



# Vom Conformance-Test zum LIN-Baukasten

## Symposium: LIN-Entwicklungen zwischen Qualitätsanforderung und Kostendruck

Es tut sich eine Menge rund um den LIN-Bus (Local Interconnect Network): Die größten Herausforderungen für OEMs und Zulieferer liegen derzeit im Erreichen einer hohen Qualität und Zuverlässigkeit von LIN-Komponenten, andererseits darin, die Kosten im Griff zu behalten.

Von Gavin C. Rogers

Auf einem unlängst von der Vector Informatik GmbH ([www.vector-informatik.de](http://www.vector-informatik.de)) veranstalteten LIN-Symposium konnten die Vertreter der europäischen Automobilindustrie Erfahrungen austauschen, Erwartungen formulieren

und künftige Trends diskutieren. Einige Herausforderungen, die sich im Spannungsfeld zwischen Qualitätsanforderung und Kostendruck bewegen, sind aber auch zu bewältigen.

### ■ Bedeutung der LIN-Conformance-Tests unbestritten

LIN-Applikationen sind inzwischen in vielen Teilen des Automobils zu finden; sie reichen von der Klimasteuerung über Fensterheber, das Multifunktionslenkrad und das Navigationssystem bis zur Scheibenwischersteuerung, Batterieladungsüberwachung und Beleuchtungsfunktionen (Bild 1). Ein Großteil der Entwicklungsanstrengungen konzentriert sich bei Fahr-

zeugherstellern und Zulieferern derzeit auf den Wechsel von der aktuellen LIN Release 2.0 auf LIN Version 2.1. Eine wichtige Voraussetzung hierfür sind die LIN-2.1-Conformance-Test-Spezifikationen, deren Freigabe im zweiten Quartal 2008 erwartet wird. Zu den wichtigsten Verbesserungen von LIN 2.1 zählen neben Fehlerbereinigungen und der Präzisierung von unklaren Detailfragen auch Funktionserweiterungen für Event-Triggered Frames, die Slave-Identifikation und -Konfiguration sowie die Diagnose.

Angesichts von bis zu 70 LIN-Knoten in einem Fahrzeug gewinnen effiziente Teststrategien für die LIN-Conformance-Tests erheblich an Bedeutung. Diese verifizieren, ob der Prüfling die entsprechende Protokollspezifikation einhält und dienen als Basis für die Akkreditierung. Da LIN-Netze nach dem Master-Slave-Prinzip arbeiten, ist die Protokollkonformität des Masters von zentraler Bedeutung. Die LIN-Conformance-Tests sind für die verschiedenen OSI-Layer spezifiziert: Physical Layer, Data Link Layer und

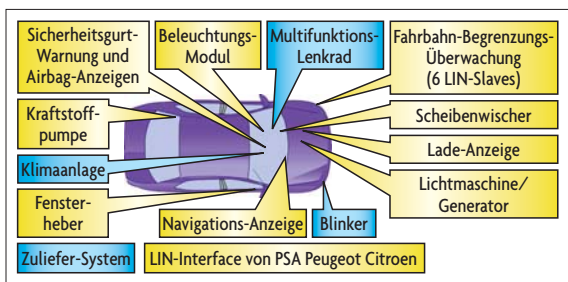
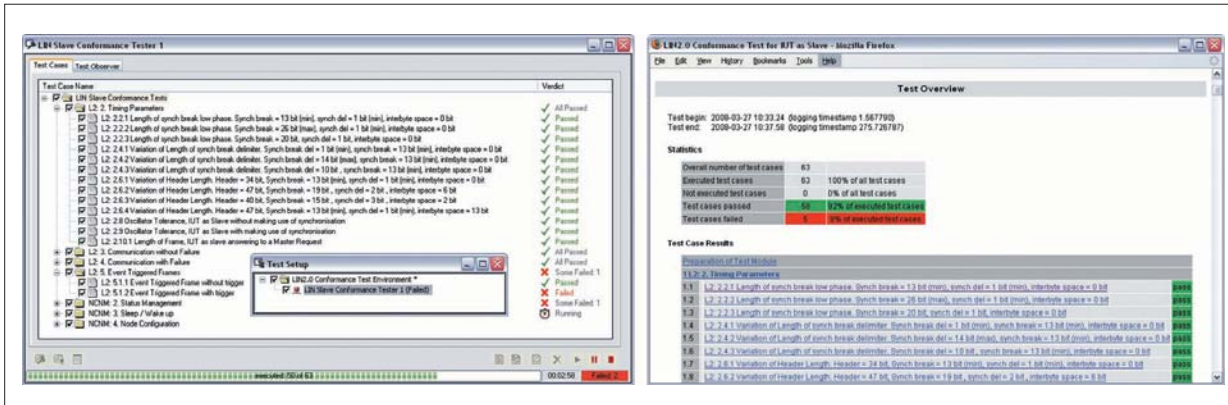


Bild 1. LIN-Applikationen bei PSA Peugeot Citroen.

