电机控制10-24V驱动板（双/单）用户指南

© 2014 Microchip Technology Inc.

请注意以下有关 **Microchip** 器件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指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下， Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- 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。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了 《数字器件千年版权法案 （Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。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。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。**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，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。** Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。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伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 dsPIC、 FlashFlex、 flexPWR、 JukeBlox、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 Kleer、 LANCheck、 MediaLB、 MOST、 MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PIC、 PICSTART、 PIC32 徽标、 RightTouch、 SpyNIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

The Embedded Control Solutions Company 和 mTouch 为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 ECAN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、 KleerNet、 KleerNet 徽标、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 MultiTRAK、 NetDetach、 Omniscient Code Generation、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、 RightTouch 徽标、 REAL ICE、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 USBCheck、 VariSense、 ViewSpan、 WiperLock、 Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 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。

© 2014, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-63276-336-5

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV

ISO/TS 16949

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。 Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外， Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

© 2014 Microchip Technology Inc.

声明对象：电机控制10-24V驱动板（双/单）

EU Declaration of Conformity

This declaration of conformity is issued by the manufacturer.
The development/evaluation tool is designed to be used for research and development in a laboratory environment. This development/evaluation tool is not intended to be a finished appliance, nor is it intended for incorporation into finished appliances that are made commercially available as single functional units to end users. This development/evaluation tool complies with EU EMC Directive 2004/108/EC and as supported by the European Commission's Guide for the EMC Directive 2004/108/EC (8th February 2010).
This development/evaluation tool complies with EU RoHS2 Directive 2011/65/EU.
For information regarding the exclusive, limited warranties applicable to Microchip products, please see Microchip's standard terms and conditions of sale, which are printed on our sales documentation and available at www.microchip.com.
Signed for and on behalf of Microchip Technology Inc. at Chandler, Arizona, USA

Derek Carlson
VP Development Tools

16-July-2013
Date

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

目录

前言 7
第1章 简介
1.1 概述 13
1.2 电机控制10-24V驱动板（双/单）特性 13
1.3 框图 15
第2章 板上接口说明
2.1 简介 17
2.2 重点 17
2.3 板上连接器 17
2.4 用户接口硬件 35
第3章 硬件说明
3.1 简介 41
3.2 重点 41
3.3 三相逆变桥和栅极驱动器 43
3.4 直流母线电压检测 43
3.5 霍尔传感器/正交编码器接口 44
3.6 反电动势和重构的中性点信号 45
3.7 相电流和母线电流检测电路 46
3.8 故障生成逻辑电路 50
3.9 制动电路 52
3.10 电源 55
附录A 电路板原理图和布线图
A.1 简介 57
A.2 电路板原理图和布线图 57
附录B 电气规范
B.1 简介 63
附录C 元件选择
C.1 简介 65
C.2 重点 65
C.3 电机电流放大器配置 65
C.4 制动电流放大器配置 68
C.5 硬件制动使能电路配置 70
C.6 硬件制动使能电路配置电阻 73
全球销售及服务网点 74

© 2014 Microchip Technology Inc.

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

前言

客户须知

所有文档均会过时，本文档也不例外。 **Microchip** 的工具和文档将不断演变以满足客户的需求，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 **“DSXXXXXA_CN”**，其中 **“XXXXX”** 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

本章包含使用电机控制10-24V驱动板（双/单）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
- 保修登记
- 推荐读物
- Microchip网站
- 开发系统变更通知客户服务
- 客户支持
- 文档版本历史

文档编排

本文档介绍了如何使用电机控制10-24V驱动板（双/单）。文档内容编排如下：

- **第1章“简介”**简要概述了电机控制10-24V驱动板（双/单）及其特性。
- **第2章“板上接口说明”**汇总了电机控制10-24V驱动板（双/单）的输入和输出接口。
- **第3章“硬件说明”**提供了电机控制10-24V驱动板（双/单）的硬件说明。
- **附录A“电路板原理图和布线图”**提供了电机控制 10-24V 驱动板（双 / 单）的框图、电路板布线图和详细原理图。
- **附录B“电气规范”**提供了电机控制10-24V驱动板（双/单）的电气规范。
- **附录C“元件选择”**详细介绍了电机电流放大器、制动电流放大器和硬件制动使能电路的元件选择。

© 2014 Microchip Technology Inc.

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
Arial 字体：		
斜体字	参考书目	*MPLAB® IDE User's Guide*
	需强调的文字	…… 为*仅有*的编译器 ……
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	*File>Save*
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	*`file`*`.o`，其中 *`file`* 可以是任一有效文件名
方括号 [ ]	可选参数	`mcc18 [选项] file [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) { ... }`
注	“注”给出我们想要再次强调的信息，帮助您避免常见陷阱或让您意识到一些器件系列成员之间的工作差异。“注”可能在框中，在表或图中使用时则位于表或图的底部。	**注：** 这是典型注释框。 **警告** **这是警告注释。** **注 1：** 这是表中使用的注。

保修登记

请填写随附的保修登记卡（Warranty Registration Card）并尽快寄出。寄出保修登记卡的客户将可收到新产品更新信息。可在Microchip网站上获得临时软件版本。

推荐读物

本用户指南介绍了如何使用电机控制10-24V驱动板（双/单）。以下Microchip文档均已提供，并建议读者作为补充参考资料。

《MPLAB® X IDE用户指南》（DS52027B_CN）

本用户指南是介绍Microchip MPLAB X 集成开发环境（Integrated Development Environment，IDE）的安装和功能以及MPLAB X IDE环境中的编辑器和软件模拟器功能的综合指南。更多信息，请访问www.microchip.com/mplabx。

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。自述文件包含本用户指南中可能未提供的更新信息和已知问题。

MPLAB® XC16 Assembler, Linker and Utilities User's Guide（DS52106）

本用户指南说明了如何使用GNU语言工具来为16位应用编写代码。

MPLAB® XC16 C Compiler User's Guide（DS50002071）

本用户指南说明了如何使用16位MPLAB XC16 C编译器。更多信息，请访问www.microchip.com/compilers。

dsPIC® DSC Signal Board User's Guide（DS50002263）

本用户指南说明了如何使用Microchip dsPIC DSC信号板。

dsPIC33EV256GM106 5V Motor Control Plug-In Module (PIM) Information Sheet（DS50002225）

本信息手册提供了dsPIC33EV256GM106 5V电机控制接插模块（Plug-In Module，PIM）特定的信息。

dsPIC33EP512GM710 Plug-In Module (PIM) Information Sheet for Single-Dual Motor Control（DS50002216）

本信息手册提供了用于单/双电机控制的dsPIC33EP512GM710接插模块（PIM）特定的信息。

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

AN1160，《用择多函数实现反电动势滤波的无传感器BLDC控制》（DS01160B_CN）

AN1078，《PMSM电机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）

AN1017，《使用dsPIC30F DSC实现PMSM电机的正弦驱动》（DS01017A_CN）

© 2014 Microchip Technology Inc.

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，网站提供以下信息：

- **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

开发系统变更通知客户服务

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。

要注册，请先访问 Microchip 网站 www.microchip.com，点击 “变更通知客户” （Customer Change Notification），然后按照注册指示完成注册。

开发系统产品的分类如下：

- **编译器** ——Microchip C 编译器及其他语言工具的最新信息，包括 MPLAB C 编译器、MPASM™ 和 MPLAB 16 位汇编器、MPLINK™ 和 MPLAB 16 位目标链接器，以及 MPLIB™ 和 MPLAB 16 位目标库管理器。
- **仿真器** ——Microchip MPLAB REAL ICE™ 在线仿真器的最新信息。
- **在线调试器** ——Microchip 在线调试器的最新信息，包括 MPLAB ICD 3 和 PICkit™ 3。
- **MPLAB IDE**—— 关于开发系统工具的 Windows® 集成开发环境 Microchip MPLAB IDE 的最新信息，主要针对 MPLAB IDE、 MPLAB SIM 软件模拟器、 MPLAB IDE 项目管理器，以及一般编辑和调试功能。
- **编程器** ——Microchip 编程器的最新信息，包括 MPLAB PM3 器件编程器和 PICkit 3 开发编程器。

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 （FAE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师 （FAE）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（2014年4月）

本文档的初始版本。

© 2014 Microchip Technology Inc.

第1章 简介

1.1 概述

电机控制10-24V驱动板（双/单）是一款低电压双电机控制功率级，用于同时驱动两个无刷直流（Brushless DC，BLDC）电机或永磁同步电机（Permanent Magnet Synchronous Motor，PMSM）。

电机控制10-24V驱动板（双/单）可与兼容的dsPIC® DSC信号板搭配使用，提供一套软件开发平台，利用Microchip的高性能电机控制数字信号控制器（Digital Signal Controller，DSC）和单片机（MCU）来构建和评估嵌入式电机控制应用软件。

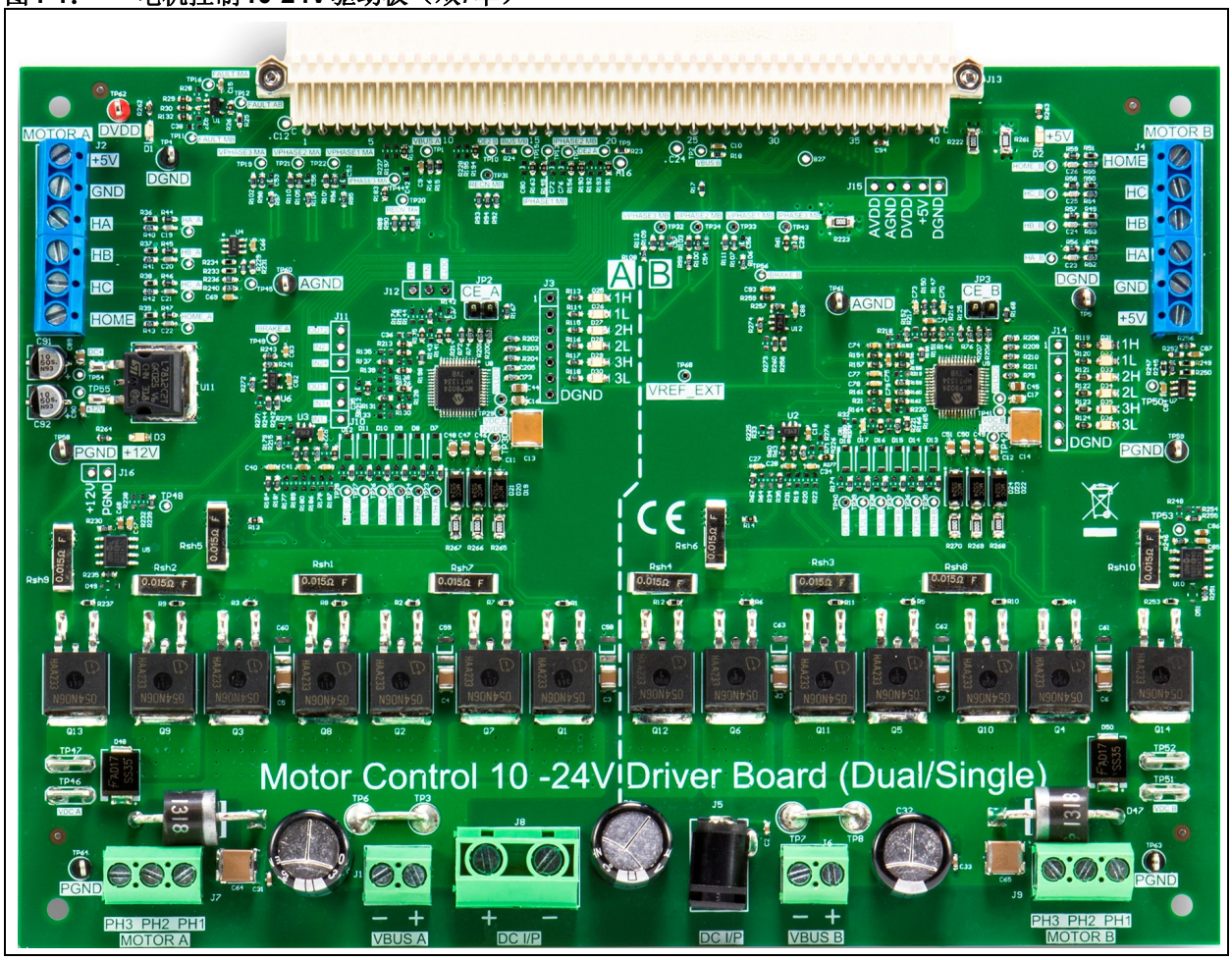
1.2 电机控制10-24V驱动板（双/单）特性

电机控制10-24V驱动板（双/单）如图1-1所示。此板具有以下主要特性：

- 两个PMSM/BLDC电机控制功率级，电气规范如下：
  - 输入直流电压：10-24V直流±10%（9V-26.4V直流）
  - 输出相RMS电流：+25°C时每相的标称值为10A
- 可提供欠压、过压、过流、直通和短路保护的MCP8024栅极驱动器
- 每个电机控制级都具有可使能基于传感器的电机控制算法的霍尔传感器/正交编码器接口（Quadrature Encoder Interface，QEI）
- 每个电机控制级都具有可使能无传感器BLDC操作的相电压和重构的中性点反馈信号
- 用于过流保护、BLDC 电机的转矩控制和 PMSM 的单电流检测电阻磁场定向控制（Field Oriented Control，FOC）的直流母线电流检测电阻
- 用于磁场定向控制的相电流检测电阻
- 直流母线电压检测
- 对两个逆变器级进行硬件和软件制动控制的动态制动斩波电路
- 过流保护
- 用于指示PWM信号和上电状态的LED

© 2014 Microchip Technology Inc.

