

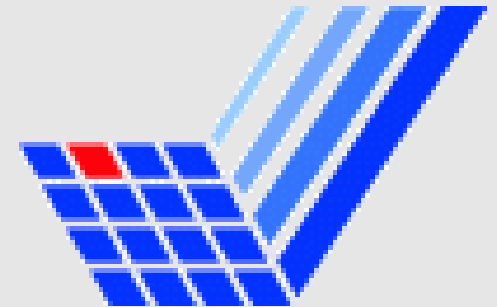
# FlexRay

---

**Christian Horn**

[interspy@gmx.de](mailto:interspy@gmx.de)

PG AutoLab  
Seminarwochenende 21.-23. Oktober 2007



# FlexRay

---



# Überblick

---

- Motivation
  - Das FlexRay Konsortium
- Grundlegende Techniken
  - Zyklische Kommunikation
  - Aufbau eines Knotens
  - Verwendung des Busses
  - Synchronisation der Knoten
  - Fehlertoleranz
- Ausblick/Fazit
- **Fragen?!**

# Überblick

---

- Motivation
  - Das FlexRay Konsortium
- Grundlegende Techniken
  - Zyklische Kommunikation
  - Aufbau eines Knotens
  - Verwendung des Busses
  - Synchronisation der Knoten
  - Fehlertoleranz
- Ausblick/Fazit
- Fragen?!

# Motivation

---

- CAN Bus und LIN Bus:
  - Zu langsam, steigende Anzahl Aufgaben/Mikroprozessoren
  - Sind ereignisgesteuert
  - Bedingt echtzeitfähig

# Motivation

---

- FlexRay:
  - Größere Bandbreite
  - Unterteilung in statisches Segment (zeitgesteuert) und dynamisches Segment (ereignisgesteuert)
  - Echtzeitfähige, deterministische Kommunikation
  - Eignung für geplante und kommende Applikationen
  - Fehlertoleranz

# Motivation

- Vergleich der Bussysteme

	LIN	CAN	FlexRay
Channels	Single	Single	Single / Dual
Speed	20 Kbit/sec	$\leq 1$ Mbit/sec	10 Mbits/sec
Time Triggered	No	No	Yes
Arbitration	Master	CSMA	TDMA
Devices available today	Yes	Yes	Yes

