

适用于低功率驱动器的 21mm x 36mm封装集成 “PFC + 逆变器” IPM (智能功率模块)

本文介绍了针对低功率驱动应用优化的新PFC+逆变器IPM (智能功率模块)。三相逆变器和单升压PFC集成在一个具有SOI (绝缘体上硅) 门极驱动器的单个小型化DIL (双列直插) 传递模塑类型封装中。使用这种新型IPM可以极大地降低系统的规模 and 成本。

A new PFC+Inverter IPM (Intelligent Power Module) optimized for low power Drives is introduced. A three phase inverter and a single boost PFC stage are integrated in one single miniaturized DIL (Dual-In-Line) transfer molded type package with a SOI (Silicon On Insulator) gate driver. With this new IPM, the size and cost of system can be dramatically reduced.

作者: 韩国英飞凌科技Power Semitech公司秋秉镐、张孝相、李俊培、李旻燮、郑大雄

概述

新型IPM的内部电路由逆变器和PFC组成。三相逆变器具有六个600V额定TRENCHSTOP™ IGBT和六个发射极控制二极管以及一个提供集成自举电路的SOI驱动器IC和用于温度监控的热敏电阻。PFC由650V额定TRENCHSTOP™ IGBT和快速开关发射极控制二极管组成, 具有快速和软开关特性(图1)。

降低成本

在开发新的电机驱动装置时, 系统工程师考虑的最主要因素是如何将总成本最小化。不仅要考虑IPM本身、散热器和PCB等材料成本, 还要考虑开发上市的时间。

小型化传递模塑封装 (封装尺寸和结构)

使用高级集成的新型IPM的封装轮廓如图2所示。新型IPM构建在尺寸紧凑的英飞凌科技CIPOS™ (控件集成Power系统) 迷你封装中, 尺寸为21mmx36mmx3.1mm。新型IPM已经过UL认证 (UL1557文件编号E314539) 且符合RoHS。

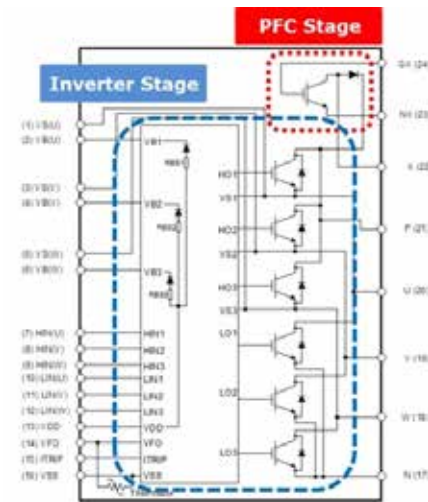


图1: 内部电路

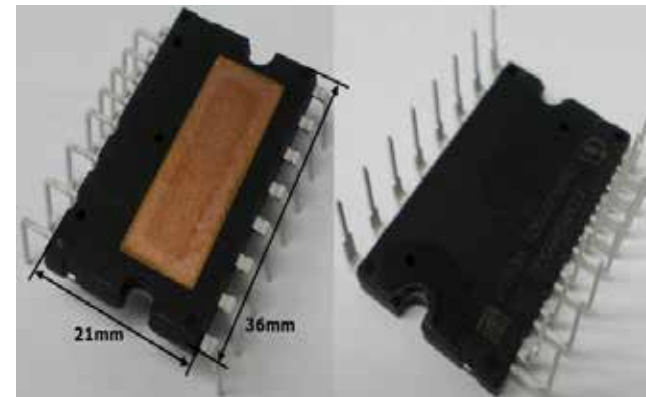


图2: 外部视图

DCB (直接键合铜) 是具有良好导热性能的基板, 用作高热性能的衬底。图3显示了新型IPM的横截面视图。所有主要热源 (如IGBT和二极管) 都安装在DCB上, 以充分利用该封装的热传递能力。因此, 即便该封装的尺寸非常紧凑, 新型IPM仍是用于功率高达3kW的电机驱动装置的极佳解决方案[1]。

