Entwicklung und Fertigung outsourcen?

Die Time-to-market wird für neue Produkte immer kürzer. Ein Unternehmen wollte eine neue Kommunikationskomponente mit einem FPGA fertigen. Dabei stellte sich die Frage: Outsourcen oder nicht? Der Artikel beschreibt die Entstehung der Komponente in Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen.

Die Entwickler mussten die komplexe Signalverarbeitung mathematisch-technisch in einen fehlerfreien FPGA-Code umsetzen

Welche Herausforderungen stellen sich, wenn ein Medizintechnikunternehmen Elektronikkomponenten und die Elektronikfertigung outsourcen will? Ein Praxisbeispiel schildert typische Stolpersteine und Lösungswege bei der Firmware, der Hardwareentwicklung, den Prototypen und der Elektronikfertigung.

Neue Produkte erfordern immer kürzere Time to Market. Dabei werden Entwicklungen, wie beim Design von Field Programmable Gate Arrays (FPGAs), zunehmend komplexer. Dabei handelt es sich um wiederverwendbare programmierbare Siliziumchips, die sich durch eine sehr große Leistungsfähigkeit auszeichnen und dabei relativ schnell und kostengünstig programmierbar sind. Aktuelle Markttrends unterstützen den Einsatz von FPGAs, denn neue Produkte werden zunehmend komplexer und müssen auch bei geringen Stückzahlen dennoch wirtschaftlich sein. Spätestens bei der Übergabe der Platinen in die Fertigung kommt es dann häufig zu Problemen. Das Leiterplatten-Layout lässt sich nicht fehlerfrei oder prozesssicher fertigen, Korrekturen sind aufwendig und unnötige Prototypenrunden kosten wertvolle Zeit.

In dem Praxisbeispiel sollte eine Kommunikationskomponente mit einem anspruchsvollen FPGA-Design realisiert werden. Die Erwartungen an das Projekt waren hoch, denn die beteiligten Partner, die Elektronikentwickler von af inventions, die Prototypenfertiger von Ramlow electronic und die Elektronikfertiger der Ihlemann AG, waren aufeinander eingespielt. Sie hatten klare Schnittstellen definiert und konnten durch die örtliche Nähe kurze Abstimmungswege nutzen.

„Mit einem individuellen FPGA-Design lässt sich ein Controller mit sehr spezifischen Leistungsmerkmalen realisieren", erläutert Magnus Asplund, Geschäftsführer bei af inventions

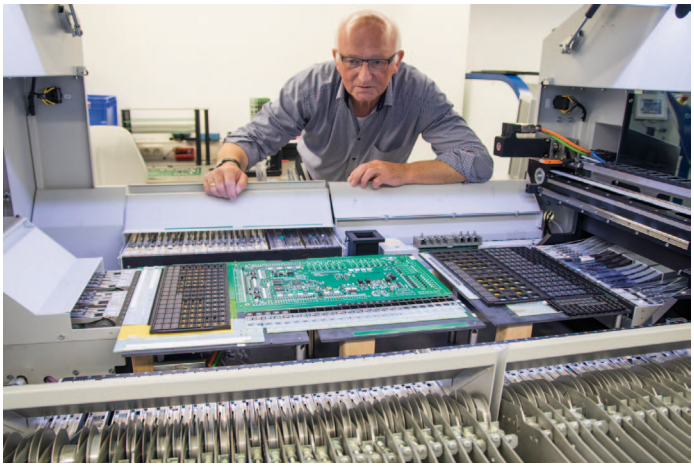
Entwicklung eines komplexen FPGA-Designs

Bei der Kommunikationskomponente sollte kein Standard-Controller zum Einsatz kommen, sondern ein Chip mit einem kundenspezifischen Kommunikationsprotokoll. „Mit einem individuellen FPGA-Design lässt sich ein Controller mit sehr spezifischen Leistungsmerkmalen realisieren. In diesem Fall ging es darum, bei der Übertragungsbandbreite auch die letzten Reserven der Übertragungshardware zu mobilisieren", erläutert Magnus Asplund, Geschäftsführer bei af inventions.

