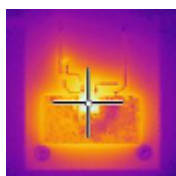


Možnosti teplotných simulácií elektronických štruktúr vo fáze CAD návrhu s využitím programu HyperLynx® Thermal

Girašek Tomáš · Elektrotechnika

24.09.2014



Jedným z problémov ktoré prinášajú súčasné trendy miniaturizácie elektronických zariadení je zvyšovanie výkonovej hustoty, následkom čoho dochádza k zvyšovaniu pracovnej teploty komponentov. Táto skutočnosť negatívne vplyva na životnosť a spoľahlivosť zariadení. Najefektívnejšou cestou k riešeniu týchto problémov je ich eliminácia už v procese návrhu. K tomuto účelu existuje množstvo simulačných nástrojov. Príspevok sa venuje nástroju HyperLynx® Thermal od firmy MentorGraphic® a porovnaniu výsledkov simulácií s reálnymi vzorkami meranými termokamerou FLIR E30.

Úvod

Možnosť teplotných simulácií CAD návrhov elektronických zariadení nadobúda na dôležitosť v súvislosti so stále sa zosilňujúcim trendom miniaturizácie, keď aj pri pôvodne bezproblémových konštrukciách dochádza k podstatnému nárastu výkonovej hustoty a tým aj k problémom s nárastom pracovnej teploty. Pracovná teplota komponentov je jedným z hlavných faktorov vplyvajúcich na spoľahlivosť a životnosť zariadenia. Možnosť analýzy rozloženia teploty na DPS už v štádiu CAD návrhu umožňuje včasnú optimalizáciu návrhu. Vďaka možnosti simulácie a vizualizácie rozloženia teploty na DPS je možné predikovať problémové oblasti a vhodným konštrukčným zásahom zlepšiť odvod tepla, a teda aj znížiť pracovnú teplotu komponentov a tepelné namáhanie substrátu. [1]

Simulácia teplotných polí

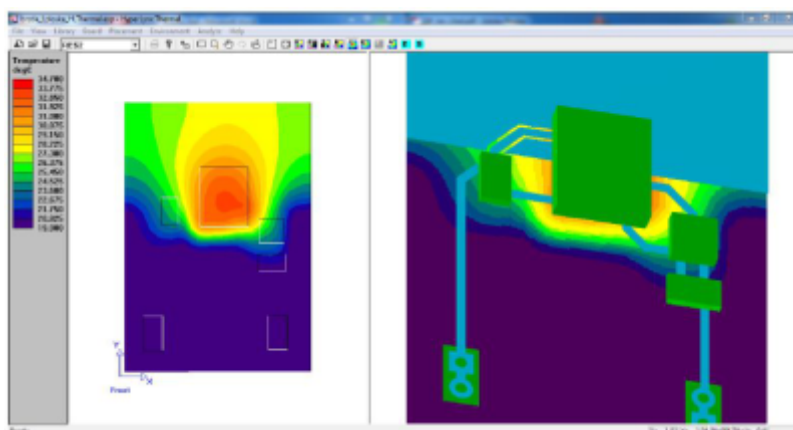
Pre simuláciu teplotných polí v elektronických zariadeniach je dostupných viacero profesionálnych softvérových nástrojov. Od jednoduchých, poskytujúcich len základnú analýzu v statickom režime, cez komplexnejšie, umožňujúce simuláciu prechodových a dynamických dejov, až po programy, pracujúce s podrobnými fyzikálnymi modelmi, umožňujúce vernú simuláciu vrátane vzájomného ovplyvňovania komponentov konvexiou a radiáciou. Výhodou jednoduchších je rýchla orientačná simulácia teplotných pomerov umožňujúca odhalenie rizikových miest s prílišným nahustením výkonových prvkov. Programy tohto typu je možné jednoducho prepojiť s najpoužívanejšími CAD systémami pre návrh DPS. V mnohých prípadoch sú priamo

súčasťou týchto systémov, aj keď sa zväčša jedná o osobite platený modul. Spravidla obsahujú dostatočne presné modely používaných komponentov. Hlavným obmedzením tohto typu je práve ich jednoduchosť a teda nemožnosť simulácie komplexnejších dejov ako napríklad reflexia IČ žiarenia od obvodových stien.

