

Fachbericht – FPGA-Bildvorverarbeitung: leistungsfähig, vielseitig und revolutionär einfach

Neue Wege beschreiten

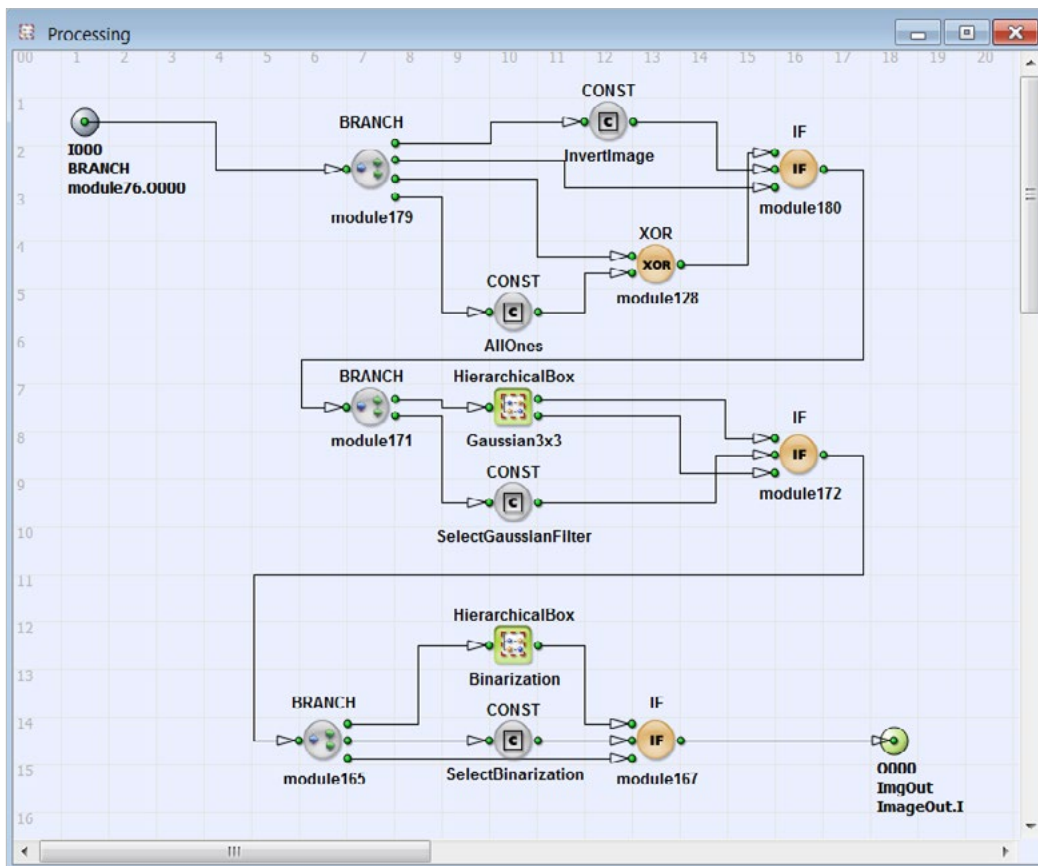
Anspruchsvolle Inspektionsaufgaben erzeugen enorme Datenmengen und benötigen eine aufwändige Auswertung. Die intelligente Verlagerung der Bildvorverarbeitung vom PC in den FPGA (Field Programmable Gate Array) der Kamera eröffnet neue Lösungsansätze zur Steigerung des Durchsatzes oder zur Reduktion der Systemkosten. Die Herausforderung dabei ist, diese Technologie für Endanwender beherrschbar zu machen.

