

Effizientes Netzwerkdesign im Zeitalter von FlexRay

FlexRay hat erfolgreich in die Serie Einzug gehalten, erste Premiummodelle sind mit dem neuen Kommunikationsstandard ausgerüstet und die Umsetzung in Volumenmodellen ist konkret aufgeplant. Dafür waren einige technische Herausforderungen zu meistern – die Implementierung und Validierung des Physical Layers oder die Optimierung der über 200 FlexRay-Parameter seien hier beispielhaft genannt. Zudem gibt es gegenüber CAN eine Änderung im Entwicklungsprozess – für FlexRay ist eine zweistufige Entwicklung mit Netzwerkplanung und Knotendesign notwendig. Diese Entwicklung findet im Rahmen des AUTOSAR Industriestandards statt. Darüber hinaus sind in Zukunft noch verstärkt die Aspekte Reuse und einheitliche Netzwerkplanung für Fahrzeugvarianten zu beachten, um die Entwicklungsaufwände gering zu halten. Dieser Artikel stellt den aktuellen Design-Flow für FlexRay-Systeme vor und wirft auch einen Blick in die nahe Zukunft der dafür entwickelten Tools.

Von CAN zu FlexRay

Die elektronischen Systeme moderner Automobile sind sehr komplex und auf verschiedene elektronische Steuergeräte (Electronic Control Units, ECUs) verteilt. Diese sind aufgrund der höheren Anforderungen an die Bandbreite, neben dem bewährten CAN-Bus, nun auch über den modernen FlexRay-Bus miteinander vernetzt. FlexRay ist ein zeitgesteuertes Kommunikationsverfahren. Das heißt, es existiert ein systemweiter „Fahrplan“, der die Zeitpunkte für die Datenübertragung für jeden an der Kommunikation Beteiligten festlegt.

Dieser Schedule wird im ersten Schritt des Entwicklungsprozesses des FlexRay-Netzwerks anhand der Anforderungen (Bandbreite, Periode, ...) der Signale, die zwischen den ECUs übertragen werden, durch den OEM ermittelt. Damit ist auch der Ablaufplan für die Kommunikationscontroller auf jedem Steuergerät festgelegt. Die Konfiguration bzw. die Codegenerierung für den FlexRay-Kommunikationsstack erfolgt im zweiten Schritt des Entwicklungsprozesses – meist durch den Zulieferer. TTTech Automotive stellt für diese Entwicklungsschritte leistungsfähige Tools zur Verfügung: TTX-Plan für die Kommunikationsplanung und TTX-Build für die Konfiguration der AUTOSAR FlexRay Kommunikationssoftware auf jedem Steuergerät. Darüber hinaus bietet TTTech Automotive mit TTX-Auto Verify eine Lösung zur automatischen Überprüfung der korrekten Steuergeräte-Konfigurationsdaten anhand der Netzwerkplanungsdatenbank (FIBEX-File) an.

Der zweistufige Entwicklungsprozess in der Praxis

Die Netzwerkplanung wird in der Regel nicht händisch erstellt. Es ist nicht einfach, die Übersicht über die vielen zeitlichen Anforderungen und Abhängigkeiten für Dutzende von Steuergeräten und Funktionen und hunderte Signale zu bewahren. TTTech Automotive hat Tools für das Netzwerk- und Steuergerätedesign entwickelt, um die hochkomplexen Erfordernisse zu bewältigen und den Ablaufplan des Netzwerkes zu erzeugen.. Der Ablaufplan bildet die Signale – entsprechend den funktionalen Anforderungen – auf die

Effizientes Netzwerkdesign im Zeitalter von FlexRay

Seite 2

FlexRay-Frames und -Slots ab. Da die Tools die physikalischen Grenzen von FlexRay (Slot-Längen, Frame-Format, ...) und die zum Einsatz bestimmte Hardware (Buffergrößen, ...) kennen, ist gewährleistet, dass der berechnete Ablaufplan auch in der Praxis ausgeführt werden kann.

