

AN2009-10

电力电子模块内部NTC的使用

关于温度测量的考虑

IMM INP LP



版本 2010-01-13

英飞凌科技股份有限公司印制

59568 Warstein, Germany

©英飞凌科技股份有限公司版权所有，2008.

保留所有权利。

免责声明

本应用文档中给出的信息仅作为关于使用英飞凌科技组件的建议，不得被视为就英飞凌科技组件的任何特定功能、条件或质量作出的任何说明或保证。本应用文档的使用者必须在实际应用中验证本文档描述的任何功能。英飞凌科技在此声明，未就本应用文档中给出的任何及所有信息作出任何性质的保证，也不承担任何性质的责任，包括但不限于没有侵犯任何第三方的知识产权的保证。

为方便客户浏览，英飞凌以下所提供的将是有关英飞凌产品及服务资料的中文翻译版本。该中文翻译版本仅供参考，并不可作为任何论点之依据。虽然我们尽力提供与英文版本含义一样清楚的中文翻译版本，但因语言翻译和转换过程中的差异，可能存在不尽相同之处。因此，我们同时提供该中文翻译版本的英文版本供您阅读，请参见【[Using the NTC inside a power module](#)】。并且，我们在此提醒客户，针对同样的英飞凌产品及服务，我们提供更加丰富和详细的英文资料可供客户参考使用。请详见【[IGBT-Modules](#)】

客户理解并且同意，英飞凌毋须为任何人士由于其在翻译原来的英文版本成为该等中文翻译版本的过程中可能存在的任何不完整或者不准确而产生的全部或者部分、任何直接或者间接损失或损害负责。英飞凌对于中文翻译版本之完整与正确性不担负任何责任。英文版本与中文翻译版本之间若有任何歧异，以英文版本为准，且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用以下提供的资料，则说明您同意并将遵循上述说明。如果您不同意上述说明，请不要使用本资料。

信息垂询

若需获得关于技术、交付条款和价格的更多信息，敬请联系距离您最近的英飞凌办事处 (www.infineon.com)

警告

由于技术要求，组件可能包含有害物质。若需了解相关物质的类型，请联系距离您最近的英飞凌办事处。如果可以合理地预计英飞凌的某个组件失效可能会导致生命支持设备或系统失效，或者影响该等设备或系统的安全性或有效性，那么在将这些组件用于生命支持设备或系统之前，必须获得英飞凌的明确书面同意。生命支持设备或系统意指用于植入人体内部，或者支持和/或维持、维系和/或保护人类生命的设备或系统。如果这些设备或系统失效，可以合理推定其用户或其他人的健康将受到威胁。

AN2009-10	
修订记录:	2009-11 V1.0
先前版本:	无
页	项目 (最后版本之后的修订)
	本应用手册替换 AN2001-02, 即Using integrated NTC with reliable isolation

欢迎提出意见和建议

您是否认为本文档中的任何信息存在错误、含糊不清或遗漏？您的宝贵意见和建议将帮助我们持续不断地改进本文档的质量。请将您的意见和建议（请注明本文档的索引号），发送电子邮件至：info.power@infineon.com



目录

1	概述.....	5
2	内部设计	5
2.1	绝缘隔离措施.....	5
3	考虑 NTC 的热量情况.....	6
4	使用模拟方法用获得 NTC 测量的温度	8
4.1	分压器中 R1 的大小.....	9
5	使用数字的方法获得 NTC 测量的温度	9

1 概述

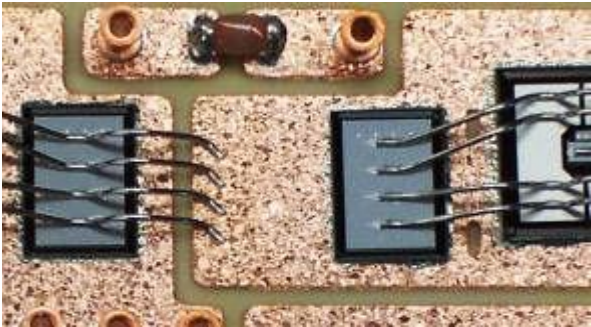
电力电子器件最重要的参数之一就是芯片的温度。然而对温度的直接测量需要一个装在芯片上甚至与作为芯片一部分的传感器。这会减小芯片通过电流能力的有效区域。

