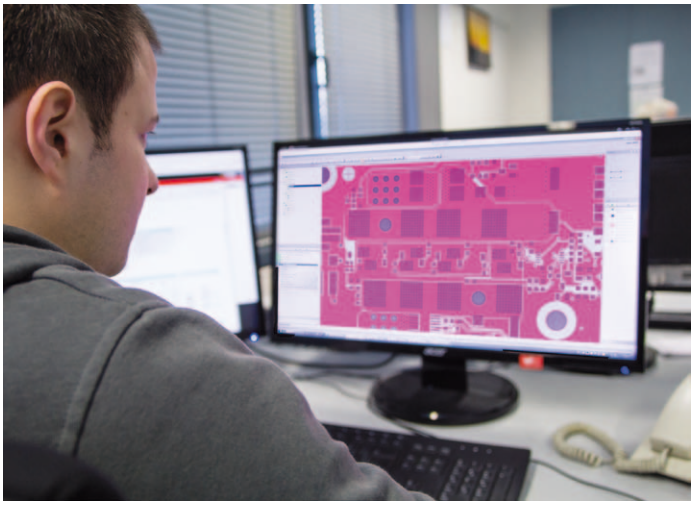
Best Practices verkürzen die Designphase



Durch eine Design-Evaluierung werden etwa 95 Prozent der Designfehler erkannt. Ein ausführlicher Report gibt Hinweise zur Beseitigung der festgestellten Probleme und zur Fertigungsoptimierung

Bei der Entwicklung von Elektronik-Baugruppen in der Medizintechnik kann die Designphase um bis zu 20% verkürzt werden, so der Elektronikfertiger Ihlemann. Viele Änderungen, Redesigns und Kosten sind demnach vermeidbar. Das Unternehmen nennt dafür drei Hauptansatzpunkte: eine Design-Evaluierung, eine veränderte Prototypenphase und Technologien für kürzere Durchlaufzeiten in der Fertigung.

Eine typische Prozesskette aus Design, Entwicklungsmuster, EMV-Prüfung, Designkorrektur, Prototyp, Redesign, nochmals EMV-Labor, Nullserie und Fertigungsvorbereitung ist oft zeitintensiver und mit mehr Änderungen verbunden als geplant. In diesem Trial-and-Error-Prozess können durch Best-Practice-Erfahrungen und durch eine engere Zusammenarbeit von Entwicklern und Fertigungsspezialisten mehrere Korrekturschleifen eingespart und der Produkteinführungsprozess erheblich verkürzt werden, so die Erfahrungen von Ihlemann. Dabei gilt: Je früher Best-Practice-Erfahrungen im Produkteinführungsprozess berücksichtigt werden, umso größer ist die Zeit- und Kostenersparnis.

Autoren:

Bernd Richter, Vorstand der Ihlemann AG, Martin Ortgies, Fachjournalist

Hauptansatzpunkte

- eine Design-Evaluierung des PCB-Layouts vor Abschluss der Designphase
- die frühzeitige Anwendung von Serienstandards bereits in der Prototypenphase
- die Nutzung neuer Technologien und Methoden für kürzere Durchlaufzeiten in der Fertigung.

Design-Evaluierung des PCB-Layouts

Noch in der Designphase, also vor dem ersten Bestellen der Leiterplatte, kann durch eine software-gestützte virtuelle Bestückung geprüft werden, ob die maßgeblichen Standards wie die IPC-A-610 „Acceptability of Electronic Assemblies“, die Vorgaben der Bauteilhersteller sowie die maschinenspezifischen Designrichtlinien der Fertigung eingehalten werden. Die virtuelle Bestückung erkennt typische Designfehler, wie

- Probleme mit Bauelementen: zu geringe Abstände von Bauelementen zueinander; falsche Padgrößen und Bohrungen; Aufschwimmen von Bauteilen durch eine falsche Padgestaltung; falsche Bauformen aufgrund von falschen Artikelnummern (Stücklistenfehler)
- Probleme mit Durchkontaktierungen: zu geringe Bohrdurchmesser verhindern die Kapillarwirkung und das Aufsteigen des Lots; möglicher Lötzinnabfluss bei den Vias direkt in SMD-Pads
- Aufbau der Leiterplatte: fehlende Wärmefallen in Innenlagen an den Durchsteigern/Bohrungen mit Verbindungen zu Masseflächen verhindern wegen nicht ausreichender Durchwärmung einen vollständigen Lötdurchstieg.

