



# 低电压吊扇参考设计 用户指南

---

请注意以下有关 Microchip 产品代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信: 在正常使用且符合工作规范的情况下, Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为, 这种行为可能会违反《数字千年版权法案》(Digital Millennium Copyright Act)。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

---

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品, 包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利, 将来可能会发生更新。如需额外的支持, 请联系当地的 Microchip 销售办事处, 或访问 <https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-supportservices>。

**Microchip “按原样” 提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保, 或针对其使用情况、质量或性能的担保。**

在任何情况下, 对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销, Microchip 概不承担任何责任, 即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内, 对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔, Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额 (如有)。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用, 一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时, 会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明, 在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗或以其他方式转让任何许可证。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息, 请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

#### 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maxStylus、maxTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、GridTime、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、KoD、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2022, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。  
ISBN: 978-1-6683-1649-8

---

---

目录

---

---

前言 .....	5
第 1 章 简介 .....	9
1.1 概述 .....	9
1.2 特性 .....	10
1.3 框图 .....	10
1.4 参考设计中的主要元件 .....	12
第 2 章 板上接口说明 .....	13
2.1 简介 .....	13
2.2 板上连接器 .....	13
2.3 用户接口 .....	16
2.4 dsPIC <sup>®</sup> DSC 的引脚功能 .....	18
附录 A 原理图和布线图 .....	19
A.1 开发板原理图和布线图 .....	19
附录 B 电气规范 .....	27
附录 C 物料清单 (BOM) .....	29
C.1 物料清单 (BOM) .....	29
C.2 数据表 —— 定制磁性元件 .....	32
附录 D 测试结果 .....	35
全球销售及服务网点 .....	40

注:

## 前言

### 客户须知

本文档如同所有其他文档一样具有时效性。Microchip 会不断改进工具和文档以满足客户的需求，因此实际使用中有些对话框和 / 或工具说明可能与本文档所述之内容有所不同。请访问我们的网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) 获取最新文档。

文档均标记有“DS”编号。该编号出现在每页底部的页码之前。DS 编号的命名约定为“DSXXXXXXXXA\_CN”，其中“XXXXXXXX”为文档编号，“A”为文档版本。

欲了解开发工具的最新信息，请参考 MPLAB® IDE 在线帮助。从 Help（帮助）菜单选择 Topics（主题），打开现有在线帮助文件列表。

### 简介

本章包含使用低电压吊扇参考设计前需要了解的一般信息。内容包括：

- [文档编排](#)
- [本指南使用的约定](#)
- [推荐读物](#)
- [Microchip 网站](#)
- [客户支持](#)
- [文档版本历史](#)

### 文档编排

本文档介绍了如何使用低电压吊扇参考设计。本手册的内容编排如下：

- **第 1 章 “简介”** —— 本章介绍了参考设计。
- **第 2 章 “板上接口说明”** —— 本章提供了吊扇参考设计输入和输出接口的详细说明。
- **附录 A “原理图和布线图”** —— 本附录提供了低电压吊扇参考设计的原理图和 PCB 布线图。
- **附录 B “电气规范”** —— 本附录提供了低电压吊扇参考设计的电气规范。
- **附录 C “物料清单 (BOM)”** —— 本附录提供了低电压吊扇参考设计的物料清单。
- **附录 D “测试结果”** —— 本附录提供了低电压吊扇参考设计的测试结果。

# 低电压吊扇参考设计用户指南

## 本指南使用的约定

本指南采用以下文档约定：

### 文档约定

说明	表示	示例
<b>Arial 字体：</b>		
斜体字	参考书目	<i>MPLAB® IDE User's Guide</i>
	需强调的文字	<i>..... 仅有的编译器 .....</i>
首字母大写	窗口	Output 窗口
	对话框	Settings 对话框
	菜单选择	选择 Enable Programmer
引用	窗口或对话框中的字段名	“Save project before build”
带右尖括号且有下划线的斜体文字	菜单路径	<i><u>File&gt;Save</u></i>
粗体字	对话框按钮	单击 <b>OK</b>
	选项卡	单击 <b>Power</b> 选项卡
N'Rnnnn	verilog 格式的数字，其中 N 为总位数，R 为基数，n 为其中一位。	4'b0010, 2'hF1
尖括号 <> 括起的文字	键盘上的按键	按下 <Enter>, <F1>
<b>Courier New 字体：</b>		
常规 Courier New	源代码示例	#define START
	文件名	autoexec.bat
	文件路径	c:\mcc18\h
	关键字	asm, endasm, static
	命令行选项	-Opa+, -Opa-
	二进制位值	0, 1
	常量	0xFF, 'A'
斜体 Courier New	可变参数	<i>file.o</i> , 其中 <i>file</i> 可以是任一有效文件名
方括号 []	可选参数	mcc18 [选项] <i>file</i> [选项]
花括号和竖线: {}	选择互斥参数；“或”选择	errorlevel {0 1}
省略号 ...	代替重复文字	var_name [, var_name...]
	表示由用户提供的代码	void main (void) { ... }

## 推荐读物

本用户指南介绍了低电压吊扇参考设计。有关编程特定单片机或数字信号控制器（Digital Signal Controller, DSC）的更多信息，请参见具体器件的数据手册。下面列出了其他有用的文档。以下 Microchip 文档均已提供，并建议读者作为补充参考资料。

### AN1299, 《PMSM 无传感器 FOC 的单电流检测电阻三相电流重构算法》

#### 自述文件

有关使用其他工具的最新信息，请阅读与该工具相关的自述文件，文件位于 MPLAB® X IDE 安装目录的 Readme 子目录下。自述文件包含了本用户指南中可能未提供的更新信息和已知问题。

有关使用低电压吊扇参考设计设置和运行电机控制应用的分步说明，请参见随电机控制应用程序代码一起提供的自述文件。

#### 《dsPIC33 系列参考手册》

每个模块都有具体的系列参考手册（Family Reference Manual, FRM），这些手册介绍了 dsPIC® DSC MCU 系列架构和外设模块的操作。每个器件系列的具体信息在各自的数据手册中说明。

要获取上述任何文档，请访问 Microchip 网站 [www.microchip.com](http://www.microchip.com)。

## MICROCHIP 网站

Microchip 网站（[www.microchip.com](http://www.microchip.com)）为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下内容：

- **产品支持** —— 数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持** —— 常见问题解答（FAQ）、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务** —— 产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

## 产品变更通知服务

Microchip 的客户通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请登录 Microchip 网站 [www.microchip.com](http://www.microchip.com)，点击**产品变更通知**（Product Change Notification）并按照注册说明完成注册。

## 客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师（CAE）
- 应用工程师（ESE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师（ESE）寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 <http://www.microchip.com/support> 获得网上技术支持。

## 文档版本历史

### 版本 A（2022 年 4 月）

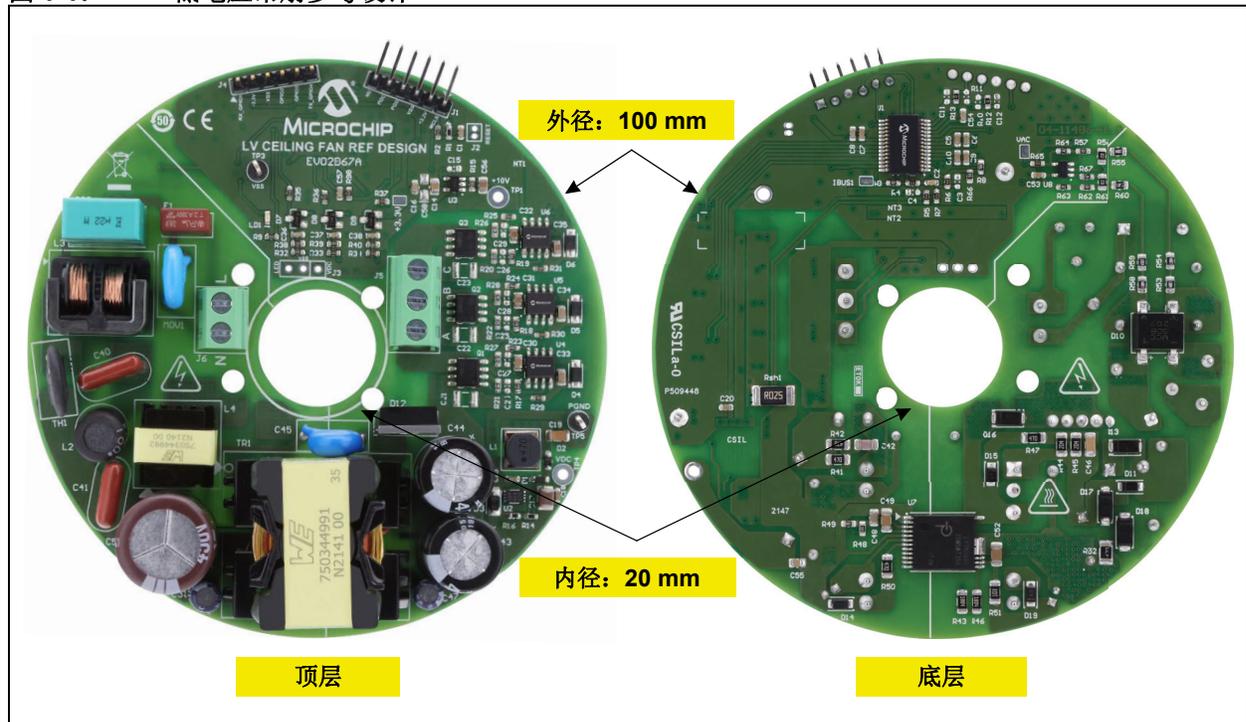
- 本文档的初始版本。

## 第 1 章 简介

### 1.1 概述

低电压吊扇参考设计演示了如何使用 Microchip 的数字信号控制器（Digital Signal Controller, DSC）dsPIC33CK64MC102 实现高性能吊扇电机控制。这款 dsPIC<sup>®</sup> DSC 集成了增强型片上外设，例如高速 PWM、高速 ADC、运算放大器、比较器、通信外设和定时器等，适合实现高级电机控制解决方案。此参考设计旨在驱动低电压三相 PMSM/BLDC（永磁同步电机或无刷直流）吊扇电机。电路板使用输入交流电源供电，工作电压范围为 90-265 VAC。此设计可以驱动最高 40W 的 BLDC/PMSM 电机。有关电气规范的更多信息，请参见附录 B “电气规范”。

