

Vernetzung mit CAN FD – Auch ans Testen gedacht?

Testumgebung für herstellerunabhängige Steuergerätestests

Einleitung

Die Einführung neuer Technologien in der Automobilindustrie ist ein risikobehaftetes und kostenintensives Unterfangen. Besonders im Bereich der Fahrzeugvernetzung bedeutet das oft einen Spagat zwischen bewährten Mechanismen, Zuwachs an Funktionen und erhöhter Bandbreite durch fortschrittlichere Bussysteme. Die in den letzten Jahren erreichte Zuverlässigkeit gilt stets als Maßstab und darf unter keinen Umständen aufs Spiel gesetzt werden. Der Bedarf an Vernetzungsprüfungen ist jüngst enorm angestiegen und stellt einen wesentlichen Schritt im Freigabeprozess für Hardware- und Softwarekomponenten neuer Fahrzeuggenerationen dar.

Als effizientes und robustes Kommunikationsmedium hat sich der CAN-Bus bis heute bewährt. Mit der Idee „FD - Flexible Datarate“ und der somit erhöhten Bandbreite wird die Daseinsberechtigung von CAN-Bus Systemarchitekturen erheblich verlängert. Die Änderungen im Protokoll, die höheren Datenlängen und unterschiedlichen Bitraten erfordern neue oder angepasste Testfälle und Testsysteme.

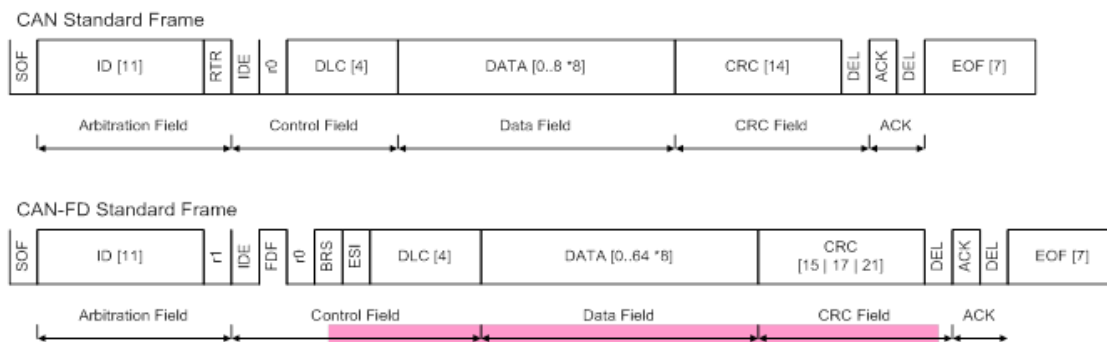


Abb. 1: CAN Frame-Layout

Netzwerktest

Die Methoden zur Prüfung von Netzwerkfunktionen der Bus-Teilnehmer sind in den Lastenheften und Prüfnormen der einzelnen OEMs definiert.

Neben der Busphysik sind verschiedene Controllerparameter wie Bitrate und Abtastzeitpunkt zu testen. Durch die Auswertung der Buskommunikation werden die Sendebotschaften des Steuergerätes gegen die Datenfestlegung überprüft (ID, DLC, Zykluszeit, Signaltests für beispielsweise Zähler und Checksummen, usw.).

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Göschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Typische Testfälle sind die Ermittlung der Betriebsspannungsgrenzen, der Stromaufnahme, Sendebeginn sowie die Reaktionen auf Störungen der Betriebsspannung in Form von Impulsen und Rampen ermittelt.

Die Prüfung des CAN-Fehlermanagements stellt eine wesentliche Prüfaufgabe im CAN-Steuergerätest dar. Für die Untersuchung der Busoff-Behandlung werden Sendebotschaften des Steuergerätes gestört und Send- und Wartephasen, Reinitialisierung und Empfangsbereitschaft in den Wartephasen ausgewertet. Die Testfälle für das Netzwerkmanagement richten sich nach dem eingesetzten Netzmanagementtyp (OSEK-NM, NMHigh, AutoSAR) und überprüfen beispielsweise Zustandsübergänge, Weckursachen, Einhaltung der Busruhe und das Timing. Der Prüfkomplex der OnBoard-Diagnose beinhaltet beispielsweise den Test des Transportprotokolls, die CAN-Fehlerbehandlung (Start der Überwachungen, Spannungsschwellen, Botschaftsausfall, Signalfehler, Busoff) und die Überprüfung der Diagnoseservices.

