



dsPIC33CDVC256MP506

**电机控制
开发板
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中。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，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

AMBA、Arm、Arm7、Arm7TDMI、Arm9、Arm11、Artisan、big.LITTLE、Cordio、CoreLink、CoreSight、Cortex、DesignStart、DynamIQ、Jazelle、Keil、Mali、Mbed、Mbed Enabled、NEON、POP、RealView、SecurCore、Socrates、Thumb、TrustZone、ULINK、ULINK2、ULINK-ME、ULINK-PLUS、ULINKpro、µVision 和 Versatile 是 Arm Limited（或其子公司）在美国和 / 或其他国家 / 地区的商标或注册商标。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 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、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchronPHY、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: 978-1-6683-1076-2

目录

前言	5
简介	5
文档编排	5
本指南使用的约定	6
推荐读物	7
Microchip 网站	8
产品变更通知服务	8
客户支持	9
文档版本历史	9
第1章 简介	11
1.1 概述	11
1.2 特性	13
1.3 框图	14
1.4 开发板中使用的 Microchip 产品	15
第2章 板上接口说明	17
2.1 简介	17
2.2 板上连接器	17
2.3 用户接口硬件	23
2.4 dsPIC33CDVC256MP506 系列器件的引脚功能	29
第3章 硬件说明	33
3.1 简介	33
3.2 硬件部分	33
附录A 原理图和布线图	51
A.1 开发板原理图和布线图	51
附录B 电气规范	63
B.1 简介	63
附录C 设计细节	65
C.1 简介	65
C.2 电流放大器电路	65
C.3 辅助电源	68
全球销售及服务网点	72

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) 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

本章包含在使用 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板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](#)
- [产品变更通知服务](#)
- [客户支持](#)
- [文档版本历史](#)

文档编排

本文档介绍了如何使用 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板。文档内容编排如下：

- **第1章“简介”**——本章介绍了该开发板。
- **第2章“板上接口说明”**——本章提供了开发板输入和输出接口的详细说明。
- **第3章“硬件说明”**——本章提供了开发板硬件功能的详细说明。
- **附录A“原理图和布线图”**——本附录提供了 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板的原理图和 PCB 布线图。
- **附录B“电气规范”**——本附录提供了开发板的电气规范。
- **附录C“设计细节”**——本附录提供了电流放大器电路和辅助电源的设计细节。

本指南使用的约定

本手册采用以下文档约定：

文档约定

说明	表示	示例
Arial 字体：		
斜体字	参考书目	<i>MPLAB[®] IDE User's Guide</i>
	需强调的文字	<i>..... 为仅有的编译器</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”
带右尖括号且下有划线的斜体文字	菜单路径	<i><u>File>Save</u></i>
粗体字	对话框按钮	单击 OK
	选项卡	单击 Power 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>
Courier New 字体：		
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dsPIC33CDVC256MP506电机控制开发板。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。

“dsPIC33CDVC256MP506 Family Data Sheet”（DS70005484）

该文档提供了有关dsPIC33CDVC256MP506器件的特定信息。dsPIC33CDVC256MP506包含16位数字信号控制器、MOSFET栅极驱动器和CAN FD收发器。

《MCP16301数据手册》（DS25004A_CN）

该文档提供了有关MCP16301高电压输入集成开关降压稳压器器件的特定信息。

“24LC256 Data Sheet”（DS20001203）

该文档提供了有关24LC256 256 Kb I²C CMOS串行EEPROM器件的特定信息。

《MCP1826S数据手册》（DS20002057A_CN）

该文档提供了有关MCP1826S 1000 mA低电压、低静态电流LDO稳压器器件的特定信息。

“MCP6024 Data Sheet”（DS20001685）

该文档提供了有关MCP6024 10 MHz轨到轨输入-输出运放器件的特定信息。

“MCP651S Data Sheet”（DS20002146）

该文档提供了有关具有mCal的MCP651S 50 MHz、200 μ V运放器件的特定信息。

“DSC60XXB Data Sheet”（DS20006133）

该文档提供了有关超小型、超低功耗MEMS振荡器器件的特定信息。

《ATA6562/3数据手册》（DS20005790C_CN）

该文档提供了有关ATA6563 CAN FD收发器器件的特定信息。

《MPLAB[®] X IDE用户指南》（DS50002027E_CN）

该文档介绍了如何设置MPLAB X IDE软件以及如何使用其创建项目和编程器件。

AN1299, 《PMSM无传感器FOC的单分流三相电流重构算法》 （DS01299A_CN）

AN1078, 《PMSM的无传感器磁场定向控制》（DS01078B_CN）

AN1292, 《利用PLL估算器和弱磁技术（FW）实现永磁同步电机（PMSM） 的无传感器磁场定向控制（FOC）》（DS01292A_CN）

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 **dsPIC33CDVC256MP506** 电机控制开发板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。

MICROCHIP 网站

Microchip 网站（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、研讨会和活动策划表、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，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）

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://microchip.com/support> 获得网上技术支持。

文档版本历史

版本 A（2022 年 3 月）

- 本文档的初始版本。

注:

第1章 简介

1.1 概述

dsPIC33CDVC256MP506 系列包括四款器件：dsPIC33CDVC128MP506、dsPIC33CDVC256MP506、dsPIC33CDV128MP506 和 dsPIC33CDV256MP506。这四款器件均集成了 16 位数字信号控制器（DSC）和 MOSFET 栅极驱动器。dsPIC33CDVC128MP506 和 dsPIC33CDVC256MP506 器件另外还集成了 CAN FD 收发器。

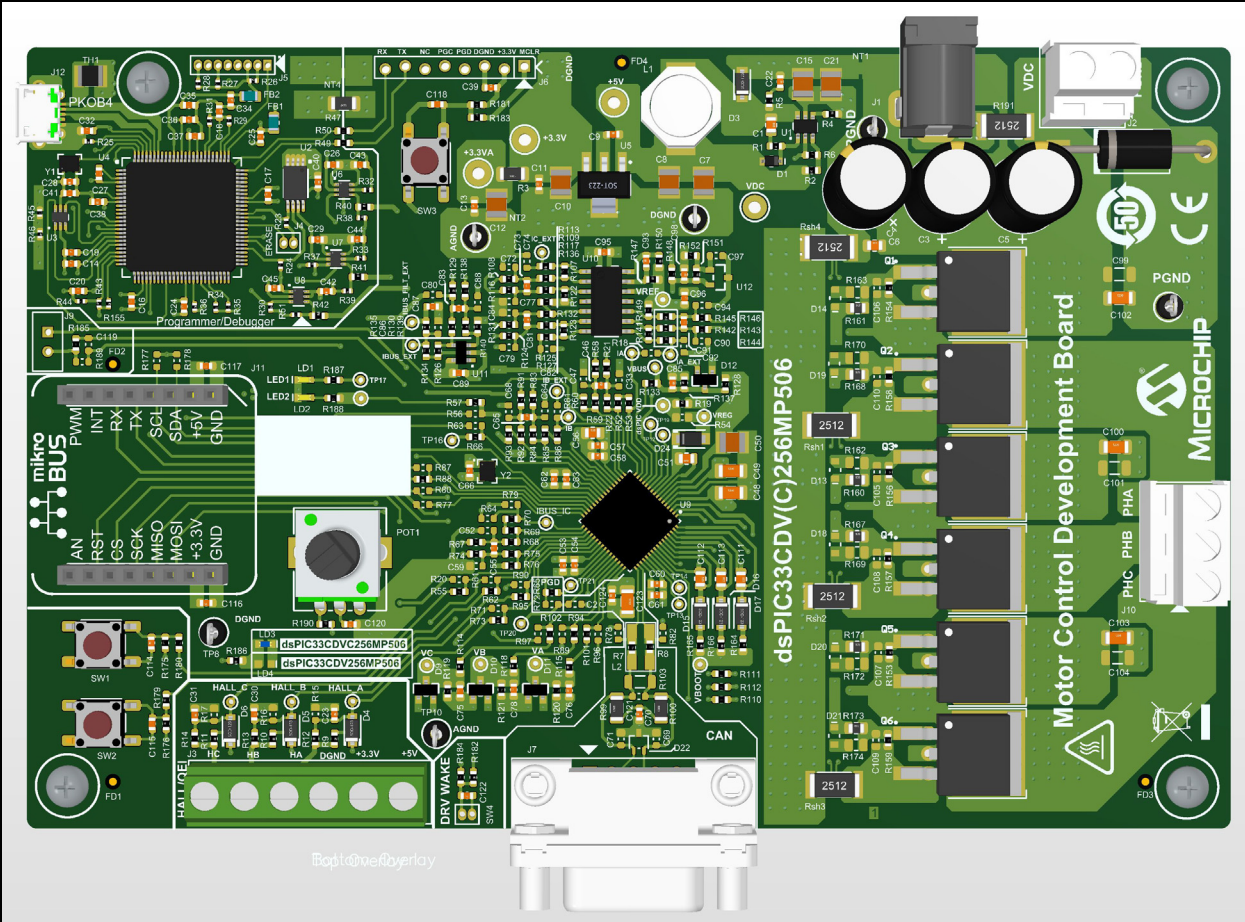
dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板旨在使用 dsPIC33CDVC256MP506 系列器件驱动低电压三相永磁同步电机（Permanent Magnet Synchronous Motor, PMSM）或无刷直流（Brushless DC, BLDC）电机。下表总结了这款开发板的详细信息：

表 1-1: 电机控制开发板

开发板名称	部件编号	开发板上安装的器件	备注
dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板	EV32J63A	dsPIC33CDVC256MP506	提供 CAN 总线接口。 蓝色上电 LED “LD3” 指示开发板上是否安装了器件 “dsPIC33CDVC256MP506”。

在本文档中，有时会将 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板简称为“开发板”以提高可读性。开发板如图 1-1 所示。

图 1-1: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板



1.2 特性

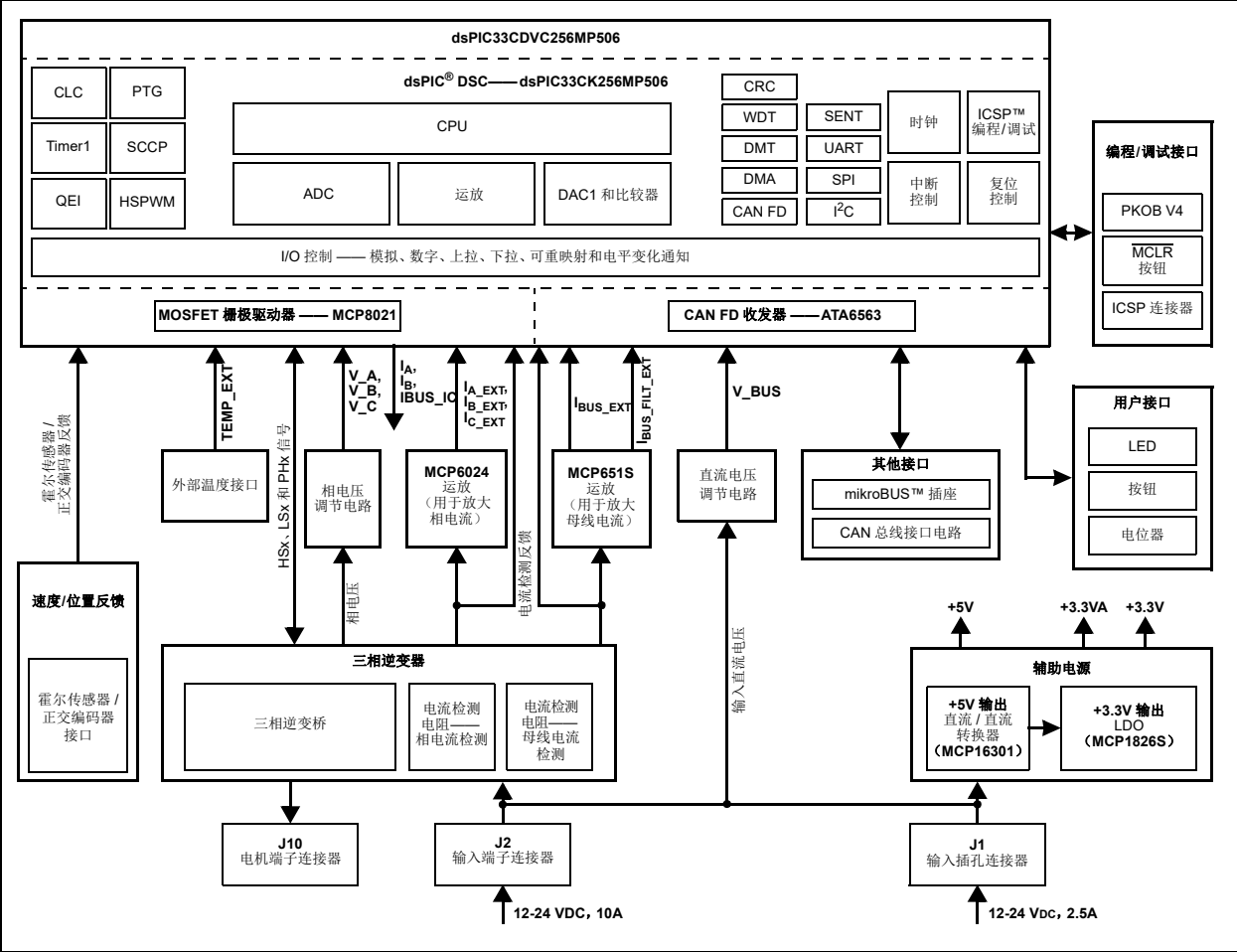
开发板的主要特性如下：

- 三相电机控制功率级，电气规范如下：
 - 输入直流电压：12V至24 Vdc
 - 标称RMS相电流：+25°C环境温度下为10A
- 电机相电流反馈，用于实现PMSM/BLDC电机的磁场定向控制（Field Oriented Control, FOC）
- 直流母线电流反馈，用于过流保护以及演示单电流检测电阻电流重构算法
- 直流母线电压反馈，用于过压保护
- 相电压反馈，用于实现无传感器梯形波控制
- 霍尔传感器接口或正交编码器接口（Quadrature Encoder Interface, QEI）
- 可选外部温度传感器（热敏电阻）接口
- 板上PICKIT™（PKOB4）编程器/调试器，用于编程和调试
- 可选mikroBUS™插座，插入mikroBUS附加板后可支持连接、传感器和通信接口
- CAN接口（CAN FD收发器是dsPIC33CDVC256MP506的一部分）
- 用户接口元件：
 - 两个调试LED
 - 一个电位器
 - 两个按钮
 - MCU复位按钮
 - 上电状态/器件标识LED
- 辅助电源，用于为电路和外部接口供电

1.3 框图

dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板的框图如图 1-2 所示。有关电气规范的更多信息，请参见附录 B “电气规范”。

图 1-2: 框图——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板



1.4 开发板中使用的Microchip产品

开发板使用了许多Microchip产品来实现其各种特性和功能。表1-2总结了设计中使用的Microchip产品。

表1-2: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板中使用的Microchip产品

部件编号	说明	电路标识	电路章节
MCP16301	高电压输入集成开关降压稳压器	U1	第3.2.2章“电源”
24LC256	256K I ² C CMOS 串行 EEPROM	U2	第3.2.11章“编程器/调试器接口”
ATSAME70N21B	带浮点单元 (Floating Point Unit, FPU) 的高性能32位Arm [®] Cortex [®] -M7 处理器	U4	第3.2.11章“编程器/调试器接口”
MCP1826ST-330	1000 mA 低电压低静态电流LDO稳压器	U5	第3.2.2章“电源”
dsPIC33CDVC256MP506	具有16位数字信号控制器、MOSFET驱动器和CAN FD收发器的SiP模块	U9	第3.2.1章“dsPIC33CDVC256MP506和辅助电路”
MCP6024	轨到轨输入/输出, 10 MHz 运放	U10	第3.2.4章“电流检测电路”
MCP651S	具有mCal的50 MHz 高压摆率低失调运放	U11	第3.2.4章“电流检测电路”
DSC6011JI2B-012.000	超小型超低功耗12 MHz MEMS 振荡器 (DSC60XXB)	Y1	第3.2.11章“编程器/调试器接口”
DSC6011JI2B-008.0000	超小型超低功耗8 MHz MEMS 振荡器 (DSC60XXB)	Y2	第3.2.1章“dsPIC33CDVC256MP506和辅助电路”

注:

第2章 板上接口说明

2.1 简介

本章提供了开发板输入和输出接口的更详细说明，其中涵盖以下主题：

- 板上连接器
- 用户接口硬件
- dsPIC33CDVC256MP506 系列器件的引脚功能

2.2 板上连接器

本节总结了开发板上的连接器。开发板上的连接器如图2-1所示，表2-1对此进行了总结。

图2-1: 连接器——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板

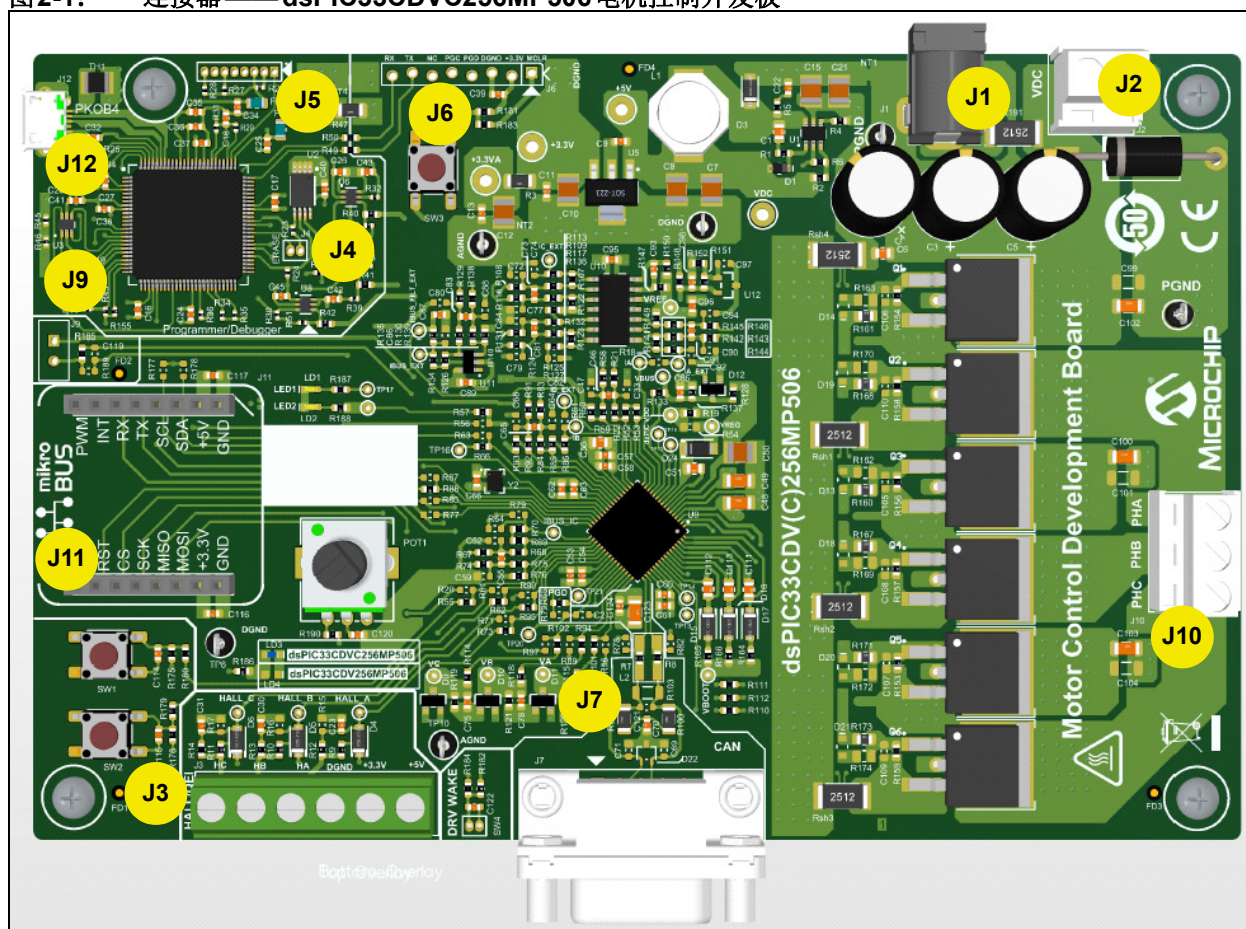


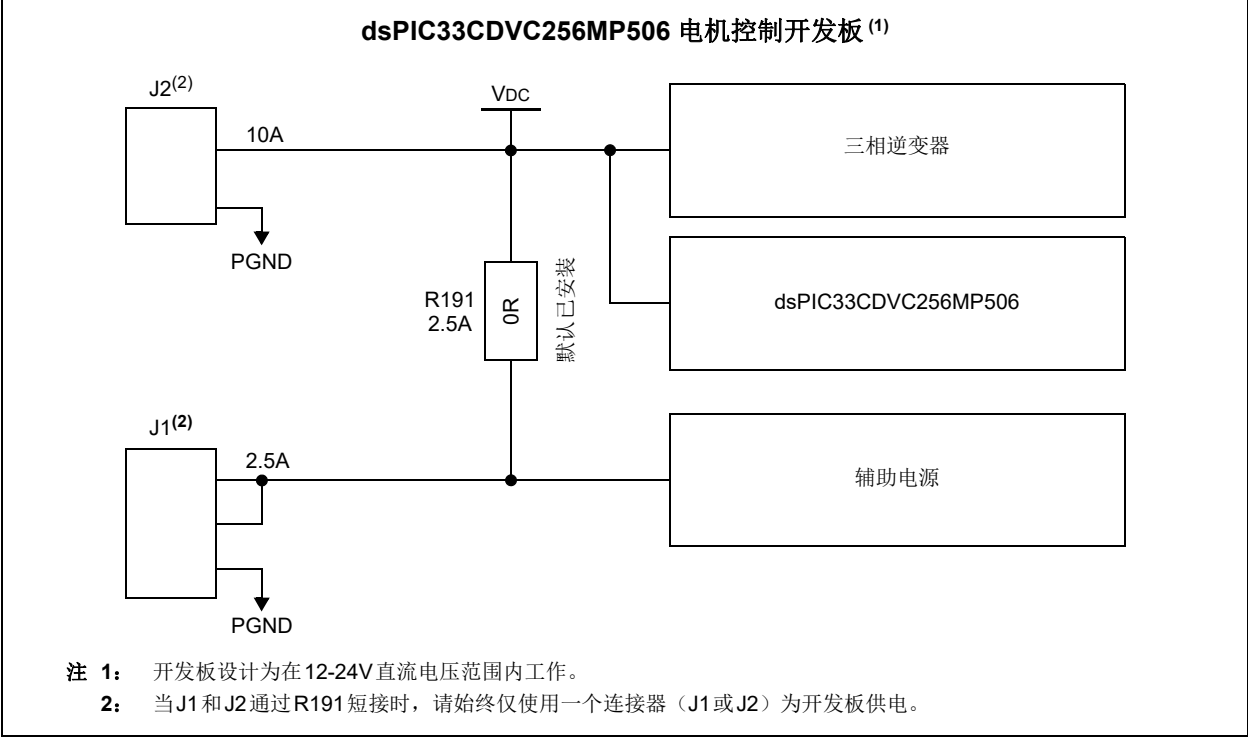
表2-1： 连接器——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板

