

应用于白家电的变频器智能功率模块 (IPM) 技术及方案

Technology and Plan for the Converter IPM of White Goods

安森美半导体
ON Semiconductor

摘要: 白家电产品的节能问题日益受到世界各国的关注, 变频器技术的应用可明显提高其能效。本文介绍了安森美半导体变频器智能功率模块 (IPM) 使用绝缘金属基板技术 (IMST®) 的特征及应用方案。

关键词: 白家电 变频器 智能功率模块 (IPM) 绝缘金属基板技术

Abstract: The energy-saving problem of white goods has become an increasing concern around the world. The application of the converter technology can obviously improve the energy efficiency. This paper introduces the characteristics and solution of ON Semiconductor's converter intelligent power module (IPM) which uses the insulated metal substrate technology (IMST®).

Key words: White goods, Converter, Intelligent power module (IPM), Insulated metal substrate technology (IMST®)

[中图分类号] TN773 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2014) 02-0046-03

1 前言

由于世界各国不断关注节能问题, 使节能型消费类产品的需求持续上升, 尤其是电冰箱、洗衣机和空调等白家电产品。除了节能, 白家电设计的挑战包括尺寸、散热、可靠性、噪声及外观设计等。如今, 在白家电设计中, 具有显著节能、低噪声和优异变速性能等特性的无刷直流 (BLDC) 电机 (或称“马达”) 应用越来越广泛。据统计, 高档电冰箱中可能会使用 5 个或以上电机, 空调的室外机及室内机各使用 2 个, 洗衣机/烘干机、洗碗机等通常也会使用 2 个电机, 这就需要高能效的电机驱动/控制方案。

变频器技术的开发, 旨在高效地驱动用于工业及家用电器的电机。此技术要求像绝缘门双极晶体管 (IGBT)、快速恢复二极管 (FRD) 这类功率器件, 以及控制 IC 和无源元件。智能功率模块 (IPM) 将这些元器件高密度贴装封装在一起 (见图 1), 高效地驱动电机, 配合白家电对低能耗、小尺寸、轻重量及高可靠性的要求。IPM 内置高击穿电压的驱动器 IC、高

击穿电压及大电流 IGBT、快速恢复二极管、门极电阻、用于驱动上边 IGBT 及 IGBT 门极电阻的启动二极管、用于检测发热的热敏电阻、用于过流保护的分流电阻等, 用于变频器电路。IPM 提供低损耗, 包含多种封装类型, 电流范围宽。

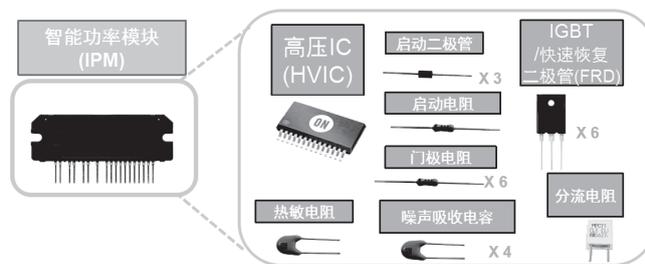


图 1 典型变频器 IPM 将多种元器件封装为模块

图 2 显示的是用于空调的典型电源电路模块。在这个示例中, 变频器 IPM 用于驱动空调压缩机及室外风扇。变频器 IPM 采用微控制器 (MCU) 工作。IPM 模块高速开关电源, 提供更精密控制, 实现更高能效的空调工作。

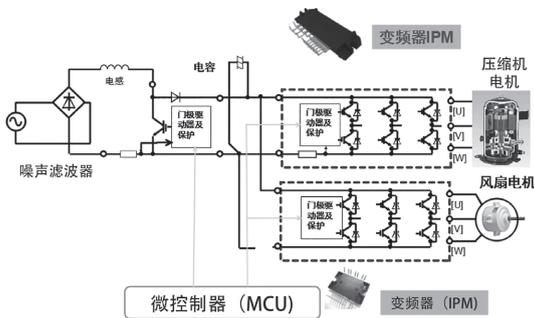


图2 用于空调的变频器 IPM 应用示例

2 变频器 IPM 技术特征及优势

安森美半导积极推动高效创新，推出了用于工业及消费应用（包括白家电电机控制及驱动）的一系列新的 IPM 产品，能驱动 10 A ~ 50 A 输出负载电流。这系列 IPM 产品配用宽广系列的分立电机控制元器件（包括电机控制器、IGBT 及 MOSFET），为客户提供更多的选择。

安森美半导体是全球第一家开发出变频器 IPM 使用绝缘金属基板技术 (IMST®) 的公司。此技术在铝板、也就是在金属基板上搭建电子电路。IMST 技术使多种元件能够封装在同一个模块 IC 中，包括电阻和电容等分立无源元件、二极管和晶体管等分立有源元件，以及更复杂的 IC 或专用集成电路 (ASIC)，如门极驱动器、数字信号处理器 (DSP)、逻辑元件等。IMST 也能使功率输出电路、控制电路及其外围电路贴装在相同基板上。