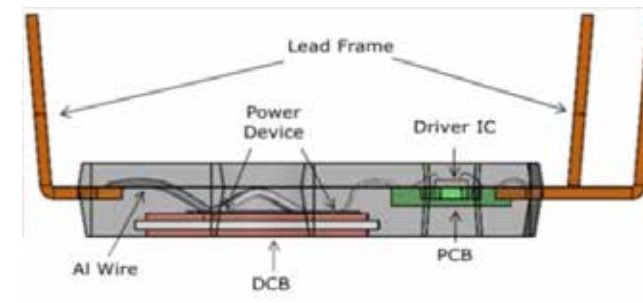
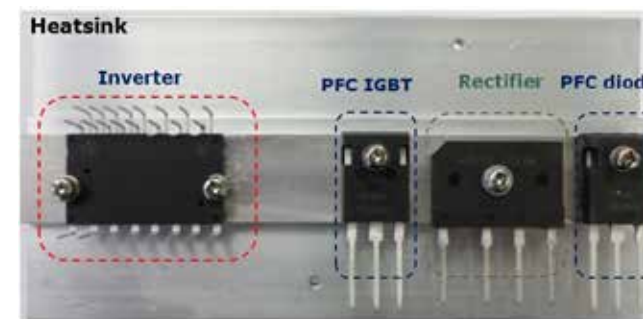


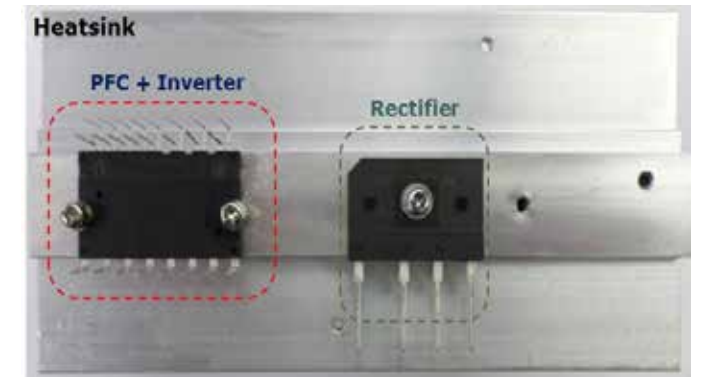
图3: 横截面视图

散热器和PCB的尺寸

所有的功率半导体部件 (即桥式整流器、用于PFC的分立IGBT、分立升压二极管和用于电机驱动装置的IPM) 通常都会安装在一个散热器上进行散热。图4显示了通过将分立的功率半导体和驱动装置集成到一个封装中, 可以减少PCB和散热器的尺寸并简化装配过程[2]。



(a) 离散型PFC和逆变器IPM解决方案

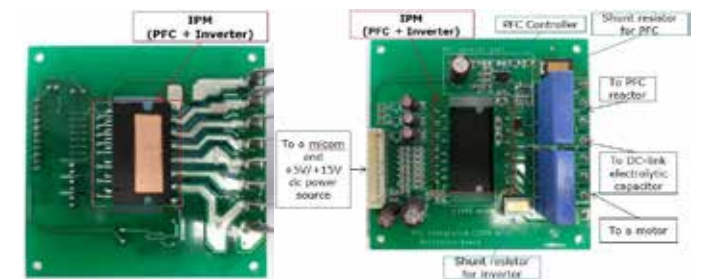


(b) 新型IPM解决方案

图4: 散热器上的安装配置

开发提速 (参考板, 图5和图6)

新的电路设计、绘图和PCB组装在系统开发过程中需要花费很多时间。为了减少时间, 并快速确定新型IPM是否可以运行电机装置, 英飞凌开发出了参考板。操作电机所需的最基本的外围设备安装在电路板上, 其它的部件, 如PWM信号、+5V/+15V直流电源、PFC电感器和直流链电解电容器, 则通过导线从板的外部连接到参考板。



