

Wie genau können Temperaturvorhersagen via CFD Simulation sein?

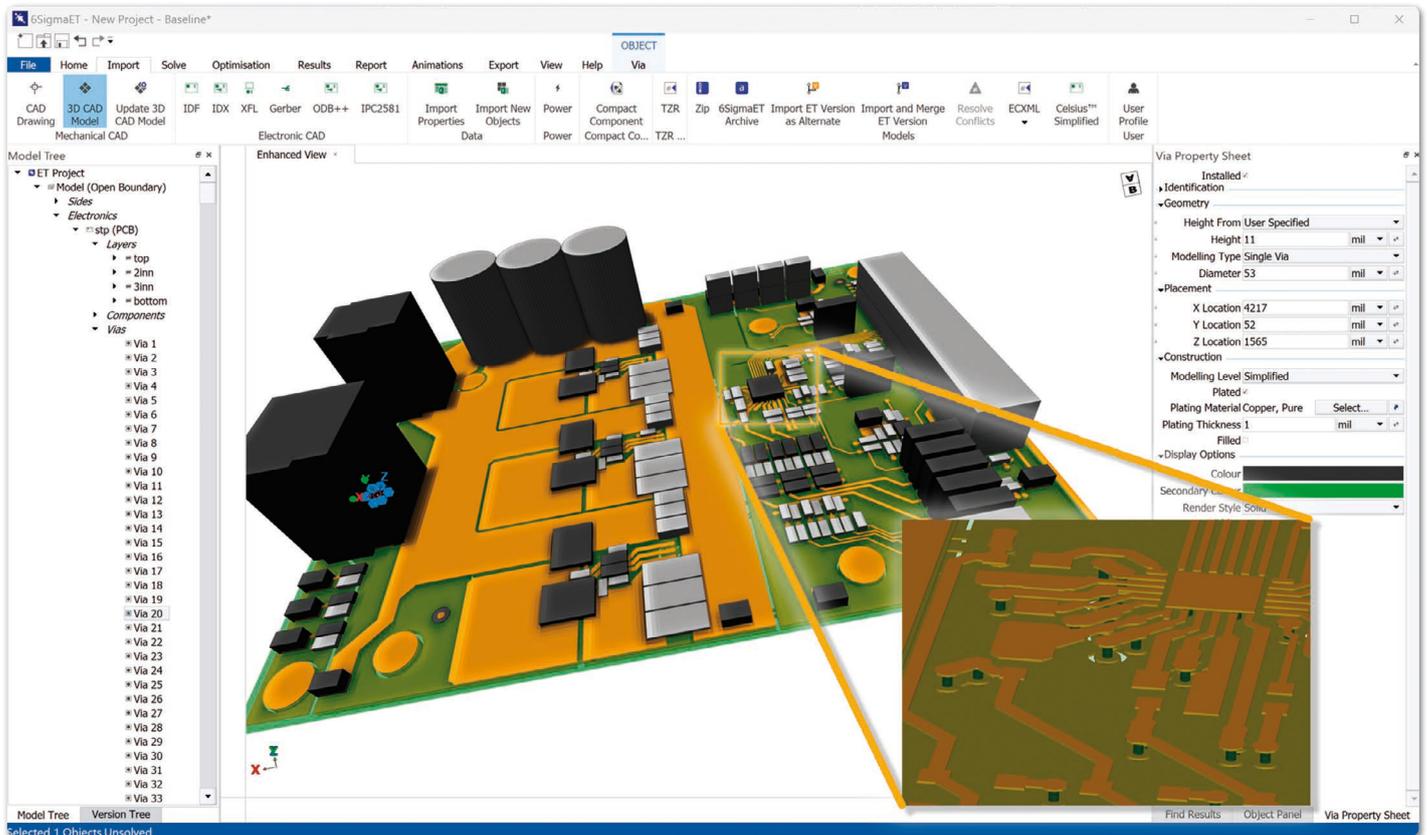


Bild 1: ODB++ Datenimport in 6SigmaET (CFD-Simulations-Software für die Elektronikentwicklung)

Wärmegerechtes Design bedingt sowohl gute Wärmeverteilung innerhalb der Baugruppe als auch guten Weitertransport in das Gerät und aus dem Gerät heraus. Für eine frühzeitige Abschätzung des thermischen Verhaltens durch eine Simulations-Software sollten neben den Wärmeverlusten in Elektronikkomponenten und eventuellen mechanischen Wärmequellen auch die Jouleschen Wärmeverluste im Layout berücksichtigt werden. Wie sieht dies in der Simulationspraxis aus?



Autor:
Tobias Best
ALPHA-Numerics GmbH
www.alpha-numerics.de

Das Simulationsmodell

Der Hauptantrieb für Temperaturüberlegungen in der Elektronik sind die Begrenzungen, die die Technik setzt: Leiterplattenmaterial, Lötstellen und Bauteile haben (jeweils unterschiedliche) Grenztemperaturen, die nicht überschritten werden sollten. Dies gilt sowohl für langfristige als auch kurzfristige Wärmebelastungen.