图1-1：　电机控制10-24V驱动板（双/单）

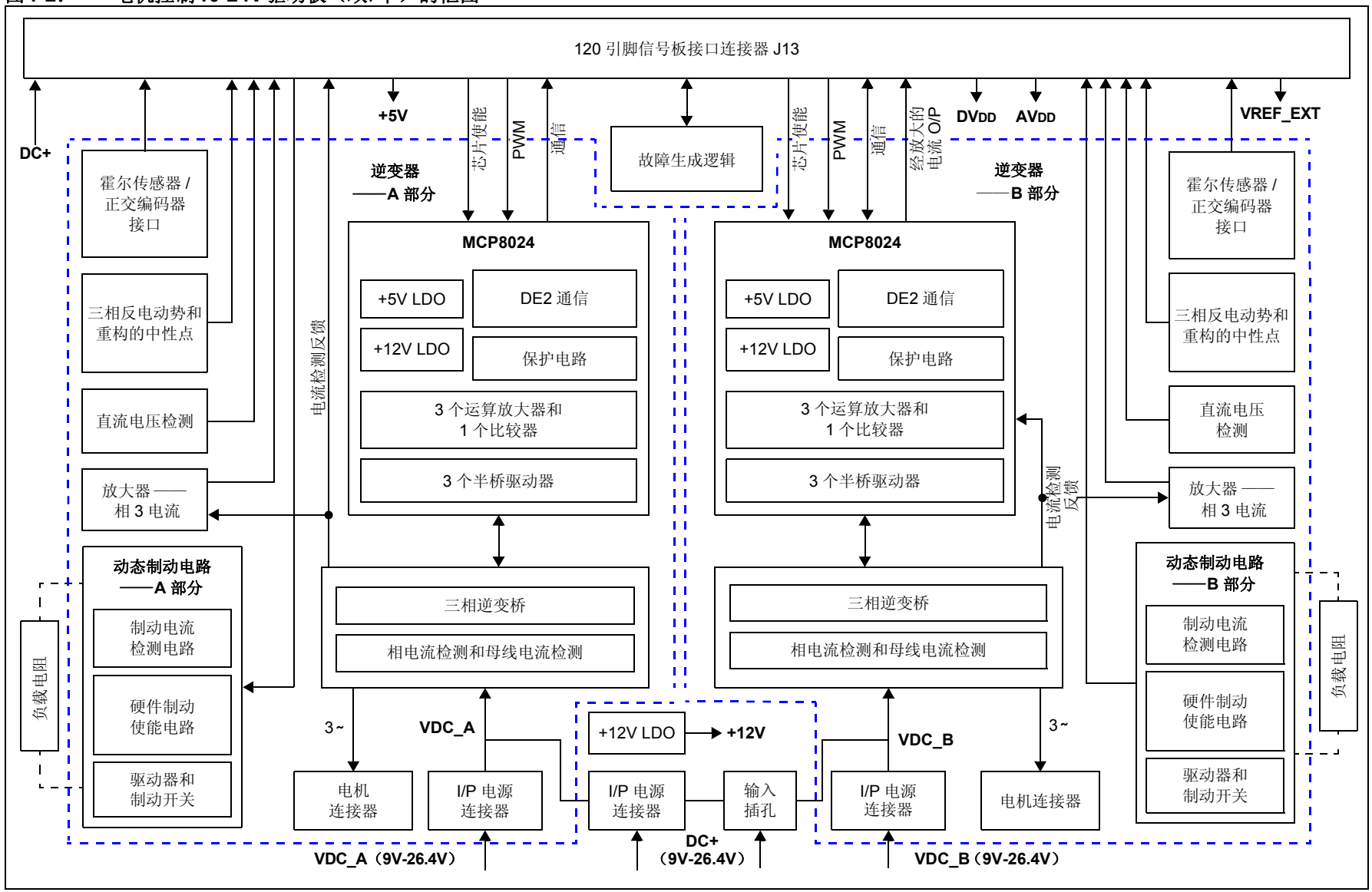


电机控制10-24V驱动板（双/单）的框图如图1-2所示。有关电气规范的更多信息，请参见附录B“电气规范”。

© 2014 Microchip Technology Inc.

1.3 框图

图1-2： 电机控制10-24V驱动板（双/单）的框图



© 2014 Microchip Technology Inc.

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

第2章 板上接口说明

2.1 简介

本章提供了电机控制10-24V驱动板（双/单）的输入和输出接口的更详细说明。

2.2 重点

本章包括以下主题：

- 板上连接器
- 用户接口硬件

为板上的栅极驱动器、逆变器和其他控制电路供电的输入电源必须在10-24V直流±10%范围内。

2.3 板上连接器

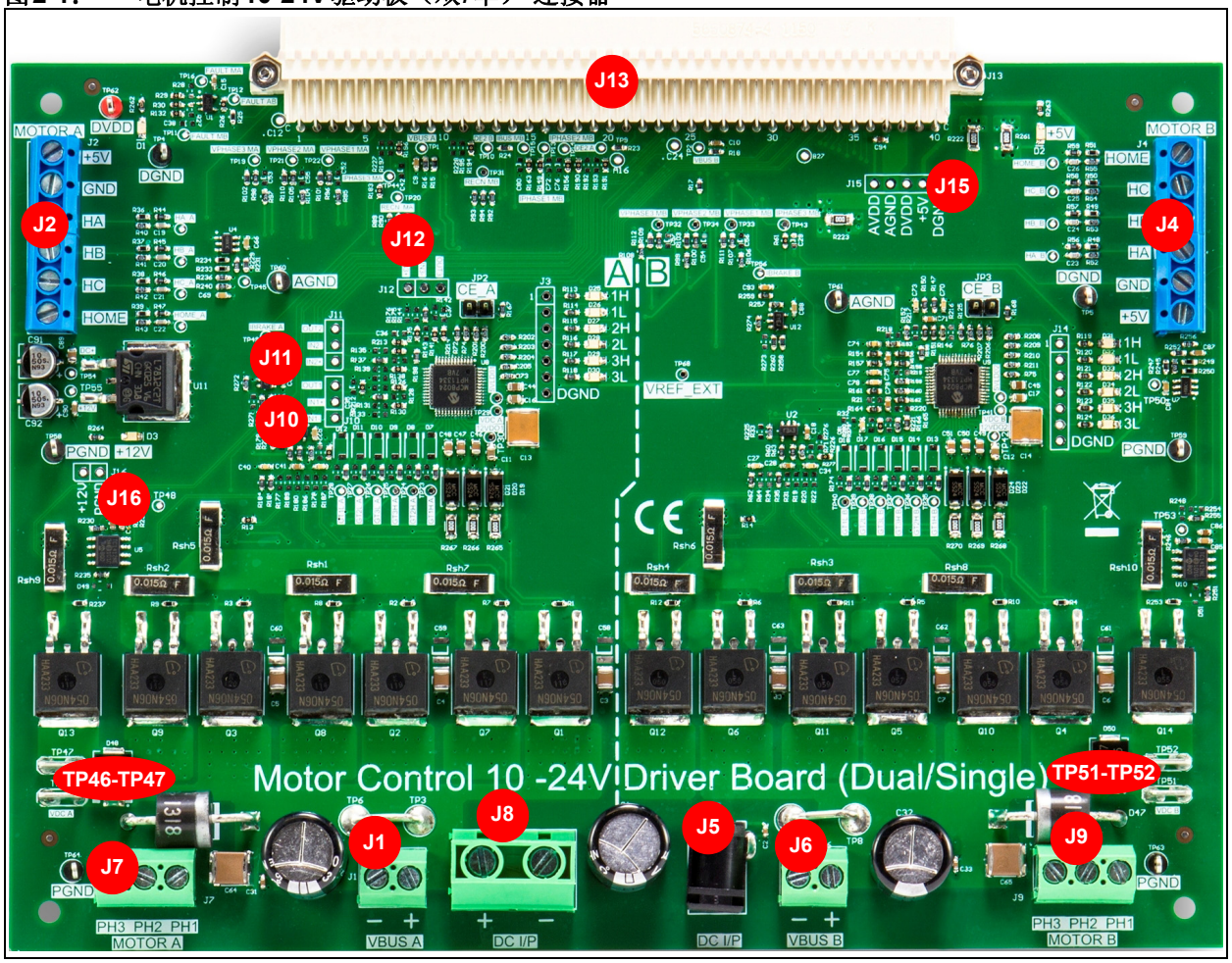
电机控制10-24V驱动板（双/单）具有各种连接器、跳线和LED指示。表2-1和图2.3中介绍了这些板上连接器。

表2-1： 电机控制10-24V驱动板（双/单） 连接器

标识	说明
J1	逆变器A的输入直流电源连接器
J2	电机A的霍尔传感器/正交编码器接口连接器
J4	电机B的霍尔传感器/正交编码器接口连接器
J5和J8	输入直流电源连接器
J6	逆变器B的输入直流电源连接器
J7	逆变器A三相输出连接器
J9	逆变器B三相输出连接器
J10、J11和J12	MCP8024（U8）运算放大器接口连接器
J13	dsPIC® DSC信号板接口连接器
J15	+5V、DVDD、AVDD、AGND和DGND的辅助电源输出连接器
J16	+12V LDO（U11）输出连接器
TP46-TP47	连接逆变器A部分上的制动电阻的端子
TP51-TP52	连接逆变器B部分上的制动电阻的端子

© 2014 Microchip Technology Inc.

图2-1：　电机控制10-24V驱动板（双/单） 连接器



以下是板上的各个连接器：

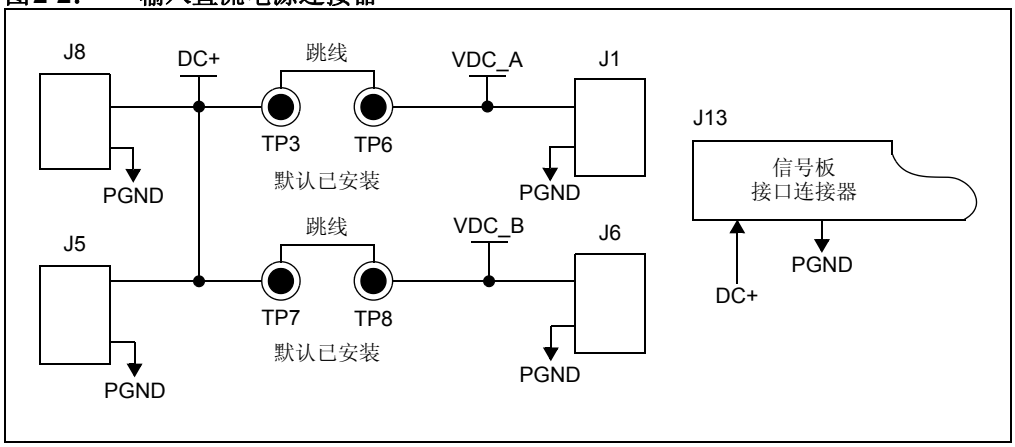
- 电源连接器（J5、J8、J1和J6）
- 逆变器输出连接器（J7和J9）
- 信号板接口连接器（J13）
- 霍尔传感器/正交编码器接口连接器（J2和J4）
- 用于制动电阻的端子（TP46-TP47和TP51-TP52）
- 辅助电源输出连接器（J15和J16）
- MCP8024（U8）运算放大器接口连接器（J10、J11和J12）

© 2014 Microchip Technology Inc.