连接器标识	引脚数	状态	说明
J1	3	已安装	输入直流电源插孔
J2	2	已安装	输入直流电源——双引脚端子连接器
J3	6	已安装	霍尔传感器/正交编码器接口连接器
J4	2	未安装	擦除跳线——用于通过MPLAB® X IDE将板上PICKit™（PICKit On-Board, PKOB）编程器/调试器切换为引导恢复模式
J5	8	未安装	SWD连接器——位于PKOB部分，用于编程/调试ATSAME70N21B
J6	8	未安装	ICSP™连接器——将编程器/调试器连接到dsPIC® DSC
J7	9	已安装	CAN接口连接器
J9	2	未安装	外部温度传感器（热敏电阻）接口连接器
J10	3	已安装	三相逆变器输出，用于连接电机
J11	16	已安装	mikroBUS™ 插座，用于连接Click board™
J12	5	已安装	板上PICKit（PKOB）编程器/调试器接口连接器（标准母头USB Micro-B连接器）

2.2.1 电源连接器（J1和J2）

开发板设计为在 12-24V 直流电压范围内工作。如图2-2所示，可以通过同轴插头 J1 或端子连接器 J2 为开发板供电。

图2-2： 输入直流电源连接器



移除跳线R191后，逆变器可通过连接器J2单独供电。而电路其余部分可通过同轴插头J1供电。通过安装跳线R191，可以重新桥接J1与J2之间的连接，从而通过J1或J2为开发板供电。连接器J1可承载最高2.5A的电流，连接器J2可处理最高10A的电流。表2-2和表2-3分别总结了连接器J1和J2的引脚分配。

表2-2: 引脚说明——连接器J1

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	VDC	直流输入电源正极
2	PGND	直流输入电源负极或PGND
3	PGND	直流输入电源负极或PGND

表2-3: 引脚说明——连接器J2

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	PGND	直流输入电源负极或PGND
2	VDC	直流输入电源正极

2.2.2 霍尔传感器/正交编码器接口连接器（J3）

霍尔传感器或正交编码器用于检测电机的转子位置和速度。连接器J3可用于将霍尔传感器输出或正交编码器输出与开发板连接，从而实现基于传感器的BLDC或PMSM电机控制应用。表2-4给出了连接器J3的引脚说明。该连接器提供+5V和+3.3V这两个电源输出，可以根据其规范为霍尔传感器或正交编码器供电。有关详细说明，请参见第3.2.6章“霍尔传感器/正交编码器接口”。

表2-4: 引脚说明——连接器J3

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	HC/INDX	电机霍尔传感器C反馈或电机正交编码器索引反馈
2	HB/QEB	电机霍尔传感器B反馈或电机正交编码器B相反反馈
3	HA/QEA	电机霍尔传感器A反馈或电机正交编码器A相反反馈
4	DGND	数字地
5	+3.3V	霍尔传感器或正交编码器的+3.3V电源
6	+5V	霍尔传感器或正交编码器的+5V电源

2.2.3 紧急恢复跳线——板上PICKit 4（J4）

在极少数情况下，可能需要强制板上PICKit 4（PKOB4）调试器进入恢复引导模式（重新编程）。2引脚连接器J4是开发板上PKOB4的紧急恢复跳线。这些跳线引脚可在硬件工具紧急引导固件恢复过程期间短接在一起。有关硬件工具紧急引导固件恢复的更多信息，请参见《MPLAB® X IDE用户指南》。

2.2.4 编程器/调试器接口的ICSP™连接器（J6）

8 引脚连接器 J6 可用于连接编程器/调试器（如 PICkit 4），从而编程和调试 dsPIC33CDVC256MP506 系列器件。该连接器默认情况下不安装。需要时，安装部件编号为 68016-108HLF 的连接器或类似的连接器。表 2-5 给出了引脚的详细信息。

表 2-5: 引脚说明——连接器 J6

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	MCLR	器件主复位 (MCLR)
2	+3.3V	电源电压
3	DGND	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	—
7	TX	器件虚拟 COM 端口发送线
8	RX	器件虚拟 COM 端口接收线

2.2.5 CAN 接口连接器（J7）

CAN（控制器局域网）为高速串行网络协议，旨在支持汽车网络。dsPIC33CDVC256MP506 集成了 CAN 收发器 ATA6563（物理层），该收发器是 CAN 接口电路的一个重要组成部分。开发板包含一个 CAN 接口电路，可通过连接器 J7 连接到 CAN 网络。表 2-6 总结了连接器 J7 的引脚说明。

表 2-6: 引脚说明——连接器 J7

引脚编号	信号名称	引脚说明
2	CANL	CAN 总线低位数据线
3	GND	CAN 地
7	CANH	CAN 总线高位数据线
1, 4, 5, 6, 8, 9	—	无连接

2.2.6 外部温度传感器接口连接器（J9）

2 引脚连接器（2.5 mm 间距）J9 可用于将热敏电阻连接到开发板。该连接器默认情况下不安装。需要时，安装部件编号为 B2B-EH-A(LF)(SN) 的连接器或类似的连接器。

2.2.7 逆变器输出连接器（J10）

开发板可以驱动三相 PMSM/BLDC 电机。电机控制逆变器输出可通过连接器 J10 输出。表 2-7 给出了连接器 J10 的引脚分配。

表 2-7: 引脚说明——连接器（J10）

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

2.2.8 用于连接 Click board™ 的 mikroBUS 插座 (J11)

开发板上提供了一个 mikroBUS 插座，可用于连接名为“Click board”的附加板来扩展功能。开发板实现了“*mikroBUS™ Standard Specifications v2.0*”（见 www.mikroe.com/mikrobus）中规定的 mikroBUS 插座。引脚分配包括三组通信引脚（SPI、UART 和 I²C）、六个附加引脚（PWM、中断、模拟输入、复位和片选）和两个电源组（+3.3V-GND 和 5V-GND）。

有关 dsPIC DSC 与 mikroBUS 插座之间的引脚映射，请参见第 A.1 章“开发板原理图和布线图”中的原理图或表 2-8。如表 2-8 中所述，可通过安装和/或移除相应电阻在 mikroBUS 插座与 dsPIC33CDVC256MP506 器件之间建立连接。

表 2-8: 引脚映射——dsPIC33CDVC256MP506 到 mikroBUS™ 插座

mikroBUS™		dsPIC33CDVC256MP506		将dsPIC33CDVC256MP506 与mikroBUS连接所需的操作		
引脚 编号	引脚 名称	引脚 编号	引脚功能	安装	移除（如果 已安装）	备注
1	AN	24	AN17/ANN1/IBIAS1/RP54/ PMD12/PMA12/RC6	R63	R66	将输入信号 TEMP_EXT 与 dsPIC® DSC 断开连接
2	RST	38	RP73/PCI20/RD9	R90	R95	将输入信号HALL_B与dsPIC DSC断 开连接
3	CS	45	AN2/CMP3A/RP39/SDA3/RB7	R97	R102	将输入信号V_C与dsPIC DSC断 开连接
4	SCK	36	RP56/ASDA1/SCK2/RC8	R20	R55	将输入信号 BUTTON_1 与 dsPIC DSC 断开连接
5	MISO	37	RP57/ASCL1/SDI2/RC9	R61	R62	将输入信号 BUTTON_2 与 dsPIC DSC 断开连接
6	MOSI	39	RP72/SDO2/PCI19/RD8	R71	R73	将输入信号HALL_A与dsPIC DSC断 开连接
7	+3.3V	—				mikroBUS 电源
8	GND	—				
9	GND	—				
10	+5V	—				
11	SDA	47	PGC1/AN11/RP41/SDA1/RB9	R96	R101	将输入信号V_A与dsPIC DSC断 开连接
12	SCL	46	PGD1/AN10/RP40/SCL1/RB8	R89	R94	将输入信号V_B与dsPIC DSC断 开连接
13	TX	31	AN18/CMP3C/ISRC3/RP74/ PMD9/PMA9/RD10	R80	R82	—
14	RX	32	AN16/ISRC2/RP55/PMD8/ PMA8/RC7	R77	R78	—
15	INT	21	RP76/RD12	R56	R57	将dsPIC DSC输出控制LD2（LED2） 断开连接
16	PWM	30	AN19/CMP2C/RP75/PMA0/ PMALL/PSA0/RD11	R87	R88	将输入信号HALL_C与dsPIC DSC断 开连接

2.2.9 PKOB 接口 USB 连接器（J12）

这是一个标准的母头 USB Micro-B 连接器，用于连接板上 PICKit（PKOB）编程/调试工具。[表 2-9](#) 给出了连接器 J12 的引脚分配。

表 2-9: 引脚说明——连接器 J12

引脚编号	信号名称	引脚说明
0	无连接	主体连接到 GND
1	VBUS	USB 5V
2	USB_N	USB 数据 -
3	USB_P	USB 数据 +
4	无连接	—
5	GND	PKOB 地（GND）

2.3 用户接口硬件

本节总结了开发板上提供的LED、按钮、电位器和测试点。

2.3.1 LED

开发板上提供的LED如图2-3所示，表2-10中对此进行了总结。

图2-3: LED——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板

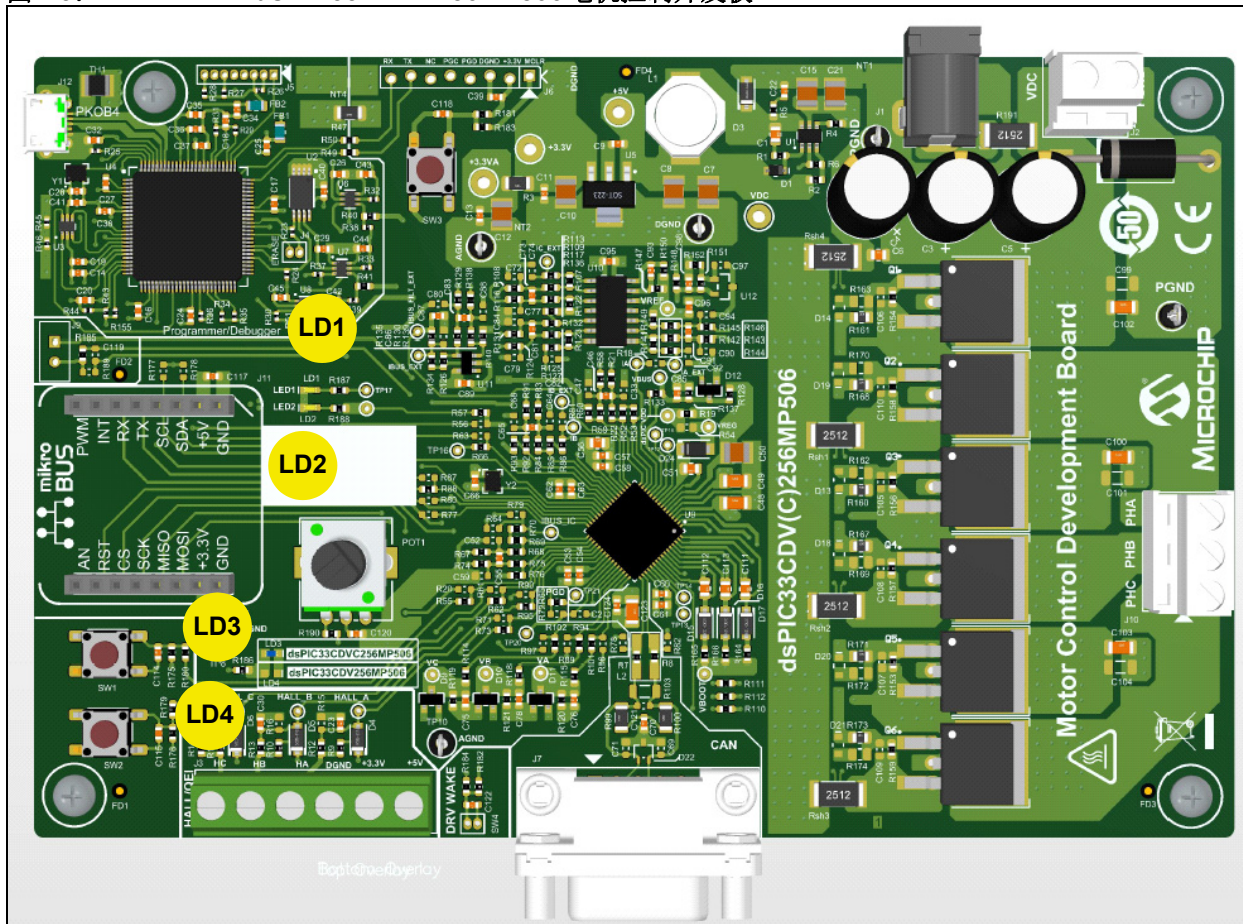


表2-10: LED

LED 标识	LED 颜色	LED 指示
LD1	黄色	用于调试 (LED1)。
LD2	黄色	用于调试 (LED2)。
LD3	蓝色	只有开发板上装有 dsPIC33CDVC256MP506 (U9) 时才安装该LED。
LD4	绿色	只有开发板上装有 dsPIC33CDVC256MP506 (U9) 时才安装该LED。

2.3.2 按钮

开发板上提供的按钮如图2-4所示，表2-11中对此进行了总结。

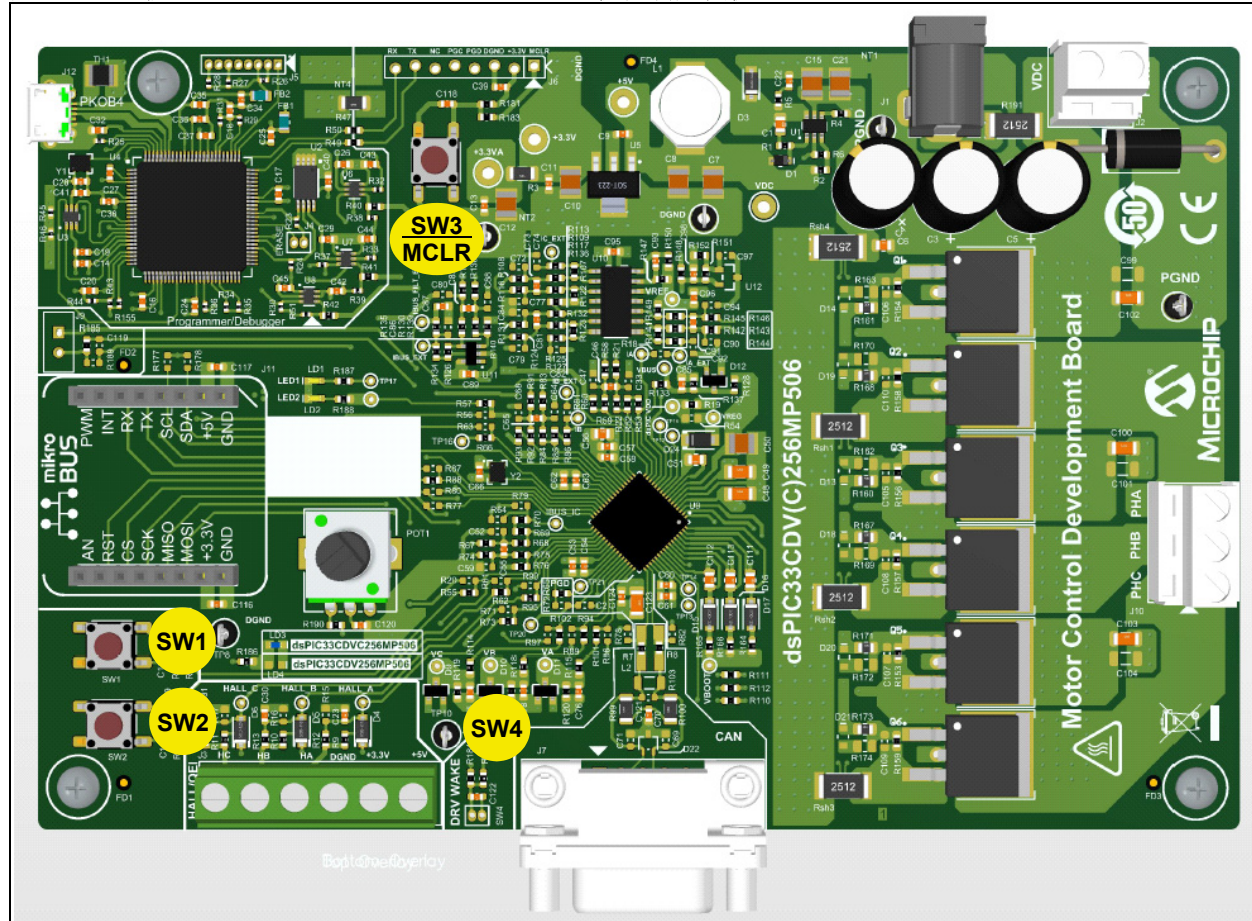
按钮SW1和SW2用于控制电机操作；例如，启动或停止电机。这些按钮的功能由电机控制应用固件定义。

按钮SW3和SW4具有特定功能。有关其功能说明，请参见表2-11。

表2-11： 按钮

SI 编号	按钮标识	按钮的功能
1	SW1	通用按钮（BUTTON1）。
2	SW2	通用按钮（BUTTON2）。
3	SW3	该按钮与dsPIC® DSC 的MCLR 引脚相连。按下该按钮将复位dsPIC DSC。
4	SW4	该按钮（未安装）与MOSFET 栅极驱动器的WAKE 引脚相连。要将器件从休眠模式唤醒，WAKE 引脚必须在至少150 μs 的时间内保持低电平。有关更多详细信息，请参见器件数据手册。

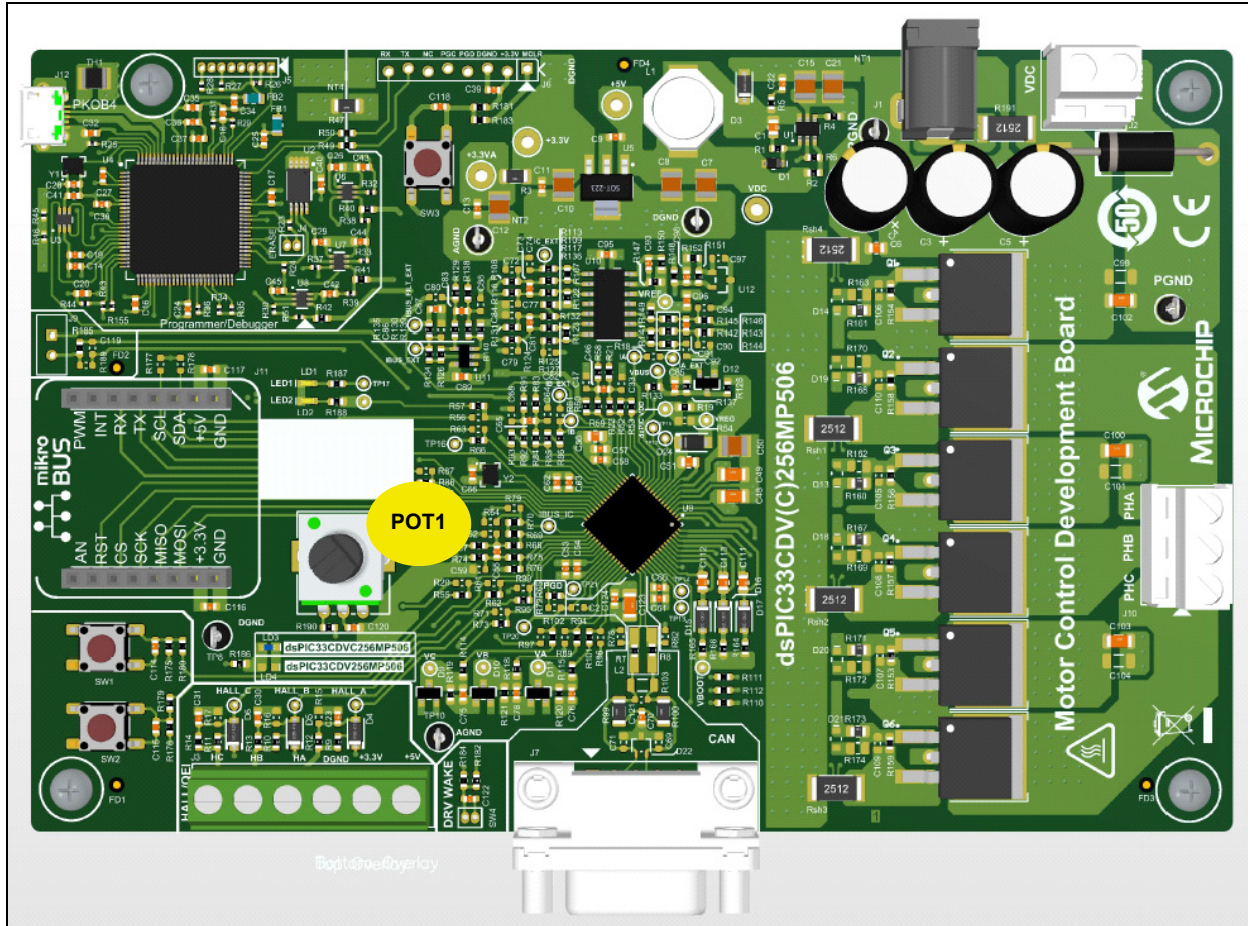
图 2-4: 按钮——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板