图 1-1: 低电压吊扇参考设计



## 1.2 特性

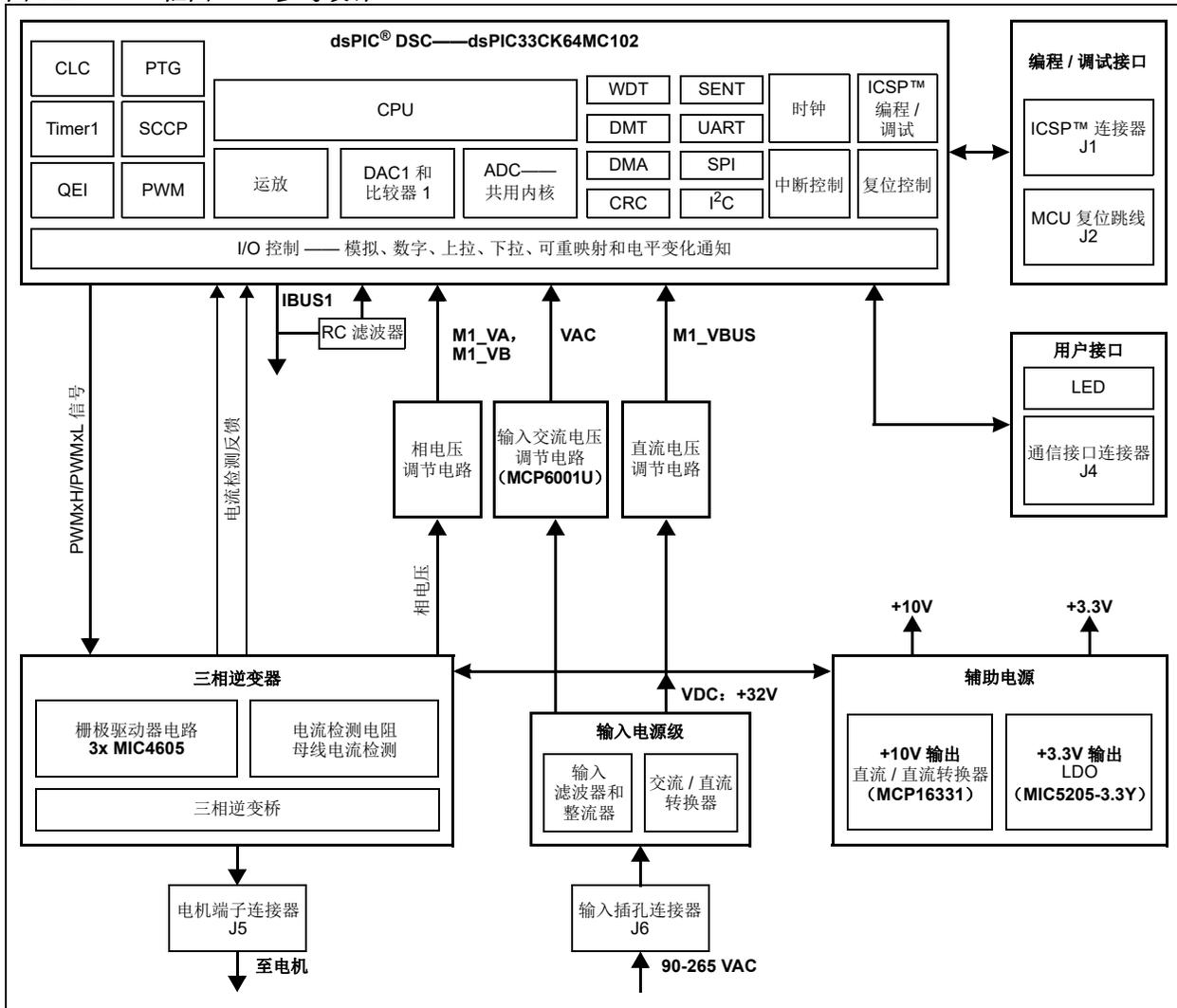
参考设计的主要特性如下：

- 三相电机控制功率级
- 32V、45W 带填谷式 PFC 的反激式开关电源
- 辅助电源，用于为板上电路和外部接口供电
- 直流母线电流反馈，用于过流保护以及实现单电流检测电阻电流重构算法
- 直流母线电压反馈，用于电压保护和补偿
- 交流电压测量电路
- 相电压反馈，用于实现无传感器反电动势（Back-EMF，BEMF）控制或非零转速启动（风车式）
- ICSP™ 连接器，用于连接 Microchip 编程器 / 调试器

## 1.3 框图

图 1-2 给出了参考设计框图。

图 1-2: 框图——参考设计



参考设计的各个硬件部分如图 1-3 所示，表 1-1 对此进行了总结。

图 1-3: 硬件部分

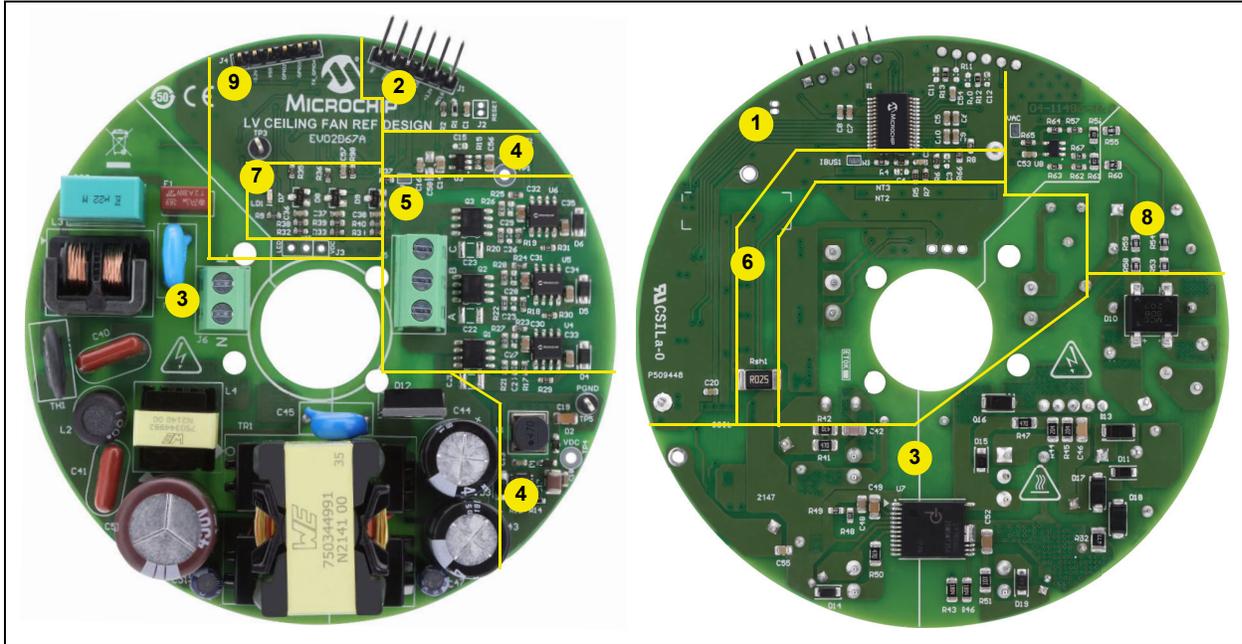


表 1-1: 硬件部分

编号	硬件部分
1	dsPIC33CK64MC102 及相关电路
2	编程 / 调试接口和 MCU 复位
3	输入滤波器、整流器和带填充式 PFC 的交流 / 直流转换器
4	辅助电源 (+10V 和 +3.3V)
5	三相电机控制逆变器
6	电流检测电路
7	相电压检测电路
8	输入交流电压检测电路
9	用户接口 —— LED 和通信接口

# 低电压吊扇参考设计用户指南

## 1.4 参考设计中的主要元件

参考设计使用了许多元件来实现其功能。表 1-2 中总结了设计中使用的主要元件，如图 1-4 所示。

图 1-4: 参考设计中的主要元件

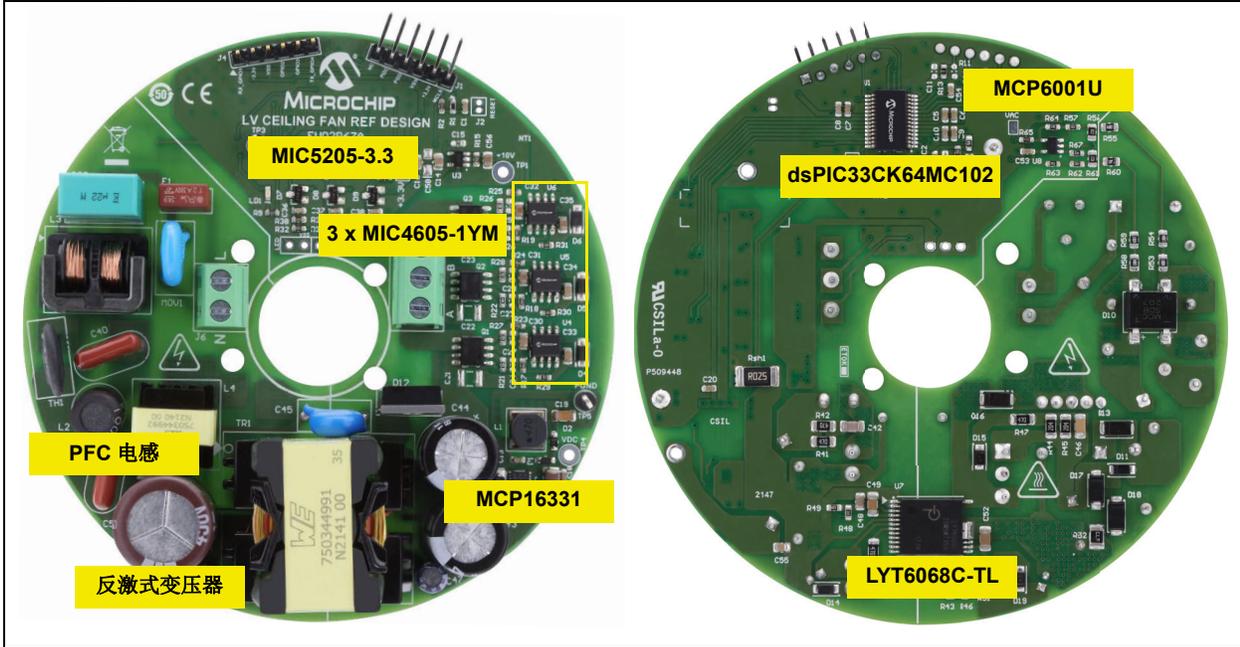


表 1-2: 参考设计中的主要元件

部件编号	说明	制造商	元件标识
<b>Microchip 元件</b>			
dsPIC33CK64MC102	16 位 100 MHz 高性能 64 KB DSC, SSOP-28	Microchip	U1
MCP16331T-E/MNY	50V/1A, 非同步降压稳压器, TDFN-8		U2
MIC5205-3.3TM5	150 mA 低噪声 LDO 稳压器, 5 引脚, SOT-23		U3
MIC4605-1YM	85V 半桥 MOSFET 驱动器, 带自适应死区时间和直通保护功能		U4, U5, U6
MCP6001UT	1 MHz 低功耗运放		U8
<b>其他主要元件</b>			
LYT6068C-TL	集成高压开关和 FluxLink™ 反馈功能的反激式 CV/CC LED 驱动器 IC	Power Integrations	U7
750344992	电感, 1031 μH, 800 mA, 10%, EE13/6/6	Würth	L4
750344991	反激式变压器, PQ2620	Electronics	TR1

