

Validierung von FlexRay-Netzwerken

Das Busanalyse- und Validierungswerkzeug **BASICFLEXSCOPE 3095** zur Validierung des Zeitverhaltens von FlexRay-Netzwerken und Steuergeräten vereint Busanalysator und Bussimulator sowie Oszilloskop-Trigger zusammen mit einem integrierten Fehlersimulator und passender Software.



Bild 1: basicFlexScope3095

FlexRay ist ein deterministisches Kommunikationssystem mit zeitgesteuerten Medienzugriffsverfahren (TDMA Time Division Multiple Access). Bei der Konfiguration des Netzwerks wird durch einen globalen zyklischen Sendeplan (Schedule) festgelegt, zu welchen Zeitpunkt ein Knoten senden darf. Da jeder FlexRay-Controller von einem eigenen unabhängigen Taktgeber getrieben wird, existiert die globale Zeit für die einzelnen Bus-Knoten nur virtuell. Mit Hilfe eines verteilten, periodisch ausgeführten Uhrenkorrekturalgorithmus justieren die Busknoten ihre lokalen Uhren. Die ausgleichenden Abweichungen, hängen von der Qualität der lokalen Taktgeber/Quarze, der Umgebungstemperatur sowie von Schwankungen in der Spannungsversorgung ab. Die Länge des FlexRay-Kommunikationszyklus bestimmt hierbei, wie lange die Knoten unsynchronisiert operieren müssen. Zudem können komplexe Netzwerktypologien mit aktiven Buskopplern zusätzliche Laufzeitverzögerungen verursachen.

Elektrische Störungen können die Übertragung behindern; hierbei werden fehlerhafte Dateninhalte allerdings vom FlexRay-Controller durch die Header-beziehungswise Frame-CRC-Absicherung erkannt, so dass sie von der Steuergerätesoftware meist sicher behandelt werden können. Ein oder mehrere fehlerhafte Synchronisationsframes können jedoch den Ausfall des gesamten FlexRay-Clusters zur Folge haben. Daher ist es wichtig, die zahlreichen Bedingungen, Umwelteinflüsse und Fehlerfälle bereits bei der Auslegung eines FlexRay-Clusters zu berücksichtigen und Ihre Wirkungsweise durch geeignete Tests zu überprüfen. Hierzu entwickelte das Austrian Institute of Technology im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes mit Göpel electronic die Bus-Scope-Technologie, welche die Basis für das neue FlexRay-Busanalyse- und Validierungswerkzeug „basicFlexScope 3095“ bildet (Bild 1).

Beim Testen und Validieren der Kommunikationsschnittstellen von Steuergeräten ist es wichtig, die Test- und Umgebungsbedingungen genau reproduzieren zu können. Dies gilt im Besonderen für FlexRay-Steuergeräte, da hier eine große Zahl von Konfigurationsparametern direkten Einfluss auf das (Zeit-)Verhalten eines Busknotens beziehungsweise des Clusters insgesamt haben. Um sicherzustellen, dass sich während des Software-Entwicklungsprozesses keine Fehler eingeschlichen haben, ist eine rein funktionale Überprüfung der FlexRay-Kommunikation unzureichend, da es häufig auch bei geringfügig fehlerhafter Parametrierung möglich ist, eine Kommunikation aufzubauen. Probleme treten erst unter Grenzbedingungen auf. Daher ist es für die Validierung besonders wichtig, genau diese Grenzbereiche durch geeignete Tests zu überprüfen.

Mit Hilfe der Bus-Scope-Technologie ist es möglich, in einer Kommunikationsmatrix den gesamten FlexRay-Sende-Schedule für bis zu 64 FlexRay-Kommunikationszyklen zu definieren und mit einer Präzision von kleiner als 20 ns wiederzugeben. Hierbei lässt sich der Sendezeitpunkt jedes einzelnen Frames beziehungsweise Symbols in jedem einzelnen FlexRay-Cycle auf ein 1/10 bit (bei 10 Mbit/s Übertragungsrate) genau definieren. Dies ermöglicht es, die viele verschiedene Wakeup- und Startup-Szenarien exakt und beliebig oft zu wiederholen. Zur Untersuchung der Grenzen innerhalb derer sich ein Knoten sicher in das Cluster integriert, lassen sich Wakeup-Pattern-, CAS-Symbol- und Startup-Frames mit definieren Abweichungen des Sendezeitpunkts simulieren.