Schnittstellentest CAN FD

CAN FD ist im Wesentlichen eine Erweiterung auf der Protokollebene. Daher gelten die meisten Punkte der Prüfspezifikationen für klassischen CAN ebenso für CAN FD. Einige Besonderheiten bzw. zusätzlich durchzuführende Testfälle sollen nachfolgend kurz erläutert werden.

Kompatibilität

CAN FD ist vollständig kompatibel zu CAN, d.h. jeder CAN FD Controller kann klassische CAN-Frames senden und empfangen. Controller, die nur den CAN-Standard unterstützen, können jedoch keine CAN FD-Frames dekodieren.

Beim CAN FD Akzeptanztest müssen FD-Frames, unabhängig von der Art der durch das Steuergerät selbst gesendeten oder empfangenden Frames, jederzeit korrekt bestätigt werden (ACK). Error Frames als Folge von fälschlicherweise erkannten Formfehlern dürfen nicht auf dem Bus sein.

Datenlänge

Die maximale Nutzdatenlänge wurde von 8 auf 64 Datenbytes vergrößert. Diese Werte müssen für alle versendeten Botschaften überprüft werden. Die geschieht, wie beim klassischen CAN auch, durch Traceaufzeichnung- und -analyse unter verschiedensten Bedingungen und dem anschließenden Test gegen die Vorgaben aus der Datenfestlegung. Falsche Datenlängen können beim Empfänger zu Funktionseinschränkungen führen und müssen daher in den entsprechenden Testfällen zur Fehlererkennung simuliert werden.

Bitrate

Der wesentliche Parameter für die fehlerfreie Kommunikation auf dem CAN-Bus ist die Bitrate. Im Gegensatz zum klassischen CAN arbeitet der CAN FD mit flexibler Bitrate, d.h. mit unterschiedlichen Übertragungsgeschwindigkeiten innerhalb eines Frames. Während der Arbitration Phase wird mit bis zu 1 Mbit/s und während der Data Phase mit bis zu 10 Mbit/s gesendet. Eine typische Kombination ist beispielsweise 500 und 2000 kbit/s. Zum sendeseitigem Testen eignen sich hardwarebasierende Lösungen. Dadurch ist es möglich, beide Bitraten gleichzeitig und kontinuierlich in einem oder

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

mehreren Frames zu messen. Zur exemplarischen Vermessung eines Frames eignen sich auch hochauflösende, CAN FD-triggerbare Oszilloskope.

Bit Rate Switch (BRS)

Das neue BRS-Bit im Control Field des Frames signalisiert das Senden mit hoher Bitrate (rezessives Bit) oder niedriger Bitrate (dominantes Bit). Die gesendeten Frames eines Steuergerätes werden durch Traceaufzeichnung- und -analyse mit den Herstellervorgaben bzw. der Datenfestlegung verglichen und bewertet. In der Regel müssen alle FD-Frames immer mit hoher Bitrate gesendet werden. Empfangsseitig dürfen Steuergeräte nicht zwischen schnellen und langsamen Frames unterscheiden. Dafür werden einzelne oder alle FD-Empfangsbotschaften für eine bestimmte Zeit sowohl schnell, als auch langsam gesendet. Dies darf weder zu Error Frames auf dem Bus führen, noch dürfen zusätzliche Fehlerspeichereinträge auftreten.

Error State Indicator (ESI)

Das ESI-Bit im CAN FD zeigt den aktuellen Fehlerzustand eines CAN FD-Controllers an. Ein dominanter Wert signalisiert Error active, ein rezessiver Wert Error passive. Daher können und müssen bei den Testfällen zur Fehlerbehandlung für CAN FD neben den üblichen Testfällen zur Reaktion auf das Erreichen des Bussoff, auch die anderen beiden Fehlerzustände erzwungen und bewertet werden. Hierfür ist ein flexibel konfigurierbares Störmodul nötig, welches beliebige CAN und CAN FD-Botschaften stören kann.

Bitratenumschaltung

Die Umschaltung von langsamer zu schneller Bitrate erfolgt am Sampling Point des BRS Bits, die Umschaltung von schneller zu langsamer Bitrate am Sampling Point des CRC Delimiters oder direkt nach dem Erkennen eines Fehlers. Error Frames werden demnach immer mit der nominalen (langsamen) Bitrate gesendet. Die Bitratenumschaltung muss für die sende- und empfangsseitige Fehlererkennung getestet werden.