测量芯片温度另一个可行的办法是通过一个热模型并以测量的基板温度作为基础数据开始计算结温。在英飞凌公司的很多电力电子模块中，热敏电阻，也称作NTC，被集成在内部当作一个温度传感器，以便方便精确测量温度装置的设计。

本应用手册详细介绍说明了有关了隔离措施、使用NTC并从上面得到测量温度值的方法。

2 内部设计

NTC安装在硅芯片的附近，以得到一个比较紧密的热耦合。根据模块的不同，NTC或者与硅芯片安装在同一块DCB上，或者安装在单独的基片上：

	
EconoDUAL™ 3内部的NTC安装在靠近IGBT的独立的DCB上	没有基板的模块内部的NTC，安装在靠近硅芯片的地方

2.1 绝缘隔离措施

在NTC所在位置之外，覆盖着填充模块的隔离胶。在任何经常性工作条件下，这是满足隔离要求的。为确保绝缘隔离质量，在生产过程中要根据EN50187标准进行绝缘测试。

这一标准定义了几种不同等级的绝缘隔离标准，分为功能型和加强型的绝缘标准。加强型的绝缘标准，常常用于逆变器中，被定义为：

一个在机械和电气方面的改进型基本绝缘，使得装置对电冲击的防护等级与双重绝缘隔离相同。它可能采用一层或者多层的绝缘材料。

由于高压和NTC之间击穿产生导电通路引起的失效可能性是存在的，导电通路路径如图1所示：

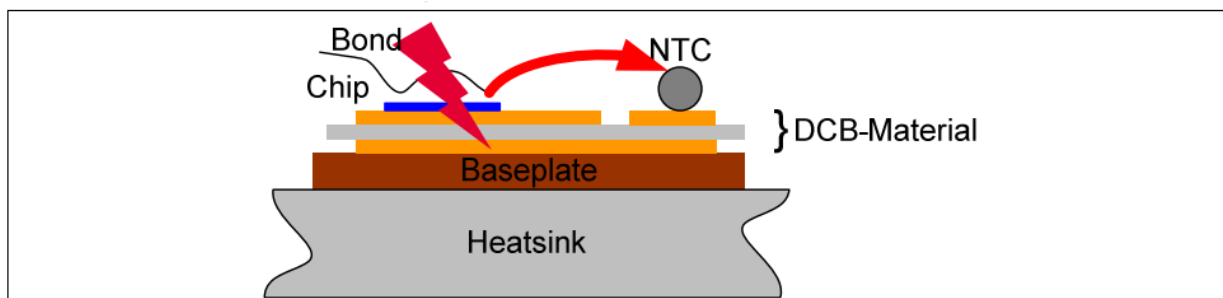


图 1 击穿失效时的导电通路路径

这个导电通路本身可以由故障发生时连接线改变位置连接而成，或者**击穿时**的电弧产生的等离子路径形成。

出于这个原因，内部NTC的绝缘只是满足功能性的绝缘，因此为了加强隔离，需要加入外部的额外隔离屏障。

近些年来，有一些方法证明是可行的。有：

- 把高压作为设计控制电路的参考电位，并在人有接触的部分和整个控制电路间加入绝缘隔离屏障层。
- 使用带有内部隔离的运放来检测NTC两端的电压。
- 使用隔离器件如磁或光耦将NTC的电压转化为能够传输到控制电路的数字信号。

