

PARTIAL NETWORKING

Teilnetzbetrieb für mehr Reichweite

Teil 2 Bei den derzeitigen Netzwerkarchitekturen in Fahrzeugen sind alle ECUs permanent aktiv. Folglich verbrauchen alle elektronischen Steuergeräte Strom, selbst wenn Funktionen nicht permanent benötigt werden. Durch den CAN-Teilnetzbetrieb wird dieses Modell so geändert, dass nur die in der aktuellen Situation erforderlichen ECUs aktiviert sind, während andere ECUs so lange im Stromsparmmodus bleiben, bis man sie braucht. Dieses Prinzip erreicht erhebliche Stromeinsparungen.

In herkömmlichen Fahrzeugen wird Teilnetzbetrieb typischerweise für Komfortfunktionen eingesetzt, die während der Fahrt ausgeschaltet sein können oder die beim Starten des Fahrzeuges konfiguriert werden müssen. Manche Funktionen will man auch dann noch nutzen können, wenn (bei einem herkömmlichen Fahrzeug) die Zündung ausgeschaltet ist. Beispiele dafür sind Kofferraumöffner, Sitzverstellung, Fensterheber, Stand- oder Zusatzheizung und Sonnendachverstellung. Wie schon in Teil 1 dieses Beitrags erwähnt, erwartet man mit dem Aufkommen von Elektrofahrzeugen einen Paradigmenwechsel. Teilnetzbetrieb wird hier ein wichtiger Teil des Energiemanagementsystems werden. Einfache Realisierung, Robustheit und Kosten sind die Kriterien für eine erfolgreiche Einführung dieser Funktionalität in Elektrofahrzeugarchitekturen – und das sowohl auf dem Hard- und Softwarelevel (Modulebene) als auch auf dem Systemlevel (Netzwerk).

Unter Teilnetzbetrieb versteht man die Möglichkeit, zu einem bestimmten Zeitpunkt nur einen bestimmten Teil eines Netzwerkes zu betreiben. In CAN-Netzwerken gemäß dem Standard ISO 11898-5 werden sämtliche Module eingeschaltet, sobald mindestens ein Modul sen-

det. Ausnahmen von diesem Prinzip werden heutzutage durch Abschalten der Stromversorgung einzelner Module oder durch Einsatz dedizierter Weckleitungen realisiert. Jede Netzwerkkonfiguration ist dann jedoch schon durch die Konstruktion festgelegt und lässt sich schwer verändern. Beim Teilnetzbetrieb werden Module dagegen durch bestimmte über das Netz versandte Nachrichten aufgeweckt oder in den Schlafmodus gebracht.

Standardisierung des Teilnetzbetriebes

Deutsche Fahrzeughersteller haben die Interessenvereinigung SWITCH (Selective Wake-able and Interoperable Transceiver in CAN Highspeed) gegründet, der auch Halbleiterhersteller wie NXP beigetreten sind. Zwischen Juli und Dezember 2010 hat SWITCH einen Entwurf zur Erweiterung von ISO 11898 entwickelt, in dem ein neuer Weckmechanismus eingeführt wird. Kurz gesagt wird dabei eine gültige Wecknachricht erkannt, wenn der empfangene Identifier einem vordefinierten Identifier entspricht, wenn der empfangene Datenfeldlängencode (DLC) dem vordefinierten entspricht und wenn der Inhalt des empfangenen Datenfelds einer Inhaltsvorgabe entspricht.

Aus Systemperspektive sind zum Integrieren der Teilnetzbetriebsfunktion Modifikationen der Hardware (Steuermechanismus) und der Software (Erweiterung des Netzmanagements) nötig. Betrachtet wird zunächst die Änderungen der Hardwarearchitektur der Transceiver.

Um die selektive Weckfunktion zu realisieren, müssen der Empfängerteil eines CAN-Controllers und der den Takt für diesen Controller liefernde Oszillator in den teilnetzfähigen Transceiver integriert werden. Die deutschen Fahrzeughersteller fordern Kompatibilität zu Standard-Transceivern im SO-14-Gehäuse, deshalb scheidet die Möglichkeit aus, an den Transceiver einfach einen externen Oszillator oder Resonator (Quarz oder Keramik) anzuschließen. Solche externen Komponenten würden eine größere Stromaufnahme als ein integrierter Oszillator zur Konsequenz haben, das würde dem Ziel der Energieeinsparung zuwiderlaufen. Weitere Folgen wären höhere Kosten und erhöhter Platzbedarf auf der Leiterplatte. **Bild 2** zeigt beispielhaft das Blockschaltbild der neuen Transceiver-Architektur.