2.3.1 电源连接器（J5、J8、J1和J6）

电机控制10-24V驱动板（双/单）设计为在9-26.4V直流电压范围内工作。图2-2显示了可能的输入直流电源连接。

图2-2： 输入直流电源连接器



如果TP3-TP6之间以及TP7-TP8之间均装有跳线，则逆变器A和逆变器B可由通用电压源DC+供电，DC+可连接到同轴插头J5或连接器J8。电压源DC+通过信号板接口连接器J13为dsPIC DSC信号板供电。连接器J5可承载最高2.5A的电流，连接器J8可承载最高30A的电流。

> **注：** 在电机控制10-24V驱动板（双/单）上，TP3-TP6和TP7-TP8默认已安装跳线。

电机控制10-24V驱动板（双/单）上的逆变器A和逆变器B部分均可由不同的电压源（例如VDC_A和VDC_B）单独供电。如果TP3-TP6之间的跳线断开，则逆变器A可由连接到连接器J1的不同电压源供电。同样，如果TP7-TP8之间的跳线断开，则逆变器B可由连接到连接器J6的不同电压源供电。连接器J1和J6可承载的最大电流均为15A。如果TP3-TP6之间以及TP7-TP8之间的两个跳线均断开，则dsPIC DSC信号板将由连接器J5或J8供电。输入电源配置如表2-2所示。

表2-2： 输入电源配置

跳线配置		电源连接器		
TP3-TP6	**TP7-TP8**	**逆变器A部分**	**逆变器B部分**	**信号板**
连接	连接	J5/J8（DC+）	J5/J8（DC+）	J5/J8
断开	连接	J1（VDC_A）	J5/J8	
连接	断开	J5/J8	J6（VDC_B）	
断开	断开	J1（VDC_A）	J6（VDC_B）	

2.3.2 逆变器输出连接器（J7和J9）

电机控制10-24V驱动板（双/单）可驱动两个三相PMSM/BLDC电机。这些电机通过来自连接器J7和J9的逆变器A和逆变器B输出驱动。表2-3和表2-4给出了连接器J7和J9的引脚分配。

表2-3： 逆变器A输出连接器（J7）

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	PHASE3_MA	逆变器A的相3输出
2	PHASE2_MA	逆变器A的相2输出
3	PHASE1_MA	逆变器A的相1输出

表2-4： 逆变器B输出连接器（J9）

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	PHASE3_MB	逆变器B的相3输出
2	PHASE2_MB	逆变器B的相2输出
3	PHASE1_MB	逆变器B的相1输出

2.3.3 信号板接口连接器（J13）

信号板接口连接器J13用于将电机控制10-24V驱动板（双/单）连接到dsPIC DSC信号板。信号板接口连接器J13有三排，每排40个引脚。连接器J13上的信号划分为以下几个功能组：

- 发送到电机控制10-24V驱动板（双/单）的控制信号（每个逆变器）：
  - 三对PWMH/L信号
  - 制动斩波电路控制信号
- 来自电机控制10-24V驱动板（双/单）的反馈信号（每个逆变器）：
  - 检测电流反馈
  - 直流母线电压和电流反馈
  - 三相反电动势信号和重构的中性点信号
  - 霍尔传感器/正交编码器接口（QEI）传感器反馈
  - 故障信号
- 发送到信号板的电源信号：
  - 输入直流电源信号DC+和电源地
- 来自信号板的电源信号：
  - 辅助电源信号，DV_{DD}、+5V、DGND、AV_{DD}和AGND
  - 用于使运放输出偏移固定直流电压值的直流偏置电压（VREF_EXT）信号，此电位以AGND为参考电压
- 栅极驱动器与单片机之间的信号接口（每个逆变器）：
  - 来自单片机的芯片使能信号
  - 用于在控制器和MCP8024栅极驱动器之间建立DE2通信的UART RX和TX

表2-5和表2-6给出了连接器J13的引脚功能及其到信号板上配对连接器的引脚映射。在表2-5中，J13引脚按照编号顺序排列；而在表2-6中，连接器J13上的信号按照功能分组。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-5： 信号板接口连接器（J13）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A1	A40	DVDD	来自dsPIC® DSC信号板的+3.3V或+5V数字电源(2)	电源
B1	B40	DVDD	来自dsPIC DSC信号板的+3.3V或+5V数字电源(2)	电源
C1	C40	DVDD	来自dsPIC DSC信号板的+3.3V或+5V数字电源(2)	电源
A2	A39	DGND	数字地	地
B2	B39	DGND	数字地	地
C2	C39	DGND	数字地	地
A3	A38	VPHASE1_MB	电机B的相1 BEMF电压反馈	模拟输出
B3	B38	—	—	—
C3	C38	DGND	数字地	地
A4	A37	—	—	—
B4	B37	FAULT_AB	故障生成逻辑电路生成的逆变器A和逆变器B组合故障输出	数字输出
C4	C37	VPHASE2_MB	电机B的相2 BEMF电压反馈	模拟输出
A5	A36	VPHASE1_MA	电机A的相1 BEMF电压反馈	模拟输出
B5	B36	VPHASE2_MA	电机A的相2 BEMF电压反馈	模拟输出
C5	C36	VPHASE3_MA	电机A的相3 BEMF电压反馈	模拟输出
A6	A35	VPHASE3_MB	电机B的相3 BEMF电压反馈	模拟输出
B6	B35	RECN_MA、IPHASE3_MA或IBRAKE_A	电机A的重构中性点反馈、逆变器A相3电流反馈或制动斩波电路（A）电流检测输出	模拟输出
C6	C35	—	—	—
A7	A34	VREF_EXT	用于使运放输出偏移的+1.65V/+2.5V参考电压(4)	模拟输出
B7	B34	—	—	—
C7	C34	—	—	—
A8	A33	—	—	—
B8	B33	—	—	—
C8	C33	—	—	—
A9	A32	—	—	—
B9	B32	VBUS_A	逆变器A的直流母线反馈	模拟输出
C9	C32	—	—	—
A10	A31	—	—	—
B10	B31	—	—	—
C10	C31	—	—	—

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

表2-5： 信号板接口连接器（J13）（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A11	A30	DGND	数字地	地
B11	B30	DGND	数字地	地
C11	C30	DGND	数字地	地
A12	A29	RECN_MB、IPHASE3_MB或IBRAKE_B	电机B的重构中性点反馈、逆变器B相3电流反馈或制动斩波电路（B）电流检测输出	模拟输出
B12	B29	DE2_RX_B	来自单片机的UART RX，用于与MCP8024（U9）建立DE2通信	数字输出
C12	C29	—	—	—
A13	A28	—	—	—
B13	B28	HALLC_MA	来自电机A的霍尔传感器C/INDEX反馈	数字输出
C13	C28	HALLB_MA	来自电机A的霍尔传感器B/QEB反馈	数字输出
A14	A27	—	—	—
B14	B27	—	—	—
C14	C27	—	—	—
A15	A26	IBUS_MB	逆变器B的母线电流反馈	模拟输出
B15	B26	DE2_TX_B	来自单片机的UART TX，用于与MCP8024（U9）建立DE2通信	数字输入
C15	C26	BRAKE_EN_B	用于制动斩波电路（B）的软件制动使能信号	数字输入
A16	A25	—	—	—
B16	B25	IPHASE2_MB	逆变器B相2电流反馈	模拟输出
C16	C25	IPHASE1_MB	逆变器B相1电流反馈	模拟输出
A17	A24	BRAKE_EN_A	用于制动斩波电路（A）的软件制动使能信号	数字输入
B17	B24	—	—	—
C17	C24	—	—	—
A18	A23	—	—	—
B18	B23	—	—	—
C18	C23	HOME_MA	来自电机A的正交编码器接口归位信号	数字输出
A19	A22	—	—	—
B19	B22	SHUNT_LOW_SUM_A	逆变器A母线电流检测（Rsh5）负极端子	模拟输出
C19	C22	SHUNT_HIGH_SUM_A	逆变器A母线电流检测（Rsh5）正极端子	模拟输出

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-5： 信号板接口连接器（J13）（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A20	A21	FAULT_MA	来自信号板的逆变器A母线电流故障输出	数字输出
B20	B21	DE2_RX_A	来自单片机的UART RX，用于与MCP8024建立DE2通信	数字输出
C20	C19	—	—	—
A21	A20	DGND	数字地	地
B21	B20	DGND	数字地	地
C21	C20	DGND	数字地	地
A22	A19	—	—	—
B22	B19	SHUNT_HIGH_SUM_A	逆变器A相2电流检测（Rsh1）负极端子	模拟输出
C22	C21	—	—	—
A23	A18	—	—	—
B23	B18	SHUNT_HIGH_1_A	逆变器A相1电流检测（Rsh7）正极端子	模拟输出
C23	C18	SHUNT_HIGH_2_A	逆变器A相2电流检测（Rsh1）正极端子	模拟输出
A24	A17	—	—	—
B24	B17	DE2_TX_A	来自单片机的UART TX，用于与MCP8024建立DE2通信	数字输入
C24	C17	—	—	—
A25	A16	HALLA_MA	来自电机A的霍尔传感器A/QEA反馈	数字输出
B25	B16	VBUS_B	逆变器B的直流母线反馈	模拟输出
C25	C16	—	—	—
A26	A15	—	—	—
B26	B15	CE_A	发送到MCP8024（U8）的芯片使能信号	数字输入
C26	C15	SHUNT_HIGH_SUM_A	逆变器A相1电流检测（Rsh7）负极端子	模拟输出
A27	A14	—	—	—
B27	B14	—	—	—
C27	C14	—	—	—
A28	A13	CE_B	发送到MCP8024（U9）的芯片使能信号	数字输入
B28	B13	HOME_MB	电机B的正交编码器接口归位信号	数字输出
C28	C13	—	—	—

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。
2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V。
3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V。
4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

表2-5： 信号板接口连接器（J13）（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A29	A12	PWM1L_A	用于逆变器A相1下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B29	B12	HALLC_MB	电机B的霍尔传感器C/INDEX反馈	数字输出
C29	C12	—	—	—
A30	A11	HALLA_MB	电机B的霍尔传感器A/QEA反馈	数字输出
B30	B11	HALLB_MB	电机B的霍尔传感器B/QEB反馈	数字输出
C30	C11	PWM1H_A	用于逆变器A相1上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A31	A10	DGND	数字地	地
B31	B10	DGND	数字地	地
C31	C10	DGND	数字地	地
A32	A9	PWM2H_A	用于逆变器A相2上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B32	B9	PWM2L_A	用于逆变器A相2下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
C32	C9	—	—	—
A33	A8	PWM3H_A	用于逆变器A相3上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B33	B8	—	—	—
C33	C8	PWM3L_A	用于逆变器A相3下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A34	A7	PWM2L_B	用于逆变器B相2下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B34	B7	PWM1L_B	用于逆变器B相1下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
C34	C7	PWM1H_B	用于逆变器B相1上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A35	A6	PWM3H_B	用于逆变器B相3上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B35	B6	PWM3L_B	用于逆变器B相3下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
C35	C6	PWM2H_B	用于逆变器B相2上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A36	A5	—	—	—
B36	B5	—	—	—
C36	C5	FAULT_MB	发送到信号板上的单片机的逆变器B母线电流故障输出	数字输入

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-5： 信号板接口连接器（J13）（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A37	A4	AVDD	来自信号板的+3.3V或+5V模拟电源(3)	电源
B37	B4	AVDD	来自信号板的+3.3V或+5V模拟电源(3)	电源
C37	C4	AGND	模拟地	地
A38	A3	+5V	来自信号板的+5V数字电源	电源
B38	B3	+5V	来自信号板的+5V数字电源	电源
C38	C3	AGND	模拟地	地
A39	A2	PGND	电源地	地
B39	B2	PGND	电源地	地
C39	C2	PGND	电源地	地
A40	A1	DC+	从电源板到信号板的直流电源（10-24V）	电源
B40	B1	DC+	从电源板到信号板的直流电源（10-24V）	电源
C40	C1	DC+	从电源板到信号板的直流电源（10-24V）	电源

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

表2-6： 信号板接口连接器（J13），按功能分组

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A. 电源信号				
A1	A40	DVDD	来自信号板的+3.3V或+5V数字电源(2)	电源
B1	B40	DVDD	来自信号板的+3.3V或5V数字电源(2)	电源
C1	C40	DVDD	来自信号板的+3.3V或5V数字电源	电源
A2	A39	DGND	数字地	地
B2	B39	DGND	数字地	地
C2	C39	DGND	数字地	地
C3	C38	DGND	数字地	地
A11	A30	DGND	数字地	地
B11	B30	DGND	数字地	地
C11	C30	DGND	数字地	地
A21	A20	DGND	数字地	地
B21	B20	DGND	数字地	地
C21	C20	DGND	数字地	地
A31	A10	DGND	数字地	地
B31	B10	DGND	数字地	地
C31	C10	DGND	数字地	地
A37	A4	AVDD	来自信号板的+3.3V或+5V模拟电源(3)	电源
B37	B4	AVDD	来自信号板的+3.3V或+5V模拟电源(3)	电源
C37	C4	AGND	模拟地	地
A38	A3	+5V	来自信号板的+5V数字电源	电源
B38	B3	+5V	来自信号板的+5V数字电源	电源
C38	C3	AGND	模拟地	地
A39	A2	PGND	电源地	地
B39	B2	PGND	电源地	地
C39	C2	PGND	电源地	地
A40	A1	DC+	从电源板到信号板的直流电源（10-24V）	电源
B40	B1	DC+	从电源板到信号板的直流电源（10-24V）	电源
C40	C1	DC+	从电源板到信号板的直流电源（10-24V）	电源

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-6： 信号板接口连接器（J13），按功能分组（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
B.发送到/来自逆变器A部分的信号				
B.1 PWM信号				
C30	C11	PWM1H_A	用于逆变器A相1上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A29	A12	PWM1L_A	用于逆变器A相1下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A32	A9	PWM2H_A	用于逆变器A相2上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B32	B9	PWM2L_A	用于逆变器A相2下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A33	A8	PWM3H_A	用于逆变器A相3上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
C33	C8	PWM3L_A	用于逆变器A相3下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A17	A24	BRAKE_EN_A	用于制动斩波电路（A）的软件制动使能信号	数字输入
B.2 单片机与栅极驱动器MCP8024（U8）之间的接口信号				
B26	B15	CE_A	发送到MCP8024（U8）的芯片使能信号	数字输入
B24	B17	DE2_TX_A	来自单片机的UART TX，用于与MCP8024建立DE2通信	数字输入
B20	B21	DE2_RX_A	来自单片机的UART RX，用于与MCP8024建立DE2通信	数字输出
B.3 来自电机A的霍尔传感器/正交编码器接口反馈信号				
A25	A16	HALLA_MA	来自电机A的霍尔传感器A/QEA反馈	数字输出
C13	C28	HALLB_MA	来自电机A的霍尔传感器B/QEB反馈	数字输出
B13	B28	HALLC_MA	来自电机A的霍尔传感器C/INDEX反馈	数字输出
C18	C23	HOME_MA	来自电机A的正交编码器接口归位信号	数字输出