虽然在一些应用场合，功能性的NTC隔离就足够了，但还是应该充分仔细检查以确保满足一些特殊设计的所有绝缘隔离要求。

3 考虑 NTC 的热量情况

安装在DCB上的NTC在模块内部的热量流动路径简要示意图，如图2所示：

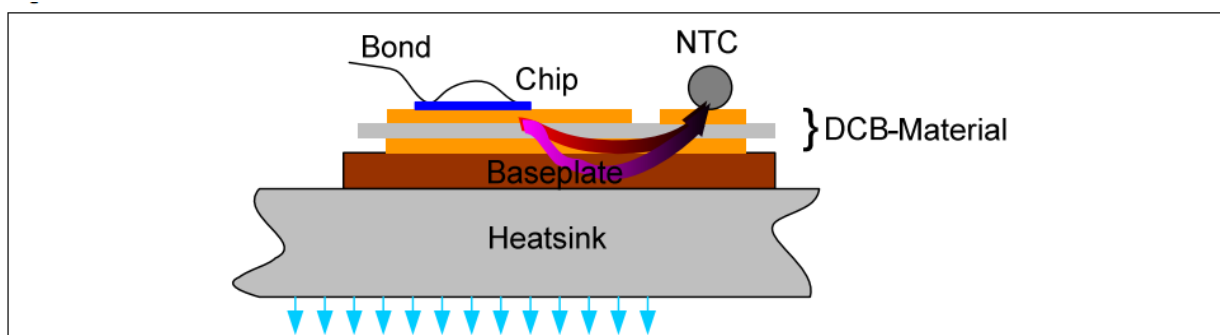


图2 电力电子模块内部的热量流动

芯片产生的大部分热量是经过散热片直接散热到环境中。此外，热量是经过DCB材料和基板导热到NTC所在的位置。

由于热量并不是瞬间就能流动的，NTC测量的只是模块稳态工作时的温度。因为相关的时间常数太小，如由短路产生的瞬时温度现象就没办法监测到。

作为一个很重要的结论，NTC不能用于短路保护！

热量情况和热量可能传导路径的等效热路图如图3所示：

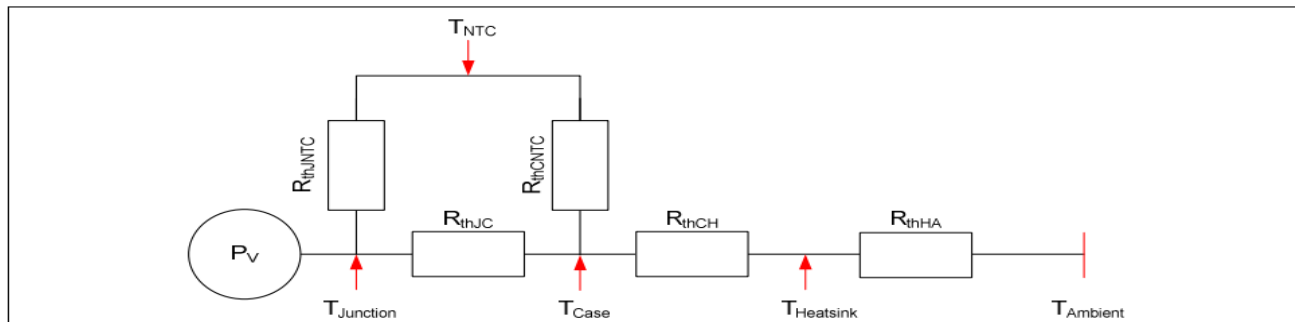


图 3 等效热路原理图

从概论中可以得出两个结论：

1. 由于连接芯片结到NTC的路径 R_{thJNC} 上有温度的降低，热敏电阻的温度 T_{NTC} 会比结温 $T_{Junction}$ 来得低。
2. 由于同样的原因，NTC的温度会比散热片上测量的温度来得高。

由经验可知，对于电力电子设备，散热片的温度和NTC的温度的差值约等于10K的温度水平。

如果有些温度值没办法测量，它们需要由Rth-chain值计算得到，则必须知道Rth-chain的值。对于一个给定的模块，IGBT和二极管的相应的 R_{thJC} 和 R_{thCH} 可以从数据手册得到。

