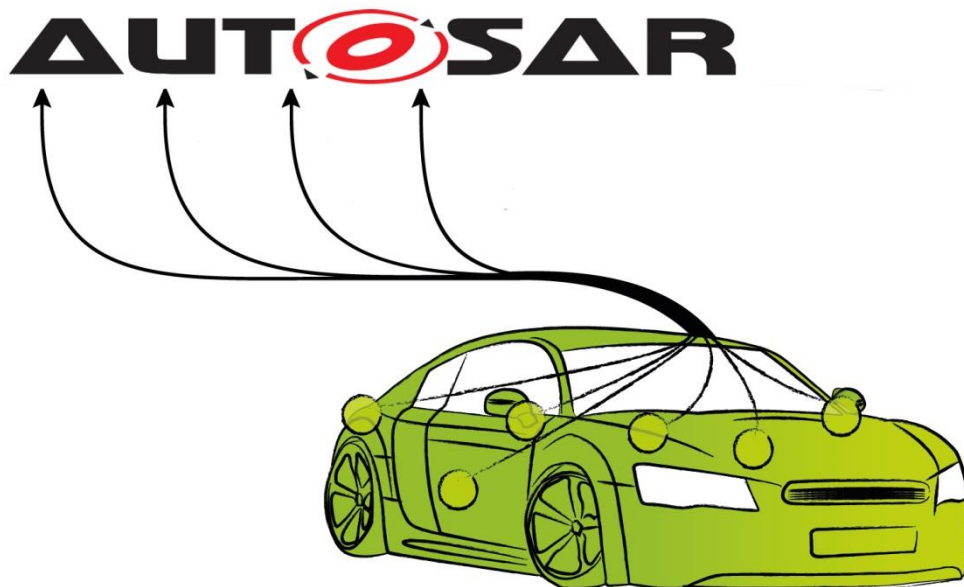


Vernetzungstest von Automotive-Steuergeräten im AUTOSAR-Umfeld



Durch Standardisierung üblicher Netzwerkprotokolle und Dateiformate in Konsortien wie AUTOSAR und ASAM wird die Interoperabilität und Stabilität der E/E-Komponenten des Kraftfahrzeugs verbessert. Standardkonforme Softwaremodule fließen immer häufiger als parametrierbare Standardsoftware in die Kommunikationsstacks der Steuergeräte ein. Im Optimalfall ergänzt der Steuergeräteentwickler nur noch die für sein Steuergerät spezifischen Funktionen.

Trotz fortschreitender Vereinheitlichung von Softwaremodulen empfiehlt es sich, jedes Steuergerät einem Netzwerkttest zu unterziehen, um dessen Kommunikationsschnittstellen zum Fahrzeugnetzwerk zu validieren. Das Sollverhalten eines Netzwerkteilnehmers ist in den Lastenheften eines OEMs definiert. Dazugehörige Prüfnormen spezifizieren Methoden zur Validierung der Netzwerkfunktionen. Sie beschreiben das Sollverhalten des Einzelsteuergeräts oder eines Verbunds mehrerer Steuergeräte unter Testbedingungen. Grundlegende Prüfvorschriften beziehen sich meist auf die generelle Validierung einer Kommunikationstechnologie einschließlich seiner wichtigsten Funktionen im Fehler- und Netzwerkmanagement sowie der Busdiagnose. Diese Prüfspezifikationen gehören für die Technologien CAN-FD, LIN, FlexRay und Automotive Ethernet zu den Standardprüfungen im Steuergeräte-Einzeltest.

Hinzu kommen spezialisierte Prüfnormen, die ein konkretes Kommunikationsprotokoll im Detail absichern. Typische Vertreter sind den Bereichen End-to-End-Absicherung, Transport- und Diagnoseprotokolle, Netzwerkmanagement oder Energiemanagement zuzuordnen. Ein übergreifendes Themengebiet ist in diesem Zusammenhang die Sichere Onboard-Kommunikation (SecOC) des AUTOSAR-Standards, die insbesondere die Authentizität und Integrität der auf PDU-Ebene übertragenen Daten sicherstellen soll.

