



Bild: © M. Johansen - stock.adobe.com

Thermosimulation: Für die sinnvolle Nutzung der unterschiedlichen Tools zur thermischen Simulation ist Wissen zu thermischen Grundlagen hilfreich.

Wie Sie Hot-Spots auf der Platine schneller identifizieren

Die thermische Simulation bietet Möglichkeiten, die Erwärmung der einzelnen Bauteile schnell und präzise vorherzusagen. Der Artikel beschreibt die korrekte Vorgehensweise am Beispiel Leiterplatte.

MARCUS DETTMER*



* Dipl.-Ing. Marcus Dettmer
... arbeitet als Applikationsingenieur bei ALPHA-Numerics in Nastätten.

Elektronische Produkte kommen in immer kürzeren Abständen in neuen Varianten auf den Markt. Meist sind in diesen auch viele, mindestens aber eine Platine(n) enthalten. Dennoch erwartet der Käufer ein entsprechend wertiges, also auch haltbares und verlässliches Gerät. Die Temperatur hat einen signifikanten Einfluss auf die Lebensdauer elektronischer Bauelemente. So verdoppelt sich beispielsweise die Lebensdauer eines Elektrolytkondensators wenn die Betriebstemperatur um 10 °C reduziert wird, also von 105 auf 95 °C. Jeder Entwickler einer elektronischen Schaltung wird daher unweigerlich mit der Thermodynamik konfrontiert und muss am Ende eine Aussage über die voraussichtliche Nutzungsdauer seines Pro-

dukts treffen können. Aus Datenblättern entnommene Angaben bieten immer nur Referenzwerte für das jeweilige Bauteil selbst, nicht aber für die Anordnung und das Zusammenspiel der einzelnen Glieder des Gesamtsystems. Wie können also Hot-Spots identifiziert und gesicherte Aussagen über die voraussichtliche Lebensdauer getroffen werden? Welche Möglichkeiten bietet dafür die thermische Simulation und was sollte man beachten?

Thermische Simulation hat längst Einzug in den Entwicklungsprozess neuer Geräte gefunden. Nicht zuletzt die Möglichkeiten der Material- und Umwelt schonenden Varianten-Erstellung sind Gründe dafür. Auch die visuelle Darstellung und die Möglichkeiten, Daten- und Wissen weiterzugeben, sind gute Argumente dafür, bei jeder Entwicklung die thermische Simulation frühzeitig mit einzubinden, nicht zuletzt, um Folgekosten zu vermeiden.

Doch auch wenn die Simulationsprogramme, wie zum Beispiel 6SigmaET, dem Entwickler schon viele Arbeiten ersparen, so ist noch immer das Wissen über thermische Grundlagen hilfreich, um das gesetzte Ziel mit möglichst wenigen Durchläufen zu erreichen. Dazu gehören Begriffe wie Wärmespreizung, Wärmeleitung und Strahlung. Je besser das Konzept bereits vor der Eingabe der Daten in den Rechner ist, umso schneller wird das gewünschte Simulationsziel erreicht werden.

Wie eine Simulation funktioniert

Im Prinzip nutzt auch der hinterlegte Rechenalgorithmus den ersten Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz), der besagt, dass im stationären Zustand die Energie, die in ein System eingebracht wird, der Energie entspricht, die das System wie-

der verlässt. Die Energie eines abgeschlossenen Systems ist konstant.

Simulationsprogramme nutzen zur Berechnung die sogenannte „Finite-Elemente-Methode“, bei der das Modell in kleine Einheiten unterteilt (man spricht von Vernetzung) wird. Pro Element werden die entsprechenden Differentialgleichungen gelöst. Das physikalische Verhalten des Gesamtmodells wird demnach stückweise nachgebildet und am Ende im „stationären Zustand“, also im Zustand des Energiegleichgewichts, hat jedes Element (jede Zelle) seine so errechnete Temperatur erhalten. Die Auswertung erfolgt dann entweder grafisch über farbliche Unterscheidung der Temperaturen oder auch numerisch.

Bei 6SigmaET zum Beispiel können die Wärmewege für jeden Körper einzeln ausgelesen, Sensoren gesetzt und ausgewertet und Temperaturschnitte sowie Oberflächentemperaturen erzeugt werden.