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

表2-6： 信号板接口连接器（J13），按功能分组（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
B.4 电压和电流反馈信号				
A5	A36	VPHASE1_MA	电机A的相1电压反馈	模拟输出
B5	B36	VPHASE2_MA	电机A的相2电压反馈	模拟输出
C5	C36	VPHASE3_MA	电机A的相3电压反馈	模拟输出
B6	B35	RECN_MA、IPHASE3_MA或IBRAKE_A	用于电机A的重构中性点反馈、逆变器A相3电流反馈或制动斩波电路（A）电流检测输出	模拟输出
B23	B18	SHUNT_HIGH_1_A	逆变器A相1电流检测（Rsh7）正极端子	模拟输出
C26	C15	SHUNT_HIGH_SUM_A	逆变器A相1电流检测（Rsh7）负极端子	模拟输出
C23	C18	SHUNT_HIGH_2_A	逆变器A相2电流检测（Rsh1）正极端子	模拟输出
B22	B19	SHUNT_HIGH_SUM_A	逆变器A相2电流检测（Rsh1）负极端子	模拟输出
C19	C22	SHUNT_HIGH_SUM_A	逆变器A母线电流检测（Rsh5）正极端子	模拟输出
B19	B22	SHUNT_LOW_SUM_A	逆变器A母线电流检测（Rsh5）负极端子	模拟输出
B9	B32	VBUS_A	逆变器A的直流母线反馈	模拟输出
C.发送至/来自逆变器B部分的信号				
C.1 PWM信号				
C34	C7	PWM1H_B	用于逆变器B相1上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B34	B7	PWM1L_B	用于逆变器B相1下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
C35	C6	PWM2H_B	用于逆变器B相2上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A34	A7	PWM2L_B	用于逆变器B相2下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
A35	A6	PWM3H_B	用于逆变器B相3上桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
B35	B6	PWM3L_B	用于逆变器B相3下桥臂MOSFET控制的PWM	数字输入
C15	C26	BRAKE_EN_B	用于制动斩波电路（B）的软件制动使能信号	数字输入

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-6： 信号板接口连接器（J13），按功能分组（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
C.2 单片机与栅极驱动器MCP8024（U9）之间的接口信号				
A28	A13	CE_B	发送到MCP8024（U9）的芯片使能信号	数字输入
B15	B26	DE2_TX_B	来自单片机的UART TX，用于与MCP8024（U9）建立DE2通信	数字输入
B12	B29	DE2_RX_B	来自单片机的UART RX，用于与MCP8024（U9）建立DE2通信	数字输出
C.3 来自电机B的霍尔传感器/正交编码器接口反馈信号				
A30	A11	HALLA_MB	电机B的霍尔传感器A/QEA反馈	数字输出
B30	B11	HALLB_MB	电机B的霍尔传感器B/QEB反馈	数字输出
B29	B12	HALLC_MB	电机B的霍尔传感器C/INDEX反馈	数字输出
B28	B13	HOME_MB	电机B的正交编码器接口归位信号	数字输出
C.4 电压和电流反馈信号				
A3	A38	VPHASE1_MB	电机B的相1 BEMF电压反馈	模拟输出
C4	C37	VPHASE2_MB	电机B的相2 BEMF电压反馈	模拟输出
A6	A35	VPHASE3_MB	电机B的相3 BEMF电压反馈	模拟输出
A12	A29	RECN_MB、IPHASE3_MB或IBRAKE_B	电机B的重构中性点反馈、逆变器B相3电流反馈或制动斩波电路（B）电流检测输出	模拟输出
C16	C25	IPHASE1_MB	逆变器B相1电流反馈	模拟输出
B16	B25	IPHASE2_MB	逆变器B相2电流反馈	模拟输出
A15	A26	IBUS_MB	逆变器B的母线电流反馈	模拟输出
B25	B16	VBUS_B	逆变器B的直流母线反馈	模拟输出
D.其他				
D.1 故障信号				
A20	A21	FAULT_MA	来自信号板的逆变器A母线电流故障输出	数字输出
C36	C5	FAULT_MB	发送到信号板上的单片机的逆变器B母线电流故障输出	数字输入
B4	B37	FAULT_AB	故障生成逻辑电路生成的逆变器A和逆变器B组合故障输出	数字输入
D.2 电压偏移				
A7	A34	VREF_EXT	用于使运放输出偏移的+1.65V/+2.5V参考电压(4)	模拟输入

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

表2-6： 信号板接口连接器（J13），按功能分组（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
E. 电机控制10-24V驱动板（双/单）上未连接的引脚(2)				
B3	B38	—	—	—
A4	A37	—	—	—
C6	C35	—	—	—
B7	B34	—	—	—
C7	C34	—	—	—
A8	A33	—	—	—
B8	B33	—	—	—
C8	C33	—	—	—
A9	A32	—	—	—
C9	C32	—	—	—
A10	A31	—	—	—
B10	B31	—	—	—
C10	C31	—	—	—
C12	C29	—	—	—
A13	A28	—	—	—
A14	A27	—	—	—
B14	B27	—	—	—
C14	C27	—	—	—
A16	A25	—	—	—
B17	B24	—	—	—
C17	C24	—	—	—
A18	A23	—	—	—
B18	B23	—	—	—
A19	A22	—	—	—
C20	C19	—	—	—
A22	A19	—	—	—
C22	C21	—	—	—
A23	A18	—	—	—
A24	A17	—	—	—
C24	C17	—	—	—
C25	C16	—	—	—
A26	A15	—	—	—

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-6： 信号板接口连接器（J13），按功能分组（续）

板上J13连接器引脚编号	配对连接器引脚编号(1)	信号名称	引脚功能	信号类型
A27	A14	—	—	—
B27	B14	—	—	—
C27	C14	—	—	—
C28	C13	—	—	—
C29	C12	—	—	—
C32	C9	—	—	—
B33	B8	—	—	—
A36	A5	—	—	—
B36	B5	—	—	—

注 1： 配对连接器引脚是指连接到电机控制10-24V驱动板（双/单）的专用信号板上的配对连接器的引脚。

2： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V。

3： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将AVDD电压配置为+3.3V或+5V。

4： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65或+2.5V。

2.3.4 霍尔传感器/正交编码器接口连接器（J2和J4）

霍尔传感器或正交编码器接口（QEI）用于确定电机位置。连接器J2和J4分别用于连接由逆变器A和逆变器B驱动的电机的霍尔传感器/正交编码器接口。表2-7和表2-8给出了连接器J2和J4的引脚说明。

表2-7： 霍尔传感器/正交编码器接口连接器（J2）

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	+5V	霍尔传感器/QEI电源
2	DGND	数字地
3	HALLA_MA	电机A的霍尔传感器A/QEI A相反馈
4	HALLB_MA	电机A的霍尔传感器B/QEI B相反馈
5	HALLC_MA	电机A的霍尔传感器C/QEI INDEX反馈
6	HOME_MA	电机A的QEI归位信号反馈

表2-8： 霍尔传感器/正交编码器接口连接器（J4）

引脚编号	信号名称	引脚说明
1	+5V	霍尔传感器/QEI电源
2	DGND	数字地
3	HALLA_MB	电机B的霍尔传感器A/QEI A相反馈
4	HALLB_MB	电机B的霍尔传感器B/QEI B相反馈
5	HALLC_MB	电机B的霍尔传感器C/QEI INDEX反馈
6	HOME_MB	电机B的QEI归位信号反馈

2.3.5 用于制动电阻的端子（TP46-TP47和TP51-TP52）

可通过电机控制10-24V驱动板（双/单）上提供的端子将制动电阻添加到逆变器A和逆变器B的制动斩波电路中。表2-7和表2-10给出了端子的引脚分配。

表2-9： 用于逆变器A部分上的制动电阻的端子

端子编号	端子名称	端子说明
1	TP46	逆变器A制动电阻正极端子
2	TP47	逆变器A制动电阻负极端子

表2-10： 用于逆变器B部分上的制动电阻的端子

端子编号	端子名称	端子说明
1	TP51	逆变器B制动电阻正极端子
2	TP52	逆变器B制动电阻负极端子

© 2014 Microchip Technology Inc.

2.3.6 辅助电源输出连接器（J15和J16）

可通过连接器J15和J16分接各种辅助电源输出。表2-11给出了连接器J15上的辅助电源输出，表2-12给出了连接器J16上的电源输出。

表2-11： 辅助电源输出连接器（J15）

引脚编号	信号名称	信号说明
1	DGND	数字地
2	+5V	+5V数字电源输出
3	DVDD	+3.3V/+5V数字电源输出
4	AGND	模拟地
5	AVDD	+3.3V/+5V模拟电源输出

表2-12： +12V LDO（U11）输出连接器（J16）

引脚编号	信号名称	信号说明
1	+12V	LDO U11（L7812CD2T-TR）的+12V输出
2	PGND	电源地

2.3.7 MCP8024（U8）运算放大器接口连接器（J10、J11和J12）

带电源模块的三相BLDC电机栅极驱动器MCP8024具有三个内部运算放大器。这些放大器可配置为反相或同相，分别标记为U8-A、U8-B和U8-C。可通过连接器J10、J11和J12访问每一个放大器的输入和输出（见图A-1）。表2-13至表2-15分别给出了U8-A、U8-B和U8-C这三个栅极驱动放大器的输入和输出。

表2-13： 放大器U8-A输入和输出连接器（J12）

引脚编号	信号名称	信号说明
1	IN3+	U8-A放大器电路的同相输入
2	IN3-	U8-A放大器电路的反相输入
3	OUT3	U8-A放大器输出

表2-14： 放大器U8-B输入和输出连接器（J11）

引脚编号	信号名称	信号说明
1	IN2+	U8-B放大器电路的同相输入
2	IN2-	U8-B放大器电路的反相输入
3	OUT2	U8-B放大器输出

表2-15： 放大器U8-C输入和输出连接器（J10）

引脚编号	信号名称	信号说明
1	IN1-	U8-C放大器电路的反相输入
2	IN1+	U8-C放大器电路的同相输入
3	OUT1	U8-C放大器输出

默认情况下，U8-A、U8-B和U8-C放大器配置为同相缓冲器，同时其同相输入连接到VREF_EXT（放大器电源电压的一半）以获得低功耗。有关电路的详细信息，请参见图A-1。

© 2014 Microchip Technology Inc.

2.4 用户接口硬件

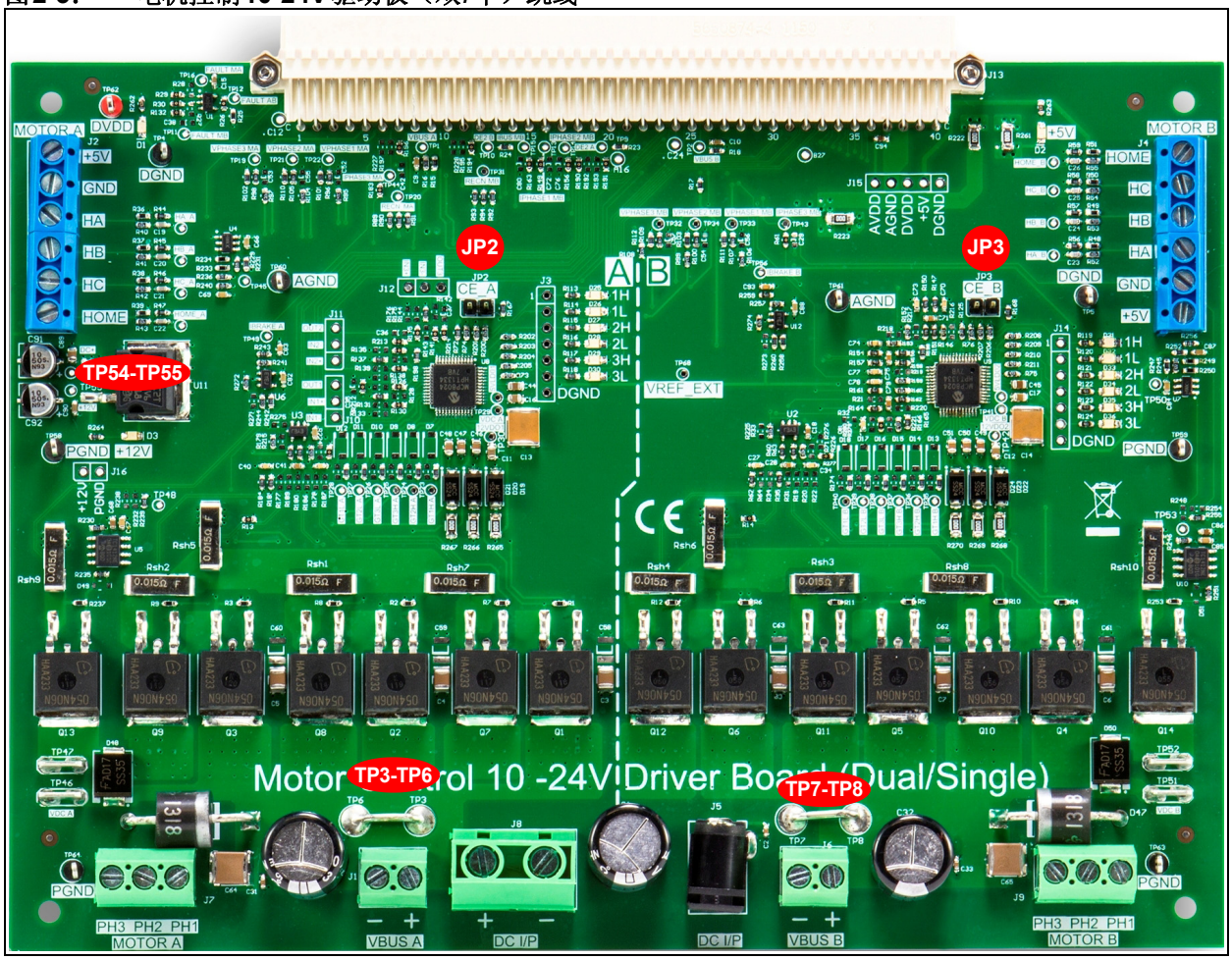
2.4.1 板上跳线

电机控制10-24V驱动板（双/单）具有三个电源跳线和两个信号跳线。表2-16给出了板上跳线。图2-3给出了跳线位置。

表2-16： 板上跳线

跳线标识	跳线说明
JP2	将栅极驱动器IC U8的芯片使能信号连接到+5VLDO1（CE_A = 高电平）来使能所有器件功能。
JP3	将栅极驱动器IC U9的芯片使能信号连接到+5VLDO2（CE_B = 高电平）来使能所有器件功能。
TP3-TP6	将电源信号DC+连接到逆变器A电路，此电路默认已安装元件且能承载15A的电流。
TP7-TP8	将电源信号DC+连接到逆变器B电路，此电路默认已安装元件且能承载15A的电流。
TP54-TP55	如果安装此跳线，+12V LDO（U11）输入和输出将被短路，从而旁路掉低压差LDO。