Darüber hinaus ist es möglich, zwischen verschiedenen Instanzen dieser Kommunikationsmatrizes zu wechseln, so dass es möglich ist, zur Laufzeit zwischen Startup-, Simulationsmatrix beziehungsweise einer Fehlermatrix umzuschalten. Auf diese Art und Weise lassen

sich Synchronisations-Frames (aber auch Daten-Frames) mit definiertem Jitter senden beziehungsweise der Verlust eines Synchronisations-Frames simulieren. Darüber hinaus lassen sich auch fehlerhafte Frames senden. So ist es möglich, Fehler innerhalb des Frame-Headers oder der Payload-Daten zu erzeugen sowie Frames mit fehlerhaften Header-beziehungswise Frame-CRCs zu senden. Die Übertragung einer fehlerhaften Byte-Startsequenz ist ebenso einfach möglich wie das Senden einer verkürzten Transmission-Startsequenz.

Analyse des FlexRay-Bitstroms

Die BusScope-Technologie ermöglicht das direkte Abtasten des FlexRay-Bitstroms mit zehn Abtastpunkten je bit (bei 10 Mbit/s Übertragungsrate). Die Rekonstruktion der einzelnen FlexRay-bit, sowie die Timinganalyse von Frame-Header, Trailer und Payload-Segment sind hierbei direkt in einer FPGA-Hardware implementiert. Dies ermöglicht eine präzise Analyse der FlexRay-Frames mit einer Genauigkeit von maximal 20 ns. So lassen sich auch kleinste Glitches detektieren. Darüberhinaus prüft der Frameanalyzer die Einhaltung des NRZ-Codings sowie die Frame- und Header-CRC-Prüfsummen. Im Gegensatz zu üblichen FlexRay-Kommunikationscontrollern werden fehlerhafte Frames sowie NULL-Frames nicht verworfen sondern zu weiteren Analysen, mit präzisen Zeitstempeln (maximal 20 ns) versehen, an den Host übertragen.

Kommt es in FlexRay-Netzwerken zu Fehlern in der Bitübertragungsschicht, so ist auch der beste Bus-Trace häufig nicht aussagekräftig genug, um der Ursache auf den Grund zu gehen. Klarheit schafft meist erst die Analyse der Bussignale auf einem entsprechend geeigneten Oszilloskop mit spezieller FlexRay-Busanalyse-Software. Leider sind entsprechende Geräte meist im oberen Preissegment angesiedelt und daher nicht an jedem Mess- beziehungsweise Prüfplatz vorhanden.

Hier bietet das basicFlexScope einen einfachen Lösungsansatz. Durch die Scopetrigger-Funktion lassen sich komplexe Triggerbedingungen definieren, wobei sich 12 Triggerfunktionen in jeweils vier Triggergruppen logisch verknüpfen lassen. Die Scope-Triggereinheit wurde direkt in Hardware implementiert und erreicht eine Genauigkeit von maximal 20 ns. So können die Ingenieure auf einen bestimmten Frame in einen bestimmten FlexRay-Kommunikationszyklus triggern. Darüber hinaus kann auf NULL-Frames, statische beziehungsweise dynamische Frames sowie Frames mit spezifischem Dateninhalt und auf Übertragungsfehler, auf CAS- beziehungsweise Wakeup-Symbole getriggert werden. Auf diese Art und Weise lässt sich jede FlexRay-Botschaft beziehungsweise jedes Symbol auf dem Oszilloskop betrachten.

Fehler-Injektor

Mit Hilfe des integrierten Fehlerinjektors besteht die Möglichkeit, die Auswirkungen von Kommunikationsfehlern in realen FlexRay-Netzwerken zu untersuchen. Hierzu werden gezielt dedizierte FlexRay-Frames durch vordefinierte, möglicherweise fehlerhafte Frames ersetzt (Bild 2). Die hierbei eingesetzte Technik erlaubt das direkte Umschalten der Buspegel. Der Fehlerinjektor wird in den FlexRay-Bus eingefügt, um so den Bus in zwei Teilsegmente zu unterteilen. Während der Konfiguration lässt sich festlegen, auf welches Bus-Segment der Fehler geschaltet wird. Ist der Fehlerinjektor direkt vor dem zu testenden Steuergerät platziert, so lassen sich an dieses Steuergerät gesendete Frames austauschen, ohne dass sich dadurch Auswirkung auf den restlichen Cluster ergeben.

