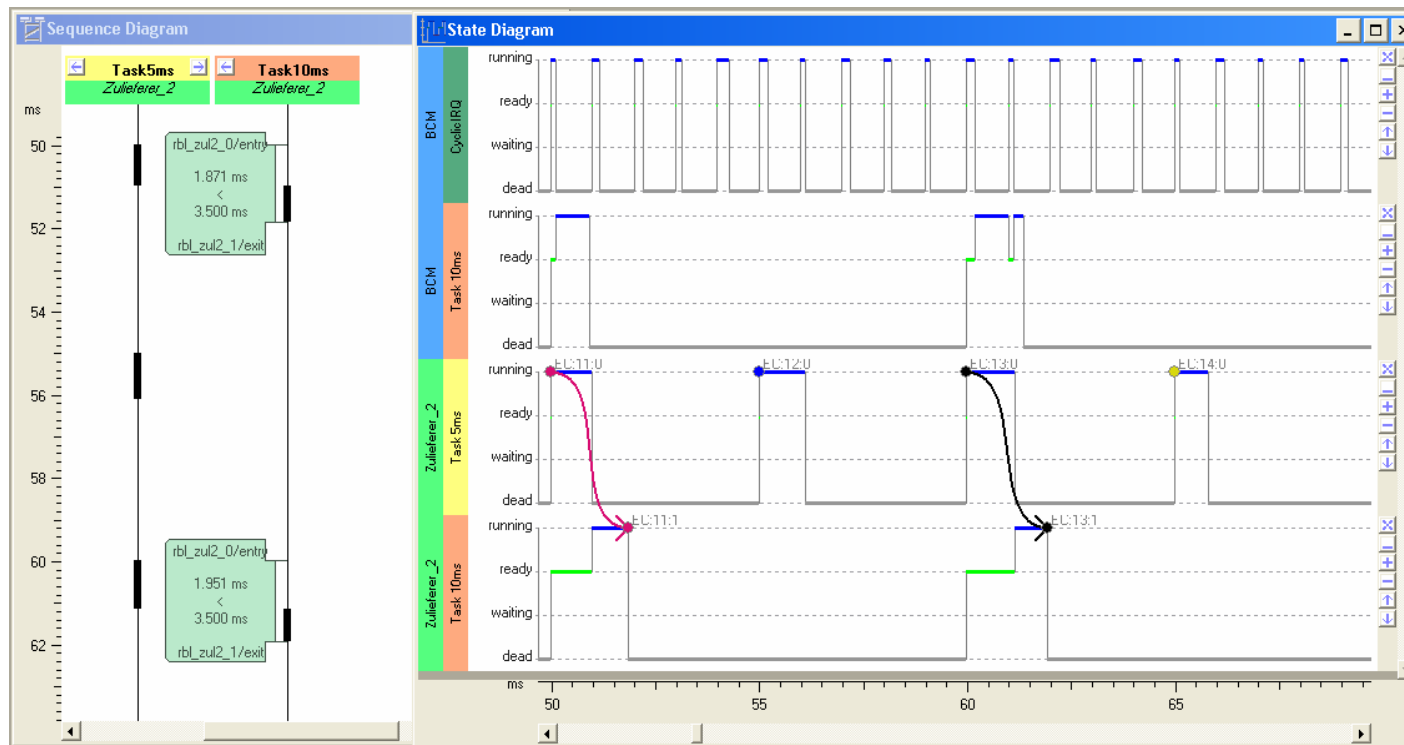
- ▶ Runnable von SWC_Eigenentwicklung wird in die 10ms-Task des SWC_Zulieferer_BCM integriert
- ▶ Beeinflussung des Timing Requirements durch eine längere Laufzeit **und damit Verletzung!**

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

Vor der Integration:

Die Runnables laufen auf verschiedenen Ressourcen und beeinflussen sich nicht.

