

In Rekordzeit zu Ergebnissen

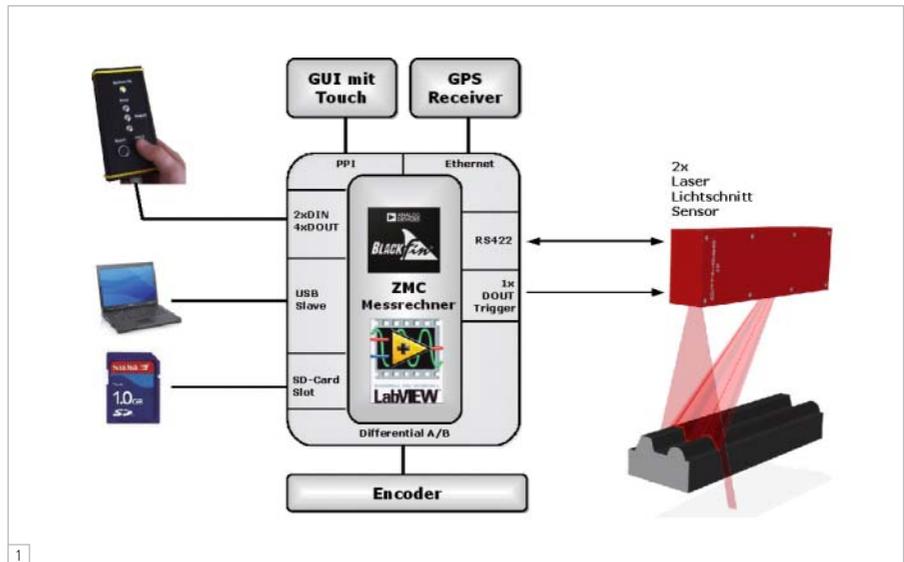
Bei der Entwicklung von Embedded-Systemen bietet die funktionelle Programmierung auf Systemebene grosse Vorteile. Mit ihr bleibt die Komplexität überschaubar, zudem sorgt sie für einen Zeitgewinn und Kostenersparnis. Deutlich wird dies an einem Praxisbeispiel aus der berührunglosen Profilmesstechnik.

Bild 1: Die Systemkomponenten werden direkt an den ZMC-Messrechner angeschlossen und mit LabVIEW Embedded transparent ins Software-Blockschaltbild eingebunden.

Bild 2: Vom Gedankenmodell zum System-Diagramm. Vom Diagramm via C-Code-Generator und Echtzeitkernel zum echtzeitfähigen Low-Level-Prozessorcode.

Bild 3: Mit wenigen Mausklicks zum Embedded-Webserver (oben) und GUI (unten).

Tabelle 1: Für die Umsetzung der Messaufgabe in Embedded-Hard- und -Software mit LabVIEW wurden nur rund sechs Arbeitstage benötigt.



Marco Schmid, Ingenieur Systemtechnik (FH), Geschäftsführer Schmid Engineering AG

Messaufgabe

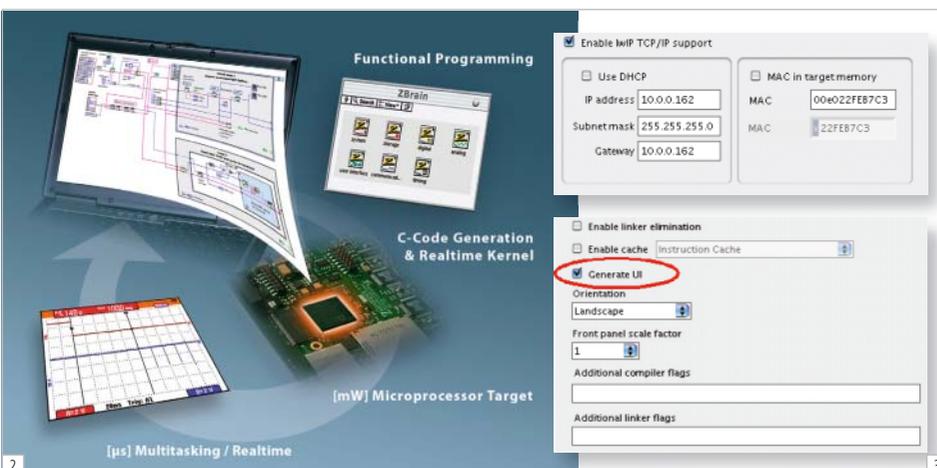
Bahn- und Strassenbahnschienen sind wegen zunehmender Zuggeschwindigkeiten und kürzeren Fahrintervallen konstant mechanischer Belastung ausgesetzt und nutzen sich unweigerlich ab. Deshalb überwachen Verkehrsbetriebe kontinuierlich