„Nach unseren Erfahrungen werden durch die Design-Evaluierung etwa 95 Prozent der Designfehler erkannt. Die restlichen 5 Prozent betreffen lediglich kundenspezifische Sonderentwicklungen“, berichtet Bernd Richter, Vorstand der Ihlemann AG. Nach der virtuellen Bestückung wird ein ausführlichen Report erstellt, der Hinweise zur Beseitigung der festgestellten Probleme und zur Fertigungsoptimierung gibt. Dazu gehören auch Hinweise zum Materialmanagement, denn oft können problematische Bauteile durch Alternativen ersetzt werden. Hier werden neben der Funktionalität auch Aspekte wie gesetzliche Normen, die langfristige Verfügbarkeit / Obsoleszenz-Management sowie die Materialpreisentwicklung berücksichtigt.

Die vorgeschlagenen Designkorrekturen können in dieser frühen Phase des Produkteinführungsprozesses noch relativ einfach umgesetzt werden. Werden die Korrekturen nicht berücksichtigt, treten sie spätestens in der Serienfertigung als verdeckte Fehlerquellen auf. Das führt beispielsweise dazu, dass automatisierte Lötprozesse wie das Selektivlöten durch nachträgliche Handlötstellen ergänzt werden müssen. Das erhöht die Fehlerquote, führt zu steigenden Kosten und verzögert die Auslieferung.

Die Erkenntnisse aus der Design-Evaluierung ermöglichen zudem eine kürzere Fertigungsvorbereitung, denn technologisch ist weitgehend sichergestellt, dass beim Übergang von der Prototypen- zur Serienphase keine zeit- und kostenaufwendigen Korrekturen mehr erforderlich sind.

Eine neue Sicht auf die Prototypenphase

Die technologischen Unterschiede zwischen Prototypen- und Serienfertigung werden durch kompaktere Designs und kleinere Bauteile zunehmend größer. Da im traditionellen Prototypenbau viele Bauteile manuell bestückt werden, wirkt sich die zunehmende Miniaturisierung immer stärker aus. Die erforderliche Positionsgenauigkeit eines SMD-Bauteils von beispielsweise 50 µm ist per Hand nicht zuverlässig einzuhalten. Befinden sich die Bauteile in der Paste nicht exakt an der richtigen Stelle (x, y und Höhe), ergeben sich mangelhafte Lötstellen mit Fehlerraten von häufig 20 bis 30%.

