Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 91 (2000)

Heft: 1

Artikel: Bilddaten in Echtzeit verarbeiten

Autor: Dubach, Stephan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855501

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bilddaten in Echtzeit verarbeiten

Weltweit kleinstes industrietaugliches Bildverarbeitungssystem

Die industrielle Bildverarbeitung verzeichnet derzeit Wachstumsraten von rund 25% pro Jahr. Fortschritte in der Halbleitertechnologie ermöglichen heute anwenderspezifische Single-Chip-Systeme, mit denen die Bilddaten in Echtzeit verarbeitet werden können.

Der Markt für industrielle Bildverarbeitung (IBV) übertrifft alle Branchenerwartungen. In Europa betrug der Umsatz 1998 600 Mio. Fr. bei einem Wachstum von 22,4%. Schätzungen zur Marktentwicklung rechnen für die Jahre 2000 und 2001 mit einem Umsatzwachstum von 25%, womit der Umsatz 2001 sich auf über 1,1 Mrd. Fr. belaufen wird. Dieses Wachstum wird vor allem von der Automobilindustrie (rund 20% der Anwendungen) und der Maschinenindustrie (über 15%) getragen. Viele IBV-Systeme stehen in diesen Industrien an den Montagebändern und erledigen zuverlässig und mit sehr hoher Verfügbarkeit automatisierte Arbeiten. So werden beispielsweise Airbags von sehenden Robotern montiert. Weitere 10% der IBV-Systeme werden in der Elektronikindustrie eingesetzt; die Pharmaindustrie trägt ihrerseits 7% (z.B. Aufdruck- und Verpackungskontrolle) bei. Bild 1 zeigt verschiedene Anwendungsgebiete der industriellen Bildverarbeitung.

Die Produktion und Reinigung von PET-Flaschen ist ein Beispiel für den Einsatz der industriellen Bildverarbeitung in der Lebensmittelbranche. Hier müssen trübe oder defekte Flaschen erkannt und aussortiert werden. Während die Flaschen in einem Karussell von unten mittels LED-Blitz beleuchtet werden, nimmt die Kamera von oben durch die Mündung ein Bild des Flaschenbodens auf (Bild 2). Bildverarbeitungsalgorithmen analysieren diese Daten und sortieren als fehlerhaft identifizierte Flaschen aus.

Industrielle Bildverarbeitung einst...

Die grundlegenden Algorithmen der industriellen Bildverarbeitung verlangen nach immenser Rechenleistung. Deshalb wurde bisher meist für jede Anwendung eine eigene Lösung auf der Basis eines Spezialprozessors entwickelt. Dies hatte zur Folge, dass die Algorithmen in einer niedrigen Programmiersprache (Assembler) oder im besten Fall in C auf speziellen und teuren Entwicklungswerkzeugen entworfen werden mussten. Die Wiederverwendbarkeit von Software war kaum gegeben. Die Algorithmen mussten für jede Plattform jeweils neu entworfen werden, da entsprechende Bibliotheken nicht erhältlich waren.

Adresse des Autors
Stephan Dubach, dipl. El.-Ing. ETH,
Fachstelle Elektronik, HTA Luzern
6048 Horw, sdubach@hta.fhz.ch

Die notwendige Hardware für industrielle Bildverarbeitung war gross und unhandlich. Sie bestand im Wesentlichen aus Kamera, Kabel, Kameraschnittstelle und Bildverarbeitungsrechner. Die grosse Anzahl der Einzelkomponenten hatte direkten Einfluss auf die geringe Verfügbarkeit des Gesamtsystems. Zum Beispiel zeichnete die Verkabelung für 80% der Ausfälle verantwortlich.

Kurze Entwicklungsdauern («Time-to-Market»), moderne grafische Benutzerschnittstellen, Wiederverwendbarkeit von Hard- und Software und die Anbindung an die Prozessautomation waren Kundenanforderungen, die mit diesen Systemen niemals befriedigt werden konnten.

...und heute

Die Hochschule Technik und Architektur (HTA) Luzern hat gemeinsam mit der Firma Quali-Vision versucht, diese Anforderungen zu erfüllen. Die angestrebte Lösung nutzt Standardplattformen für die Bildverarbeitung und setzt, dem aktuellen Trend der Automatisierungstechnik entsprechend, auf ein dezentrales intelligentes und netzwerkfähiges Gesamtsystem.