Abb.1: Vergleich der Bussysteme

# Motivation

- Anwendungsbereiche von FlexRay

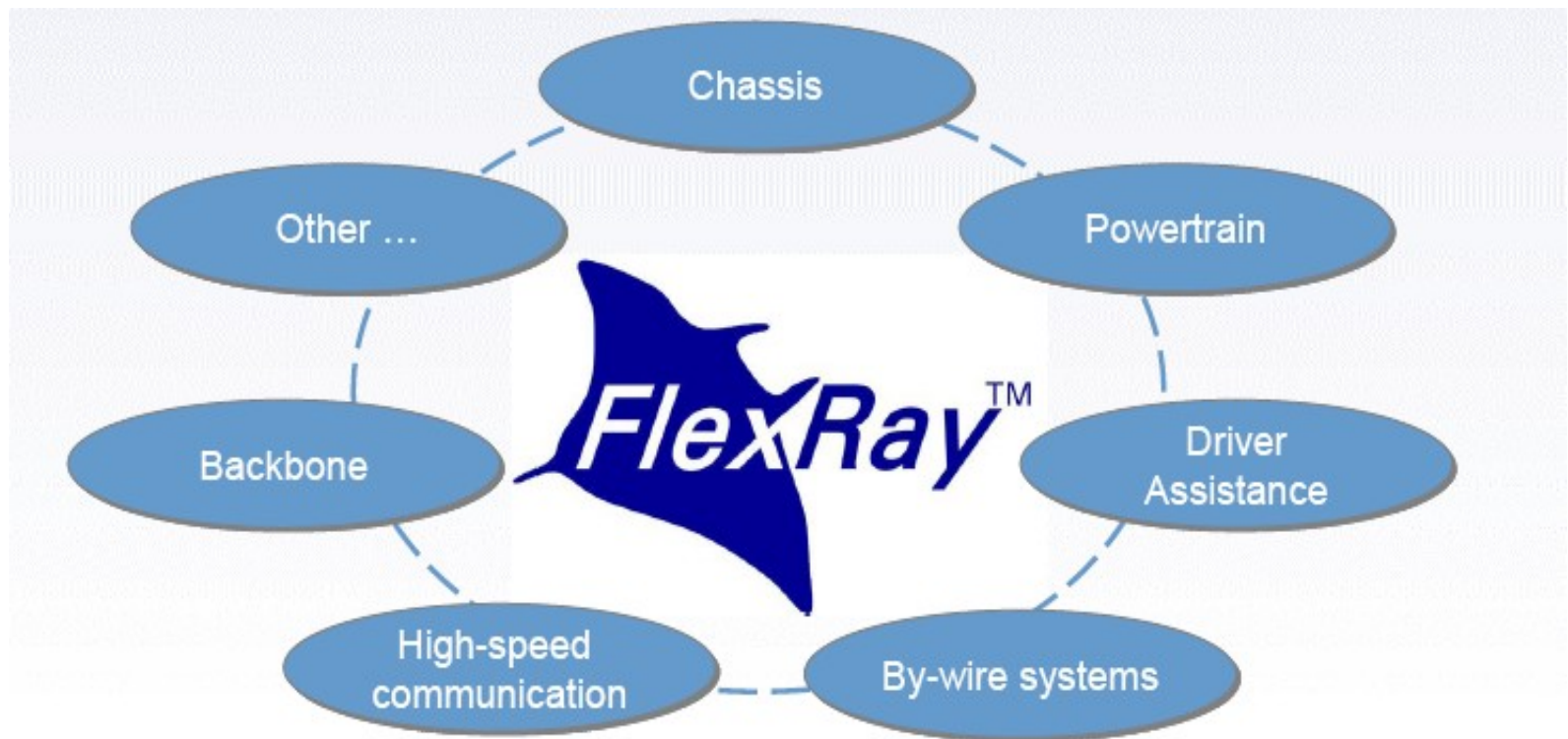


Abb.2: Anwendungsbereiche von FlexRay



# Das FlexRay Konsortium

- Das Konsortium hat derzeit über 125 Mitglieder
- Core Partners:
  - BMW
  - DaimlerChrysler
  - (Motorola), ab 2004 Freescale
  - Philips (heute NXP Semiconductors)
  - Bosch
  - General Motors
  - Volkswagen



Abb.3: Hierarchie des Konsortiums

# Überblick

---

- Motivation
  - Das FlexRay Konsortium
- Grundlegende Techniken
  - Zyklische Kommunikation
  - Aufbau eines Knotens
  - Verwendung des Busses
  - Synchronisation der Knoten
  - Fehlertoleranz
- Ausblick/Fazit
- Fragen?!

# Zyklische Kommunikation

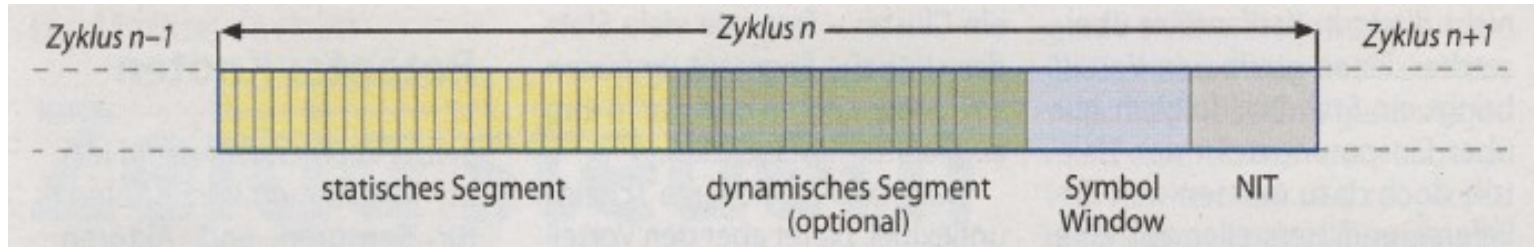


Abb.4: Aufbau eines Zyklus

- Hauptaufgaben der Bussysteme im Auto
  - Auslesen von Sensoren
  - Die Ausführung von Regelalgorithmen
  - Die Aktivierung von Stellgliedern
  - Verbindung von Steuergeräten
- Ein Zyklus besteht aus 4 Segmenten  
→ Längen durch den Designer festgelegt