图 3 中从底到顶的典型横截面，显示提供极佳热性能和机械性能的高热导率铝基板，覆盖在铝基板上的是绝缘层，再上面是用于电气布线的铜箔。该横截面图也揭示了 IMST 技术的一项独特特性，那就是不存在任何用作绝缘体或机械基板的陶瓷层。因此，IMST 技术的接地性能优于任何基于陶瓷的混合电路。贴装在功率模块上的元器件可能会遇到焊点可靠性的问题：要么是在无源器件到基板的接口，要么是在裸片至基板的接口。为了提高可靠性，使用嵌件 (over-molding) 技术，加强机械粘合性，这就大幅增强可靠性，减小焊点的机械应力。因此，安森美半导体基于 IMST 技术的 IPM 具有结构上的优势。

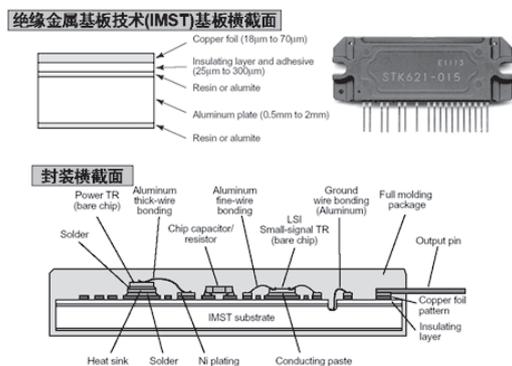


图3 基于 IMST 技术的 IPM 结构示意图

把 IPM 所采用的 IMST 结构与竞争公司的框架结构比较 (见图 4) 可以看出，竞争公司使用的框架 (frame) 结构因为布局和布线问题，难于集成片式电阻及片式电容等无源元件。但安森美半导体的 IPM 可以在铝基板上直接贴装任何元器件，只需极少绕线。此外，还可以在板上贴装分流电阻，能够减小模块尺寸、并减少元器件数量。

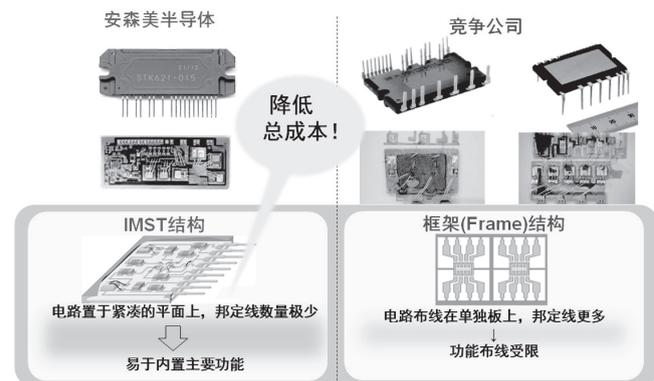


图4 IPM 的 IMST 结构能降低总成本

不仅如此，跟分立器件方案相比，安森美半导体 IPM 使用的 IMST 技术，还提供更灵敏、更高精度的温度检测，实现更可靠的散热保护。IMST 技术能够从铝板的高热传导率受益。热保护取决于控制器件检测到热变化的距离和时间。分立器件方案的温度检测距离较远，导致检测延迟。IMST 技术在模块中内置热敏电阻，故以高度受控的方法监测检测时间及针对快速发热事件的灵敏度，因而延迟时间短，检测性能高，提供可靠的散热保护，见图 5。

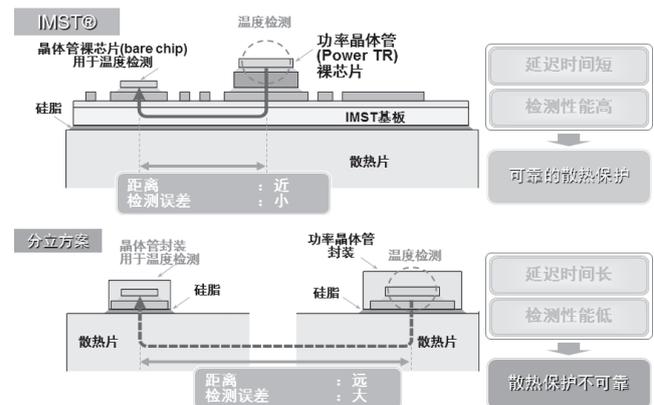


图5 IMST 技术提供更优异的温度检测，提供更可靠的散热保护

IMST 技术的另一项重要优势，是其电路功能。由于内置了用于检测电流的分流电阻，就可以在不超过 $3\mu\text{s}$ 时间内实现短路保护，因为用于电流保护的元件在模块内的布局位置很近。IMST 技术能够将不同元器件贴装在 PCB 上，因此，能够减小 PCB，使 PCB 易于设计，缩短终端产品的设计时间。