Die BusScope-Technologie ermöglicht es hierbei, den Sendezeitpunkt des Fehler-Frames mit 1/10 bit Auflösung zu de-

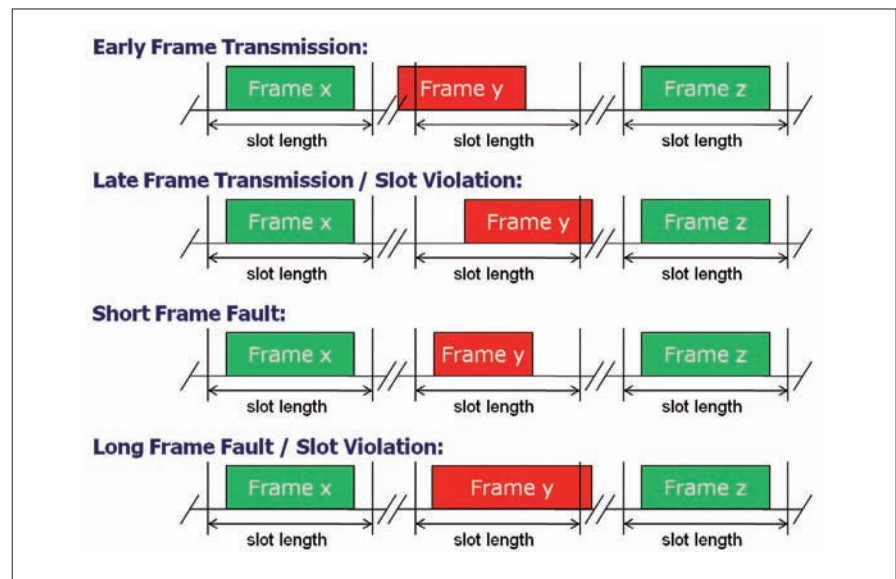


Bild 2: Typische Fehlerbilder.

finieren, wobei der Fehlerinjektor jeden statischen Frame als Synchronisationsframe nutzen kann. Dadurch können die Ingenieure den Fehlerinjektor präzise auf diejenigen Steuergeräte synchronisieren, die selbst kein Synchronisationsknoten sind und daher Frames nur aus ihrer lokalen Sicht der FlexRay-Zeit senden beziehungsweise empfangen können.

Zusammenfassung

Die Stabilität und Fehlertoleranz eines FlexRay-Clusters hängt von zahlreichen Faktoren ab. Neben der gewählten Netzwerktopologie sowie physikalischen Einflüssen ist die richtige Auswahl der Konfigurationsparameter entscheidend. Daher ist es wichtig, die gewählte Konfiguration am realen Steuergerät unter den vielen verschiedenen Umwelteinflüssen zu testen. Mit dem „basicFlexScope 3095“ bietet Göpel Electronic ein Busanalyse- und Validierungswerkzeug an,

das speziell für zur Validierung des Zeitverhaltens von FlexRay-Netzwerken und Steuergeräten entwickelt wurde. Das Gerät vereint Busanalysator und Bussimulator sowie Oszilloskop-Trigger und einen integrierten Fehlersimulator mit einer umfassenden und leicht zu bedienende Software. Der Einsatz der BusScope-Technologie liefert präzise und reproduzierbare Testergebnisse sowie die genaue Analyse aller Busdaten. ←

Erwin Kristen ist er als Forschungsprojektleiter bei AIT (vormals ARC) für Automotive- und Industrie-Netzwerke zuständig. Thomas Sedlacek ist als Softwareentwickler bei der der Göpel electronic GmbH in Jena für die FlexRay-Lösungen verantwortlich.

infoDIRECT www.all-electronics.de

Link zu GÖPEL electronic 342AEL0510