Praktisch müssen alle Funktionsblöcke mit Ausnahme des Transmitters direkt von der Fahrzeugbatterie versorgt werden, weil sie auch in den Low-Power-Modi (Standby und Sleep), wenn die 5-V-Versorgung des betreffenden Moduls abgeschaltet ist, arbeitsfähig sein müssen.

Wenn im Netz eine Aktivität stattfindet, die herkömmliche (das heißt zu ISO 11898-5 konforme) Transceiver weckt, signalisiert ein teilnetzfähiger Transceiver an seinen RxD- und INH-Pins zunächst kein Weckereignis. Allerdings aktiviert er Receiver, Protokoll-Dekodierer, Oszillator sowie die Nachrichtenauswerte- und -vergleichslogik. Falls der Bus dann eine bestimmte Zeit lang inaktiv bleibt, werden diese Blöcke wieder deaktiviert. Das Weckereignis wird in jedem Fall nur an RxD und INH signalisiert, falls die konfigurierte Wecknachricht empfangen worden ist.

Im Wesentlichen besteht die Herausforderung beim Entwerfen einer teilnetzfähigen Hardware darin, einen Oszillator auf dem Chip mit ausreichender Genauigkeit zu entwerfen, also einen mit perfekter Kompensation von Temperatur- und Versorgungsspannungsschwankungen, Produktionsstreuungen und Alterungsvorgängen. Das ist nötig, um die in der elektromagnetisch rauen Umgebung eines Elektrofahrzeuges erforderliche Robustheit zu erreichen.

Änderungen beim Netzmanagement

Eine Teilnetzbetriebsrealisierung erfordert außer Hardware-Änderungen auch Anpassungen im Netzmanagement. Das betrifft verschiedene Level der Software-Architektur. So muss eine Komponente, wie etwa ein Gateway, verfolgen, welche Module absichtlich oder wegen eines Fehlers abgeschaltet worden sind. Solche Fragen werden in der Arbeitsgruppe „Efficient Energy Management“ der AUTOSAR-Standardisierung behandelt. Die Teilnetzfunktionalität ist ab der AUTOSAR-Version 3.2.1 verfügbar.

Bild 3 gibt einen Überblick über die Softwareelemente auf Treiberebene, die in AUTOSAR für einen Standard-Transceiver verfügbar sind (linke Seite), und zeigt (rechte Seite) die für eine Unterstützung des Teilnetzbetriebes nötigen