Abtastzeitpunkt

Ein CAN FD-Controller ermittelt den Wert jedes gesendeten oder empfangenen Bits zu einem fest definierten Zeitpunkt. Dieser Wert muss entsprechend den Herstellervorgaben konfiguriert werden. Aufgrund der Bitratenumschaltung existieren für CAN FD zwei verschiedene solcher Abtastzeitpunkte.

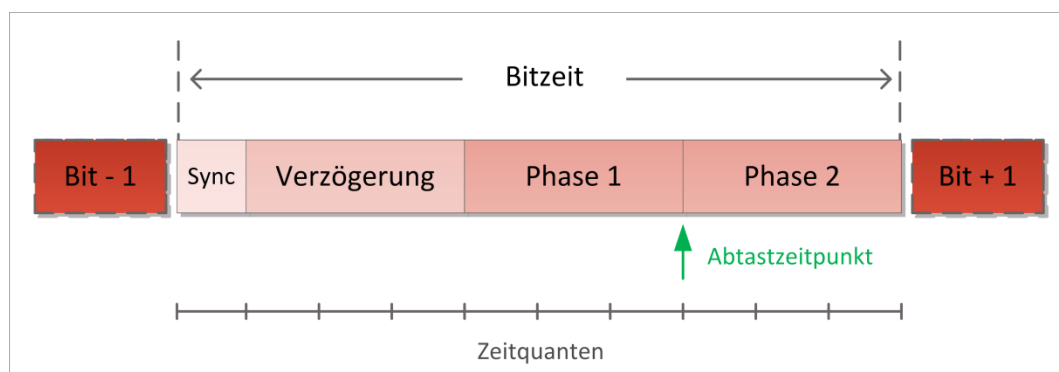


Abb.2: CAN Bit-Timing

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Der Abtastzeitpunkt kann mit Hilfe verschiedener Verfahren ermittelt werden, unter anderem durch das Verfahren nach Patent DE102009039200 A1.

Für CAN FD ist eine deutlich höhere Genauigkeit bei der Framegenerierung und eine Anpassung der Signalgenerierung für die Messung beider Abtastzeitpunkte aller möglichen Framearten nötig (CAN/CAN FD, Standard/Extended, ISO/non-ISO).

Hardware

Art und Umfang der auszuführenden Steuergerätestests bestimmen die nötigen Hardwareressourcen. Die einzelnen Kommunikationsparameter müssen bis an die Grenzen des zulässigen Toleranzbereiches und darüber hinaus verschoben werden, um die Sicherheit und Fehlertoleranz der Kommunikation mit einem Steuergerät messtechnisch erfassen zu können.

Restbuscontroller

Die Kommunikationsmatrix für CAN oder CAN FD kann wahlweise in den Formaten DBC, FIBEX oder AUTOSAR System Description definiert werden. Der Restbuscontroller der GÖPEL electronic Plattform Serie 61 verfügt über ein modulares und damit skalierbares Testressourcen-Konzept. Dieses ermöglicht die flexible Anpassung an den jeweiligen Prüfling.

Für die CAN FD-Kommunikation wird ein TJA1044GT Transceiver in Verbindung mit dem integrierten BOSCH CAN FD IP Core genutzt und ermöglicht eine Bitrate von bis zu 10 Mbit/s. Die Funktionalitäten für Restbussimulation (framebasierend oder nach AUTOSAR), Transport- und Diagnoseprotokollen oder Netzwerkmanagement wurden für CAN FD entsprechend erweitert.

Stör-, Trigger- und Analysemodul

Mittels des Stör-, Trigger- und Analysemoduls Basic CON 4055 kann die CAN/CAN FD Kommunikation gezielt manipuliert und analysiert werden. Daraus ergibt sich die Möglichkeit genaue Protokolltests durchzuführen. Der Basic CON 4055 kann beliebige CAN/CAN FD Botschaften stören und verfügt dafür über bis zu 250 unabhängige Botschaftstrigger auf vier konfigurierbaren Ports sowie Triggerein- und ausgang zur Verwendung von externen Ressourcen.

Die Analysefunktionalität beinhaltet unter anderem eine Bitratenmessung für die CAN/CAN FD-Kommunikation. Im Fall von CAN FD besteht die Möglichkeit der gleichzeitigen Messung beider Bitraten (Arbitrier- und Datenphase).