IGBT的值						
热阻，结到壳	pro IGBT / per IGBT	R_{thJC}			0,29	K/W
热阻，壳到散热片	pro IGBT / per IGBT $\lambda_{Paste} = 1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} / \lambda_{grease} = 1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	R_{thCH}		0,086		K/W
二极管的值						
热阻，结到壳	pro Diode / per diode	R_{thJC}			0,50	K/W
热阻，壳到散热片	pro Diode / per diode $\lambda_{Paste} = 1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} / \lambda_{grease} = 1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	R_{thCH}		0,15		K/W

图 4 Infineon电力电子模块数据手册中的Rth

由这些数值可以计算热量的情况：

$$T_J = T_C + P_V \cdot R_{thJC}$$

$$T_C = T_H + P_V \cdot R_{thCH}$$

$$T_H = T_{amb} + P_V \cdot R_{thHA}$$

$$T_J = T_{amb} + P_V \cdot \sum R_{th} = T_{amb} + P_V \cdot (R_{thJC} + R_{thCH} + R_{thHA})$$

$$T_{NTC} \sim T_H + 10K = \underbrace{T_{amb} + P_V \cdot R_{thHA}}_{T_H} + 10K$$

虽然NTC只反映了壳温，数据手册中的“Modul / module”部分给出了功率损耗和模块总RthCH的足够信息。

热阻，壳到散热器	pro Modul / per module $\lambda_{\text{Paste}} = 1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} / \lambda_{\text{grease}} = 1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	RthCH		0,009		K/W
----------	--	-------	--	-------	--	-----

图 5 Infineon数据手册给出完整模块的Rth值

更多关于热量建模和热量计算，请查阅Infineon应用手册[AN2008-03 Thermal equivalent circuit models](#).

4 使用模拟方法用获得 NTC 测量的温度

这一方法是基于把热传感器NTC作为分压电路的一部分来实现的，如图6所示：

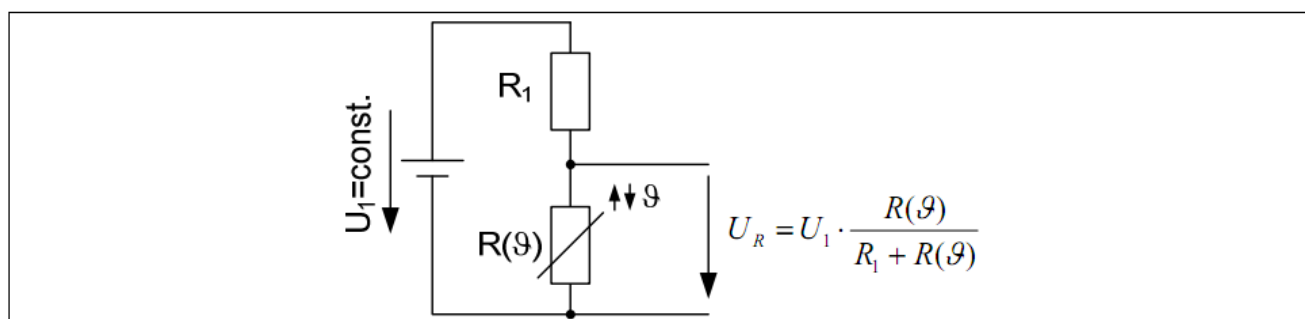


图 6 利用内部NTC构成的分压器

数据手册中用两种不同方式给出了NTC的热特性。根据NTC的热特性图的公式 $R = f(\theta)$ 的参数就能采用解析方法近似得到NTC的热特性图。有用的数学表达式为：

$$R(\theta) = R_{25} \cdot e^{B \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

参数值为：

$$B_{25/100} = 3433\text{K}, R_{25} = 5\text{k}\Omega, T_1 = 298,15\text{K}$$

如果对于一个较小范围的温度，为了更精确的计算，数据手册还提供了B25/50 和B25/80的值，。

由测量得到的电压 U_R ，则实际电阻 $R(\theta)$ 可以计算为：

$$R(\theta) = R_1 \cdot \frac{U_R}{U_1 - U_R},$$

从而可推导出实际温度的表达式：

$$T_2 = \frac{1}{\frac{\ln \left(\frac{R(\theta)}{R_{25}} \right)}{B} + \frac{1}{T_1}}.$$