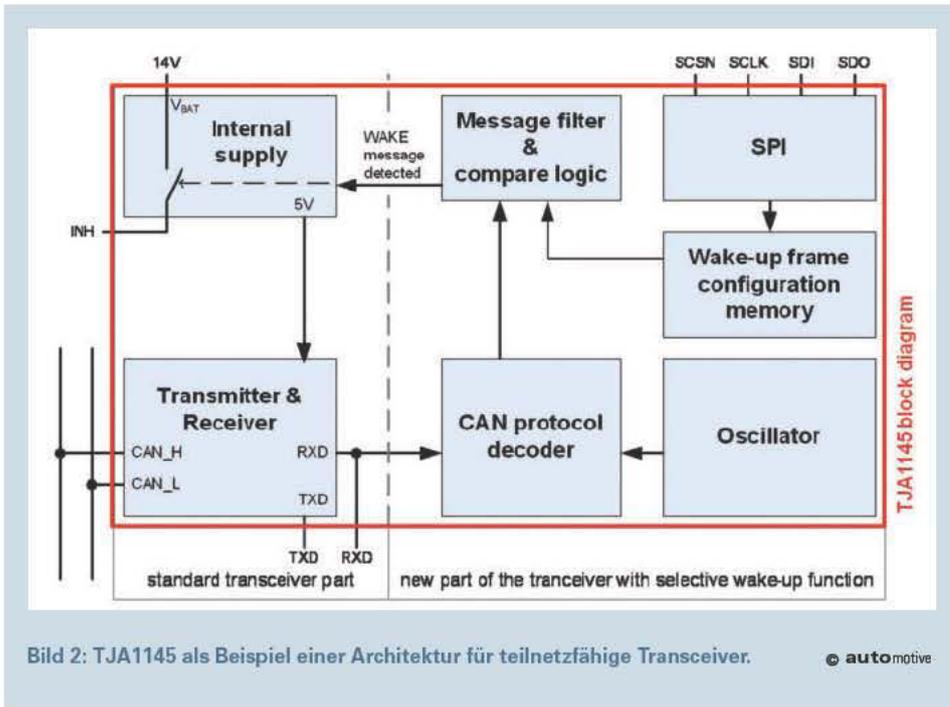


Bild 2: TJA1145 als Beispiel einer Architektur für teilnetzfähige Transceiver. © automotive

Nutzeffekte durch die Einführung des Teilnetzbetriebes

Die Teilnetzbetrieb-Technologie erfordert kein neues Netz und auch keine neue Architektur der Modulhardware, sie ist in ISO 11898 und in AUTOSAR standardisiert. Sie bietet neue Funktionen, wie es sie in herkömmlichen Pkws zur Komfortsteigerung gibt, unterstützt aber in herkömmlichen Pkws außerdem bei der Erfüllung der neuen gesetzlichen Bestimmungen zur Energieeinsparung (Fahrzeug-CO₂-Steuer Überschreitungsabgabe). Diese Vorteile können jedoch auch genutzt werden, um in Elektrofahrzeugen ein robustes Energiemanagementsystem umzusetzen und entsprechend ihre Reichweite zu erhöhen.

Ergänzungen. Dabei geht es um APIs, ein SPI-Paket, zusätzliche Weckquellen, einen sogenannten Konfigurationscontainer zur allgemeinen Teilnetzbetriebsunterstützung, Konfiguration von Wecknachrichten (ID, DLC, Maske, Daten etc.) und Datenrate. Wichtig ist die Unterstützung verschiedener Shutdown-Sequenzen für teilnetzfähige Transceiver, denn der Bus ist während einer Netzwerkumkonfiguration nicht im Leerlauf (aktivitätsfrei).