(Quelle: PSA Peugeot Citroen)



**Bild 2.** LIN-2.0-Konformitätstests realisiert CANoe.LIN mit dem Slave-Conformance-Test-Modul. Auf einfache Weise können Konformitätstests direkt in eigene Testkonfigurationen integriert werden.

(Bildquellen 2 bis 4: Vector Informatik)

Network Management sowie Node Configuration. Die Application Layer Tests sind von OEMs und Zulieferern selbst zu spezifizieren.

**Mögliche Teststrategien**

Zur methodischen Umsetzung von Conformance Tests eignen sich am besten „Black-Box-Tests“, die zum Stimulieren und Verifizieren ausschließlich externe Schnittstellen heranziehen. Demgegenüber ist ein „White-Box-Test“ stets mit einem Eingriff in die Interna des Steuergeräts verbunden. Da ein LIN-Master-Steuergerät über seine externen Schnittstellen nur wenige Stimulationsmöglichkeiten anbietet, beispielsweise über CAN, ist der „Gray-Box-Test“, in dem beide Testmethoden kombiniert werden, derzeit die gebräuchlichste Methode für LIN-Master-Conformance-Tests.

Ein konkreter Testfall beim Entwicklungs- und Testtool CANoe.LIN (Bild 2) von Vector Informatik [1] besteht aus Konfiguration und Initialisierung von Testsystem und zu testendem Steuergerät sowie anschließender Stimulation und Verifikation. Slave-Conformance-Tests sind nahezu vollständig als Black-Box-Tests implementiert, Master-Conformance-Tests hingegen in der Gray-Box-Variante. Zusammen mit einer auf das Master-Steuergerät zu ladenden Testapplikation liefert Vector ein spezielles Test LIN Description File (LDF) aus. Zur Verifikation nutzt CANoe.LIN den LIN-Bus. Werden die LIN-2.1-Conformance-Test-Spezifikationen durch das LIN-Konsortium [2] wie geplant im zweiten Quartal 2008 veröffent-

licht, unterstützt Vector mit CANoe.LIN 7.0 SP5 bereits im dritten Quartal 2008 der LIN 2.1 Slave-Tests. Im vierten Quartal folgt dann der LIN 2.1 Master Test in CANoe.LIN Release 7.1.

Umfangreiche LIN-Testerfahrungen in Verbindung mit CANoe.LIN sammelte das Delphi Technical Center in Krakau (Polen), sowohl bei Projekten mit LIN 2.0 als auch mit dem J2602-Protokoll, dem amerikanischen LIN-Pendant (Bild 3). Dabei stellte sich heraus, dass die LIN-Conformance-Tests allein auf Basis der OSI-Schichten nicht ausreichen. Die Testaktivitäten wurden deshalb in Richtung verschiedener Anwendungstests ausgedehnt. Der Fokus liegt dabei auf dem Testen von LIN-Signalen, der Schedule Table des LIN Masters, bei Gateways sowie auf Diagnosetests. Für die Umsetzung und Automatisierung der Testabläufe erwiesen sich die von CANoe.LIN zur Verfügung gestellten CAPL-Testfunktionen als unverzichtbar. Selbst sehr komplexe „Test Cases“ lassen sich in der C-ähnlichen CAPL-Syntax leicht implementieren und erweitern.

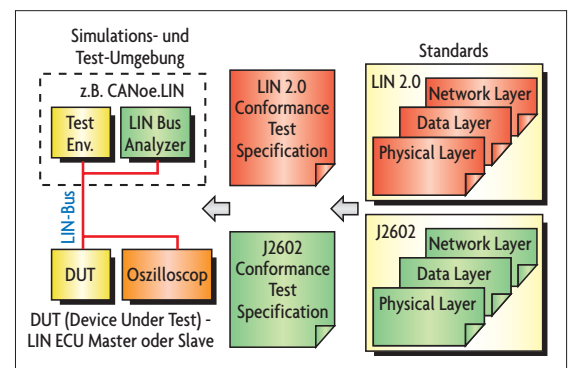
**Der „Gray-Box-Master-Test“ versus V-Modell**

Die Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass die Realisierung des Master-Conformance-Test als Gray-Box-Test noch nicht die optimale Lösung darstellt. Bei Gray-Box-Tests wird mit Hilfe einer Testapplikation und eines Test-LDF direkt auf den Master-Treiber zugegriffen. Dadurch erreicht man zwar eine volle Testabdeckung, muss aber auch den Nachteil in Kauf nehmen,