# Zyklische Kommunikation

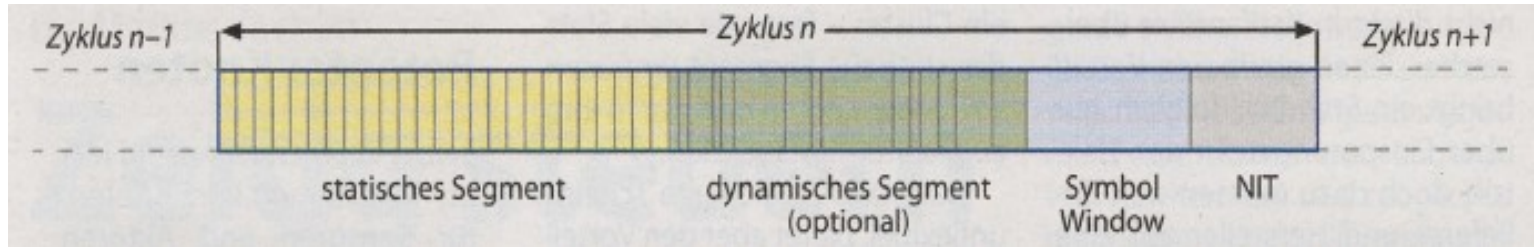


Abb.4: Aufbau eines Zyklus

- Hauptaufgaben der Bussysteme im Auto
  - Auslesen von Sensoren
  - Die Ausführung von Regelalgorithmen
  - Die Aktivierung von Stellgliedern
  - Verbindung von Steuergeräten
- Ein Zyklus besteht aus 4 Segmenten  
→ Längen durch den Designer festgelegt

# Zyklische Kommunikation

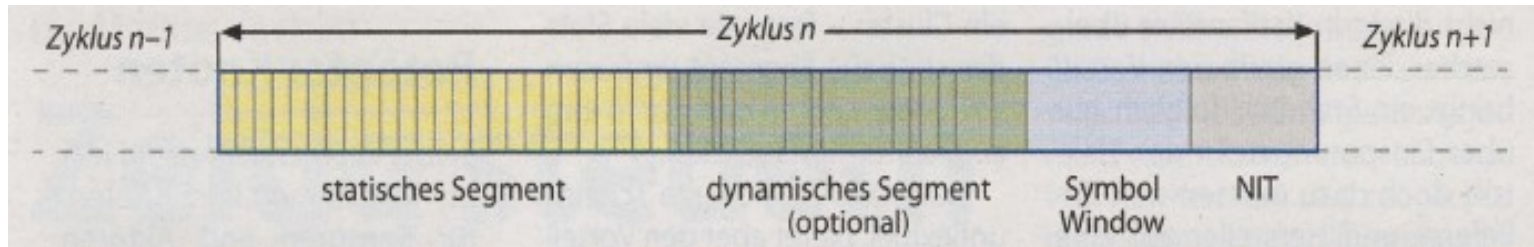


Abb.4: Aufbau eines Zyklus

- Das statische Segment
  - Gleichmäßig in durchnummerierte Slots aufgeteilt
  - Slots haben gleiche Größe
  - Slots exklusiv für spezifischen Knoten  
→ Kollisionsfreiheit
  - Unflexibel, aber garantierte Laufzeiten

# Zyklische Kommunikation

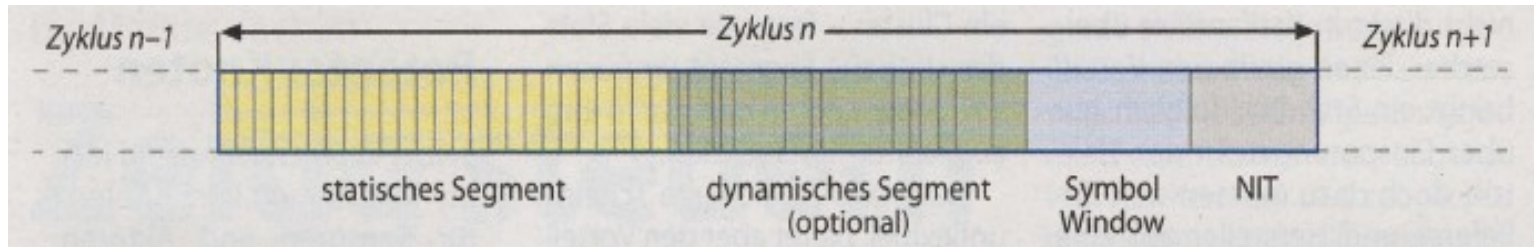


Abb.4: Aufbau eines Zyklus

- Das dynamische Segment
  - Nummerierung der Slots direkt fortgeführt
  - Slots können variable Größe haben
  - Gesamtgröße festgelegt
  - Prüfung der aktuellen Slot-ID durch Zeitmessung und Beobachtung des Busses
  - Knoten mit der aktuell gültigen ID sendet eine Nachricht variabler Länge
  - Cycle-Multiplexing