(a) 正面

(b) 背面

图5: 参考板的结构

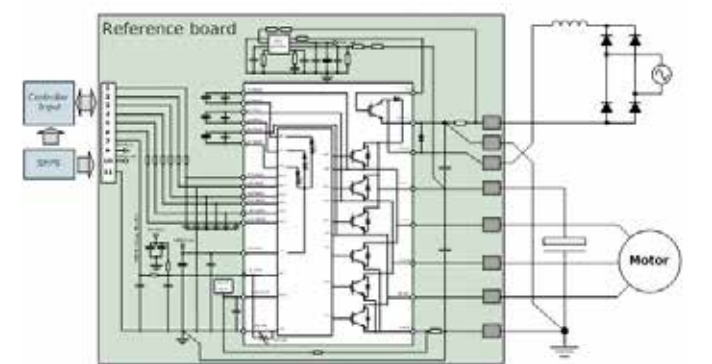


图6: 参考板的应用示例

650V额定电压的PFC

英飞凌科技根据其PFC IGBT特性开发了两款产品。这两款产品是用于20kHz开关频率的High Speed 3 (HS3)和用于40kHz开关频率的TRENCHSTOP™ 5 (TS5), 如表1所示。由快速发射极控制的英飞凌二极管经过优化, 可作为PFC拓扑结构中的升压二极管与TRENCHSTOP™ IGBT一起工作。它结合了低 V_f 用于降低传导损耗以及低 I_{rr} 用于降低IGBT的 E_{on} [3]。所有的功率设备都具有650V的额定电压, 并提供更高的可靠性和坚固性, 以对抗不稳定的交流电网[4]。

型号	PFC			逆变器			电机最大功率
	额定电压	额定电流	目标 Fsw	额定电压	额定电流	目标 Fsw	
IFCM15P60GD	650V	30A	40kHz	600V	15A	5 kHz	3kW
IFCM15S60GD	650V	30A	20kHz	600V	15A	5 kHz	3kW
IFCM10P60GD	650V	30A	40kHz	600V	10A	5 kHz	2kW
IFCM10S60GD	650V	30A	20kHz	600V	10A	5 kHz	2kW

表1: 产品线、额定值和目标开关频率

逆变器的特性

逆变器具有许多确保逆变器安全运行功能。这些功能可以通过坚固的SOI门极驱动器和热敏电阻来实现。

- 允许的负VS电位高达-11V, 用于VBS=15V时的信号传输
- 集成的自举功能
- 全通道欠压闭锁
- 交叉传导预防
- 在保护期间关闭全部6个开关
- 过流关断
- 温度监控器

过流保护

新型IPM将监视ITRIP管脚的电压, 当电压超过 $V_{IT,TH+}$ (正向阈值电压) 时, 将会激活故障信号, 同时关闭全部6个IGBT。最大过流断路电平通常设置为额定集电极电流的2倍以下[5]。