Standardkameras für Machine Vision Anwendungen übertragen in der Regel Bilder des Sichtbereichs unkomprimiert an den PC zur Auswertung. Lediglich einfache Operationen wie eine Bildverbesserung oder Farbrechnung werden auf der Kamera ausgeführt. Diese Funktionalität ist jedoch nicht durch den Anwender für seine Applikation adaptierbar und die eigentliche Bildverarbeitung erfolgt auf dem PC. Viele Anwendungen stellen zusätzlich immer höhere Anforderungen an Auflösung, Bildrate, Qualität und Zuverlässigkeit der Bildverarbeitung. Bereits heute stehen dafür entsprechende Bildsensoren und Schnittstellen

sowie leistungsfähige PCs zur Verfügung, um auch Daten mit mehreren Gigabyte pro Sekunde zum PC zu übertragen und zu verarbeiten. Deren Einsatz erfordert jedoch häufig aufwändige Anpassungen des Systemaufbaus oder sogar Eigenentwicklungen. Dies ist aber nicht immer die beste und günstigste Lösung. Wie könnten also dazu Alternativen aussehen? Einen modernen Ansatz, bei dem Teile der Bildverarbeitung auf einfachste Art und Weise bereits in der Kamera ausgeführt werden, liefert Baumer mit den neuen *VisualApplets* Kameras der LX-Serie.



Die neuen LX *VisualApplets* Kameras ermöglichen eine integrierte, applikationsspezifische Bildvorverarbeitung direkt auf dem FPGA in der Kamera, um Bilddaten mit sehr hoher Auflösung und Geschwindigkeit effizient und kostengünstig zu verarbeiten.



Mit *VisualApplets*, der grafischen Entwicklungsumgebung zur FPGA-Programmierung von Silicon Software, können auch komplexe Algorithmen einfach und schnell umgesetzt werden. Der Funktionsumfang der Kameras kann so flexibel angepasst werden.

Bildvorverarbeitung neu partitioniert

Baumer erweitert den sehr erfolgreichen PC-basierten Ansatz um die Nutzung des Kamera FPGAs zur intelligenten Lösung anspruchsvoller Inspektionsaufgaben. Industriekameras für PC-basierte Bildverarbeitungssysteme setzen FPGAs typischerweise als zentrale Verarbeitungskomponente zur Sensoransteuerung und -korrektur, einfachen Bildverarbeitung sowie zur Ansteuerung der Schnittstellen für die Datenausgabe und der Digital I/Os ein. Dies ist nur möglich, weil er vielseitig programmierbar und sehr leistungsfähig ist. Den technologischen Entwicklungen der Halbleiterindustrie folgend, stellt jede neue FPGA-Generation mehr Verarbeitungsressourcen mit einer besseren Performance und Energieeffizienz bereit. Es liegt also nah, diese Technologie für aufwändigere Bildverarbeitungsaufgaben bereits in der Kamera zu nutzen, um den gestiegenen Anforderungen zu begegnen und Veränderungen am Systemaufbau zu vermeiden bzw. Eigenentwicklungen zu umgehen. Die neuen LX-Modelle mit *VisualApplets* Technologie setzen an genau diesem Punkt an und ermöglichen eine applikationsspezifische Bildvorverarbeitung direkt auf dem

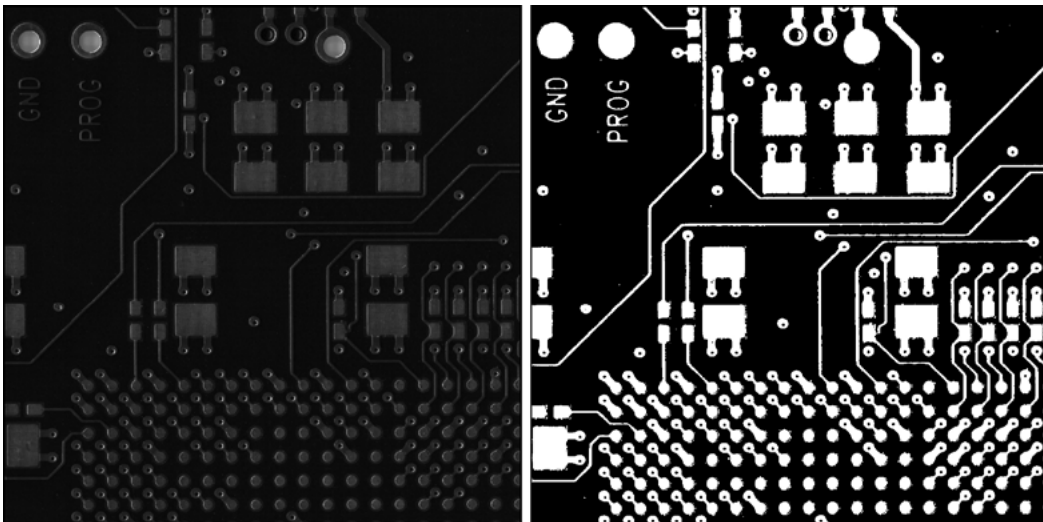
FPGA der Kamera. Sie verfügen über Sensoren mit hoher Auflösung und Geschwindigkeit. Mit drei Modellvarianten von 4, 12 und 20 Megapixel sowie einer standardkonformen GigE Vision® Schnittstelle lassen sich verschiedenste Anwendungen realisieren.