# Zyklische Kommunikation

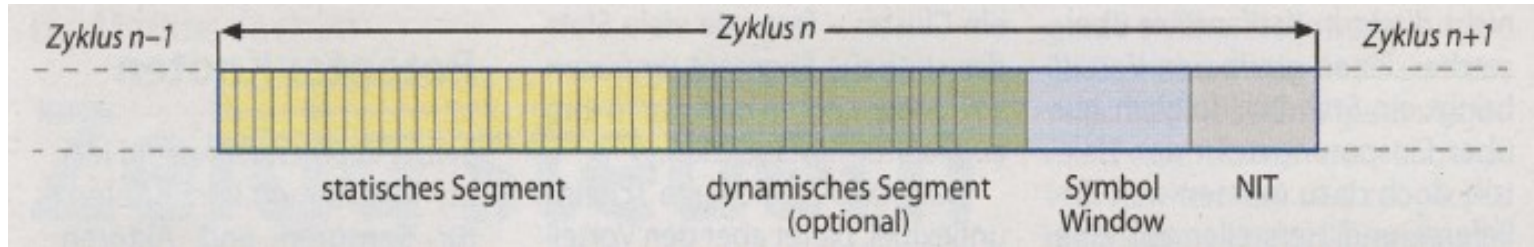


Abb.4: Aufbau eines Zyklus

- Das Symbol Window
  - Übertragung interner Steuerungsinformationen
  - Beim Hochfahren des Systems wecken die Knoten einander durch das Senden verschiedener Bitfolgen (Symbole) auf
- Die Network Idle Time
  - Anpassung der lokalen Uhr an die globale Zeit (→ Synchronisation)