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

Die ausgeprägte Heterogenität von Übertragungstechnologien sowie die steigende Komplexität moderner E/E-Fahrzeugarchitekturen bieten neue Herausforderungen für das Testequipment.

Um trotz komplexer Übertragungsprotokolle, hoher Datenmengen und einer Vielzahl neuer Technologien die Zuverlässigkeit und Sicherheit der elektrischen Anlage des Kraftfahrzeugs sicherzustellen, ist die Anpassung oder Neuentwicklung von Testfällen und Testsystemen notwendig.

Automotive Vernetzungstest

Der Vernetzungstest für das Einzelsteuergerät und den Steuergeräteverbund lässt sich in die Prüfkomplexe Busphysik, Parameter, Versorgung, Datenfestlegung, Fehlermanagement, Netzmanagement, Diagnose und Routing untergliedern:

Zur *Busphysik* gehören die Messung von Signalpegel, Flankensteilheit und Busabschluss. Letzterer ist eine wesentliche Grundlage für eine fehlerfreie Kommunikation im Fahrzeug und die Vermeidung von Pseudofehlern während des Tests.

Die nachzuweisenden *Controller-Parameter* unterscheiden sich je nach Übertragungstechnologie erheblich in Anzahl und Komplexität. Für die Funktionsweise wesentlich sind zum Beispiel Bitrate und Abtastzeitpunkt. Die Prüfung des eingestellten Abtastzeitpunkts (Samplepoints) und Secondary Samplepoints des CAN-FD-Steuergeräts nach einem patentierten Verfahren (DE102009039200 A1) sowie die Bestimmung des LIN-Samplepoints laut LIN2.1-Conformance Test erfolgt mittels Funktionsgenerator. In diesem Zusammenhang kann auch die Bitratenumschaltung eines CAN-FD-Teilnehmers im Fehlerfall nachgewiesen werden (Verfahren zum Patent angemeldet). Ein weiterer typischer Test in diesem Bereich ist die Prüfung der Transmission Start Sequence (TSS), die den Übertragungsbeginn eines FlexRay-Frames kennzeichnet. Sie wird mittels Aufnahme eines Oszilloskops validiert.

Typische Testfälle im wichtigen Komplex *Versorgung* sind die Ermittlung der Betriebsspannungsgrenzen, der Stromaufnahme, des Sendebeginns sowie die Reaktionen auf Störungen der Betriebsspannung in Form von Impulsen und Rampen. Vorgaben dazu macht zum Beispiel die VAG-Norm VW80000. Sie beinhaltet verschiedene Verläufe der Versorgungsspannung wie etwa Spannungsschwankungen, die den Kalt- oder Warmstart eines Fahrzeugs simulieren. Diese Prüfungen gehören zum üblichen Umfang der Versorgungsprüfungen im Vernetzungstest in allen Technologien.

Bei der Auswertung der Buskommunikation werden die gesendeten Daten der Steuergeräte entsprechend den Angaben der *Datenfestlegung* überprüft. Darunter fallen unter anderem die Einhaltung der Zykluszeit und der Datenlänge auf Frame- oder PDU-Ebene als auch die korrekte Berechnung von Zählern und Checksummen in den entsprechenden Signalen. Die parallele Aufzeichnung der Bussegmente und busunabhängige Testwerkzeuge ermöglichen dabei die Anwendung einheitlicher Testroutinen auf unterschiedliche Bustechnologien. Durch die gemeinsame

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

Zeitbasis der Aufzeichnungen können weiterführende Tests hinsichtlich Wakeup-Weiterleitung oder PDU-/Signal-Routing für Gateway-Steuergeräte durchgeführt werden.