Standardplattformen

Die Prozessoren der Pentium-Reihe von Intel besitzen ausreichend Rechenlei-

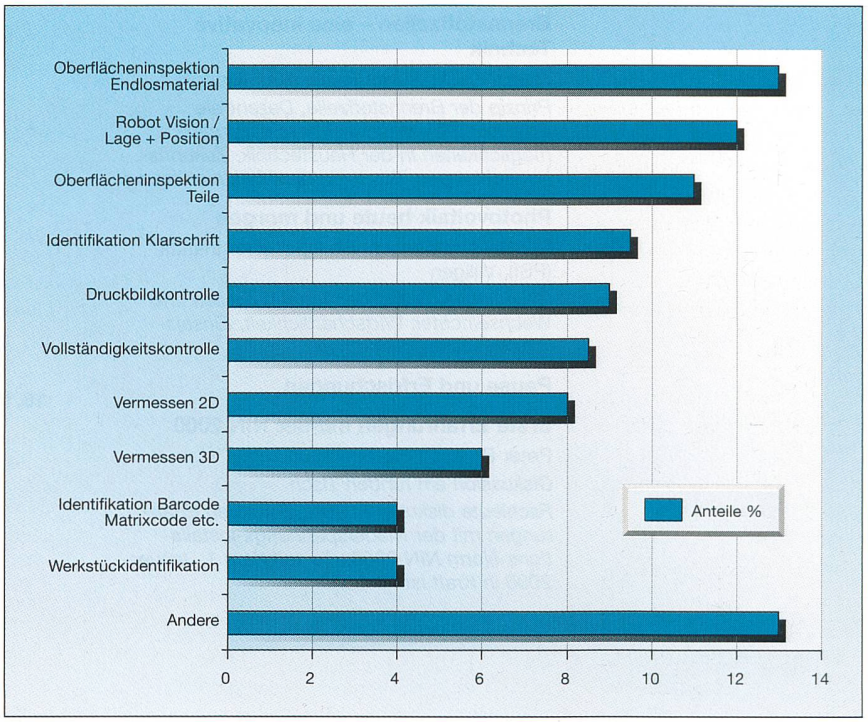


Bild 1 Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung (Quelle: Frost & Sullivan, 1997)

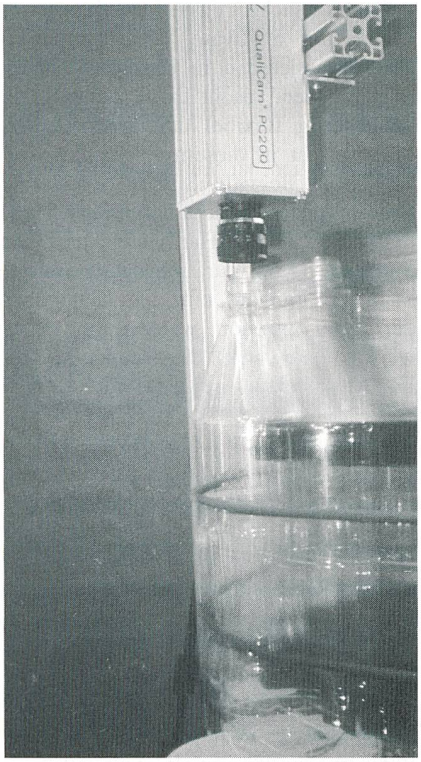


Bild 2 Qualitätskontrolle von PET-Flaschen

stung, um Bilder in Echtzeit zu verarbeiten. Damit kann der PC-Standard erstmals auch in der Fabrikautomation als kostengünstige und sehr verbreitete Hard- und Softwareplattform eingesetzt werden.

Die Problematik der kurzen Produktlebensdauer von PC-Halbleitern wird durch die Abwärtskompatibilität der PC entschärft. Dank dem PC-Standard kann eine Vielzahl von Betriebssystemen wie MS-DOS, Windows 95/98/NT, Linux und die Echtzeitbetriebssysteme VxWorks, LynxOS und QNX eingesetzt werden, welche bereits moderne Benutzerschnittstellen enthalten. Ein weiterer Vorteil ist die Programmierung von Applikationen in einer bekannten Entwicklungsumgebung, die mit Hilfe käuflicher Standard-Bildverarbeitungspakete, in kürzerer Entwicklungszeit günstig erstellt werden können. Es ist sogar denkbar, dass ein Kunde seine Applikation selbstständig mit Hilfe von Standardbibliotheken wie Neuro-Check oder der Matrox Imaging Library (MIL) entwickelt.