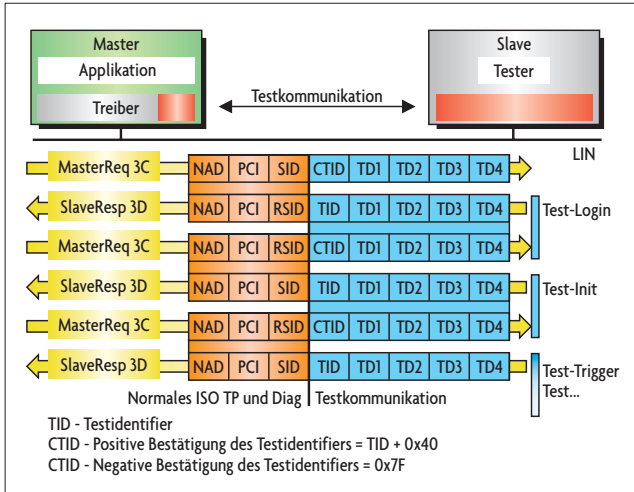
dass sich der übliche, am V-Modell orientierte Entwicklungsprozess nicht einhalten lässt. Die Verifikation der Master-Konformität ist nur am Anfang des Entwicklungsprozesses möglich. Sobald allerdings die produktive Datenbasis (LDF) und Applikation auf dem Master-Steuergerät laufen, sind weitere Verifikationen während der Entwicklung nicht mehr durchführbar. Auch ein Conformance-Test durch den OEM bedarf der Unterstützung des Zulieferers. Von OEMs und Zulieferern wird daher häufig die Frage nach dem Master-Conformance-Test in Form eines Black-Box-Tests gestellt.

**Treiberschnittstelle mit Testservices**

Damit ein LIN-Master-Black-Box-Test Vorteile gegenüber einem Gray-Box-Test bietet, sollte man identische Treiber-Software während der Tests und der Entwicklung nutzen können. Dies ist durch eine Erweiterung des LIN-Master-Treibers um eine Testschnittstelle möglich. Außerdem soll



**Bild 3.** Das Delphi Technical Center Krakau nutzt CANoe.LIN als Testumgebung für LIN2.0- und J2602-Konformitätstests.



**Bild 4.** Die erforderliche Testkommunikation für die Realisierung des LIN-Master-Conformance-Tests als Black-Box-Test.

dieser Treiber stets mit dem produktiven LDF konfiguriert werden, so dass das gleiche LDF für Test und Entwicklung verwendet wird. Zur Stimulation und Verifikation des Master-Steuengeräts über den LIN-Bus benötigt eine solche Treiberschnittstelle noch spezielle Testservices, beispielsweise zum Triggern von Schedule-Wechseln oder Lesen des Treiber-Statusworts. Wie bei der Rekonfiguration

Auf Wunsch eines OEMs konzipierten und spezifizierten die LIN-Spezialisten von Vector einen Prototypen des Black-Box-Master-Conformance-Tests. Da die Testkommunikation die normale Master-Funktion nicht beeinträchtigen darf, ist die Definition eines speziellen Diagnoseservices erforderlich. Während normalerweise der Master die Kommunikation mit den Slaves bestimmt, erfordert die Testkommunikation eine Einflussmöglichkeit von Seiten des Testers (Bild 4). Der Slave schickt in der Rolle des Testers ein Testkommando an den Master, auf das dieser nun positiv oder negativ reagiert. Allerdings kommt man nicht umhin, jeweils einen Test-Login und eine Testinitialisierung durchzuführen, d.h., die Anwendung ist in jedem Fall in den Vorgang einzubinden.

Für die Interaktion zwischen Anwendung und Treiber für den Testmodus stehen dem LIN-Entwickler zwei Strategien zur Verfügung. Entweder informiert ein Modell die Applikation, ob ein Test durchgeführt wird oder nicht. Alternativ kann man diese Information vor der Applikation auch so

weit wie möglich verschleiern. Nicht zuletzt vom Feedback und den Wünschen des Master-Lieferanten hängt es ab, welcher Weg zu beschreiten ist und welche Strategie mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen sich als geeigneter erweist.

In jedem Fall müsste der existierende und standardisierte Treiber um eine Test-Server-Fähigkeit erweitert werden. Der dafür erforderliche Zusatzcode liegt schätzungsweise bei 20 bis 30 %, bezogen auf den aktuellen Treiberumfang, was für Master-Steuengeräte meistens gut zu verkraften ist. Momentan umfasst die Prototyp-Implementierung von Vector elf Services (Tabelle), mit denen die Spezifikationen des aktuellen LIN-2.0-Conformance-Test vollständig erfüllt werden können. Dieses Konzept ist nicht nur grundsätzlich erweiterbar, sondern auch standardisierbar. Es basiert nicht nur auf dem existierenden LDF samt passendem Entwicklungsprozess, auch alle Kommandos sind offengelegt und erweiterbar.

