

THERMOMECHANICAL SIMULATION OF MODERN ELECTRONIC PACKAGES

Josef Skácel

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xskace09@stud.fekt.vutbr.cz

Supervised by: Ivan Szendiuch

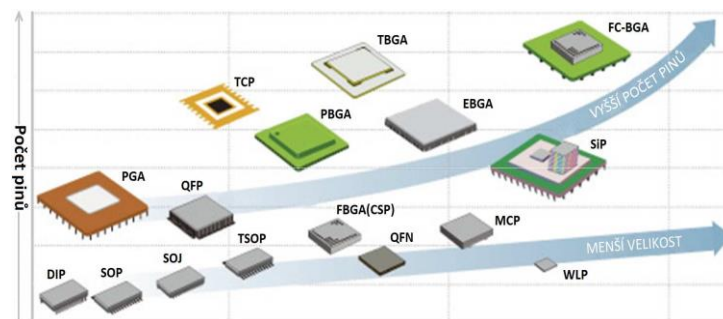
E-mail: szend@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with issue of modern electronic packages mainly thermo-mechanical simulation. The first part is focused on the comparing of QFN (Quad-Flat No leads) and BGA (Ball Grid Array) packages including their advantages and disadvantages. The second part is focused on simulation of these packages in ANSYS program from the point of thermos-mechanical behavior.

Keywords: ANSYS, BGA, QFN, thermo-mechanical behavior

1. ÚVOD

Teplotní management je důležitou součástí při návrhu elektrických obvodů, neboť již při návrhu obvodů je nutné se zabývat odvodem tepla. Proto v současné době existuje celá řada různých typů pouzder, a nová se stále objevují (viz obr. 1). Tak vznikají stále nová pouzdra a s tím spojené nové materiály. Tak vzniklo pouzdro BGA a později pouzdro QFN, které představují v současné době nejsofistikovanější běžně dostupné řešení [1, 2]. Při návrhu pouzder se čím dál více používají simulační programy znázorňující termomechanické děje, neboť pouzdra představují heterogenní systémy s různým materiálovým složením, a také s různými součiniteli roztažnosti.

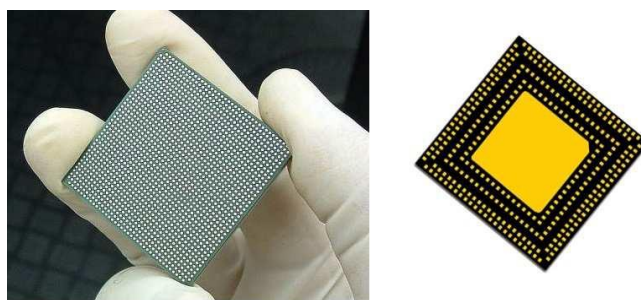


Obrázek: 1: Vývojová mapa pouzder

2. POUZDRA BGA A QFN

Z obr. 1 lze vidět vývojové trendy v oblasti pouzření. Je patrný stále vyšší počet pinů a také stále menší pouzdra. K výkonovým aplikacím s více vývody se používají pouzdra BGA. Naopak v nízko výkonových aplikacích se používají pouzdra QFN, která jsou menší. Pohled na pouzdra BGA a QFN je na obr. 2. Z technologického hlediska je nevýhodou pouzder QFN situování plošek kolem obvodu pouzdra. Tento nedostatek je minimalizován ploškami uspořádanými ve více řadách. Důležitou vlastností pouzdra je tepelný odpor. Z tohoto pohledu má pouzdro QFN mnohem nižší tepelný odpor a proto lépe odvádí teplo. Porovnáním dvou ekvivalentních integrovaných obvodů stejné- ho zapojení bylo zjištěno, že tepelný odpor pouzdra QFN je přibližně o polovinu nižší než u pouzdra BGA [3]. Je to proto, že u pouzdra QFN je na spodní straně umístěn tzv. thermal pad (ploška pro odvod tepla), který ve spojení s prokovy v substrátu zvýší odváděné teplo. U pouzder

BGA, používaných například u grafických čipů v počítačích, kde dosahují výkonu kolem 150W, není žádoucí odvádění tepla do DPS.