Ein Schwerpunkt des Unternehmens af inventions ist die Entwicklung von FPGA-IP-Cores und eingebetteten Systemen. „Die FPGA-Entwicklung, das Hardware-Design oder die Programmierung mit der Hardwarebeschreibungssprache VHDL sind immer noch anspruchsvolle Entwicklernischen. Der Anwendungsbereich von FPGAs hat durch Themen wie Internet of Things (IoT) oder smarten autonomen Systemen allerdings erheblich an Bedeutung gewonnen", so Asplund. Er verweist außerdem auf einen Trend bei der FPGA-Entwicklung. Dadurch, dass Prozessoren bereits in die FPGAs integriert werden, kann die direkte Anbindung des Prozessors für eine sehr schnelle Datenverarbeitung und für schnelle Anwendungen genutzt werden. Der Auftraggeber wollte zudem den Vorteil nutzen, dass FPGAs in der Beschaffung relativ günstig sind. So sollten sehr leistungsfähige und dennoch günstige Kommunikationsknoten entwickelt werden.

Autor: Martin Ortgies, freier Journalist

Ihlemann AG
www.ihlemann.de



Wir fertigen vor allem technologisch aufwendige Baugruppen mit beispielsweise 1500 Bauteilen", erläutert Geschäftsführer Klaus-Ulrich Ramlow

FPGA-Firmware unterstützt Langlebigkeit des Produkts

Der Projekteinstieg gelang mit einer ersten Machbarkeitsstudie. In dem Proof of Concept konnte die technologische Umsetzung nachgewiesen und mit einer ersten Stückliste der Schlüsselkomponenten eine Kostenabschätzung vorgelegt werden.

Schließlich stellte sich die Frage, ob bei der FPGA-Firmware auch fertige herstellerspezifische Blöcke genutzt werden sollten. Das würde zwar Entwicklungsaufwand sparen, allerdings einen späteren Umstieg auf einen anderen Hardware-Baustein ausschließen. „Wir haben deshalb einen portierbaren Code entwickelt. Das ermöglicht später ein leichteres Redesign und sichert die Langlebigkeit des Produkts", erklärt Magnus Asplund die Überlegungen bei der Firmware-Entwicklung. Bei der Hardwareentwicklung mussten außerdem anspruchsvolle EMV-Anforderungen und raue Umweltbedingungen berücksichtigt werden.

Problematische Bauteilbeschaffung bei Prototypen

Im nächsten Schritt ging es darum, die Prototypen der künftigen Hardware zu fertigen. Ramlow electronic hat sich auf Prototypen und die Baugruppenfertigung von Kleinserien bis 100 Stück spezialisiert. Die Zusammenarbeit mit den Entwicklern von af inventions ist Routine. „Wir haben 1985 mit zunächst einfachen kleinen Platinen begonnen. Heute fertigen wir vor allem technologisch herausfordernde, oft beidseitig bestückte Baugruppen mit beispielsweise 1500 Bauteilen. Dafür setzen wir Bestückautomaten, Lötanlagen und die AOI-Prüftechnik ein", gibt Geschäftsführer Klaus-Ulrich Ramlow einen Einblick in das Unternehmen.

Der Prototypenfertiger setzte zunächst die Konstruktionsdaten der FPGA-Entwickler in eine Stückliste um, prüfte die Verfügbarkeit und ermittelte die Preise der Bauteile. Bei der Beschaffung der Bauteile gelten oft Lieferzeiten von 8 bis 20 Wochen. „Wir benötigen die Teile aber sofort. Manchmal haben wir bis zur Auslieferung nur eine Woche Zeit. Unser täglicher Job besteht deshalb darin, alle erforderlichen Komponenten sehr kurzfristig zu beschaffen", benennt der Geschäftsführer eine typische Anforderung bei Prototypen. Dabei geht es immer um sehr kleine Stückzahlen oder Teilmengen aus größeren Einheiten.

Die Prototypenfertiger erstellten aus den CAD-Daten der FPGA-Baugruppe ein Programm für den Bestückungsautomaten sowie die Vorlage für eine Reflow-Druckschablone für den Lotpastendruck. Dabei musste auch eine ausreichend feine Lötpaste ausgewählt werden.

