

Konzeptionierung und prototypische Implementierung einer echtzeitfähigen Restbussimulation

Sven Eisenhauer

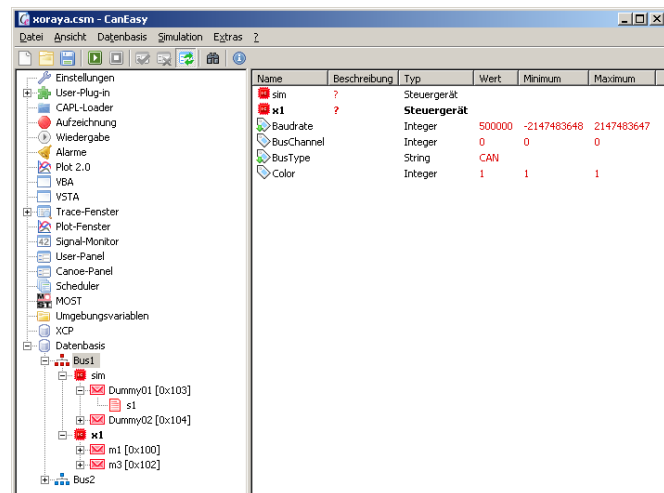


Abbildung 4: CanEasy –Beispieldatenbasis

Motivation

Eingebettete Systeme nehmen einen immer größeren Stellenwert in allen Bereichen unseres täglichen Lebens, auch im Automobilbereich, ein. Die zunehmende Leistungsfähigkeit eingebetteter Systeme beflügelt hier die Entwicklung immer komplexerer Anzeige- und Assistenzsysteme. Diese Systeme bestehen aus leistungsfähiger Hardware und äußerst komplexer Software. Bei bestimmten Systemen handelt es sich sogar um sicherheitsrelevante Funktionen. Daraus ergeben sich sehr hohe Qualitätsanforderungen an die Software. Aktuell sollen sehr umfassend definierte Entwicklungsprozesse und ausgiebige Softwaretests dazu beitragen, diese Anforderungen zu erfüllen. Diese eingebetteten Systeme arbeiten dabei nicht autark, sondern benötigen oftmals Daten von anderen Systemen im Fahrzeug. Während der Entwicklungs- und Testphasen besteht häufig das Problem, dass die Steuergeräte, von denen das aktuell zu entwickelnde System abhängt, nicht verfügbar sind. Im Rahmen dieser Entwicklungs- und Testmaßnahmen einzelner Softwarekomponenten finden deshalb sehr oft sog. Restbussimulationen Verwendung, die bestimmte Komponenten eines Fahrzeugs, die aktuell physisch nicht verfügbar sind, simulieren. So lässt sich eine einzelne Komponente entwickeln und prüfen, ohne ein komplettes Fahrzeug zu benötigen.

Die Firma Schleißheimer GmbH bietet eine solche Restbussimulation unter dem Namen CanEasy an. Hierbei handelt es sich um ein Softwareprodukt für PCs mit dem Betriebssystem Microsoft Windows. Dieses Betriebssystem verfügt über eine eingeschränkte Echtzeitfähigkeit, weshalb es sich nicht als Plattform für bestimmte zeitkritische Anwendungen eignet. Hierzu kann auch die Simulation eines Fahrzeugbusses gehören, wenn für den Bus sehr hohe Anforderungen an die zeitliche Genauigkeit bestehen.

Die Firma X2E bietet mit dem Produkt XORAYA CONNECT eine Hardware an, die Schnittstellen für alle gängigen Fahrzeugbusse sowie Ethernet in einem Gerät vereint. Zusätzlich verfügt das System über eine CPU der PowerPC-Architektur. Als Betriebssystem findet hier ein Ubuntu Linux mit modifiziertem Kernel Verwendung. Diese Modifikationen erhöhen die Echtzeitfähigkeit des Systems. Daneben bietet X2E ein SDK zur Entwicklung eigener Anwendungen für die XORAYA CONNECT an. So erhält der Anwender Zugriff auf die Fahrzeugbusschnittstellen.



Abbildung 1: X2E XORAYA CONNECT (Quelle: X2E GmbH)

Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Schaffung einer Synergie zwischen CanEasy und der XORAYA CONNECT. Das neu entstehende Gesamtsystem lässt sich ohne Programmieraufwand über eine grafische Oberfläche durch den Nutzer bedienen. Gleichzeitig erzielt es eine höhere Echtzeitfähigkeit als Systeme, die auf Allzweck- bzw. Desktopbetriebssystemen basieren.

Konzept

Zunächst erfolgt eine Betrachtung des Begriffs Echtzeitfähigkeit. Hierbei geht es um zeitliche Genauigkeit, nicht um möglichst hohe Ausführungsgeschwindigkeit. Hier lautet die Anforderung nicht „so schnell wie möglich“ sondern „rechtzeitig“. Als konkretes Beispiel hierfür soll eine Botschaft dienen, die einem bestimmten Zyklus auf einem Bus versandt werden soll. Rechtzeitig bedeutet hier, die möglichst exakte Einhaltung der Zykluszeit zwischen den einzelnen Instanzen der Nachricht. Der Fokus der Arbeit liegt auf dem Highspeed-CAN-Bus als verwendeter Fahrzeugbus. Aus diesem Grund erfolgt die Ausführung eines Schedulability Tests aus der Literatur für diesen Bustyp. Mithilfe dieser Berechnung lässt sich eine Nachrichtenkonfiguration finden, die den Bus möglichst hoch auslastet. Dies ermöglicht eine spätere Bewertung der erzielten Ergebnisse.