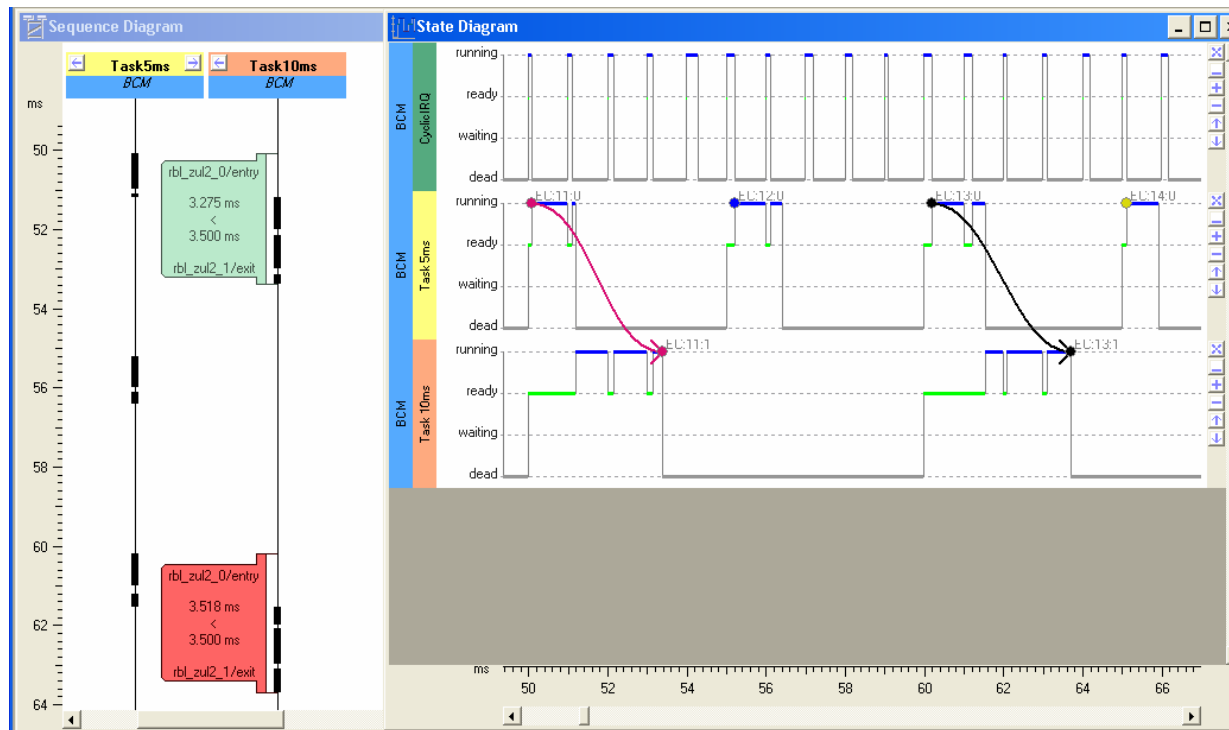


Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

Nach der Integration:

Erhöhte Funktionsdichte => längere Task-Laufzeit => evtl. Verletzung zeitlicher Anforderungen



Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

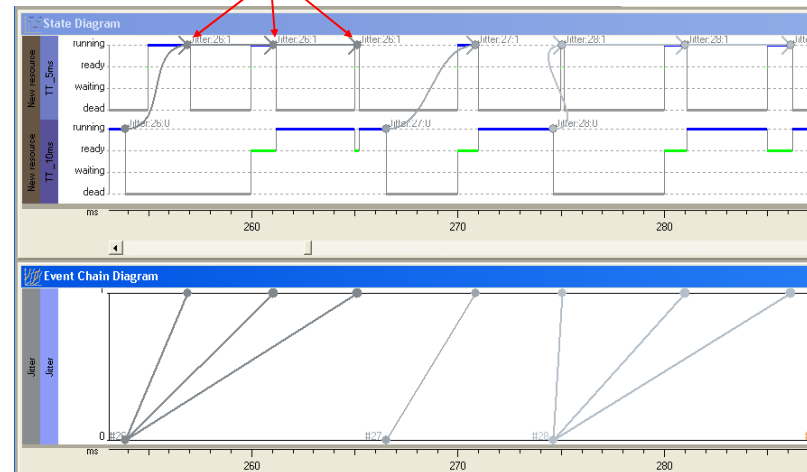
3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