## 第 2 章 板上接口说明

### 2.1 简介

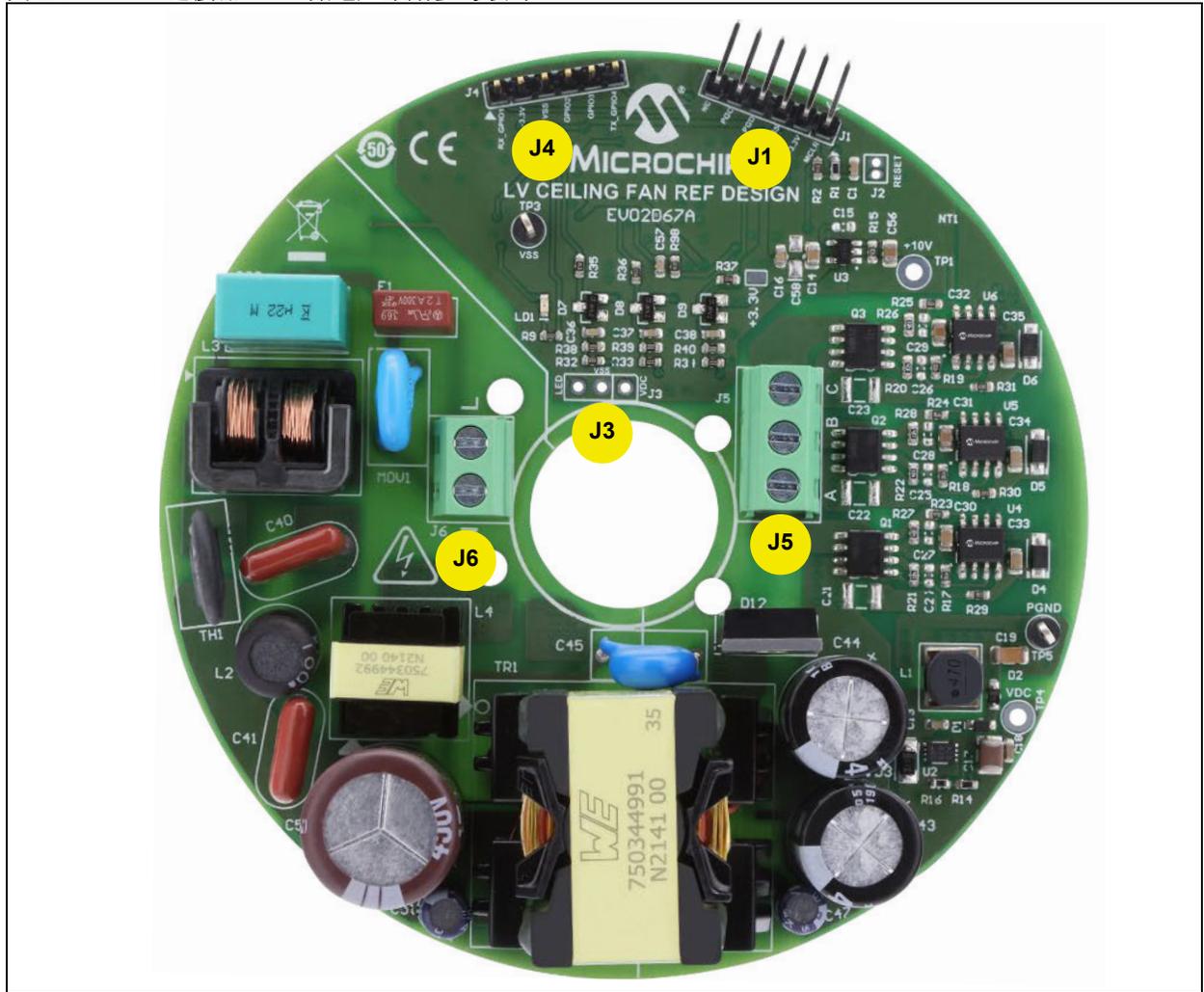
本章提供了低电压吊扇参考设计输入和输出接口的详细说明，其中涵盖以下主题：

- 板上连接器
- 用户接口
- dsPIC® DSC 的引脚功能

### 2.2 板上连接器

本节总结了参考设计中的连接器。这些连接器如图 2-1 中所示，表 2-1 对此进行了总结。

图 2-1: 连接器——低电压吊扇参考设计



**表 2-1: 连接器 —— 低电压吊扇参考设计**

连接器标识符	引脚数	状态	说明
J1	6	未安装	ICSP™ 连接器 —— 用于将编程器 / 调试器连接到参考设计
J3	3	未安装	LED 接口连接器
J4	6	已安装	用于外部传感器 / 电路接口
J5	3	已安装	三相逆变器输出, 用于连接电机
J6	2	已安装	输入交流电源连接器

## 2.2.1 编程器 / 调试器接口的 ICSP™ 连接器 (J1)

6 引脚连接器 J1 可以连接编程器, 例如 PICKit™ 4, 用于编程和调试低电压吊扇参考设计。该连接器默认情况下不安装。需要时, 安装部件编号为 68016-106HLF 的连接器或类似的连接器。表 2-2 给出了引脚的详细信息。

**表 2-2: 引脚说明 —— 连接器 J1**

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	MCLR	器件主复位 ( $\overline{\text{MCLR}}$ )
2	+3.3V	电源电压
3	Vss	地
4	PGD	器件编程数据线 (PGD)
5	PGC	器件编程时钟线 (PGC)
6	无连接	—

## 2.2.2 LED 接口连接器 (J3)

3 引脚连接器 J3 用于连接外部 LED (吊扇灯)。表 2-3 给出了引脚的详细信息。该连接器默认情况下不安装。

**表 2-3: 引脚说明 —— 连接器 J3**

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	VDC	直流母线正极
2	Vss	地
3	LED1	来自单片机的 LED 信号

### 2.2.3 通信接口连接器（J4）

该连接器可用于建立串行通信（UART 或 SPI，使用可重映射功能）和连接远程控制（IR 或 RF）等。表 2-4 给出了引脚的详细信息。

表 2-4: 引脚说明 —— 连接器 J4

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	RX_GPIO1	连接至单片机引脚 18 (PGC1/AN11/RP41/SDA1/RB9)
2	+3.3V	电源电压
3	Vss	地
4	GPIO2	连接至单片机引脚 10 (OSCO/CLKO/AN6/RP33/RB1)
5	GPIO3	连接至单片机引脚 13 (PGC2/OA2IN+/RP36/RB4)
6	TX_GPIO4	连接至单片机引脚 17 (PGD1/AN10/RP40/SCL1/RB8)

### 2.2.4 逆变器输出连接器（J5）

参考设计可以驱动三相 PMSM/BLDC 电机。电机控制逆变器输出可通过连接器 J5 输出。表 2-5 给出了连接器 J5 的引脚分配。必须正确连接电机相序，以防止反转。

表 2-5: 引脚说明 —— 连接器 J5

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	C 相	逆变器的相 3 输出
2	B 相	逆变器的相 2 输出
3	A 相	逆变器的相 1 输出