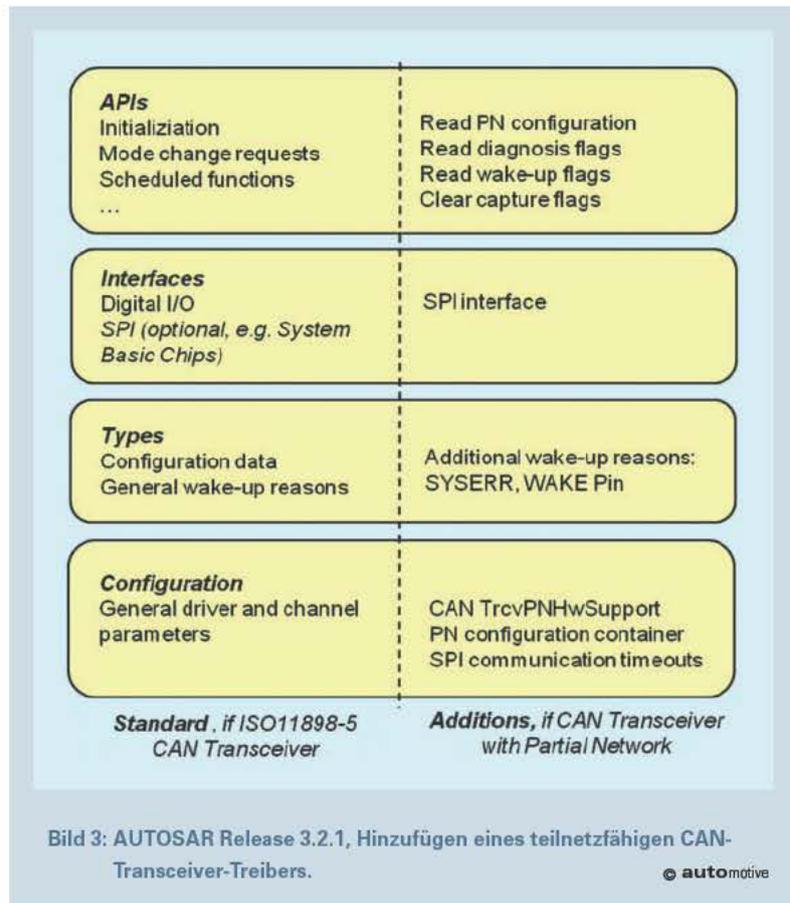
Architekturänderungen auf Modulebene

Die CAN-Architektur im Fahrzeug und die Hardwarearchitektur auf Modulebene ändern sich bei der Einführung des Teilnetzbetriebes nicht. Der teilnetzfähige Transceiver mit seiner Funktion zum selektiven Wecken ist dafür zuständig, eine Wecknachricht im Netz zu erkennen; er steuert auch das Aktivieren der Spannungsregler für das gesamte Modul. Insoweit tut er dasselbe wie ein Standard-Transceiver gemäß ISO 11898-5. Bild 4 zeigt, wie man einen standardmäßigen Highspeed-CAN-Transceiver wie etwa den TJA1041A oder den TJA1043 ganz einfach auf Modulebene durch einen teilnetzfähigen Transceiver TJA1145 austauschen kann. Allerdings besitzt der TJA1145 anstelle der Fehler- (ERRN) und Moduswahl-Pins (STBN, EN) eine SPI-Programmierschnittstelle zum Konfigurieren der bei einem teilnetzfähigen Transceiver erforderlichen individuellen Wecknachricht.

Komplexität und Lebensdauer

Zu Beginn ihrer Arbeit wurde bei der SWITCH-Interessengruppe darüber diskutiert, wie man die Teilnetzfunktionalität am besten realisieren sollte. In die engere Wahl kamen zwei Möglichkeiten für das Erkennen der Wecknachricht:

1. Erkennung durch den CAN-Controller, der aktiv gehalten



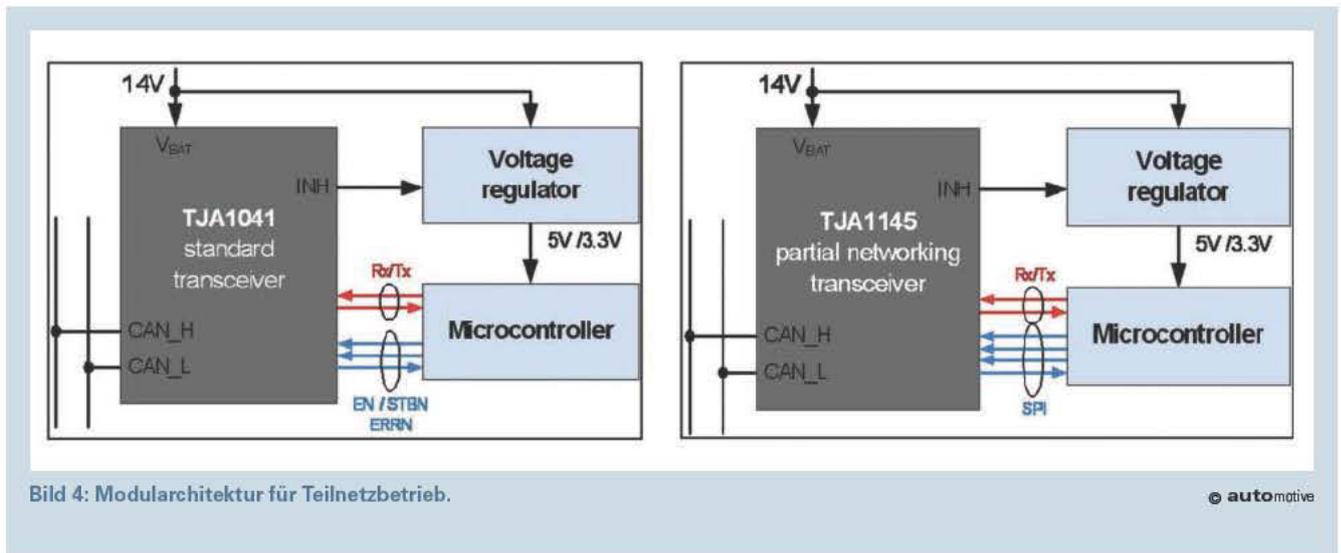


Bild 4: Modularchitektur für Teilnetzbetrieb.