In diesem Zusammenhang simuliert ein automatisiert erstellter Restbus sowohl die plausible Kommunikation im Fahrzeugnetzwerk, als auch Fehlerzustände durch Botschaftsausfall und fehlerhafte Zähler- / Checksummenberechnung. Letzteres ist gerade für den Testkomplex im Bereich der End-to-end-Absicherung (E2E) von PDU-Übertragungen notwendig. Bei Bedarf stellt eine signierte Übertragung durch AUTOSAR-SecOC die Authentizität und Integrität der Daten auf PDU-Ebene sicher.

Die Prüfung des *Fehlermanagements* stellt eine wesentliche Prüfaufgabe im Steuergerätetest dar. Sie beinhaltet wichtige Prüfscenarien, wie physikalische Leitungsfehler und durch das Testsystem eingebrachte Störungen, die von den Busteilnehmern erkannt werden müssen. Für die Untersuchung der Bus-Off-Behandlung werden Send- und Empfangsbotschaften des CAN-FD-Steuergerätes gestört sowie Wartephasen, Re-Initialisierung und Empfangsbereitschaft in den Wartephasen ausgewertet. Weiterhin wird das Verhalten bei Eindrahtfehlern (wie Kurzschluss und Leitungsunterbrechung) sowie fehlendem Acknowledge getestet. Die korrekte Funktionsweise des FlexRay-Controllers im Falle eines Syntax Errors, Content Errors oder einer Boundary Violation wird über dessen Status-Bits verifiziert. Bei der Boundary Violation beispielsweise wird der FlexRay-Frame über die virtuellen Grenzen seines zugewiesenen Zeitslots hinaus gesendet. Diesen Fehler muss jeder FlexRay-Controller detektieren und der Steuergeräteapplikation melden. Für die Technologien LIN und Ethernet werden physikalische Störmodule integriert, die die Übertragungsleitungen mit ohmschen oder kapazitiven Lasten und Kurzschlüssen beaufschlagen. So lässt sich die Auswirkung von Fehlern und zusätzlichen Impedanzen auf die Qualität des Ethernet Links und dessen Kommunikationseigenschaften untersuchen.

Das *Netzwerkmanagement* ist einer der wichtigsten Mechanismen der Buskommunikation. Ein einziges Steuergerät, das nicht spezifikationsgemäß in den Zustand der Busruhe bzw. den Sleepmode übergeht, reicht aus, um alle anderen Busteilnehmer wach zu halten und damit die Fahrzeugbatterie binnen kurzer Zeit zu entladen. In diesem Testkomplex werden deshalb beispielsweise Zustandsübergänge, Weckursachen, Aufstartverhalten und nicht zuletzt die dauerhafte Einhaltung der Busruhe geprüft. Beim Test des Aufstartens muss das Steuergerät innerhalb eines spezifizierten Zeitraumes (bspw. nach Einschalten der Zündung) mit dem Sendevorgang beginnen und das Senden auf dem Bus zu einem späteren Zeitpunkt (z. B. nach Abschalten der Zündung) wieder einstellen und diesen Zustand der Busruhe beibehalten. Der Sendestart und -stop von Applikation und Netzwerkmanagement innerhalb einer bestimmten Zeit ist ein wichtiges Prüfkriterium und essentielle Bedingung für die korrekte Funktionsweise des Gesamtfahrzeugs. Um die Testtiefe weiter zu erhöhen, ist es sinnvoll, zusätzliche Stresstests im Bereich von State- und Netzwerkmanagement durchzuführen. Dabei wird iterativ die Zeit zwischen dem Erreichen der Busruhe und dem Wiederwecken durch das Testsystem verkleinert, um die Stabilität der Zustandsmaschine des Steuergerätes zu verifizieren.

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

Die Prüfungen zur *Diagnose* von Steuergeräten umfassen alle Betriebsbereiche des Fahrzeugs. Grundlegend sind Tests zur Überprüfung der relevanten Diagnoseservices aller diagnosefähigen Steuergeräte über die angeschlossenen Schnittstellen, zum Beispiel mittels Diagnosis over IP (DoIP). Der Testkomplex der Diagnosetests beinhaltet beispielsweise die korrekte Befüllung der Fehlerspeicher nach Unter-/Überspannung, Spannungseinbrüchen, Leitungsfehlern und Botschaftsausfall. Weiterführende Prüfungen beinhalten außerdem den detaillierten Test von Transport- und Diagnoseprotokollen.