图2-3： 电机控制10-24V驱动板（双/单）跳线



2.4.2 板上LED指示

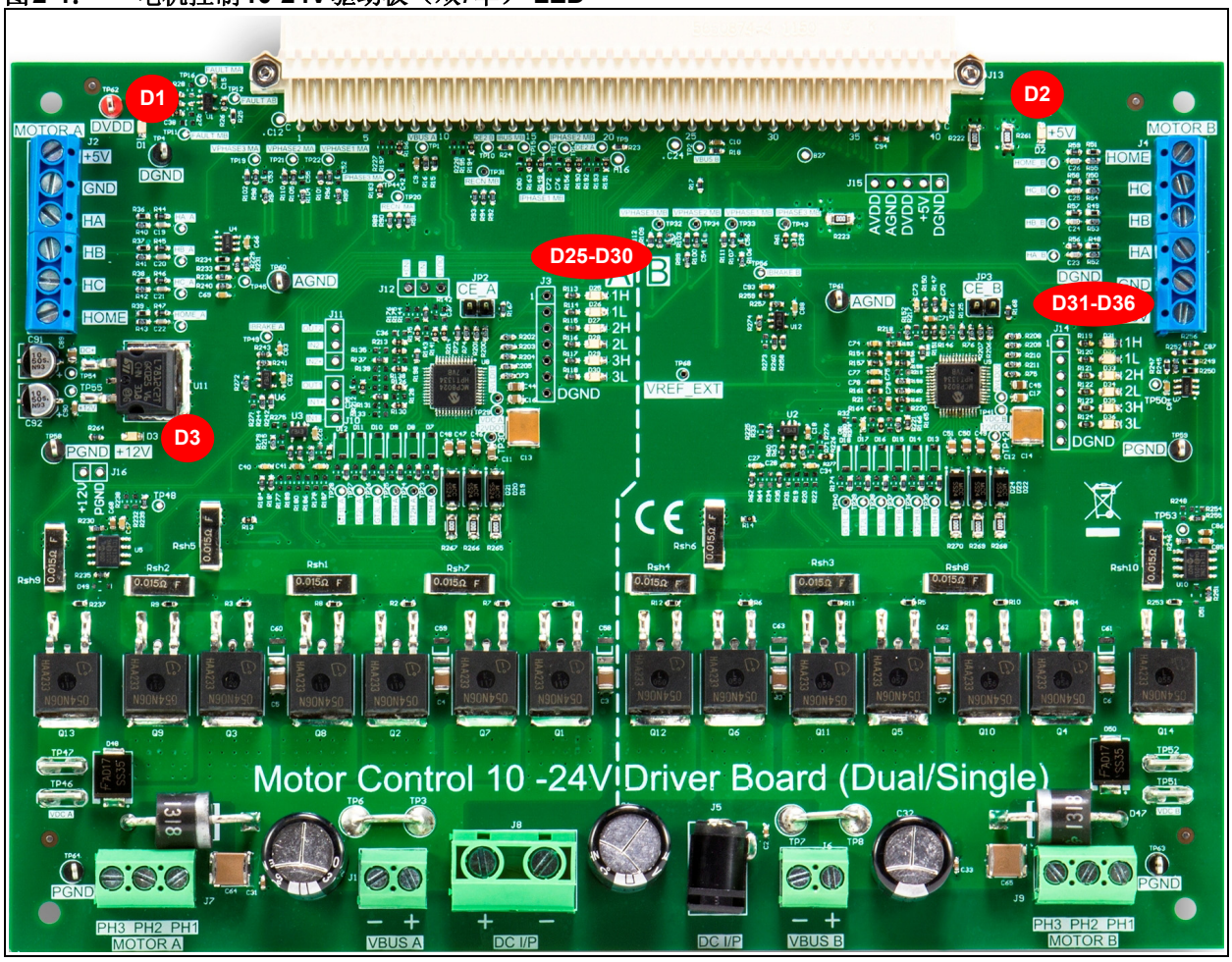
表2-17中列出了板上LED，图2-4显示了这些LED的位置。

表2-17： 板上LED

LED标识	LED指示
D1	来自信号板的辅助电源输出DVDD（+3.3V/+5V）的上电状态指示。
D2	来自信号板的辅助电源输出+5V的上电状态指示。
D3	板上+12V LDO（U11）输出的上电状态指示。
D25	指示逆变器A相1上桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D26	指示逆变器A相1下桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D27	指示逆变器A相2上桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D28	指示逆变器A相2下桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D29	指示逆变器A相3上桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D30	指示逆变器A相3下桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D31	指示逆变器B相1上桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D32	指示逆变器B相1下桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D33	指示逆变器B相2上桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D34	指示逆变器B相2下桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D35	指示逆变器B相3上桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。
D36	指示逆变器B相3下桥臂MOSFET控制的PWM引脚状态。

© 2014 Microchip Technology Inc.

图2-4： 电机控制10-24V驱动板（双/单） LED



2.4.3 板上测试点

电机控制10-24V驱动板（双/单）上提供了多个测试点，用于探测电压、电流和信号。表2-18给出了电路板上的所有测试点。

表2-18： 板上测试点

测试点编号	测试点名称	说明
TP1	VBUS_A	逆变器A的直流母线反馈
TP2	VBUS_B	逆变器B的直流母线反馈
TP4	DGND	数字地
TP5	DGND	数字地
TP9	DE2_A	MCP8024 U8的DE2通信链路
TP10	DE2_B	MCP8024 U9的DE2通信链路
TP11	FAULT_MB	发送到信号板上的单片机的逆变器B母线电流故障输出
TP12	FAULT_AB	故障生成逻辑电路生成的逆变器A和逆变器B组合故障输出
TP13	IPHASE1_MB	逆变器B相1电流反馈
TP14	IPHASE2_MB	逆变器B相2电流反馈
TP15	IBUS_MB	逆变器B母线电流反馈
TP16	FAULT_MA	来自信号板的逆变器A母线电流故障输出
TP17	5VLDO1	栅极驱动器MCP8024 U8的内部+5V LDO稳压器的输出
TP18	5VLDO2	栅极驱动器MCP8024 U9的内部+5V LDO稳压器的输出
TP19	VPHASE3_MA	电机A的相3 BEMF电压反馈
TP20	RECN_MA	电机A的重构中性点反馈
TP21	VPHASE2_MA	电机A的相2 BEMF电压反馈
TP22	VPHASE1_MA	电机A的相1 BEMF电压反馈
TP23	GT1H_A	用于逆变器A相1上桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP24	GT2H_A	用于逆变器A相2上桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP25	GT3H_A	用于逆变器A相3上桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP26	GT3L_A	用于逆变器A相3下桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP27	GT2L_A	用于逆变器A相2下桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP28	GT1L_A	用于逆变器A相1下桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP29	VDC_A	逆变器A的直流母线电压
TP30	12VLDO1	栅极驱动器MCP8024 U8的内部+12V LDO稳压器的输出
TP31	RECN_MB	电机B的重构中性点反馈
TP32	VPHASE3_MB	电机B的相3 BEMF电压反馈

注 1： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V

2： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65V或+2.5V

© 2014 Microchip Technology Inc.

表2-18： 板上测试点（续）

测试点编号	测试点名称	说明
TP33	VPHASE1_MB	电机B的相1 BEMF电压反馈
TP34	VPHASE2_MB	电机B的相2 BEMF电压反馈
TP35	GT1H_B	用于逆变器B相1上桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP36	GT2H_B	用于逆变器B相2上桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP37	GT3H_B	用于逆变器B相3上桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP38	GT3L_B	用于逆变器B相3下桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP39	GT2L_B	用于逆变器B相2下桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP40	GT1L_B	用于逆变器B相1下桥臂MOSFET控制的驱动器栅极信号
TP41	VDC_B	逆变器B的直流母线电压
TP42	12VLDO2	栅极驱动器MCP8024 U8的内部+12V LDO稳压器的输出
TP43	IPHASE3_MB	逆变器B相3电流反馈
TP44	IPHASE3_MA	逆变器A相3电流反馈
TP45	—	比较器U4的参考电压输出
TP48	—	制动开关驱动器U5的制动使能输入
TP49	IBRAKE_A	制动电路A电流检测放大器输出
TP50	—	比较器U7的参考电压输出
TP53	—	制动开关驱动器U10的制动使能输入
TP54	DC+	直流电源（10V-24V）
TP55	+12V	板上+12V LDO（U11）稳压器输出
TP56	IBRAKE_B	制动电路B电流检测放大器输出
TP58	PGND	电源地
TP59	PGND	电源地
TP60	AGND	模拟地
TP61	AGND	模拟地
TP62	DVDD	来自信号板的+3.3V或5V数字电源(1)
TP63	PGND	电源地
TP64	PGND	电源地
TP68	VREF_EXT	用于使运放输出偏移的+1.65V/+2.5V参考电压(2)
J3-1	PWM1H_A	用于逆变器A相1上桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J3-2	PWM1L_A	用于逆变器A相1下桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J3-3	PWM2H_A	用于逆变器A相2上桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J3-4	PWM2L_A	用于逆变器A相2下桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入

注 1： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DVDD电压配置为+3.3V或+5V

2： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65V或+2.5V

表2-18： 板上测试点（续）

测试点编号	测试点名称	说明
J3-5	PWM3H_A	用于逆变器A相3上桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J3-6	PWM3L_A	用于逆变器A相3下桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J3-7	DGND	数字地
J14-1	PWM1H_B	用于逆变器B相1上桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J14-2	PWM1L_B	用于逆变器B相1下桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J14-3	PWM2H_B	用于逆变器B相2上桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J14-4	PWM2L_B	用于逆变器B相2下桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J14-5	PWM3H_B	用于逆变器B相3上桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J14-6	PWM3L_B	用于逆变器B相3下桥臂MOSFET控制的驱动器的PWM输入
J14-7	DGND	数字地
HA_A	HALLA_MA	电机A的霍尔传感器A/QEA反馈
HB_A	HALLB_MA	电机A的霍尔传感器B/QEB反馈
HC_A	HALLC_MA	电机A的霍尔传感器C/INDEX反馈
HOME_A	HOME_MA	电机A的QEI归位信号
HA_B	HALLA_MB	电机B的霍尔传感器A/QEA反馈
HB_B	HALLB_MB	电机B的霍尔传感器B/QEB反馈
HC_B	HALLC_MB	电机B的霍尔传感器C/INDEX反馈
HOME_B	HOME_MB	电机B的QEI归位信号

注 1： 在dsPIC® DSC信号板上，通过插入PIM可将DV_{DD}电压配置为+3.3V或+5V

2： 在dsPIC DSC信号板上，通过插入PIM可将VREF_EXT电压配置为+1.65V或+2.5V

© 2014 Microchip Technology Inc.