Beispiel 1: Auswirkung des Jitterverhaltens

- ▶ Im stand-alone System kann 10 msec task immer so abgearbeitet werden, dass während dieser Zeit eine 5 msec task immer genau 2mal gerechnet werden kann
- ▶ Im integrierten Gesamtsystem kann dies nicht sichergestellt werden
- ▶ Mehrfachverarbeitung von Daten
- ▶ Lösung:
Änderung der Algorithmik ⇔
Auswirkung in der Funktion vor Kunde

- 10ms-Task: netto Ausführungszeit 2ms, Start-to-Start-Jitter ± 2 ms
- 5ms-Task: netto Ausführungszeit 100 μ s, Start-to-Start Jitter ± 1 ms

Drei 5ms-Tasks mit gleichen Sollwerten

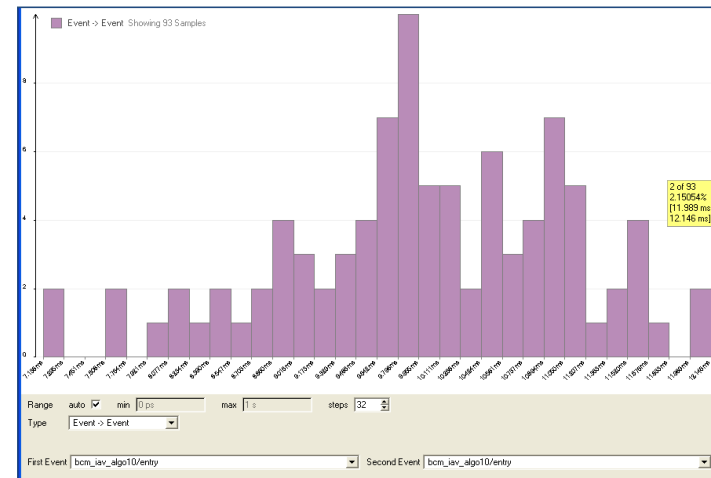


Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

Beispiel 2: Verteilung des Jitterverhaltens

- ▶ Ein Driften des start-to-start Jitters $>$ task-Zykluszeit führt zu Weiterverarbeitung von veralteten Daten (bzw. verspäteten Aktualisierung von Daten)
- ▶ Steuerung kann Sprünge im Signalverlauf aufweisen, Fehlerzustände im System
- ▶ Lösung: Synchronisierung durch festen zeitlichen Ablauf der abhängigen Steuerung über CAN



**Bandbreite Start-to-Start Jitter
Einsprung Appl. N bis Einsprung Appl. N:
von >7ms bis <13ms**



Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

- ▶ Beschreibung der zeitkritischen Wirkketten (Vorgänger- / Nachfolgerbeziehungen)
- ▶ Aufstellen und Bewerten der Echtzeitanforderungen