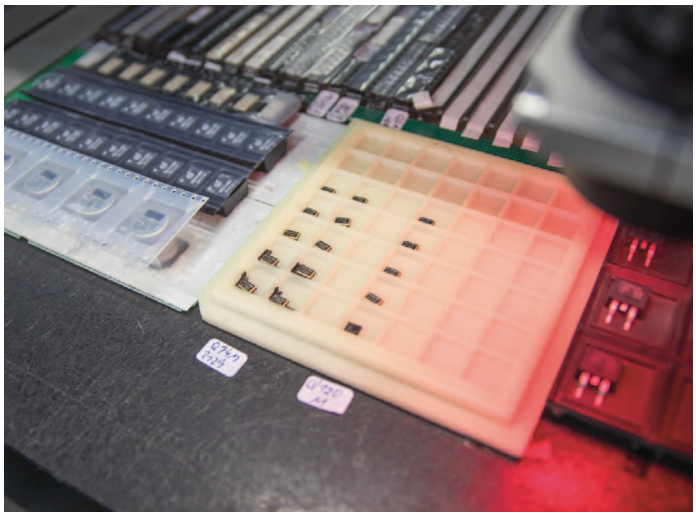
Kreative Bauteilzuführung für Bestückautomaten

Die nächste Herausforderung bestand darin, die gelieferten Bauteile maschinell zu verarbeiten. Der Bestückautomat erwartete eine maschinengerechte Standardverpackung aus Blistergurten, Trays für größere ICs oder Kunststoff-Stangen bei größeren Bauelementen. Solche Verpackungen waren bei den kleinen Bauteilmengen aber nicht verfügbar. Hier waren die Mitarbeiter bei Ramlow sehr kreativ und sorgten mit eigenen Konstruktionen für die maschinelle Verarbeitung auch von Einzelbauteilen.

Die bestückte Leiterkarte wurde dann mit einer Dampfphasenlötanlage gelötet. Diese Löttechnologie benötigt zwar mehr Zeit als andere Verfahren, zeigte aber bei der FPGA-Baugruppe seine Stärken. Die Lötanlage ermittelte selbstständig das richtige Lötprofil mit einer passenden Löttemperatur. Außerdem bildete das Dampfmedium eine Schutzgasatmosphäre und verhinderte so eine Oxidation der Lötstellen. Schließlich wurde aus den CAD-Daten der Bestückungsmaschine das Programm für die automatische optische Inspektion (AOI) erstellt. „In dem zeitlich sehr eng getakteten Prozess hatten wir den Vorteil, uns sehr schnell abstimmen zu können. So ist einer unserer Mitarbeiter mit dem gerade gefertigten Prototypen direkt zum Entwickler gefahren und konnte die Änderungshinweise sofort wieder mitnehmen", beschreibt Klaus-Ulrich Ramlow beispielhaft den Vorteil der örtlichen Nähe. „Durch die gute Abstimmung und einem intensiven internen Reviewprozess kommen wir in der Regel mit ein oder zwei Prototypenrunden aus", ergänzt der Geschäftsführer von af inventions.

Anforderungen der Serienfertigung an das FPGA-Design

Beim EMS-Dienstleister Ihlemann werden alle elektronischen Baugruppen auf High End SMD-Bestückungsanlagen gefertigt. Dies gilt auch für kleinere Losgrößen, da die Zeit für das Umrüsten auf ein neues Produkt auf wenige Minuten reduziert werden konnte. „Die FPGA-Baugruppen für das Kommunikationssystem konnten bereits ab der Nullserie fehlerfrei gefertigt werden, weil die Produktentwickler die einschlägigen Designrichtlinien konsequent eingehalten haben", berichtet Andreas Fiedler, Senior Key Account Manager bei Ihlemann.



Die Mitarbeiter bei Ramlow waren sehr kreativ und ermöglichten mit eigenen Konstruktionen die maschinelle Verarbeitung von Einzelbauteilen

Bei Ihlemann werden alle elektronischen Baugruppen auf High End SMD-Bestückungsanlagen gefertigt

Designrichtlinien

Die Designrichtlinien stellen sicher, dass die Anforderungen wie Design for Manufacturing (DfM), Design for Testability (DfT) und Design for Cost (DfC) eingehalten werden. Bei den Richtlinien geht es um nationale und internationale Standards wie die Norm IPC-A-610 „Acceptability of Electronic Assemblies". Zusätzlich gilt es, die Hinweise der Bauteilhersteller sowie spezifische Vorgaben der jeweiligen Fertigungsmaschinen einzuhalten. Die Designrichtlinien der Ihlemann AG geben weitere maschinenspezifische Vorgaben beispielsweise zu Bauteilabständen, Passermarken, Abständen für das maschinelle Löten, zur Nutzengestaltung, zu Testverfahren oder für die maschinelle Schutzlackierung.

Die fünf häufigsten Konflikte mit den Designrichtlinien

- Wird beispielsweise der äußere Rand auf der Leiterplatte vom Entwickler zu klein dimensioniert, kann sie in der Fertigungslinie nicht mehr richtig transportiert werden, bzw. es muss ein zusätzlicher Nutzenrand angebracht werden.

