

Wege vom klassischen CAN zum verbesserten CAN FD

Im März 2012 hat die Robert Bosch GmbH das CAN-Protokoll mit Flexibler Datenrate (CAN FD) [1] vorgestellt. Das Protokoll überzeugt mit einer von acht auf 64 Bytes erweiterten Nutzdatenlänge sowie deutlich höheren Datenübertragungsraten. Seine Eigenschaften positionieren CAN FD zwischen High Speed CAN (1 Mbit/s) und FlexRay (10 Mbit/s). Es ist dazu prädestiniert, diese Bandbreitenlücke kosteneffizient zu schließen. Der Beitrag diskutiert die für die CAN-FD-Entwicklung und -Simulation notwendigen Veränderungen und Auswirkungen aus Sicht eines Werkzeugherstellers, angefangen von der Hardware-Ebene über mögliche Datenformate bis hin zu den unterschiedlichen Kommunikationsschichten.

Von Peter Decker

CAN FD liefert der Automobilindustrie dort die Grundlage für bessere Vernetzungslösungen, wo sich aufgrund des steigenden Datenaufkommens in der Fahrzeugelektronik zunehmend Engpässe offenbaren. Die Folge sind Kompromisse und kostentreibende Ersatzkonzepte, zum

Beispiel die Unterteilung eines Netzbereichs in mehrere Busstränge, was prinzipiell nicht nötig wäre. Generell ließe sich von CAN auf das leistungsfähigere FlexRay wechseln. Das ist jedoch mit hohen Investitionskosten verbunden. Darüber hinaus bedeutet ein Umstieg vom ereignisgesteuerten CAN auf das

zeitgesteuerte FlexRay für das Gros der Entwickler erhebliche Veränderungen in ihrer gewohnten Arbeits- und Denkweise.

Evolution statt Revolution

Seit circa 20 Jahren ist CAN das dominierende Bussystem in der Automobilindustrie. Entsprechend breit vorhanden ist das dafür notwendige Entwickler-Know-how. Indem CAN FD die bestehenden CAN-Konzepte wie Bus-Arbitrierung, Botschafts-Acknowledge (Quittierung) oder Ereignissteuerung beibehält, lässt sich auch das vorhandene Know-how in CAN-FD-Projekten weiternutzen. CAN FD erlaubt einen flexiblen Einsatz. Die Anwendungen profitieren wahlweise von der höheren Bitrate, von der größeren Nutzdatenlänge oder von beidem. Schließen sich etwa höhere Übertragungsraten durch lange Leitungen aus, zum Beispiel bei manchen Lkw-Anwendungen, verhilft die Nutzdatenlänge von bis zu 64 Bytes zu spürbar höherem Datendurchsatz.

Trotz weitgehend gleichartiger Funktionsweise erfordert dieses Protokoll Erweiterungen und Anpassungen bei Hard- und Software. Unter anderem führt CAN FD drei neue Bits im Control Field ein:

- Extended Data Length (EDL),
- Bit Rate Switch (BRS) und
- Error State Indicator (ESI).

Anhand eines rezessiven EDL-Bits (High Pegel) sind Frames im erweiterten CAN-FD-Format vom Standard-CAN-Format unterscheidbar, die durch ein dominantes EDL-Bit (Low Pegel) gekennzeichnet sind. Analog dazu schaltet ein rezessives BRS-Bit auf die höhere Bitrate beim Senden des Data Field um. Das ESI-Bit dient zur Identifikation des Fehlerzustandes eines CAN-FD-Knotens. Daneben bilden weitere vier Bits den sog. Data Length Code (DLC), der die erweiterte Nutzdatenlänge als mögliche Werte von 12, 16, 20, 24, 32, 48 und 64 Bytes abbildet (**Bild 1**).