Komplexnejšie nástroje sa uplatňujú pri simuláciách zariadení, ktoré sú určené pre prácu v zložitejších podmienkach alebo v režime, kde dochádza ku krátkodobému preťažovaniu zariadenia. V takýchto prípadoch je nutné skúmať teplotné polia v dynamickom režime a uvažovať aj tepelné kapacity, zmeny prúdenia vzduchu následkom ohrevu a podobne. Tento typ simulačných programov je spravidla distribuovaný ako samostatný program s možnosťou importu z iných CAD systémov. Problematickým sa vzhľadom na požadovanú presnosť simulácií javí aj použitie knižničných modelov. Poslednú, najvyššiu triedu predstavujú nástroje schopné simulácie na základe podrobných fyzikálnych modelov. Spravidla pracujú na základe metódy konečných prvkov s detailnými fyzikálnymi modelmi komponentov. Poskytujú obraz dobre korešpondujúci so skutočnosťou za predpokladu správneho zostavenia modelov. Použitie tejto triedy simulačných nástrojov predstavuje komplexnú úlohu, keďže CAD modely používané v návrhových softvéroch zväčša niesú dostatočne podrobné a teda je nutné ich znovu vytvárať.

Softvérový nástroj HyperLynx® Thermal

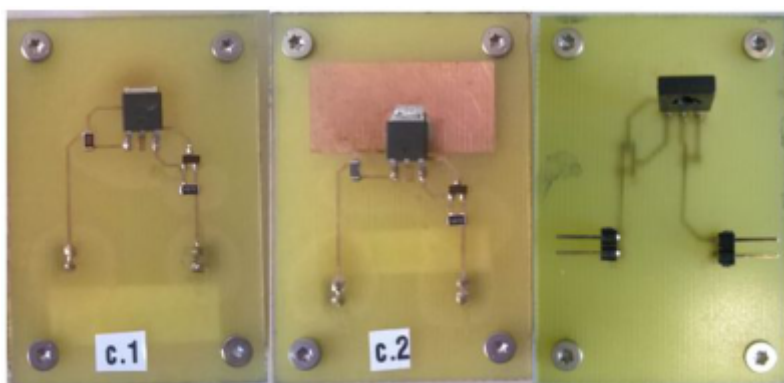
Softvér od firmy MentorGraphic® HyperLynx® Thermal umožňuje návrhárom tepelnú analýzu DPS vo fáze CAD návrhu. Je súčasťou balíka PADS pre návrh DPS, avšak vďaka integrovanému prekladaču umožňuje import aj z iných návrhových systémov. Umožňuje prácu ako s jednovrstvovými, tak aj s viacvrstvovými DPS vrátane použitia špeciálnych substrátov. Knižnice obsahujú ako štandardne používané materiály (FR4 a pod.), tak aj databázu materiálov pre zostavenie substrátu podľa špecifických potrieb návrhára. Je možné pracovať s DPS ľubovoľného tvaru, pričom softvér pri výpočtoch zohľadňuje umiestnenie dosky (voľne uložená, umiestnená na podložke alebo v definovanom mieste vyššieho konštrukčného celku), spôsob ukotvenia dosky (vodivé a nevodivé podložky, skrutky v DPS, skrutky v chladičoch a pod.), teda aj konštrukciou dané tepelné mosty a spôsob obtekania vzduchom (vplyv gravitácie, tlaku a prúdenia vzduchu). Softvér umožňuje prácu s ustáleným prúdením vzduchu nastaviteľným vo všetkých 3 osiach s celkovou presnosťou modelovania vplyvu konvekcie a radiácie $\pm 10\%$. Táto presnosť bola experimentálne overená pri vývoji softvéru v aerodynamickom tuneli za pomoci infračervenej kamery [2].



