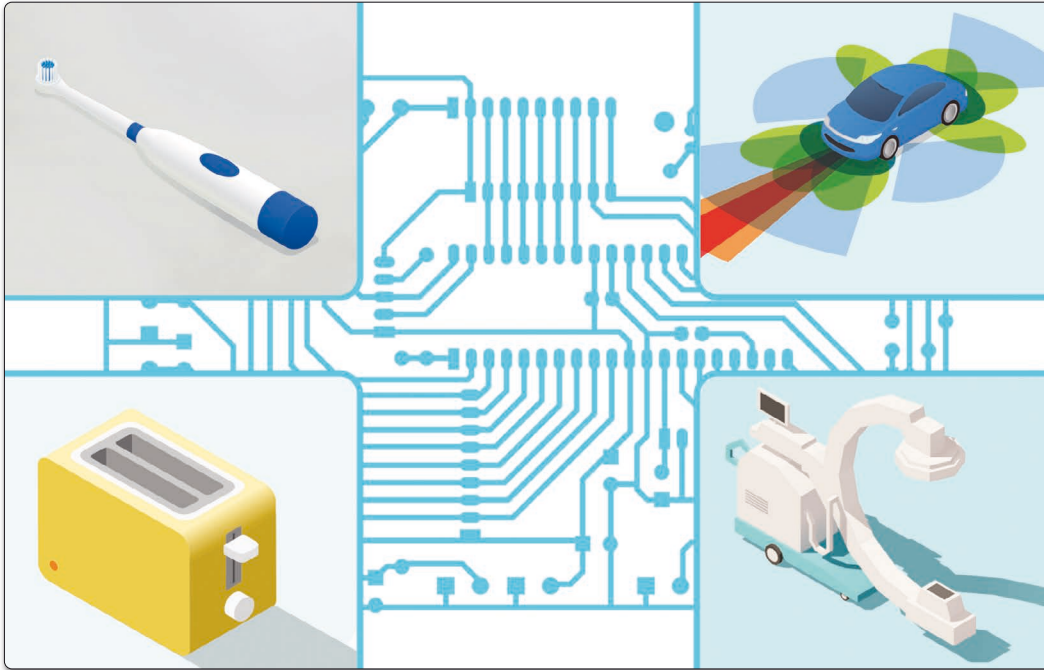


Bewältigung der Herausforderungen beim modernen PCB Layout

Die zunehmende Miniaturisierung und Komplexität der PCBs ergibt eine ganze Reihe von Herausforderungen für die Designer. Mit guter Software sind diese überwindbar.



Zu den häufigsten Schwierigkeiten beim PCB Layout gehören:

- Routing von BGAs mit hoher Pin-Anzahl
- Design flexibler PCBs, die in kleine Produkte mit unregelmäßiger Form passen
- steigende PCB-Layout-Dichte bei gleichbleibender Lagenzahl
- Vermeidung von Spannungsabfällen bei komplexen, mehrlagigen PCB Designs
- Gewährleistung effektiver ECAD-MCAD-Integration und besserer Kommunikation mit den Herstellern
- Einbindung ausreichend vieler Testpunkte in ein dichtes, komplexes PCB

All diese Herausforderungen lassen sich mit einem hochmodernen und einheitlichen Software-Paket für das PCB Layout leichter bewältigen.

„Liebling, ich habe die Kinder geschrumpft.“ „Die Welt ist ja so klein.“ Für Disney-Fans sind das wohlbekannte Filmzitate – aber sie könnten auch die stetige Miniaturisierung des Platinen-Designs (PCB) beschreiben. Sehen Sie sich die folgende Statistik an [1]:

- Die Platinenfläche ist relativ konstant geblieben, während sich die Anzahl der Leiterbahnen pro Flächeneinheit in den vergangenen zehn Jahren verdreifacht hat.
- Die durchschnittliche Anzahl der Bauteile hat sich in 15 Jahren vervierfacht, während die Zahl der Anschlüsse pro Bauteil um den Faktor 4 bis 5 geringer wurde.
- Die Anzahl der Pins in einem Design hat sich verdreifacht und die Anzahl der Verbindungen von Pin zu Pin ist auf das Doppelte angestiegen.