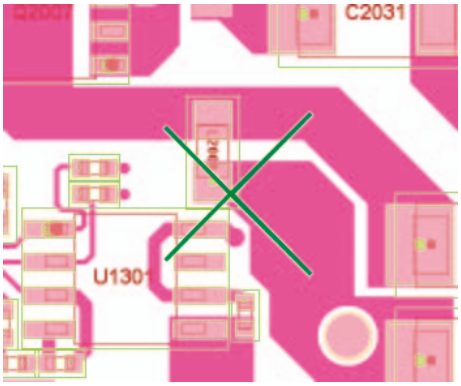


Bild 1: Durchkontaktierung, zu dicht am Pad

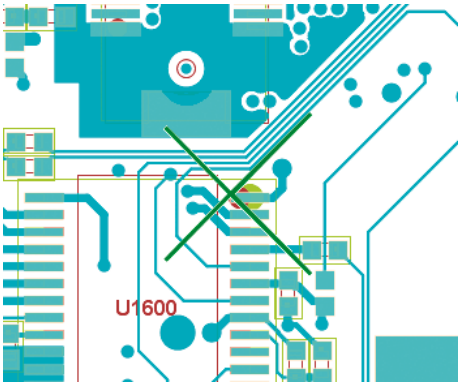


Bild 2: Pads zu kurz, Lötmeniskus nicht formbar

Bild 3: Falsche Bauform/Shape

Die Bestückung erfolgt üblicherweise auf Musterbaumaschinen. Datenformate, Prozesse und technische Parameter unterscheiden sich daher von den Serienmaschinen. Trotz einer erfolgreichen Inbetriebnahme eines traditionell hergestellten Prototypen ergeben sich durch die größer werdenden Unterschiede zwischen Prototypen- und Serienfertigung nach der Prototypenphase steigende Entwicklungsaufwände. Deshalb empfiehlt sich die Fertigung von Prototypen bereits auf High End SMD-Bestückungsautomaten. Hier werden Anforderungen wie Design for Manufacturing (DfM), Design for Testability (DfT) und Design for Cost (DfC) bereits an die Erstellung von Prototypen gestellt. Das hat zur Folge, dass vor der Nullserie alle Vorbereitungen der Serienproduktion abgeschlossen sind. Dadurch kann ein ganzer Prozessschritt eingespart und der doppelte Aufwand für die Vorbereitung der Prototypen- und Serienfertigung entfallen.

Risikomanagement und kürzere Fertigungszeiten

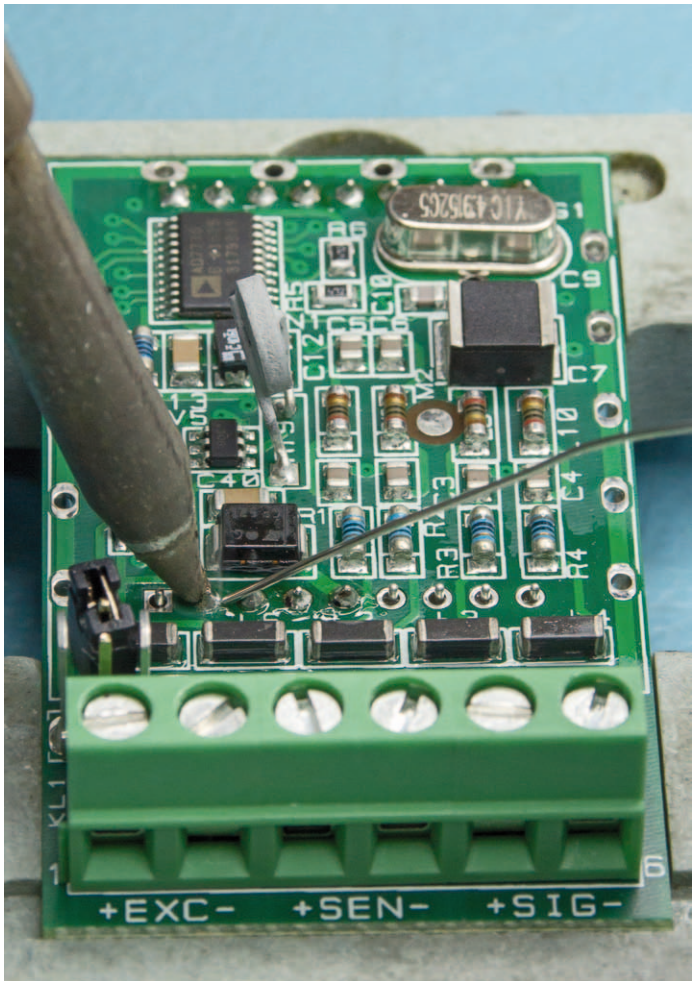
„Es reicht nicht aus, durch immer leistungsfähigere Testverfahren auch verdeckte Fehler immer besser zu erkennen. Es geht darum, die Fehler frühzeitig zu vermeiden. Das betrifft sowohl nicht normgerechte Designs als auch Verfahren und Abläufe in der Fertigung“, erläutert Bernd Richter die Anwendung von Risikomanagement-Verfahren wie das FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), dass für jeden einzelnen Prozess, jedes System und für jedes Produkt untersucht und bewertet, wo Fehler auftreten können, welche Bedeutung sie für den Kunden haben, mit welcher Auftretenswahrscheinlichkeit zu rechnen und wie groß die Entdeckungswahrscheinlichkeit ist. Dieses präventive Vorgehen wurde bei Ihlemann zunächst in der Medizintechnik und schließlich für alle Prozesse umgesetzt.