den Gleiszustand, was vor Ort entsprechende Messsysteme voraussetzt. In diesem Praxisbeispiel geht es darum, ein bestehendes Messfahrzeug um ein autonomes Highspeed-Lasermesssystem zur Erfassung des Schienen-Querprofils zu erweitern. Dazu soll die Messung während der Fahrt manuell oder automatisiert getriggert, über eine serielle Schnittstelle ausgelesen, gefiltert, transformiert und zusammen mit einem Zeitstempel sowie GPS-Daten auf eine SD-Karte abgespeichert werden. Zur Verfügung

stehen die fahrzeuginterne 24-V-Stromversorgung, GPS-Daten via Ethernet vom Leitrechner sowie ein Keyboard.

Embedded-Hardware: Das Rad nicht neu erfinden

Der knappe Liefertermin und das straffe Entwicklungsbudget liessen keine Hardware-Entwicklung für den Messrechner zu. Deshalb fiel die Wahl auf das Standardboard ZMC (Zbrainsystem für Measurement & Control) des Schweizer Herstellers Schmid Engineering. ZMC ist ein lüfterloses und kompaktes Mixed-Signal-Modul auf der Basis eines Analog-Devices-Blackfin-Prozessors, programmierbar in der Programmiersprache für das grafische Systemdesign LabVIEW von National Instruments. Umfangreiche analoge und digitale Peripherie, Touch-Display, Ethernet, mobile Speichermedien, serielle Schnittstellen, geringer Stromverbrauch (<1 W) und eine kompakte Bauform passten sehr gut zur Messaufgabe (Bild 1). Der Applikationsingenieur konnte sich so ohne weitere Vorentwicklungen direkt auf die Hauptaufgaben konzentrieren, unterstützt von einer domänenspezifischen Programmiersprache (DSL) der 4. Generation.



Mit Drag-and-Drop zur Embedded-Software

Die aus der Mess- und Automatisierungstechnik bekannte Programmiersprache für das grafische Systemdesign LabView hat sich längst in der Embedded-Systemtechnik mit FPGA- und Mikroprozessor-Architekturen etabliert. National Instruments erweiterte das traditionelle

erfolgte in Rekordzeit (Tabelle 1) und per Drag-and-Drop von Funktionsblöcken, standardisiert oder applikationsspezifisch. Daraus resultierte ein selbstdokumentierendes Blockschaltbild mit transparenter Sicht auf die involvierten Systemkomponenten. Der hohe Abstraktionsgrad ermöglichte es dem Entwickler sogar, die Software beim Kunden vor Ort ohne Stress im

tion als Profil in plausibler physikalischer Einheit (Fließkommaformat) zur Verfügung zu stellen. Die GPS-Daten holte sich das Messsystem direkt vom Leitrechner mit TCP/IP-Funktionsblöcken über die Ethernet-Schnittstelle, welche sich mit wenigen Mausklicks konfigurieren liess (Bild 3 oben).

Am eindrucklichsten zeigte sich der Komfort bei der grafischen Benutzerschnittstelle. Mit nur einer Checkbox (Generate UI, Bild 3 unten) wurde der C-Code-Generator angewiesen, die standardisierten Grafikelemente auf dem LabView-Frontpanel in ein GUI mit Touch zu übersetzen und ins Zielsystem zu laden. Dass im Hintergrund die Open-Source-FLTK-Library eingebunden und ein NanoX-Window-System aufgesetzt wird, ist für den Anwender zweitrangig und geschieht deshalb im Verborgenen.

Fazit

Die Lieferung vor der Projekt-Deadline verkürzte die Markt-

Softwaremodul	Aufgaben	Aufwand in [h]
Applikationslogik	<ul style="list-style-type: none"> • 6-fache Statemachine • Zerlegen in Module • Fehlerbehandlung & Watchdog 	8
Embedded Filesystem	<ul style="list-style-type: none"> • Konfigurationsparameter auf NV-FRAM • Messungen als Textfile auf SD-Card • Zeitstempel und GPS-Daten 	10
GPS-Anbindung	<ul style="list-style-type: none"> • Längen- und Breitengrad via TCP/IP über das fahrzeuginterne Ethernet 	5
Prozess-I/O	<ul style="list-style-type: none"> • Triggern der Messung über Digitalausgang • Serielles Protokoll zum Einlesen der Sensordaten • Simulation der Messdaten für Testzwecke 	10
Signalverarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Unterdrücken von Oberflächenrauschen mit digitalem Filter • Eliminieren von Spikes mittels Medianfilter • Verschieben, Spiegeln und Drehen der Datenpunkte mit Vektoroperationen 	6
Grafische Benutzerschnittstelle	<ul style="list-style-type: none"> • Visualisieren der gemessenen Schienenprofile • Anzeige der Messqualität • Einlesen von Pushbuttons 	5
PC-Interface	<ul style="list-style-type: none"> • Zugriff auf Filesystem via USB • Modifizieren der Systemparameter 	4
Gesamtaufwand in [h]		48 <small>Tabelle 1</small>