Zunehmende Miniaturisierung und Komplexität

Da die Bauteile und fertigen Produkte kleiner geworden sind, sind die PCB-Layouts wesentlicher dichter und komplexer. Die zunehmende Miniaturisierung und Komplexität der PCBs ergibt eine ganze Reihe

von Herausforderungen für die Designer, die dafür verantwortlich sind, dass alles passt und zuverlässig funktioniert. Eine Umfrage ergab, dass 53% der Elektronikfirmen die steigende Komplexität der PCBs als größte Herausforderung bei der schnelleren und kostengünstigeren Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Produkts sehen [2].

Herausforderungen beim BGA Routing

BGAs sind eine übliche Methode zum Verpacken von PCBs und ICs, die viele Pins enthalten oder extrem dicht bestückt sind. PCB Designer wählen BGAs, weil sie kosteneffizient sind und dabei immer noch die nötige Flexibilität bieten können, um die Miniaturisierungs- und

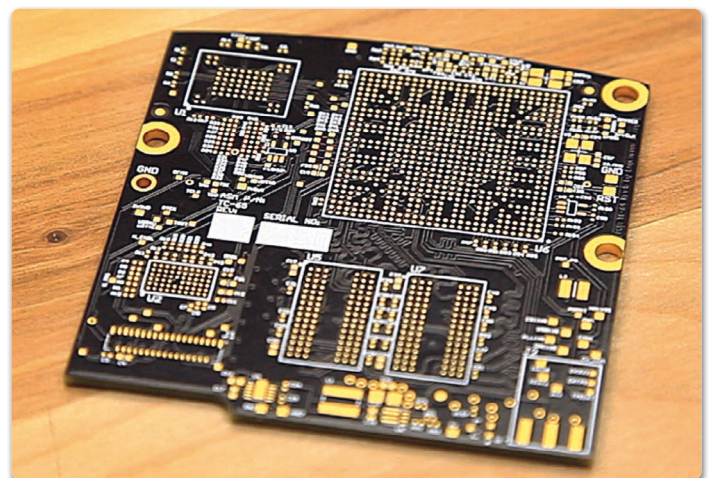


Bild 1: Das Routing eines großen BGA kann viel Zeit in Anspruch nehmen; Software-Werkzeuge für das PCB Layout, die ein automatisiertes BGA Breakout bieten, können den Zeitaufwand von Tagen auf Minuten reduzieren © Engenious Designs

Autor:
Mark Forbes
Director of Marketing Contest
Altium Europe GmbH
www.altium.com

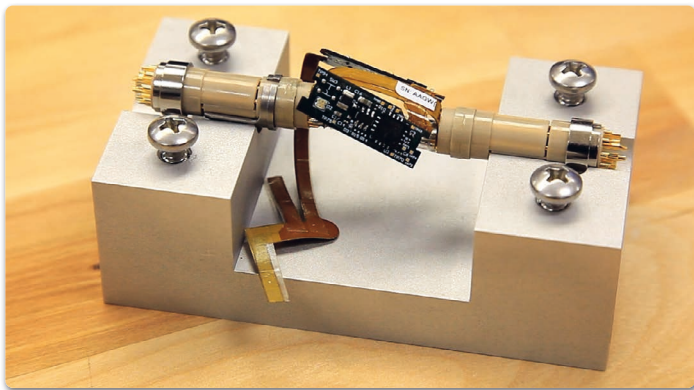


Bild 2: Diese Bluetooth-Schaltung im Rigid-Flex-Design passt in den Steckverbinder eines selbstkauterisierenden Skalpells
© Engenious Designs

Funktionsanforderungen zu erfüllen. Das Problem besteht darin, dass bei mehr Pins und kleineren Abständen der sogenannte BGA Breakout – das Routing der BGAs – immer schwieriger wird. Ineffizientes Routing kann zusätzliche Lagen erfordern, die dann die Kosten in die Höhe treiben und zu Problemen mit der Signalintegrität, der Schichtablösung und den Querschnittsverhältnissen der Durchkontaktierungen führen können.

