

IN REKORDZEIT ZU EINEM SPEZIFISCHEN MOBILEN, BATTERIEGESTÜTZTEN MESSSYSTEM

Messhandheld in 24 Stunden entwickeln

Ein Messhandheld für den Produktionsbereich mit komplexen Distanzlaser und einer speziellen Bedienerführung liess sich nicht mit Standardgeräten realisieren. Firmen-Know-how und Algorithmen durften nicht aus dem Haus gegeben werden. Die Zeit ist knapp und das Budget tief. Wie die Aufgabe erfolgreich gelöst wurde, zeigt dieser Praxisbericht.



Bild 1: Messen, Steuern und Regeln aus der Hand: mit universellem Prototyp und Programmierung auf Systemlevel konnte in wenigen Tagen ein mobiles, batteriegestütztes Gerät realisiert werden.

Veranstaltungen zum Thema «Embedded-Programmierung auf Systemlevel»

Embedded World, 2.–4.3.2010, Nürnberg, Halle 11/422.
 Forum «LabView auf Mikroprozessoren» in Halle 11,
 2.3.2010/15.00–15.30 Uhr. Details:
www.schmid-engineering.ch/embeddedworld

NIDays Kongress, 2.3.2010, Zürich. Stand 6/Lakeside.
 Vortrag «In Rekordzeit zu Deeply Embedded Systemen»,
 16.45–17.15 Uhr. Details:
www.schmid-engineering.ch/nidays

Eintägiger Hands-On-Workshop im März 2010: Ein-
 führung in die grafische Anwendungsprogrammierung
 mit LabView auf Mikroprozessoren. Details:
www.schmid-engineering.ch/workshop

INFOS

Schmid Engineering AG
 9542 Münchwilen
 Tel. 071 969 35 90
info@schmid-engineering.ch
www.schmid-engineering.ch

CC&I Computer Commu-
 nication & Interface GmbH
 D-82131 Gauting/München
 Tel. +49 89 850 97 18
www.cciembedded.de
sales@cciembedded.de

Wird ein zylindrisches Werkstück zur rotierenden Bearbeitung in ein Spannfutter eingespannt, so weicht seine neutrale Achse aufgrund mechanischer Toleranzen von der Achse des Futters ab. Beim Drehen «taumelt» der Zylinder mit Auslenkungen von einigen Hundertstel- bis Zehntel-Millimetern. Dies mit einem Handmessgerät dynamisch zu erfassen, zu kompensieren und dadurch die Produktivität zu steigern, war die Idee des verantwortlichen Prozessingenieurs. Die wichtigsten funktionalen Anforderungen umfassten:

- Zweimal berührungslose Distanzmessung mit Laserabstandssensoren
- Simultane Messwerterfassung mit 1 kHz von zwei dynamischen 0–10 Volt Analogsignalen mit 16-Bit-Auflösung
- Kontinuierliche Tiefpassfilter, Spektralanalyse und Mittelwertberechnung
- Einfache Grafische Bedienerführung mit Touch
- Datenspeicherung auf SD-Karte mit PC-Zugriffsmöglichkeit via USB-Massenspeicher
- Messzyklen kürzer eine Sekunde

Weitere Anforderungen:

- Verfügbarkeit nach dem Einschalten <1s
- Zuverlässigkeit über den gesamten Messzyklus
- Wirtschaftliche Herstellung von Seriengeräten
- Schutz des firmenspezifischen Know-hows
- Mindestens acht Stunden Dauerbetrieb

Mit einem Starterkit sofort loslegen. Die Entwicklung einer eigenen Embedded Hardware war aus Kosten- und Zeitgründen von vornherein ausgeschlossen. Deshalb entschied man sich für den Embedded Messrechner ZMC (Bild 1).

Leistungsfähige Entwicklungssoftware ermöglicht eine grafische Programmierung des Low-Power Analog Devices Blackfin BF548-Prozessors mit fertigen, intuitiven Funktionsblöcken per Drag-and-Drop. Beispielprogramme erleichtern zusätzlich den Einstieg. Mit dem bereitgestellten Signalsimulator können Messwerte direkt vorgegeben und Programme «live» getestet werden. Damit verfügte der Entwickler vom Start weg über gebündeltes Hardware-/Software-Know-how, vom Prozess-I/O über di-