### 2.2.5 电路板输入电源连接器（J6）

电路板设计为在 90 至 265 VAC 交流电压范围内工作。可通过连接器 J6 为电路板供电。表 2-6 给出了连接器的详细信息。

表 2-6: 引脚说明 —— 连接器 J6

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	N	零线连接
2	L	火线（也称为相线）连接

## 2.3 用户接口

本节总结了参考设计中提供的用户接口元件。这些元件在图 2-2 和图 2-3 中进行了标记，表 2-7 对此进行了总结。

图 2-2: 参考设计顶层的用户接口元件

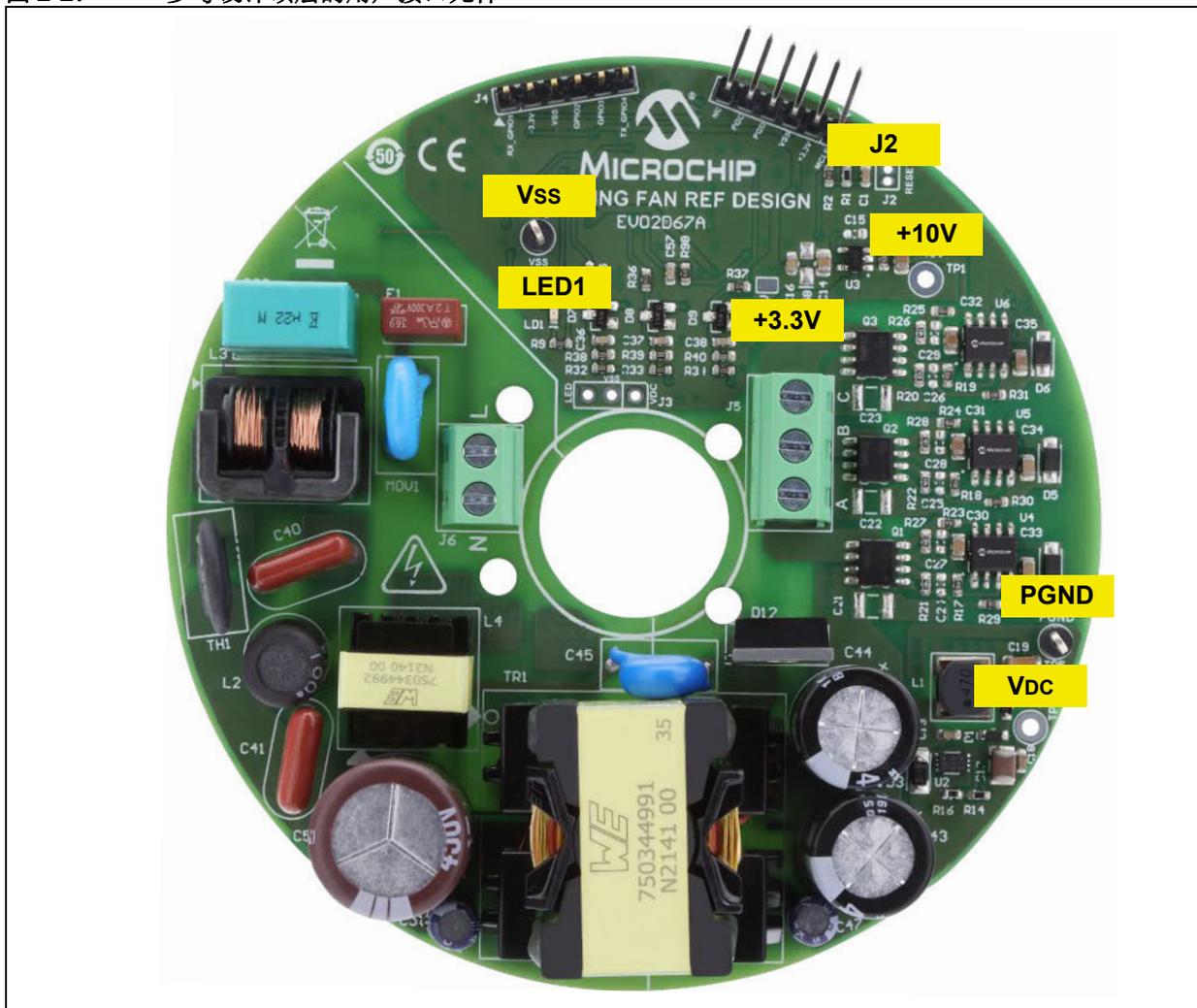


图 2-3: 参考设计底层的用户接口元件

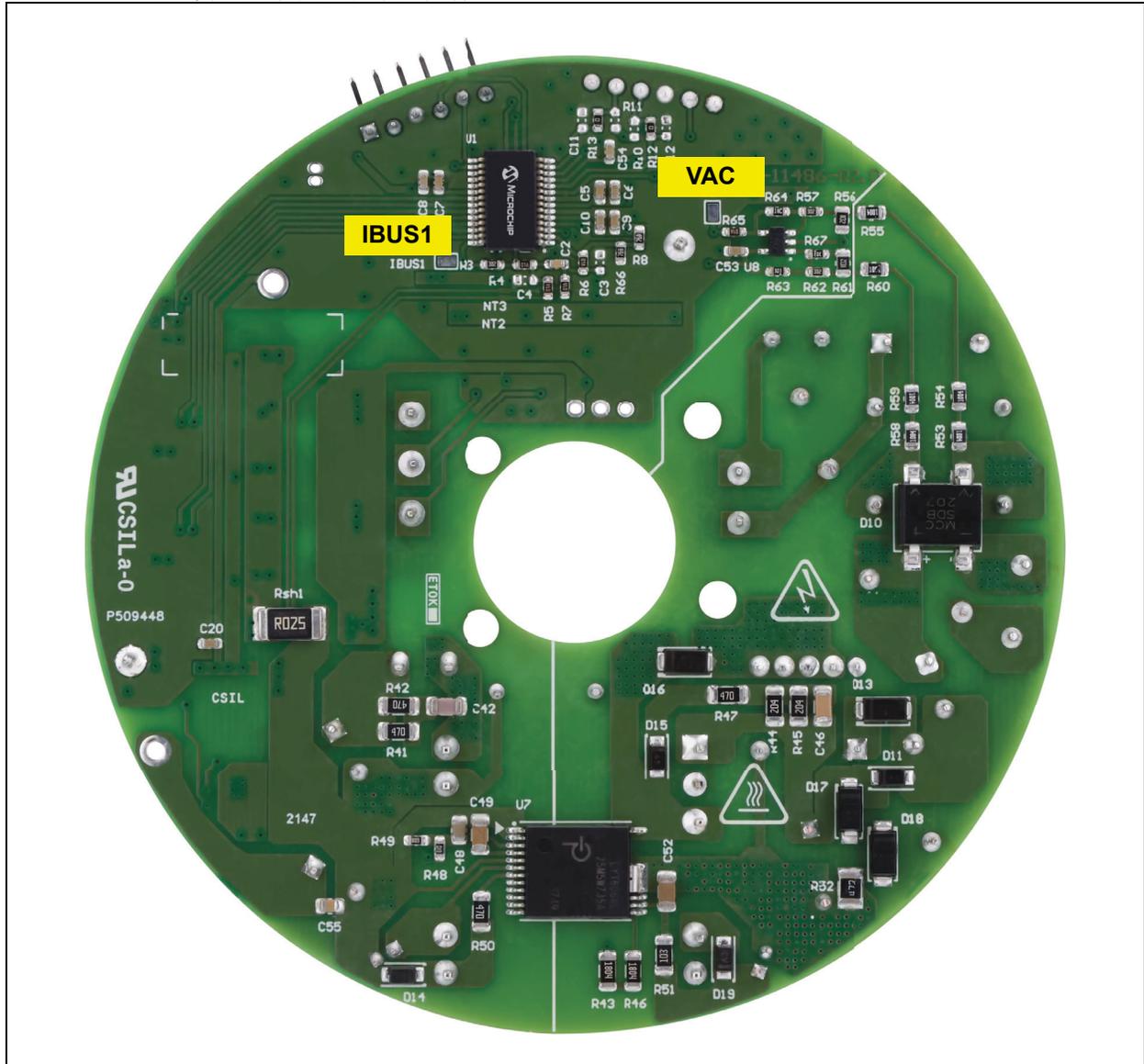


表 2-7: 用户接口元件

标识符	信号	说明
LD1	LED1	通用 LED（红色）。它可用于故障指示。该 LED1 信号也连接到 J3。
J2	MCLR 和 Vss	要复位 dsPIC <sup>®</sup> DSC，短接连接器 J2 的引脚 1 和 2。
<b>测试点</b>		
TP1	+10V	+10V 电源输出
	+3.3V	+3.3V 电源输出
TP3	Vss	数字地
TP4	VDC	直流母线电压
TP5	PGND	电源地
IBUS1	IBUS1	放大的母线电流
VAC	VAC	调节后的输入电压

# 低电压吊扇参考设计用户指南

## 2.4 dsPIC® DSC 的引脚功能

板上 dsPIC33CK64MC102 器件（见图 A-1 中的 U1）可以通过其外设和 CPU 功能控制参考设计的各种特性和功能。dsPIC DSC 的引脚功能根据其功能分组，如表 2-8 所示。

表 2-8: dsPIC33CK64MC102 引脚功能

信号	dsPIC® DSC 引脚编号	dsPIC DSC 引脚功能	dsPIC DSC 外设	备注
<b>dsPIC DSC 配置 —— 电源、复位、时钟和编程</b>				
+3.3V	7 和 20	VDD	电源	dsPIC DSC 的 +3.3V 数字电源
DGND	8 和 19	VSS		数字地
+3.3V	5	AVDD		dsPIC DSC 的 +3.3V 模拟电源
AGND	6	AVSS		模拟地
MCLR	27	MCLR	复位	连接到复位连接器（J2）和 ICSP 连接器（J1）
PGD	14	PGD3/RP37/RB5	在线串行编程（In-Circuit Serial Programming™, ICSP™）	连接到 ICSP 连接器（J1）
PGC	15	PGC3/RP38/RB6		
<b>用于放大电流的 dsPIC DSC 内部放大器连接</b>				
M1_SHUNT_IBUS_P	2	OA1IN+/AN9/RA2	运算放大器 1（运放 1）和共用 ADC 内核	电流检测电阻 Rsh1 的差分电流反馈通过输入电阻连接到运放 1 的同相和反相输入
M1_SHUNT_IBUS_N	1	OA1IN-/RA1		
IBUS1	28	OA1OUT/AN0/CMP1A/IBIAS0/RA0		
<b>电压反馈</b>				
M1_VBUS	12	PGD2/OA2IN-/AN8/RP35/RB3	共用 ADC 内核	直流母线电压反馈
M1_VA	4	AN4/IBIAS3/RA4	共用 ADC 内核	A 相电压反馈
M1_VB	16	TDO/AN2/RP39/RB7	共用 ADC 内核	B 相电压反馈
VAC	11	OA2OUT/AN1/AN7/CMP1D/RP34/INT0/RB2	共用 ADC 内核	输入交流电压反馈
<b>LED 和 GPIO</b>				
LED1	9	OSCI/CLKI/AN5/RP32/RB0	通用 I/O 引脚	连接至 LD1 和连接器 J3
GPIO2	10	OSCO/CLK0/AN6/RP33/RB1		这些信号连接至连接器 J4
GPIO3	13	PGC2/OA2IN+/RP36/RB4		
GPIO1_RX	18	PGC1/AN11/RP41/SDA1/RB9		
GPIO4_TX	17	PGD1/AN10/RP40/SCL1/RB8		
<b>PWM 输出</b>				
M1_PWM_AH	25	RP46/PWM1H/RB14	PWM 通道输出引脚	PWM 通道输出连接到栅极驱动器
M1_PWM_AL	26	RP47/PWM1L/RB15		
M1_PWM_BH	23	TDI/RP44/PWM2H/RB12		
M1_PWM_BL	24	RP45/PWM2L/RB13		
M1_PWM_CH	21	TMS/RP42/PWM3H/RB10		
M1_PWM_CL	22	TCK/RP43/PWM3L/RB11		

## 附录 A 原理图和布线图

### A.1 开发板原理图和布线图

本节提供了低电压吊扇参考设计的原理图和 PCB 布线图。该参考设计采用两层 FR4 1.6 mm 电镀通孔（Plated-Through-Hole, PTH）结构。

表 A-1 总结了该参考设计的原理图。

**表 A-1: 原理图**

图索引	原理图编号	硬件部分
图 A-1	1/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 辅助电源连接：               <ul style="list-style-type: none"> <li>- +10V 直流 / 直流转换器</li> <li>- +3.3V LDO</li> </ul> </li> <li>• dsPIC<sup>®</sup> DSC dsPIC33CK64MC102 (U1) 连接</li> <li>• VAC 测量电路</li> <li>• MCLR 复位</li> <li>• ICSP<sup>™</sup> 连接器</li> <li>• 通信接口连接器</li> </ul>
图 A-2	2/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 电机控制逆变器 —— 三相 MOSFET 桥</li> <li>• MOSFET 栅极驱动器 (U4、U5 和 U6)</li> <li>• 相电压 (VA 和 VB) 和母线电压检测电路</li> </ul>
图 A-3	3/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 输入交流电源连接</li> <li>• 反激式转换器电路</li> </ul>

表 A-2 总结了该参考设计的布线图。

**表 A-2: PCB 层**

图索引	说明
图 A-4	顶层：顶层丝印层和顶层覆铜
图 A-5	底层：底层丝印层和底层覆铜
图 A-6	PCB 3D 打印 —— 顶层
图 A-7	PCB 3D 打印 —— 底层



图 A-2: 低电压吊扇参考设计原理图 (2/3)