Insbesondere BGAs mit über 1500 Pins stellen im Routing eine einzigartige Herausforderung dar (Bild 1).

Üblicherweise gliedert sich das Routing in zwei Schritte. Zuerst muss der Designer die BGA Pads an der Oberfläche mit den inneren Lagen des PCBs verbinden, also den Fan-out einrichten. Dann muss der Designer von diesen innenliegenden Durchkontaktierungen Verbindungen zu den übrigen Bauteilen auf dem PCB herstellen. Oft entscheidet allein das Routing aus einem großen BGA darüber, wie viele Lagen für das Routing erforderlich sind.

Wenn das BGA Breakout manuell erfolgt, kann man mehrere Tage dafür benötigen – PCB Layout Software dagegen kann dabei helfen, diesen Prozess zu automatisieren, was die Routing-Zeit auf wenige Minuten reduziert.

Neben dem Autorouting kann auch das HDI-Verfahren (High Density Interconnect) zur Lösung von Problemen mit dem BGA Routing beitragen.

Wo soll das PCB hineinpassen?

Mit dem Aufkommen von Wearables und dem Einzug der Elek-

tronik in praktisch jede erdenkliche Branche müssen PCBs inzwischen oft rund oder unregelmäßig geformt sein und in verschiedenste Gehäuse passen (Bild 2). Hier haben sich die PCB Layout Designer kluge Platzierungs- und Routing-Verfahren überlegt, von denen das sogenannte Rigid-Flex-Design am praktischsten ist.

Rigid-Flex-Platinen sind traditionelle, feste PCBs, die mit einer biegsamen Platine verbunden sind, welche sich platzsparend falten oder durch kleine Öffnungen einführen lässt.

Bei der Entwicklung einer Rigid-Flex-Platine müssen Designer mehrere Bereiche berücksichtigen, in denen es zu Problemen kommen kann. Zum Beispiel müssen die Biegestellen präzise angelegt sein, damit die Platinen ordentlich ausgerichtet werden können, ohne die Verbindungspunkte zu belasten, und der Lagenaufbau muss unter Berücksichtigung dieser Biegestellen gestaltet werden.

Bisher nutzten PCB Designer Papiermodelle, um Rigid-Flex-Designs zu simulieren und zu testen. Inzwischen erzeugt führende PCB Layout Software 3D-Modelle von Rigid-Flex-Baugruppen – auch in unregelmäßigen Formen – was ein schnelleres Design ermöglicht und die Präzision erheblich verbessert.

Mehr Komplexität auf kleinerem Raum

Neben dem Autorouting ist eine Möglichkeit, die Dichte von PCBs ohne mehr Lagen zu erhöhen, das HDI-Verfahren – einer Layout-Methode, bei der feinste Leiterbahnen sowie Sacklöcher, ver-

grabene Durchkontaktierungen und Microvias zum Einsatz kommen (Bild 3). HDI kann bei ordentlichem Design für niedrigere Kosten mit mehr Leistung sorgen [3].

HDI bietet mehrere flexible Optionen für die Routing-Topologie und das PCB Layout. Obwohl das HDI-Verfahren einige Routing- und Dichte-probleme löst, bringt es aber ganz eigene Stolpersteine mit, darunter [4]:

- eingeschränkter Arbeitsbereich auf der Platine
- kleinere Bauteile und engere Abstände
- mehr Bauteile auf beiden Seiten des PCBs
- längere Leiterbahnen, daher längere Signallaufzeiten
- Mehr Leiterbahnen werden benötigt, um die Platine zu vervollständigen.

PCB Designer können sich von PCB Layout Software bei der Lösung dieser Probleme helfen lassen und sogar die Zahl der benötigten Lagen reduzieren.

