

# Auf eigenen Füßen stehen

Selbst-programmierende Prozessoren machen Kalibrierungs- und Prüfprozesse in der Fertigung einfacher



Mit einem selbst-programmierenden Mikrocontroller lassen sich Kalibrierungs- und Prüfprozesse in der Fertigung deutlich vereinfachen, denn durch diese Prozessoren wird das Elektronikprodukt selbst zur Datenerfassungseinheit: Es sammelt und speichert die Informationen der Sensoren und nutzt diese später zur Kalibrierung. Mithilfe der sogenannten In-Circuit- bzw. On-Board-Programmierung erreicht der Entwickler eine schnelle und exakte Elektronikfertigung.

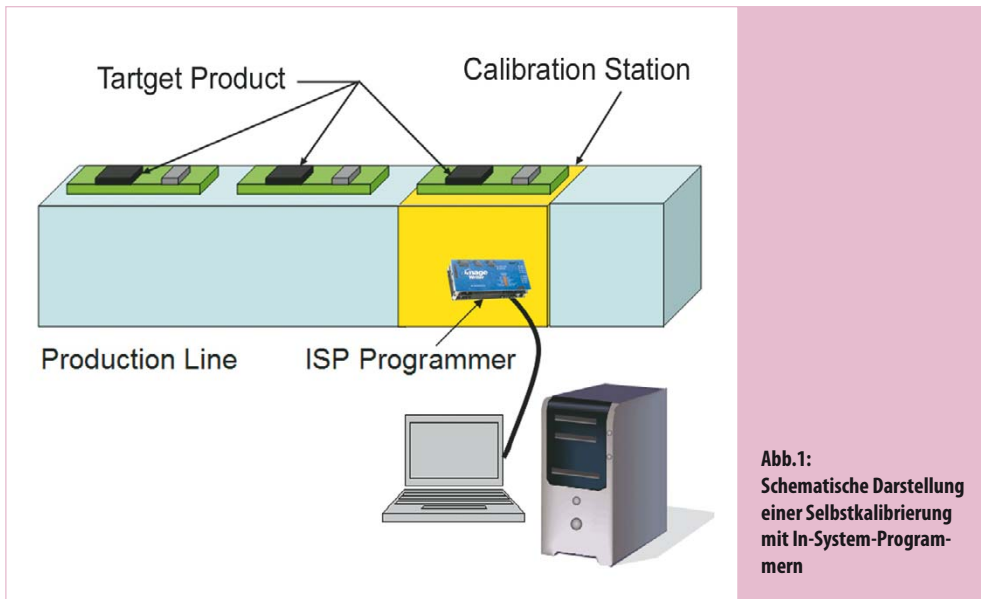
■ Johann Hartl

**I**m Fertigungsbereich schrieb man bislang noch vor der Bestückung der Leiterplatte den Applikations- sowie den zugehörigen Prüfcode in den programmierbaren Mikrocontroller. Dieses Vorprogrammieren hat zwei Nachteile: Erstens müssen mögliche

Prüfroutinen beim Funktionstest oder in späteren Prozessen laufen, was die Nacharbeitungskosten erhöht. Zweitens erfordert der Test- bzw. Kalibrierungscode zusammen mit dem Applikationscode einen größeren Speicher und damit einen teureren, größeren Prozessor. Mit >



**Johann Hartl**  
ist Vertriebsingenieur für  
Programmierlösungen bei Data I/O  
T +49/89/85858-26  
j.hartl@data-io.de



**Abb.1:**  
Schematische Darstellung  
einer Selbstkalibrierung  
mit In-System-Program-  
mieren

der In-System-Programmierung steht eine aktuelle Methode zur Selbst-Programmierung von Mikrocontrollern bereit, die die Kalibrierung während der Fertigung vereinfacht.