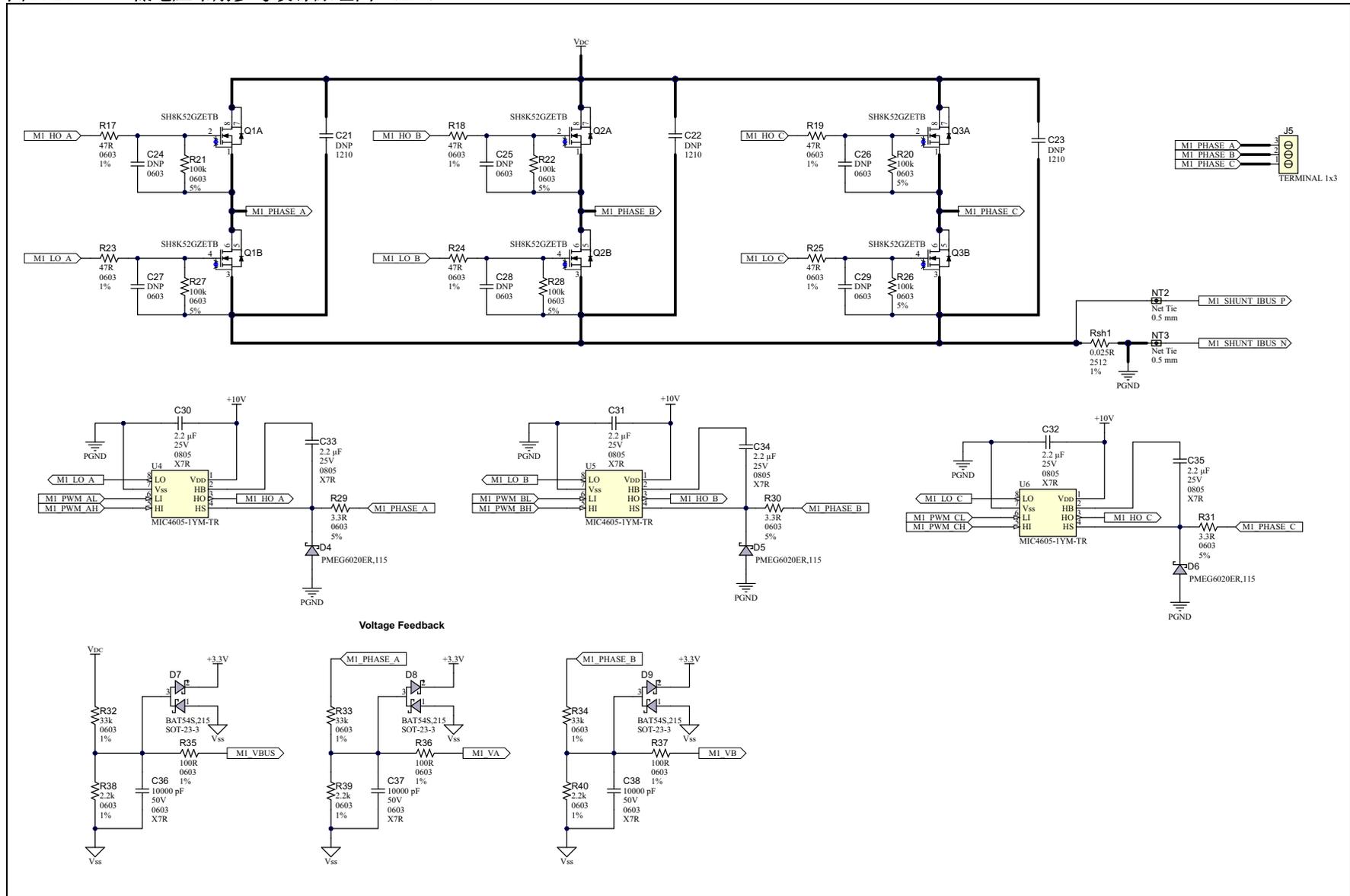


图 A-3: 低电压吊扇参考设计原理图 (3/3)