Der EMS-Dienstleister berichtet, dass mit dieser neuen Qualitätsphilosophie neue Chancen besser erkannt und genutzt werden können, beispielsweise durch die Anwendung innovativer Technologien. Die Vermeidung von Fehlern verbessert dabei nicht nur die Qualitätskennzahlen, sondern sorgt auch für kürzere Durchlaufzeiten in der Fertigung. Richter nennt den Lötprozess unter Stickstoff, Verfahren wie Pin in Paste und die Beratung bei der Auswahl von Bauformen als Beispiele.

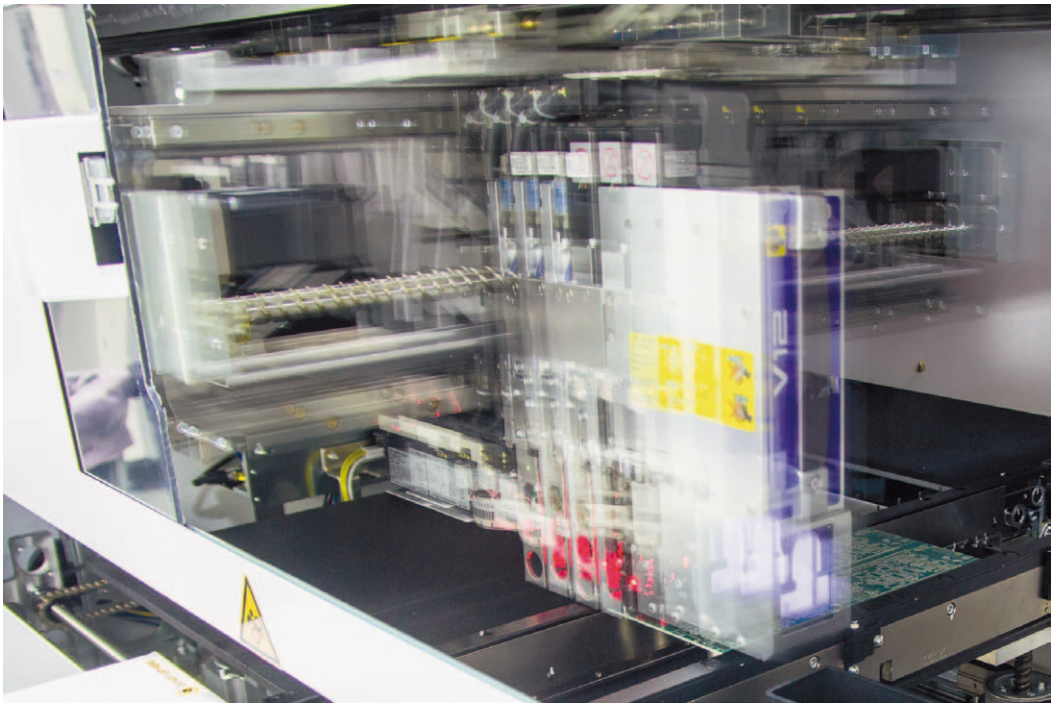
Noch vor 10 Jahren fehlte es an Verfahren wie dem Selektivlöten oder dem Einsatz einer Stickstoff-Atmosphäre beim THT-Löten. So gab es viele Probleme mit fehlerhaften Lötstellen und störende Flussmittelrückstände. Durch die Verwendung von Stickstoff als Schutzgas in Wellenlötmaschinen und Reflow-Öfen wird der Sauerstoffgehalt in der Prozesskammer so weit reduziert, dass das flüssige Lot und die erwärmten Oberflächen der Bauteile und Leiterkarten nicht weiter oxidieren können. Im Ergebnis verbessert sich das Benetzungsverhalten, es wird weniger Flussmittel eingesetzt und die Lötprozesse werden sicherer und fehlerfreier.