Schutz vor Spannungsabfällen

Frühe PCBs wiesen ein recht simples Stromversorgungsnetz (PDN) auf, das aus einer großen Massefläche und einer Stromversorgungsfläche auf den Innenlagen bestand. Vorteilhaft an solchen Designs ist, dass die Masseverbindung von geringer Impedanz ist und die große Menge Kupfer ausreichend Strom für alle ICs liefern kann. Aber moderne PCBs sind nicht so einfach. Oft benötigt sogar ein einziges

IC mehrere Spannungen, sodass mehrere Masse- und Stromversorgungsflächen erforderlich sind. Das schafft viele potentielle Probleme, wie zum Beispiel thermische Probleme oder Schichtablösung durch die schmalere Stromversorgungsfläche (wodurch die Stromdichte steigt) sowie elektromagnetische Interferenzen durch Unterbrechungen in der Massefläche.

Am wichtigsten jedoch ist, dass die Stromversorgungsfläche infolge der Unterbrechungen weniger Kupfer enthält, was die Stromtragfähigkeit zwangsläufig verringert. Wenn der Strom beim Schalten seinen Maximalwert erreicht, kann bei einem unzureichenden Design möglicherweise nicht genug Strom bereitgestellt werden, was dann zu einem Spannungsabfall am IC führt (Bild 4). Unzureichende Spannung verursacht Fehlfunktionen, die in bestimmten Fällen katastrophale Folgen haben können. Um die Sache noch komplizierter zu machen, treten solche Spannungsabfälle oft sporadisch auf, d.h. nur unter bestimmten Schaltbedingungen. Sie lassen sich deshalb mit manuellen Verfahren nur sehr schwer prüfen oder diagnostizieren.

Glücklicherweise kann ein gutes Software-Paket für das PCB Layout eine PDN-Analyse durchführen, manchmal auch IR-Analyse oder PI-DC-Simulation (Power Integrity DC) genannt. Dabei werden die Flächen, Leiterbahnen und Durchkontaktierungen auf der Platine daraufhin geprüft, ob sie von ihrer Dimen-

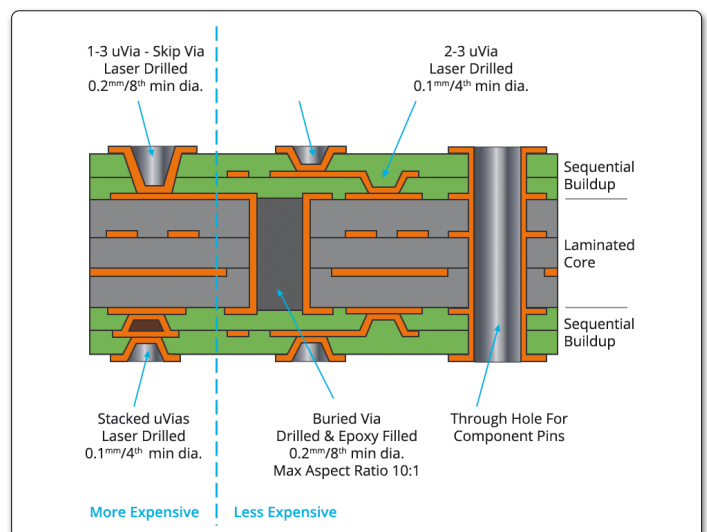


Bild 3: Beispiel eines HDI-Modells für große, dicht bestückte Platinen mit mehreren BGAs und mit vielen Pins

sionierung und ihren Spezifikationen her für die Leistungsaufnahme der Bauelemente auf der Platine ausreichend sind.

Durch die Ermittlung der Design-Bereiche, die mit hoher Wahrscheinlichkeit problematische Spannungsabfälle verursachen werden, gibt eine solche Analyse den Designern die Möglichkeit, zuverlässige und gleichzeitig effiziente PCB Designs zu entwerfen.