Vorteile der Simulation sind: Es werden in einem Arbeitsgang alle Wärmewege (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung) mit berücksichtigt. Gerade die Wärmestrahlung wird oft unterschätzt. Die Praxis zeigt jedoch, dass dieser Wärmeweg keinesfalls vernachlässigbar ist und daher unbedingt in das Kühlkonzept mit einbezogen werden sollte. Ebenso bieten sich zahlreiche Auswertemöglichkeiten, wie Temperaturschnitte, um nur ein Beispiel zu nennen, die über Messungen an einem Prototypen nicht realisierbar wären.

Eine Platine zu simulieren ist auf unterschiedlichste Art und Weise möglich. So kann man auch hier nach wie vor zwischen der Konzeptphase, Entwurfsphase und dem Vorserienmodell unterscheiden. Damals wie heute gilt, dass der Prototyp oder die simulierte Variante nur so gut sein kann, wie die Informationen sind, die man zu deren Erstellung erhält.

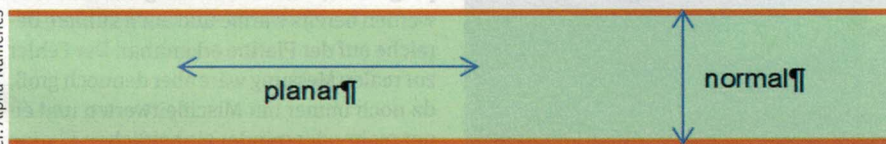


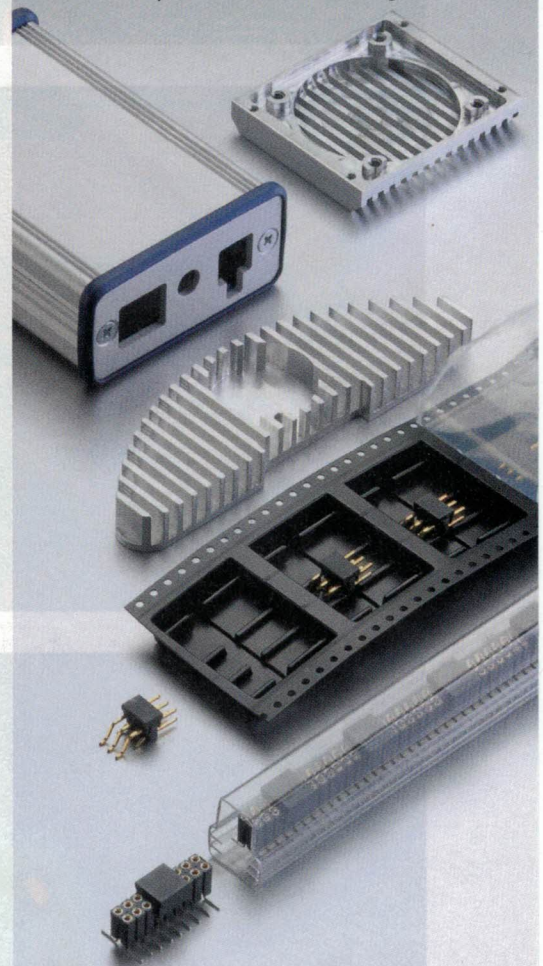
Bild 1: Wärmewege einer 2-lagigen Platine (Schnitt aus 6SigmaET).

Normal Conductivity	0.3333	W/(m K)
Planar Conductivity	38.87	W/(m K)

Bild 2: Ausgabe der Leitfähigkeiten in 6SigmaET.

Kühlkörper • Gehäuse Steckverbinder

- mehrere hundert verschiedene Kühlkörperprofile ständig auf Lager vorrätig
- funktionelle Elektronikgehäuse
- Stift- und Buchsenleisten in unterschiedlichen Rastermaßen
- kundenspezifische Bearbeitungen



Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

Nottebohmstraße 28
58511 Lüdenscheid
DEUTSCHLAND
Telefon +49 2351 435-0
Telefax +49 2351 45754
E-mail info@fischerelektronik.de