Datenflussmodell um Funktionalitäten, wie sie in der Embedded-Welt üblich sind und vorausgesetzt werden. Dazu gehören unter anderem der C-Code-Generator als Brücke zwischen dem High-Level-Systemdiagramm und der Low-Level-Prozessorkomplexität. Der Allianzpartner Schmid Engineering fügte hardware- und kernennahe Echtzeitdienste hinzu, damit trotz hohem Abstraktionsgrad deterministisch auf synchrone und asynchrone Ereignisse reagiert werden kann. Mit robustem Prozess-I/O, Multitasking, Parallelität, Fehlerbehandlung, Watchdogs, Echtzeit auf Interruptlevel und einem mehrstufigen C-Interface stehen dem Anwender auch auf System-Level die typischen Funktionen für einen stabilen Rund-um-die-Uhr-Betrieb zur Verfügung.

Die Architektur der Profil-Messsoftware besteht im Wesentlichen aus einer Statemachine mit den Zuständen «Initialisieren», «Warten auf Benutzereingabe», «Messen», «Daten verarbeiten», «Daten speichern» und «PC-Verbindung». Die Gesamtaufgabe wurde objektorientiert in handhabbare Module wie «Laser», «Keyboard», «Filesystem» und so weiter zerlegt, welche als intuitive Funktionsblöcke Komplexität abstrahieren, vergleichbar mit Klassen/Objekten in C++. Die eigentliche LabView-Programmierung

Gesamtsystem fertigzustellen, zu testen und die finale Firmware zu erzeugen.

Schnell am Ziel mit produktiven Tools

Wirkungsvolle Entwicklungsumgebungen wie LabView reduzieren den Arbeitsfluss auf die für die Embedded-Anwendungsentwicklung wesentlichen Schritte:

- Ideen und Gedankenmodelle schnell und intuitiv in ein Blockschaltbild umsetzen,
- aus diesem High-Level-Blockschaltbild C-Code generieren und mit einem Echtzeitkernel zu lauffähigem Prozessorcode verlinken lassen und
- diesen Code ins Zielsystem laden und dort live mit Prozess-Signalen testen.

Angewendet auf die vorliegende Messaufgabe, wurden in einem ersten Schritt die Benutzerinteraktion sowie die Zustandsübergänge als Prozess grafisch visualisiert und mittels Breakpoints und Singlestepping optimiert, bis die Statemachine fehlerfrei funktionierte.

Die Möglichkeit des ZMC, jeden Entwicklungsschritt mit «Live-I/O» direkt zu testen, war bei der Entwicklung des Treibers für das serielle Laserinterface ein zentraler Beschleuniger. Es galt, einen gepufferten 8-Bit-ASCII-Zeichenstrom zu decodieren und der Applika-

tionseinführungszeit dramatisch und bescherte dem Kunden den Vorteil, seinen Mitbewerbern eine Nasenlänge voraus zu sein. Die Messergebnisse der Pilotphase entsprachen den Spezifikationen, was gleichzeitig den Startschuss für die nächste Phase, Serien-Entwicklung, einleitete. Lange Entwicklungszeiten für Embedded-Hardware und -Software mit den damit verbundenen Projektrisiken sind bekanntlich häufig die entscheidende Hemmschwelle, ein Projekt überhaupt zu starten. Erfolgt der Kickoff dennoch, sind die Erwartungshaltungen an Lieferzeit, Qualität und Funktionalität hoch. Werden sie nicht nur erfüllt, sondern sogar übertroffen, macht sich Verblüffung breit. Und das ist der wirksamste Grundstein für langfristige und nachhaltige Kundenbindung. Produktivste Entwicklungswerkzeuge, multifunktionelle Hardware und eine grafische Entwicklungsumgebung ersetzen zwar nicht das kreative Genie, sie bieten aber die notwendige Plattform, Ideen schnell, Kosten sparend und risikofrei in Ergebnisse umzusetzen. ■

Schmid Engineering AG,
www.schmid-engineering.ch
 National Instruments,
www.ni.com/switzerland