2.3.3 电位器

开发板上的电位器（如图2-5所示）连接到器件的模拟输入之一，可用于设置参考速度/电流/占空比。

图2-5： 电位器——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板



dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板用户指南

表2-12: 测试点

测试点编号	信号	说明
电源和输出		
TP1	VDC	输入直流电源
VBOOT	VBOOT	dsPIC33CDVC256MP506 的 VBOOT 输出——自举电源输出（+12V）
TP5	PGND	电源地
TP6	PGND	电源地
VREG	VREG	dsPIC33CDVC256MP506 的 VREG 输出——+3.3V 输出
dsPIC_VDD	dsPIC_VDD	连接到 dsPIC33CDVC256MP506 VDD/AVDD 引脚的 3.3V 电源
TP2	+5V	+5V 电源输出——板上 MCP16301 降压稳压器的输出
TP3	+3.3V	+3.3V 数字电源——板上 +3.3V LDO（MCP1826）的输出
TP7	DGND	数字地
TP8	DGND	数字地
TP4	+3.3VA	+3.3V 模拟电源
TP10	AGND	模拟地
TP11	AGND	模拟地
模拟信号		
TP15	VREF	用于偏置运放输出的 +1.65V 参考电压
IA	IA	逆变器 A 相桥臂电流反馈——内部放大器（dsPIC33CK256MP506 运放 1）输出
IA_EXT	IA_EXT	外部放大器（MCP6024 U10C）输出——逆变器 A 相桥臂电流反馈
IB	IB	逆变器 B 相桥臂电流反馈——内部放大器（dsPIC33CK256MP506 运放 3）输出
IB_EXT	IB_EXT	外部放大器（MCP6024 U10B）输出——逆变器 B 相桥臂电流反馈
IC_EXT	IC_EXT	外部放大器（MCP6024 U10A）输出——逆变器 C 相桥臂电流反馈
IBUS_IC	IBUS_IC	逆变器母线电流反馈——内部放大器（dsPIC33CK256MP506 运放 2）输出或逆变器 C 相桥臂电流反馈
IBUS_EXT	IBUS_EXT	逆变器母线电流反馈，由 MCP651S（U11）放大
IBUS_FILT_EXT	IBUS_FILT_EXT	经滤波的逆变器母线电流反馈，由 MCP651S（U11）放大；此输出连接到 dsPIC® DSC 的内部比较器之一的同相输入以提供过流保护
VA	VA	A 相电压反馈
VB	VB	B 相电压反馈
VC	VC	C 相电压反馈
VBUS	VBUS	直流母线电压反馈
TP16	TEMP_EXT	通过连接器 J9 连接的外部温度传感器的输出
霍尔传感器反馈		
HA	HALL_A	霍尔传感器 A 或正交编码器 A 反馈，连接到 dsPIC DSC 输入
HB	HALL_B	霍尔传感器 B 或正交编码器 B 反馈，连接到 dsPIC DSC 输入
HC	HALL_C	霍尔传感器 C 或正交编码器索引反馈，连接到 dsPIC DSC 输入
LED		
TP17	LED1	来自 dsPIC DSC 的 LED1 输出
TP18	LED2	来自 dsPIC DSC 的 LED2 输出
测试点		
TP12	TP12	连接到 dsPIC33CDVC256MP506 的第 10 个引脚
TP13	TP13	连接到 dsPIC33CDVC256MP506 的第 53 个引脚
TP14	TP14	连接到 dsPIC33CDVC256MP506 的第 54 个引脚
TP19	TP19	连接到 dsPIC33CDVC256MP506 的第 11 个引脚

2.4 dsPIC33CDVC256MP506 系列器件的引脚功能

板上dsPIC33CDVC256MP506器件（见图A-2中的U9）可以通过其模块、外设和CPU功能控制开发板的各种特性和功能。dsPIC33CDVC256MP506的引脚功能根据其功能分组，请参见表2-13。

表2-13: dsPIC33CDVC256MP506 引脚功能

信号	引脚编号	引脚功能	外设或模块	备注
dsPIC® DSC (U9A) 配置——电源、复位、时钟和编程				
dsPIC_VDD	25、41 和 52	VDD	电源	dsPIC DSC 的 +3.3V 电源
DGND	26、40 和 65	Vss		数字地
dsPIC_VDD	19	AVDD		dsPIC DSC 的 +3.3V 电源
AGND	20	AVss		模拟地
CLKI	28	OSCI/CLKI/AN5/RP32/PMD10/PMA10/RB0	带 PLL 的振荡器	连接到 8 MHz MEMS 振荡器 (Y2) 的引脚 3
MCLR	12	MCLR	复位	连接到按钮 (SW3)、ICSP™ 连接器 (J6) 和 PKOB 电路
PGD	42	PGD3/RP37/SDA2/PMA14/PMCS1/PSCS/RB5	在线串行编程 (In-Circuit Serial Programming™, ICSP™) 或在线调试器	连接到 ICSP 连接器 (J6) 和 PKOB 电路的编程引脚
PGC	44	PGC3/RP38/SCL2/RB6		“PGD” 信号连接到 dsPIC DSC 的以下引脚： - 如果 U9 为 dsPIC33CDVC256MP506，则通过跳线电阻 (R65) 连接到引脚 42 - 如果 U9 为 dsPIC33CDV256MP506，则通过跳线电阻 (R72) 连接到引脚 43
用于放大电流的 dsPIC DSC (U9A) 内部放大器连接				
SHUNT_IA_P	16	OA1IN+/AN9/PMA6/RA2	运算放大器 1 (运放 1) 和专用 ADC 内核 0	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
SHUNT_IA_N	15	OA1IN-/ANA1/RA1		
IA	14	OA1OUT/AN0/CMP1A/IBIAS0/RA0		运放 1 输出，即放大的 A 相电流；为使用此输出，需配置并使能运放 1，在放大器反馈中安装电阻 R53 (0R)，并移除 R18 (如果已安装)
SHUNT_IB_P	23	OA3IN+/AN14/CMP2B/ISRC1/RP50/PMD13/PMA13/RC2	运算放大器 3 (运放 3) 和共用 ADC 内核	电流检测电阻 Rsh2 的差分电流反馈通过输入电阻连接到运放 3 的同相和反相输入
SHUNT_IB_N	22	OA3IN-/AN13/CMP1B/ISRC0/RP49/PMA7/RC1		
IB	18	OA3OUT/AN4/CMP3B/IBIAS3/RA4		运放 3 输出，即放大的 B 相电流；为使用此输出，需配置并使能运放 3，在放大器反馈中安装电阻 R86 (0R)，并移除 R81 (如果已安装)
SHUNT_IBUS_P	35	PGC2/OA2IN+/RP36/RB4	运算放大器 2 (运放 2) 和专用 ADC 内核 1	电流检测电阻 Rsh4 的差分电流反馈通过输入电阻连接到运放 2 的同相和反相输入
SHUNT_IBUS_N	34	PGD2/OA2IN-/AN8/RP35/RB3		
IBUS_IC	33	OA2OUT/AN1/AN7/ANA0/CMP1D/CMP2D/CMP3D/RP34/SCL3/INT0/RB2		运放 2 输出，即放大的母线电流；为使用此输出，需配置并使能运放 2，在放大器反馈中安装电阻 R70 (0R)，并移除 R64 和 R79 (如果已安装)

表2-13: dsPIC33CDVC256MP506引脚功能（续）

信号	引脚编号	引脚功能	外设或模块	备注
经外部放大器（U10和U11）放大的电流				
IA_EXT	14	OA1OUT/AN0/CMP1A/IBIAS0/RA0	专用ADC内核0	经放大器U10-C放大的A相电流；使用该输出时，需安装电阻 R18（0R），移除电阻R53（如果已安装），并禁止dsPIC DSC运算放大器1
IB_EXT	18	OA3OUT/AN4/CMP3B/IBIAS3/RA4	共用ADC内核	经放大器U10-B放大的B相电流；使用该输出时，需安装电阻 R81（0R），移除电阻R86（如果已安装），并禁止dsPIC DSC运算放大器3
IC_EXT	33	OA2OUT/AN1/AN7/ANA0/CMP1D/CMP2D/CMP3D/RP34/SCL3/INT0/RB2	专用ADC内核1	经放大器U10-A放大的C相电流；使用该输出时，需安装电阻 R79（0R），移除电阻R64和R70（如果已安装），并禁止dsPIC DSC运算放大器2
IBUS_EXT	33	OA2OUT/AN1/AN7/ANA0/CMP1D/CMP2D/CMP3D/RP34/SCL3/INT0/RB2	专用ADC内核1	经放大器U11放大的母线电流；使用该输出时，需安装电阻 R64（0R），移除电阻 R79 和 R70（如果已安装），并禁止dsPIC DSC运算放大器2
过流检测和故障输出				
IBUS_FILT_EXT	17	DACOUT1/AN3/CMP1C/RA3	高速模拟比较器1（CMP 1）和DAC 1	在将放大的母线电流连接到CMP 1的同相输入（用于过流检测）之前，需对其进行进一步滤波；可以通过DAC设置过流阈值；比较器输出可在内部用作PWM发生器的故障输入，因此可用于在没有CPU干预的情况下关闭PWM
电压反馈				
V_BUS	13	AN12/ANN0/RP48/RC0	共用ADC内核	直流母线电压反馈
V_A	47	PGC1/AN11/RP41/SDA1/RB9	共用ADC内核	A相电压反馈
V_B	46	PGD1/AN10/RP40/SCL1/RB8	共用ADC内核	B相电压反馈
V_C	45	AN2/CMP3A/RP39/SDA3/RB7	共用ADC内核	C相电压反馈
温度接口和电位器（POT1）				
TEMP_EXT	24	AN17/ANN1/IBIAS1/RP54/PMD12/PMA12/RC6	共用ADC内核	来自通过连接器J9连接的外部温度传感器的反馈
POT	27	AN15/CMP2A/IBIAS2/RP51/PMD11/PMA11/RC3	共用ADC内核	电位器（POT1）可用于设置电机控制应用中的参考速度/电流/占空比
霍尔传感器/正交编码器反馈（通过连接器J3连接）				
HALL_A	39	RP72/SDO2/PCI19/RD8	I/O 端口，电平变化通知（Change Notification, CN），I/O 和正交编码器接口的可重映射功能	可以允许电平变化通知中断，以识别任何霍尔传感器输入的跳变；可以根据电机控制应用的要求，将正交编码器接口模块配置为基于编码器信号读取位置或速度信息。
HALL_B	38	RP73/PCI20/RD9		
HALL_C	30	AN19/CMP2C/RP75/PMA0/PMALL/PSA0/RD11		

表2-13: dsPIC33CDVC256MP506引脚功能（续）

信号	引脚编号	引脚功能	外设或模块	备注
调试接口（J6和PKOB）				
dsPIC_DEBUG_RX	32	AN16/ISRC2/RP55/PMD8/PMA8/RC7	I/O和UART的可重映射功能	这些信号连接到ICSP连接器J6；连接并断开适当的跳线电阻以通过这些通道中的任何一个建立串行通信
dsPIC_DEBUG_TX	31	AN18/CMP3C/ISRC3/RP74/PMD9/PMA9/RD10		
用户接口（LED和按钮）				
LED1	29	OSCO/CLKO/AN6/RP33/PMA1/PMALH/PSA1/RB1	I/O 端口	连接到通用LED LD1
LED2	21	RP76/RD12		连接到通用LED LD2
BUTTON1	36	RP56/ASDA1/SCK2/RC8		连接到按钮SW1
BUTTON2	37	RP57/ASCL1/SDI2/RC9		连接到按钮SW2
mikroBUS™ 插座信号（J11）				
CLICK_AN	24	AN17/ANN1/IBIAS1/RP54/PMD12/PMA12/RC6	模拟通道或GPIO	提供了mikroBUS插座，用于通过连接适当的Click board™来扩展功能；引脚功能要求的变更基于插座中插入的Click板；信号按一般要求分配。
CLICK_RST	38	RP73/PCI20/RD9	GPIO	
CLICK_CS	45	AN2/CMP3A/RP39/SDA3/RB7	可重映射引脚、PWM 或GPIO	
CLICK_SCK	36	RP56/ASDA1/SCK2/RC8	可通过可重映射功能配置为SPI输入/输出或时钟	
CLICK_MISO	37	RP57/ASCL1/SDI2/RC9		
CLICK_MOSI	39	RP72/SDO2/PCI19/RD8		
CLICK_SDA	47	PGC1/AN11/RP41/SDA1/RB9	I ² C 3的备用I ² C数据和时钟引脚	
CLICK_SCL	46	PGD1/AN10/RP40/SCL1/RB8		
CLICK_TX	31	AN18/CMP3C/ISRC3/RP74/PMD9/PMA9/RD10	可通过可重映射功能配置为UART RX和TX	
CLICK_RX	32	AN16/ISRC2/RP55/PMD8/PMA8/RC7		
CLICK_INT	21	RP76/RD12	可通过可重映射功能配置为中断引脚	
CLICK_PWM	30	AN19/CMP2C/RP75/PMA0/PMALL/PSA0/RD11	可配置为SCCP输入或输出或者使用PWM发生器输出	

表 2-13: dsPIC33CDVC256MP506 引脚功能 (续)

信号	引脚编号	引脚功能	外设或模块	备注
dsPIC33CDVC256MP506 集成的栅极驱动器 (U9B)				
VDC	7	HVDD	dsPIC33CDV256MP506 集成的栅极驱动器 (U9B)；这是 dsPIC33CDVC256MP506 的 B 部分	有关更多详细信息，请参见数据手册
PGND	5	HVSS		
	9	CAP1		
	8	CAP2		
DRV_VBOOT	4	VBOOT		
DRV_VREG	6	VREG		
DRV_WAKE	55	WAKE		
	58	VBA		
	61	VBB		
	64	VBC		
PHASE_A	56	PHA		
PHASE_B	59	PHB		
PHASE_C	62	PHC		
	57	HSA		
	60	HSB		
	63	HSC		
	1	LSA		
	2	LSB		
	3	LSC		
dsPIC33CDVC256MP506 集成的 CAN FD 收发器 (U9C)				
	50	CANH	dsPIC33CDVC256MP506 集成的 CAN FD 收发器 (U9C)；这是 dsPIC33CDVC256MP506 的 C 部分	有关更多详细信息，请参见数据手册
	49	CANL		
	43	CAN_RXD		
	48	CAN_VDD		
	51	CAN_VSS		
	67	N/C		

第3章 硬件说明

3.1 简介

本章提供了开发板硬件特性的详细说明。开发板旨在演示dsPIC33CDVC256MP506器件系列在电机控制应用中的功能。

开发板包括霍尔传感器/正交编码器接口（QEI）和用于测量直流电压、相电压、母线电流和相电流等的检测电路。此外，还提供了CAN总线接口、mikroBUS插座和板上编程器/调试器（PKOB）电路。

电机控制逆变器可以通过使用12V至24V的输入电压进行工作，并且可以在指定的工作范围内提供10A（RMS）的连续输出相电流。有关电气规范的更多信息，请参见[附录B“电气规范”](#)。

3.2 硬件部分

本章涵盖了开发板的以下硬件部分：

- [dsPIC33CDVC256MP506](#)和辅助电路
- 电源
- 三相逆变桥
- 电流检测电路
- 电压检测电路
- 霍尔传感器/正交编码器接口
- 外部温度传感器接口
- 用户接口
- [CAN总线接口](#)
- [mikroBUS插座](#)
- 编程器/调试器接口

[图3-1](#)和[表3-1](#)介绍了开发板的硬件部分。

图3-1： 硬件部分

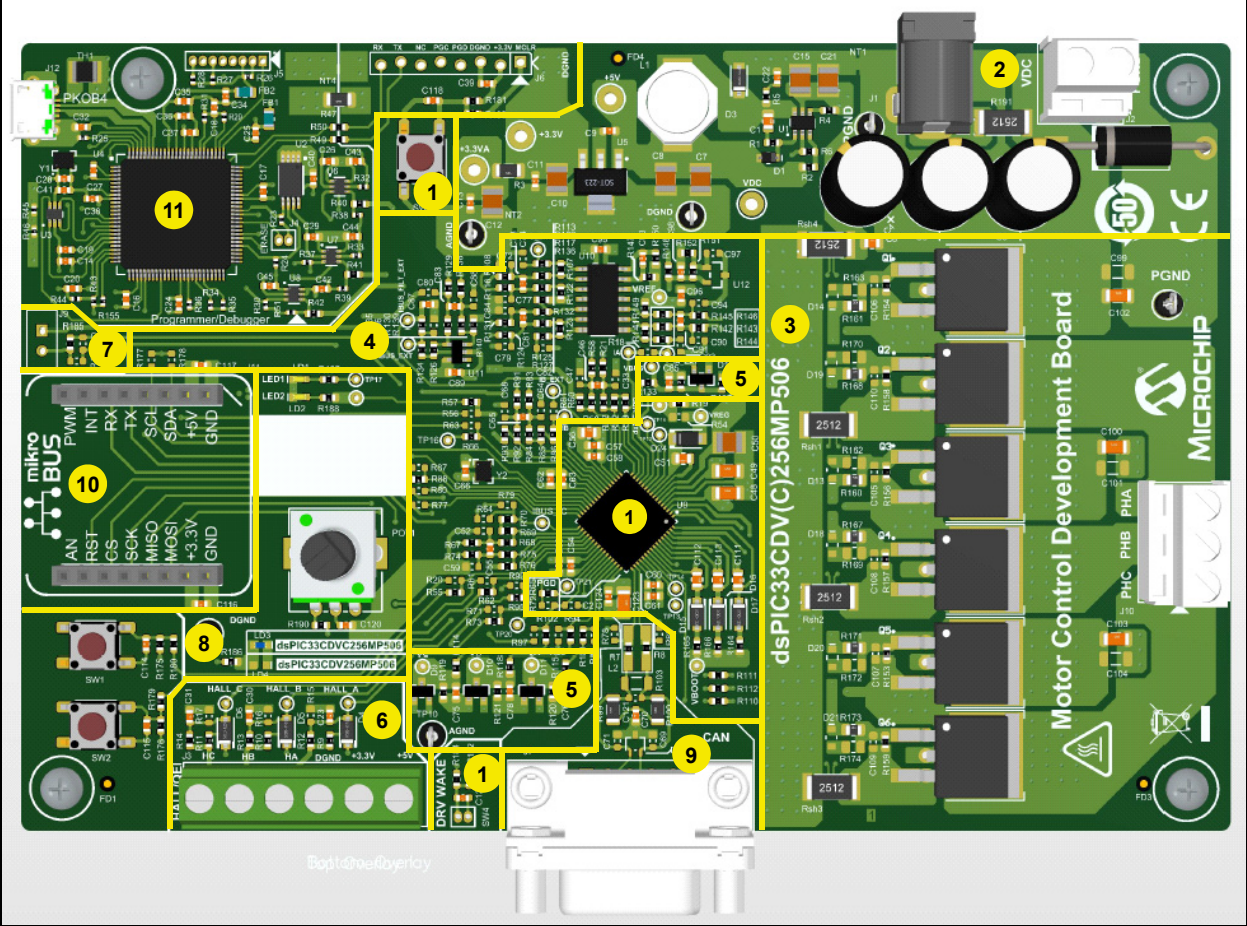


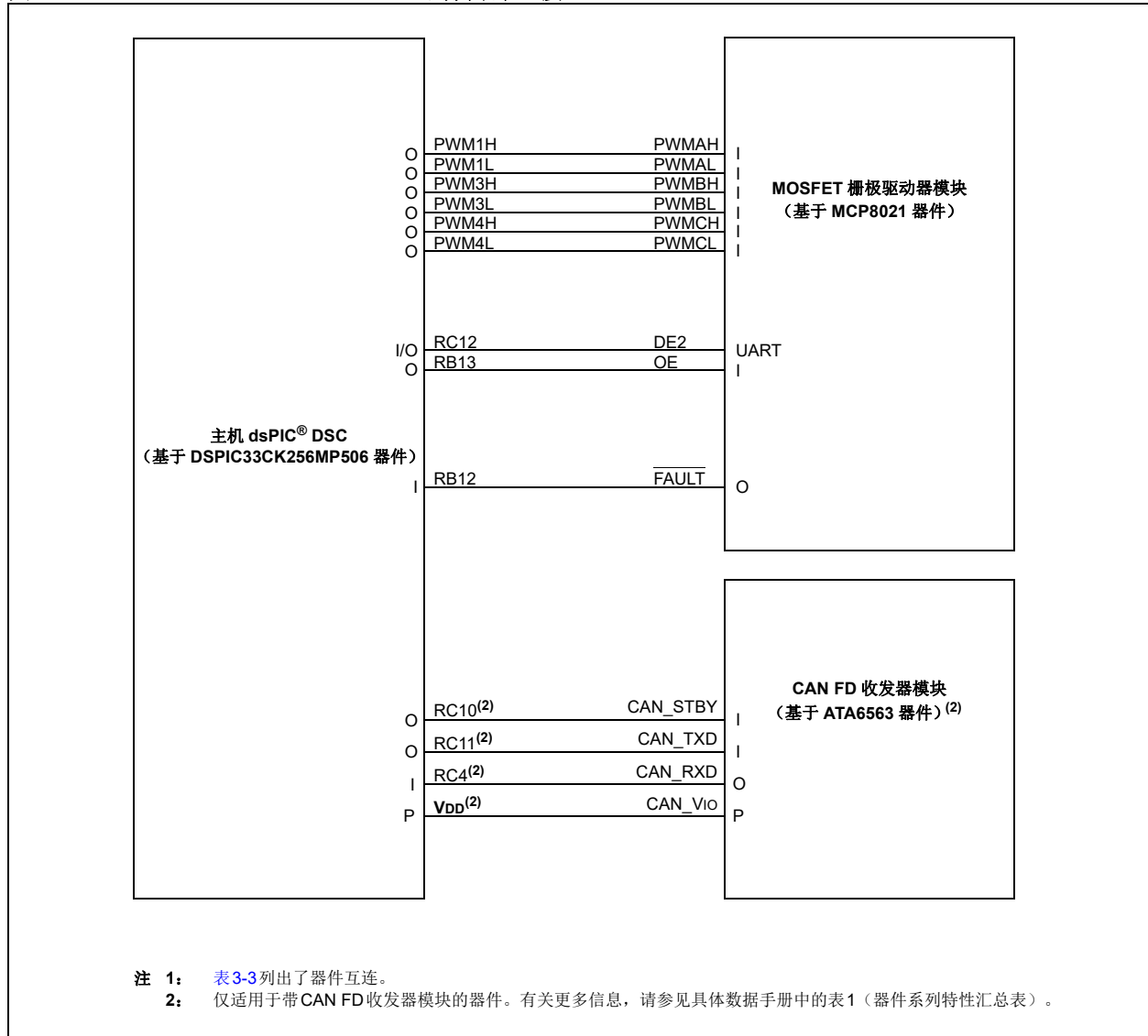
表3-1： 硬件部分

编号	硬件部分
1	dsPIC33CDVC256MP506 和辅助电路
2	电源部分
3	三相电机控制逆变器
4	电流检测电路
5	电压检测电路
6	速度或位置反馈接口
7	外部温度传感器接口
8	用户接口
9	CAN 总线接口
10	mikroBUS™ 插座
11	板上 PICKit™ (PKOB)