Um ein Simulationsmodell einer detaillierten Leiterplatte für solch detailreiche CFD-Simulationen vorzubereiten, bietet manchen Anbieter direkte Schnittstellen für die Datenübernahme aus Layouttools an. Die Kombination von IDF-Daten (Geometrie der PCB und Bestückung ohne Layer-Informationen) und Gerber-Daten (2D-Lay-out ohne spezifische Angaben zu Signallagen-

dicke, Position und thermischen Vias) bietet leider eine sehr lückenhafte, ungenaue Darstellung der relevanten Details. Die Datenformate IDX, ODB++ sowie IPC2581 bieten dagegen alle Details, welche für eine akkurate Beschreibung der Wärmequellen und Wärmewege benötigt werden (Bild 1).

Neben den globalen Definitionen der Simulationsumgebung wie Umgebungstemperatur, Richtung der Schwerkraft, keine aktive Anströmung (forcierte Kühlung), evtl. Einbaubedingungen und Montagekontakte werden nun den Platinendetails ihre physikalischen Attribute hinzugefügt.

Die Materialzuweisung kann meist durch eine umfangreiche Bibliothek unterstützt werden, welche unbedingt die folgenden Attribute aufweisen sollten:

- Wärmeleitwert (evtl. temperaturabhängig)
- Dichte und spezifische Wärme (falls eine zeitabhängige Betrachtung gewünscht ist)
- Emissivität an den Oberflächen (blank, aufgeraut, lackiert, pulverbeschichtet, eloxiert, etc.)
- elektrischer Leitwert/Widerstand (evtl. temperaturabhängig)

Nur mit diesem Minimum an Attributen gelingt eine exakte Temperatursimulation.

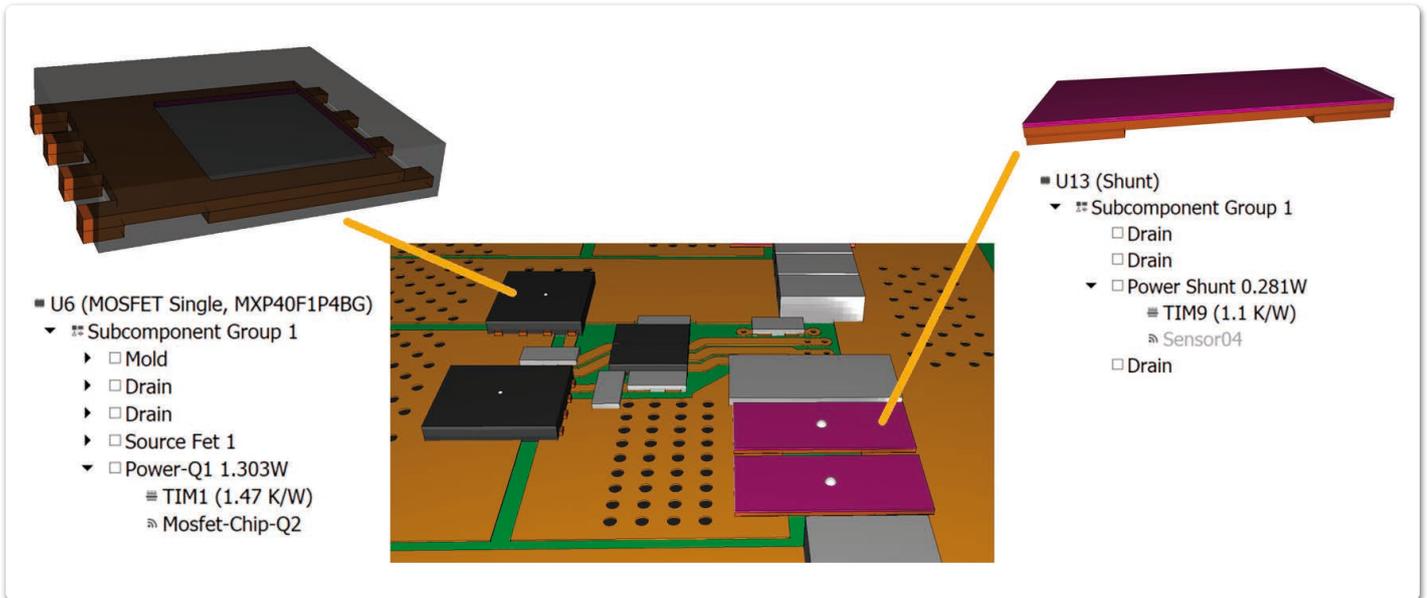


Bild 2: Komponentenersatzmodelle, wie sie bei ALPHA-Numerics gelehrt werden

Die Elektronikkomponenten, welche nennenswerte Verluste erzeugen, werden nach allgemeingültigen Vorgaben durch Ersatzmodelle spezifiziert, welche die thermische Charakteristik des Realmodells wiedergeben. Das Wissen, wie solche Ersatzmodelle z.B rein auf Basis des Komponentendatenblattes erstellt werden, sollten Teil der Simulationsausbildung sein. In einem Ausbildungskurs ist dies etwa eine Lektion bzgl. Halbleitern und ein Supportgespräch bzgl. Darstellungsmöglichkeiten von Trafos, Elkos und anderen thermisch relevanten Objekten.