Obr. 1: Pracovné prostredie programu HyperLynx® Thermal

Experimentálne posúdenie simulácií

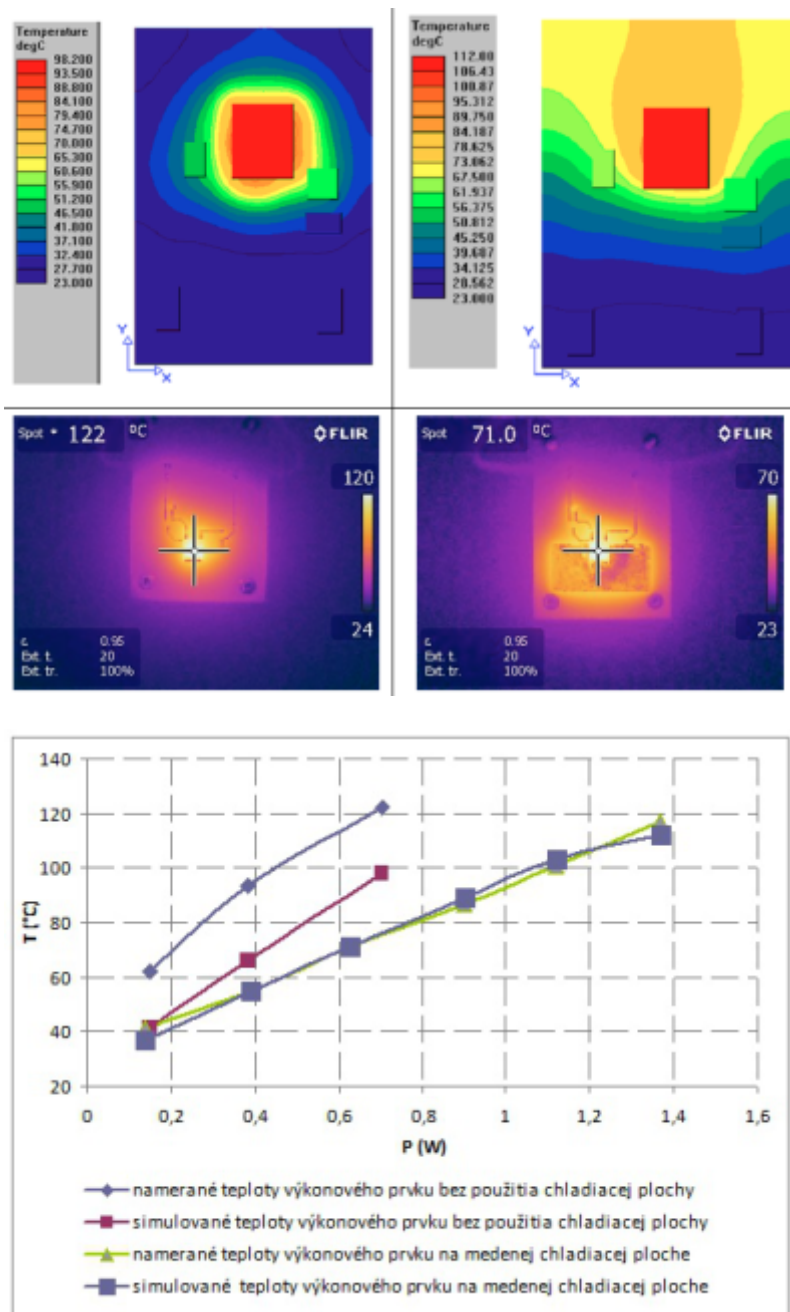
Pre základné overenie a názorné priblíženie práce softvéru a overenie vernosti simulácií bolo vytvorených niekoľko typov vzoriek slúžiacich ako modely elektronického zariadenia s jedným alebo niekoľkými lokálnymi zdrojmi tepla. Ako zdroje tepla boli využité výkonové tranzistory v puzdrách TO225AA pre THT a TO263 pre SMT. Použité zapojenie tzv. prúdovej brzdy umožňuje jednoduché a presné určenie stratového výkonu na skúmanom prvku. Vzorky boli realizované na substráte FR4 s hrúbkou medenej fólie 75 μm , pričom bolo použitých niekoľko topologických návrhov s cieľom demonštrácie možností odvodu tepla pomocou medenej a pasívnych chladičov (obr.2).