3.2.1 dsPIC33CDVC256MP506和辅助电路

dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板采用Microchip dsPIC DSC 产品组合中的dsPIC33CDVC256MP506器件。该器件包含dsPIC33CK256MP506、MOSFET栅极驱动器和CAN FD收发器，三者的互连如图3-2和表3-3所示。dsPIC DSC、MOSFET栅极驱动器和CAN FD收发器相结合为开发经济高效的低电压PMSM/BLDC电机驱动提供一种可通过CAN联网的单芯片解决方案。

图3-2: dsPIC33CDVC256MP506 器件内部连接



3.2.1.1 dsPIC DSC —— dsPIC33CK256MP506

dsPIC33CDVC256MP506的主要元件是100 MIPS高性能dsPIC33CK256MP506器件，该器件具有高速ADC、运放、模拟比较器和脉宽调制器（Pulse-Width Modulator, PWM）等外设，并且内置故障保护、触发和同步功能。

dsPIC DSC中的高速PWM模块可生成多个ADC触发信号以测量电机电流、相电压、逆变器输入电压和逆变器总/母线电流等，在特定情况下与PWM一起用于控制逆变器。要实现有传感器或无传感器磁场定向控制（FOC）、转矩控制、梯形波控制、初始位置检测、风转、弱磁和单电流检测电阻电流重构等电机控制算法，这些反馈必不可少。PWM模块的PWM控制输入（PWM Control Input, PCI）可用于在检测到故障时立即关闭PWM输出，以及同步用于控制三相逆变桥的多个PWM发生器（PWM Generator, PG）。

比较器模块搭配数模转换器（Digital-to-Analog Converter, DAC）可用于检测过流故障，以在发生故障时保护逆变器或电机。dsPIC DSC具有三个运算放大器；可通过连接外部输入和反馈电阻来配置这三个运算放大器，以放大电流检测电阻检测到的电流。

在基于传感器的BLDC电机控制应用中，I/O端口的电平变化通知（CN）功能搭配定时器可用于检测霍尔传感器状态变化，以获得电机的位置和速度。同样，还可以通过配置dsPIC DSC中的正交编码器接口（QEI）模块从电机正交编码器反馈中获取位置/速度信息，这对于基于传感器的PMSM磁场定向控制或正弦控制必不可少。

dsPIC DSC还集成了多个通信外设（如SPI、I²C和UART），可用于与主机PC、中央控制器或主控制器通信。此外，它还具有安全关键型应用所需的看门狗定时器、程序监控定时器、ECC引擎和BIST模块。

按钮SW3连接到器件的MCLR引脚，用于复位dsPIC DSC（需要时）。器件的一组编程/调试引脚PGC3/PGD3连接到开发板上提供的编程器/调试接口，与MCLR一起用于对dsPIC DSC进行编程/调试。dsPIC DSC的所有电源引脚（包括VDD/GND和AVDD/AGND对）上均提供去耦电容。

3.2.1.2 MOSFET 栅极驱动器 —— MCP8021

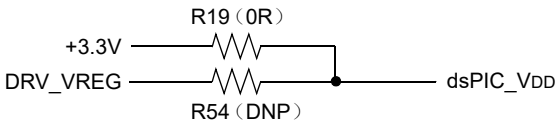
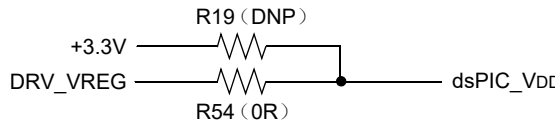
dsPIC33CDVC256MP506的第二个元件是能够驱动三相逆变桥的MOSFET栅极驱动器。MOSFET栅极驱动器模块可为逆变桥提供欠压、过压、直通和短路等多项保护功能。通过其UART接口可在dsPIC DSC与MOSFET栅极驱动器模块之间建立DE2通信链路。DE2通信（半双工，9600波特率，8位，无奇偶校验，单行通信链路）用于指示驱动器故障状态，以及驱动器配置和设置参数，例如死区、消隐时间和过流阈值等。

MOSFET 栅极驱动器模块具有两个分别用于生成 +5V 和 +3.3V 输出的内部 LDO 以及一个具有 +12V 输出的稳压电荷泵。在开发板上，电荷泵的 +12V 输出用于为自举电路供电。+12V 电荷泵可提供 30 mA 的输出电流。由于 +12V 电荷泵的输出电流限制为 30 mA，如果下桥臂 MOSFET 关断较长时间，当器件上电时，应先对自举电容进行预充电，再导通上桥臂 MOSFET。可使用占空比很小的 PWM 仅控制下桥臂 MOSFET，以此对自举电容进行预充电。选择占空比时应确保 +12V 电荷泵的输出不会在预充电周期内降至 +10V 以下。

+5V LDO 输出在内部为 MOSFET 栅极驱动器数字逻辑供电。+3.3V LDO 输出（VREG）可用于为 dsPIC DSC 或外部电路供电。+3.3V LDO 在室温下可提供最高 70 mA 的输出电流。当温度较高时，必须对输出电流加以限制，确保不会超过器件的功耗规范。开发板上提供了相应电路，用于将 +3.3V LDO 连接到 dsPIC DSC 电源引脚（VDD 和 AVDD）。有关用于选择 dsPIC DSC 的电源输入的电阻跳线设置，请参见表 3-2。

dsPIC DSC 的高速 PWM 输出在内部连接到 MOSFET 栅极驱动器模块的输入。MOSFET 栅极驱动器模块的输出使能（Output Enable, OE）、DE2 通信（DE2）和故障输出（FAULT）在内部连接到 dsPIC DSC 的端口引脚，从而在二者之间形成无缝接口。有关 DE2 通信的更多信息，请参见 “dsPIC33CDVC256MP506 Family Data Sheet”（DS70005484）。

表 3-2: 电阻跳线配置——选择 dsPIC® DSC 的电源输入

通过辅助电源的板上 LDO 输出（+3.3V）为 dsPIC® DSC 供电的电阻配置	通过 MOSFET 栅极驱动器的内部 LDO 输出（VREG）为 dsPIC DSC 供电的电阻配置 ^(1,2)
	

- 注 1: 当内部 LDO 工作时，dsPIC33CDVC256MP506 增加的功耗将与 LDO 消耗的电流成比例。确保热量处于可接受的限值内。
- 2: VREG 输出只能提供 70 mA 的电流。确保 dsPIC DSC 的电流要求不超过限值。

3.2.1.3 CAN FD收发器——ATA6563

dsPIC33CDVC256MP506的第三个元件是CAN FD收发器。该全集成的CAN FD收发器按照ISO 11898-2、ISO 11898-2:2016和SAE J2962-2设计。高速CAN收发器（最高5 Mbps）可在控制器局域网（Controller Area Network, CAN）协议控制器与物理双线CAN总线之间提供接口。有关CAN FD收发器的更多信息，请参见“*dsPIC33CDVC256MP506 Family Data Sheet*”（DS70005484）。

CAN FD收发器引脚CAN_STBY、CAN_TXD、CAN_RXD和CAN_VIO在内部连接到dsPIC DSC可重映射输入，因此可配置并使用其UART之一构建CAN接口。

表3-3: dsPIC33CDVC256MP506的内部互连

主机dsPIC® DSC连接	MOSFET 栅极驱动器连接	外部引脚
RB14/PWM1H	PWMAH	10
RB15/PWM1L	PWMAL	无
RB10/PWM3H	PWMBH	54
RB11/PWM3L	PWMBL	无
RD1/PWM4H	PWMCH	53
RD0/PWM4L	PWMCL	无
RB12	FAULT	无
RC12/RP60	DE2	无
RB13	OE	无
主机dsPIC DSC连接	CAN收发器连接 ⁽¹⁾	外部引脚
RC10	CAN_STBY	无
RC11/RP59	CAN_TXD	无
RC4/RP52	CAN_RXD	46
VDD	CAN_VIO	无

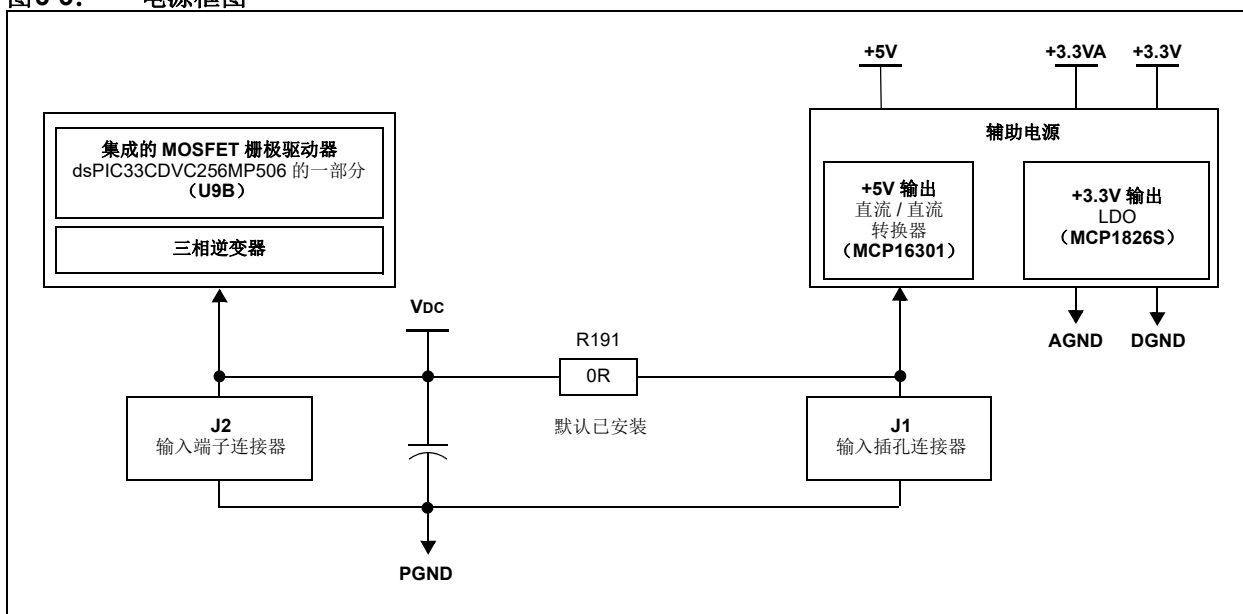
注 1: 仅适用于带CAN收发器模块的器件。

3.2.2 电源

可以通过同轴插头J1或端子连接器J2为开发板供电。连接器J1可承载最高2.5A的电流，连接器J2可处理最高10A的电流。开发板设计为在12-24V直流电压范围内工作。直流链路电容与输入并联，以最大程度地减小电压变化的影响（取决于负载），并降低由于开关期间电机控制逆变器产生的纹波电流而在直流母线上产生的纹波电压。图3-3给出了电源框图。输入直流电源连接到MOSFET栅极驱动器、电机控制逆变器和辅助电源。辅助电源部分包括一个直流/直流转换器和一个LDO稳压器。MCP16301降压转换器产生+5V输出，用于为通过连接器J3连接的速度/位置传感器以及通过mikroBUS插座J11连接的Click板供电。固定的3.3V LDO MCP1826S产生+3.3V电压，用于为所有逻辑电路供电，包括dsPIC33CK256MP506（U9A）、运算放大器、mikroBUS插座、用户接口元件、温度传感器、速度/位置传感器和编程器/调试器接口。

上桥臂栅极驱动器使用的自举电路通过dsPIC33CDVC256MP506内部的LDO生成的VBOOT（即+12V）输出供电。内部+3.3V LDO的输出电流能力为70 mA，可用于为dsPIC33CK256MP506（U9A）供电。

图3-3: 电源框图



+3.3V数字和模拟电源以及接地连接使用跳线电阻在逻辑上分离。在开发板上，数字电源、数字地、模拟电源和模拟地分别标记为+3.3V、DGND、+3.3VA和AGND。需要时，可通过将电阻R191断开连接来分离逆变器的电源。这样便可通过J2为dsPIC33CDVC256MP506和三相逆变器供电，通过同轴插头J1为电路的其余部分供电。安装电阻R191（0R），可以恢复J1与J2之间的连接。有关更多详细信息，请参见第C.3章“辅助电源”、第2.2.1章“电源连接器（J1和J2）”和图A-1。

3.2.3 三相逆变桥

三相电机功率级是通过将6个N沟道MOSFET（Q1-Q6）配置为3个半桥来实现的。每个MOSFET的栅极和源极之间都连接一个电阻，用于确保在断开栅极信号时软关断MOSFET。每个半桥的两端均跨接低ESR陶瓷电容，用于滤除高频噪声。逆变器电源与地之间连接有瞬态电压抑制器（D2），用于防止逆变器和驱动器出现电压瞬变。

dsPIC33CDVC256MP506内部的三相栅极驱动器用于驱动电机控制逆变器的下桥臂和上桥臂MOSFET。驱动上桥臂MOSFET所需的自举电路（包括电阻、二极管和电容）在外部连接到dsPIC33CDVC256MP506。但是，自举电路由dsPIC33CDVC256MP506内部的+12V LDO（VBOOT——30 mA）供电。三相逆变桥的输出与连接器J10相连。

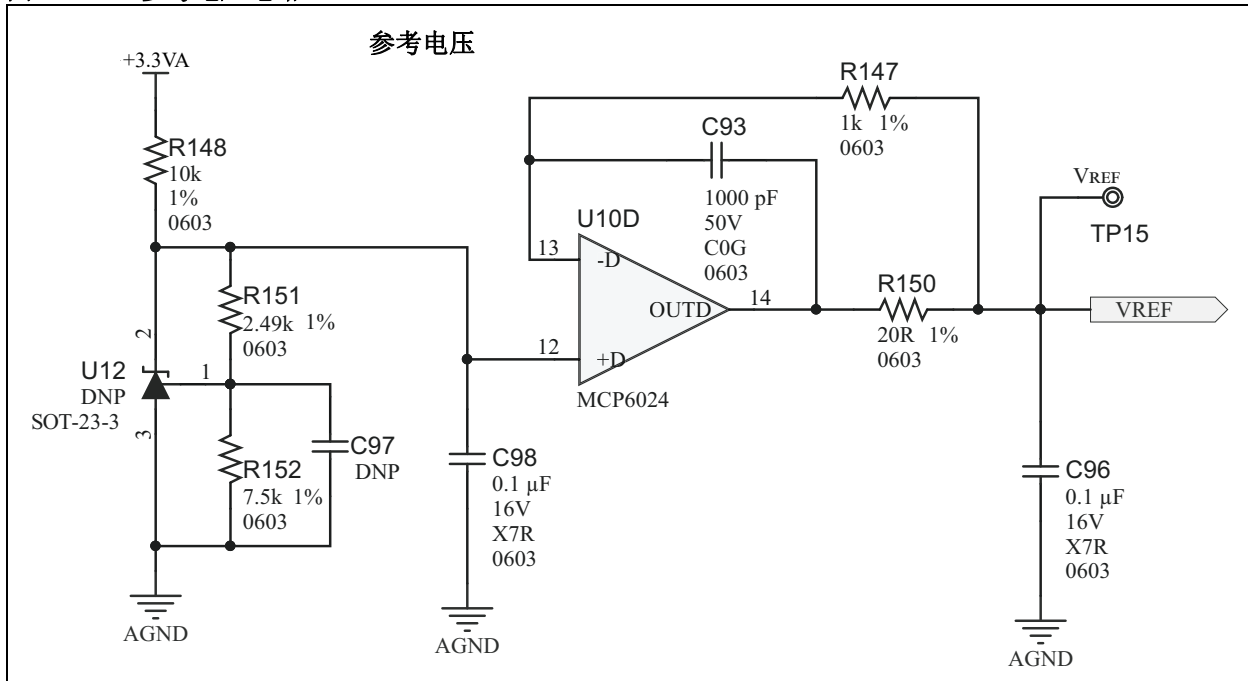
3.2.4 电流检测电路

3.2.4.1 参考电压电路

该电路产生的参考电压（VREF）是模拟电源电压（+3.3VA）的一半，约为+1.65V。参考电路（见 图3-4）围绕MCP6024 运放之一（标记为“D”）构建。电阻R148、R151和R152构成分压电路，该电路将放大器的同相输入设置为模拟电压（+3.3VA）的一半。运放U10D（MCP6024-D）用作缓冲器。电阻R147、R150以及电容C93构成补偿电路来驱动容性负载，其中C93用作高频反馈路径，R147用作低频信号的反馈路径。

该参考输出连接到电流放大器的同相输入以向其输出添加直流偏置，从而可在使用单电源放大器时测量正负电流摆动。

图3-4： 参考电压电路



3.2.4.2 电流放大器

PMSM/BLDC 电机的磁场定向控制（FOC）需要电机相电流信息才能实现。在开发板中，每个逆变器桥臂中均提供电流检测电阻 **Rsh1**、**Rsh2** 和 **Rsh3**，用于测量电机各相中流过的电流大小。另外一个电流检测电阻 **Rsh4** 用于检测母线总电流，因为 BLDC 电机的过流保护和电流控制功能需要此信息。通过在 PWM 开关周期内对直流母线电流进行适当采样，直流母线电流信息也可以用于电机相电流的重构，这称为单电流检测电阻重构算法。

同相差分放大器配置用于放大电流检测电阻两端的压降，该压降分别与流经三相逆变器 **A** 相、**B** 相和 **C** 相的电流以及母线电流成比例。放大器输出电压的偏移值等于 **+1.65V**（即参考电压（**VREF**）），以允许正负电流摆动。所有放大器的输入引脚之间均添加了共模和差模滤波器，以便滤除噪声。此外，还可以在外部放大器 **U10-A**、**U10-B**、**U10-C** 和 **U11** 的输出端添加滤波器。

图 3-5 中的框图显示了外部放大器与 dsPIC DSC 模拟外设（包括内部放大器、比较器和 ADC 等）之间的互连。开发板可通过外部放大器 **U10** 和 **U11** 以及 dsPIC DSC 内部放大器运放 1（**OA1**）、运放 2（**OA2**）和运放 3（**OA3**）放大相电流和母线电流。dsPIC33CDVC256MP506 内部的运放 **OA1**、**OA3** 和 **OA2** 用于放大 **A** 相、**B** 相和母线的电流。在四放大器 **MCP6024** 中，四个放大器中的三个（**U10-A**、**U10-B** 和 **U10-C**）配置为放大流经逆变器 **A** 相、**B** 相和 **C** 相的电流。**C** 相放大电流（**IC_EXT**）连接到 dsPIC DSC 的模拟输入。可通过电阻跳线在内部放大器输出与外部放大器输出之间进行选择（见表 3-4）。

添加运放 **MCP651S**（**U11**）用于放大直流母线电流。此放大器配置为检测母线电流。**U11** 放大器的输出经过进一步滤波（**IBUS_FILT_EXT**），连接到内部比较器 1 的同相输入（**CMP1C**）。比较器 1 的反相输入可配置为连接到内部 DAC 输出以设置过流阈值。当检测到过流时，比较器 1（**CMP1**）的输出将产生高电平有效输出。该比较器输出可作为故障输入提供给高速 PWM 模块的 PWM 发生器。如果在 PWM 发生器中使能了故障功能，并且在过流条件下将 **CMP1** 选择为故障源，则电机控制 PWM 将被禁止，进而保护硬件。

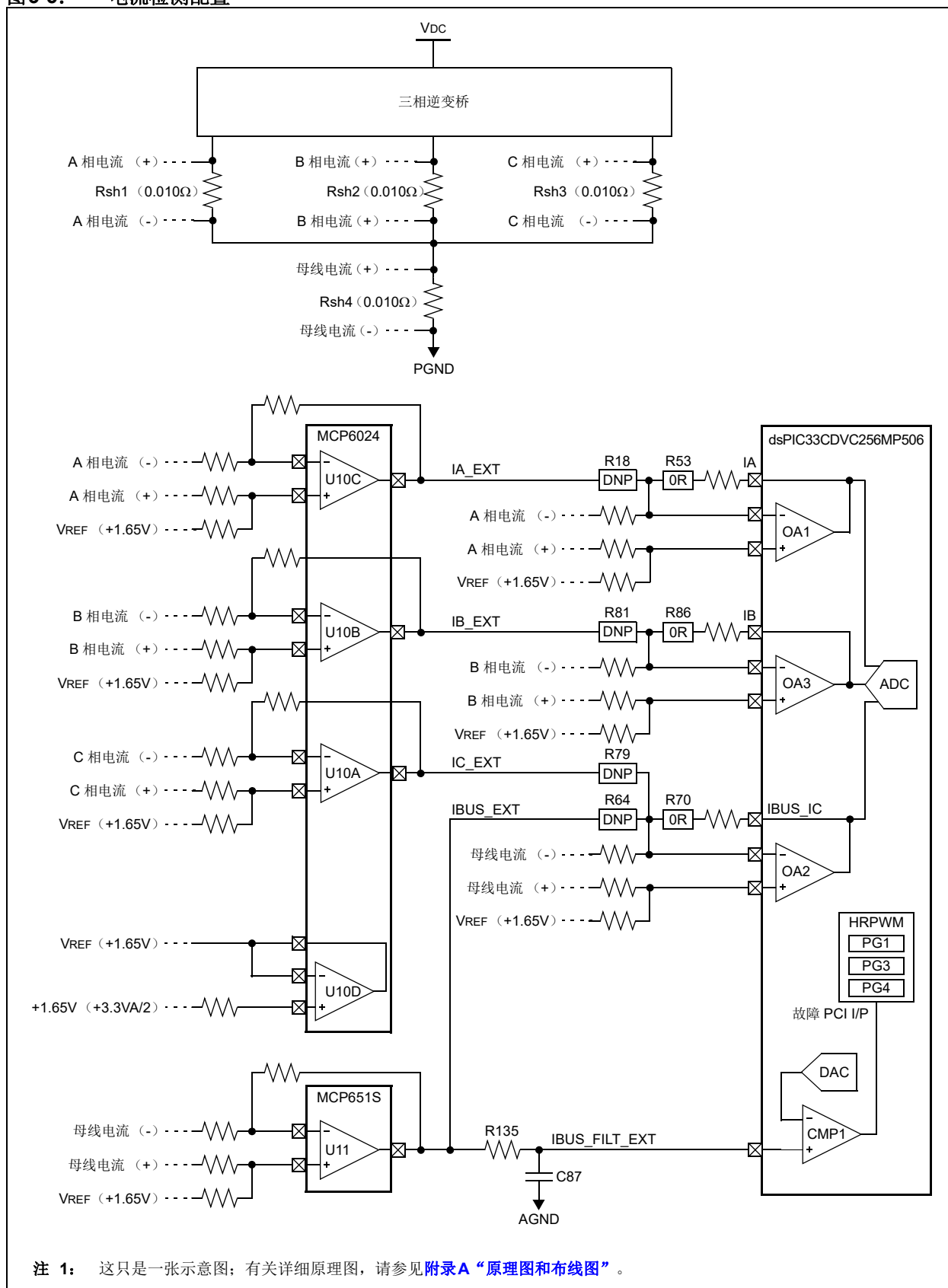
表 3-4: 选择外部或内部放大器输出

电流信号	内部放大器输出		外部放大器输出		备注
	跳线电阻设置				
	安装	移除	安装	移除	
A相放大电流 IA或IA_EXT	R53	R18	R18	R53	在内部放大器配置中，配置并使能运放1（OA1）。 在外部放大器配置中，确保禁止内部放大器运放1（OA1）。
B相放大电流 IB或IB_EXT	R86	R81	R81	R86	在内部放大器配置中，配置并使能运放3（OA3）。 在外部放大器配置中，确保禁止内部放大器运放3（OA3）。
C相放大电流 IC_EXT	未实现		R79	R64和R70	在外部放大器配置中，确保禁止内部放大器运放2（OA2）。
母线放大电流 IBUS或IBUS_EXT	R70	R64和R79	R64	R70和R79	在内部放大器配置中，配置并使能运放2（OA2）。 在外部放大器配置中，确保禁止内部放大器运放2（OA2）。