Wir stellen aus:
„electronica“ in München
13. - 16.11.2018
Halle A2, Stand 410

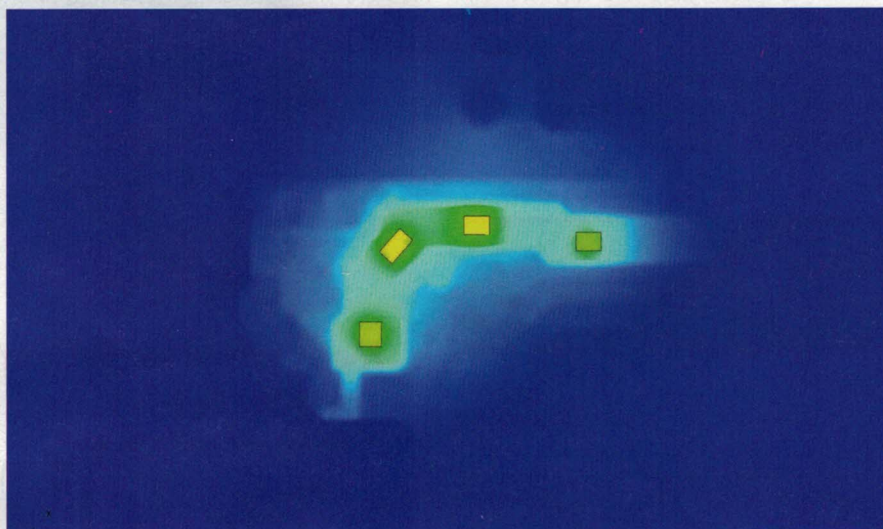
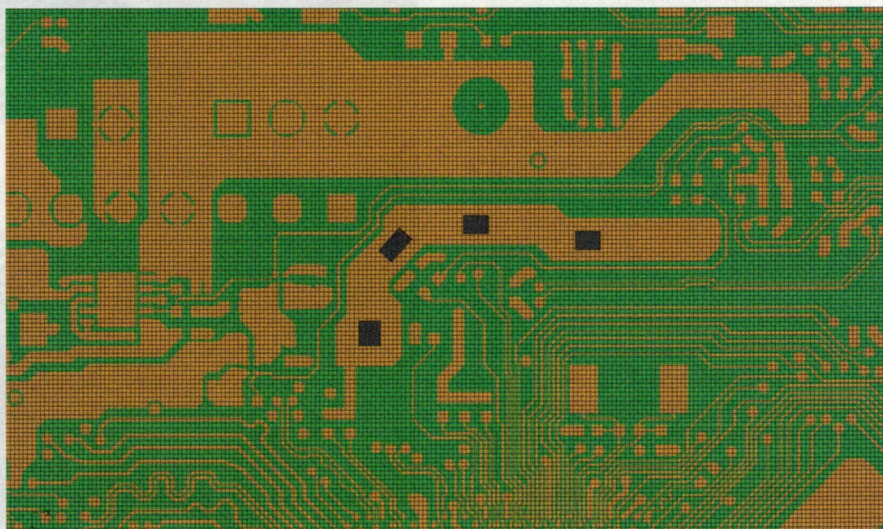
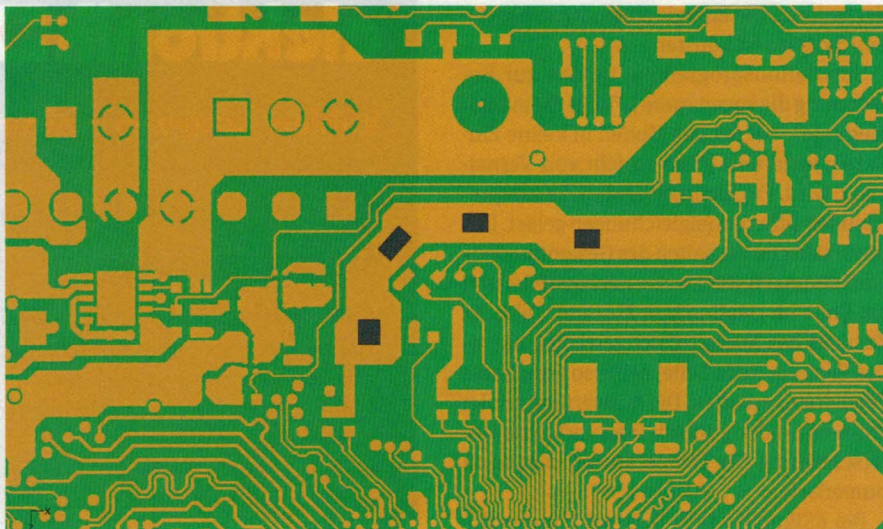


Bild 3: Beschreibung einer Platinenlage als Bild (oben), mit Vernetzung (Mitte) und anschließender Auswertung in 6SigmaET (unten). Die Wärmespreizung ist im unteren Bild gut erkennbar.

Schauen wir uns ein mögliches Szenario aus der Praxis einmal genauer an.