Dezentrale Intelligenz und Netzwerkfähigkeit

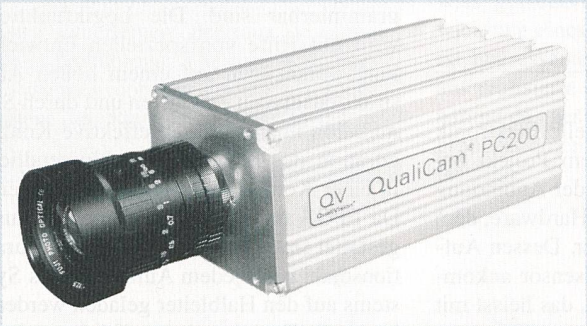
Der Trend in der Automatisierungstechnik führt zu kleinen, dezentralen und intelligenten Systemen, die direkt vor Ort entscheiden und agieren. Für die Bildverarbeitung konsequent umgesetzt bedeutet das, dass der Bildsensor und die daran anschliessende Bildverarbeitung in ein Gehäuse integriert werden. Positive Nebeneffekte einer solche Integration sind massiv erhöhte Verfügbarkeit sowie Störsicherheit.

Das Gesamtsystem soll durch verschiedenste Prozessschnittstellen wie Ethernet und diverse Feldbusse in grosse Anlagen integriert werden, um neben der eigentlichen Kommunikation Betriebsdatenerfassung, Remote Boot und Fernwartung zu ermöglichen.

Da ein dezentrales Bildverarbeitungssystem sehr nahe am Prozess montiert werden muss, darf es nur wenig Platz benötigen. Diesem Anspruch wird heutige PC-Hardware sicherlich nicht gerecht.

Das Microswiss-Projekt

Die Firma Quali-Vision wandte sich im April 1998 mit ihrer Produktidee Quali-Cam an das Microswiss-Zentrum Mittelland-Zentralschweiz. Einerseits fehlte der jungen Firma der finanzielle Rückhalt, andererseits erforderte das neue Produkt die Entwicklung von Hardwarekomponenten, die von der Firma selbst nicht geleistet werden konnte.



Quali-Cam 200/210. Weltweit kleinstes industrietaugliches Bildverarbeitungssystem (90x72x172 mm³)

Folgende Komponenten sind im kompakten Gehäuse integriert:

Industrie-PC
- Kompletter PC mit Pentium 166–266 MHz MMX, 32–64 MB Memory, 2-GByte-Festplatte oder Flash-Disk
- SVGA-, XGA-Monitoranschluss (1280×1024)
- TFT-LCD-Anschluss
- Maus- und Tastaturanschluss
- 2 serielle Schnittstellen (RS232), universeller serieller Bus (USB), parallele Schnittstelle (LPT), Floppy-Interface
- EIDE-Kontroller für zusätzliche Festplatte oder Flash-Disk, CD-ROM
- 3 zusätzliche Standard-NTSC/PAL-Videokamera-Eingänge für weitere Ansichten oder Anlagenüberwachung
- Fast-Ethernet 10/100 MBit, Remote Bootable für Disk-freien Einsatz und einfache Wartung

Prozessanbindung
- Diverse Feldbusanschlüsse: Profibus, CAN, Interbus-S, ASI und andere für dezentrale Steuerungsaufgaben

Bildsensor
- Farb- oder Graubild-CCD-Sensor mit asynchroner Auslösung, Progressive Scans, 782×582 Pixel

Framegrabber und Zusatzfunktionen
- Framegrabber, bestehend aus 1,5-MByte-Bildspeicher, Interpolations- und Farbraumkonversionsfunktion in Echtzeit (PCM → RGB → HSI) und PCI-Schnittstelle zur PC-Hardware
- Inkrementalgeber (Encoder) zur positionsgenauen Bildaufnahme und Ausleitung von fehlerhaften Produkten
- 2 Timer, die unter anderem auch zur LED-Blitzansteuerung verwendet werden können
- 8 digitale Ein-/Ausgänge, 24 V, galvanisch getrennt und kurzschlussfest für Steuerungsaufgaben
- 2 analoge programmierbare Ausgänge

Nach einer Realisierungsstudie, die bereits von Microswiss finanziert wurde, konnte das Entwicklungsprojekt auf alle beteiligten Partner aufgeteilt werden. Das Gesamtprojekt wurde von der Microswiss-Programmleitung als förderungswürdig beurteilt. Der Bund finanzierte die Entwicklungskosten des Framegrabbers (die intelligente Anbindung des Bildsensors an die PC-Hardware), welcher an der Fachstelle Elektronik der HTA Luzern realisiert wurde.