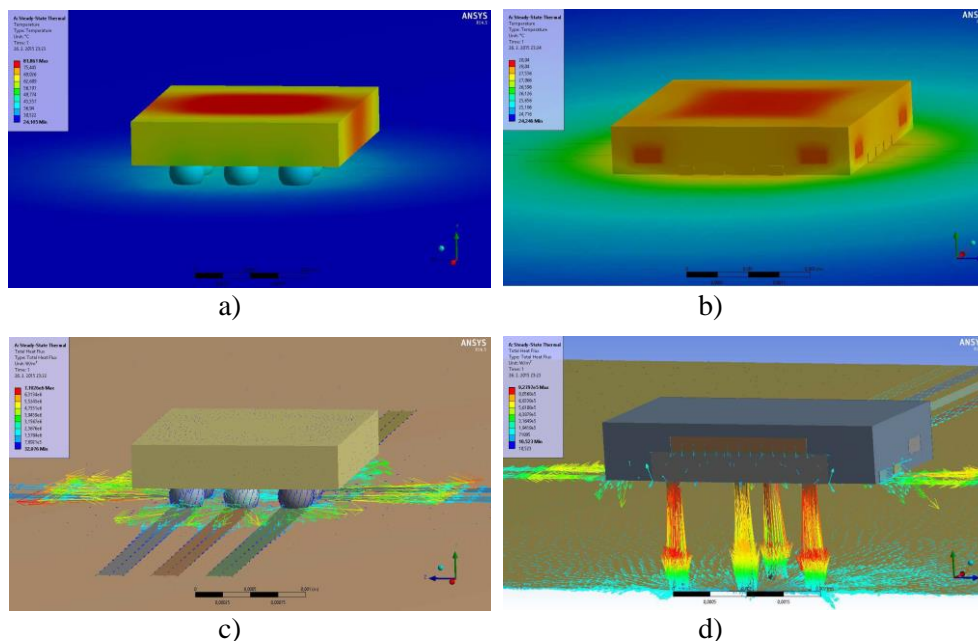
Obrázek 2: Pouzdro BGA a QFN

3. TEPLOTNÍ MANAGEMENT

Elektronické systémy se vyznačují určitou spotřebou energie. Fyzikální podstatou je přeměna elektrické energie na energii tepelnou. Z toho vyplývá, že veškerá elektronická zařízení jsou ovlivňována teplem. Teplo je v elektronických systémech generováno pasivními prvky (vedlejší projev průchodu elektrického proudu a důsledek polarizačních mechanismů) a aktivními prvky, kde jsou zdrojem tepla zejména polovodičové přechody. Tepelná energie látek se projevuje kmitavým pohybem částic. Existují tři způsoby šíření tepla: vedení, proudění a záření. Pro matematické vyjádření maximálního výkonového zatížení se používá náhradní tepelný model.

3.1. TEPLOTNÍ SIMULACE

ANSYS Workbench je simulační program pro výpočet fyzikálních dějů probíhajících v simulovaných systémech. ANSYS k výpočtům využívá metodu konečných prvků. V programu Autodesk Inventor 2014 byla navržena pouzdra skutečného obvodu LM3503 k řízení podsvícení displeje. Jedná se o pouzdra BGA s rozměry 2 x 2 mm s 10 vývody a jeho ekvivalent v pouzdře QFN o rozměrech 4 x 4 s 16 ploškami.



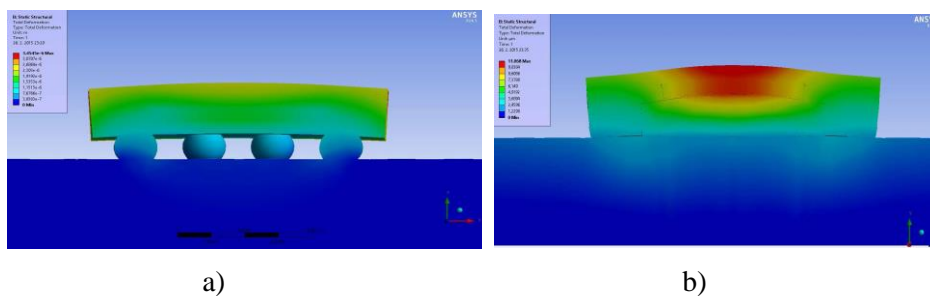
Obrázek 3: Maximální teplota při zatížení 250mW - BGA a), QFN b) Teplotní tok BGA c), QFN d)

U uvedených typů obvodů bylo zkoumáno rozložení teploty při maximálním zatížení obvodu a simulován tepelný tok. Na obr. 3a je vidět maximální teplotu pouzdra BGA při zatížení 250mW.