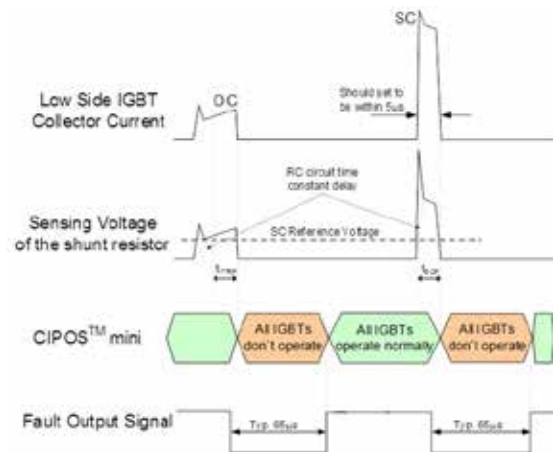


图7: 过流保护时间图

超温保护

此IPM中集成了一个热敏电阻用于超温保护。该电阻在25°C下通常为85kΩ, 在100°C下为5.4kΩ (图8)。

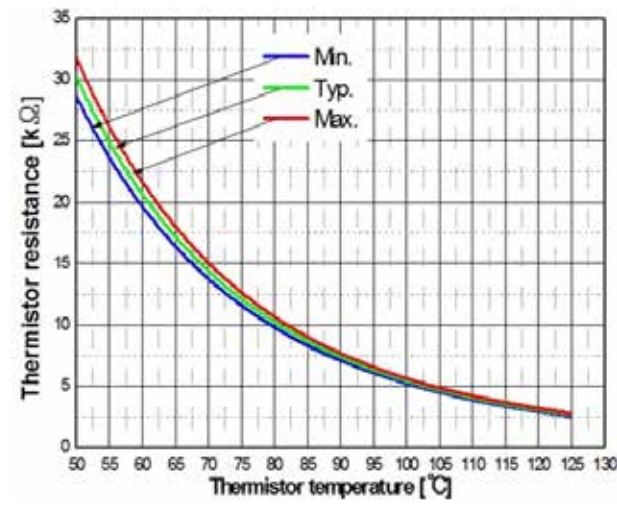


图8: 热敏电阻与温度的关系

如图9所示, VFO管脚直接连接到ADC和微控制器的故障检测端子, 因为热敏电阻与具有开漏配置的故障输出端子并联。例如, 当上拉电阻 $R1$ 为3.6kΩ时, VFO电压在约100°C为2.95Vtyp, 在 $V_{ctr}=5V$ 时为1.95V, 在 $V_{ctr}=3.3V$ 时为1.95V, 如图10所示。

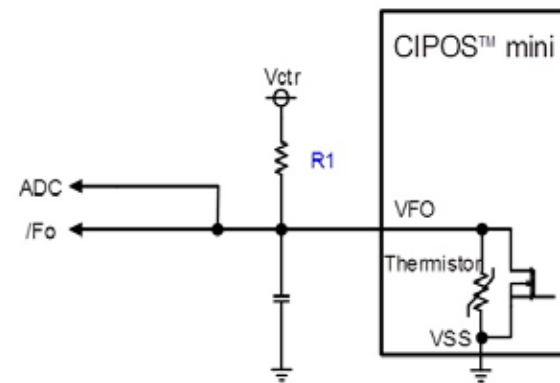


图9: 超温保护电路

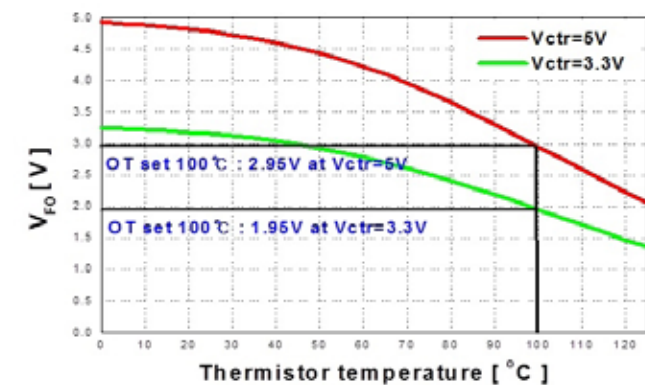
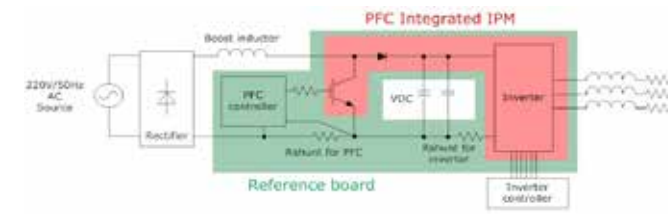


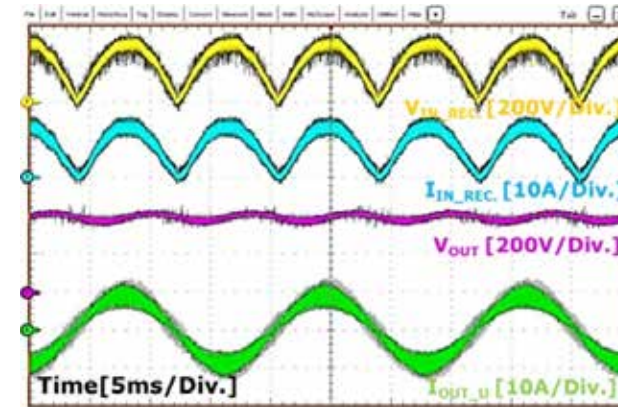
图10: VFO电压与温度的关系

热性能评估

图11是测试电路和测量波形, 显示了测试系统的工作状态, 用于评估输入功率为2kW时的热性能。运行条件为PFC控制器=ICE2PCS05G, 输入功率 $P_{IN}=2kW$, 交流输入电压 $V_{IN}=220V/60Hz$, 直流链电压 $V_{DC}=400V$, 逆变器开关频率=5kHz, PFC开关频率=20kHz, RL负载 ($R=13.75\Omega$, $L=2.96mH$, 功率因数=0.99), $M1=0.69$, 门极电阻 $R_g=5.1\Omega$, 环境温度 $T_a=25^\circ C$ 。参与测试的设备为IFCM15S60GD。输入功率因数约为0.995, THD约为9.78%。