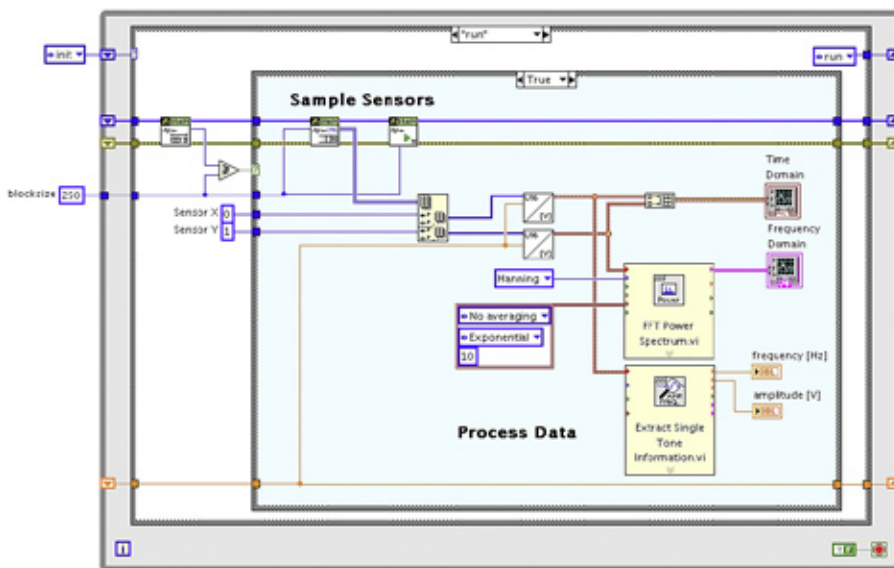


Bild 2: Messwerterfassung und digitale Signalverarbeitung auf Systemlevel mit dem «LabView Embedded Module for Blackfin» programmiert.

digitale Signalverarbeitung, und Real-Time-Betrieb bis zu mobilen Filesystemen und grafischer Benutzeroberfläche.

In drei Tagen zum Ziel. Die delikateste Projektanforderung war der zu schützende Algorithmus. Bei fehlendem Embedded-Software-Know-how ein nicht zu unterschätzendes Risiko. Glücklicherweise war NI LabView in der Firma sowohl im Prüf- als auch Testbereich bereits ein verbreitetes und geschätztes Werkzeug. Die Programmierbarkeit des kompakten Singleboard Messrechners mit dem «LabView Embedded Module for Blackfin» erlaubte damit, auf vorhandenem Programmier-Know-how aufzusetzen und es im Messhandheld anzuwenden (Bild 2). Das Entwicklungswerkzeug erzeugt in Kombination mit dem «ZBrain Software Development Kit/SDK» aus dem Systemdiagramm automatisch multitasking- und echtzeitfähigen C-Code und lädt diesen über standardisierte Compiler/Linker/Loader in das Mikroprozessorsystem. Die gesamte unterlagerte Low-Level-Komplexität ist für den Anwendungsentwickler zweitrangig und geschieht im Verborgenen.

In Stunden Signale mit dem Zielsystem erfassen und analysieren. In einem ersten Schritt galt es, die Messwerterfassungs- und Algorithmenideen in einem LabView-Blockschaltbild abzubilden und mit zwei realen analogen Prozesssignalen auf Machbarkeit zu testen. Dazu wurde eine Softwarevorlage des «ZBrain Software Development Kits (SDK)» mit dynamischer, mehrkanaliger Datenerfassung ausgewählt und mit der benötigten Signalverarbeitungskette aus einem der zahlreichen LabView-Beispiele ergänzt (Bild 2). Angepasst an die Zylinderdrehzahl bis 1500 U/min und einer Ansprechzeit der Lasersensoren von 900 μ s wurde eine simultane Abtaststrategie von

1 kHz pro Kanal mit einer Blockgröße von 250 Werten gewählt und mittels Hardware-In-The-Loop live auf dem ZMC getestet. Abgeschlossen wurde die Machbarkeitsprüfung unter Echtzeitbedingungen direkt auf dem Zielsystem. Das gemessene Timing von 400 ms entsprach auf den ersten Blick den Anforderungen. Es fehlten jedoch noch eine grafische Benutzeroberfläche und die Datenspeicherung. Auch sie stellen Ansprüche an die Prozessorressourcen und «stehlen» Reserven.

Von der Referenzarchitektur zur Standalone-Anwendung in 10 Stunden. Der nächste Schritt zur Embedded-Anwendung war der ZMC-Handheld, ein universeller Prototyp zur Entwicklung von mobilen Messsystemen. Herzstück dieses Referenzdesigns und Baukastens ist wie beim Starterkit ein Singleboard Messrechner. Er ist ergänzt um den nötigen Funktionsumfang für batteriegestützte Systeme. Das Referenzdesign enthält wertvolles Out-of-the-Box-Know-how, das sofort in der eigenen Aufgabe eingesetzt werden kann (Bild 4). Dazu gehört ein feldgeprüftes, wiederverwendbares Applikationsframework mit Messwerterfassung, grafischer Benutzeroberfläche (GUI), Daten-I/O sowie Powermanagement und Fehlerbehandlung für zuverlässigen Dauerbetrieb. Im Kern besteht es aus einer mehrfachen, leicht erweiterbaren State-Machine mit Standardzuständen beziehungsweise -Modi, die sich an eigene Bedürfnisse anpassen lassen:

- Der Modus GUI kümmert sich um die Benutzereingabe über Taster und Touch. Dazu wurde das LabView-Fontpanel aus der Machbarkeitsprüfung in ein neutrales GUI überführt. Es setzt sich aus einzelnen Bildern zusammen, die von der SD-Karte geladen, auf dem TFT angezeigt und mit Signallinien überlagert werden. →

- Die in der Machbarkeitsprüfung erarbeitete Messwerterfassung und Signalverarbeitung wurde ohne Änderungen per Drag-and-Drop in den Modus «DAQ» integriert.
- Der Modus «File», angepasst an das spezifische Datenformat, speicherte die Resultate zusammen mit einem RTC-Zeitstempel auf der SD-Karte ab.
- Der Modus «COM» dient vorerst nur für den PC-Zugriff auf die SD-Karte als USB-Massenspeicher (ähnlich wie beim Memory Stick) und wird später um eine Wireless-Verbindung ergänzt.
- Die Standardmodi «Powermanagement» und «Housekeeper» sind Themen der folgenden zwei Kapitel.

Intelligentes Powermanagement in einem halben Arbeitstag.

Ein geringer Stromverbrauch sorgt für möglichst lange Betriebszeit. Bei einem durchschnittlichen Verbrauch von zwei Watt und dem ausgewählten Akku mit 2,5 Ah/12 V beträgt die Standzeit rund 15 Stunden, also fast doppelt so viel wie die geforderte Arbeitszeit. Diese Reserve geht jedoch verloren, wenn im Seriengerät aufgrund des Formfaktors ein kleinerer Akku zum Einsatz kommen muss. Deshalb wurde die Standardfunktionalität des Powermanagement-Modus genutzt:

- Skalierbarer Stromverbrauch. Bei der Messwerterfassung und -analyse schaltet das Gerät in den leistungsstärksten Betriebsmodus und kehrt anschliessend wieder in den Sparbetrieb zurück. Dies geschieht über variierte Prozessortakt und -spannung.
- Abschalten von Funktionen. In einem weiteren Schritt lassen sich temporär nicht benötigte «Stromfresser» wie zum Beispiel das TFT-Display abschalten. Dabei signalisiert eine LED, dass das Gerät noch in Betrieb ist.

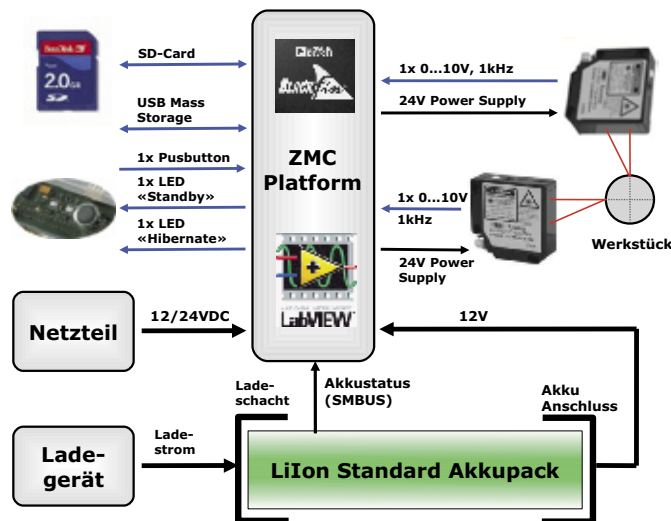


Bild 4: Das universelle Referenzdesign ZMC-Handheld bietet das nötige Out-of-the-Box-Know-how für Embedded-Hard- und -Software sowie Prozess- und Daten-I/O.

- Standby-Betrieb. Wenn nach einer wählbaren Zeit keine Benutzereingabe erfolgt, geht das Gerät in den Tiefschlaf (Hibernate-Mode) über, signalisiert durch eine weitere LED. Dies sorgt bis zum Wecksignal zum Beispiel über Touch oder Tastatur für niedrigsten Stromverbrauch.
- Komplettes Abschalten. Ist die Batterie erschöpft, sichert das Gerät die internen Zustandsvariablen auf NVRAM, schliesst die Dateien auf der SD-Karte und schaltet sich ab.
- Batteriezustandsanzeige. Für mobile Geräte ist es zwingend, den Zustand der Batterie zu kennen und den Benutzer darüber zum Beispiel mit einem Ladeanzeiger zu informieren.
- Batterie-ladung. Der tauschbare Li-Ion-Akku wird extern geladen (Bild 3 unten). Optional kann der Handheld um eine Ladeelektronik erweitert werden, die den Akku im Netzbetrieb auflädt. Damit verbunden ist eine nahtlose Umschaltung von Netz- auf Akkubetrieb und umgekehrt. Dieser Vorgang kann über einen Funktionsblock abgefragt und angezeigt werden.