Teplota na pouzdře BGA dosahovala 81°C a na pouzdře QFN jen 28°C (obr. 3b), při teplotě okolí 22°C. V tomto případě je nutné uvažovat rozdílnou velikost pouzder a především rozdílnou strukturu pouzder. BGA pouzdro odvádí přebytečné teplo jen skrze kuličky pájky. Oproti tomu pouzdro QFN obsahuje tzv. thermal pad, na který je přilepený čip. Thermal pad velmi dobře odvádí teplo do substrátu a dále také na druhou stranu substrátu. Tato konstrukce zajistí velmi dobré chlazení a proto je teplota přibližně o 50°C nižší nežli u pouzdra BGA. Obr. 3c ukazuje teplotní tok pouzdrem BGA a substrátem. Z obrázku je patrné, že teplotní tok proudí jen po povrchu skrze měděné cesty. Obr. 3d jen potvrzuje výše zmíněný fakt, že pouzdro QFN odvádí většinu tepla skrze prokovy a na- pomáhají rozvést přebytečné teplo do objemu substrátu.

3.2. TERMOMECHANICKÉ PNUTÍ

Termomechanické pnutí je v pouzdření velkým problémem. S rozšiřující se miniaturizací nemají materiály již možnost kompenzovat rozdílnou hodnotu teplotní roztažnosti a dochází k defektům a ke snížení spolehlivosti. Z většiny používaných pouzder je tento problém nutno řešit především u pouzdra QFN. Pouzdro je připájeno velmi malým množstvím pájky a není zde možnost kompenzace vzniklého pnutí. Oproti tomu pouzdro BGA má větší možnosti kompenzace z důvodu velikosti pájecích kuliček. Pouzdro BGA vydrží přibližně 5000 teplotních cyklů ((-40°C až +125°C), zatímco pouzdro QFN jen 2500 [3]. Z důvodu nízké teploty pouzdra QFN (obr. 4b) bylo zatíženo toto pouzdro na shodnou teplotu jako pouzdro BGA (obr. 4a). Výsledné pnutí je pro znázornění 25x násobeno. Pouzdro BGA se napnulo o 3μ m ale pouzdro QFN o 11μ m. Zde se potvrdil předpoklad, že termomechanické pnutí je u pouzder velký a nezanedbatelný problém, kterým je třeba se zabývat.



Obrázek 4: Termomechanické pnutí v pouzdrech a) BGA, QFN b)

4. ZÁVĚR

Z rozšiřující se miniaturizací přicházejí mnohé problémy, především z pohledu teplotní zatížitelnosti a rozdílné hodnoty koeficientu teplotní roztažnosti. Z tohoto důvodu musí být termomechanická simulace součástí návrhu komplexnějších elektronických obvodů, aby se předcházelo finančním ztrátám jak v procesu výroby, tak užívání. Také je nutné si uvědomovat, že simulace jsou principiální pohled na řešený problém, a je nutné je podpořit skutečným experimentem pro potvrzení zjištěných výsledků simulačního programu.

REFERENCE

- [1] SZENDIUCH, Ivan. *Základy technologie mikroelektronických obvodů a systémů*. Brno: Akademické nakladatelství, VUTIUM, 2006. ISBN 8021432926.
- [2] FREESCALE SEMICONDUCTOR, Inc. *Assembly Guidelines for QFN (Quad Flat No-lead) and DFN (Dual Flat No-lead) Packages*[online]. 2014 [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: http://www.freescale.com/files/analog/doc/app_note/AN1902.pdf
- [3] SKÁCEL, Josef. *Pouzďení a simulace vlastností pouzder QFN*. Brno, 2014. Semestrální práce. VUT Brno. Vedoucí práce Ivan Szendiuch.