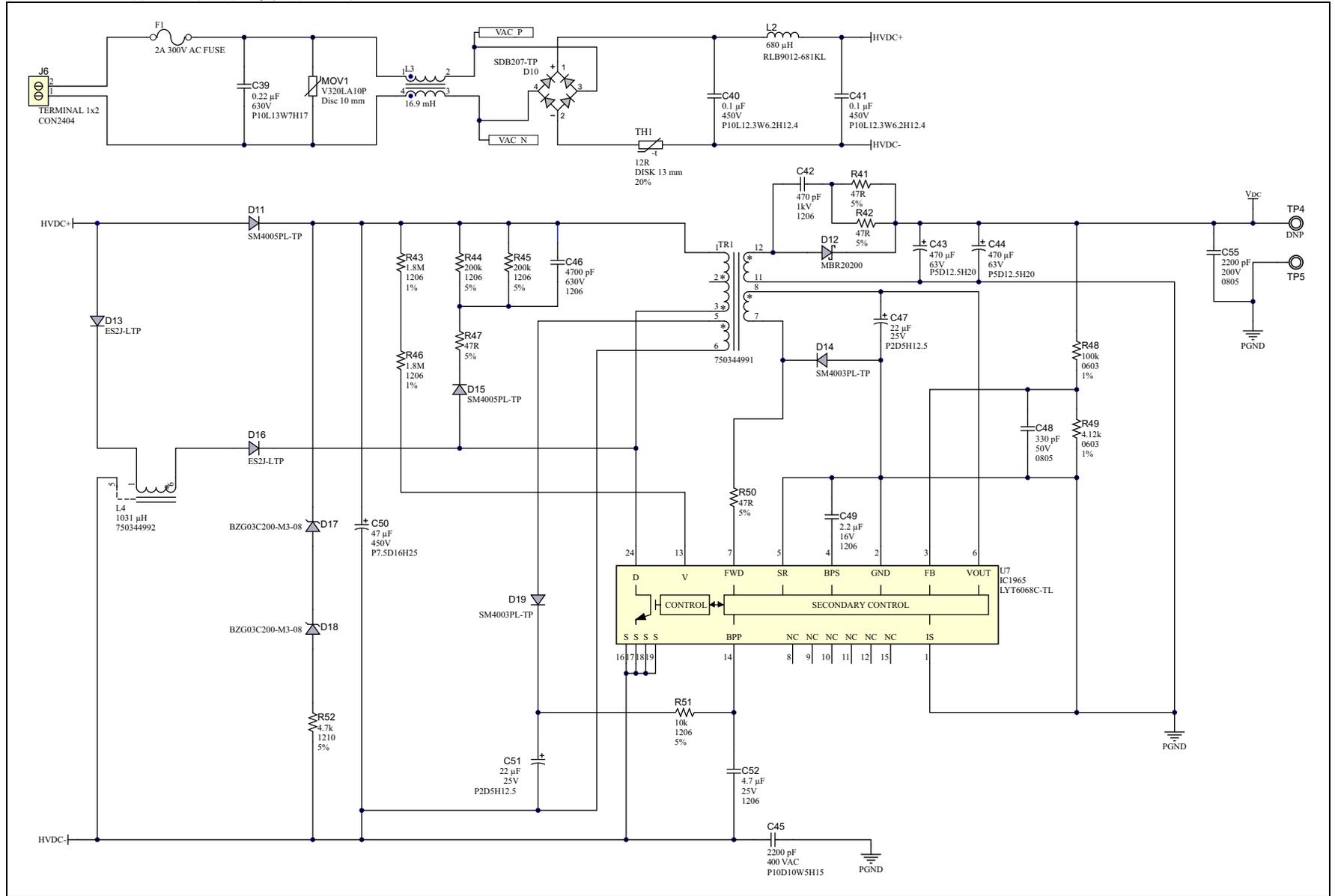




图 A-5: 底层: 底层丝印层和底层覆铜

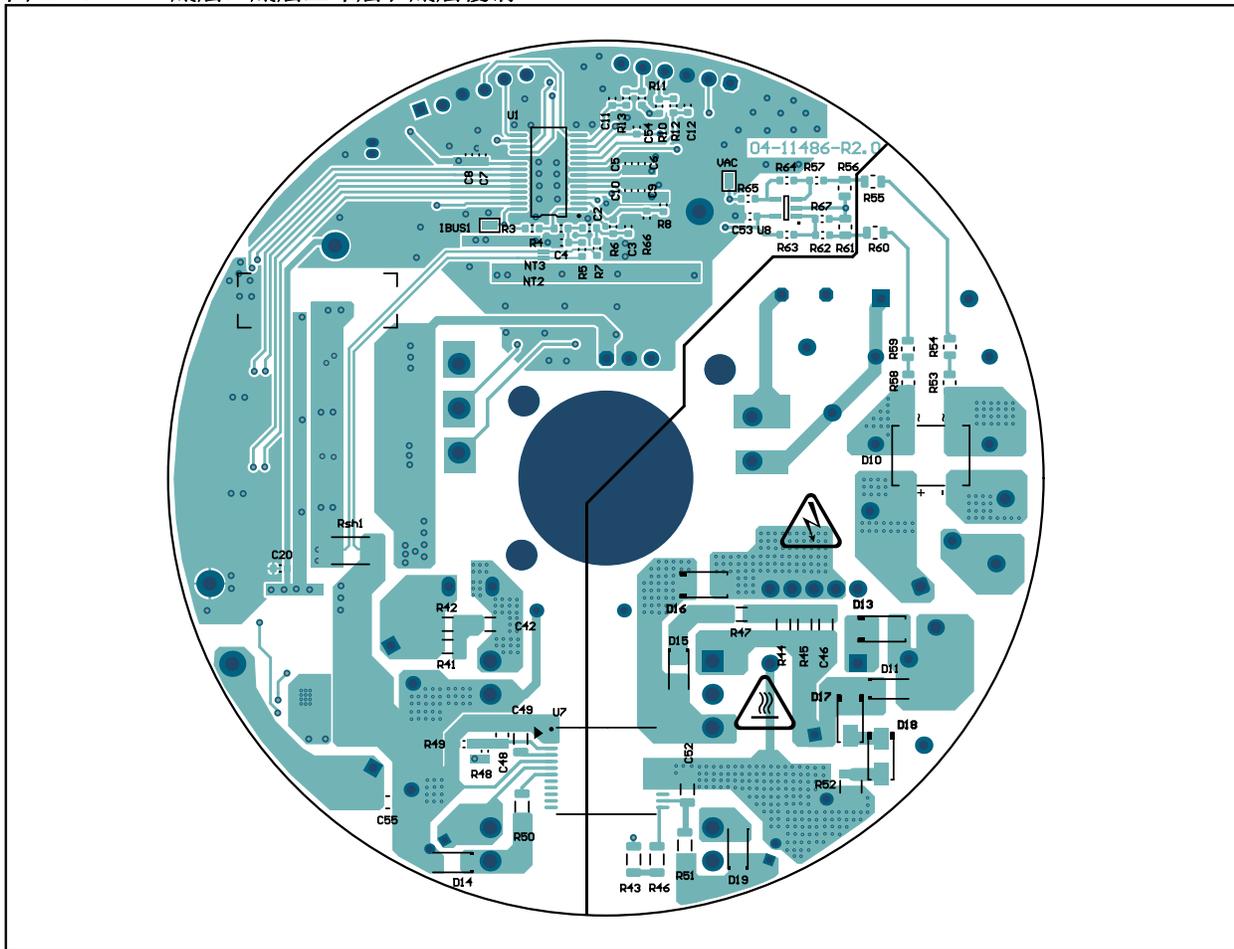
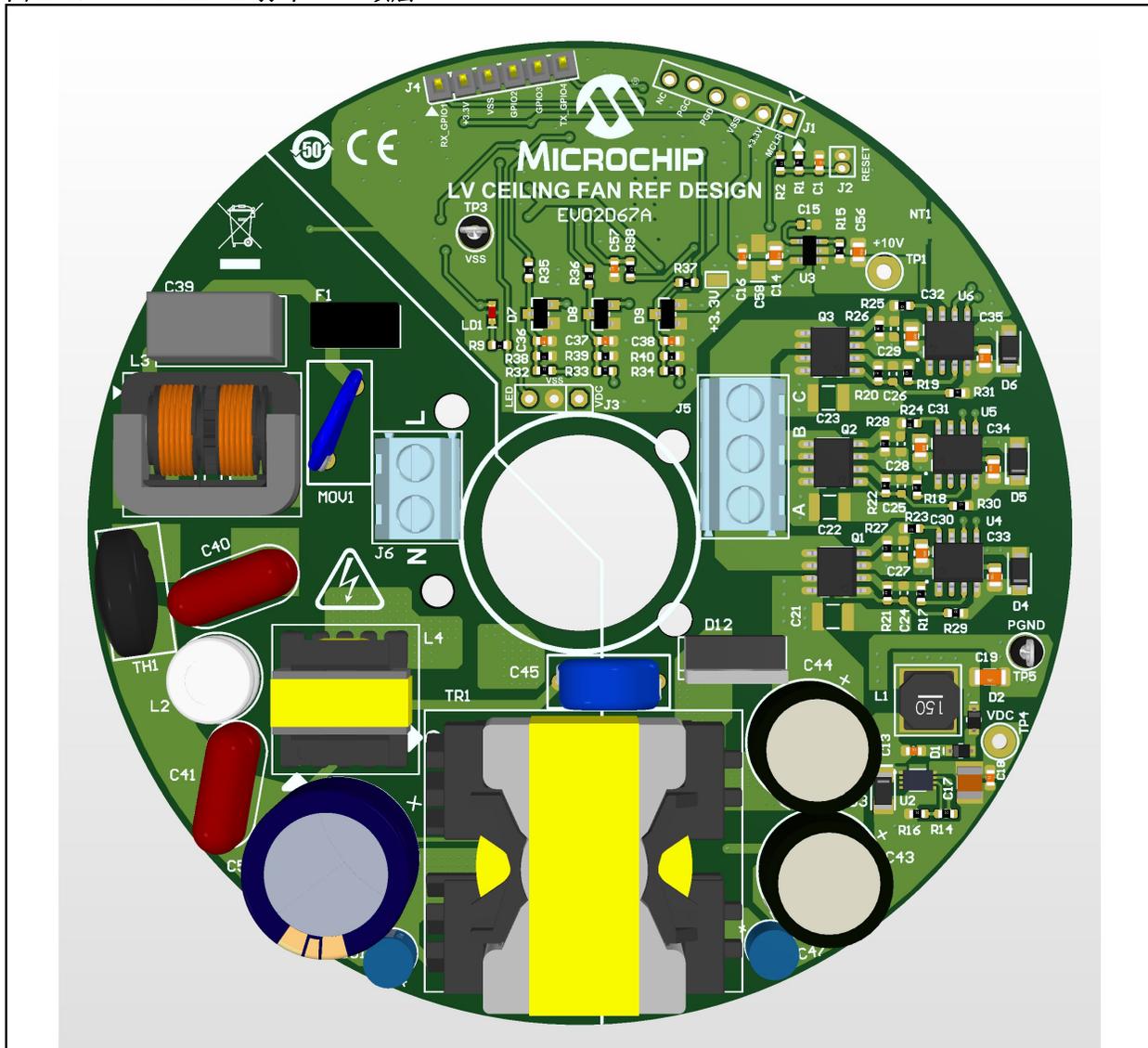


图 A-6: PCB 3D 打印 —— 顶层





---

---

## 附录 B 电气规范

---

---

本节提供了低电压吊扇参考设计的电气规范（见表 B-1）。

**表 B-1: 电气规范**

参数	工作范围
输入交流电压	90-265 VAC
绝对最大输入交流电压	285 VAC
反激式转换器的标称输出电压	32V
标称输出功率	40W
绝对最大输出功率	55W

注:

## 附录 C 物料清单 (BOM)

本章提供了以下详细信息：

- [物料清单 \(BOM\)](#)
- [数据表 —— 定制磁性元件](#)

### C.1 物料清单 (BOM)

表 C-1: 物料清单 (BOM)

数量	标识符	说明	制造商	制造商部件编号
9	C1, C5, C7, C9, C13, C16, C18, C20, C53	Capacitor Ceramic, 0.1 $\mu$ F, 50V, 10%, X7R, 0603	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL10B104KB8NNWC
1	C2	Capacitor Ceramic, 470 pF, 50V, 10%, X7R, 0603	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL10B471KB8NNNC
8	C6, C8, C10, C36, C37, C38, C54, C57	Capacitor Ceramic, 10000 pF, 50V, 10%, X7R, 0603	AVX Corporation	06035C103KAT4A
7	C14, C30, C31, C32, C33, C34, C35	Capacitor Ceramic, 2.2 $\mu$ F, 25V, 10%, X7R, 0805	Murata Electronics®	GRM21BR71E225KE11L
1	C17	Capacitor Ceramic, 10 $\mu$ F, 50V, 20%, X7R, 1210	TDK Corporation	C3225X7R1H106M250AC
1	C19	Capacitor Ceramic, 10 $\mu$ F, 25V, 10%, X7R, 1206	Murata Electronics North America	GRM31CR71E106KA12L
1	C39	Capacitor Film, 0.22 $\mu$ F, 630V, 20%, Through-Hole, RAD, P10L12.3W6.2H12.4	KEMET	F861AO224M310A
2	C40, C41	Capacitor Film, 0.1 $\mu$ F, 450V, 10%, RAD, P10L12.3W6.2H12.4	Panasonic® Electronic Components	ECW-FD2W104KQ
1	C42	Capacitor Ceramic, 470 pF, 1206, 1 KV, 5%, C0G/NP0	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL31C471JIHNNNE
2	C43, C44	Capacitor Electrolytic, 470 $\mu$ F, P5D12.5H20, Aluminum, 63V, 20%	Nichicon	UVY1J471MHD
1	C45	Capacitor Ceramic, 2200 pF, P10D10W5H15, 400 VAC, 20%, Y5U	KEMET	C931U222MUWDBA7317
1	C46	Capacitor Ceramic, 4700 pF, 1206, 630V, 10%, X7R	TDK Corporation	C3216X7R2J472K115AA
2	C47, C51	Capacitor Electrolytic, 22 $\mu$ F, P2D5H12.5, 25V, 20%	KEMET	ESK226M025AC3AA
1	C48	Capacitor Ceramic, 330 pF, 50V, 10%, X7R, 0805	Yageo Corporation	CC0805KRX7R9BB331
1	C49	Capacitor Ceramic, 2.2 $\mu$ F, 1206, 16V, 10%, X7R	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL31B225KOHNNWE
1	C50	Capacitor Electrolytic, 47 $\mu$ F, P7.5D16H25, Aluminum, 450V, 20%	United Chemi-Con	EKXJ451ELL470ML25S
1	C52	Capacitor Ceramic, 4.7 $\mu$ F, 1206, 25V, 10%, X7R	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL31B475KAHNFNE

# 低电压吊扇参考设计用户指南

表 C-1: 物料清单 (BOM) (续)

数量	标识符	说明	制造商	制造商部件编号
1	C55	Capacitor Ceramic, 2200 pF, 200V, 10%, X7R, 0805	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL21B222KDCNFNC
1	C56	Capacitor Ceramic, 1 μF, 25V, 10%, X7R, 0805	Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.	CL21B105KAFNFNE
1	D1	Diode Schottky, 1N4148, 855 mV, 300 mA, 75V, SOD-323	Diodes Incorporated®	1N4148WS-7-F
1	D2	Diode Zener, 5.1V, 400 mW, SOD-323	Nexperia USA Inc.	PDZ5.1B,115
1	D3	Diode Schottky, PMEG6010CEGWX, 1A, 60V, SOD-123	Nexperia USA Inc.	PMEG6010CEGWX
3	D4, D5, D6	Diode Schottky, PMEG6020ER,115, 530 mV, 2A, 60V, SOD-123W	Nexperia USA Inc.	PMEG6020ER,115
3	D7, D8, D9	Diode Schottky Array, BAT54S,215, 0.8V, 200 mA, 30V, SOT-23-3	Nexperia USA Inc.	BAT54S,215
1	D10	Diode Bridge Rectifier, SDB207-TP, 1.2V, 2A, 1000V, SDB-1	Micro Commercial Co.	ES2J-LTP
2	D11, D15	Diode, 600V, 1A, SOD-FL	Micro Commercial Co.	SM4005PL-TP
1	D12	Diode Schottky, MBR20200, 950 mV, 20A, 200V, Through-Hole, TO-220-2	SMC Diode Solutions	MBR20200
2	D13, D16	Diode, 600V, 2A, DO214AC	Micro Commercial Co.	ES2J-LTP
2	D14, D19	Diode, 200V, 1A, SOD-123FL	Micro Commercial Co.	SM4003PL-TP
2	D17, D18	Diode Zener, 200V, 1.25W, DO214AC	Vishay General Semiconductor - DIODEdes Division	BZG03C200-M3-08
1	F1	Fuse, 2A, 300 VAC, Slow Blow Radial Box, Through-Hole, P5.08L8.50W4H8	Littelfuse Inc.	36912000000
1	J4	Header-2.54, Male, 1x6, Gold, 5.84 MH, Through-Hole, Vertical	FCI	68000-106HLF
1	J5	Terminal Connector, 5.08 mm, 1x3	Adam Tech	EB21A-03-D
1	J6	Terminal Connector, 5.08 mm, 1x2	Adam Tech	EB21A-02-D
1	L1	Inductor, 47 μH, 1.1A, 20%, 0.286R, NR6045	Murata Electronics®	1255AY-470M=P3
1	L2	Inductor, 680 μH, 590 mA, 10%, 1.6R, Through-Hole, P5D9.2H13	Bourns®, Inc.	RLB9012-681KL
1	L3	Common-Mode Choke, 16.9 mH @ 10 kHz, 0.8A, 0.56R, 2LN	KEMET	SSRH7H-M08169
1	L4	Inductor, 1031 μH, 800 mA, 10%, Through-Hole, EE13/6/6	Würth Electronics	750344992
1	LD1	Red LED, 1.8V, 40 mA, 10 mcd, Clear, 0603	Lite-On	LTST-C190KRKT
1	MOV1	Varistor, 510V, 69J, Through-Hole, Disc, 10 mm	Stackpole Electronics, Inc.	RV511K10T
3	Q1, Q2, Q3	Dual N-N MOSFET, SH8K52GZETB, 100V, 3A, 1.4W, SOP-8	ROHM Semiconductor	SH8K52GZETB
2	R1, R16	Resistor, 10k, 1%, 1/10W, 0603	Panasonic®	ERJ-3EKF1002V
10	R2, R4, R5, R6, R7, R35, R36, R37, R65, R98	Resistor, 100R, 1%, 1/10W, 0603	ROHM Semiconductor	MCR03EZPFX1000