THT-Bauteile automatisiert bestücken

Die Bestückung von THT-Bauteilen ist nach wie vor eine qualitative und prozesstechnische Herausforderung. Die weitgehend manuellen Abläufe dauern



Im traditionellen Prototypenbau werden viele Bauteile manuell bestückt. Durch die zunehmende Miniaturisierung ist die erforderliche Positionsgenauigkeit kleinster Bauteile per Hand nicht mehr zuverlässig einzuhalten



erheblich länger und sind deutlich fehleranfälliger. Einige Teilschritte wie das Selektivlöten wurden bereits automatisiert, andere wie das automatisierte Testen sind gerade in der Umsetzung. Für Baugruppen mit wenigen THT-Bauteilen kann der Einsatz des Pin-in-Paste-Verfahrens sinnvoll sein. „Pin in Paste“ bzw. die Through-hole-reflow-Technologie (THR) ist ein seit 15 Jahren bekanntes Verfahren, wurde aber wegen der in der Vergangenheit eingeschränkten technologischen Beherrschbarkeit nur begrenzt eingesetzt. Durch Fortschritte bei den Bauteilen und den eingesetzten Hilfsstoffen hat sich das inzwischen geändert. Ohne dieses Verfahren mussten zunächst die SMD-Bauteile bestückt und danach reflowgelötet werden. Die THT-Bauteile wie Steckverbinder und Stecker wurden dann erst in einem zusätzlichen Arbeitsgang manuell eingesetzt und wenn möglich wellengelötet. Durch die gemeinsame Verarbeitung von SMD- und THR-Bauteilen wird ein kompletter, stark manuell bestimmter Arbeitsgang (THT) eingespart.

Bei Pin-in-Paste werden bedrahtete Bauelemente wie SMD-Bauteile behandelt und ebenfalls automatisiert bestückt. Dafür werden Bohrungen auf der Leiterkarte mit Lotpaste gefüllt, die Pins der THT-Bauteile durch den Bestückungsautomaten in die mit Paste gefüllten Bohrungen eingesetzt und dann im Reflowofen gelötet. Beim Einsetzen des bedrahteten Bauteils wird die Paste in der Bohrung nach unten gedrückt und hängt als Tropfen am Pin. Beim Aufschmelzen im Ofen zieht sich das Zinn nach oben und sorgt so für die Füllung der Durchkontaktierung. Dies verlief in der Vergangenheit oft nicht reibungslos, weil die Lotpaste zu schnell austrocknete, als Tropfen nach unten fiel und eine offene Lötstelle hinterließ. Verbesserte Pasten sind inzwischen prozesssicher und verfügen über ein besseres Benetzungsverhalten. Darüber hinaus haben die Bauteilhersteller auch spezielle temperaturstabile THR-Produktvarianten entwickelt, die wie SMD-Bauelemente für die automatisierte Bestückung auf Gurten geliefert werden.

Durch die gemeinsame Verarbeitung von SMD- und THR-Bauteilen wird ein kompletter, stark manuell bestimmter Arbeitsgang eingespart. Das verbessert die Qualität, reduziert die Kosten, verkürzt die Verarbeitungszeit und ermöglicht zudem geringere Bauteil- und Lötstellenabstände zwischen den verschiedenen Technologien.

▶ *Ihlemann AG*
www.ihlemann.de