# Aufbau eines Knotens

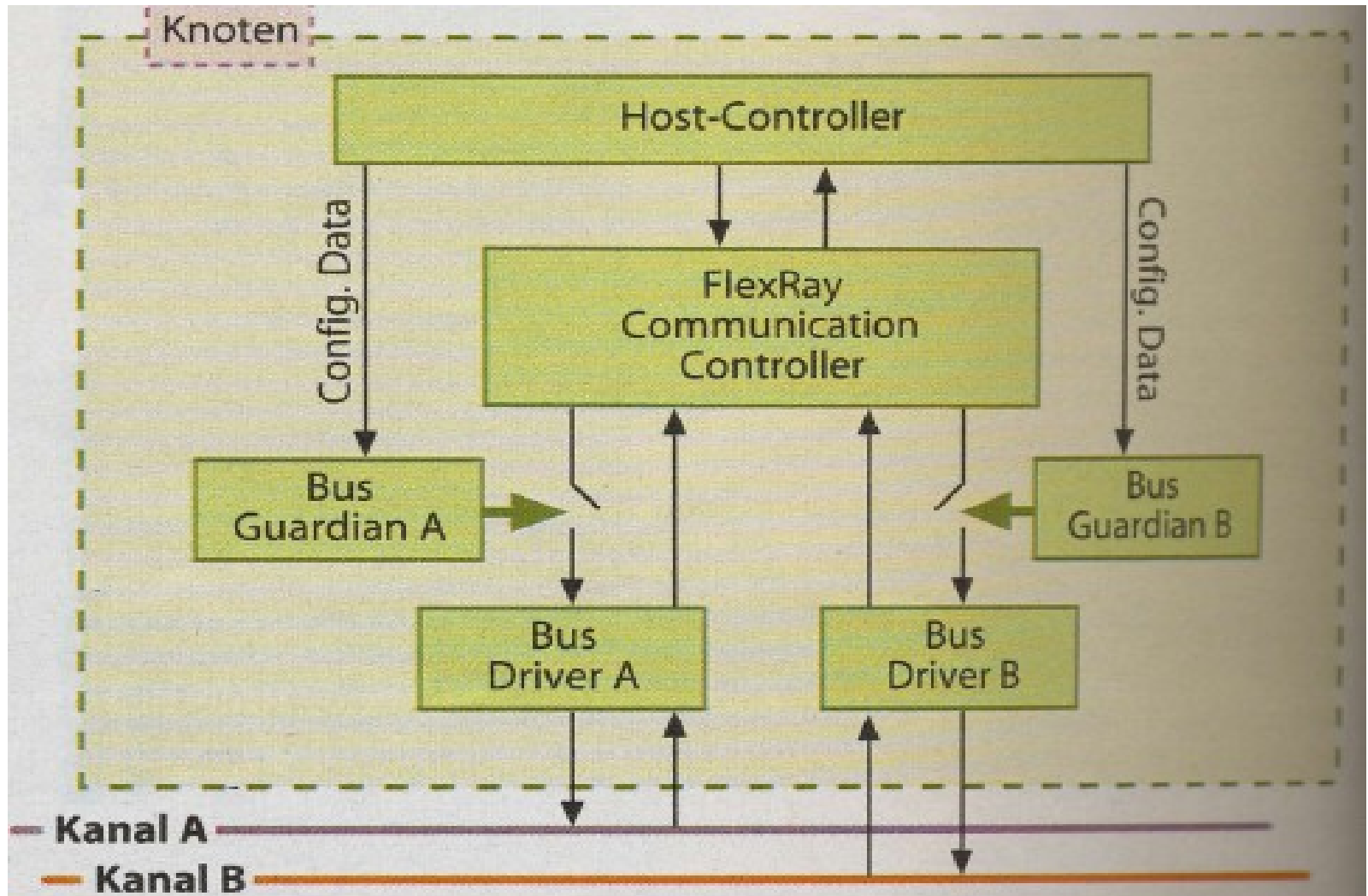


Abb.5: Aufbau eines Knotens



# Aufbau eines Knotens

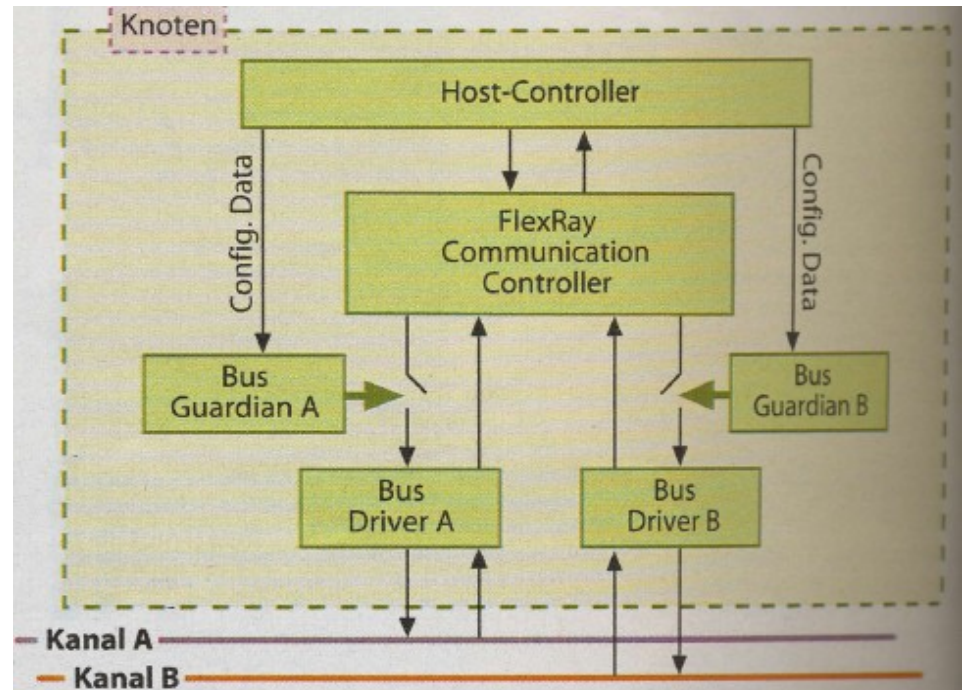


Abb.5: Aufbau eines Knotens

- Host-Controller
  - Unterstützt und verarbeitet Daten, die über den CC übertragen werden
- FlexRay Communication Controller
  - Sendet und empfängt die Daten zum/vom Bus