Herausforderung für Werkzeughersteller

Für einen Hersteller von Software-Entwicklungswerkzeugen besteht die Herausforderung bei der Einführung eines neuen Systems wie CAN FD darin, passende Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, sobald der Kundenkreis mit der Entwicklung der ersten CAN-FD-Steuergeräte beginnt. Die Integration des Protokolls in eine vorhandene Test- und Simulationsumgebung erfordert zügige Anpassungen auf verschiedenen Ebenen von der Hardware bis zur Anwendungsschicht. Außerdem wird zur Beschreibung des Kommunikationsnetzes eine entsprechende Datenbank benötigt. Vor diesem Hintergrund stellt sich zunächst die Frage, wie CAN FD am sinnvollsten zu modellieren ist. Ist ange-

sichts der Nutzdaten bis zu 64 Byte Länge beispielsweise eine PDU-Abstraktion notwendig? Protokoll-Dateneinheiten (Protocol Data Unit, PDU) sind nicht nur bei FlexRay üblich, sondern werden auch von der AUTOSAR System Description unterstützt. Sie ermöglichen u.a. zusätzliche CRC-Prüfungen oder können als Sende-Trigger dienen.

Grundsätzlich ist es sinnvoll, bei der Modellierung von CAN FD möglichst viel Bewährtes aus der CAN-Welt beizubehalten. So lassen sich existierende CAN-Test- und Simulationssysteme schnell migrieren, wenn CAN FD nicht als neues Bussystem behandelt wird, sondern als Erweiterung von CAN. Notwendige Konfigurationsänderungen von Werkzeugen fallen dann vergleichsweise harmlos aus. Auch Testskripte und Datenbanken sind weiter nutzbar. Wenn sich die OEMs und Zulieferer in diesem Kontext zunächst auf CAN FD mit acht Datenbytes beschränken, sind sie in der Lage, erste Projekte zügig zu realisieren. Als Datenbanken lassen sich DBC-Datenbasen direkt weiterverwenden, die bei CAN-Anwendungen weit verbreitet sind und quasi den Industriestandard bilden. DBC beherrscht außerdem bereits den Umgang mit Nutzdaten von 64 Bytes Länge für Protokolle wie J1939.

Flexible Hardware durch FPGAs und austauschbare Transceiver

Die Struktur der Software-Werkzeuge und ihre Haupteinsatzgebiete Analyse, Test, Logging und Simulation zeigen, dass CAN-FD-Anpassungen auf nahezu allen Schichten des Automotive Protocol Stack notwendig sind. Auf der physikalischen Ebene nutzen die Werkzeuge fast immer eine Netzwerkschnittstelle für den Buszugang. Netzwerkschnittstellen lassen sich auf verschie-

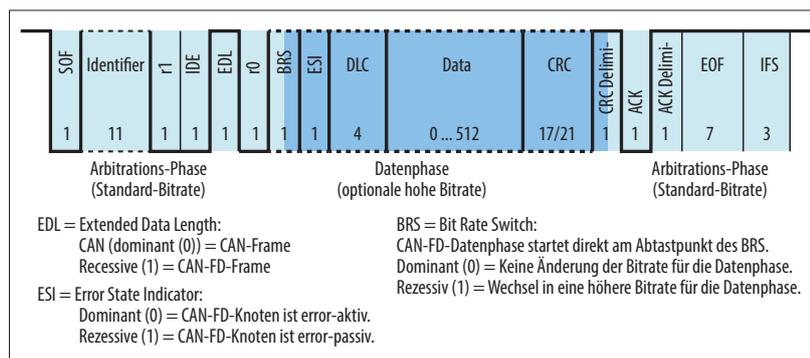


Bild 1. CAN-FD-Frame.



Bild 2. CAN-FD-Busschnittstellen mit Piggy-Back-Transceivern.

(Bilder: Vector Informatik)

dene Arten verwirklichen, entweder auf Basis von FPGAs oder mit Standard-Controller-Chips. Letztere stellen im Vergleich zu FPGAs die kostengünstigste Lösung dar. Allerdings sind sie fest begrenzt auf den jeweiligen Funktionsumfang und müssen grundsätzlich erst einmal für CAN FD verfügbar sein. Die flexiblere und schneller verfügbare Alternative – zumindest in der CAN-FD-Anfangsphase – sind daher Schnittstellen mit FPGAs. Die Technologie erfüllt nicht nur die notwendigen Echtzeit-Anforderungen, sondern erlaubt auch jederzeit Treiber-Updates, um neue Funktionen wie 64-Byte-Support oder Bugfixes bereitzustellen. Die Frage, ob CAN FD neue Transceiver benötigt, hängt vom konkreten Einsatzfall ab. Innerhalb der Fahrzeugnetzwerke wird sich voraussichtlich eine Übertragungsrates zwischen zwei und vier Mbit/s durchsetzen. Zum Flashen von Steuergeräten soll sie möglichst hoch sein,