### Mikrocontroller direkt auf der Leiterplatte programmieren

Bei dieser Programmierung werden Mikrocontroller direkt auf der Leiterplatte während der Fertigung programmiert. Dadurch kann der Prozessor in der Testphase seinen gesamten Speicher nutzen. Erst wenn Test und Kalibrierung abgeschlossen sind, wird der endgültige Applikationscode in den Prozessor geschrieben. Außerdem lassen sich Softwareänderungen, die aufgrund der Prüfergebnisse noch auszuführen sind, schnell und einfach in das Endprodukt laden.

Kalibrierungs- bzw. Prüfprozesse in der Fertigung lassen sich mit re-programmierbaren Prozessoren einfacher gestalten. In der Praxis läuft die Selbstkalibrierung in folgenden Schritten ab: Zuerst wird ein Prüf- bzw. Testprogramm

in den Zielprozessor geladen und anschließend die Schaltung in Betrieb genommen. Entweder steuert die Applikation selbst externe Geräte für Messungen bzw. Informationen, oder das Objekt zeichnet seinerseits mit seinen eigenen Bausteinen wichtige Ereignisse auf. Diese Ereignisse lassen sich zur späteren Auswertung speichern. Im Anschluss sollte der Anwender alle relevanten Daten mit jenen Systemen austauschen, die Kalibrierwerte berechnen oder Justierungen vornehmen. Danach werden die endgültige Zielapplikation in den Prozessor gespeichert und alle anderen Einzeldaten oder Kalibrierwerte in das Objekt geladen. Zum Schluss erfolgen alle anderen Justierungen, um das System zu kalibrieren.

Ein Beispiel für eine modulare Lösung zur Bausteinprogrammierung beim In-Circuit-Test ist die In-Circuit-Programmierung mit dem Programmiermodul ImageWriter von Data I/O. Diese Lösung wurde speziell für die Fertigung konzipiert. Der Programmierer basiert auf einer offenen Systemarchitektur, die die hard- und softwaretechnische Integration in automatisierte Test- und Fertigungsvorrichtungen er-

möglicht. Das Modul lässt sich problemlos in eine „Board-Fixture“ oder in eine ATE-Umgebung eingliedern. Über Befehle des ATE-Systems angesteuert oder mithilfe einer einfachen Schnittstelle zu LabView bzw. einer anderen Software zur Prozesskontrolle, kann der Anwender einzelne Leiterplatten oder ein ganzes Panel programmieren. Dabei ermöglichen es dokumentierte Programmieranweisungen, die Bausteinprogrammierung an jedem beliebigen Punkt in die Fertigungslinie einzubetten – egal, ob vor oder während des Tests oder am Ende der Fertigung.

Dieses Programmiermodul ist für Elektronikhersteller konzipiert, die die Programmierung von flashbasierten Mikrocontrollern und EEPROMs in den Testprozess integrieren und ATE-Systeme in der Fertigungslinie einsetzen. Das Programm garantiert, dass sich die Designvorgaben in der Fertigung exakt replizieren lassen. Dabei werden die Programmiererergebnisse detailliert festgehalten und dienen als Input für Analyse-Tools. Fehlprogrammierungen werden vor der Auslieferung entdeckt und korrigiert. Ein flexibler Setup auf PC-Basis erlaubt zudem die Einrichtung des Systems für jede aktive Konfiguration auf dem Board. Weil die Lösung über eine Verbindung mit 3 bis 5 Pins direkt mit dem Baustein kommuniziert, ist auf jeder Leiterplatte ein Standardalgorithmus nach Herstellervorgaben einsetzbar. Boundary Scan Files oder proprietäre Programmierskripts sind daher nicht mehr notwendig.

### Selbstkalibrierte Temperatur- und Stromsensoren

Am Beispiel eines Temperatur- und eines Stromsensors in einem Motor lässt sich die oben geschilderte Methode veranschaulichen. Der Temperatursensor, der für diese Applikation gewählt wurde, ist kostengünstig und besitzt eine nichtlineare Kennlinie, die in der Software linearisiert werden muss. Der Stromsensor ist ebenfalls preiswert und muss kalibriert werden, um den Spannungsabfall längs der Leitungen zu kompensieren. Seine Kennlinie muss auch in der Software linearisiert werden, um möglichst genaue Werte zu erreichen.