# 物料清单 (BOM)

表 C-1: 物料清单 (BOM) (续)

数量	标识符	说明	制造商	制造商部件编号
3	R3, R57, R62	Resistor, 3k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT3K00
2	R8, R66	Resistor, 6.04k, 1%, 1/10W, 0603	Yageo Corporation	9T06031A6041FBHFT
4	R9, R38, R39, R40	Resistor, 2.2k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT2K20
2	R12, R13	Resistor, 0R, 1/10W, 0603	Yageo Corporation	RC0603JR-070RL
1	R14	Resistor, 115k, 1%, 1/10W, 0603	Panasonic Electronic Components	ERJ-3EKF1153V
1	R15	Resistor, 1M, 5%, 1/10W, 0603	Panasonic	ERJ-3GEYJ105V
6	R17, R18, R19, R23, R24, R25	Resistor, 47R, 1%, 1/10W, 0603	ROHM Semiconductor	MCR03EZPFX47R0
6	R20, R21, R22, R26, R27, R28	Resistor, 100k, 5%, 1/10W, 0603	Panasonic	ERJ-3GEYJ104V
3	R29, R30, R31	Resistor, 3.3R, 5%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603JT3R30
3	R32, R33, R34	Resistor, 33k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT33K0
4	R41, R42, R47, R50	Resistor, 47R, 5%, 1/4W, 1206	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF1206JT47R0
2	R43, R46	Resistor, 1.8M, 1%, 1/4W, 1206	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF1206FT1M80
2	R44, R45	Resistor, 200k, 5%, 1/4W, 1206	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF1206JT200K
1	R48	Resistor, 100k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FG100K
1	R49	Resistor, 4.12k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT4K12
1	R51	Resistor, 10k, 5%, 1/4W, 1206	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF1206JT10K0
1	R52	Resistor, 4.7k, 5%, 1/2W, 1210	KOA Speer Electronics, Inc.	RK73B2ETTD472J
6	R53, R54, R55, R58, R59, R60	Resistor, 1M, 1%, 1/8W, 0805	Panasonic	ERJ-6ENF1004V
2	R56, R61	Resistor, 11K, 1%, 1/8W, 0805	TE Connectivity Passive Product	CRG0805F11K
2	R63, R67	Resistor, 30k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT30K0
1	R64	Resistor, 15k, 1%, 1/10W, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT15K0
1	Rsh1	Shunt Resistor, 0.025R, 1%, 3W, 2512	Bourns®, Inc.	CRA2512-FZ-R025ELF
1	TH1	NTC, 12R, 4A, 20%	EPCOS - TDK Electronics	B57211P0120M351
2	TP3, TP5	Test Point, Black	Keystone Electronics Corp.	5011
1	TR1	Transformer Flyback, 1290 µH, 10%, 85V-270V, Through-Hole, PQ2620	Würth Electronics	750344991
1	U7	Offline Flyback Switcher, LYT6068C-TL, Offline Flyback, SOP-24D	Power Integrations	LYT6068C-TL
1	U1	MCU, 16-Bit, 64 Kbytes, dsPIC33CK64MC102T-I/SS, SSOP-28	<b>Microchip Technology</b>	<b>dsPIC33CK64MC102T-I/SS</b>
1	U2	Buck Switcher, 2V to 24V, MCP16331, TDFN-8	<b>Microchip Technology</b>	<b>MCP16331T-E/MNY</b>
1	U3	Low-Dropout, 3.3V, MIC5205-3.3YM5-TR, SOT-23-5	<b>Microchip Technology</b>	<b>MIC5205-3.3YM5-TR</b>
3	U4, U5, U6	MOSFET Driver, Dual Noninverting, MIC4605, SOIC-8	<b>Microchip Technology</b>	<b>MIC4605-1YM-TR</b>
1	U8	Op Amp, 1-Channel, 1 MHz, MCP6001, SOT-23-5	<b>Microchip Technology</b>	<b>MCP6001UT-I/OT</b>

## C.2 数据表 —— 定制磁性元件

### C.2.1 反激式变压器 TR1

反激式变压器 TR1（Würth Electronics 部件编号：750344991）由 Würth Electronics 定制设计并提供。详细信息，请参见图 C-1 中的数据表。

### C.2.2 电感 L4

PFC 电感 L4（Würth Electronics 部件编号：750344992）由 Würth Electronics 定制设计并提供。详细信息，请参见图 C-2 中的数据表。

图 C-1: WURTH ELECTRONICS 部件编号: 750344991 数据表

<b>CUSTOMER TERMINAL</b>	<b>RoHS</b>	<b>LEAD(Pb)-FREE</b>	
Sn 96%, Ag 4%	Yes	Yes	

PART MUST INSERT FULLY TO SURFACE A IN RECOMMENDED GRID

\* DIMENSION MAY BE EXCEEDED WITH SOLDER ONLY

TERMINAL NO.'S FOR REF. ONLY

LOT CODE & DATE CODE

**ELECTRICAL SPECIFICATIONS @ 25° C unless otherwise noted:**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	VALUE
D.C. RESISTANCE	1-3 @20°C	0.91 ohms max.
D.C. RESISTANCE	5-6 @20°C	0.19 ohms max.
D.C. RESISTANCE	7-8 @20°C	0.29 ohms max.
D.C. RESISTANCE	11-12 @20°C	0.13 ohms max.
INDUCTANCE	1-3 10kHz, 100mV, Ls	1290.00µH ±10%
SATURATION CURRENT	1-3 20% rolloff from initial	1A
LEAKAGE INDUCTANCE	1-3 tie(7+8+11+12), 100kHz, 100mV, Ls	10µH max.
DIELECTRIC	1-12 tie(3+5,8+11), 4250VAC, 1 second	3400VAC, 1 minute
TURNS RATIO	(3-1):(5-6)	6:1
TURNS RATIO	(3-1):(12-11)	2.45:1
TURNS RATIO	(3-1):(8-7)	9:1

RECOMMENDED P.C. PATTERN, COMPONENT SIDE

**GENERAL SPECIFICATIONS:**

OPERATING TEMPERATURE RANGE: -40°C to +125°C including temp rise.

Designed to comply with the following requirements as defined by IEC62368-1, EN62368-1, UL62368-1/CSA62368-1 and AS/NZS62368.1:

- Reinforced insulation for a primary circuit at a working voltage of 270Vrms, 400Vpeak, OVC II, Pollution Degree 2.

PRI  
85Vac-270Vac  
44K-98.3Khz

AUX  
12 V - 2mA

SEC  
32V - 1.7 A

SEC  
8 V - 1mA

Wire insulation & RoHS status not affected by wire color. Wire insulation color may vary depending on availability. Marking method, font and color may vary on preproduction samples.

DFM	Packaging Specifications	<p style="font-size: x-small;">CONVENTION PLACEMENT</p>	Tolerances unless otherwise specified: Angles: ±1°    Decimals: ±.005 [.13] Fractions: ±1/64    Footprint: ±.001 [.03]	DRAWING TITLE	PART NO.
DATE	Method: Tray			<b>TRANSFORMER</b>	<b>750344991</b>
ENG	NWU    PKG-1200				
REV.	00		This drawing is dual dimensioned. Dimensions in brackets are in millimeters.		
DATE	2021/5/24	www.we-online.com/midcom			SPECIFICATION SHEET 1 OF 1

图 C-2: WURTH ELECTRONICS 部件编号: 75034492 数据表

<b>CUSTOMER TERMINAL</b> Sn 96%, Ag 4%	<b>RoHS</b> Yes	<b>LEAD(Pb)-FREE</b> Yes	
---	--------------------	-----------------------------	--

PART MUST INSERT FULLY TO SURFACE A IN RECOMMENDED GRID .020 SO.(10) [1.27]

\* DIMENSION MAY BE EXCEEDED WITH SOLDER ONLY

RECESS/DOT LOCATES TERM. #1

TERM. NO.'s FOR REF. ONLY

LOT CODE & DATE CODE

RECOMMENDED P.C. PATTERN, COMPONENT SIDE

**ELECTRICAL SPECIFICATIONS @ 25° C unless otherwise noted:**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	VALUE
D.C. RESISTANCE	1-6 @20°C	3.10 ohms max.
INDUCTANCE	1-6 10kHz, 100mV, Ls	1031.00µH ±10%
SATURATION CURRENT	1-6 20% rolloff from initial	800mA

**GENERAL SPECIFICATIONS:**  
 OPERATING TEMPERATURE RANGE: -40°C to +125°C including temp rise.  
 RATING CURRENT: 0.7A

Wire insulation & RoHS status not affected by wire color. Wire insulation color may vary depending on availability. Marking method, font and color may vary on preproduction samples.