Vielfältige Einsatzgebiete und Vorteile

Der FPGA der LX *VisualApplets* Kameras kann sehr variabel für die Vorverarbeitung von Bild-daten eingesetzt werden. Schwerpunkte liegen in der Bildverbesserung, Datenreduktion oder Prozessüberwachung. Ausserdem lassen sich komplexe Steueraufgaben über die digitalen I/O-Schnittstellen effizient umsetzen.

Beispiele für die Bildverbesserung sind die Mittelwertbildung über mehrere Bilder zur Rauschreduktion, die Verrechnung mehrerer Bilder mit unterschiedlicher Belichtungszeit für HDR-Aufnahmen oder die Korrektur von inhomogenen Beleuchtungen. Nach solch einer Bildvorverarbeitung erfolgt die anschließende PC-Auswertung deutlich einfacher und robuster.

Dank der Datenreduktion in der Kamera kann die zu übertragende und auszuwertende Datenmenge



Eine mögliche Anwendung der Vorverarbeitung liegt in der Bildverbesserung und Datenreduktion zur Vereinfachung und Beschleunigung der Auswertung (links Original-Aufnahme, rechts nach Verarbeitung).

reduziert werden. Dadurch können oft kostengünstigere Schnittstellen wie GigE mit hoher Flexibilität bei der Kabellänge eingesetzt werden. Gleichzeitig sinken die Anforderungen an den PC, da durch den Einsatz von günstigeren oder auch von weniger Geräten die Systemkosten reduziert werden können. Zum Einsatz kommt die Datenreduktion häufig bei der 3D-Bildverarbeitung, wenn z. B. die Profildaten der Lasertriangulation oder die Schwerpunkte von Markern direkt ermittelt werden. Aber auch, wenn Objekte auf einem Förderband wahllos angeordnet sind, kann mit den Kameras nur das relevante Objekt lokalisiert und der entsprechende Bildausschnitt an den PC übermittelt werden. Ein weiteres Beispiel ist die Vorab-Selektion von Bildern. So könnte aus einer Aufnahmeserie nur das Bild mit dem besten Kontrast übertragen werden. Für bestimmte Auswertungen wie Codelesen reichen zudem schwarz-weiße Bilder aus. Durch Binarisierung in der Kamera wird ebenfalls die Datenmenge erheblich reduziert. Prozessüberwachungsaufgaben rücken immer dann in den Vordergrund, wenn wie beim Laserschweißen sehr schnelle Prozesse überwacht und gesteuert werden müssen. Hier kommen das deterministische Verhalten und die hohe Rechenleistung des FPGAs zur Reduktion der Regelzeit zum Tragen. Ähnlich hohe Echtzeitanforderungen stellt zum Beispiel die Verfolgung von Augenpositionen in der Ophthalmologie. Die Auswertung von Sensoren oder die Ansteuerung von Aktoren ist über den FPGA sehr präzise umsetzbar. Dies ist zum Beispiel bei Track & Trace Applikationen wichtig, bei denen Objekte per Lichtschranke erfasst, per Encoder auf einem Band verfolgt und nach der Bildauswertung sortiert werden müssen. Aber auch spezielle Steuerungen

für Trigger oder Beleuchtung können mit den LX *VisualApplets* Kameras flexibel realisiert werden. Ausserdem lassen sich Ergebnisse wie Position oder Schwerpunkt von Objekten direkt an andere Steuerungen z.B. für Pick & Place Anwendungen übergeben.