Obr. 2: Realizované experimentálne topológie

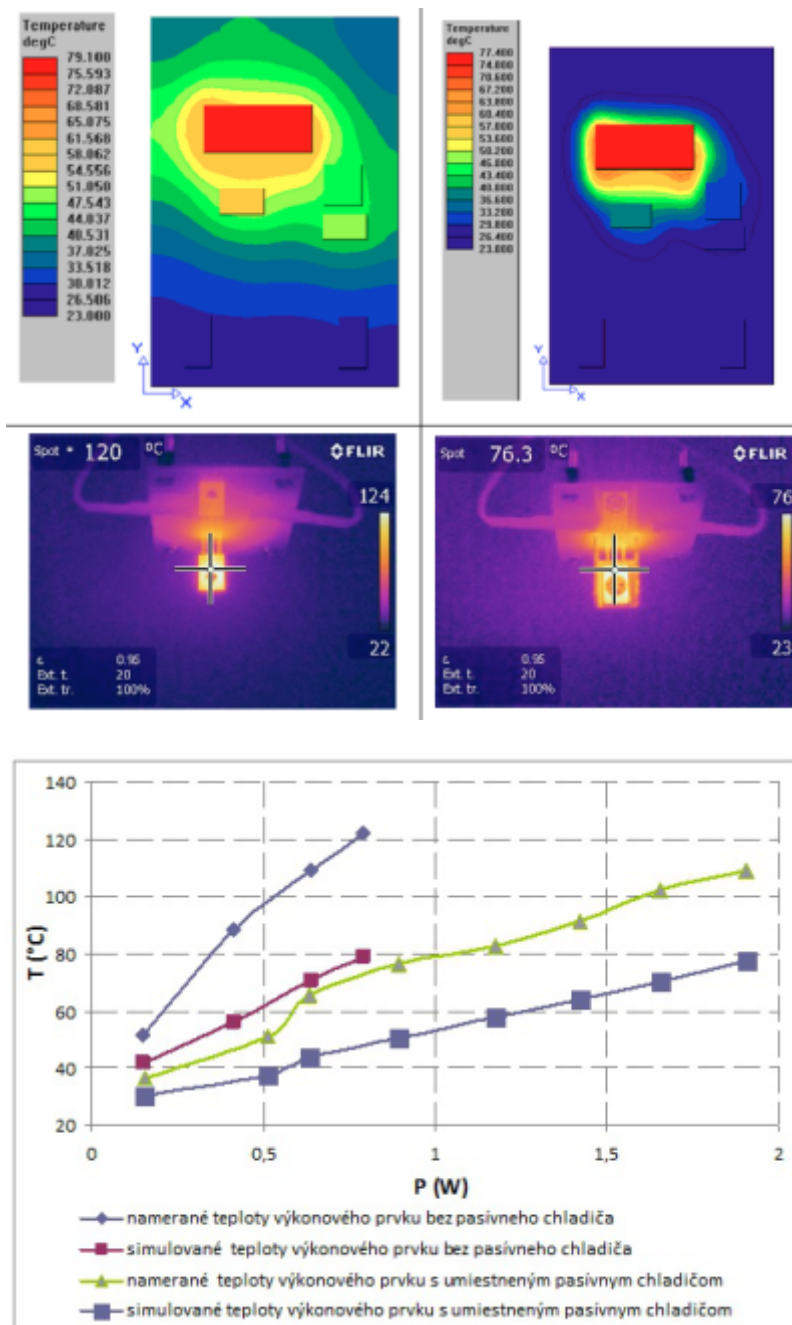
- a) Vývodový prvok bez pasívneho chladiča (vľavo)
- b) SMD komponenty s chladiacou plochou a konštantným stratovým výkonom (stred)
- c) SMD komponenty s modulovateľným výkonom pre analýzu vplyvu vzájomnej tepelnej väzby (vpravo)

Návrhy boli simulované softvérom HyperLynx® Thermal. Získané výsledky boli porovnané s výsledkami merania pomocou termokamery FLIR E30. Vyhodnocovanými parametrami bola teplota výkonových prvkov a zhoda tvaru teplotného poľa. Merania boli realizované do maximálneho výkonu pri ktorom teplota puzdra súčiastok dosiahla 125°C. Všetky merania boli uskutočnené bez núteného obehu pracovnej atmosféry.