# Aufbau eines Knotens

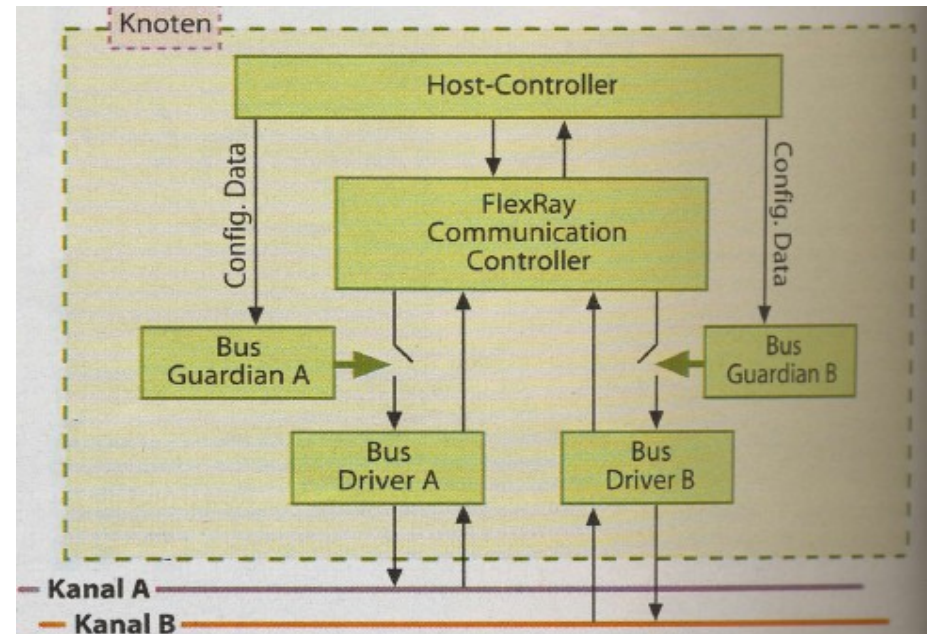


Abb.5: Aufbau eines Knotens

- Bus Guardian
  - Überwacht den Buszugang
  - Wird von HC informiert, welche Zeitfenster CC zugeteilt sind
  - Gestattet CC zu diesen Zeitfenstern Daten zu senden, durch Aktivierung des Bus Drivers
  - Empfang von Daten ist immer möglich

# Aufbau eines Knotens

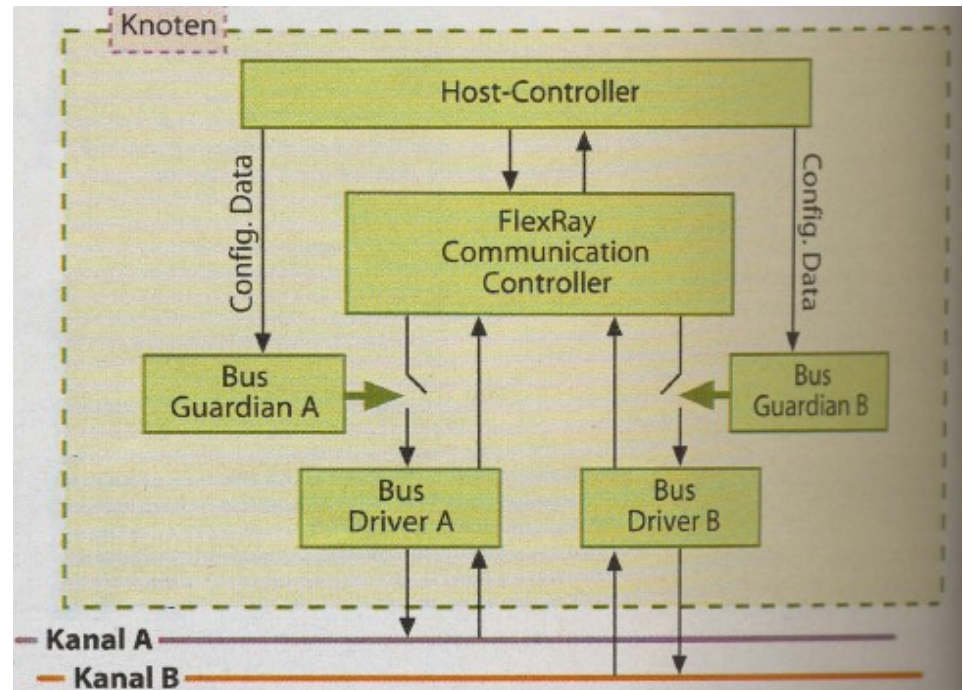


Abb.5: Aufbau eines Knotens

- Bus Driver
  - Bildet die Schnittstelle zwischen CC und Bus
- Mikrocontrollerkern
  - I.d.R. zusätzlich noch ein Mikrocontrollerkern für Anwendungen unter einem Echtzeitbetriebssystem (bsp. OSEK-Time)