Die Integration der beiden Systeme erfolgt auf Basis einer Kommunikation über Ethernet. Hierbei erstellt der Anwender zuerst eine Busdefinition, die u. a. die simulierten Steuergeräte, Nachrichten und deren Zykluszeiten erhält, über eine grafische Oberfläche. Im zweiten Schritt erfolgt die Überführung dieser Datenbasis in ein Format, in dem sie über Ethernet auf die XORAYA CONNECT übertragen wird. Dort verarbeiten mehrere Tasks die empfangenen und zu versendenden Nachrichten auf den Fahrzeugbussen. Bestimmte Ereignisse, wie beispielsweise den Empfang einer Botschaft, übermitteln sie über Ethernet an CanEasy. Dort werden sie zur Anzeige gebracht und für die weitere Verarbeitungen gespeichert.

Da die XORAYA CONNECT über Zeitstempel mit einer Genauigkeit von 100 Nanosekunden verfügt, dienen diese als zeitliche Basis für das Gesamtsystem. Die Anzeige einer empfangenen Botschaft unterliegt keinen Echtzeitanforderungen in dieser Größenordnung, der Anwender merkt nicht, ob ein Eintrag in einer Trace-Liste einige Millisekunden verzögert erscheint. Wichtig ist der Zeitstempel des Eintrags. Aus diesem Grund erhält jedes Objekt auf der XORAYA CONNECT einen 100ns-Zeitstempel, den CanEasy ebenfalls auswertet. Auf diese Weise werden Echtzeitanforderung und Anzeige entkoppelt.

Timestamp	C	MsgID	Name	Rx	D	Data 0..7	Bi
00046.7095	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7097	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7098	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7099	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7100	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7102	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7104	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7105	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7107	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7108	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7109	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7110	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7112	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7114	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7115	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7117	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7118	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7119	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7120	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7122	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7124	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7125	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7127	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7128	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7129	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7130	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7132	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7134	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7135	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7137	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7138	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7139	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7140	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7142	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7144	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7145	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7147	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7148	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7149	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7150	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7152	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7154	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7155	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7157	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7158	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7159	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7160	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7162	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7164	3	0x001	WCRT_1	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7165	3	0x002	WCRT_2	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7167	3	0x003	WCRT_3	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7168	3	0x004	WCRT_4	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7169	3	0x005	WCRT_5	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7171	3	0x006	WCRT_6	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT
00046.7172	3	0x007	WCRT_7	Rx	8	3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C 3C	WCRT

Abbildung 3: CanEasy Trace des WCRT-Tests

Ergebnisse

Mit Hilfe eines Microcontroller basierten Verifikationssystems lassen sich die Ergebnisse der prototypischen Implementierung messen und bewerten. Nur dieses Verifikationssystem ermöglicht eine genaue zeitliche Betrachtung der Ereignisse auf dem CAN-Bus.

Das Verifikationssystem verschickt Nachrichten in einem bestimmten Zyklus auf dem CAN-Bus, basierend auf einem Hardware-Timer. Die Genauigkeit des Timers lässt sich mit einem Oszilloskop ermitteln. Diese Soll-Zyklen lassen sich nun mit den Zeitstempeln beim Empfang vergleichen. Die Differenz der Zeitstempel zweier aufeinander folgender Botschaften sollte genau der Zykluszeit entsprechen. Diese Werte lassen sich auch mit den Messwerten alternativer Hardwarelösungen vergleichen.

Die Messwerte zeigen, dass die Lösung selbst bei hoher Systemlast auf der XORAYA CONNECT eine Buslast entsprechend des Schedulability Tests erzeugen kann ohne von den Sollzykluszeiten abzuweichen. Ebenso bleibt auch bei hoher Systemlast die Genauigkeit der Empfangszeitstempel erhalten.

Die Arbeit zeigt anhand des Prototypen, dass das Integrationskonzept tragfähig ist. Der Vergleich mit den Messwerten anderer Hardwarelösungen zeigt die Vorteile des in dieser Arbeit vorgestellten Konzepts zur Integration der XORAYA CONNECT und CanEasy.

Ausblick

Zyklischer Versand und Empfang von Nachrichten auf dem CAN-Bus bilden allerdings nur eine kleine Teilmenge der Funktionalität von CanEasy. Ebenso verfügt die XORAYA Connect über weitere Schnittstellen für Fahrzeugbusse wie beispielsweise FlexRay. Diese beiden Aspekte stellen Anknüpfungspunkte für Erweiterungen des Prototypen dar.

h_da

HOCHSCHULE DARMSTADT
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

fbi

FACHBEREICH INFORMATIK

Kontakt
Sven Eisenhauer
eisenhauer@schleissheimer.de

Referent
Prof Dr. Joachim Wietzke
j.wietzke@fbi.h-da.de

Korreferent
Prof. Ralf S. Mayer
Ralf.mayer@h-da.de

Projektpartner
Schleißheimer GmbH
Am Kalkofen 10
61206 Nieder-Wöllstadt
http://www.schleissheimer.de

X2E GmbH
Jahnstraße 2b
76870 Kandel
http://www.x2e.de