Obr. 3: Výstupy simulácií, termovízne snímky a priebehy nameraných a simulovaných teplôt v závislosti od stratového výkonu pre výkonový SMT prvok bez chladiacej plochy (vľavo) a s medenou chladiacou plochou (vpravo).

Porovnanie výsledkov simulácií s nameraným teplotným polom poukazuje na fakt, že v prípade výkonového prvku bez chladiacej plochy sa výsledky simulácií rozchádzajú so skutočnými teplotami výkonového prvku až o 20°C. V prípade topológie s chladiacou medenou plochou sú výsledky simulácií prakticky zhodné so skutočnými pomermi. V oboch prípadoch je tvar teplotného poľa korešponduje so skutočnosťou.



Obr. 4: Výstupy simulácií, termovízne snímky a priebehy nameraných a simulovaných teplôt v závislosti od stratového výkonu na výkonovom THT prvku bez pasívneho chladiča (vľavo) a s pasívnym chladičom (vpravo).

Výsledky simulácií sa v tomto prípade výrazne rozchádzajú so skutočným teplotným polom. V prípade výkonového prvku bez pasívneho chladiča je odchýlka -30%, v prípade použitia pasívneho chladiča -20%. Tvar simulovaného teplotného poľa v oboch prípadoch korešponduje so skutočným.

Analýza výsledkov

Zo súboru nameraných hodnôt je možné usudzovať, že program HyperLynx® Thermal dosahuje dobrú zhodu pri použití SMT komponentov (obr. 3) a relatívne veľkú odchýlku pri použití THT komponentov (obr. 4). Odchýlky sú pravdepodobne spôsobené nedostatočne optimalizovanými modelmi súčiastok, resp. jednostrannou optimalizáciou týchto modelov pre prostredie s núteným pohybom atmosféry čomu

nasvedčuje aj mierna pozorovateľná deformácia teplotných polí aj v prípade nastavenia nulového prúdenia vzduchu.

Záver

Použitie simulačných softvérových nástrojov v procese návrhu elektronických zariadení umožňuje nízko nákladovú optimalizáciu. Vďaka skutočnosti, že problémové detaily sú identifikované už v procese elektronického návrhu, je možné jednoducho vykonať konštrukčné zmeny a potenciálne problémy eliminovať čo má priaznivý dopad na celkové vývojové náklady. O výsledku procesu rozhoduje predovšetkým kvalita simulačného nástroja, ktorá je však v priamom protiklade s požiadavkou jeho minimálnej ceny a jednoduchosti používania. V praxi nie je možné realizovať jednoduchý softvér s presnými výstupmi, keďže šírenie tepla predstavuje nesmierne komplexný proces. Softvérový nástroj HyperLynx® Thermal predstavuje užitočnú pomôcku pri návrhu moderných miniaturizovaných systémov. Aj keď z realizovaných overovacích simulácií vyplynulo, že pri použití THT komponentov je jeho presnosť nevyhovujúca, pri simulácii DPS s SMD komponentmi, ktoré v súčasnosti predstavujú najpoužívanejší typ z hľadiska druhu montáže sú výsledky simulácií pomerne presné (resp. vo výrobcom udávanej tolerancii).

Podakovanie



Tento článok bol vypracovaný s podporou projektu Vývoj unikátneho nízkoenergetického statického zdroja pre elektrosystémy, ITMS 26220220029, ktorý je spolufinancovaný zo štrukturálneho fondu EÚ ERDF v rámci výzvy OPV a V-2008/2.2/01-SORO a prioritnej osi

2 Podpora výskumu a vývoja.

Použitá literatúra

1. Datasheet HyperLynx® Thermal. [cit 2014-2-5] Dostupné na internete: http://s3.mentor.com/public_documents/datasheet/pcb/simulate-thermal-ds.pdf
2. JAN LÍBAL: Využití termovízni kamery pro měření teploty elektronických stroju. Brno: VUT, 2009. [cit 2013-10-15]. Dostupné na internete: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=14118
3. FLIR E30, Uživatelská příručka
4. ELBERG, S. - MATHONNET, P.: Odvod tepla z elektronických zařízení. Praha, SNTL 1983, ISBN 04-533-83

Spoluautorom článku je Ing. Pavol Cabúk, PhD., Katedra technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická Univerzita v Košiciach