# Kommunikation der Knoten

---

- Knoten senden (Nutz-)Daten, wenn Slot-ID entsprechend
- Senden: Broadcast
- Empfang: permanentes Lauschen

# Verwendung der Leitungen des Busses

- Klassische lineare Busse, Sterntopologien mit aktiven und passiven Sternen
- Maximaler Weg 24 Meter zwischen zwei Knoten
- Durch maximal zwei Hubs auf 72 Meter erweiterbar

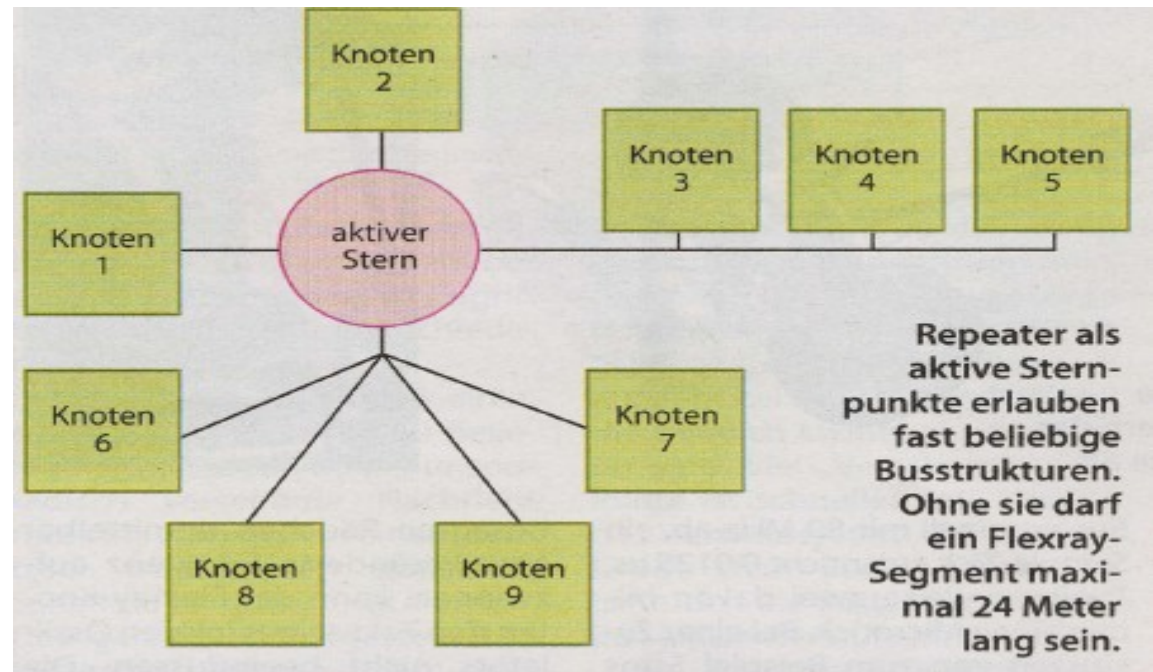


Abb.6: Topologien

# Verwendung der Leitungen des Busses

---

- Redundante Auslegung
  - Doppelte Übermittlung
- FlexRay als Backbone für andere Systeme
- Ersetzung anderer Busse
  - Ersetzung von CAN-Bussen
  - Ersetzung von LIN-Bussen
  - Ersetzung mehrerer Stränge (→ Bandbreite)
- Gleichschaltung
  - Erhöhung der Bandbreite

# Beispiel – Levi Lernmodul

---

- 2 Leitungen
- 6 Knoten
  - A, B, C, D – Leitung 1 und 2
  - E – Leitung 1
  - F – Leitung 2
- Kein Sync-Feld



# Synchronisation der Knoten

---

- Echtzeitfähigkeit → gemeinsames Verständnis von Zeit
- Jeder Knoten kennt zu Beginn nur seine lokale Uhr (Oszillator)
- Fertigungsbedingte Abweichung von Nominalfrequenz
- Abweichung durch äußere Einflüsse
- Synchronisation notwendig
  - Offset Correction
  - Korrektur der Frequenzabweichung