Echtzeitkriterium	Anforderung	Bewertung
Antwortzeiten	Die Funktionen müssen vor erneutem Einsprung beendet sein (10ms-Task und 5ms-Task).	kann noch nicht bewertet werden: Funktionslaufzeiten sind nicht bekannt
Zeitkritische Wirkketten	Jede zweite 5ms-Task muss nach der 10ms-Task ausgeführt werden (nur Variante A).	nicht gewährleistet in der geplanten Task-Konfiguration
	In der 10ms-Task bereitgestellte CAN-Signale müssen zeitnah auf dem CAN-Bus gesendet werden. Die maximale Latenzzeit ist noch nicht bekannt.	nicht gewährleistet in der geplanten Konfiguration der 10ms-Task (CAN Rx und Tx am Anfang)
Start-to-start Jitter	Der Start-to-Start-Jitter $\pm 2\text{ms}$ des Funktionseinsprungs in der 10ms-Task muss eingehalten werden.	ist bei der Platzierung der Funktionen zu berücksichtigen
	Der Start-to-Start-Jitter $\pm 1\text{ms}$ des Funktionseinsprungs in der 5ms-Task (nur Variante A) muss eingehalten werden.	ist bei der Platzierung der Funktionen zu berücksichtigen
Gewährleistung Datenkonsistenz	Während der Lesevorgänge muss die Datenkonsistenz im Interaction Layer gewährleistet werden.	nicht gewährleistet: beim Zugriff auf den Interaction Layer über Makros wird immer das neueste empfangene CAN-Signal zurückgegeben
	Während der Funktionslaufzeit muss die Konsistenz der gelesenen Signale gewährleistet werden.	gewährleistet über Wrapper-Funktionen
Interrupts	IRQs dürfen nicht verloren gehen (nur Variante-Variante).	kann noch nicht bewertet werden: IRQ-Pufferung im Controller nicht bekannt
	Während der SPI-Kommunikation müssen IRQs gesperrt werden.	IRQs müssen gesperrt werden

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation

Erfahrungen aus dem Projekt:

- ▶ Bei tiefer Analyse der Funktionsanforderungen kann oft durch einfache Maßnahmen eine Lösung herbeigeführt werden
- ▶ Herausarbeiten der eigentlichen Anforderung wird behindert durch
 - ▶ Mangelndes Verständnis zwischen den Projektpartnern bzgl. der Funktionsanforderungen
 - ▶ Das aufgrund know-how Schutz oft nicht beseitigt werden kann (Wettbewerbs-Situation!)
- ▶ Herausarbeiten wird unterstützt durch methodische Abstraktion: Herausarbeiten der Echtzeitanforderungen

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

1. Ausgangssituation: Motivation für Integration von Steuergeräten
2. Herausforderungen: Neue Rollen und Aufgaben für OEM und Tier1
3. Detaillierte Systemanalyse und –simulation
Interaktion der Funktionen aus dem Blinkwinkel einer Wirkkettenanalyse
- Ein Praxisbericht
4. Ausblick

Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

4. Ausblick

- ▶ Beschreibung von Wirkketten von komplexen System frühzeitig erforderlich
 - ▶ Bestandteil der Konzeptphase: Machbarkeitsanalyse
 - ▶ Wichtiges Kriterium in der Angebotsphase: Kompetenz des Zulieferers
- ▶ Klare Festschreibung der Rollenverantwortung
 - ▶ wer ist verantwortlich für die Echtzeitfähigkeit
 - ▶ wer liefert welchen Beitrag zur Gesamtsystemanalyse
- ▶ Wie wird Echtzeitfähigkeit kontinuierlich verifiziert?
 - ▶ Modellbasierter Ansatz ab Projekt-Start
 - ▶ stetige Verifikation aktuell gehaltener taskModels während der Entwicklungszeit