默认情况下，用于相电流和母线电流检测的放大器的增益设置为检测 22A 峰值电流。可以根据应用要求通过修改放大器的输入和反馈电阻来更改放大器的增益。

更多信息，请参见第 C.2 章“电流放大器电路”。

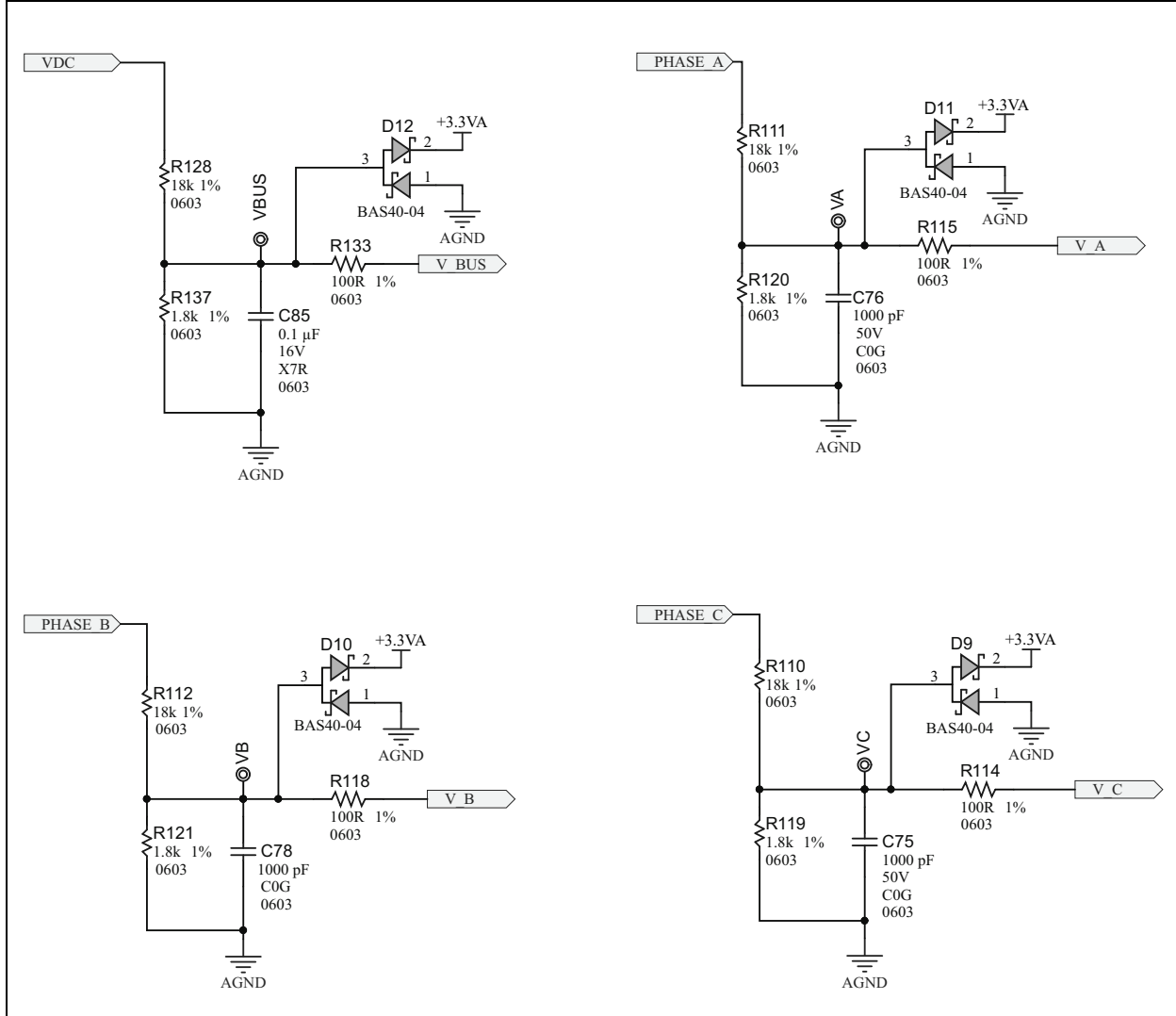
图 3-5: 电流检测配置⁽¹⁾



3.2.5 电压检测电路

电压检测网络用于调小相电压和直流电源电压，从而实现测量。由电阻R128和R137组成的分压网络以1:11的电压调节比对直流输入电压（VDC）进行分压（见图3-6）。调节后的直流输入电压（V_BUS）连接到dsPIC DSC的模拟输入引脚以进行测量。

图3-6： 电压检测电路



通过监视反电动势信号，开发板还可用于以梯形波换相方案控制BLDC电机的运行。分压网络以1:11的电压调节比对相电压（PHASE_A、PHASE_B和PHASE_C）进行分压（见图3-6）。调节后的反电动势信号（V_A、V_B和V_C）连接到dsPIC DSC的模拟输入引脚。滤波电容用于滤除噪声。

钳位二极管用于确保分压器输出在电压瞬变、反冲或元件故障期间不超过dsPIC DSC的输入电压限值。

3.2.6 霍尔传感器/正交编码器接口

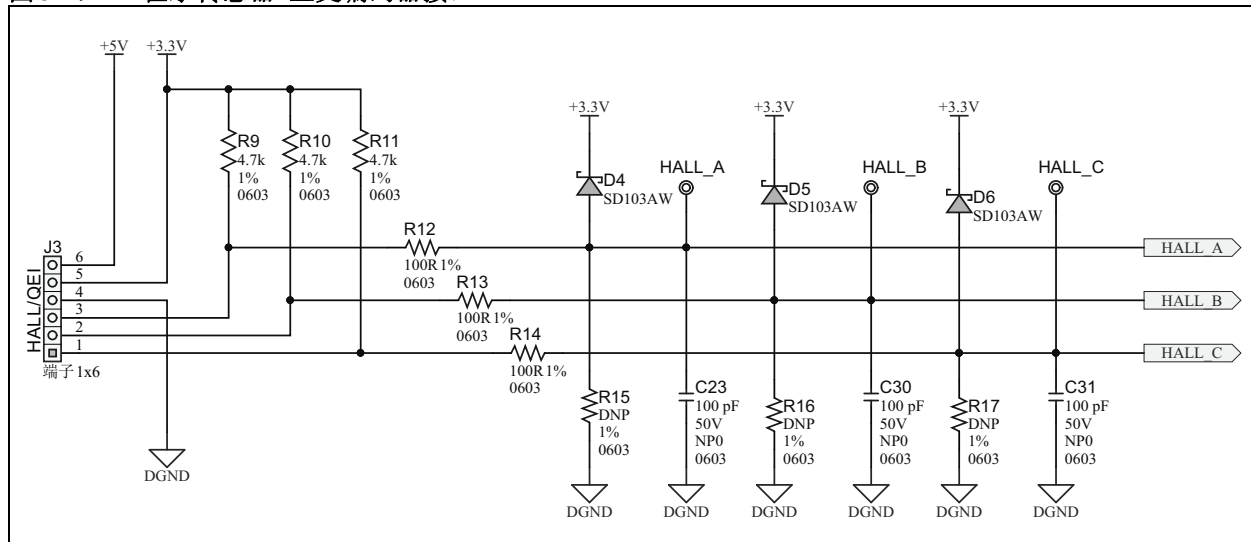
通过利用霍尔传感器/正交编码器来确定转子的位置和速度，开发板还可用于运行PMSM/BLDC电机控制应用。连接器J3用于将霍尔传感器或正交编码器与开发板连接。接口电路既支持集电极开路传感器，也支持推挽式输出传感器。

霍尔传感器或正交编码器可由通过接口连接器端子提供的+5V电源或+3.3V电源供电。每个信号输出都添加了电容，用于降低噪声。

当推挽式输出传感器由+5V电源供电时，分压器（R12和R15、R13和R16以及R14和R17）可配置为将传感器信号从+5V调小为+3.3V。使用集电极开路输出传感器时，安装R9、R10和R11。有关电路的详细信息，请参见附录A“原理图和布线图”中的图A-5。

第2.2.2章“霍尔传感器/正交编码器接口连接器（J3）”对连接器J3的引脚分配进行了总结。

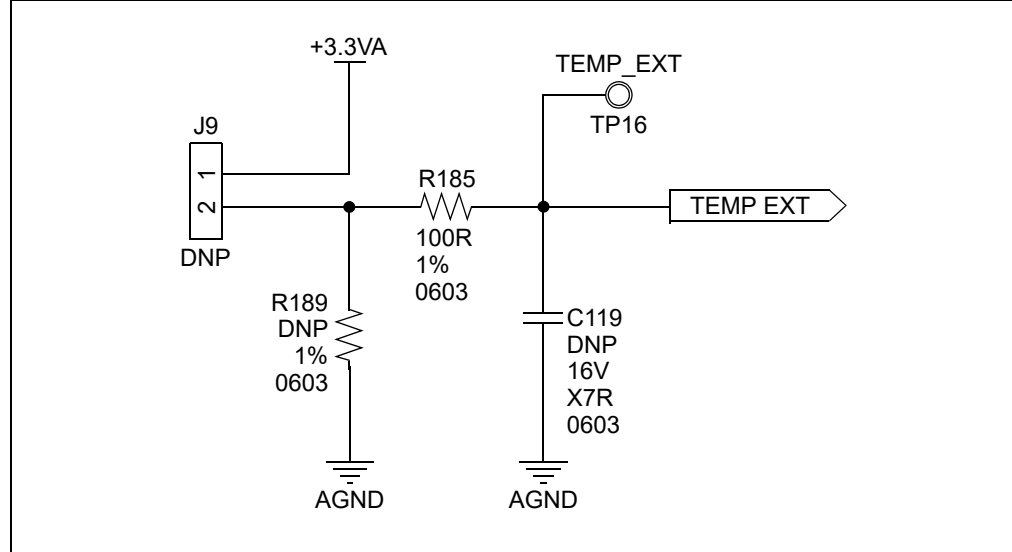
图3-7： 霍尔传感器/正交编码器接口



3.2.7 外部温度传感器接口

开发板提供了一个可选的外部温度传感器接口电路。该电路可用于连接热敏电阻，以测量电机绕组温度。如图3-8所示，温度传感器和电阻R189构成了一个+3.3V模拟电源分压器，可将电压设置为与dsPIC DSC 模拟输入端的温度成比例。为了降低噪声，可以通过RC滤波器（R185和C119组成）进一步对温度反馈进行滤波。该电路默认情况下不安装。使用时，适当地安装部件编号为B2B-EH-A(LF)(SN)的连接器J9或类似的连接器以及元件R189和C119。

图3-8： 外部温度接口电路





3.2.10 mikroBUS插座

开发板具有一个可选mikroBUS插座。该插座用于连接mikroBUS附加板（称为Click板），以通过添加传感器、显示屏、存储和通信接口来扩展开发板的功能。根据Microchip产品，可提供一百多种独特的Click板（请访问<https://www.mikroe.com/brands/microchip>），包括无线连接（Wi-Fi[®]、Bluetooth[®]和LoRa）、传感器（电感式位置传感器、远程温度、热电偶、ECG和IrDA[®]）、接口（CAN、LIN、Ethernet[®]、DALI[™]和EtherCAT[®]）、混合信号（ADC和DAC）、存储（EEPROM、闪存和SRAM）以及安全等类别。

mikroBUS插座包括一对具有专用引脚配置的1x8母头连接器。引脚分配包括三个通信接口（SPI、UART和I²C）、六个附加引脚（用于PWM、中断、模拟输入、复位和片选）和两个电源组（+3.3V和+5V）。有关可用的Click板，请访问www.mikroe.com。

建议用户在连接Click板之前验证是否满足特定Click板的连接要求。有关dsPIC DSC和mikroBUS插座之间的引脚映射信息，请参见第A.1章“开发板原理图和布线图”中的原理图或第2.4章“dsPIC33CDVC256MP506系列器件的引脚功能”。这些接口未与连接到开发板的输入电源隔离。

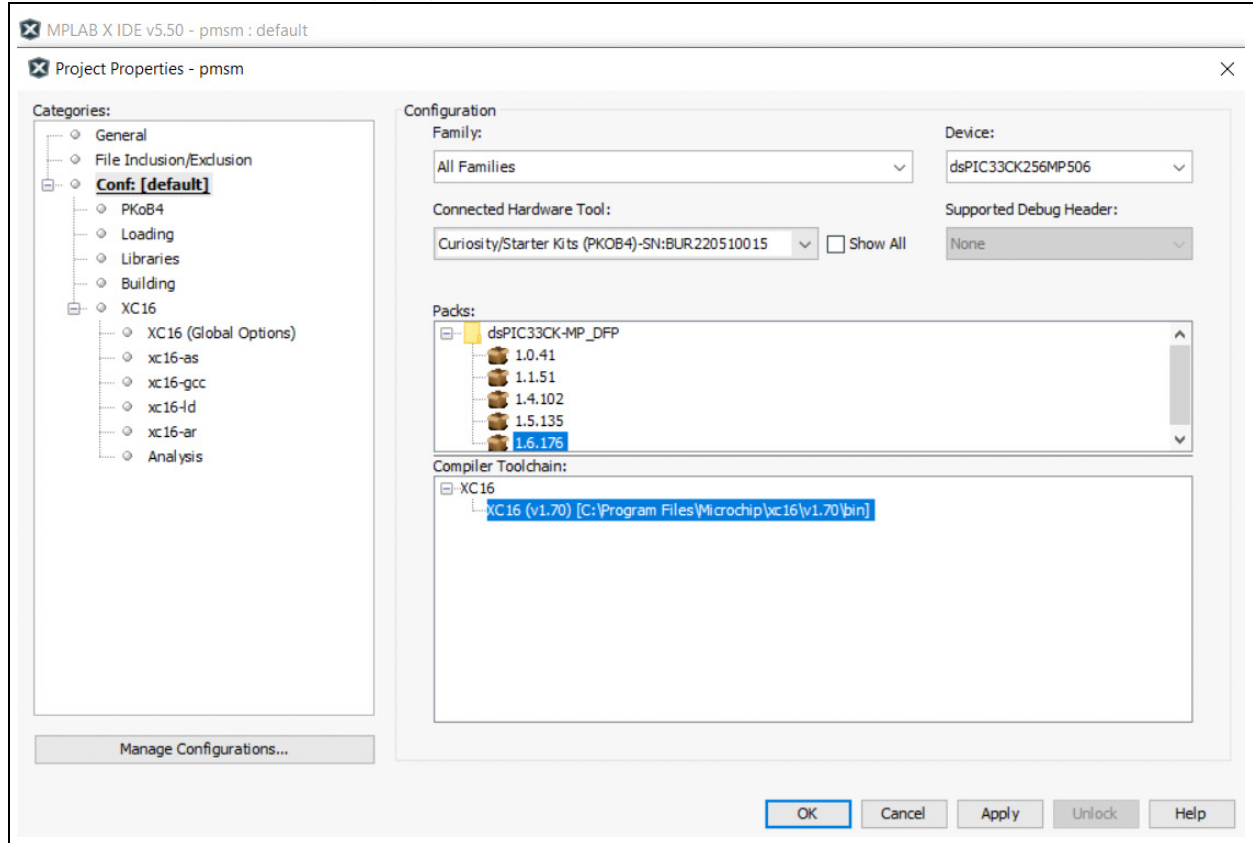
注： 有关dsPIC33CDVC256MP506与mikroBUS插座之间的引脚映射，请参见表2-8。添加或移除特定电阻可在dsPIC33CDVC256MP506与mikroBUS插座的特定引脚之间建立连接。

3.2.11 编程器/调试器接口

3.2.11.1 编程/调试接口

开发板配有一个板上PICKit（PKOB）编程/调试工具，可用于编程和调试目标器件：dsPIC33CDVC256MP506（U9）。当dsPIC33CDVC256MP506电机控制开发板通过USB Micro-B连接器J12连接到主机PC时，PKOB应自动枚举并由MPLAB X IDE v5.50或更高版本识别。由于PKOB依赖于标准操作系统提供的人机接口设备（Human Interface Device, HID）驱动程序，因此驱动程序安装过程应是完全自动的，不需要执行自定义USB驱动程序安装。插入开发板后，可从MPLAB X IDE Project Properties（项目属性）页面中的 *Hardware Tools > Microchip Kits > Starter Kits (PKOB) > Curiosity/Starter Kits (PKOB4) > MPLAB PKoB 4*（硬件工具 > Microchip 工具包 > 入门工具包（PKOB） > Curiosity/入门工具包（PKOB4） > MPLAB PKoB 4）下选择PKOB编程器/调试器工具，如图3-10所示。

图3-10: 在MPLAB® X IDE中选择PKOB 4



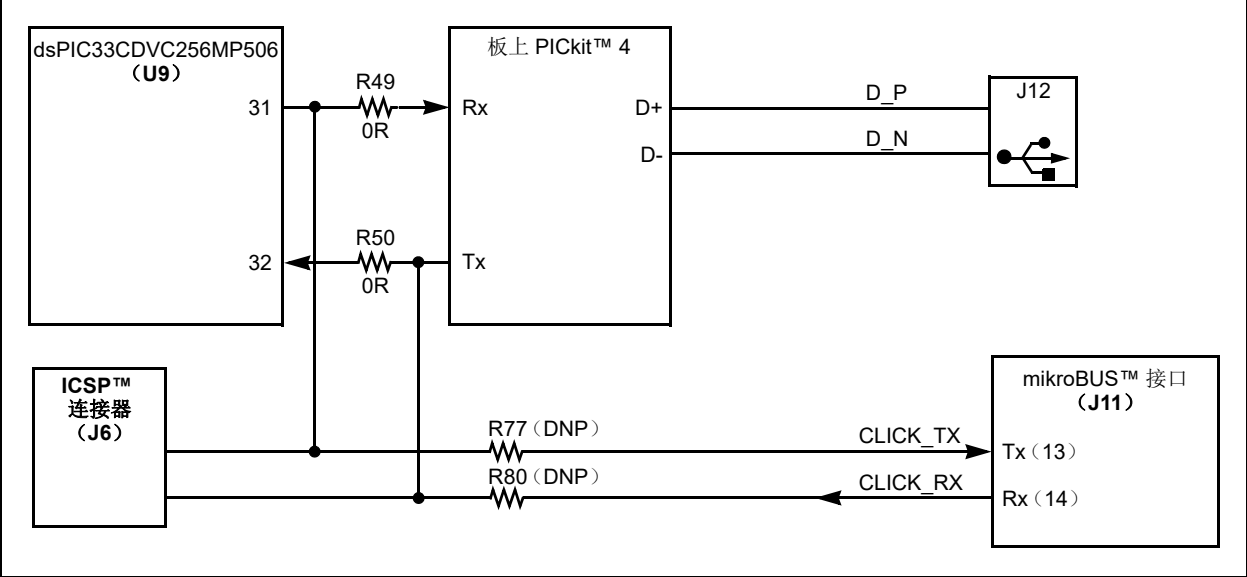
另外，8引脚ICSP编程连接器J6用于连接编程器/调试器（例如MPLAB PICKit 4在线调试器，部件编号：PG164140）。有关连接器引脚的详细信息，请参见第2.2.4章“编程器/调试器接口的ICSP™连接器（J6）”。

3.2.11.2 调试串行接口

板上PICKit（PKOB）编程/调试工具也可以通过其虚拟COM端口功能用作调试串行接口。dsPIC33CDVC256MP506的RX和TX信号通过安装0Ω的跳线电阻R49和R50连接到PKOB电路。在Windows®操作系统下，驱动程序安装成功后，设备将显示为“COMx”端口对象，标准终端程序可以打开该对象来读取和写入数据。此USB-UART连接设置最高可支持460800 kbps的波特率。