hier sind acht Mbit/s oder mehr denkbar. Das hängt vom verwendeten CAN-Transceiver ab. Flexibel einsetzbar ist konfigurierbare Hardware mit Piggy-Back-Transceivern, also kleinen austauschbaren Huckepackplatinen (Bild 2). Diese Technik erlaubt die Unterstützung zukünftiger Transceiver.

Auf der Kommunikationsschicht benötigen Entwickler häufig Analysewerkzeuge, die Frames darstellen und gegebenenfalls Zugriff auf einzelne Frame-Daten ermöglichen. Dazu ist es unverzichtbar, die CAN-FD-Bits EDL, BRS und ESI korrekt zu interpretieren; gleiches gilt für die erweiterte Nutzdatenlänge (Bild 3). Die notwendigen Modifikationen lassen sich einfach gestalten, wenn Frames als vom Werkzeug versendete Ereignisse modelliert werden. So genügt es, die vorhandenen CAN-Ereignisse um die CAN-FD-Bits und die höhere Nutzdatenlänge zu erweitern. Lediglich Analyse-Fenster, die Botschaften anzeigen, müssen CAN- und CAN-FD-Frames unterscheiden.

CAN FD auf höheren Schichten

Auf den höheren Ebenen stehen Diagnose, Netzwerk-Management (NM), Transport-Protokoll (TP), Interaction Layer (IL) und Sendemodelle im Mittelpunkt. Während Anwendungen auf der Transportschicht noch mehrere Frames interpretieren, arbeitet die Anwen-

dungsschicht gewöhnlich nicht mehr mit Frames, sondern mit Signalen. Netzwerk-Management, Interaction Layer und Sendemodelle sind von den speziellen Eigenheiten des jeweiligen Automobilherstellers abhängig. Die erweiterte Nutzdatenlänge von CAN FD wirkt sich sowohl auf den Interaction Layer als auch die Transportschicht aus und erfordert somit Anpassungen. Modulbasierte Werkzeuge mit entsprechenden Schnittstellen haben hier den Vorteil, dass sich nicht nur OEM-spezifische Besonderheiten einfach umsetzen oder austauschen lassen, sondern auch die für CAN FD notwendigen Erweiterungen. Auf der Anwendungsebene sind diejenigen Entwickler in einer guten Ausgangslage, die ihre Anwendungen protokollunabhängig und konsequent auf der Basis von Signalen aufgebaut haben. Sie können ihre Simulationsmodelle, Testskripte und grafischen Eingabe-Benutzerschnittstellen nahezu unverändert weiterverwenden.

Die Karten werden neu gemischt: CAN FD, LIN, FlexRay

Die Einführung eines neuen Bussystems bleibt naturgemäß nicht ohne Auswirkungen auf die aktuellen Netzwerkprotokolle. Im Komfort-Anwendungsbereich von LIN sind kaum Veränderungen zu erwarten, da CAN FD hier keine Vorteile bringt. Es ist lediglich zu berücksichtigen, dass kein einfaches TP-Routing (sogenannte raw TP) mit Nutzdaten von mehr als acht Bytes möglich ist, bei dem einfach die Daten eines CAN-Frame in einen LIN-Frame kopiert werden. Anders sieht es bei FlexRay aus, weil CAN FD als günstigere Alternative immer dann Vorteile hat, wenn es um ereignisgesteuerte Anwendungen geht. Der FlexRay-Einsatz dagegen wird sich möglicherweise stärker auf echtzeitkritische und deterministische Anwendungen beschränken. Bei den vorhandenen CAN-Systemen wird es einige Bewegungen geben. So kommen vor allem Netze mit hohen Busauslastungen ab etwa 50 Prozent für CAN FD in Frage. Durch die höhere Bandbreite wird einerseits ein Aufsplitten von Netzwerken mit

