

THERMISCHE SIMULATION VON PCBS

LEDs kalt stellen

Durch die Integration von mehreren Anwendungen und die Reduktion des verfügbaren Bauraums wird die Miniaturisierung vorangetrieben. Dies kann zu thermischen Problemen führen, da die Leistungsdichte steigt und kleinere Baugruppen die Verlustwärme schwieriger abgeben können. Geeignete Kühlungskonzepte, die parallel zur Entwicklung erarbeitet werden, sind der Garant für eine erfolgreiche Miniaturisierung.

Wann macht eine Simulation des thermischen Verhaltens einer elektronischen Schaltung Sinn? Meist wird die Frage nach thermischer Simulation gestellt, wenn das Kind bereits im Brunnen liegt. Ein Design wurde erstellt, und wenn der Prototyp im Labor getestet wird, stellen die Entwickler fest, dass die Baugruppe zu warm wird und nicht mehr in der Spezifikation ist. Dann werden Bilder mit einer Wärmebildkamera aufgenommen, anhand derer ein nachträgliches Kühlungskonzept auf die Baugruppe aufgesetzt werden soll. Da mit einer solchen Kamera nur Bilder von der Oberfläche gemacht werden können, bleiben oft Ursache und Wirkung unklar. Die nach dem vollendeten Design möglichen Lösungen sind gegebenenfalls wirksam, jedoch nicht kosteneffizient. Daher kommt schnell die Frage auf, können die Bilder einer Wärmebildkamera nicht auch zuvor simuliert werden? Dies würde nicht nur die Kosten der vergeblichen Prototypen einsparen, sondern auch frühzeitigeren Einfluss auf die Konstruktion ermöglichen, um damit ein Kühlungskonzept mit in die Schaltung zu integrieren.

Wie simuliert man richtig? Die Empfehlung für thermische Simulationen geht jedoch noch einen Schritt weiter. Wenn Simulationstools eingesetzt werden, kann dies bereits ganz am Anfang des Designprozesses erfolgen. Mit dem Simulationstool 6SigmaET zum Beispiel kann alles mit einer Handzeichnung über die Geometrie (*Bild 1*) und einer ersten Bauteil-Stückliste der Hauptverbraucher beginnen. Hierzu kann auf umfangreiche Bibliotheken von Materialien, Kühlungsbauteilen (zum Beispiel Lüfter oder Kühlkörper) und Modellen zugegriffen werden. Auf Basis der groben Geometrie kann mit wenig Aufwand ein sehr stark vereinfachtes geometrisches

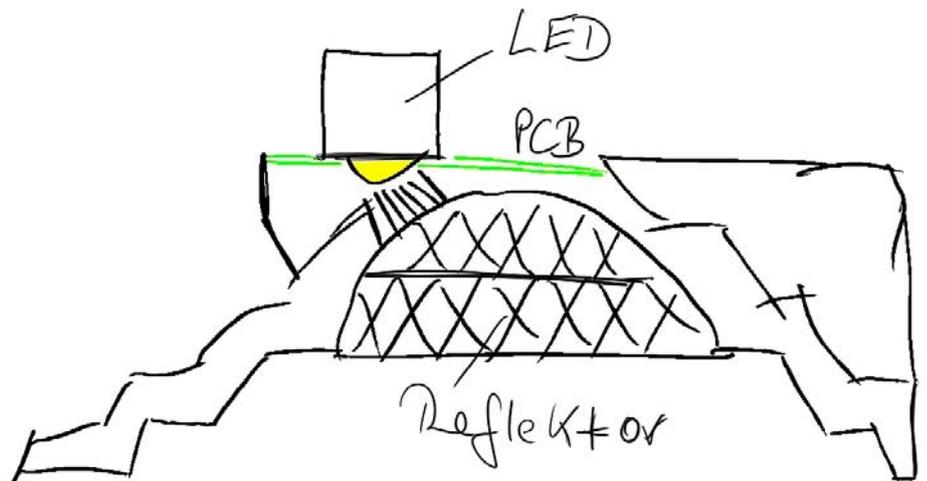


Bild 1: Hand-Skizze einer LED mit Reflektor und Gehäuse aus Kunststoff für eine erste Wärmesimulation. (Bilder: FlowCAD)