Vom Beginn der Machbarkeitsstudie bis zur erfolgten Implementierung des Systems im Dezember 1999 vergingen rund anderthalb Jahre. Die Projektkosten beliefen sich auf insgesamt 1,4 Mio. Fr., wobei von Microswiss rund 280000 Fr. getragen wurden.

Der Framegrabber

Der Beitrag der Fachstelle Elektronik der HTA Luzern zu diesem Projekt bestand in der Entwicklung der Anbindung des CCD-Sensors zur PC-Hardware, dem sogenannten Framegrabber. Dessen Aufgabe ist es, die vom Bildsensor ankommenden Daten in Echtzeit, das heisst mit einer Rate von 25 Bildern pro Sekunde, zu verarbeiten und sie via die PCI-Schnittstelle in den Speicher des PC zu transferieren. Zusätzlich zur Datenverarbeitung waren weitere Peripheriefunktionen zu realisieren. Auf Grund der engen Platzverhältnisse im Gesamtsystem wurde die komplette Schaltung des Framegrabbers auf einem einzelnen Chip integriert. Man spricht daher auch von einer Single-Chip-Lösung.

FPGA: «Silicon Software»

Als Realisierungsform dieser komplexen Digitalelektronik wurde von der Fachstelle Elektronik zusammen mit dem Industriekunden die FPGA(Field Programmable Gate Array)-Technologie evaluiert. Der Begriff FPGA bezeichnet einen Halbleiterchip mit generischen Logikressourcen, dessen Funktionen programmierbar sind. Die Logikfunktion wird mit Hilfe von speziellen Entwicklungswerkzeugen auf einem hohen Abstraktionsniveau entworfen und durch Simulation überprüft. Die effektive Konfiguration des FPGA wird schlussendlich in einer Konfigurationsdatei gespeichert. Da FPGA mit flüchtigen Speichern ausgestattet sind, muss nun diese Konfigurationsdatei nach jedem Aufstarten des Systems auf den Halbleiter geladen werden, bevor die Funktion dann effektiv verfügbar ist.

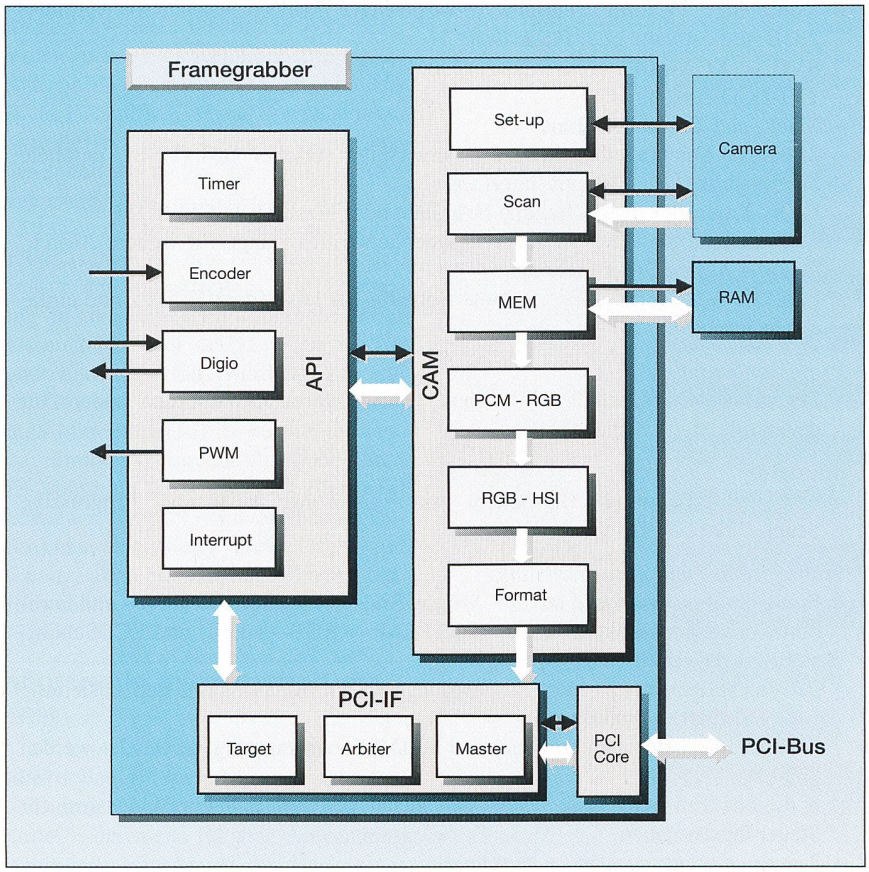


Bild 3 Blockschaltbild des Single-Chip-Framegrabbers

Die Tatsache, dass Funktionen im FPGA per Software programmierbar, aber anschliessend in Hardware ausgeführt werden, macht diese Technologie gleichzeitig flexibel und sehr schnell. Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom Begriff «Silicon Software». Dieses Konzept erlaubt völlig neue Möglichkeiten: FPGA-Hardware kann per Software (Konfigurationsdatei) individualisiert und auf einzelne Kundenbedürfnisse optimiert werden, per Software-Update wird die Hardware des Framegrabbers ausgewechselt.