Die Fertigung der Schaltung erfolgt beispielsweise in hohen Stückzahlen mit über 100.000 Einheiten pro Monat, wobei der Takt der Fertigungslinie nicht mehr als 15 Sekunden für jeden Verarbeitungsschritt erlaubt. Der Applikationscode verbraucht 90 Prozent des Flash-Code-Speicherplatzes im Baustein. Zudem müssen alle Kalibrierungswerte (von einer externen Anwendung berechnet) im EEPROM-Bereich des Prozessors abgelegt werden. Um die Temperaturschaltung zu kalibrieren, wird das Produkt



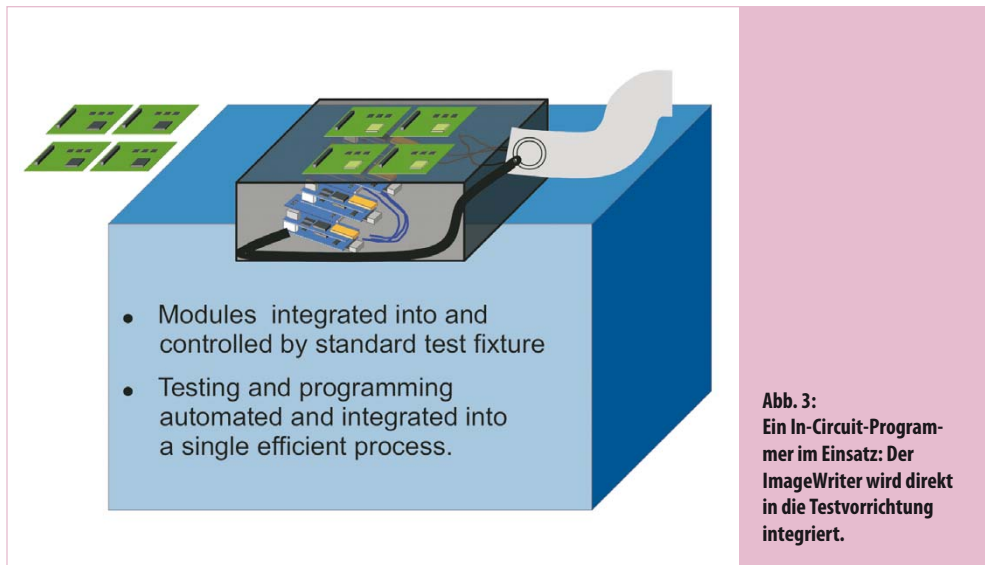
**Abb.2:**  
Die In-Circuit-Program-  
mierung kann mit einer  
Vielzahl von Tools erfol-  
gen, beispielsweise mit  
dem In-System-Program-  
mierer ImageWriter von  
Data I/O

normalerweise in eine Temperaturkammer gelegt und einigen Temperaturzyklen ausgesetzt. Der Anwender misst die Werte und nimmt Justierungen entweder durch Abgleicheinstellungen oder durch das Laden von Kalibrierdaten in den Prozessor vor. Doch solche zusätzlichen Kalibrierzeiten sind in einer Fertigungslinie mit hohen Taktraten kontraproduktiv. Die bessere Lösung: Das Elektronikprodukt sammelt während des Fertigungsprozesses selbst die Informationen seiner Sensoren, speichert diese und nutzt sie später zur Kalibrierung. Mit re-programmierbaren Prozessoren ist dies möglich; durch sie wird das Produkt im Lauf der Fertigung quasi zu einer Datenerfassungseinheit. Im späteren Produktionsverlauf werden die gesammelten Daten extern analysiert. Die Ergebnisse dienen dazu, das Endprodukt noch exakter zu machen.