Zuverlässiger Rund-um-die-Uhr-Betrieb in drei Stunden.

Auch bei Systemlevel-Sprachen wie LabView kann die Anwendungssoftware nach der Freigabe noch Fehler beinhalten. Deshalb muss Embedded-Software diese zur Laufzeit selbständig erkennen, isolieren und beheben. Ein solches Zuverlässigkeitsschema in Embedded Hard- und Software umzusetzen, war bisher Spezialisten vorbehalten. Mit fertigen Funktionsblöcken und dem Standardmodus «Housekeeper» ist dies jetzt für jedermann machbar. Die in den verschiedenen Treibern oder der Programmlogik aufgetretenen Fehler werden zur Behandlung an den «Housekeeper» weitergeleitet. «Softwarehänger» in der Multitasking-Umgebung werden ebenfalls abgefangen. Ist eine Fehlerkorrektur unmöglich, so hält ein Warm- oder sogar Kalt-Start den Betrieb weiter aufrecht. Dabei wird die Anwendung geordnet heruntergefahren, das Dateisystem geschlossen und kritische I/O-Prozesse in definierte Zustände gebracht. Verhakt sich der «Housekeeper» selber, löst ein Watchdog einen Systemreset aus. Damit ist das Gerät aus Sicht des Bedieners ständig verfügbar.

In Wochen zum Seriengerät.

Bis hierhin ist der Messhandheld als ein zwischen zwei Acrylplatten eingeschlossene ZMC-Messrechner ausgeführt, mit Prozess-I/O-Klemmen und seitlich einsteckbarer SD-Karte sowie tauschbarem Akku (Bilder 1 und 3). So kommt er nun in einem Pilotversuch zum Einsatz, um erste Felderkenntnisse zu sammeln. Für den rauen Produktionsbetrieb wird entweder ein markt-gängiges Gehäuse mit ESD-Schutz für den 11x11 cm grossen ZMC ausgewählt oder der Handheld-Bausatz wird für das Serienprodukt auf das kundenspezifische Format «geschrumpft» und in ein spezifisches Gehäuse eingesetzt. Im Referenzdesign sind Hardware und Software vorentwickelt. Die Übergänge zwischen Machbarkeitsprüfung, Prototyping und Serienproduktion sind dank LabView und dem ZBrain System fließend. Damit kann ein spezifisches Mess- oder Steuergerät innerhalb sehr kurzer Zeit kostensparend und mit überblickbaren Risiken verwirklicht werden. ■

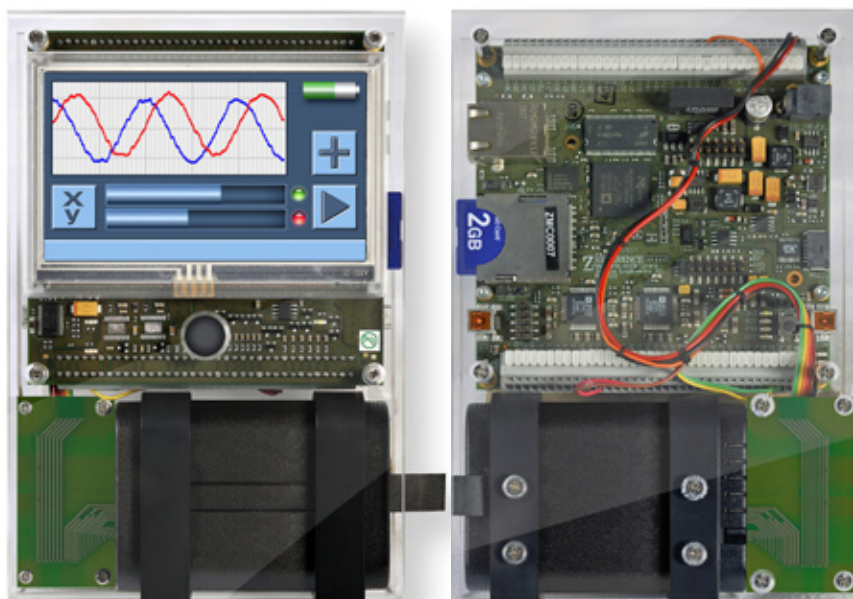


Bild 3: Mit einem Referenzdesign schnell zum fertigen Prototyp. Komplett mit Messwerterfassung, -analyse, GUI/Touch, Datenspeicherung auf SD-Karte, Batteriebetrieb und intelligentem Powermanagement.