Konzeptphase: Meist liegen zu Beginn der Entwicklung nur sehr begrenzte Informationen über die Platine vor. Oft kennt man nur die ungefähre Verlustleistung, die voraussichtlich entsteht. Weder die Verteilung, noch die genaue Anzahl der Lagen ist zu diesem Zeitpunkt klar. Um dennoch zu berücksichtigen, dass spätere Kupferschichten entscheidend die Wärmeleitung der Platine beeinflussen, geht man nicht von reinem FR4-Material aus, sondern nutzt eine rechnerische Mischung aus FR4 und Kupfer und erhält einen Mischleitwert. Über die ungefähre Anzahl der Lagen wird ein Kupfer-Gehalt prognostiziert, der dann in den Mischleitwert der Platine eingeht.

Vorteil dieser ersten Abschätzung ist, dass mit wenig Kenntnis über die Platine eine schnelle Aussage getätigt werden kann, die in den weiteren Entwicklungsprozess eingebracht werden kann. In Lagenrichtung, man spricht hier dann von der Wärmespreizung, liefert dies noch gute Ergebnisse. In der Durchgangsrichtung jedoch ergibt dieser Mischleitwert eine wesentlich bessere, also unrealistisch gute, Wärmeleitung als eine Betrachtung über verschiedene Schichten (Kupfer abwechselnd mit FR4).

Das zeigt auch eindeutig die Ausgabe dieser Werte, wenn die gleiche Platine in einem Simulationsprogramm aufgebaut wird (Bild 1). Die Durchgangsrichtung weist hier eine um den Faktor 10 kleinere Wärmeleitfähigkeit auf (Bild 2). Schon dieser einfache zu realisierende Platinaufbau liefert also in der Simulation wesentlich bessere Ergebnisse als es mit der händischen Mischkalkulation möglich ist.

Eine erste Optimierungsmöglichkeit besteht, wenn man die späteren Hot-Spots kennt und dort mit Bauteilen in Form von Quadraten, denen eine Verlustleistung aufgebracht wird, eine Erwärmung simuliert. Es werden bereits warme und auch kühlere Bereiche auf der Platine erkennbar. Der Fehler zur realen Messung wäre aber dennoch groß, da noch immer mit Mischleitwerten und einer mehr oder minder einheitlichen Platine gerechnet wird.

Entwurfsphase: Die nächste Entwicklungsstufe ist dann das Einbringen tatsächlicher Lagen. Moderne Simulationsprogramme bieten zahlreiche Möglichkeiten, die Lagen zu modellieren. Die einfachste Variante ist das Einbringen diskreter Kupferflächen in das FR4-Material. Vorteile zu vorher: Der Wärmedurchgang durch die Platine ist realistischer und Bereiche ohne Kupfer (zum Beispiel Randzonen oder Trennungen) wer-

den auch in Lagenrichtung realistischer berechnet. Durch den Aufbau mit unterschiedlichen Materialien (Cu, FR4) in Durchgangsrichtung sind jetzt die Wärmeleitfähigkeiten durch die Platine realistischer. Ebenso gibt es nun Bereiche, in denen nur FR4 vorhanden ist und Trennungen werden auch im thermischen Abbild der Platine sichtbar.

Prototypphase: Liegt dem Entwickler dann bereits ein konkreter Lagenaufbau in Form von PDF-Dateien, also Bildern, oder sogar bereits als Gerber-Daten vor und die Platzierung der Verlustleistungsträger ist nun bekannt, kann auch die Simulation wieder detaillierter gestaltet werden.

Lagenbilder können vom Programm in Kupferanteile umgewandelt werden, so dass schon mit dem Bild die komplette Lagengeometrie erkennbar wird. Meist hat man auch die Feinheit der Vernetzung = Qualität der Umwandlung innerhalb der Simulation in der Hand, so dass hier gezielt die Feinheit bestimmt werden kann (Bild 3).

Die komplexeste Stufe der Simulation ist, wenn die Daten der Platine aus der CAD-Abteilung bereits als ODB++ oder IDX + Gerber - Daten vorliegen. Selbst dies ist dann in die Simulation einbringbar. Quasi per Knopfdruck werden alle relevanten Platindaten in das Simulationstool importiert (Bild 4).

Vorteil ist, dass dann simulativ alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden können, wie die Erwärmungsberechnung über die Bestromung einzelner Leiterbahnen. Hierbei wird der Stromfluss durch die Platine thermisch abgebildet und es ist lediglich nötig, einen Ein- und Ausgang zu bestimmen, sowie den jeweiligen Strom einzugeben.