Datenfluss

Der Framegrabber erhält die Bilddaten pixelweise vom Bildsensor der Kamera und speichert sie in einem externen RAM (Bild 3). Von dort werden die Bilddaten zurückgelesen und zunächst interpoliert. Dabei wird die Bildinformation ausgehend vom PCM-Format des Sensors in das RGB-Format konvertiert. Anschliessend erfolgt wahlweise eine Farbraumkonversion in das HSI(Hue, Saturation, Intensity)-Format, das für gewisse Bildverarbeitungsalgorithmen Vorteile bietet. Bevor die Bilddaten schlussendlich in den PC-Speicher übertragen werden, erfolgt die gewünschte Formatierung der Daten. Als Kommunikationsschnittstelle zur eigentlichen PC-Hardware wurde der PCI Local Bus gewählt, der heute Bestandteil jedes PC ist.

In der traditionellen Bildverarbeitung werden die Farbinformationen oft nicht ausgewertet, da die notwendige Rechenleistung nicht vorhanden ist. Mit der Quali-Cam jedoch werden diese Informationen im Framegrabber in Hardware berechnet und stehen den Software-Algorithmen ohne eigenem Rechenaufwand zur Verfügung. In der Nutzung dieser zusätzlichen Informationen liegt ein grosses, brachliegendes Potenzial für die industrielle Bildverarbeitung.

Zusatzfunktionen

Im Single-Chip-Framegrabber sind neben der eigentlichen Bilddatenverarbeitung weitere Zusatzfunktionen implementiert. Neben einem Inkrementalgeber (Encoder), zwei programmierbaren Zählern, wovon einer zur Blitzansteuerung eingesetzt werden kann, sowie digitalen und analogen Ein- und Ausgängen ist ein komfortables Interface zur Konfiguration und Steuerung aller Funktionen des Framegrabbers enthalten.

Das ganze Design des Framegrabbers wurde in der Hardware-Beschreibungssprache VHDL (Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language, normiert in IEEE 1076) in

einer technologieunabhängigen, standardisierten Designsprache entworfen. Damit ist eine sehr gute Erweiterbarkeit und Wartungsfreundlichkeit sichergestellt.

Das Gesamtsystem ist modular aufgebaut, so dass je nach Kundenanforderungen die Rechenleistung, der Arbeits- und Massenspeicher, der Bildsensor und die Schnittstellen zusammengestellt werden können. Die Kommunikation der Teilmodule erfolgt über Standardbussysteme, womit eine kostengünstige Weiterentwicklung des Systems ermöglicht wird.

Das speziell konzipierte robuste Schutzgehäuse löst die Befestigungsproblematik dank Standard-Profilnuten auf eine einfache, kostengünstige Weise und sichert gleichzeitig die passive Wärmeabfuhr. Falls erforderlich, kann das Profilgehäuse verlängert und wasserfest abgedichtet werden (IP65).

Softwareseitig stellt eine Applikationsschnittstelle alle benötigten Funktionen für die Einbindung von käuflichen Softwarepaketen oder Anwenderprogrammen zur Verfügung.

Fazit

Von der Zusammenarbeit von Fachhochschule und Industrie haben beide beteiligten Partner profitiert. Die Fachstelle Elektronik der HTA Luzern konnte ihre Fähigkeiten im Bereich des Systemdesigns einsetzen und im Verlauf des Projekts erweitern. Der Firma Quali-Vision ermöglichte die (finanziell durch Microswiss geförderte) Kooperation die Entwicklung eines konkreten und kommerziell interessanten Produkts. Darüber hinaus realisierte die Firma dank der Übernahme des gesamten Designs des Framegrabbers einen wesentlichen Know-how-Gewinn.

Le traitement des données d'image en temps réel

Le système de traitement d'images industriel le plus petit du monde

Le traitement d'images industriel enregistre actuellement des taux de croissance d'environ 25% par an. Les progrès de la technologie à semi-conducteurs rendent désormais possible la réalisation de systèmes monopuce conçus en fonction des applications et permettant le traitement des données d'image en temps réel.