Kommunikation und Zusammenarbeit verbessern

Viel zu oft arbeiten Elektronik- und Mechanik-Ingenieure isoliert voneinander. Dieser Mangel kann zu Designs führen, die ihre Fristen nicht einhalten. Und selbst nach Abschluss eines Designs kann es bei seiner Übergabe an den Hersteller zu Frustrationen und Ungenauigkeiten kommen, was die Kosten und die Entwicklungszeit weiter erhöht. Gute PCB Layout Software löst die Herausforderungen der ECAD-MCAD-Integration folgendermaßen:

- nahtlose Integration von mechanischen Design-Arbeitsabläufen in das Elektronik-Entwicklungswerkzeug
- Informationen zum Projekt-Management werden bereichsübergreifend geteilt.
- 3D-Visualisierung des PCB Designs
- Unterstützung von Echtzeit-Kollisionsprüfungen für Bauteile und mechanische Gehäuse
- virtuelle Prototypen komplexer Design-Elemente (z.B. von Rigid-Flex-Abschnitten)

Solche Funktionen verhindern Kommunikationsprobleme und sorgen dafür, dass die Designs im Zeit- und Kostenrahmen bleiben.

Nach Abschluss des Designs ist es jedoch genauso wichtig, dass die PCB Layout Software das Erstellen der Dokumentation unterstützt, die dem Hersteller genau zeigt, was gewünscht wird. Zum Beispiel muss der Hersteller wissen, wie sich das PCB und die Bauteile in das Gesamt-Design des Produkts einfügen und welche Bauteile er dafür vorrätig haben muss. Das lässt sich am besten mit 3D-Drucken und Videos bewerkstelligen, die komplexe Einzelheiten des Designs verständlich kommunizieren.

Da sich der Platz auf den PCBs durch die wachsende Bauteildichte

und Miniaturisierung weiter verringert, werden sie immer empfindlicher gegen Jitter, Übersprechen und elektromagnetische Interferenzen. Das bedeutet, dass das Testen des PCB wichtiger denn je ist; ironischerweise bedeutet es aber auch, dass der verfügbare Platz für Testpunkte minimiert wird. PCB Layout Designer können die PCB Layout Software für das Design for Test (prüfgerechtes Design) nutzen. Dabei werden Kontaktpunkte für Flying Probes eingebaut (Bild 5).

Dichte PCB Layouts für hochfrequente Signale machen es oft schwer, auf der Leiterplatte Platz für Testpunkte zu reservieren. PCBs, die dem Hersteller keine wichtigen Zugangspunkte bieten, laufen Gefahr, dass die Testüberdeckung auf 30% oder noch weniger sinkt und wichtige Prüfschritte übergangen werden. Bei ausreichender Probing-Überdeckung sollten 70 bis 80 Prozent der Platine für Tests zugänglich sein [5]. Folgende Verfahren können dabei helfen, zusätzlichen Platz für Testpunkte zu schaffen [6]:

- einen Streifen der Lötmaske am Ende des Bauteil-Pads freilassen
- nicht das gesamte Durchkontaktierungs-Pad mit der Lötmaske bedecken
- nur den freiliegenden Kupferabschnitt als Punkt für eine Testprobe verwenden

Durchgängiges Software-Paket sichert Wettbewerbsvorteil

Fortschritte in der PCB-Technologie sind ein zweischneidiges Schwert. Sie haben die Leistung und den Anwendungsbereich der Elektronik vergrößert. Sie haben aber auch das PCB Layout erschwert und das Risiko längerer Markteinführungszeiten und höherer Produktkosten erhöht. Designer können diesen Risiken mit einem einheitlichen Software-Paket für das PCB Layout begegnen, das die nötige Automatisierung für eine schnelle und budgetgerechte Produktentwicklung bietet. Weitere Vorteile durch die Benutzung einer einheitlichen PCB Layout Software sind die einheitliche Benutzeroberfläche für Design, Test, Projekt-Management und Zusammenarbeit. Hinzu kommen ein zentraler Datenbestand für mehr Präzision und Sicherheit und gesteigerte Effizienz, da alle PCB-