Das Modul befindet sich in den aktuellen Schnittstellen- und Netzwerktestern im Einsatz.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

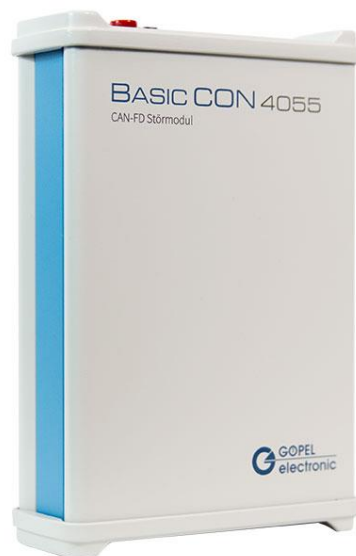


Abb. 3: BasicCON 4055 Störmodul

Signalgenerator

Die Ermittlung des Abtastzeitpunktes beruht bei dem Verfahren nach DE102009039200 A1 auf dem Errorhandling im Data-Link-Layer. Der dabei verwendete Sender muss in der Lage sein, modifizierte CAN/CAN FD-Botschaften zu erzeugen. Die Manipulation der Botschaft erfolgt durch eine partielle Invertierung eines einzelnen Bits im Datenbereich.

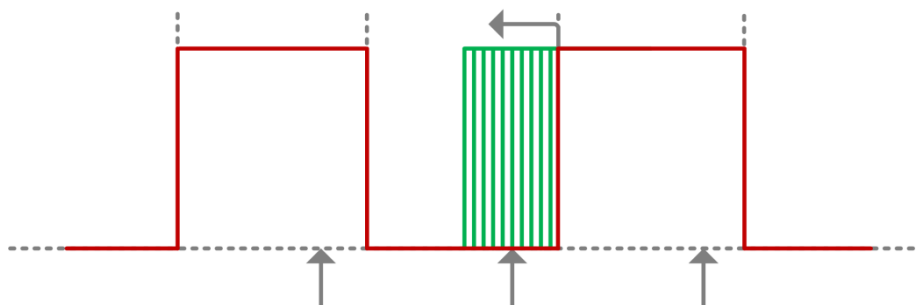


Abb. 4: Darstellung des Prinzips der Abtastzeitpunkt-Ermittlung

Der CAN/CAN FD-Teilnehmer reagiert bei erkannten CRC-Fehlern daraufhin mit einem Fehlertelegramm.

Um die Ermittlung auf ein Prozent genau durchzuführen, kommt ein Signalgenerator zum Einsatz, der das Testsignal in einer entsprechenden Auflösung, Genauigkeit und Geschwindigkeit senden kann.

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel.: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Zusammenfassung

Für CAN FD gelten große Teil der Prüfvorschriften der Automobilhersteller uneingeschränkt weiter. An einigen Testfällen sind Erweiterungen vorzunehmen, andere kommen ganz neu hinzu. Die vorhandenen Testsysteme sind sowohl im Hard- als auch im Softwarebereich anzupassen bzw. zu erweitern. Dies betrifft bei der Hardware hauptsächlich die Restbuscontroller und Störmodule und bei der Software die vollständige Integration des CAN FD-Protokolls.



Abb. 5: Beispiele CAN/FD-, LIN-, Flexray-, Ethernet-Vernetzungstestsysteme

Pressekontakt:

GOPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GOPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Rauh (geb. 1973) studierte von 1996 bis 2001 an der Fachhochschule Jena. Seit 2003 entwickelt er im Geschäftsbereich „Automotive Test Solutions“ kundenspezifische Lösungen für den Test und die Simulation von Kommunikationsschnittstellen im Fahrzeug. Seit 2010 ist er als Senior Engineer für den Bereich Netzwerktest verantwortlich.

M.Eng. Andreas Schmidt (geb. 1990) studierte von 2008 bis 2011 an der Fachhochschule Jena. 2016 absolvierte er sein Masterstudium auf dem Gebiet Software Engineering an der Technischen Hochschule Nürnberg. Seit 2011 entwickelt als Applikationsingenieur im Bereich Netzwerktest kundenspezifischen Lösungen für den Test und die Simulation von Kommunikationsschnittstellen im Fahrzeug.

Pressekontakt:

GÖPEL electronic GmbH
Matthias Müller
Goeschwitzer Str. 58-60/66
D-07745 Jena

Tel: +49-3641-6896-739
Fax: +49-3641-6896-944
E-Mail: press@goepel.com
URL: www.goepel.com

GÖPEL electronic GmbH • Göschwitzer Str. 58/60 • 07745 Jena, Deutschland

Tel.: +49-3641 - 6896 - 0
Fax: +49-3614 - 6896 - 944
E-Mail: sales@goepel.com
www.goepel.com