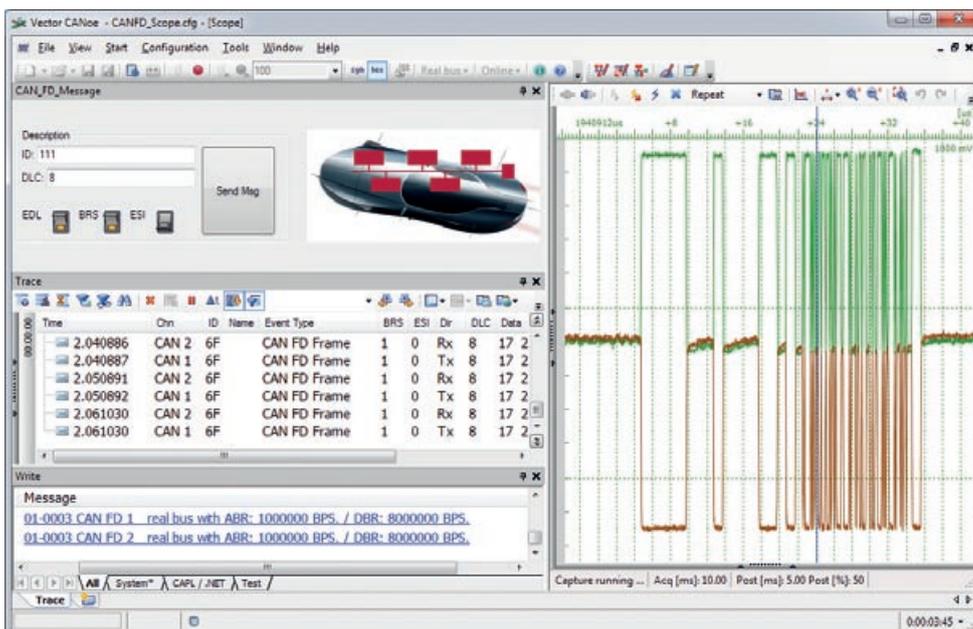


Bild 3. CAN-FD-Simulations- und -Testwerkzeug.

hohen Buslasten vermieden. Andererseits gibt es die Möglichkeit, mehrere Netzwerke wieder in ein einziges zurückzuführen. Das spart Kosten durch weniger Gateways und minimiert nebenbei unliebsame Gateway-Latenzen.

Derzeit ist noch offen, ob es gemischte CAN-/CAN-FD-Netze geben wird, was in erster Linie von den Entscheidungen der Fahrzeughersteller abhängt. Bei einem gemischten Betrieb von CAN und CAN FD müssen auf jeden Fall Maßnahmen ergriffen werden. Es gilt, CAN-Knoten im FD-Betrieb abzuschalten oder passiv zu setzen, weil diese anhand des EDL-Bits einen Formfehler erkennen und somit einen Error Frame senden würden.

Migration von CAN zu CAN FD

Bei der Entwicklung von CAN-FD-Steuergeräten und -Netzwerken kann ein modernes Analyse-, Test- und Simulationstool wertvolle Hilfe leisten. Die Möglichkeiten reichen von der Analyse einzelner Netzknoten bis zur Vollsimulation kompletter Netze. Das versetzt Entwickler zum Beispiel in die Lage, künftige Buslasten vorherzusagen, und ermöglicht optimale Entscheidungsfindungen auf der Grundlage zuverlässiger Simulationsdaten, beispielsweise ob eine Aufspaltung in mehrere Netze notwendig ist oder nicht. Bei der Restbussimulation ersetzt das Werkzeug entwicklungsbegleitend das fehlende Teilnetz und seine Komponenten, die sich nach und nach durch reale Steuergeräte ersetzen lassen. Ebenso kann die Simulation als Gateway fungieren und ein neues CAN-FD-Netz mit einem klassischen CAN-Zweig verbinden. Modifikationen an den vorhandenen CAN-Steuergeräten sind in diesem Fall überflüssig. *eck*

Literatur:

[1] CAN-FD-Spezifikation V1.0, Robert Bosch GmbH



**Dipl.-Ing. (FH)
Peter Decker**

ist seit 2002 bei Vector Informatik und arbeitet als Product Manager im Bereich Multi-busentwicklung für CANoe/CANalyzer.