Prüfungen im Bereich Netzmanagement sowie PDU- und Signal-Routing erfordern häufig echtzeitfähige, busübergreifende Mechanismen mit gemeinsamer Zeitbasis, die bezugnehmend auf das Einschlafen eines Segments (z. B. eines Ethernet-Links) eines Multibus-Steuergerätes, das aktive Wecken auf einem anderen Segment (z. B. einem CAN-Bus) dieses Steuergeräts auslösen. Die Realisierung eines solchen Event-/Action-Konzepts innerhalb des Testsystems ist schematisch in **Abbildung 1** dargestellt.

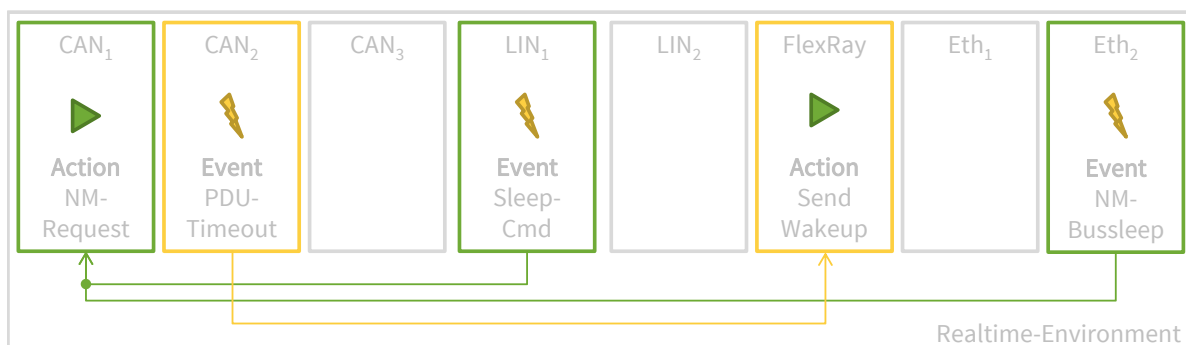


Abbildung 1: Bus-übergreifender Echtzeitmechanismus
Auf ein Ereignis folgen Aktionen mit parametrierbarer Verzögerung

Desktop-Vernetzungstestsystem

Bei der Validierung von Fahrzeugkomponenten im Labor dienen leistungsfähige 19“-Netzwerktestsysteme der detaillierten Überprüfung physikalischer Eigenschaften von Businterfaces, deren Kommunikationsverhalten sowie der Simulation von Übertragungsfehlern am Einzelsteuergerät als auch im Steuergeräte-Verbund. HiL- und Vernetzungstestsysteme prüfen Fahrzeugfunktionen und Steuergeräte mit komplexen Softwarestacks in verschiedenen Umgebungsszenarien.

Als Ergänzung zu kostenintensiven Hochleistungstestsystemen dienen bei OEMs und Zulieferern kompakte Desktop-Prüfplätze zur Validierung von einzelnen Steuergerätefunktionen oder Kommunikationsprotokollen. Der entwicklungsbegleitende Test von Automotive-Komponenten kann damit direkt am Schreibtisch des Entwicklungs- und Prüfenieurs erfolgen.

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

Das MagicCAR Compact von GÖPEL electronic (Abbildung 2) ist ein solches kompaktes und OEM-unabhängiges Vernetzungstestsystem für den Einsatz auf dem Schreibtisch und im Labor.