3D-Modell erzeugt werden, in das die Hauptwärmequellen platziert werden. Bereits nach wenigen Minuten ist eine erste Konzeptstudie möglich und es können erste Simulationen gestartet werden. Nach Angabe des Materials mit seiner Wärmeleitfähigkeit liefert die Simulation bereits erste Ergebnisse. Diese lassen erkennen, ob thermische Probleme zu erwarten sind und ob Massnahmen zur Kühlung oder Wärmeabfuhr erforderlich sind oder ein ganz anderes Konzept verwendet werden muss.

Wenn der Designprozess begonnen hat, können die Simulationen durch den Import von Daten aus den CAD-Systemen gegen die groben Konzeptmodelle ausgetauscht und verfeinert werden. Die kontinuierliche Kontrolle und Verfeinerung der Daten zeigt nach wenigen Minuten der Simulation an, ob sich das Design thermisch in eine kritische Richtung entwickelt. Entsprechend können Massnahmen getroffen werden, um das thermische Verhalten zu optimieren. Je detaillierter die Modelle sind, desto mehr Zeit benötigen die komplexen Simulationen.

Kühlen, aber richtig. Welche Kühlungsmaßnahmen möglich oder ausreichend sind, hängt sehr stark von der Anwendung und dem Einsatzgebiet der elektronischen Baugruppe ab. So ist der Einsatz eines aktiven

Lüfters in einem Desktop-PC technisch gesehen unproblematisch. Es gibt genügend Platz in einem PC-Gehäuse und Wärme kann über Abluft an die Büroumgebung abgegeben werden. Die umgebende Raumtemperatur wird durch den PC dann vernachlässigbar gering erwärmt. Die negativen Punkte eines Lüfters sind eventuell die Motor- und Strömungsgeräusche, der Luftstrom am Luftauslass sowie die erhöhte Stromaufnahme des Gesamtgeräts. Es kann auch sein, dass das Marketing auf einer von aussen nicht erkennbaren Lösung ohne Geräusche und Luftströme besteht.

Eine Alternative zur aktiven Belüftung ist ein Kühlkörper, der auf die Wärmequelle zum Beispiel den Prozessorchip oder die LED aufgebracht wird (*Bild 2*). Durch Wärmestrahlung und Luftströmung im Gehäuseinneren (Konvektion) wird die Verlustwärme an die Umgebung der Elektronik abgegeben. Je grösser die Oberfläche eines Kühlkörpers ist, desto mehr Wärme kann an die Umgebungsluft abgegeben werden. Die Farbe der Kühlkörper spielt entgegen des weitverbreiteten Irrglaubens keine nennenswerte Rolle für die Wärmestrahlung, da die Farbe nur den sichtbaren Bereich betrifft und Wärmestrahlung im IR-Bereich liegt. Wie wirkungsvoll ein Kühlkörper jedoch ist, hängt stark von der Konvektion und der Temperatur →

INFOS

FlowCAD Schweiz AG
5443 Niederrohrdorf
Tel. 056 485 91 91
Info@flowcad.ch
www.flowcad.ch