Mit den Tools von TTTech Automotive lassen sich alle Entwicklungsphasen des zweistufigen Entwicklungsansatzes in einer zeitgesteuerten Architektur unterstützen. Im Embedded Bereich stellen sie eine einzigartige Entwicklungsumgebung für FlexRay-basierte Echtzeitsysteme dar, da sie schnelle und systematische Entwicklung mit nahtloser Integration in den bestehenden Prozess gewährleisten. Das Netzwerkdesign-Tool TTX-Plan bearbeitet Netzwerk-Spezifikationen und erzeugt Ablaufpläne für das FlexRay-Netzwerk. Das Knotendesign-Tool TTX-Build bearbeitet die Knoten-Spezifikationen und konfiguriert die Module der AUTOSAR Basis-SW der einzelnen Steuergeräte. Beide Tools unterstützen zum Datenaustausch mit der Kommunikationsdatenbank oder mit nachgelagerten Test- und Validierungswerkzeugen den offenen FIBEX-Standard.

TTX-Plan

Das Netzwerkdesign-Tool TTX-Plan erstellt einen konkreten Ablaufplan für das Netzwerk und bedient sich dabei folgender Eingangsparameter:

- Das physische Layout des Netzwerks umfasst die Liste der Knoten, die Spezifikation der betreffenden Kommunikations-Controller und die Spezifikation des FlexRay-Netzwerks, welches die Knoten verbindet.
- Die Liste der Subsysteme und die Abbilder der Subsysteme auf den Hosts, also die Information, welche Funktion auf welchem Knoten ausgeführt wird.
- Die Liste der Signale und PDUs, die zwischen den Subsystemen ausgetauscht werden. Die Spezifikation der Signale beinhaltet zumindest Name, Datentyp und Periode. Falls weitere Beschränkungen, z.B. Zeitbeschränkungen bei der Verarbeitung hinzukommen, können diese ebenso spezifiziert werden.

Zusätzliche Randbedingungen ergeben sich durch die möglichst einheitliche Erstellung der Schedules für verschiedene Fahrzeugvarianten. Dazu zählen beispielsweise:

- Erstellung von Master-Schedules und inkrementelle Erweiterung
- Integration von vorhandenen ECUs

Aus diesen Daten erzeugt TTX-Plan vollautomatisch die Abbildung der Signale auf FlexRay-Frames. Diese Angaben werden in einer Datenbank abgelegt und können im FIBEX-Format exportiert werden. Dabei wird durch automatische Konsistenzchecks gewährleistet, dass ein gültiger Schedule erzeugt wurde.

TTX-Build

Sowie das System der mit einem FlexRay-Bus verbundenen Steuergeräte – üblicherweise von einem OEM – spezifiziert und der zugehörige Ablaufplan/Schedule ermittelt wurde, kann diese Spezifikation an die Zulieferer der Subsysteme weitergegeben werden. Jeder

Effizientes Netzwerkdesign im Zeitalter von FlexRay

Seite 3

Zulieferer kann unabhängig von anderen ein oder mehrere Subsysteme implementieren. Die Konsistenz des Systems ist gewährleistet, sobald alle Zulieferer die Spezifikation einheitlich umsetzen.

Der Zulieferer implementiert die Software der Subsysteme in Form von Prozessen, die auf einem Host ablaufen. Wichtig ist, dass alle für den Prozess relevanten Signale und PDUs entsprechend der Systemspezifikation verarbeitet werden. Daher muss die Implementierung eines Prozesses gewährleisten, dass ein Eingangssignal innerhalb seiner Gültigkeitsdauer verarbeitet wird. Zudem muss ein Ausgangssignal rechtzeitig vor dem vom Ablaufplan vorgegebenen Sendezeitpunkt erzeugt werden. Zusätzlich können lokale Beschränkungen hinzukommen. So werden beispielsweise Zeitvorgaben durch die Applikation so genannter white- und blacklists berücksichtigt. Ein anderes Beispiel wäre die automatische Zuweisung von Signalen und PDUs auf Puffer, die auch jenen speziellen Fall berücksichtigen, bei dem mehr Signale zu bedienen sind, als der zur Verfügung gestellte Puffer des Kommunikationscontrollers bietet.