图3-11给出了来自dsPIC33CDVC256MP506的调试串行UART RX和TX信号的互连。

图 3-11： 调试串行接口——UART



可使用 MPLAB PICKit 4 在线调试器的虚拟 COM 端口功能构建调试串行接口。

MPLAB X IDE 具有一个插件，允许通过与外部主机 PC 的串行 USB-UART 接口进行实时诊断：

- 林茨机电一体化中心的 X2C-Scope，与适用于 MPLAB X IDE 的 X2C-Scope 插件配合使用。

PKOB 或 ICSP 编程连接器未与连接到开发板的输入电源隔离。

附录 A 原理图和布线图

A.1 开发板原理图和布线图

A.1.1 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图

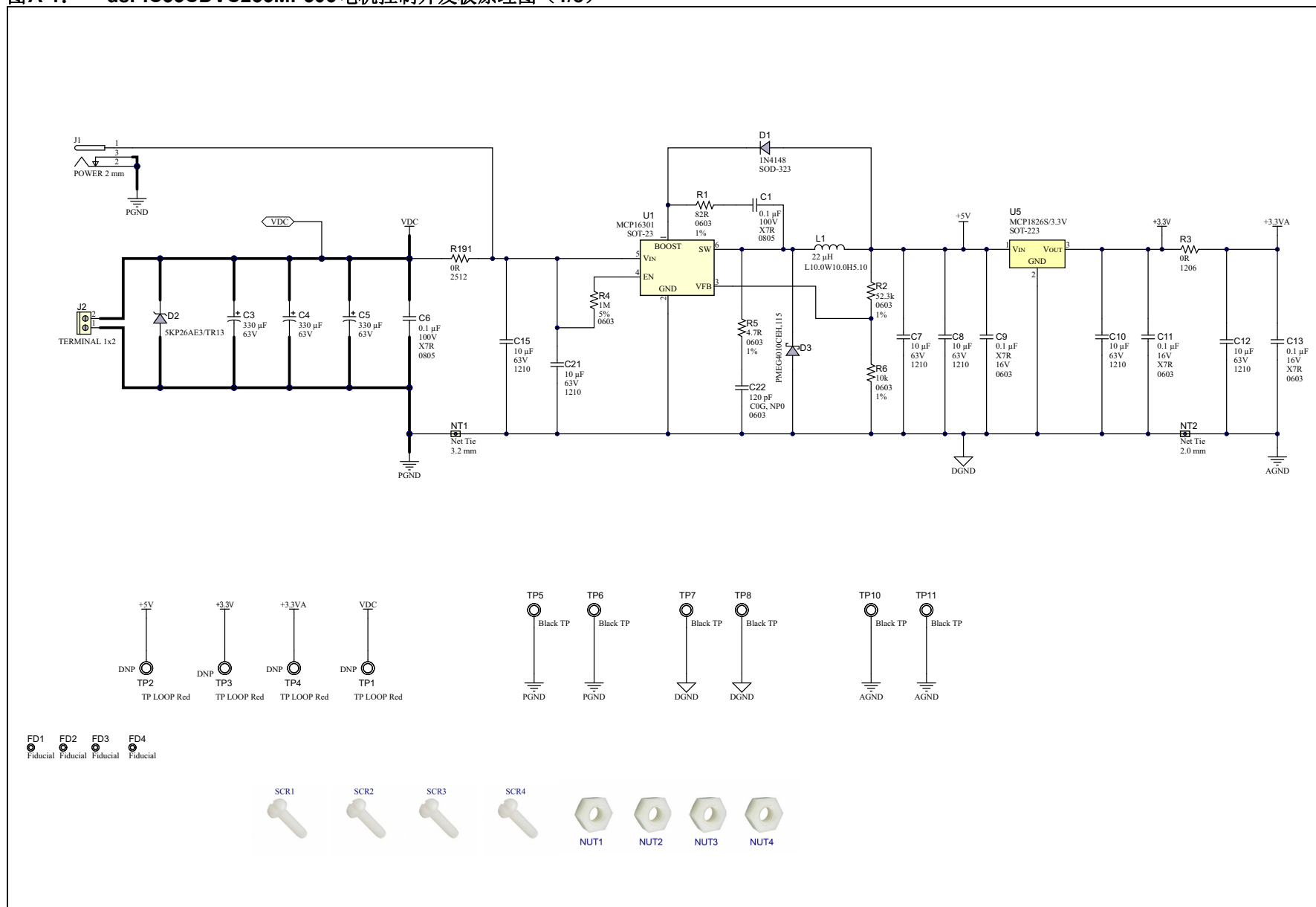
本节提供了 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板的原理图。该开发板采用一种四层 FR4 1.6 mm 电镀通孔（Plated Through-Hole, PTH）结构。

表 A-1 总结了开发板的原理图。

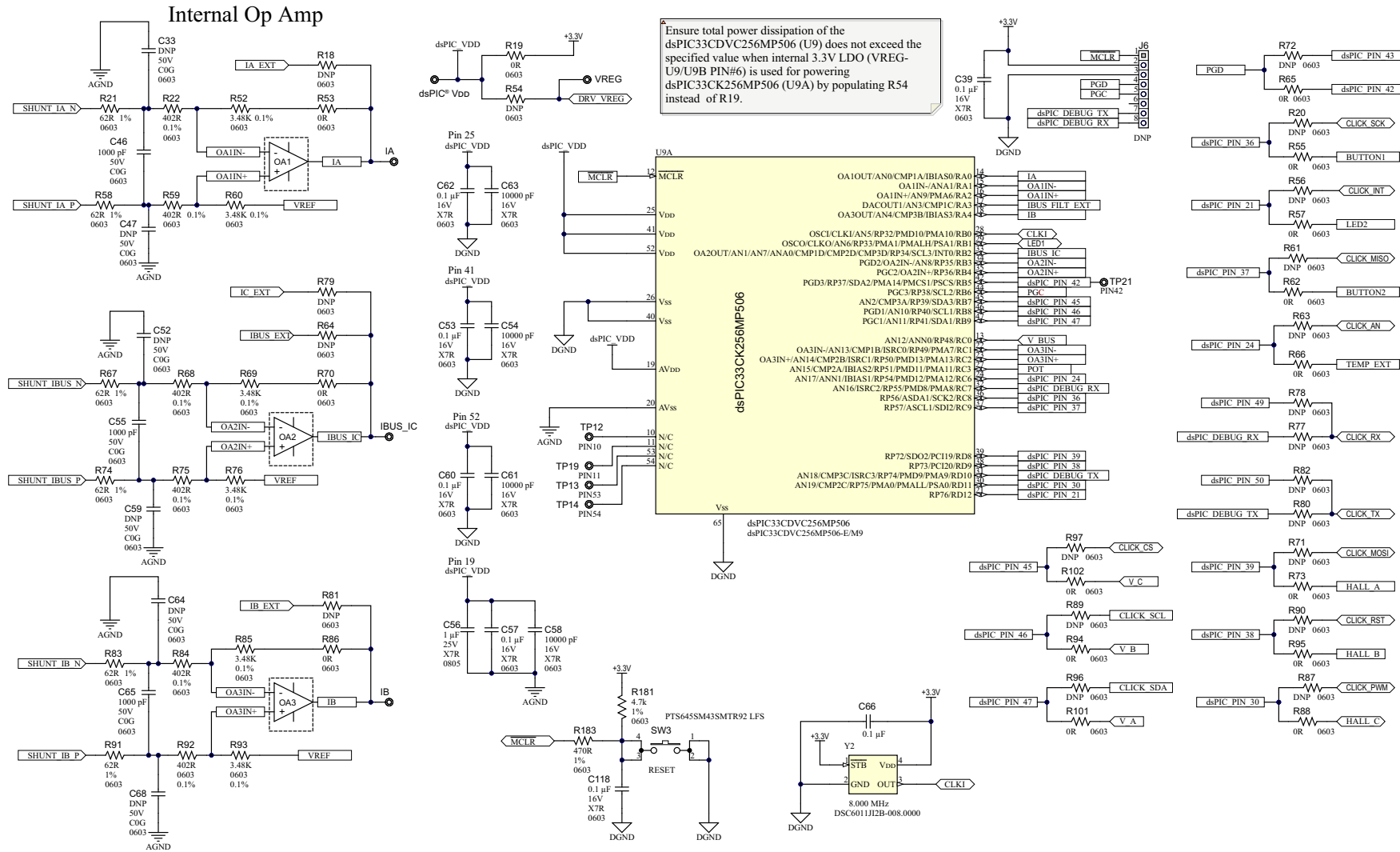
表 A-1: 原理图——dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板

图索引	原理图编号	硬件部分
图 A-1	1/8	输入电源连接，+5V 直流/直流转换器，+3.3V LDO
图 A-2	2/8	dsPIC33CDVC256MP506-dsPIC [®] DSC (U9A) 互连，MCLR 复位，ICSP [™] 连接器，用于放大母线电流和相电流的 dsPIC DSC 运算放大器
图 A-3	3/8	1.65V 参考电压缓冲器，用于放大母线电流和相电流的外部运算放大器，直流母线电压检测电路，相电压检测电路
图 A-4	4/8	电机控制逆变器——三相 MOSFET 桥，dsPIC33CDVC256MP506-MOSFET 栅极驱动器 (U9B)
图 A-5	5/8	Click board [™] 插座，LED 指示，按钮，电位器，霍尔传感器/正交编码器接口，温度传感器接口
图 A-6	6/8	PKOB——单片机，USB 端口等
图 A-7	7/8	PKOB——缓冲器
图 A-8	8/8	CAN 接口 (U9C)

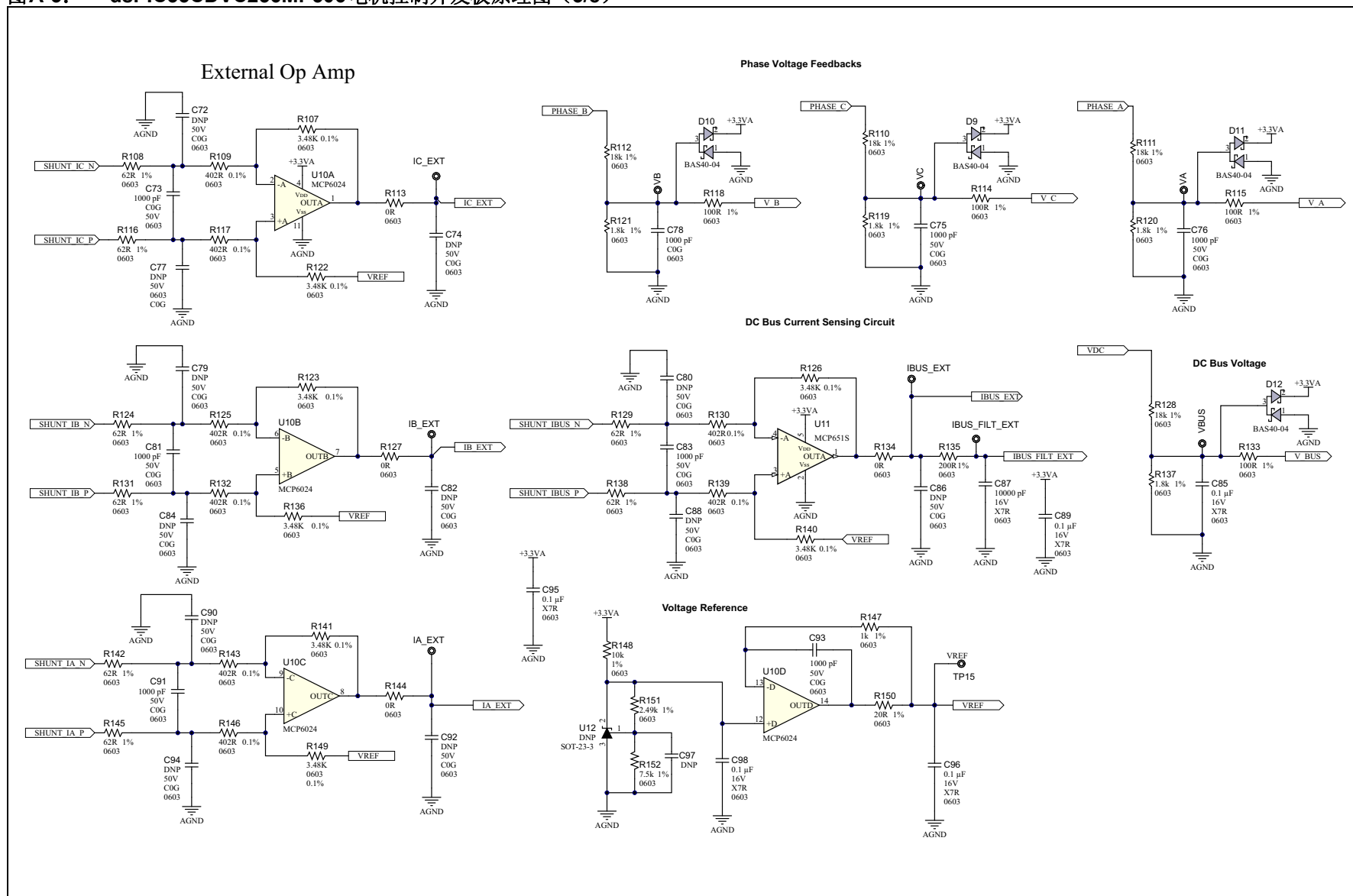
图A-1: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (1/8)



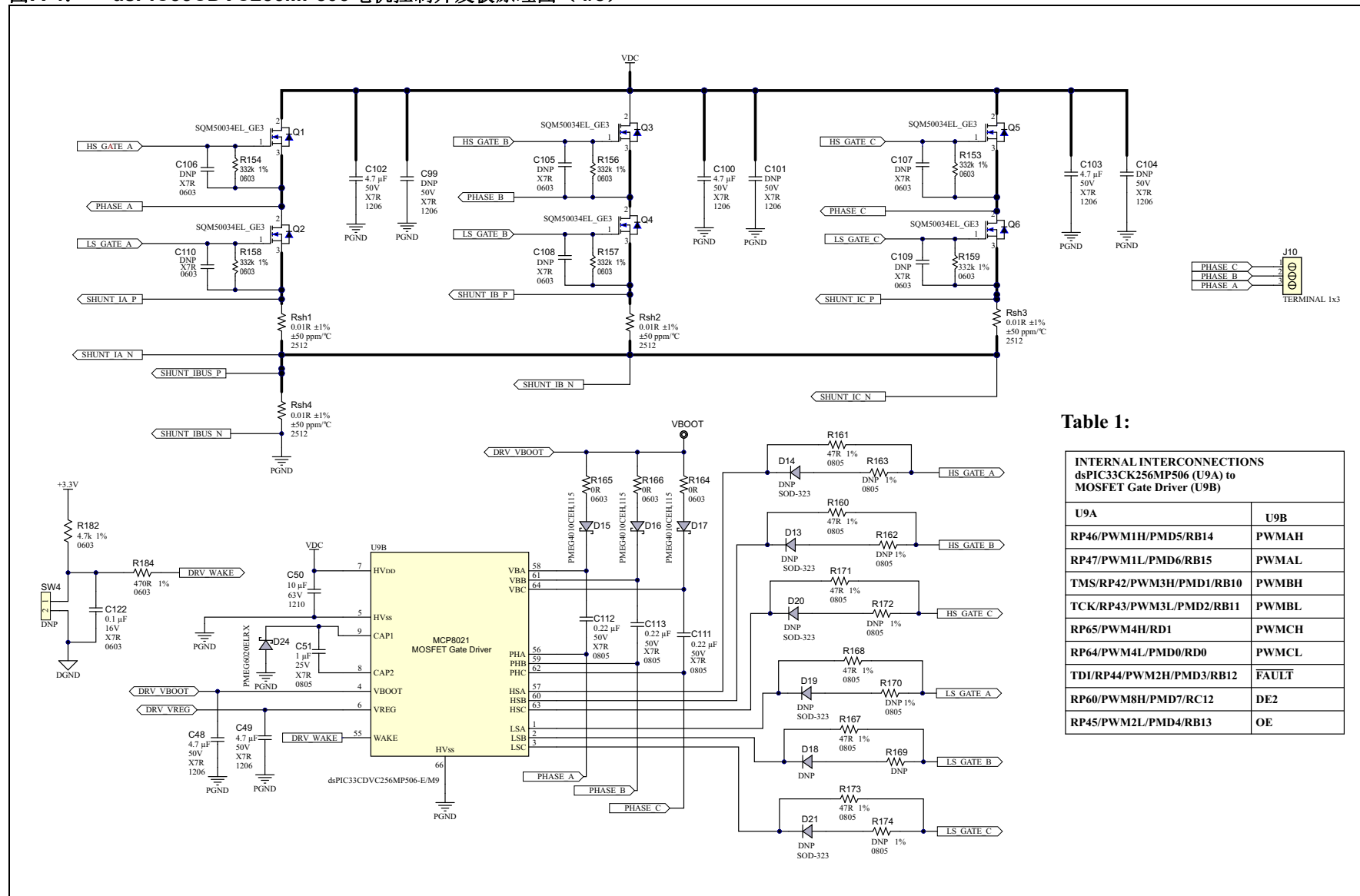
图A-2: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (2/8)



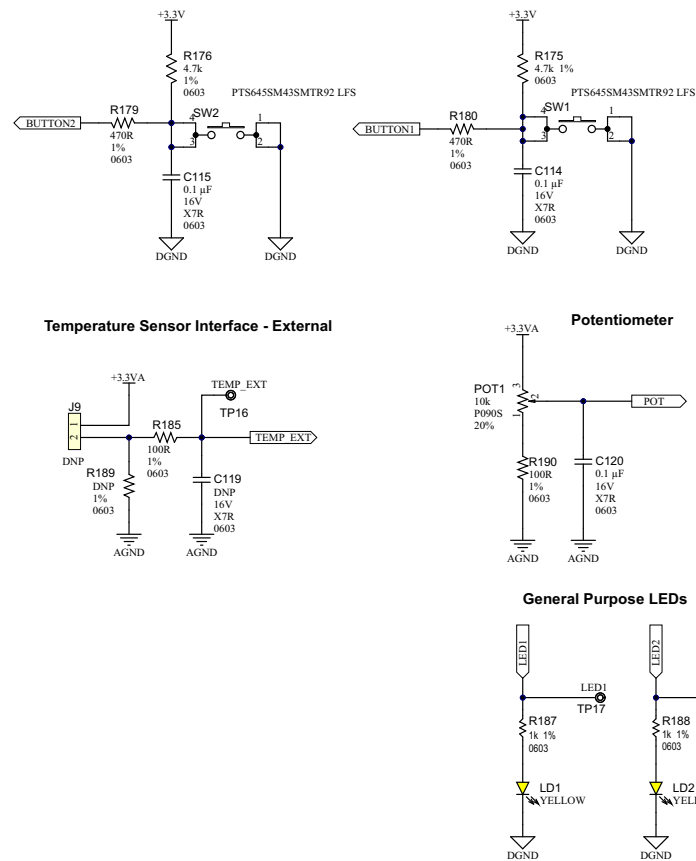
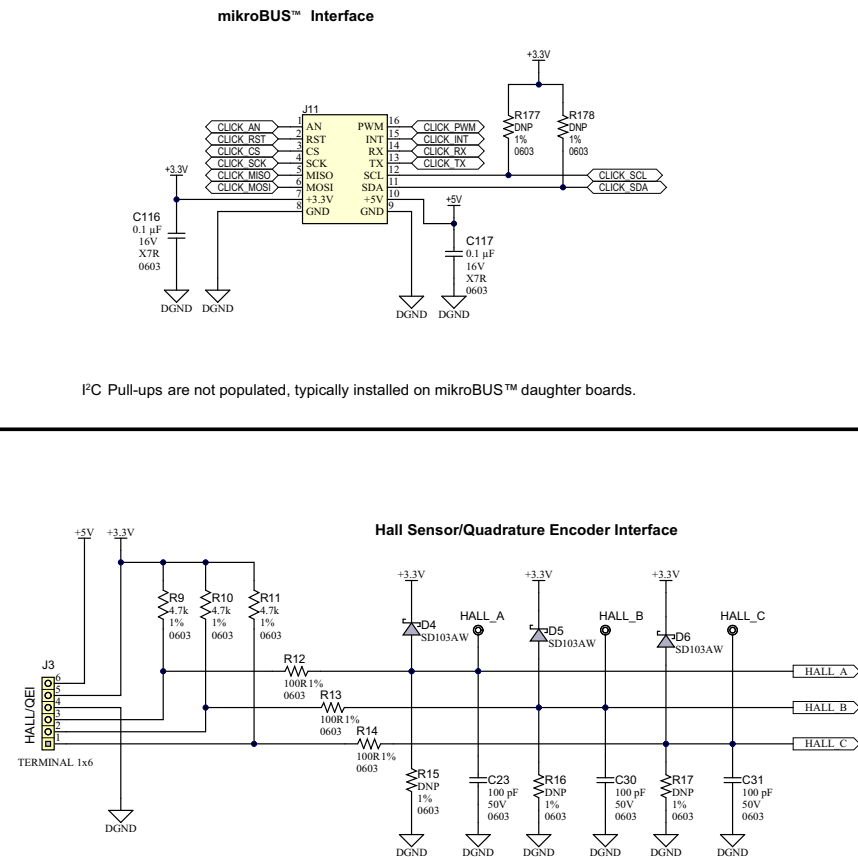
图A-3: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (3/8)



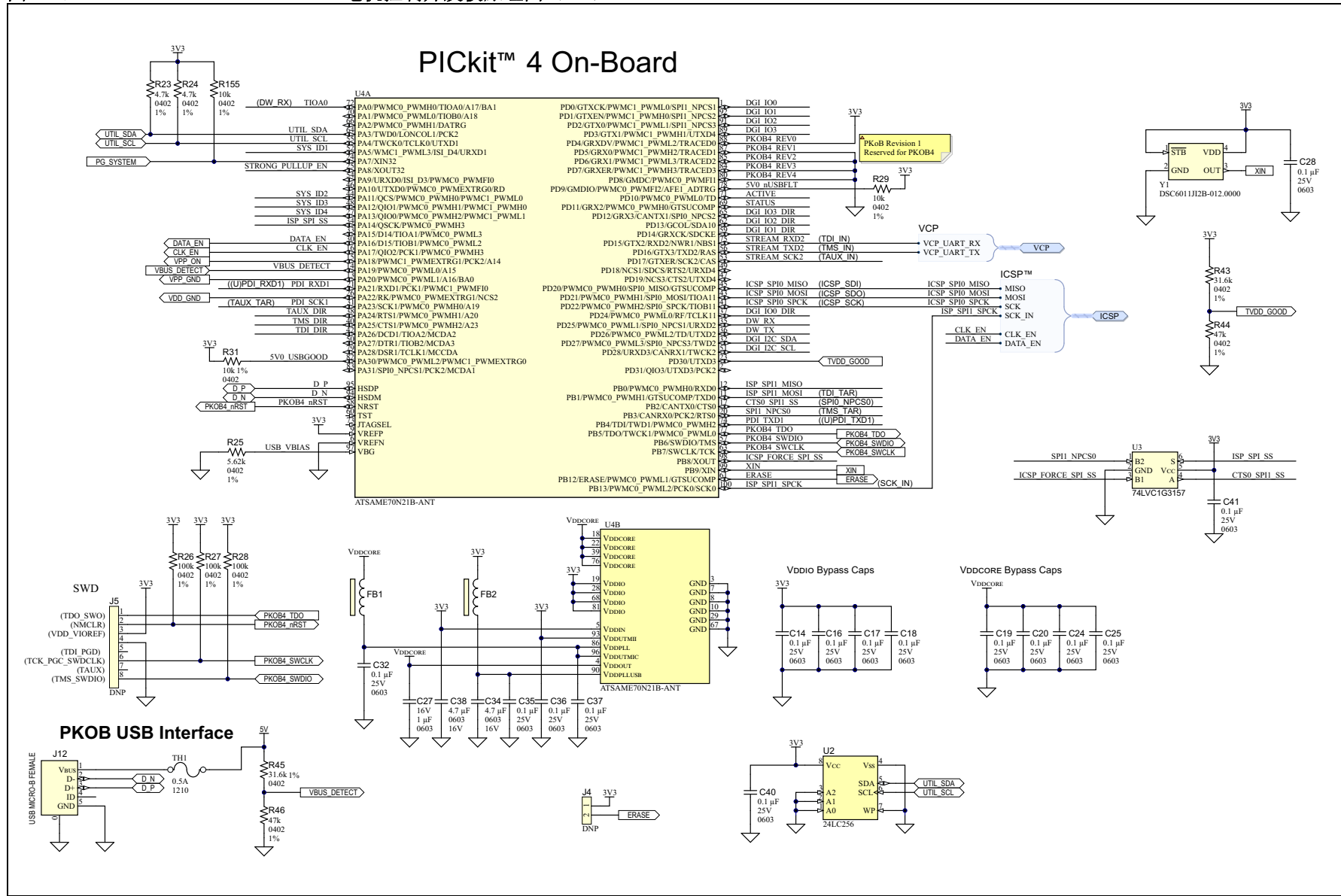
图A-4: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (4/8)