Mit *VisualApplets* so einfach wie nie

Die zentrale Herausforderung für eine applikationsspezifische Bildvorverarbeitung in der Kamera ist die meist anspruchsvolle und aufwändige FPGA-Programmierung durch den Endanwender. Gängige Ansätze mit Hardwarebeschreibungssprachen wie VHDL machen diese Entwicklung jedoch langwierig und teuer. Oft steht auch das entsprechende Know-how nicht zur Verfügung. Bei den LX *VisualApplets* Kameras greift Baumer deswegen einen neuen Ansatz auf: Dank einer Software Partnerschaft mit Silicon Software, können Bildvorverarbeitungsaufgaben direkt über die grafische Entwicklungsumgebung *VisualApplets* umgesetzt werden. Dazu stehen in den Kameras umfangreiche FPGA- und Speicherressourcen zur Verfügung. Diese können von den Softwareentwicklern über *VisualApplets* als Werkzeug entsprechend ihrer Bildverarbeitungsaufgabe direkt programmiert werden. Die funktionale Beschreibung findet auf Basis grafischer Blockdiagramme statt. Die eingebundenen Operator-Bibliotheken decken wesentliche Funktionen der Bildverarbeitung ab. Über eine Simulation kann das visuelle Bearbeitungsergebnis an jedem Punkt des Designs berechnet und angezeigt werden. Umfangreiche Kontrollmechanismen helfen den Entwicklern dabei, ein synthetisierbares Design mit deterministischem Verhalten zu erzeugen. Aufgrund des Funktionsumfangs

und der intuitiven Bedienung lassen sich auch komplexe Aufgaben einfach, schnell und ohne VHDL-Programmierung realisieren. Nach Abschluss der Algorithmen-Entwicklung mit *VisualApplets* wird das Design zu einer neuen Firmware-Datei kompiliert und per Update-Tool auf die Kamera übertragen. Die Parameter des Algorithmus werden über die XML-Beschreibung der Kamera exportiert und sind somit standardkonform zur Laufzeit durch die PC-Software einstellbar. Für eine schnelle Evaluierung stehen zudem verschiedene Beispiel-Applets bereit, auf deren Basis spezielle Anpassungen einfach vorgenommen werden können.

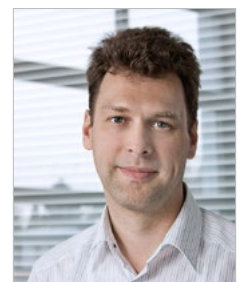
Integrierte Bildvorverarbeitung: Die Mehrwerte im Blick

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass durch den Einsatz von Bildvorverarbeitung in der Kamera die Applikationsperformance verbessert, sehr rechenintensive Algorithmen durch Abarbeitung auf dem FPGA signifikant beschleunigt und die Genauigkeit und Robustheit der Bildauswertung durch den Einsatz komplexerer Algorithmen gesteigert werden können. Durch intelligente Reduktion der Datenmenge bereits in der Kamera kann die Dauer für Übertragung und Auswertung verkürzt und so der Durchsatz der Applikation erhöht werden. Im Vergleich zu Alternativen auf Basis schnellerer Schnittstellen wie Camera Link® wird die Flexibilität z. B. durch die Kabellänge verbessert und die Kosten für Integration und Systemaufbau wesentlich reduziert.

Die grosse Herausforderung einer einfachen FPGA-Programmierung wurde durch die Integration von *VisualApplets* gelöst. Damit ist es auch für Endanwender ohne tiefgreifende Kenntnisse zur FPGA-Programmierung möglich, Algorithmen dafür zu realisieren. Im Ergebnis können vielfältige, anspruchsvolle Aufgaben effizient durch den Endanwender selbst gelöst werden, die bisher kundenspezifischen Entwicklungen vorbehalten waren.

Weitere Informationen:

www.baumer.com/VisualApplets-Cameras



AUTOR

Mirko Benz

Product Management

Vision Competence Center