第3章 硬件说明

3.1 简介

本章提供了电机控制10-24V驱动板（双/单）的硬件功能的更详细说明。

电机控制10-24V驱动板（双/单）是一款具有三相逆变器级的双电机控制功率板，可以连接dsPIC® DSC信号板。此驱动板支持基于Microchip控制器的PMSM/BLDC电机控制应用开发。电机控制10-24V驱动板（双/单）还具有带电源模块的三相无刷直流（BLDC）电机栅极驱动器MCP8024，这款驱动器属于Microchip的产品组合。此驱动板上内置电机控制算法、位置反馈接口以及电流和电压检测电路，能够简化各种PMSM/BLDC电机的开发。此板上还集成有两个动态制动电路级。

逆变器A和逆变器B均可在10-24V范围内的输入电压下工作，并且能够在指定工作范围内提供10A（RMS）的连续输出相电流。此外，动态制动电路还可处理10A连续电流，而不会超出指定工作条件。

注：	可以使用符号A和B来指代逆变器A、逆变器B及其相关电路。

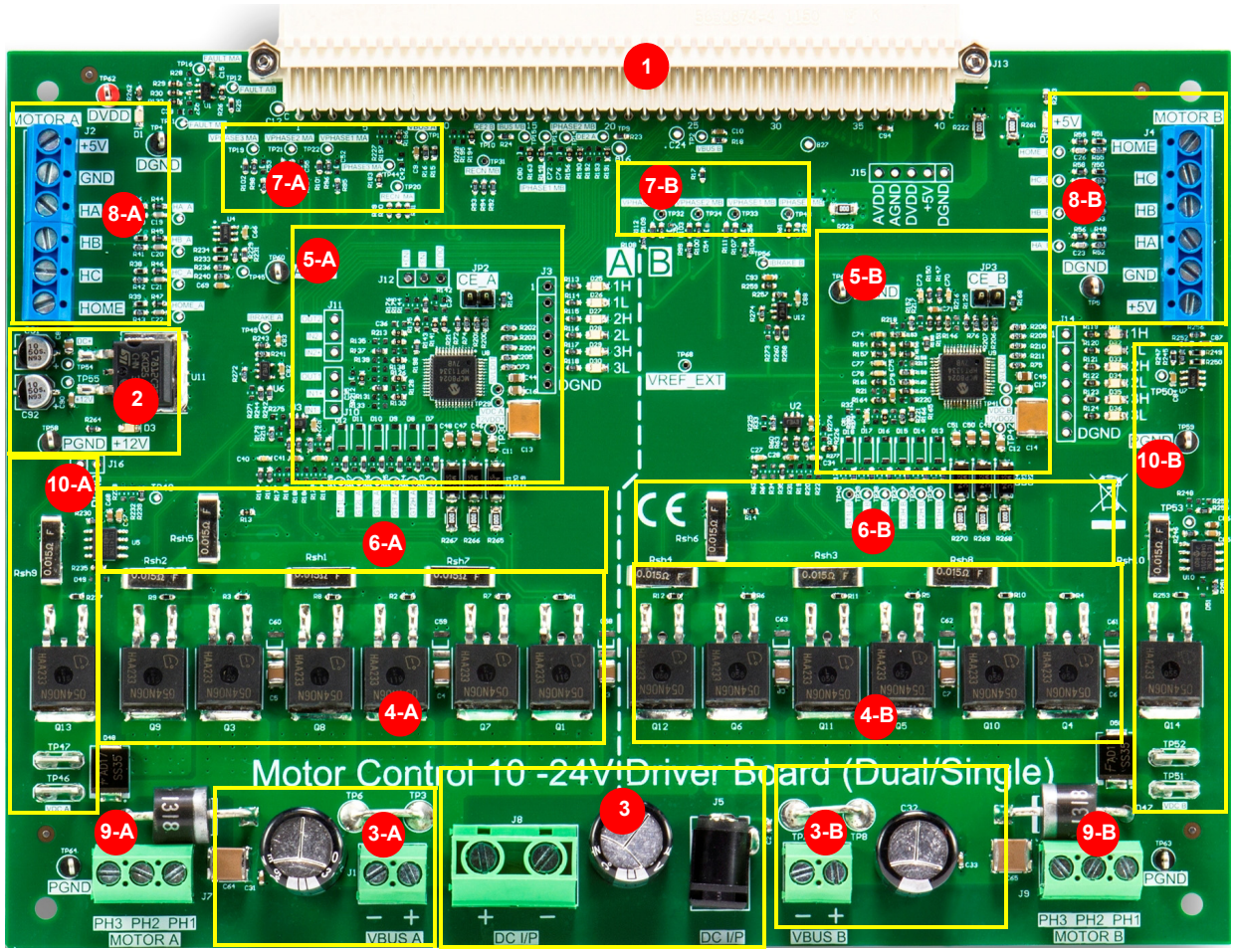
3.2 重点

本章涵盖以下硬件部分：

- 三相逆变桥和栅极驱动器
- 直流母线电压检测
- 霍尔传感器/正交编码器接口
- 反电动势和重构的中性点信号
- 相电流和母线电流检测电路
- 故障生成逻辑电路
- 制动电路
- 电源

电机控制10-24V驱动板（双/单）的硬件部分如图3-1所示。

图3-1：　电机控制10-24V驱动板硬件部分



图注：

1	dsPIC® DSC信号板接口连接器	2	+12V LDO电路
3	输入电源	4	三相逆变桥A和B
5	栅极驱动器电路	6	电流检测电阻
7	反电动势检测电路	8	霍尔传感器/QE接口电路
9	电机连接器	10	动态制动电路

注：　A和B指示与各硬件模块相关的逆变器部分。

© 2014 Microchip Technology Inc.

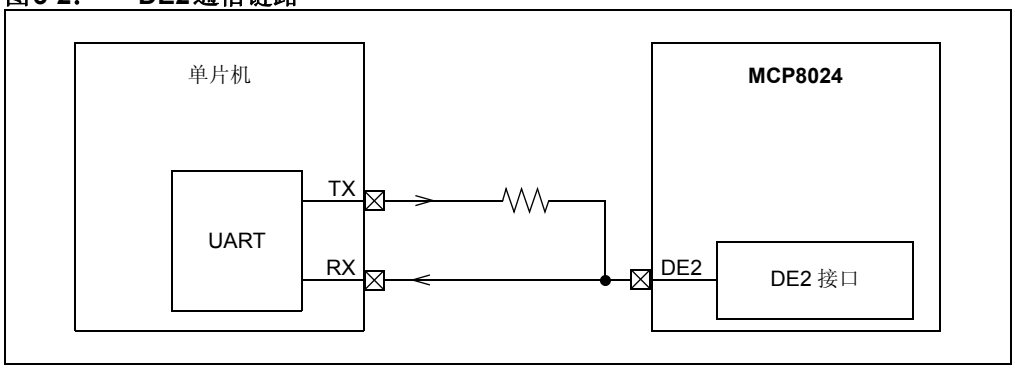
3.3 三相逆变桥和栅极驱动器

三相电机功率级通过将配置为3个半桥的6个N沟道MOSFET（IPB054N06N3 G）实现。每个MOSFET的栅极和源极之间均连接一个电阻，以确保在断开栅极信号时软关断MOSFET。每个半桥两端都并联有低ESR陶瓷电容，用于滤除因开关操作产生的高频电流。每个逆变器电源与地之间都连有瞬态电压抑制器，用于防止逆变器和驱动器出现电压瞬变。

MOSFET栅极驱动器的上桥臂和下桥臂使用Microchip的带电源模块的三相BLDC电机栅极驱动器MCP8024。栅极驱动器输入兼容3.3V。MCP8024可为逆变桥提供欠压、过压、直通和短路保护。此外，它还集成有3个放大器和1个过压比较器，并提供DE2通信（半双工，9600波特率，8位，无奇偶校验，单线通信链路），用于驱动器故障状态指示、驱动器配置和设置参数，例如死区、消隐时间和过流阈值等。

可通过UART控制器模块在单片机与MCP8024之间建立DE2通信链路，方法是将UART的接收和发送引脚与栅极驱动器的单线DE2通信链路相连，如图3-2所示。

图3-2： DE2通信链路



带电源模块的三相BLDC电机栅极驱动器MCP8024还集成有+5V和+12V LDO稳压器，能够提供最高达20 mA的电流。MCP8024的+12V LDO输出用于为驱动上桥臂MOSFET所用芯片上的自举电路供电。+5V LDO输出用于为板上的放大器电路供电。另外，还为所有驱动器输入添加了下拉电阻，以便在没有PWM信号时关断MOSFET。有关MCP8024的更多信息，请参见*“3-Phase Brushless DC (BLDC) Motor Gate Driver with Power Module”*（DS20005228）数据手册。

3.4 直流母线电压检测

在电机控制10-24V驱动板（双/单）上，逆变器A和逆变器B部分中均存在直流母线电压检测网络。这两个逆变器可由不同的输入电源供电。

3.5 霍尔传感器/正交编码器接口

BLDC/PMSM电机控制应用可从霍尔传感器或编码器中读取转子的位置和速度信息。霍尔传感器可由通过接口连接器端子提供的+5V电源输出供电。霍尔传感器/正交编码器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。每个信号输出都添加了电容，用于降低噪声。霍尔传感器输出可以与+3.3V或+5V单片机接口。默认情况下，分压器将+5V输出降至+3.3V。如果传感器输出与+5V单片机接口，且控制器输入引脚的VIH低于3.3V，则必须修改分压器以提供+5V输出。表3-1和表3-2提供了用于设置传感器输出电压的电路配置。

表3-1： 霍尔传感器/正交编码器接口电路A的输出电压设置

信号说明	用于设置信号输出电压的电阻值	
	3.3V（默认设置）	**5V**
HALLA_MA （来自电机A的霍尔传感器A/QEA反馈）	R40 47 kΩ	R40 0Ω
HALLB_MA （来自电机A的霍尔传感器B/QEB反馈）	R41 47 kΩ	R41 0Ω
HALLC_MA （来自电机A的霍尔传感器C/INDEX反馈）	R42 47 kΩ	R42 0Ω
HOME_MA （来自电机A的QEI归位信号）	R43 47 kΩ	R43 0Ω

表3-2： 霍尔传感器/正交编码器接口电路B的输出电压设置

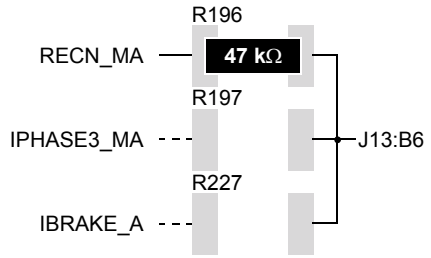
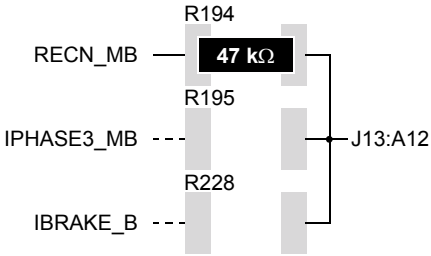
信号说明	用于设置信号输出电压的电阻值	
	3.3V（默认设置）	**5V**
HALLA_MB （来自电机B的霍尔传感器A/QEA反馈）	R52 47 kΩ	R52 0Ω
HALLB_MB （来自电机B的霍尔传感器B/QEB反馈）	R53 47 kΩ	R53 0Ω
HALLC_MB （来自电机B的霍尔传感器C/INDEX反馈）	R54 47 kΩ	R54 0Ω
HOME_MB （来自电机B的QEI归位信号）	R55 47 kΩ	R55 0Ω

© 2014 Microchip Technology Inc.

3.6 反电动势和重构的中性点信号

可通过监视反电动势信号来对BLDC电机进行换相。可通过分压器降低电机的反电动势。可在分压器输出上添加电容来滤除噪声。添加附加电阻网络来重构电机中性点信号。重构的中性点信号RECN_MA和RECN_MB通过0Ω电阻连接到J13连接器引脚（板默认设置）。两个逆变器部分的反电动势检测电路相同。表3-3提供了用于将重构的中性点输出连接到J13连接器引脚的电阻跳线设置。

表3-3： 用于重构的中性点输出选择的电阻跳线设置

信号说明	0Ω电阻跳线设置
RECN_MA至J13:B6 将RECN_MA（重构的中性点输出）连接到信号板接口连接器J13的B6引脚。	
RECN_MB至J13:A12 将RECN_MB（重构的中性点输出）连接到信号板接口连接器J13的A12引脚。	

3.7 相电流和母线电流检测电路

在电机控制10-24V驱动板（双/单）中，每个逆变器桥臂上均提供电流检测电阻，用于确定对PMSM实现磁场定向控制所需的电机各相中流过的电流大小。

此外还提供用于检测母线电流的附加电流检测电阻。直流母线电流信息对于过流保护以及对BLDC电机实现转矩控制是必需的。此外，还可利用此信息来重构电机相电流，方法是在PWM开关周期中适当对电流进行采样。

同相差分放大器用于放大电流检测电阻两端的压降。此放大器输出电压的偏移量为VREF_EXT，允许电流上下波动。可通过母线电流放大器同相输入中提供的电阻分压器修改电压偏移量。运放输入引脚上添加了用于滤除噪声的共模和差模滤波器。可根据需要在放大器输出端添加滤波器。有关板上放大器增益设置和输入滤波器的详细信息，请参见第C.3部分“电机电流放大器配置”。

> 注： 在dsPIC DSC信号板上，可通过插入PIM将VREF_EXT电压配置为+1.65V或+2.5V。

3.7.1 逆变器A电流放大器

如图3-3所示，相1、相2和母线电流检测电阻的压降通过连接器J13传送到dsPIC DSC信号板。在dsPIC DSC信号板上，dsPIC DSC内部的放大器用于放大相1、相2和母线的电流信号。dsPIC DSC内部的比较器用于过流检测。更多信息，请参见*“dsPIC® DSC Signal Board User’s Guide”*（DS50002263）。有关dsPIC DSC内部放大器增益设置的信息，请参见*“dsPIC33EV256GM106 5V Motor Control Plug-In Module (PIM) Information Sheet”*（DS50002225）和*“dsPIC33EP512GM710 Plug-In Module (PIM) Information Sheet for Single-Dual Motor Control”*（DS50002216）。关于将来的接插模块（PIM）信息手册，请访问Microchip网站（www.microchip.com）。

相3电流可通过逆变器A部分提供的运算放大器MCP6021进行放大。通过安装适当的输入电阻还可将此放大器配置为检测任意相电流或母线电流。此放大器的输出可通过0Ω跳线电阻连接到J13引脚。表3-4提供了电阻跳线设置。

3.7.2 逆变器B电流放大器

如图3-4所示，MCP8024内部的运算放大器U9-A、U9-B和U9-C分别用于放大相1、相2和母线的电流。MCP8024 的 IOUT1 还连接到内部过流比较器，并在驱动器的ILIMIT_OUT引脚上生成故障输出。电机控制10-24V驱动板（双/单）利用此驱动器功能来生成逆变器B过流故障FAULT_MB。通过安装适当的输入电阻，可将MCP8024的放大器U9-C（见图A-1）配置为检测相3的电流（而非直流母线电流）。