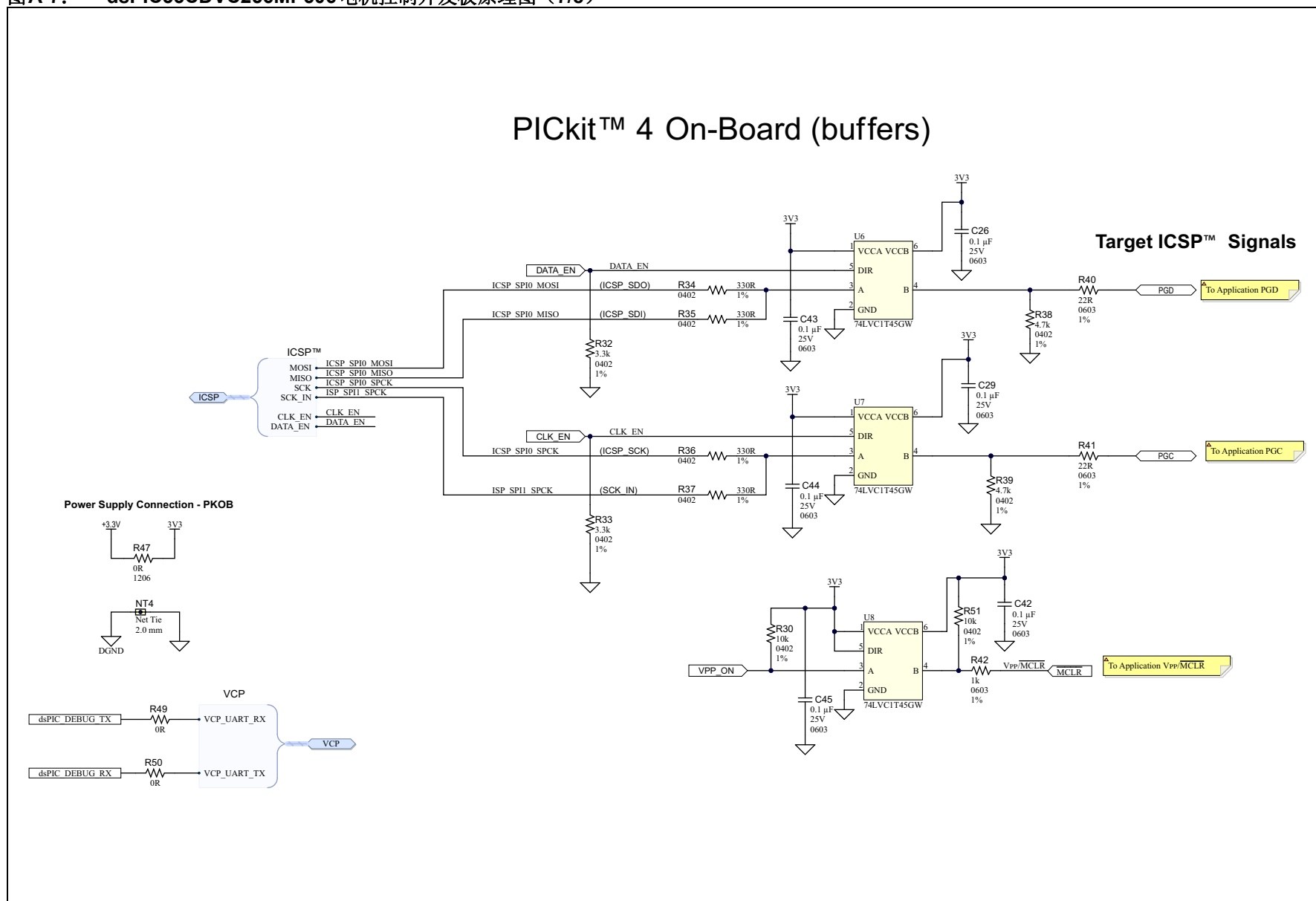
图A-5: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (5/8)



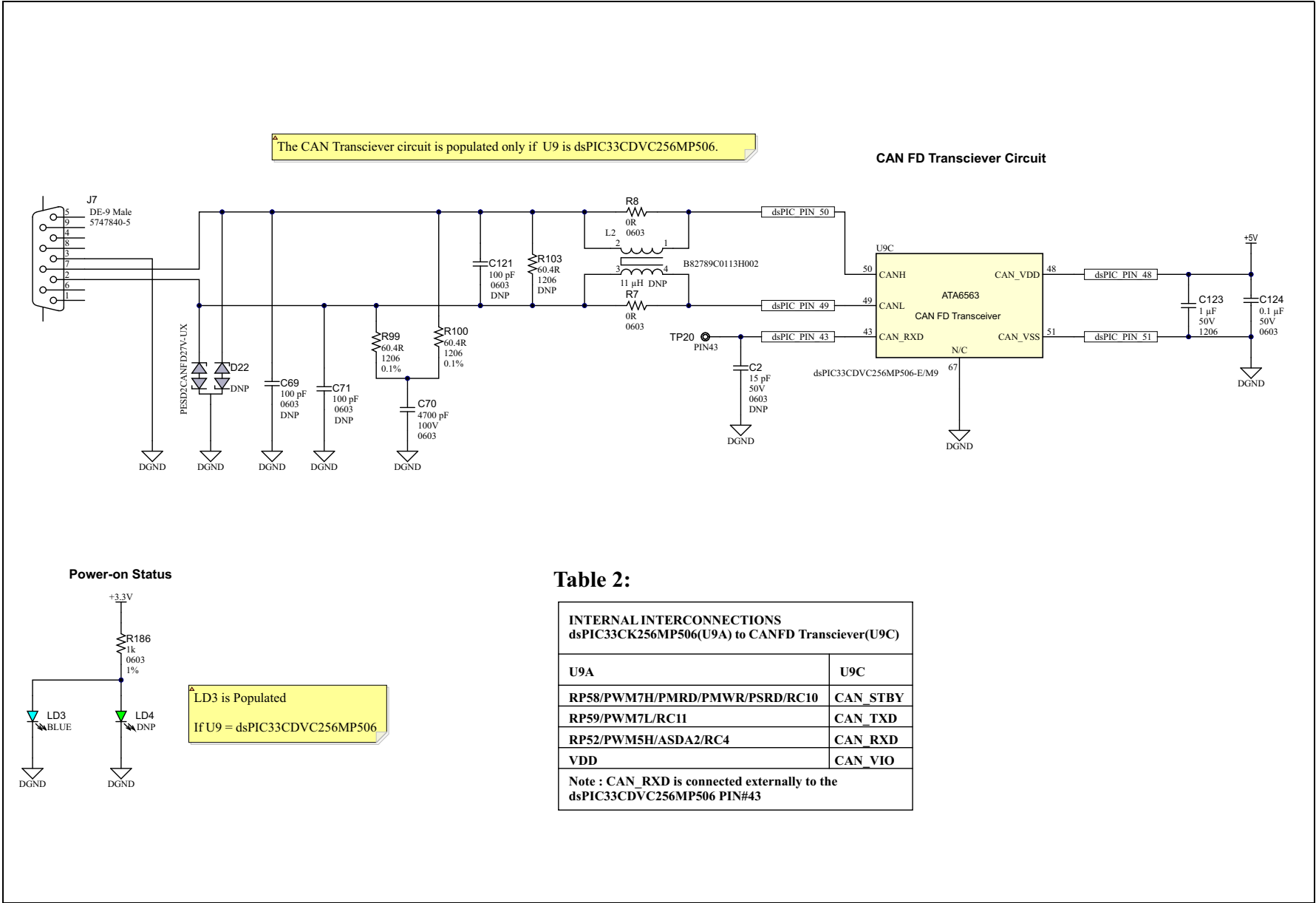
图A-6: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (6/8)



图A-7: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (7/8)

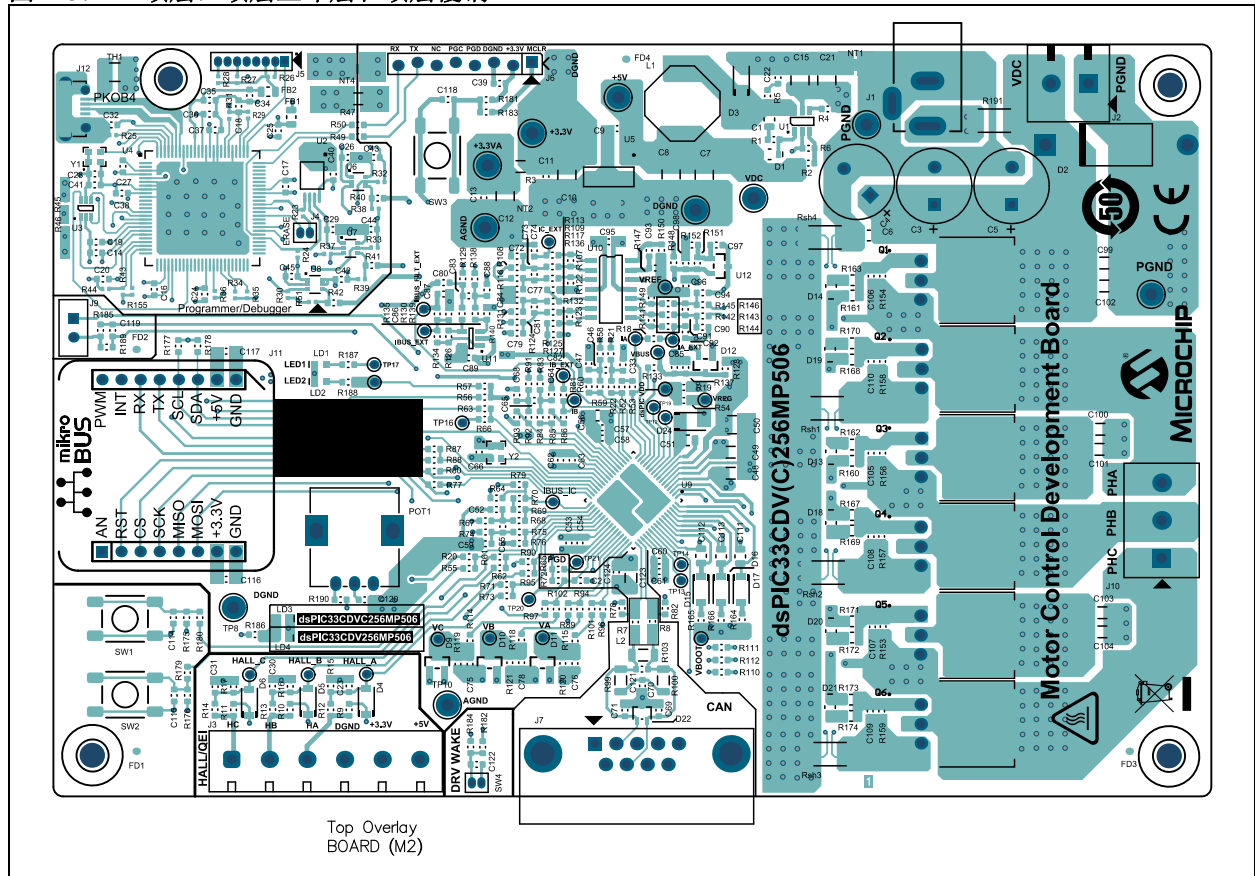


图A-8: dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板原理图 (8/8)

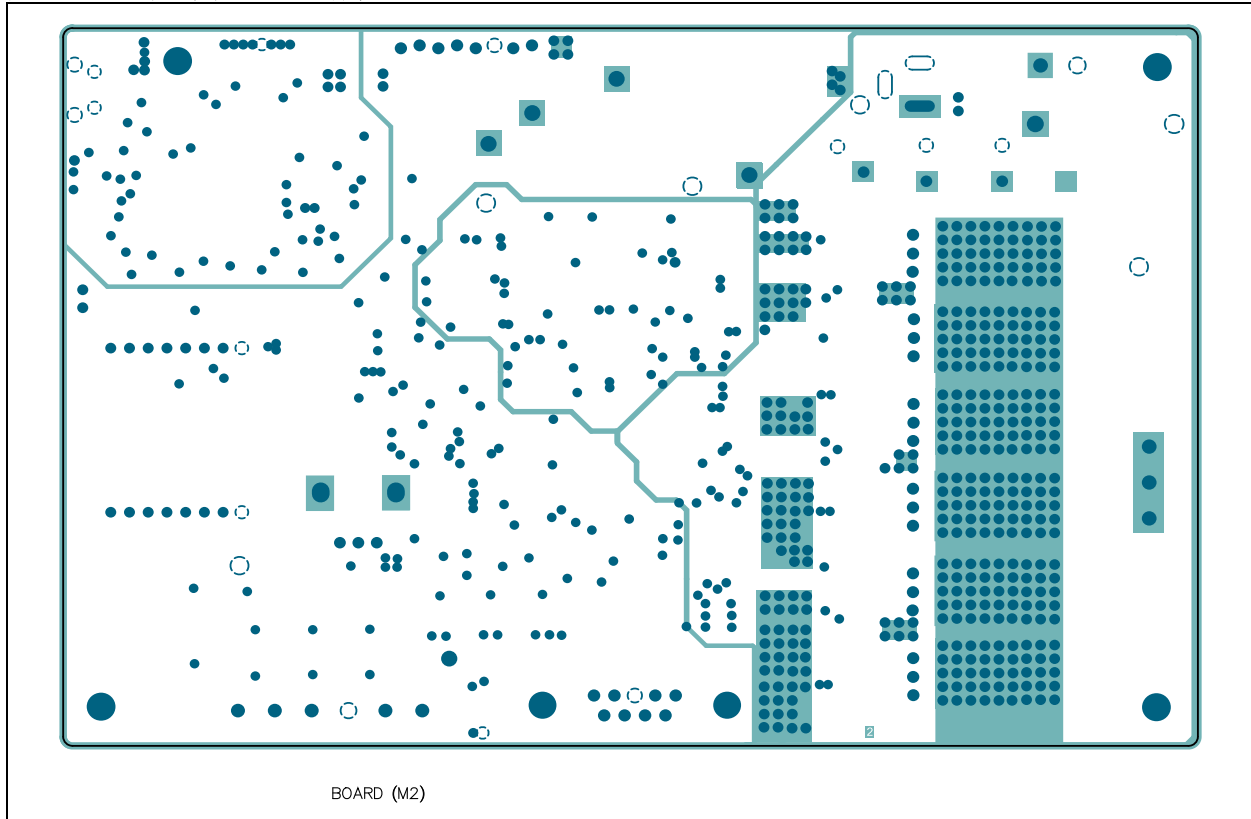


[illegible]

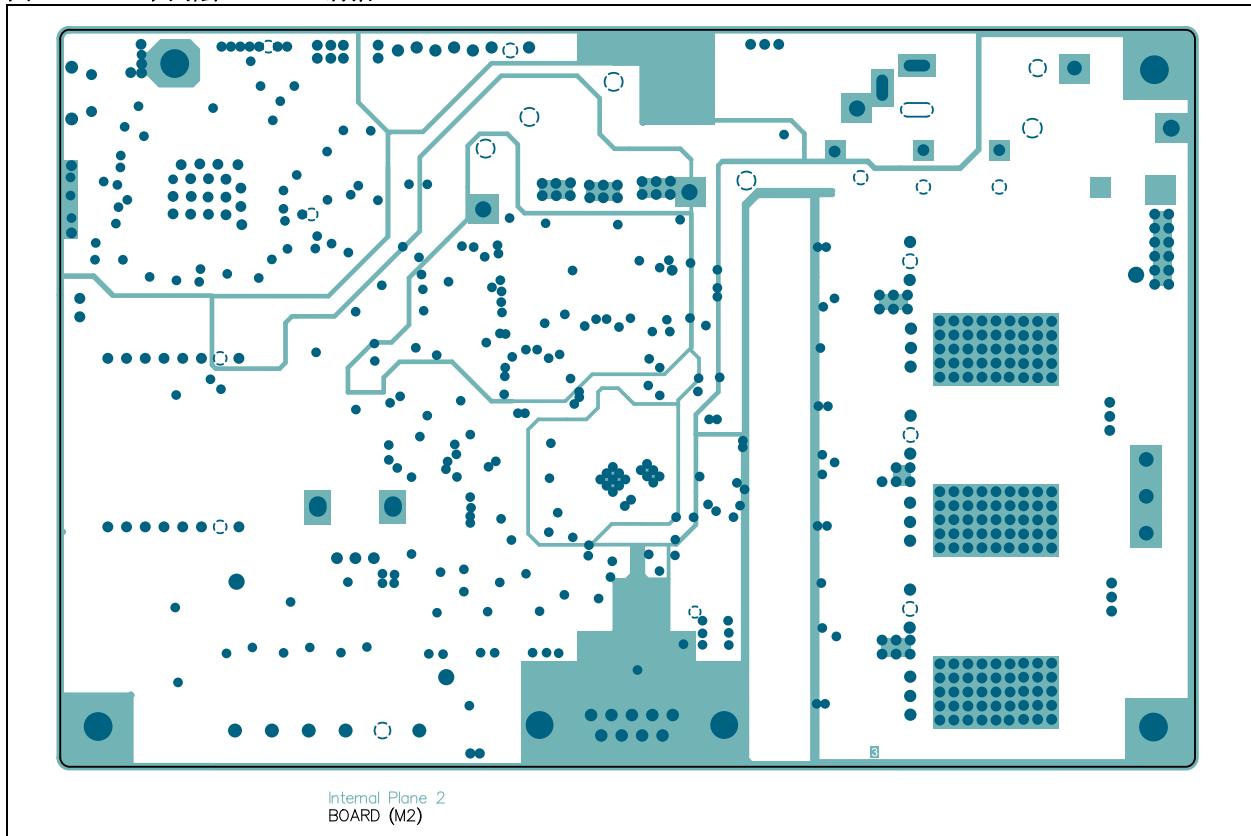
图索引	说明
图A-9	顶层：顶层丝印层和顶层覆铜
图A-10	中间层——1：铜箔
图A-11	中间层——2：铜箔
图A-12	底层：底层丝印层和底层覆铜



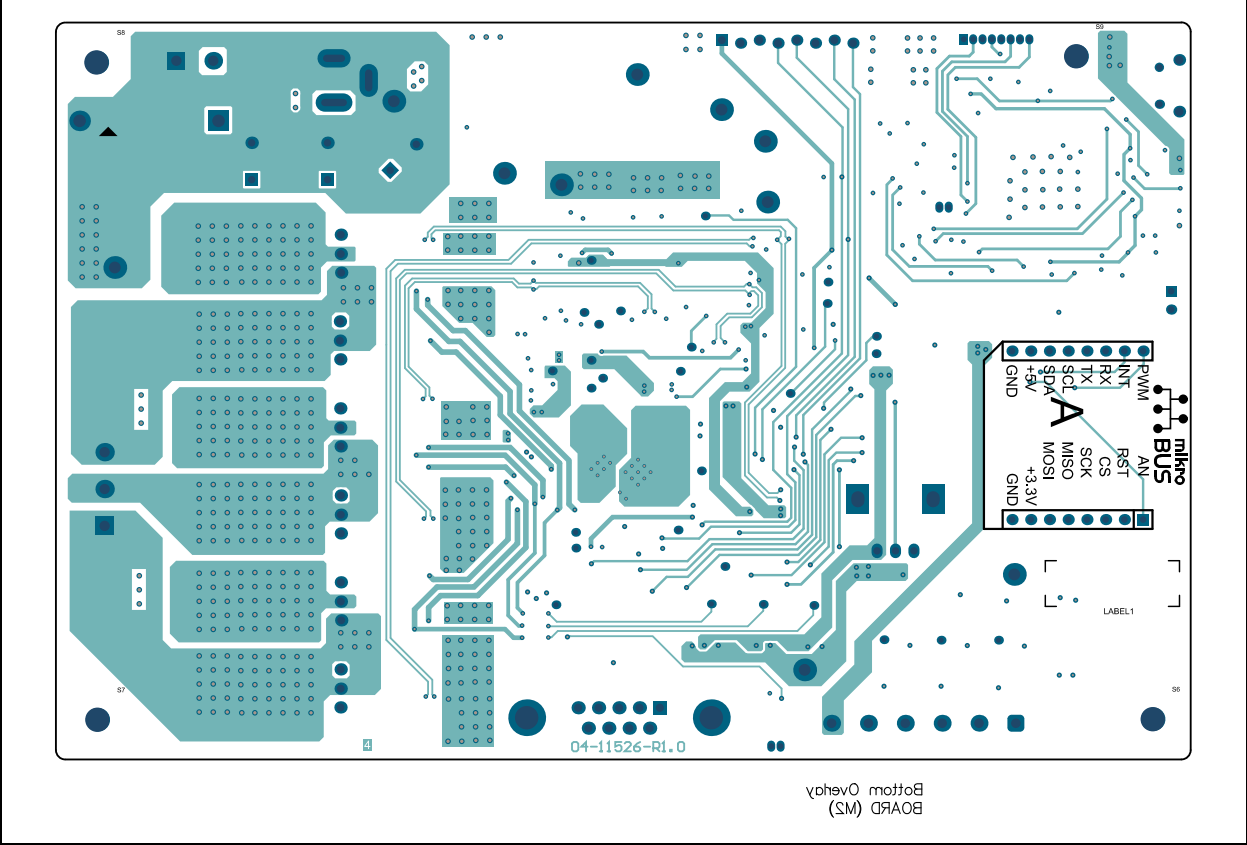
图A-10: 中间层——1: 铜箔



图A-11: 中间层——2: 铜箔



图A-12： 底层： 底层丝印层和底层覆铜



附录B 电气规范

B.1 简介

本章提供了 dsPIC33CDVC256MP506 电机控制开发板的电气规范（见[表B-1](#)）。

表B-1: 电气规范^(1,2)