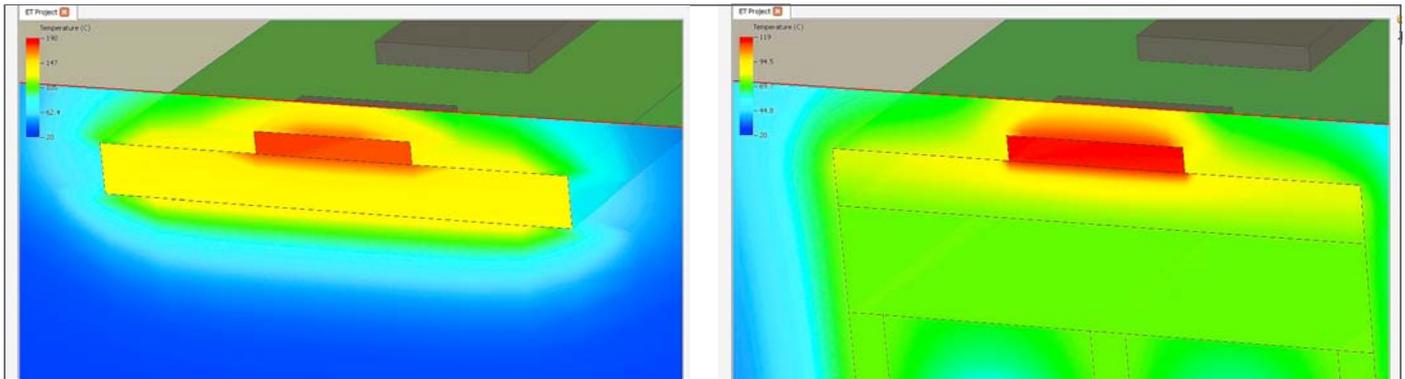


Bild 2: Simulation der Wärmeverteilung eines Chips ohne (links) und mit Kühlkörper (rechts).

der Umgebungsluft ab. Die Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Kühlrippen und um den Kühlkörper herum ist von den Luftverwirbelungen abhängig, die durch die Geometrie des Gehäuses beeinflusst werden. In der Simulation können schnell Anzahl, Form und Dicke von Kühlrippen variiert und so das lokale Klima um den Kühlkörper im 3D-Kontext visualisiert werden. Komplexe Kühlprofile können über das weitverbreitete STL-Dateiformat importiert werden.

Das Gehäuse wird zum Kühlkörper. Kommen weder Kühlkörper noch externe Lüfter in Frage, so kann die Wärme an das Gehäuse abgegeben werden. Dabei müssen die Materialeigenschaften und die geometrische Form des Gehäuses beachtet werden. Sind zu Beginn der Entwicklung die exakten 3D-Modelle des Gehäuses nicht vorhanden, so kann mit einer stark vereinfachten selbst erstellten Geometrie begonnen werden, um Erkenntnisse für das optimale Design zu erlangen. 6SigmaET verfügt über einen 3D-Editor, mit dem sich vereinfachte Ersatzmodelle der Gehäusegeometrien schnell erzeugen lassen. Durch sukzessive Approximation von verfeinerten 3D-Gehäusen und Schaltungsträgern können die Ergebnisse während des Designzyklus fortwährend ergänzt und verifiziert werden. Für die Wärmeübertragung sind die Übergangswiderstände an den Befestigungspunkten sowie die Wärmeleitfähigkeit des Materials wichtig. Die Übergangswiderstände

lassen sich durch Wärmeleitpaste verbessern. Die Paste wird in der Simulation berücksichtigt. Die Form des Gehäuses ist für die Betrachtung der durch die erwärmte aufsteigende Luft wichtig, da so die Verwirbelungen vorhergesagt werden. Kommt es zu Abschattungen des Luftstroms an zu kühlenden Bauteilen, so müssen Massnahmen zur Luftumleitung integriert werden oder Bauteile an anderen Stellen auf der Leiterplatte platziert werden.

Wenn auch die Wärmeabgabe an ein Gehäuse nicht infrage kommt, so kann die Wärmeenergie von heißen Bauteilen auf die gesamte Leiterplatte verteilt werden. So kann ein lokal auftretender Temperatur-Hotspot entschärft werden, wenn genügend Kupferanteile in den Lagen um und unter dem Hotspot vorhanden sind. Die gute Wärmeleitfähigkeit von Kupfer verteilt dann die Energie grossflächig in der Leiterplatte und die ganze Leiterplatte kann als Kühlkörper agieren.