„Problem erst im Projekt identifiziert“ ↔

„beim nächsten Mal systematisch von Beginn an“

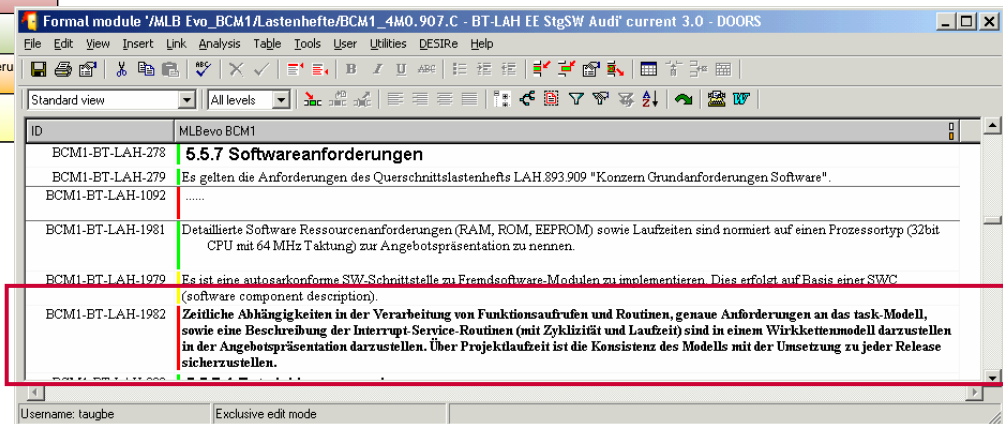
Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

4. Ausblick

► Echtzeitanforderungen und Methodik ...

Echtzeitkriterium	Anforderung	Bewertung
Antwortzeiten	Die Funktionen müssen vor erneutem Einsprung beendet sein (10ms-Task und 5ms-Task).	kann noch nicht bewertet werden: Funktionslaufzeiten sind nicht bekannt
Zeitkritische Wirkketten	Jede zweite 5ms-Task muss nach der 10ms-Task ausgeführt werden (nur Variante A).	nicht gewährleistet in der geplanten Task-Konfiguration
	In der 10ms-Task bereitgestellte CAN-Signale müssen zeitnah auf dem CAN-Bus gesendet werden. Die maximale Latenzzeit ist noch nicht bekannt.	nicht gewährleistet in der geplanten Konfiguration der 10ms-Task (CAN Rx und Tx am Anfang)
Start-to-start Jitter	Der Start-to-Start-Jitter $\pm 2ms$ des Funktionseinsprungs in der 10ms-Task muss eingehalten werden.	ist bei der Platzierung der Funktionen zu berücksichtigen
	Der Start-to-Start-Jitter $\pm 1ms$ des Funktionseinsprungs in der 5ms-Task (nur Variante A) muss eingehalten werden.	ist bei der Platzierung der Funktionen zu berücksichtigen
Gewährleistung Datenkonsistenz	Während der Lesevorgänge muss die Datenkonsistenz im Interaction Layer gewährleistet werden.	nicht gewährleistet: beim Zugriff auf den Interaction Layer über Makros wird immer das neueste empfangene CAN-Signal zurückgegeben
	Während der Funktionslaufzeit muss die Konsistenz der gelesenen Signale gewährleistet werden.	gewährleistet über Wrapper-Funktionen
Interrupts	IRQs dürfen nicht verloren gehen (nur Variante-Variante).	kann noch nicht bewertet werden: IRQ-Puffer Controller nicht bekannt
	Während der SPI-Kommunikation müssen IRQs gesperrt werden.	IRQs müssen gesperrt werden

... werden Bestandteil des Lastenheftes

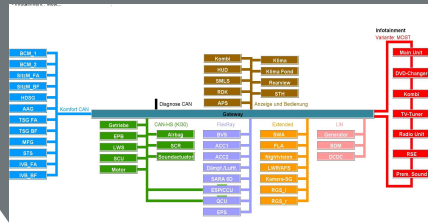


Kollaborationsprojekt Steuergeräteintegration

5. Rückblick

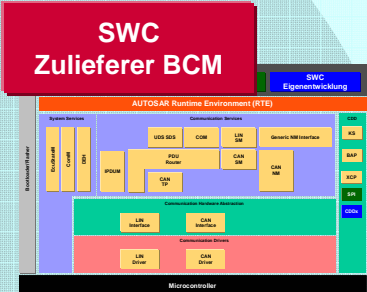


Vorsprung durch Technik 



SWC
Eigenentwicklung

SWC
Zulieferer_2



SWC
Zulieferer BCM

SWC
Eigenentwicklung

Kompetenzen
OEM

Kompetenzen
Zulieferer