- Wenn bei der Entwicklung keine Passermarken vorgesehen werden, funktioniert bei der automatisierten Bestückung die genaue Lageverifizierung der Leiterplatten nicht mehr und eine exakte Bestückung ist nicht mehr möglich.

- Werden die Abstände zwischen THT-Pins und rückseitigen SMD-Bauteilen zu klein, ist eine automatische und prozesssichere Selektiv-Lötung nicht mehr machbar.

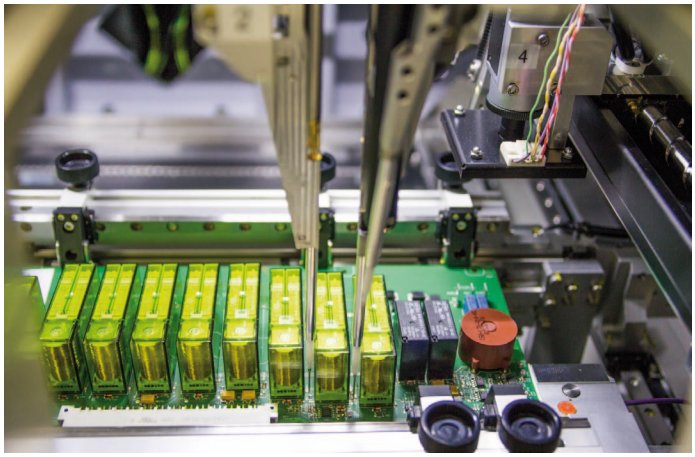
- Die zu dichte Platzierung von zwei SMD-Pads ist ebenfalls ein häufiger Fehler. Dann reicht der Platz für den Lötstopplack nicht aus und die zwei Pads vereinigen sich beim Löten. In der Folge können die Bauteile aufschwimmen und nicht in der vorgesehenen Position fixiert werden.

- Eine Durchkontaktierung im SMD-Pad ist ein anderes typisches Problem. Beim Löten fließt das warme Zinn durch das Loch ab und das Bauteil wird nicht IPC-gerecht verlötet. Auf der anderen Pad-Seite kann durch das Zinn zudem ein weiterer Schaden verursacht werden. Bei komplexen Boards mit beispielsweise 1.000 Teilen können solche Fehler vor dem Fertigungsprozess nur sehr schwer entdeckt werden.

Softwaregestützte Design-Evaluierung

Um solche Fertigungsprobleme bereits vor der Bestückung zu erkennen, bietet Ihlemann eine softwaregestützte Design-Evaluierung des CAD-Layouts an. Dabei wird die Bestückung digital simuliert und die Designrichtlinien automatisiert angewandt. So kann Ihlemann vor dem Beginn der Fertigung zuverlässig prüfen, ob die Bauteile auf die Leiterplatte passen, ob die Pad-Auswahl stimmt oder ob die Vorgaben der Bauteilhersteller eingehalten wurden. Die Ihlemann AG bietet diesen Prozess auch als Dienstleistung an.

Als wichtige Voraussetzung für eine reibungslose Elektronikfertigung und rechtzeitige Auslieferung der fertigen Produkte nennt Ihlemann auch die frühzeitige Abstimmung der Testsystementwicklung. Dabei werden zwischen Entwickler und Fertiger die Testanforderungen, die Testtiefe, der Testumfang und die Testverfahren festgelegt. Mit verschiedenen Testverfahren, wie dem In-Circuit-Test (ICT) und dem Flying-Probe-Testverfahren (FPT) deckt Ihlemann unabhängig von der Losgröße auch elektrische Funktionstests ab. „Die Fertigung der FPGA-Baugruppen für das Kommunikationssystem konnte schneller umgesetzt werden als bei vielen anderen Projekten. Die Elektronikentwickler von af inventions, die Prototypenfertiger von Ramlow electronic und die Serienfertigung von Ihlemann sind gut aufeinander abgestimmt. Die örtliche Nähe hatte auch den Vorteil, dass der Auftraggeber nur einen Termin brauchte, um sich mit allen Partnern abzustimmen" fasst Andreas Fiedler von Ihlemann die Erfahrungen zusammen. ◄



Mit verschiedenen Testverfahren, wie dem Flying Probe Test (FPT), deckt Ihlemann unabhängig von der Losgröße auch elektrische Funktionstests ab