此外还添加了用于放大相3电流的运算放大器MCP6021。通过安装适当的输入电阻，可将此放大器配置为检测任意相电流或母线电流。此放大器的输出可通过0Ω跳线电阻连接到J13引脚。表3-5提供了电阻跳线设置。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表3-4： 用于逆变器A相3电流输出选择的电阻跳线

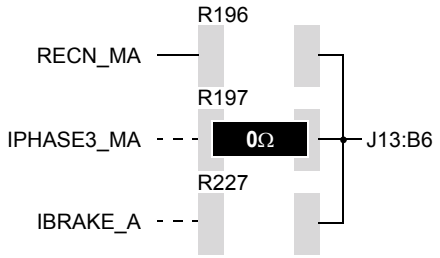
信号说明	0Ω电阻跳线设置
IPHASE3_MA至J13:B6 将IPHASE3_MA（相电流检测放大器U3的输出）连接到信号板接口连接器J13的B6引脚。	

表3-5： 用于逆变器B相3电流输出选择的电阻跳线

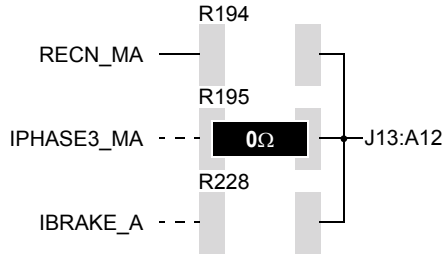
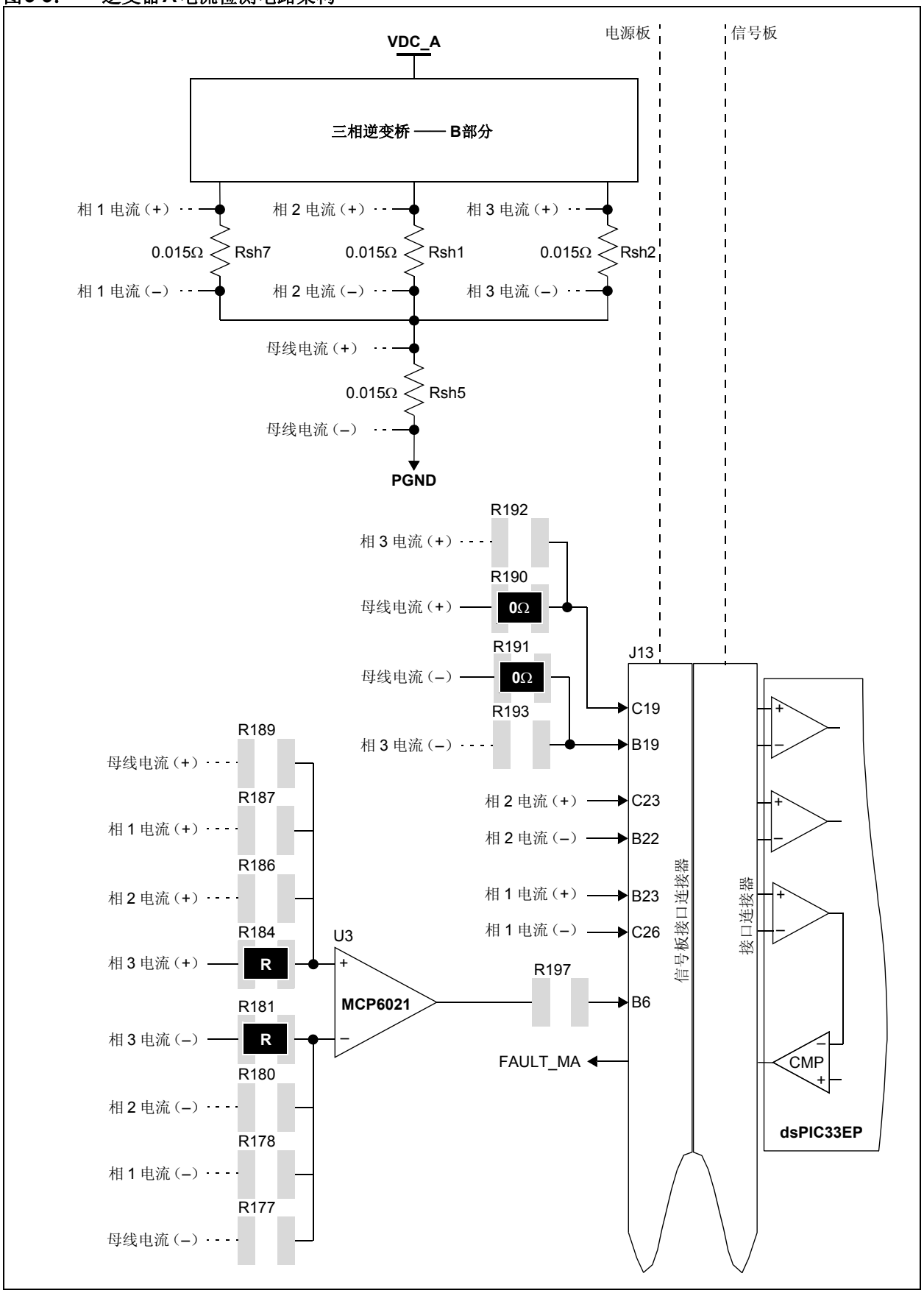
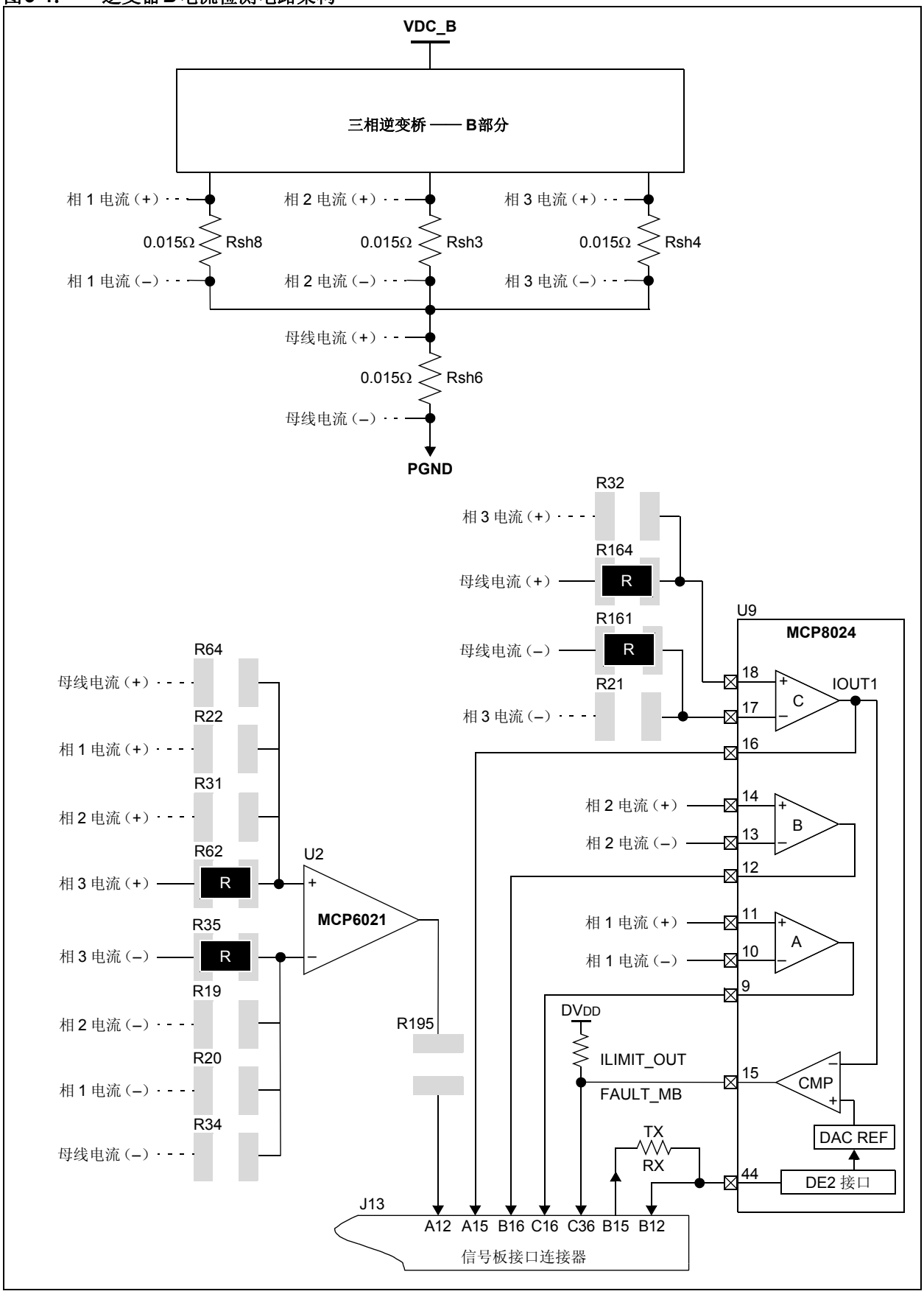
信号说明	0Ω电阻跳线设置
IPHASE3_MB至J13:A12 将IPHASE3_MB（相电流检测放大器U2的输出）连接到信号板接口连接器J13的A12引脚。	

图3-3： 逆变器A电流检测电路架构



© 2014 Microchip Technology Inc.

图3-4： 逆变器B电流检测电路架构



3.8 故障生成逻辑电路

本节介绍电机控制10-24V驱动板（双/单）上的故障输出。共有三种故障输出：逆变器 A 过流故障（FAULT_MA）、逆变器 B 过流故障（FAULT_MB）和组合故障（Fault_AB）。所有故障均为低电平有效输出。

3.8.1 逆变器A过流故障（FAULT_MA）

逆变器A过流故障输出FAULT_MA在dsPIC DSC信号板上生成，并通过连接器J13传送到电机控制10-24V驱动板（双/单）。在dsPIC DSC信号板上，dsPIC DSC内部的比较器用于生成过流故障FAULT_MA。

3.8.2 逆变器B过流故障（FAULT_MB）

逆变器B过流故障FAULT_MB由栅极驱动器MCP8024（U9）内部的比较器生成。配置为放大母线电流的运算放大器（U9-C）的输出从内部连接到比较器的反相输入。通过DE2通信链路将SET_ILIMIT命令从单片机传送到MCP8024，可设置比较器同相输入的阈值。有关DE2通信和消息协议的更多信息，请参见 *“3-Phase Brushless DC (BLDC) Motor Gate Driver with Power Module”*（DS20005228A）数据手册。

3.8.3 组合故障（FAULT_AB）

故障生成电路通过对过流故障FAULT_MA和FAULT_MB执行逻辑与运算来生成单个故障输出FAULT_AB。表3-6提供了故障生成逻辑电路的真值表。

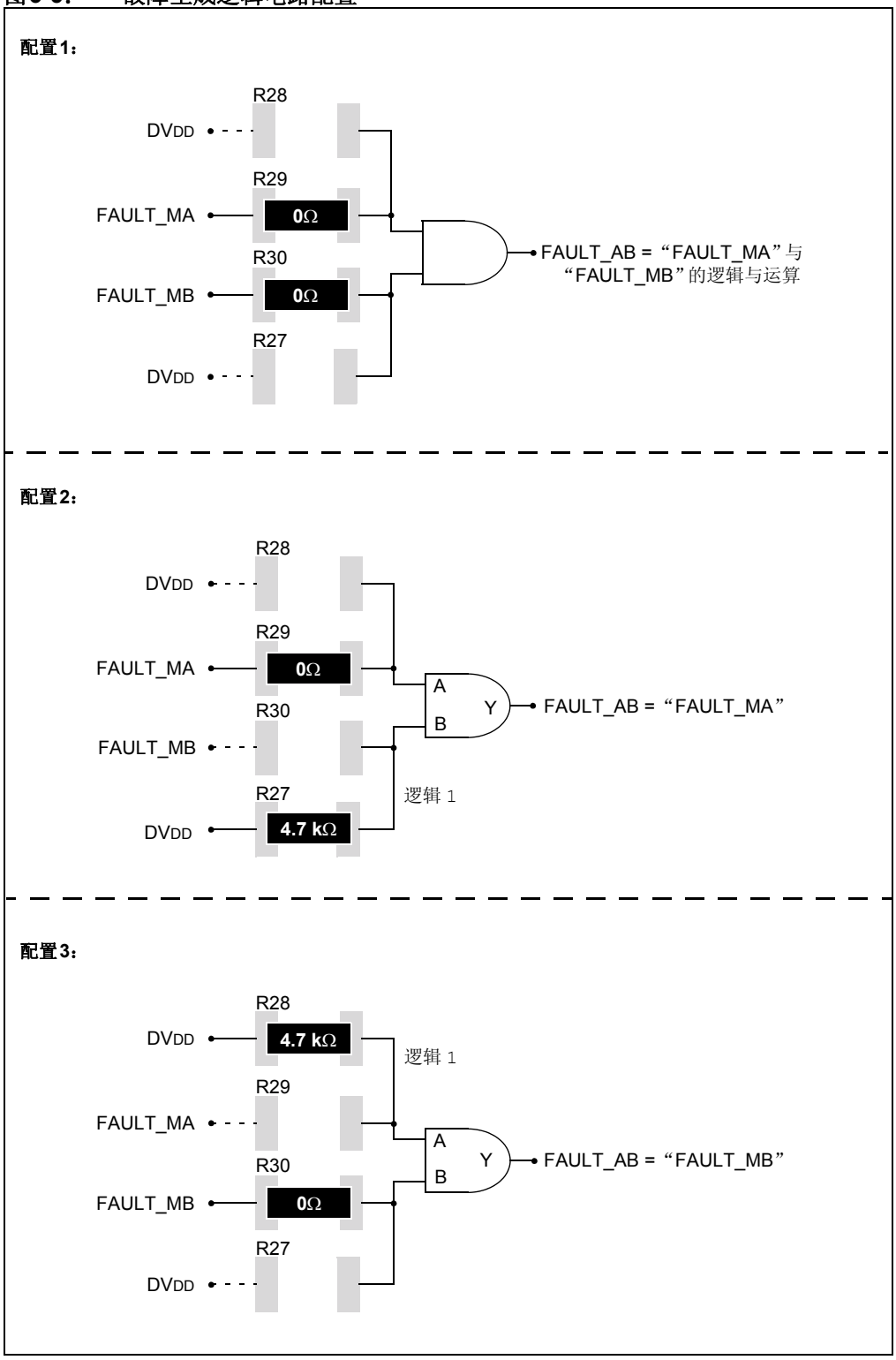
表3-6： 故障生成逻辑真值表

FAULT_MA	FAULT_MB	FAULT_AB
0	0	0
0	1	0
0	1	0
1	1	1

可通过将其他输入置为逻辑1将故障输入FAULT_MA或FAULT_MB传送到故障逻辑电路输出FAULT_AB。图3-5给出了故障生成逻辑的三种可能配置。

© 2014 Microchip Technology Inc.