Wer sucht, der findet die optimal Kühlung. Um die optimale Lösung des Wärmeproblems zu finden, ist es sinnvoll, verschiedene Kühlkonzepte auszuprobieren. Dabei werden in der Simulation gezielt einzelne Parameter verändert. So lassen sich die Auswirkungen von Änderungen frühzeitig bestimmen und wirkungsvolle und kostengünstige Kühlkonzepte entwickeln. In der Simulationssoftware 6SigmaET werden verschiedene Simulationsvarianten in

einem strukturellen Baum abgelegt, wobei eine Verästelung entsteht, wenn an der vorherigen Version etwas geändert wurde. So lassen sich nicht nur die Ergebnisse vor oder nach einer Veränderung, sondern unterschiedliche Alternativen miteinander vergleichen, die mehrere Unterschiede aufweisen. So lassen sich thermisch effektive Konzepte finden und die kostengünstigste Variante von vergleichbaren Ergebnissen weiter verfolgen. Stellt sich durch Simulation heraus, dass das Kühlkonzept bereits überdimensioniert ist, so können kontrolliert Massnahmen reduziert werden und so Materialkosten eingespart werden.

Das Beispiel in Bild 3 zeigt eine LED, die ohne Kühlung im Dauerbetrieb immer zu heiss wird. Das Gehäuse mit den Reflektoren und eine Kühlung durch die Leiterplatte sind zwingend erforderlich. Da die Form des Gehäuses durch die Anordnung der Reflektoren vorbestimmt ist, lassen sich nur die Materialstärke und die Wärmeleitfähigkeit durch die Auswahl des richtigen Materials bestimmen.

Die Detailansicht in der Simulation ermöglicht auch Schnitte durch die Leiterplatte und die LED (Bild 4), sodass auch die inneren Verhältnisse untersucht werden können, die mit Wärmebildkameras nicht möglich sind. Schön zu erkennen sind die partiellen Erwärmungen in der Leiterplatte, aber auch die erhöhte Temperatur der Umgebungsluft durch die Wärmestrahlung. ■

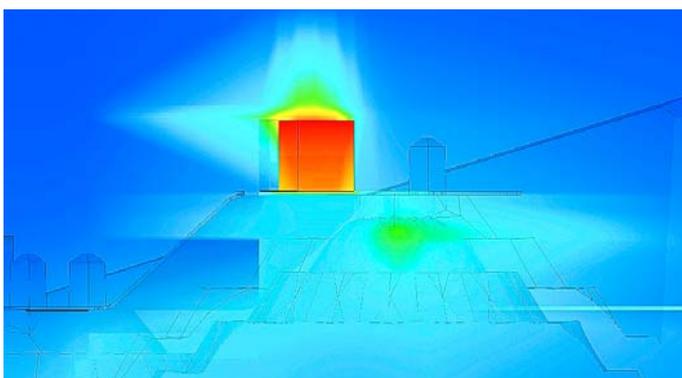


Bild 3: Schnitt durch ein 3D-Gehäuse mit LED und thermografischer Einfärbung.

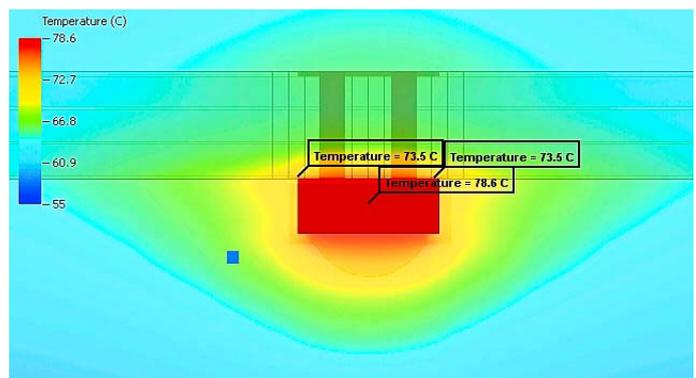


Bild 4: Detaillierte Ansicht der LED auf der Leiterplatte mit Wärmestrahlung.