参数	工作范围
输入直流电压	12-24V
绝对最大输入直流电压	26V
通过连接器J1的最大输入电流	2.5A (RMS)
通过连接器J2的最大输入电流	10A (RMS)
+25°C时每相的连续输出电流	10A (RMS)

注 1: 在环境温度（+25°C）下，当开发板在允许的电压范围内以最高 10A（RMS）的连续输出电流工作时，将保持在热限值内。

2: 在某些条件下（电机减速停止时在惯性负载下发生弱磁或重启，电机高速旋转时方向反转）旋转电机可能会导致直流母线电压上升至超过施加的输入直流电压（如果直流电源不能接收电流）。在此类条件下，请确保输入直流电压不超过规定的“绝对最大输入直流电压”（见[表B-1](#)），否则会导致开发板永久损坏。

注:

附录C 设计细节

C.1 简介

本章提供了以下内容的设计细节：

- 电流放大器电路
- 辅助电源

C.2 电流放大器电路

图C-1给出了使用dsPIC DSC的内部放大器放大电机相电流和直流母线电流的电路。图C-2给出了使用外部放大器U10A、U10B、U10C和U11放大电机相电流和直流母线电流的电路。图C-3给出了图C-1和图C-2中使用的“滤波器、反馈和偏置电路”模块的详细原理图。

图C-1: dsPIC® DSC 内部放大器

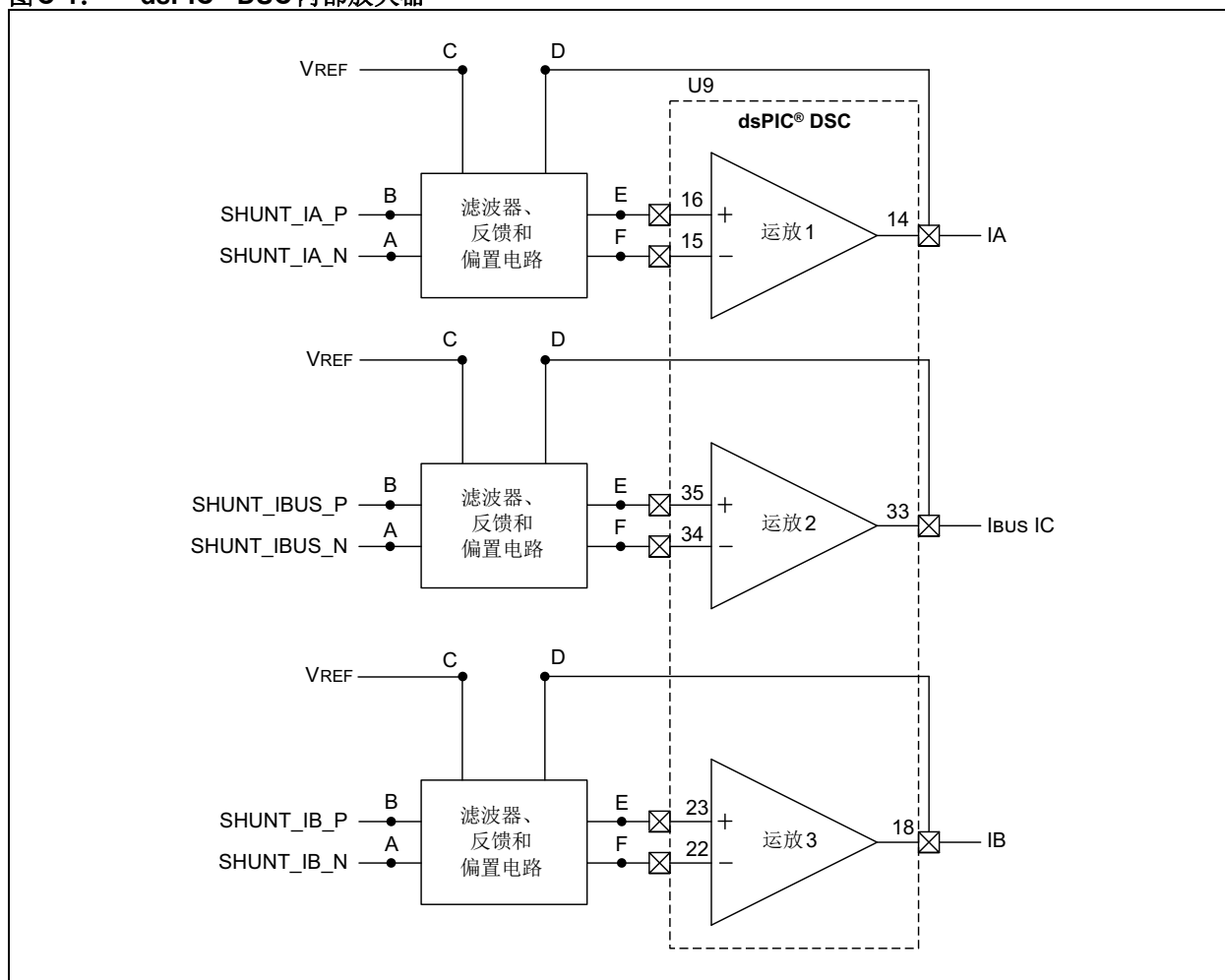


图 C-2: 外部电流放大器 (U10 和 U11)

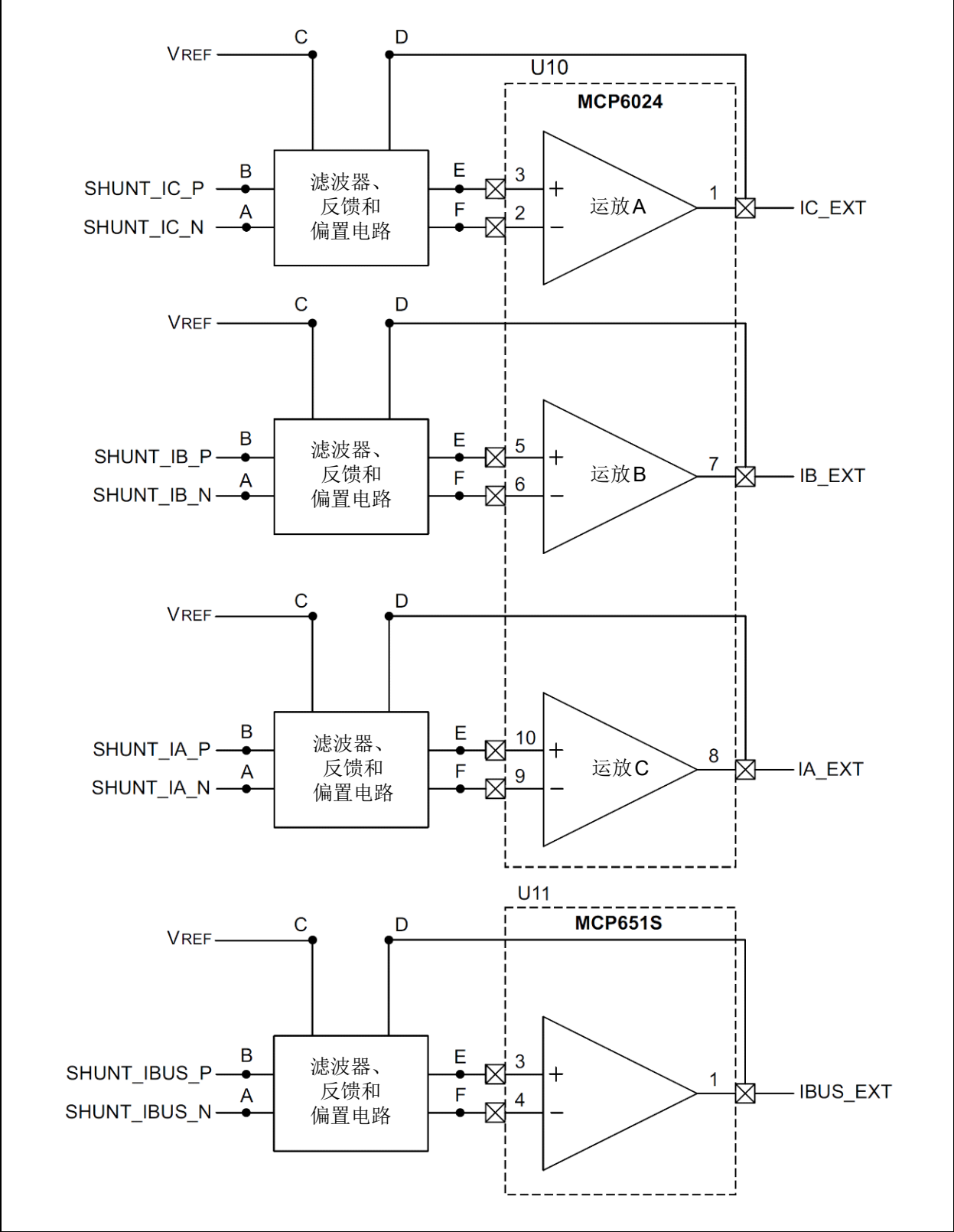
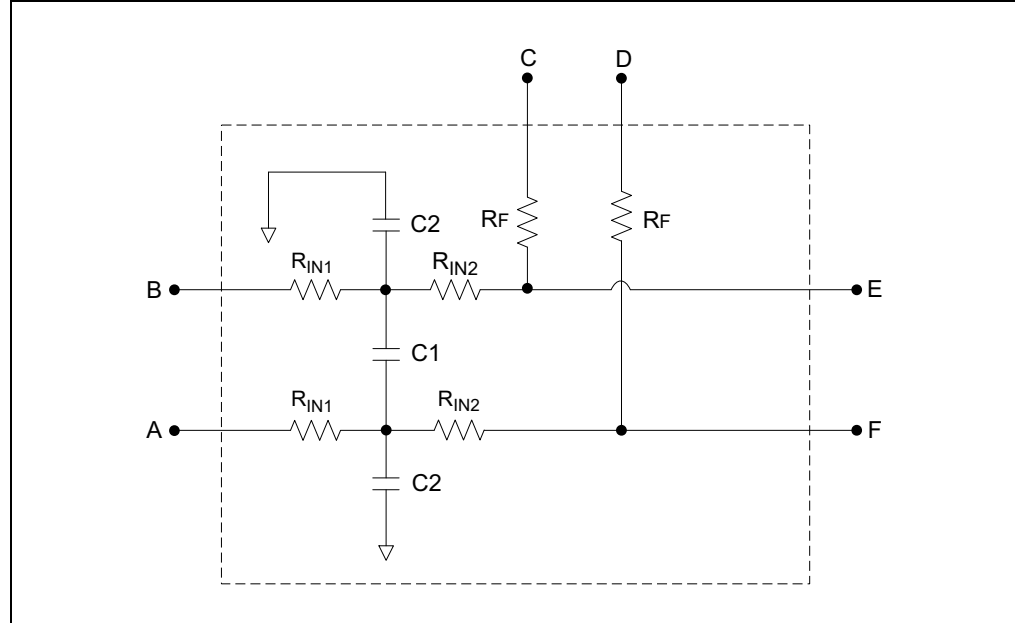


图 C-3: 滤波器、反馈和偏置电路



公式 C-1 提供了放大器增益的计算公式。公式 C-2 和公式 C-3 提供了差模和共模滤波器的截止频率的计算公式。

公式 C-1: 放大器增益

$$\text{差分放大器增益} = \frac{R_f}{(R_{IN1} + R_{IN2})}$$

公式 C-2: 差模滤波器截止频率

$$\text{差模 } f_{-3dB} \cong \frac{1}{2\pi(R_{IN1} + R_{IN2})\left(\frac{C2}{2} + C1\right)}$$

公式 C-3: 共模滤波器截止频率

$$\text{共模 } f_{-3dB} \cong \frac{1}{2\pi(R_{IN1})(C2)}$$

表 C-1 总结了不同 R_F 值对应的放大器增益和峰值电流。客户可以根据应用要求选择不同的值，以确保峰值电流处于开发板的工作范围内。

表 C-1: 放大器增益和峰值电流

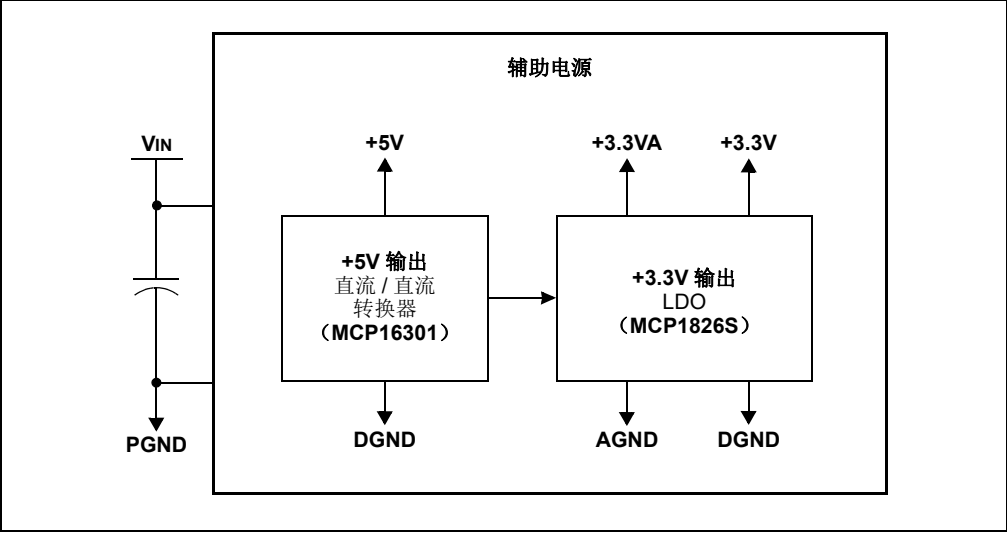
总结了不同 R_F 值对应的放大器增益和峰值电流 ($R_{IN1} = 62R$ 、 $R_{IN2} = 402R$ 且 $R_{SHUNT} = 0.01R$ 时)			
R_F	放大器增益	1.65V 时的峰值电流	R_F 电阻部件编号 (使用下面的部件编号或类似电阻的部件编号)
6.98 k Ω	15	10.97A	ERA-3AEB6981V
3.48 k Ω	7.5	22A	ERA-3AEB3481V

C.3 辅助电源

辅助电源电路包括以下两级（见图C-4）：

- +5V输出电源
- +3.3V输出电源

图C-4： 辅助电源

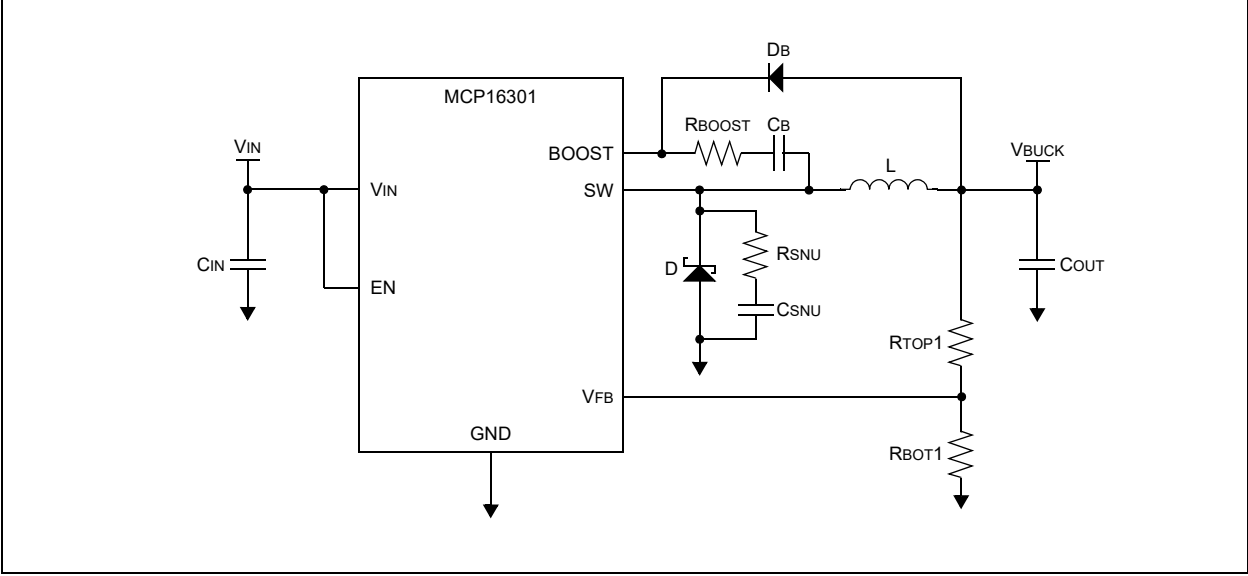


C.3.1 +5V输出电源

+5V输出电源是基于MCP16301（U1）的降压转换器（见图C-5）。该电源级具有以下规范：

- 输入电压（VIN）= 12-24V
- 输出电压（VBUCK）= +5V

图C-5： +5V电源



该电路中使用的元件值在表 C-2 中列出，这些值是使用公式 C-4 在 $V_{BUCK} = +5V$ 、 $V_{FB} = 0.8V$ 且 $K = 0.22 V/H$ 的条件下选择的。

公式 C-4:

$$R_{TOP1} = R_{BOT1} \times \left(\frac{V_{BUCK}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

$$K = \frac{V_{BUCK}}{L}$$

表 C-2: +5V 电源元件值

标签	元件标识	元件值
RBOT1	R6	10k
RTOP1	R2	52.5k
L	L1	22 μH
RBOOST	R1	82R
CB	C1	0.1 μF
CIN	C15 和 C21	10 μF
COUT	C7	10 μF
RSNU	R5	4.7R
CSNU	C22	120 pF

低正向压降肖特基二极管作为续流二极管 D。平均二极管电流使用公式 C-5 计算。根据这些计算结果，选择 PMEG4010CEH 肖特基二极管。

公式 C-5:

$$I_{D(AVG)} = \left(1 - \frac{V_{BUCK}}{V_{IN}} \right) \times I_{OUT}$$

根据 MCP16301/H 数据手册《高输入电压内置开关降压稳压器》(DS25004A_CN) 中的建议，选择标准 1N4148 超快速二极管作为升压二极管 DB。有关缓冲电路 (RSNU 和 CSNU) 和串联升压电阻 (RBOOST) 的更多信息，请参见应用笔记 AN1466《降低 MCP16301 高电压降压转换器中的高频开关噪声》(DS01466B_CN)。

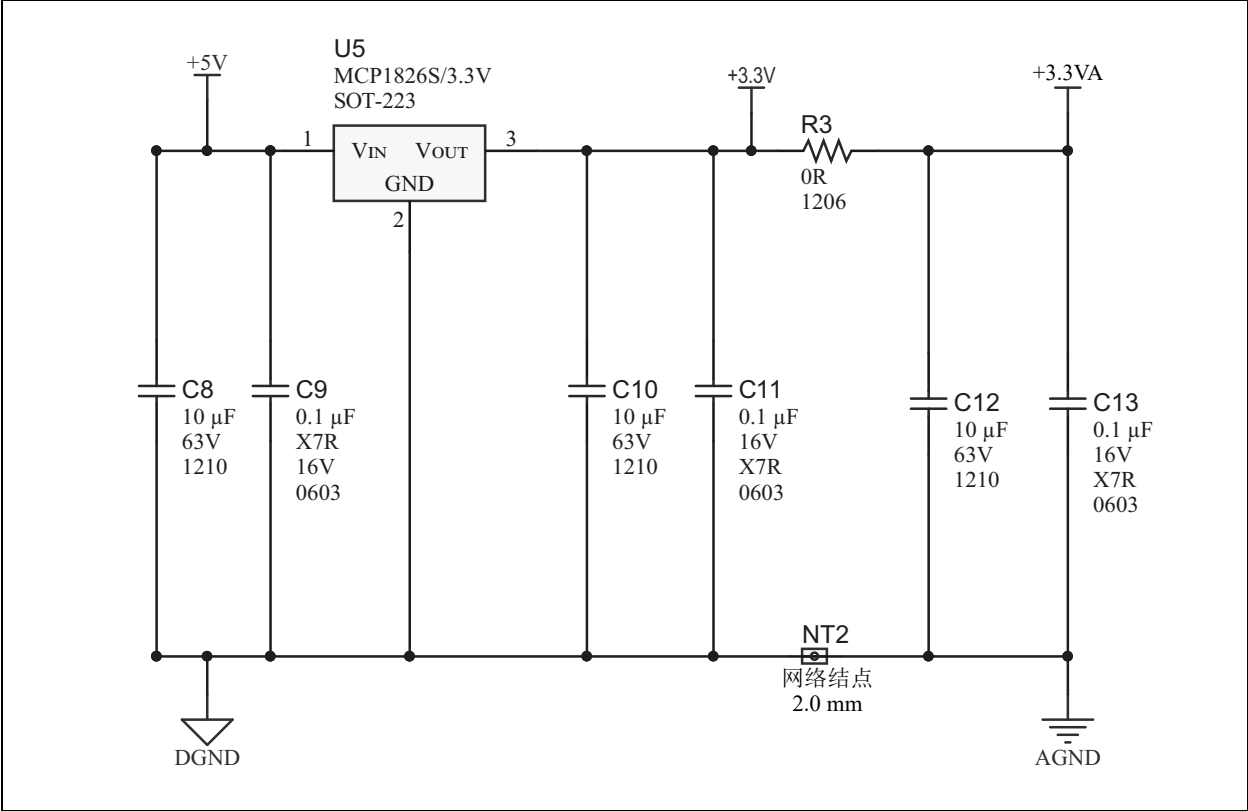
C.3.2 +3.3V 输出电源

第二级电源的规范如下：

- 输入电压 = +5.0V
- 输出电压 = +3.3V

MCP1826S LDO 用于产生 +3.3V 输出。+3.3V LDO 的输入是 +5V 转换器的输出。在开发板中，数字电源（+3.3V）和模拟电源（+3.3VA）（见图 C-6）由跳线电阻 R3 分隔开。同样，数字地（DGND）和模拟地（AGND）由网络结点 NT2 分隔开。这样做的目的是在开发板布线设计过程中将电源线从逻辑上分隔为模拟电路和数字电路。

图 C-6: +3.3V 电源



注:

全球销售及服务网点

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

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