如果需要得到某个温度值，根据测量得到的 U_R 值，再用一个微处理器简单求解这个等式就可以得到。

如果只需最大温度的一个阈值信号，则使用一个在预定值触发的比较器就足够了。

4.1 分压器中 R_1 的大小

R_1 应当认真选择以得到一个合适的数值。如果选得太小，流过NTC的电流会导致功率损耗，并反过来加热器件从而改变了测量结果。另一方面，如果 R_1 选择得太大，测量得的电压太小，反过来会降低测量精度。

为了将这一电流的影响减小到最小，查看温度是十分有助的。NTC的热导率为145K/W。如果允许温度有1K的精度差，那么NTC内部的功率损耗不能超过 $P_{\max}=6.9\text{mW}$ 。假设需要测量的值达到 100°C ，NTC的阻值会达到 $R_{100}=493\Omega$ 。

由此可知，电流最大值可以计算为：

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{P_m}{R_1}} = 3.74\text{mA}.$$

对于 $U_1=5\text{V}$ 的供电电压和3mA的电流限定值，电阻 R_1 为：

$$R_1 = \frac{U_1}{I_{\max}} - R_{100} \approx 843\Omega.$$

由于没有这样的标称电阻，因此可以选择 910Ω 的阻值，使得 $I_{\max}=3.56\text{mA}$ ；可以选择任何使得电流 $I<4\text{mA}$ 的电阻，因为1K温度的偏差是允许的。

5 使用数字的方法获得 NTC 测量的温度

除了用分压电路的方法，NTC的阻值随温度的变化也可用于影响R-C电路的时间常数，基本电路图如图7所示：

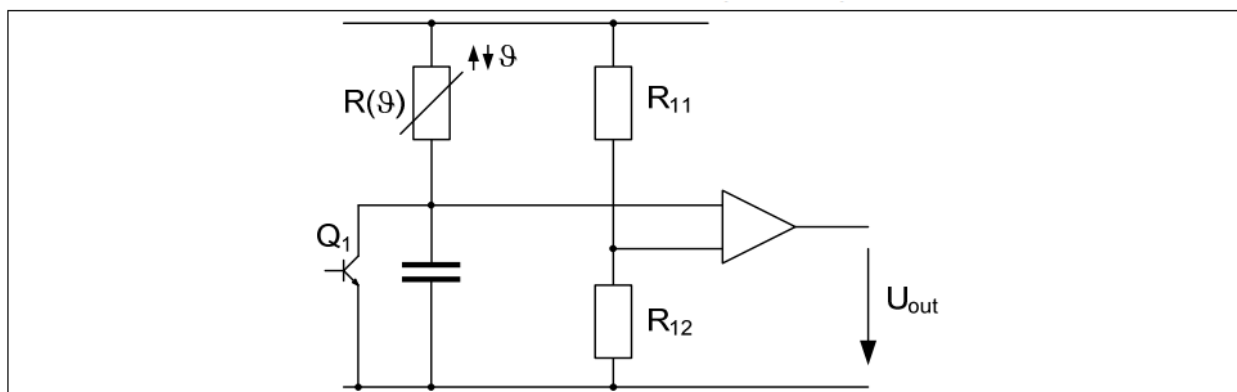


图 7 采用数字方法获得的温度的基本原理图

通过电阻 R_{11} 和 R_{12} 设置比较器的阈值来改变比较器的输出。输出信号 U_{out} 用于触发晶体管 Q_1 来使电容放电。由于电容的充电是受NTC的电阻 $R(\theta)$ 控制的， U_{out} 是一个频率为 $f_{out}=g(\theta)$ 的脉冲。

为了从 U_{out} 得到实际的温度值，对于周期固定的脉冲只需要计算脉冲数的数量就可以了。由脉冲数就可以得到温度值；脉冲数与温度的关系图可以用解析方法或用对照表通过在两个最近的值中由插值方法求出。

<http://www.infineon.com>

Published by Infineon Technologies AG