### „Baukasten“ für LIN-Komponenten

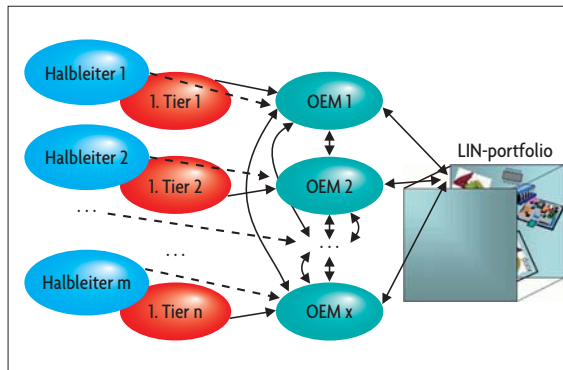
Eine interessante Initiative starteten namhafte Automobilhersteller mit der Idee eines OEM-übergreifenden „LIN-Baukastens“. Dieser enthält Halbleiterbausteine, Steuergeräte sowie Komplettlösungen und dient dem Ziel, die Entwicklungs- und Herstellungskosten durch das Prinzip einer maximalen Wiederverwendbarkeit zu senken (Bild 5). Dazu sind weiterreichende Standardisierungen notwendig. Diese dürfen auf dem Physical Layer nicht erst beim Halbleiterbaustein anfangen, sondern müssen auch die verwendeten Steckverbinder, die Art der Filterbe-

Testkommandos	Parameter	Test-ID
Test Login	keine	0x00
Test Presence / Idle	keine	0x01
Test Setup / Trigger	T <sub>base</sub> Cycles, Reset/Init Indication	0x02
Load Parameters	Offset, D1, D2, D3	0x03
Read Result	Offset, D1, D2, D3, D4	0x04
Set Schedule Table	Table index, Slot index, T <sub>base</sub> Cycles	0x05
Read Status Word	PID / keine	0x06
Send Config Command	RCSID, RCNAD, RCPID	0x07
Request Sleep Mode	Sleep cyc., Schedule tab, wakeup Del.	0x08
Set Signal	Signal handle, Signal value	0x09
Read Signal	Signal handle	0x0A

**Aufstellung aller elf Testkommandos, die für eine vollständige Durchführung des aktuellen LIN2.0-Conformance-Tests erforderlich sind**

schaltung am LIN-Pin und weitere Betriebs- und Einbaubedingungen einschließen.

Audi, BMW, Daimler, Porsche und VW haben sich daher letztes Jahr in einer Arbeitsgruppe getroffen und ein Papier erarbeitet, das im Oktober 2007 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Darin wurden unter anderem verbindliche Grenzkurven/Limits für EMV/ESD-Tests festgelegt, die beim Conformance Test einzuhalten sind. Eine Voraussetzung zur Aufnahme als OEM-übergreifendes Bauteil ist zum Beispiel ab 2009 die Einhaltung der Grenzkurven ohne Kondensatorbeschaltung, um aus Kostengründen wenige Bauteile am LIN-Bus zu haben; dazu sind schon heute einige Bauteile in der Lage. Als Beispielapplikation für den LIN-Baukasten gibt es derzeit einen intelligenten Batteriesensor, der OEM-übergreifend eingesetzt wird; weiter sind ein Wischermotor und eine Spiegelverstellung geplant. Um den Baukasten weiter zu füllen, stimmt jeder Hersteller, der in Zusammenarbeit mit einem Zulieferer eine Baugruppe entwickelt, die Spezifikationen gleichzeitig mit den anderen Herstellern in den Fachausschüssen ab. *ha*



**Bild 5.** Ein Baukasten mit standardisierten Halbleiterbausteinen, Steuergeräten und Komplettlösungen senkt die Entwicklungs- und Herstellungskosten von LIN-Komponenten erheblich. (Quelle: BMW Group)

**Internet-Links**

- [1] Vector-Lösungen für die LIN-Vernetzung: [www.lin-solutions.de](http://www.lin-solutions.de)
- [2] LIN-Konsortium: [www.lin-subbus.org](http://www.lin-subbus.org)



**Gavin C. Rogers,  
B.Eng M.Sc.,**

ist bei Vector Informatik Teamleiter und Produktmanager für LIN-Tools.  
[gavin.rogers@vector-informatik.de](mailto:gavin.rogers@vector-informatik.de)