Abbildung 2: Kompakter Vernetzungstester MagicCAR Compact

Das Kompakttestsystem ist in der Variante „NET“ speziell auf die Vernetzungsprüfung am Einzelsteuergerät und Steuergeräteverbund bis hin zum realen Fahrzeug ausgelegt, bei der die ordnungsgemäße Funktionen aller OSI-Layer einer Kommunikationstechnologie nachgewiesen werden soll. Der Vernetzungstester bietet die für den Automobilbereich typischen Kommunikationstechnologien CANFD, FlexRay, LIN und Automotive Ethernet in verschiedenen Gerätekonfigurationen und deckt somit die typischen Anforderungen im Kfz-Steuergerätestest ab.

Das Gerät ergänzt das Portfolio leistungsfähiger Vernetzungstestsysteme (siehe Abbildung 3) von GÖPEL electronic um eine flexible und kundenspezifische Testlösung.

				
	Test	BasicCAN	MagicCAR	NWT
Schnittstellentest	Busphysik		●	●
	Parameter		●	●
	Versorgung	●	●	●
	Datenfestlegung	●	●	●
	Fehlermanagement		●	●
	Netzmanagement	●	●	●
	Diagnose: TP und Services	●	●	●
	Diagnose: Fehlerbehandlung	●	●	●
	E2E Kommunikationsabsicherung	●	●	●
Routingtest			●	●
Verbundtest			●	●

Abbildung 3: Testabdeckung GÖPEL-Vernetzungstestsysteme

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

Das Testsystem verfügt über eine interne programmierbare Spannungsquelle inklusive schaltbarer Klemmen zur Versorgung des Prüflings. Frei konfigurierbare Spannungsrampen ermöglichen beispielsweise die Ermittlung von Sendeminimal- und -maximalspannung eines Steuergerätes. So können die Anforderungen des Vernetzungstests im Bereich Versorgung erfüllt werden. In diesem Zusammenhang spielt auch die integrierte Strom- und Spannungsmessung eine wesentliche Rolle. Das System ermittelt kontinuierlich Strom- und Spannungswerte an Klemme 30 und Klemme 15 und stellt diese auf einem Mess-CAN für externe Geräte, der Anwendung auf dem Host-PC und dem Benutzer auf dem integrierten Display bereit. Bei Anwendungen mit Steuergeräten des Antriebsstrangs oder Steuergeräteverbänden, deren Leistungsaufnahme die der internen Versorgungseinheit übersteigen, kann eine externe Spannungsversorgung eingebunden werden.

Diese Störungen werden von integrierten Stör- und Triggermodulen eingebracht, die CAN-FD- oder FlexRay-Frames gezielt austauschen oder zerstören, um die Reaktion des Prüflings im Fehlerfall zu prüfen. Zusätzlich kann anhand von Triggerimpulsen zum Beispiel ein externes Oszilloskop zu verschiedenen Zeitpunkten im Frame angesteuert werden.

Je nach Anwendungsfall lässt sich das Testsystem um externe Geräte auf Basis von Ethernet erweitern. Für Messung des OSI-Layers I kann der Nutzer ein Oszilloskop anschließen, um Messungen auf busphysikalischer Ebene durchzuführen. Über die Integration eines externen digitalen Multimeters lässt sich zum Beispiel der korrekte Abschlusswiderstand eines Steuergeräts nachweisen. Durch die Erweiterung mit einem externen Funktionsgenerator, kann das Gerät zur Ermittlung des eingestellten Samplepoints bei CAN-FD verwendet werden.

Im Allgemeinen ist es sinnvoll, Testroutinen ausschließlich für die aktuelle Testschnittstelle auszuführen und für weitere Kommunikationsschnittstellen bei Bedarf den Restbus zu simulieren, damit die ordnungsgemäße Funktion der Applikation des Steuergeräts sichergestellt wird.

Um stabile und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, sollte die automatisierte Verschaltung der Geräte des Messaufbaus der manuellen Verkabelung vorgezogen werden. Die automatisierbare Verschaltung der verfügbaren internen und externen Ressourcen auf die verfügbaren Kommunikationsschnittstellen realisiert ein im Vernetzungstester integriertes Stör- /Analysemodul.

