



# Reglerentwicklung für Audiowiedergabe

- **Modellbasierte Entwicklung eines Audiowiedergabemechanismus bei Delphi**
- **Stateflow-Logiken für Verhalten, Fehlermanagement und Kommunikation**
- **Effiziente Seriene-Generierung mit TargetLink**

Audiowiedergabemechanismen lesen Daten von Speichermedien wie Audio-CD, CD-R oder MP3-Disk und erzeugen daraus Befehle und Signale, die ein Audiosystem in Musik umwandelt. Um die sich schnell ändernden Marktanforderungen zu erfüllen, unterliegen Wiedergabemechanismen kontinuierlichen Veränderungen, was eine schnelle und effiziente Aktualisierung der Regler-Software erforderlich macht. Ein Team bei Delphi entwickelte mit Hilfe des modellbasierten Entwurfs und automatischer Seriene-Generierung mit TargetLink innerhalb von 12 Monaten Komponenten, auf denen serienreifer Code ausgeführt werden konnte.

Ein modernes Radio besteht unter anderem aus AM/FM-Tuner, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kommunikation, Wiedergabemechanismus usw. Die Softwaremodule dieser Baugruppen werden als Tasks ausgeführt, die vom Betriebssystem gesteuert werden. Das Betriebssystem ruft diese Tasks basierend auf zugewiesenen Prioritäten und Abhängigkeiten auf, entweder intern ausgelöst oder als Reaktion auf einen Knopfdruck oder auf das Einlegen von Datenträgern. Die Audiowiedergabemechanismen sind üblicherweise die komplexesten Bestandteile eines Radios. Aggressive Preispolitik der Hersteller sowie

stetig neue Funktionen und Anforderungen machen kurze, schnelle Überarbeitungszyklen notwendig. Um mit dem rasanten Änderungsverhalten solcher Produkte schritthalten zu können, müssen die Zulieferer die Software-Entwicklung, die Testphase und die Implementierung der Wiedergabemechanismen beschleunigen. Das Ziel dabei: modulares Design innerhalb einer universellen Architektur mit Hilfe anpassbarer Bauteile aus wiederverwendbaren Bibliotheken.

## Besondere Herausforderungen

Die Schnittstelle zwischen der Hauptplatine und der Wiedergabeeinheit ist üblicherweise ein Low-End-Mikroprozessor, der digitale Kommunikationsbotschaften mit Hilfe von Protokollen wie dem Inter Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C) bidirektional sendet und empfängt. Trotz Kommunikationsstandards variieren Wiedergabemechanismen in ihren Implementierungen von I<sup>2</sup>C oder anderen Protokollen. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass nicht alle digitalen Audio-CDs dem Red-Book-Standard entsprechen, da zahlreiche CD-Brennprogramme ihn nicht exakt einhalten. Wenn jede CD diesem Industriestandard entspräche und niemals einen Kratzer bekäme, wenn jede Wiedergabe perfekt funktionierte und Kinder nicht dazu kämen, Hotelschlüsselkarten in das Autoradio zu schieben, wäre die Wiedergaberegulung eine einfache Aufgabe.

## Verhaltensmodellierung

Wiedergabemechanismen führen typische Befehle aus, die jedem Benutzer eines modernen Audiogerätes bekannt sind: Laden, Auswerfen, Abspielen, Stopp/Pause, Scannen, Titelsprung, Titel-/Ordnernsuche oder Zufallswiedergabe. Die Funktionalitäten, die als Reaktion auf diese Befehle



▲ Beispiel eines modernen Navigationsradios bestehend aus mehreren Baugruppen.

aktiviert werden, nennt man Verhaltensweisen. Die Logiken für Verhalten, Fehlerverhalten und Kommunikationen werden in Stateflow® Interfaces und die Ansteuersignale in Simulink® erfasst.