Beim Temperatursensor bedeutet dies für die Praxis: Das Produkt wird auf dem Montageband eingeschaltet, und während es durch einen geregelten Ofen fährt, lassen sich die Messwerte seines Temperatursensors in Abständen erfassen und im Prozessorspeicher ablegen. Der Ofen enthält entsprechend temperaturgeregelte Bereiche, sodass das Produkt mehrere Werte in jedem Bereich aufzeichnet. Sobald es den Ofen verlassen hat, liest eine Station die Daten aus dem Prozessorspeicher aus. Da die Ofentemperaturen exakt feststehen, stellt jede Abweichung in der Aufzeichnung einen Fehler des Temperatursensors dar. Damit lassen sich Kompensationstabellen erstellen und im Prozessor des Objekts zusammen mit dem endgültigen Applikationscode speichern. Das Prüfprogramm, das ursprünglich die Kalibrierdaten im Ofen gespeichert hatte, wird gelöscht, um kostbaren Speicherplatz im Prozessor zu gewinnen. An technischer Ausrüstung erfordert die Selbstkalibrierung lediglich ein On-Board-Programmiersystem, einen modifizierten Ofen sowie einen Rechner, der an das Programmiersystem angeschlossen ist und aus dem Prozessorspeicher lesen und in ihn schreiben kann.

### Wenn das Prüfprogramm läuft, sendet das Board RS232-Daten

Auf ähnliche Weise lässt sich auch der Stromsensor kalibrieren. Aber statt das Produkt einem externen Stimulus wie dem Ofen auszusetzen, soll es dieses Mal einen externen Impuls steuern. Da die Schaltung, die als Beispiel herangezogen wird, eine RS232-Schnittstelle besitzt, kann der Anwender ein Prüfprogramm in das Zielprodukt schreiben, das aus dem RS232-Port Daten zum Steuern externer Geräte sendet. Eine Prüfvorrichtung verbindet den RS232-Port mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS



- Modules integrated into and controlled by standard test fixture
- Testing and programming automated and integrated into a single efficient process.

Abb. 3:  
Ein In-Circuit-Programmer im Einsatz: Der ImageWriter wird direkt in die Testvorrichtung integriert.

bzw. PLC), die das Zielprodukt mit festgelegten Strombelastungen belegt. Wenn das Prüfprogramm läuft, sendet das Board RS232-Daten, damit die Prüfvorrichtung den Laststrom einschaltet. Da der Laststrom exakt und konstant ist, kann das Zielprodukt den tatsächlich gemessenen Wert mit dem bekannten Wert vergleichen und entsprechende Justierungen vornehmen. Um hier nicht wie beim Temperatursensor

die gesamte Applikation umprogrammieren zu müssen, kann der Prozessor einfach seine Kalibrierdaten intern eintragen und als fertiges Produkt weiterlaufen. In diesem Fall existieren Applikations- und Testprogramm nebeneinander im fertigen Produkt. ■

Weiterführende Infos auf [www.EuE24.net](http://www.EuE24.net)

more @ click EE047601

## Der Leiterplatten - Hit mit einem Klick [www.basista.de](http://www.basista.de) Unsere Highlights

von der **Musterplatte** bis zur **Microviertechnologie** vom Singleboard bis zum Multilayer von **1 - 28 Lagen**  
Hot-Shot ® PCB mit UL-Kennzeichnung  
Garantierte Qualität!  
Discount bei Leiterplatten Nachbestellung  
Der letzte AT = **Versandtag**  
Prototypen ab 5AT Standardlieferzeit  
Serien / Hot-Shot ® PCB **8AT Standardlieferzeit**  
Leiterplatten **bleifrei nach RoHS**  
HDI Leiterplatten bis **50µm**  
Starrflex Leiterplatten / PCI Leiterplatten  
Laser SMD-Schablonen - Hot-Stencil®

JUST MAIL TO:

[info@basista.de](mailto:info@basista.de)

**0800 BASISTA**  
**0800 2274782**  
Ihre kostenlose Hotline!



UL gelistet



RoHS Konform

Die Waren gelten als eingetragene Warenzeichen