In Software-Architekturen, in welchen die Netzwerkkommunikation und der Ablauf der Applikation nicht zeitlich synchronisiert sind, gilt es dennoch sicherzustellen, dass die zu sendenden und zu empfangenden Signale „rechtzeitig“ verarbeitet werden. Das Knotendesign-Tool TTX-Build konfiguriert den AUTOSAR FlexRay Stack dahingehend, dass die Applikation zur richtigen Zeit, die erforderlichen Signale verarbeiten kann, unabhängig davon, ob es sich um ein rein zeitgesteuertes System oder um ein System mit zeit- und ereignisgesteuerten Teilen handelt. Damit dies funktioniert, sind folgende Eingaben erforderlich:

- Die Systemspezifikation (z.B. die FIBEX-Netzwerkspezifikation). Sie enthält alle Signalspezifikationen des gesamten Clusters. TTX-Build entnimmt daraus jene Informationen, die für das zu erstellende Steuergerät relevant sind.
- ECU-spezifische Informationen, z.B. CPU- und Controllertyp.
- Laufzeitinformation zu den einzelnen Bearbeitungsschritten innerhalb der Layer des AUTOSAR FlexRay Stacks.
- Routing-Information. Sie legt fest, welcher Layer welche PDUs verarbeitet, und bestimmt somit, welcher Applikationsprozess für welche PDUs verantwortlich ist.
- Die lokalen Zeitbeschränkungen, die durch die Anforderungen lokal angeschlossener Sensoren und/oder Aktuatoren oder aufgrund der Ausführungszeiten der Applikation entstehen.

Aus diesen Eingangsdaten erstellt das Tool einen statischen, zeitgesteuerten Ablaufplan für den AUTOSAR FlexRay Stack. Zusätzlich erfolgt die automatische Erstellung sämtlicher Konfigurationsdaten für alle im AUTOSAR FlexRay Stack enthaltenen Layer. Optional können auch für das Betriebssystem wichtige Daten zur Ablaufsteuerung des AUTOSAR FlexRay Stack erzeugt werden (OIL-Datei). Weiters erfolgt eine starke Ressourcenoptimierung auf der ECU (Speicherplatz, Performance) durch geschickte

Effizientes Netzwerkdesign im Zeitalter von FlexRay

Seite 4

zeitliche Steuerung und optimierte Codegenerierung – das heißt es werden nur jene Codeteile erzeugt, die von der Applikation auch tatsächlich benötigt werden.

Die Tools TTX-Plan und TTX-Build setzen den beschriebenen Entwicklungsprozess praxisgerecht um. Sie ermöglichen OEMs und Zulieferern, die aufgrund der FlexRay-Einführung und zugehöriger AUTOSAR Basis-Software wachsende Komplexität und neuen Prozessschritte sicher zu beherrschen. So können Steuergeräte mit stark erhöhter Netzwerk-Bandbreite und modularer Software-Architektur wirtschaftlich attraktiv realisiert werden.

Ausblick: Möglichkeit der synchronisierten Datenübertragung

Mit den ersten Serienanläufen hat sich FlexRay als Übertragungsprotokoll etabliert. Die Erfahrungen aus diesen Projekten sind in die Entwicklung der modernen Entwicklungstools eingeflossen, die notwendig sind, um die Komplexität der FlexRay-Konfiguration zu beherrschen.

Die Vielfalt, Komplexität und gegenseitige Abhängigkeit von zeit- und sicherheitskritischen Funktionen im Fahrzeugnetzwerk wird weiterhin zunehmen. Die zeitlichen Abläufe zwischen den Funktionen werden dabei von Anfang an mitmodelliert und zur Validierung herangezogen. Funktionsentwickler, Zulieferer und Systemintegratoren werden das Potenzial höherer Vernetzung nur mit leistungsfähigen AUTOSAR-Werkzeugen nutzen können. Mit den TTX-Tools bietet TTTech Automotive Werkzeuge an, die eine kosteneffiziente Umsetzung von vernetzten Funktionen ermöglichen.

Kontakt

TTTech Automotive GmbH
Schönbrunner Straße 7
A-1040 Wien, Österreich
Tel.: +43 1 585 65 38-5000
Fax: +43 1 585 65 38-5090
E-mail: office@tttech-automotive.com
Web: www.tttech-automotive.com