安森美半导体的 IMST IPM 能够帮助大幅减少元件数量，

帮助降低系统总成本。以 K551U362A-E IPM 为例，仅需电容、电阻及二极管等外围元件 11 颗，而相同功能的竞争产品外围元件数量可能高达 23 颗。

其它的 IMST IPM 优势，还包括噪声抑制、降低浪涌电压等。降低电机噪声是白家电设计工程师面对的设计挑战之一。IMST 技术有效降低开关 EMC/EMI 噪声，因为铝金属基板与铜箔图案之间的绝缘树脂产生了分布式电容。此外，像 IPM 这样的高压、大电流器件，在进行脉宽调制 (PWM) 开关工作期间，开关关断时会产生由布局及绕线寄生电感导致的瞬态高压尖峰。但 IMST 基板本质上会抑制高压并降低噪声，因为模块内的布线经过了预测试，固有寄生参数极小，能够降低浪涌电压。

IPM 在能效性能方面则更有优势。在相同条件下的测试结果显示，IPM 模块的能耗更低，能效高出 10% 甚至更高。更高能效的方案在本质上帮助减小散热片尺寸，提升可靠性，解决白家电的设计挑战。

IPM 采用单列直插式封装 (SIP) 型封装，这种封装提供贴装的灵活性，能够以引线成形方式将模块水平或垂直贴装。采用垂直贴装时，由于占位面积及 PCB 面积相应较少，故提

供空间的优点。SIP 结构简化布局，有利于缩短 PCB 设计时间。为符合不同的客户需求，也规划提供双列直插封装 (DIP) 封装的 IPM。

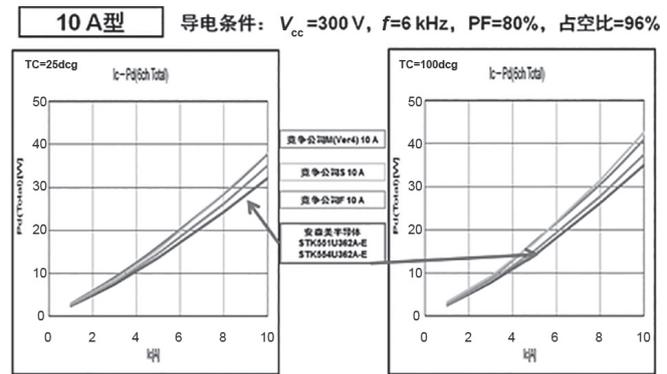


图 6 安森美半导体的 IPM 能耗更低，能效更高

3 变频器 IPM 产品系列

提供一系列创新的 IPM，既包括单分流电阻型，也包含 3 分流电阻型。公司的创新、智能及高集成度的方案，帮助设计工程师解决他们面对的挑战。此外，安森美半导体的产品满足 UL 标准认证要求，可帮助客户缩短设计及评估时间。

表 1 变频器 IPM 产品系列 (10A ~ 50A)

STK5X1 系列：“单分流电阻”型号（低边共射极 / 内置分流电阻）

序号	器件型号	封号	规格 (V_{ce}/I_o)	功能					
				分流电阻	启动二极管	热敏电阻	ISD 设定	故障指示器	输入信号
1	STK551U362A-E	SIP1A	600V/10A	1	√	√	√	√	有源高电平
2	STK551U392A-E	SIP1A	600V/15A	1	√	√	√	√	有源高电平
3	STK551U3A2A-E	SIP1A	600V/20A	1	√	√	√	√	有源高电平
4	STK581U3C2D-E	SIP3	600V/30A	1	√	√	√	√	有源高电平
5	STK5F1U3C2D-E	DIP4	600V/30A	1	√	√	√	√	有源高电平
6	STK5F1U3E2D-E	DIP4	600V/50A	1	√	√	√	√	有源高电平

STK5X4 系列：“3 分流电阻”型号（低边共射极 / 分流电阻外置）

序号	器件型号 正开发	封号	规格 (V_{ce}/I_o)	功能					
				分流电阻	启动二极管	热敏电阻	ISD 设定	故障指示器	输入信号
1	STK544UC62K-E	SIP1	600V/10A	3	√	√		√	有源高电平
2	STK554U362A-E	SIP1A	600V/10A	3	√	√		√	有源高电平
3	STK554U362C-E	SIP1A 垂直	600V/10A	3	√	√		√	有源高电平
4	STK554U392A-E	SIP1A	600V/15A	3	√	√		√	有源高电平
5	*STK554U392A-E	SIP1A	600V/20A	3	√	√		√	有源高电平
6	*STK5M4U3C2A-E	SIP3B	600V/30A	3	√	√		√	有源高电平
7	STK5F4U3C2D-E	DIP4	600V/30A	3	√	√		√	有源高电平
8	STK5F4U3E2D-E	DIP4	600V/50A	3	√	√		√	有源高电平

4 总结

安森美半导体基于 IMST 技术的 IPM 提供多重技术优势，解决白家电设计工程师的各种设计问题。由于设计紧凑、占

位面积少的 IPM 模块集成了多种内置特性及智能功能，工程师可以简化设计、减小电路板空间、提升可靠性、减少元器件数量及降低元器件总成本。