© automotive

wird, während der Rest des Mikrocontrollers, in dem sich der CAN-Controller befindet, abgeschaltet ist; 2. Integrieren einer reduzierten Protokollmaschine in den Transceiver-Chip. Die Fachleute der Fahrzeughersteller stimmten für die zweite Möglichkeit und begrenzten damit deutlich die notwendigen Änderungen im Gesamtsystem. Bei dieser Lösung wird erwartet, dass die oben erwähnte Steigerung der Produktlebensdauer auf Bauteilebene nur ein einziges Bauteil (nämlich den Transceiver) betrifft, jedoch nicht den Mikrocontroller, die Spannungsregler, die Kondensatoren etc.

Zwar ist über die Anforderungen an die Lebensdauer noch nicht entschieden worden, doch haben Fahrzeughersteller signalisiert, dass der Umfang der Lebensdauertests verdreifacht werden muss. Dadurch werden sich die Produktentwicklungszyklen verlängern und die Kosten der entsprechenden Bauteile erhöhen. Unabdingbar ist die Anzahl der betroffenen Bauteile klein zu halten, wie es dem Entwurf des Teilnetzbetriebsstandards entspricht.

Robustheit

Wenn man von der Robustheit eines bordeigenen Netzes spricht, denkt man in erster Linie an EMV und dort an die passive Störfestigkeit. Die gute Nachricht ist, dass in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt worden sind und das dabei gewonnene Wissen auch auf teilnetzfähige Transceiver angewandt werden kann. Außerdem hat die Interessenvereinigung SWITCH bereits spezielle EMV-Anforderungen für den Teilnetzbetrieb festgeschrieben. Die schlechte Nachricht ist, dass einige Fachleute bei Elektrofahrzeugen hinsichtlich EMV eine größere Herausforderung sehen, und zwar wegen Störimpulsen mit hohen Spannungs- und Strompegeln, die zu größeren, störenden elektromagnetischen Feldern führen, wie sie bei herkömmlichen Pkws nicht bekannt sind. Aus diesem Grund könnte die im Betrieb erforderliche Störfestigkeit gegenüber Impulsen gemäß ISO 7637 eine der neuen Herausforderungen für die Halbleiterhersteller werden.

Was bedeutet Robustheit eines teilnetzfähigen Transceivers in einem Elektrofahrzeug? Sind Wecknachrichten mehr durch Störungen gefährdet als andere Nachrichten?

Ja, weil zwei Umstände beim Empfang von Wecknachrichten anders als im Normalbetrieb sind:

1. Der Transceiver wird aus der Batterie gespeist und nicht von einer stabilisierten 5-V-Versorgung getragen. Störungen auf der Batterieleitung können den On-Chip-Oszillator und den Empfangsschaltkreis gefährden.
2. Der Stromverbrauch des Empfängerschaltkreises im Transceiver ist stark limitiert. Somit ist die Störfestigkeit gegenüber Störungen auf den Busleitungen möglicherweise geringer.

Noch ist es zu früh, die Robustheit der Erkennungsfunktion eines teilnetzfähigen Transceivers für Wecknachrichten bei allen möglichen Teilnetzbetrieb-Realisierungen zu vergleichen. Es ist aber schon jetzt klar, dass der On-Chip-Oszillator die kritische Komponente ist, und zwar wegen der Stabilität, die er trotz und wegen der Störeinflüssen zeigen muss. Zu solchen Störeinflüssen zählen etwa elektromagnetische Felder, Klingeln, Sendetakttoleranzen und auch beim Starten des Motors entstehende Impulse auf der Versorgungsspannung. (oe)



Steffen Müller ist bei NXP Semiconductors Germany GmbH beschäftigt.



Bernd Elend ist bei NXP Semiconductors Germany GmbH beschäftigt.