## Effizienter Code-Generierungsprozess

Nach den Komponententests setzten wir den Seriercode-Generator TargetLink ein, um automatisch ANSI-kompatible C-Code zu generieren. Ein von uns entwickeltes Data Dictionary kam für die Erfassung von Variablencharakteristiken und für die Zuweisung von Software-Variablen auf die

*„Mit TargetLink konnte der Code in Bruchteilen der Zeit generiert und getestet werden, die üblicherweise für die Implementierung manuell programmierten Codes desselben Algorithmus notwendig ist.“*

**Lev Vitkin, Delphi Electronics & Safety**

Hardware-I/O zum Einsatz. TargetLink erzeugt automatisch die Dokumentation im HTML-Format, die die Lesbarkeit und die Korrektur des generierten Codes vereinfacht. Ein Vergleich der Datenmengen für handcodierten (14903 Bytes) und autocodierten (12437 Bytes) Code zeigt eine Reduzierung um 17%.

## Erkenntnisse

Kurz vor Ende des Projekts wurde eine neue Wiedergabeeinheit in Betracht gezogen. Als Testfall adaptierten wir die Schnittstellen in nur 4 Stunden an die neue Einheit. Das verdeutlicht die beträchtlichen Zeiteinsparungen, die modulare Architekturen, wiederverwendbare Bausteine und benutzerdefinierbare Schnittstellen möglich machen können.

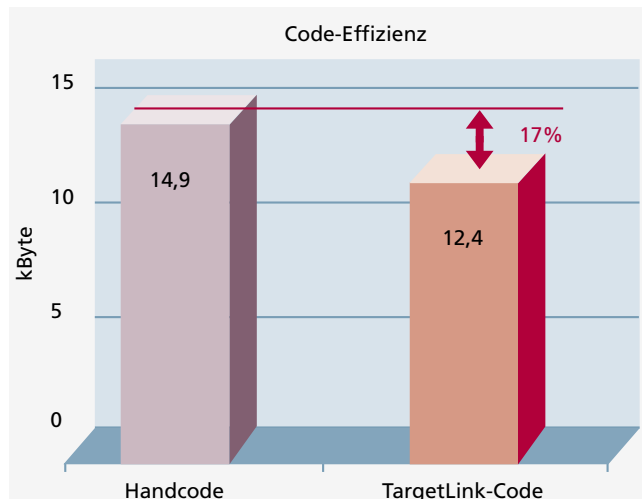
## Vorteile

Durch die visuelle Beschaffenheit der Architektur konnte diese auch Managern in höheren Führungsebenen und weniger technisch orientierten Entscheidungsträgern zugänglich gemacht werden. Zudem wurden technische Diskussionen im Team einfacher und eindeutiger. Legacy-Code ließ sich leicht in Stateflow oder TargetLink integrieren. Der Code konnte in Bruchteilen der Zeit generiert und getestet werden, die üblicherweise für die Implementierung manuell programmierten Codes desselben Algorithmus notwendig ist.

*Peter J. Schubert, Packer Engineering, Inc., USA  
Lev Vitkin, Delphi Electronics & Safety, USA  
David Braun, Purdue University, USA*



▲ Radio-Bedienoberfläche für virtuelle Steuerung.



▲ Vergleich zwischen handcodierter Software und Code, der mit TargetLink für ein identisches Funktionsmodell generiert wurde.

## Glossar

### Red Book –

Im Red Book ist der Standard für Audio-CDs definiert. Benannt ist es nach den Umschlagfarben mehrerer Bücher, die die technischen Spezifikationen für alle CD- und CD-ROM-Formate enthalten. Die Spezifikation im Red Book wurde als IEC-908-Standard ratifiziert.

### Inter Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C) –

Serieller Datenbus für den Anschluss von Geräten mit geringer Übertragungsgeschwindigkeit an ein eingebettetes System oder eine Hauptplatine.

Quelle:  
Model-based Development for Event-driven Applications using MATLAB: Audio Playback Case Study, SAE World Congress 2007, Paper 2007-01-0783