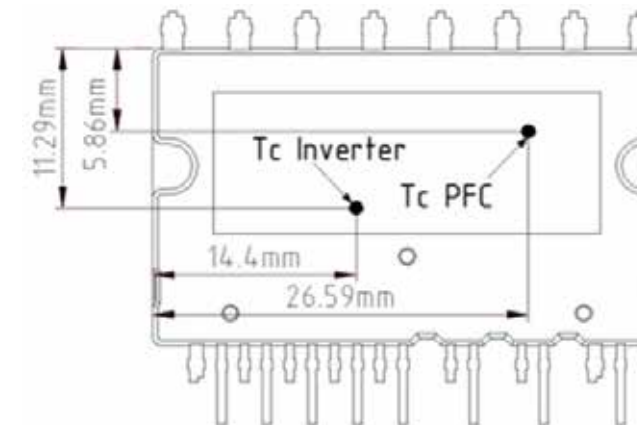
(a) 测试电路



(b) 波形

图11: 新型IPM的测试电路和波形

PFC IGBT位置下的外壳温度最高点约为67.5°C, 高于逆变器部件的外壳温度。IFCM15S60GD足以处理超过2kW的功率。



(a) 温度测量点

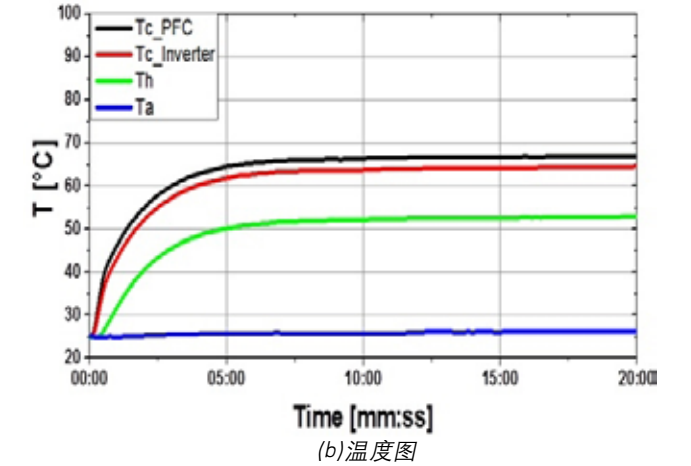


图12: 新型IPM(IFCM15S60GD)的温度测量点和测试结果

总结

新型智能功率模块是用于室内空调等变频电机驱动装置的逆变器和PFC拓扑结构的最佳解决方案。英飞凌科技拥有所有必要的技术, 并通过最小化的系统规模、最低的总成本以及最快的上市时间, 帮助客户实现尺寸紧凑而更高效的解决方案。

参考文献

- [1] S Park, J Cho, H Kwon, J Lee, D Chung: “一个紧凑型智能功率模块, 高热性能高达4kW功率电机驱动装置”, PCIM Europe 2014, 德国纽伦堡。
- [2] H.Jang, B.Choo, J.Lee, M.Lee, D.Chung: 英飞凌科技的电力智能电网, “具有三相逆变器的新型高级集成智能功率模块和针对家电优化的功率因数校正拓扑结构”, pp863-870 PCIM Europe 2016, 德国纽伦堡。
- [3] “650V快速二极管工业应用”, 应用说明, Infineon Technologies AG V2.0, 2014年7月
- [4] S Shim, B Choo, J Lee, D Chung: “新型高效两相和三相交叉功率因数校正升压转换器, 适用于低功耗家电的具有高开关能力的智能功率模块”。ICPE 2015 Asia, 韩国首尔。
- [5] “CIPOSTM迷你逆变器IPM技术说明”, 应用说明, 英飞凌科技。