Nachvollziehbar ist aber auch, dass viele Details bedeuten, dass die Komplexität des Gitters (der Vernetzung) zunimmt. Dort kommt dann wieder der Ingenieursverstand

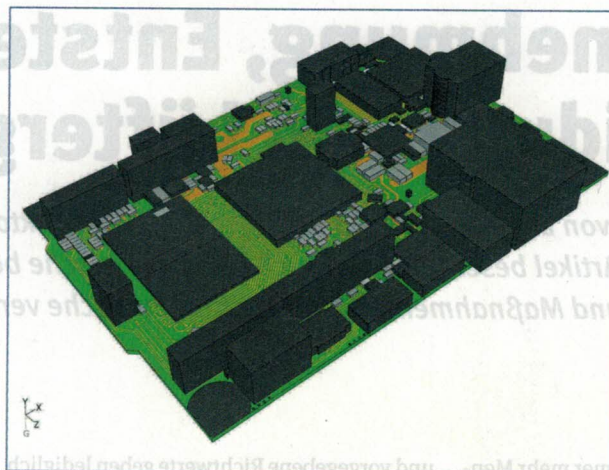


Bild 4:
In 6SigmaET über ODB++ importierte Platine mit allen Komponenten, Vias und Lagen.

zum Einsatz, um die heutigen Möglichkeiten, also die Platine in allen Details simulieren zu können, wieder auf die wesentlichen Bereiche der Leiterkarte zu beschränken.

Es gilt daher, vor allem, eine Simulation möglichst schlank und effektiv zu gestalten. Simulationstools bieten dies auf einfachste Art und Weise, indem die komplexen Lagen-Dateien mit einem Mausklick in ein Bild umgewandelt werden können. Hier hat man dann die Vernetzung wieder selbst in der Hand und kann die Feinheit nach logischen Gesichtspunkten bestimmen, auch partiell. Das bedeutet, Signallagen dadurch quasi aktiv zu vernachlässigen, wenn dies gewünscht ist, wenn sich keinerlei Verlustleistungsträger an diesen Stellen befinden, oder dort keine nutzbare Entwärmung über Wärmespreizung zu erwarten ist.

Das Fazit: Immer kürzere Produktlebenszyklen erfordern auch schnellere Entwicklungszyklen. Um dennoch eine akzeptable Produktlebenszeit zu gewährleisten, ist auch die Betrachtung der Wärmeentwicklung im

Betrieb nötig. Die thermische Elektroniksimulation bietet die entsprechenden Möglichkeiten von der Konzeptphase bis hin zum fertigen Produkt die Erwärmung der einzelnen Bauteile schnell und präzise vorherzusagen. Für Platinen wurde dies im vorliegenden Artikel beispielhaft dargestellt.

Das Einlesen komplexer Lagengeometrien über Gerber-Files oder der direkte Weg, die komplette, bestückte Platine inklusive Lagen als ODB++-Datei zu importieren ist eine bequeme und schnelle Möglichkeit. Der Königsweg ist dann die anschließende Umwandlung der Lagen in ein Bild, da der gewünschte Detailgrad über die Feinheit der Vernetzung selbst festgelegt werden kann und die Berechnungszeit weiter reduziert wird.

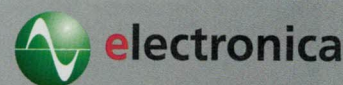
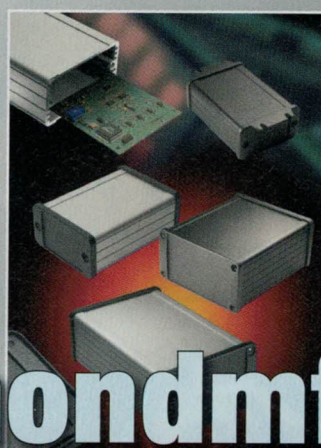
Die thermische Simulation liefert viel schnellere und dennoch präzise Angaben, was mit einer händischen Berechnung nicht möglich und mit der Fertigung von Prototypen sehr kostspielig wäre. // KR

ALPHA-Numerics



Standardmäßige und modifizierte Gehäuse aus Aluminium-Druckguss, Metall oder Kunststoff.

sales@hammondmfg.eu



Halle A2
Stand 516

www.hammondmfg.com