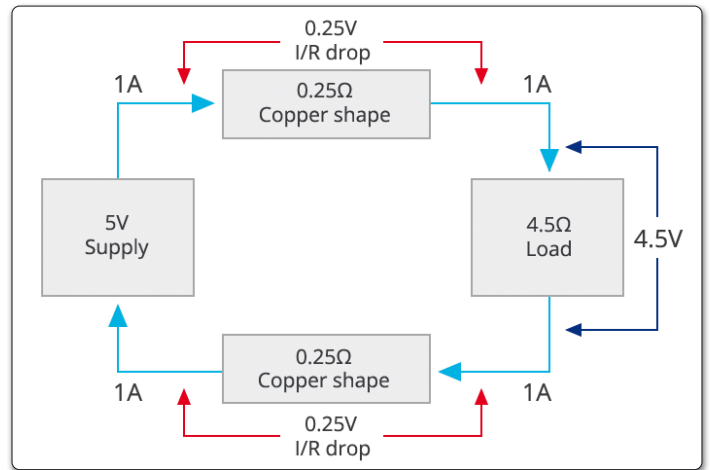


Bild 4: Obwohl jede dieser Kupferformen einen relativ geringen Widerstand von nur 0,25 Ohm aufweist, verursachen sie am Verbraucher einen Spannungsabfall von 5 auf 4,5 V

Design-Aufgaben in einer einheitlichen, konsistenten Umgebung ausgeführt werden.

Referenzen

[1] „Overcoming increasing PCB complexity with automation“ (Wachsende PCB-Komplexität mit Automatisierung bewältigen), www.techdesignforums.com/practice/technique/overcoming-increasing-pcb-complexity-with-automation/

[2] „Why PCB Design Matters to the Executive“ (Wieso das PCB-Design auch Führungskräfte angeht), www.techdesignforums.com/pcb/files/2011/05/mentorpaper_56786_.pdf

[3] „BGA Breakouts and Routing: Second Edition“ (BGA-Breakouts und Routing: 2. Auflage), www.aet-pcb.com/aet/net_resources/help/BGA_Breakouts_and_Routing.pdf

[4] „How to Pack More Complexity into a Smaller Footprint Using HDI“ (Wie man mit HDI mehr Komplexität auf weniger Fläche unterbringt), www.altium.com/blog/pack-more-complexity-hdi-design

[5] Faisal Ahmed, „Overlooking Design-for-test Can Lead to Costly PCB Design Rework“ (Vernachlässigung des Design for Test kann zu teurer PCB-Nacharbeit führen). N.p., 2. Juni 2014. Web. 20. September 2016, www.embedded.com/design/debug-and-optimization/4430502/Overlooking-design-for-test-can-lead-to-costly-PCB-design-rework

[6] „Bugging Out - How to Minimize Your Embedded Design Debug Phase“ (Bugging Out – Wie Sie die Debug-Phase Ihres Embedded-Designs minimieren), www.altium.com/blog/bugging-out-how-minimize-your-embedded-design-debug-phase. ◀

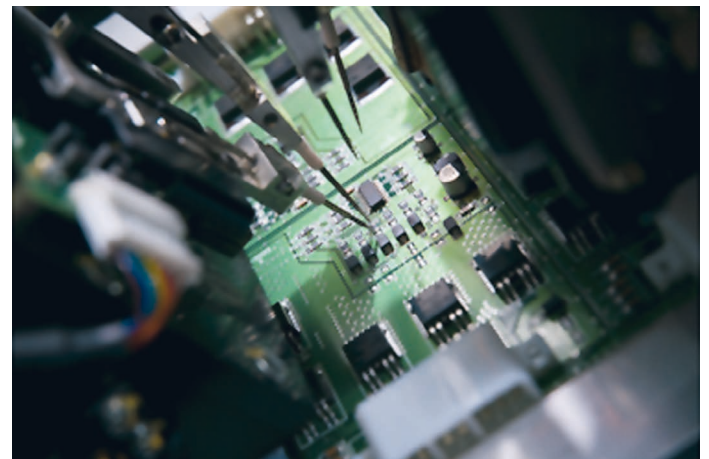


Bild 5: Es ist wichtig, beim Design das Prüfen zu berücksichtigen und ausreichend Testpunkte im PCB Layout bereitzustellen. Die richtige PCB Layout Software kann beim schnellen und einfachen Design für Test helfen