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

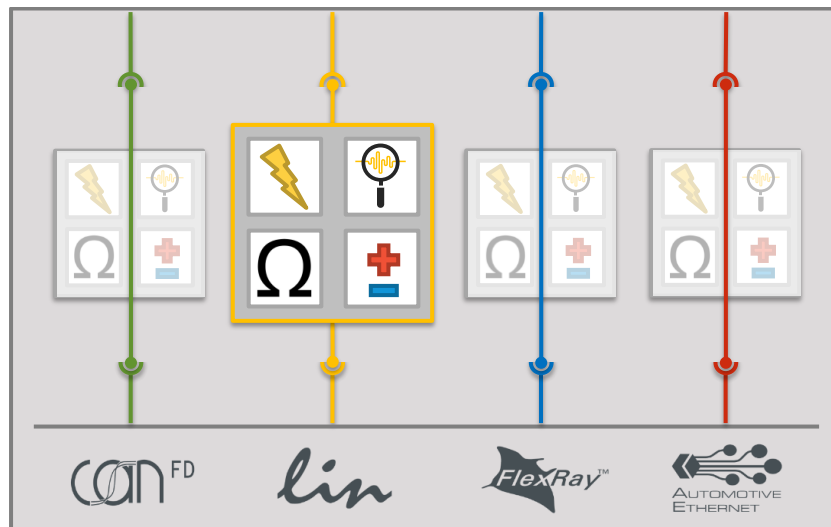


Abbildung 4: Aktivierung des Stör-/Analysemoduls für die Testschnittstelle

Je nach Testfall werden verfügbare Testsystemressourcen wie Multimeter, Oszilloskop oder Störmodul auf die Testschnittstelle aufgeschaltet. Bei der Implementierung eines Testfalls sollten die testfallrelevante Verschaltung und die testsystemspezifischen Einstellungen, wie Relaisbezeichnungen getrennt werden. Dadurch wird der Testfall wartbar und kann auf beliebig viele Schnittstellen skaliert werden.

Der Kurzschluss der Busleitungen mit dem Massepotential beispielsweise stellt einen typischen Testfall im Vernetzungstest dar. Bei der Implementierung wird nur der Kurzschluss im Relaismodul konfiguriert. Die aktuelle Testschnittstelle verwendet diese Konfiguration dann automatisch.

Zusammenfassung

Der Test moderner E/E-Fahrzeugarchitekturen stellt vielfältige Herausforderungen an das Testequipment. Detaillierte Prüfungen zum spezifikationsgerechten Verhalten der Steuergeräte im Verbund können auf Basis der skalierbaren GÖPEL electronic-Testumgebung flexibel umgesetzt werden. Das Testsystem MagicCAR Compact steht für den effizienten Test von Funktionen/Applikationen im Automotive-Umfeld. Die neue Geräteserie zeichnet sich durch eine kompakte Bauweise aus in der alle notwendigen Ressourcen (Versorgung, Relaismatrix, Kommunikations-Interfaces, Strommessung und evtl. Analyse-/Störmodule) vereint sind. Das Gerät basiert auf einer internen Ethernet-Architektur und kann durch externe Ethernet-fähige Geräte wie Oszilloskop oder Multimeter erweitert werden. Wesentlicher Bestandteil ist die interne Verwendung von GÖPEL electronic-Standardprodukten für CAN-FD, LIN, Flexray, Automotive Ethernet und LVDS.

Im Rahmen von Vernetzungstests kann das Kompakttestsystem sowohl für Einzelschnittstellen- als auch für Verbundtests am Brett Aufbau bzw. realen Fahrzeug verwendet werden.

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

Über die Autoren:

M. Sc. Christopher Manthey (geb. 1989) studierte von 2007 bis 2010 Praktische Informatik an der Berufsakademie Gera. 2017 absolvierte er sein Masterstudium in der Fachrichtung Informatik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Seit 2010 entwickelt er als Applikationsingenieur im Geschäftsbereich „Automotive Test Solutions“ kundenspezifischen Lösungen für den Test und die Simulation von Kommunikationsschnittstellen im Fahrzeug.

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.

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