# Synchronisation der Knoten

---

- Offset Correction
  - FlexRay tastet den Bus nominell mit 80 Mhz ab
  - Sync-Knoten (→ Teilmenge)
  - Sync-Knoten verschicken Sync-Frame
  - Vergleichen der Ankunft dieser Frames mit dem Zeitpunkt der erwarteten Ankunft
  - FTM-Algorithmus den Offset-Korrekturwert aus den Differenzen
  - Verschiebung des Zyklusstarts durch Hinzufügen oder Weglassen einiger Microticks

# Synchronisation der Knoten

---

- Rate Correction
  - Messung der Zeitstempel zweier aufeinanderfolgender Zyklen und Vergleich mit ihrer eigenen Zykluslänge
  - FTM-Algorithmus mit diesen Werten

# Synchronisation der Knoten

---

- FTM ( Fault Tolerant Midpoint) – Algorithmus
  - Knoten erstellen Liste der Differenzen der Sync-Frames
  - FTM ermittelt den Offset-Korrekturwert
  - Sind mehr als zwei Sync-Knoten aktiv, werden Extremwerte verworfen
  - Bei mehr als sieben aktiven Sync-Knoten werden die beiden höchsten und niedrigsten Werte verworfen
  - Die verbleibenden Werte werden gemittelt und bilden die Abweichung des Knotens von der globalen Zeit

# Fehlertoleranz

---

- Der Startup-Mechanismus
  - Beim Hochfahren des Clusters senden nur vorab festgelegt Knoten Sync-Frames (kollisionsfrei)
  - Andere Knoten orientieren sich an diesen Frames
- Verfügbarkeit
  - Wenn die Oszillatoren einzelner Knoten/Teilsysteme ausfallen oder stark abweichen, bleiben die Restsysteme in der Lage, ordnungsgemäß zu starten und zu kommunizieren

# Überblick

---

- Motivation
  - Das FlexRay Konsortium
- Grundlegende Techniken
  - Zyklische Kommunikation
  - Aufbau eines Knotens
  - Verwendung des Busses
  - Synchronisation der Knoten
  - Fehlertoleranz
- Ausblick/Fazit
- Fragen?!

# Ausblick

---

- Optionaler Einsatz von Lichtwellenleitern statt Zweidrahtleitung
- Lichtwellenleiter derzeit nicht verfügbar
- Keine Verdrängung der anderen Bussysteme trotz Vorzügen

# Zusammenfassung

---

- Hohe Leistungsfähigkeit
  - Hohe Bandbreite
  - Verschiedene Möglichkeiten der Busnutzung
  - Fehlertoleranz
  - Synchronisation
  - Große Zahl an Knoten möglich
- Hohe Kosten

# Überblick

---

- Motivation
  - Das FlexRay Konsortium
- Grundlegende Techniken
  - Zyklische Kommunikation
  - Aufbau eines Knotens
  - Verwendung des Busses
  - Synchronisation der Knoten
  - Fehlertoleranz
- Fazit/Ausblick
- **Fragen?!**



Fragen?!

---

Noch Fragen?!

# Literaturverzeichnis

---

- <http://flexray.com/>
- <http://www.tzm.de/flexray>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/flexray>
- M. Jochim, „Zeitig steuern – sichere Datenübertragung im Automobil“, c't 2/2007, S. 190-195

# Abbildungsverzeichnis

---

- Abb.1: Vergleich der Bussysteme → C. Temple, Freescale Semiconductor for the FlexRay Consortium, Präsentation FlexRay – Past Present Future Perfect, S. 4
- Abb.2: Anwendungsbereiche von FlexRay → C. Temple, Freescale Semiconductor for the FlexRay Consortium, Präsentation FlexRay – Past Present Future Perfect, S. 10
- Abb.3: Hierarchie des Konsortiums → C. Temple, Freescale Semiconductor for the FlexRay Consortium, Präsentation FlexRay – Past Present Future Perfect, S. 5
- Abb.4: Aufbau eines Zyklus → M. Jochim, „Zeitig steuern – sichere Datenübertragung im Automobil“, c't 2/2007, S. 192
- Abb.5: Aufbau eines Knotens → M. Jochim, „Zeitig steuern – sichere Datenübertragung im Automobil“, c't 2/2007, S. 194
- Abb.6: Topologien → M. Jochim, „Zeitig steuern – sichere Datenübertragung im Automobil“, c't 2/2007, S. 194