Wärmeflüsse und Toleranzen

Wichtig ist hier, dass die thermischen Widerstände innerhalb der Komponenten sowie deren Materialmassen (Kapazität) richtig wiedergegeben werden (Bild 2).

Zuletzt werden vor dem Vernetzen und Berechnen noch die Randbedingungen für die Bestromung festgelegt. Hohe Ströme bewirken, abhängig vom elektrischen Leitwert, der Weglänge und der Querschnittsänderungen des Leiters, eine Erwärmung (Joulesche Erwärmung) im PCB. Die Software berechnet hier auf Basis einer lokalen Eingrenzung im Leiter (Lösungsgitter oder auch Berechnungsknoten genannt) den Potentialunterschied vom Stromeingang zum Ausgang und somit die lokalen Hotspots in der Leiterstruktur.

Diese Wärme wird durch die Wärmeleitung in dem Materialmix einer Leiterplatte an die Oberfläche transportiert und hier via konvektivem Wärmeübertrag an die Luft sowie Wärmeabstrahlung an benachbarte Komponenten, an das Gehäuse oder an die entfernte Umgebung abtransportiert.

Eine möglichst realistische Voraussage der Temperaturen (+/- max. 3 K zur Messung) kann nur unter Berücksichtigung aller drei Wärmewege erreicht werden.

In einem Beispiel von STMicroelectronics (EVALSTDRI101) konnte aufgrund der kompetenten Verlustleistungsberechnung an den Komponenten durch STMicroelectronics sowie den umfangreichen Details in diesem Simulationsmodell, eine Genauigkeit von 1 K zu den Messwerten erreicht werden (Bild 3).

Basis PCB-Modell

Aufbauend auf diesem PCB-Modell könnte nun der Einbau in einem Gehäuse simulativ untersucht werden. Dabei besteht die Möglichkeit, verschiedenste Kühlkonzepte zu prüfen.

Dies kann die Auslegung eines Kühlkörpers in freier Konvektion oder die Prüfung eines Kühlkonzeptes mit forcierter Kühlung via Lüfter oder Kühlplatte sein. Auch Heatpipe-Lösungen können simulativ evaluiert werden.

Der große Vorteil der Simulation ist nun mal, ein funktionierendes Kühlkonzept schon vor den ersten Messungen und somit vor den ersten Prototypkosten evaluiert zu haben.

Der Autor

Tobias Best ist ausgebildeter Diplomingenieur für Produktionenieurwesen (FH Furtwangen) und arbeitet seit Februar 1997 im Bereich „Branchenspezifische CFD Software“.

Als Inhaber der ALPHA-Numerics GmbH bietet er neben dem Vertrieb diese branchenspezifischen CFD-Simulations-Software in seinem Unternehmen eine fundierte Ausbildungsmöglichkeit für Ingenieure zur Nutzung dieser Simulations-Tools. Ein umfangreiches Angebot für Auftragssimulationen und Beratung im Sektor „Elektronikkühlung“ untermauern die seit über 25 Jahren erworbene Fachkompetenz. ◀

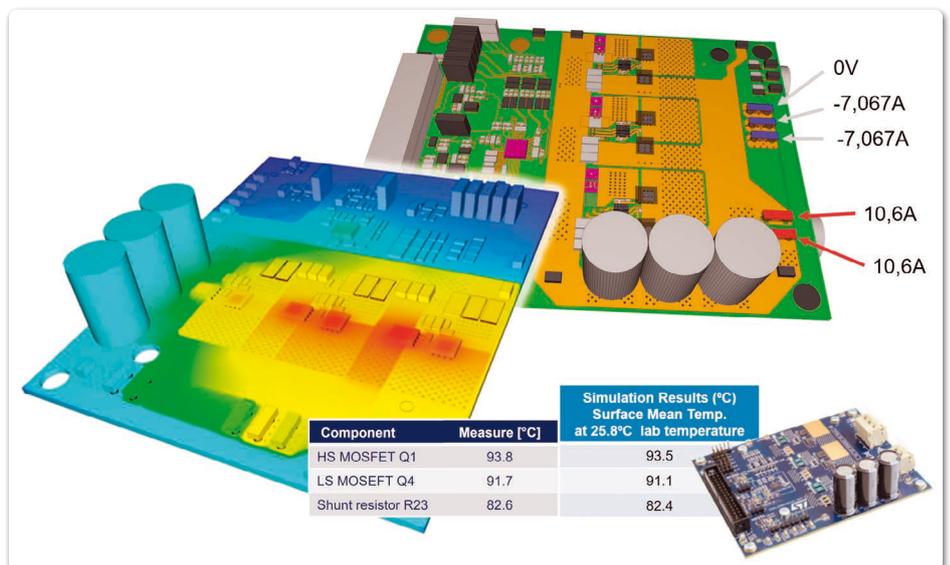


Bild 3: 6SigmaET-Simulationsergebnisse im Vergleich zu Messungen