DFM	Packaging Specifications		Tolerances unless otherwise specified: Angles: ±1°    Decimals: ±.005 [13] Fractions: ±1/64    Footprint: ±.001 [03]	DRAWING TITLE <b>INDUCTOR</b>	PART NO. <b>75034492</b>
DATE	Method: Tray PKG-0816	CONVENTION PLACEMENT	This drawing is dual dimensioned. Dimensions in brackets are in millimeters.	SPECIFICATION SHEET 1 OF 1	
ENG	NWU				
REV.	00				
DATE	2021/5/24	<a href="http://www.we-online.com/midcom">www.we-online.com/midcom</a>			

## 附录 D 测试结果

为了表征吊扇参考设计，使用了一个 32V、16 极和 375 RPM 的三相 PMSM 吊扇电机进行测试。表 D-1 总结了测试结果。图 D-1、图 D-2 和图 D-3 分别显示了在不同的交流输入电压（90 VAC、220 VAC 和 265 VAC）下，转速与交流输入功率、转速与直流输出电压以及转速与功率因数的关系曲线。使用红外遥控器改变转速。有关如何操作红外遥控器控制转速的说明，请参见自述文件。

**表 D-1: 测试结果**

交流输入电压	转速 (RPM)	交流输入电流	交流输入功率	功率因数	直流输出电压
90 VAC, 60 Hz	200	0.08	6.60	0.799	31.79
	225	0.10	8.50	0.859	31.79
	250	0.13	10.90	0.899	31.79
	275	0.16	13.70	0.933	31.79
	300	0.19	17.00	0.940	31.78
	325	0.24	20.90	0.950	31.77
	350	0.30	25.30	0.940	31.76
	375	0.36	30.70	0.922	31.77
220 VAC, 60 Hz	200	0.05	6.90	0.574	31.78
	225	0.06	8.70	0.651	31.78
	250	0.06	11.00	0.745	31.79
	275	0.07	13.70	0.808	31.79
	300	0.08	17.00	0.851	31.79
	325	0.10	20.90	0.878	31.79
	350	0.12	25.20	0.913	31.78
	375	0.14	30.20	0.929	31.75
265 VAC, 60 Hz	200	0.05	7.10	0.510	31.77
	225	0.05	8.90	0.584	31.77
	250	0.06	11.20	0.675	31.78
	275	0.07	13.80	0.729	31.77
	300	0.08	17.10	0.792	31.77
	325	0.09	21.00	0.840	31.77
	350	0.11	25.60	0.872	31.75
	375	0.13	30.50	0.895	31.73

**注：** 制造商规定了电机转速范围。该固件可用于运行转速更高的电机（速度 > 375 RPM），应确保其运行功率和电压在低电压吊扇参考设计的电气规范范围内（见附录 B “电气规范”）。

图 D-1: 转速 — 交流输入功率关系曲线

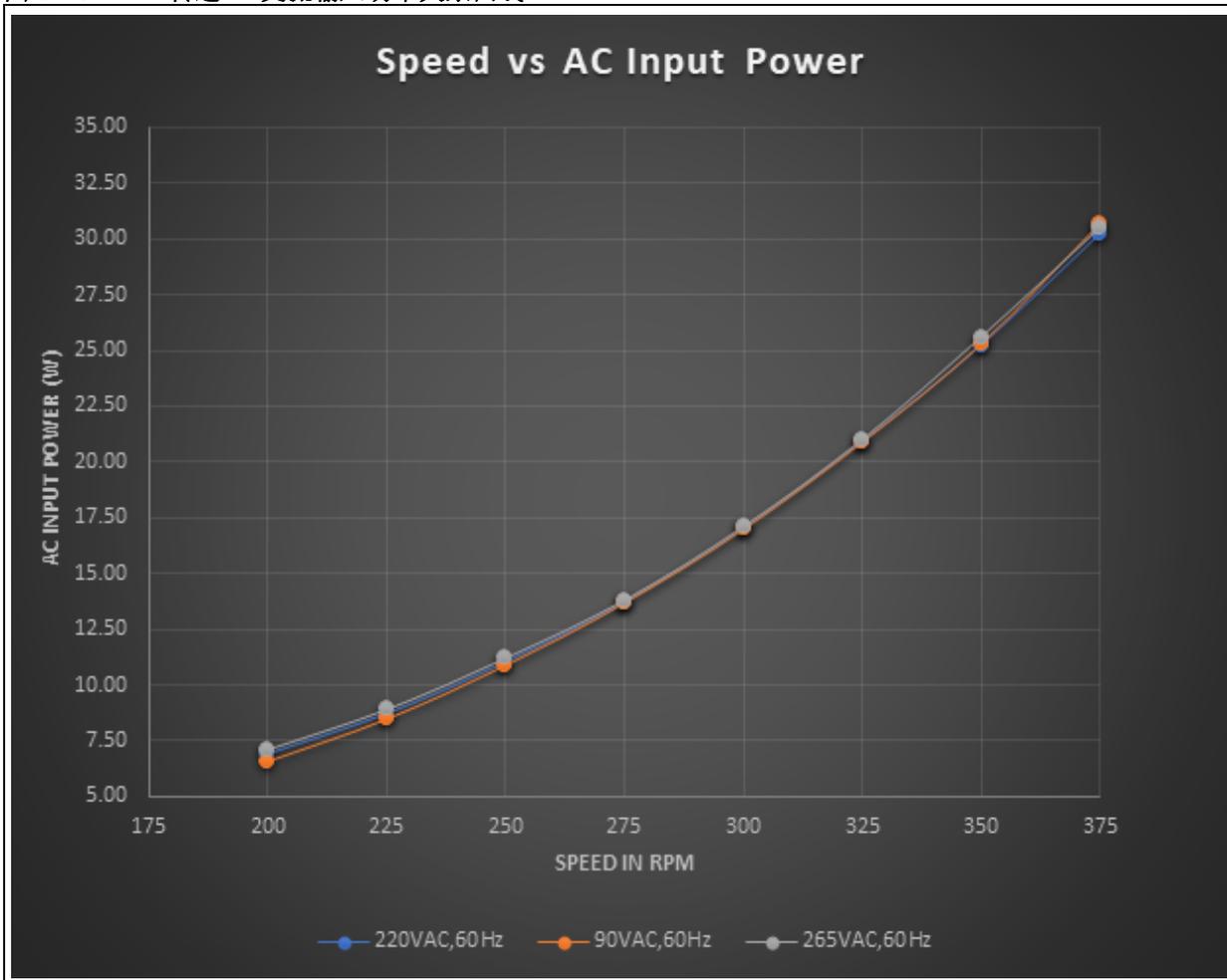


图 D-2: 转速 — 直流输出电压关系曲线

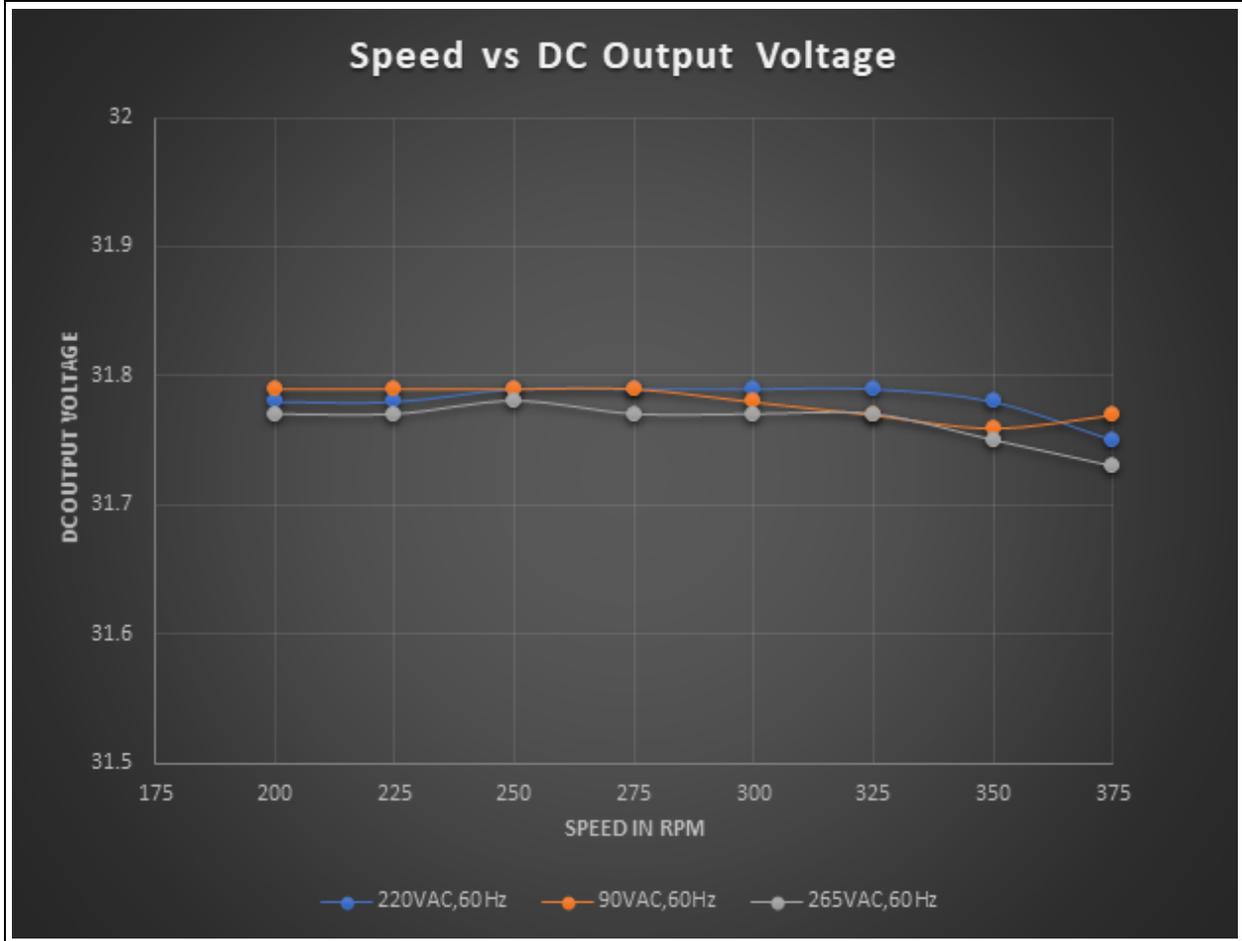


图 D-3: 转速 — 功率因数关系曲线



注:

## 全球销售及服务中心

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**亚特兰大 Atlanta**  
Duluth, GA  
Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

**奥斯汀 Austin, TX**  
Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

中国 - 北京  
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都  
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆  
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞  
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州  
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州  
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京  
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛  
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海  
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳  
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳  
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州  
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉  
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安  
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门  
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区  
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海  
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄  
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北  
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

澳大利亚 **Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733

印度 **India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

印度 **India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

印度 **India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

日本 **Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

日本 **Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 **Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

韩国 **Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚  
**Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 **Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 **Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 **Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

泰国 **Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

越南 **Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

奥地利 **Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦  
**Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4485-5910  
Fax: 45-4485-2829

芬兰 **Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

法国 **France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 **Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700  
德国 **Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

德国 **Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

德国 **Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

德国 **Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

德国 **Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

以色列 **Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

意大利 **Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

意大利 **Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

荷兰 **Netherlands - Drunen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

挪威 **Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

波兰 **Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚  
**Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 **Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 **Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 **Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

英国 **UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820