图3-5： 故障生成逻辑电路配置



3.9 制动电路

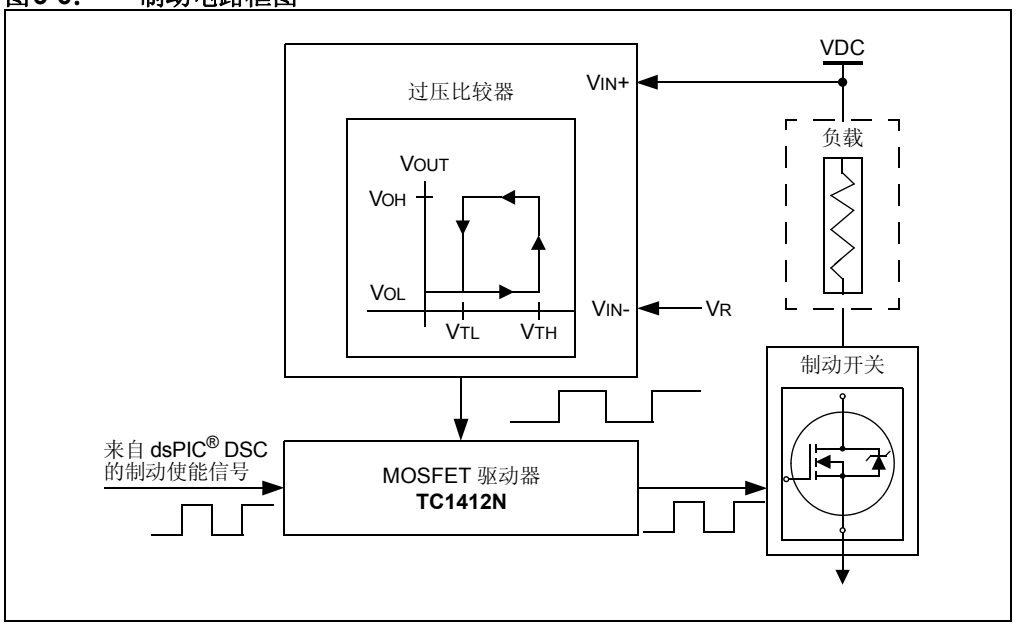
在电机控制应用的减速或迅速反转期间，电机可作为发电机将能量反馈到电机驱动电路中。当电机驱动电路不提供四象限运行且制动能量未耗散时，直流链路电压将升高并导致过压状况。再生或制动期间，可利用动态制动电路（制动开关与连接在直流母线上的制动电阻串联）来吸收这部分多余能量，从而确保直流链路电压维持在安全工作范围内。

在电机控制10-24V驱动板（双/单）中，为两个逆变器均提供了动态制动电路。根据应用要求，用户可通过板上端子向各制动电路添加制动电阻。制动电阻两端并联了一个二极管，用于对制动电阻的电感产生的电流进行续流。

在+25°C时，制动开关可在工作电压范围内处理10A（RMS）电流。选择电阻值的依据是峰值直流母线电压下的电流不得超过10A。

默认情况下，通过连接为MOSFET驱动器TC1412N的输入的下拉电阻来禁止制动斩波电路。制动开关可通过带迟滞功能的硬件过压检测比较器或软件制动使能信号进行控制。图3-6给出了制动电路框图。表3-7提供了用于选择制动使能信号的电阻。

图3-6： 制动电路框图



© 2014 Microchip Technology Inc.

表3-7： 制动使能信号配置电阻

制动电路	制动使能信号		
	硬件制动使能	固件制动使能	禁止制动电路（默认设置）
制动电路（A）	R232 0Ω R238 R239	R232 R238 0Ω R239	R232 R238 R239 10 kΩ
制动电路（B）	R248 0Ω R254 R255	R248 R254 0Ω R255	R248 R254 R255 10 kΩ

3.9.1 固件制动使能信号（BRAKE_EN_A或BRAKE_EN_B）

用户固件必须监视直流母线电压，以便在电压超出预定义阈值时激活制动使能信号，并在电压达到安全的逆变器工作电压时关闭制动使能信号。可在适当频率下对固件制动使能信号进行脉宽调制以实现制动开关控制。dsPIC DSC输出比较模块可用于生成PWM来控制制动开关。

3.9.2 硬件制动使能电路

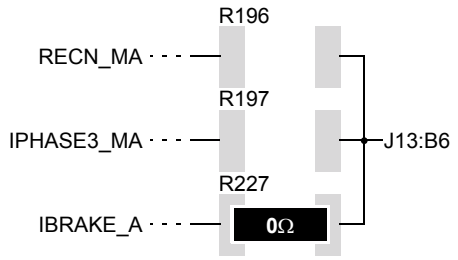
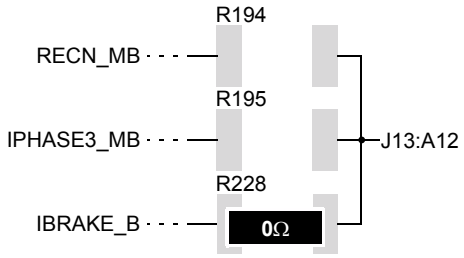
板上提供同相比较器电路MCP65R41，可在没有固件干预的情况下生成硬件制动使能信号并实现动态制动控制。另外还提供用于监视母线电压的分压器电路。直流母线分压器的输出馈入比较器的同相输入。比较器的反相输入通过对2.4V比较器参考电压（VREF）输出分压生成。

迟滞确保不会因直流母线电压上的噪声尖峰和纹波电压而发生错误触发。比较器迟滞由外部电阻配置。由于元件容差和比较器工作电压的变化，跳变电压可能有所变化。关于比较器迟滞的计算公式，请参见第C.5部分“硬件制动使能电路配置”。

3.9.3 制动电流检测放大器

为检测制动电阻中流过的电流，添加了基于MCP6021器件的同相差分放大器。此外，还为制动开关串联了一个用于检测电流的电流检测电阻。电流检测电阻两端电压连接到差分放大器输入。有关制动电流放大器增益设置的信息，请参见**第C.4部分“制动电流放大器配置”**。通过配置电阻跳线，制动电流放大器输出可通过连接器J13连接到控制器的模拟引脚。表3-8给出了电阻跳线设置。

表3-8： 用于选择制动电流输出信号的电阻跳线

信号说明	0Ω电阻跳线设置
IBRAKE_A至J13:B6 将IBRAKE_A（制动电流检测放大器U6的输出）连接到信号板接口连接器J13的B6引脚。	
IBRAKE_B至J13:A12 将IBRAKE_B（制动电流检测放大器U12的输出）连接到信号板接口连接器J13的A12引脚。	

© 2014 Microchip Technology Inc.

3.10 电源

电源通过连接器J5或J8为电机控制10-24V驱动板（双/单）供电，并且可通过连接器J13为信号板提供相同的电压。

每个逆变桥及其相关电路均可独立供电，因此各功率级可在不同电压下工作。如果TP3-TP7之间的跳线断开，则逆变器A可由连接到连接器J1的电压源供电。同样，如果TP7-TP8之间的跳线断开，则逆变器B可由连接到连接器J6的不同电压源供电。有关配置的详细信息，请参见**第2.3.1部分“电源连接器（J5、J8、J1和J6）”**。

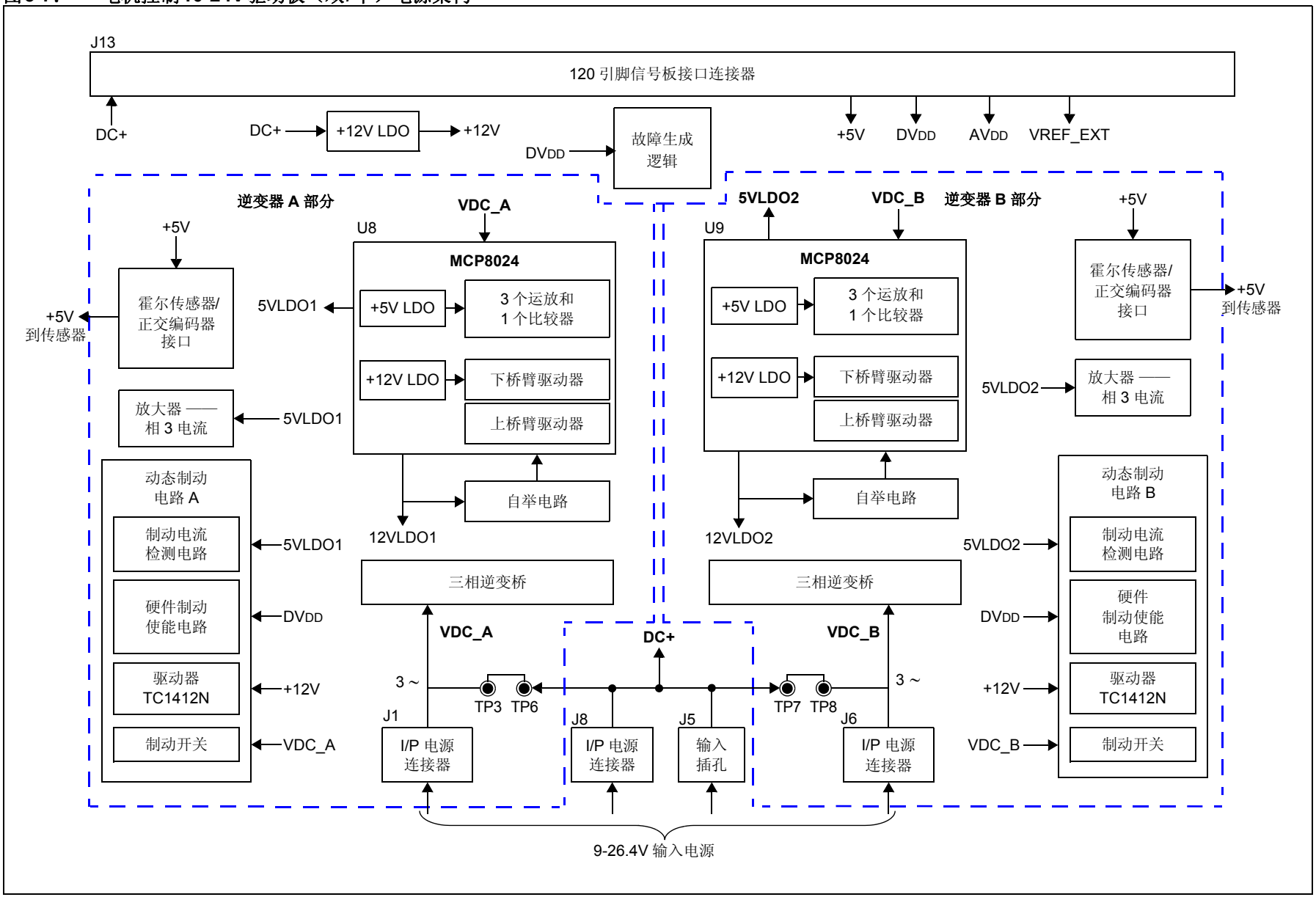
每个MCP8024栅极驱动器均由为其对应的逆变桥供电的电源来供电。用于偏置下桥臂栅极驱动器以及上桥臂栅极驱动器自举电路的电源通过MCP8024内部的+12V LDO进行稳压。栅极驱动器U8和U9内部的+5V LDO的输出分别为对应逆变器部分的运算放大器MCP6021供电。MCP8024内部的+5V和+12V低压差稳压器可提供最高达20 mA的电流。有关MCP8024内部的+5V或+12V LDO的规范以及自举电路要求的更多信息，请参见*“3-Phase Brushless DC (BLDC) Motor Gate Driver with Power Module”*（DS20005228）数据手册。

信号板提供+5V直流输出来为霍尔传感器或编码器供电，并通过连接器J13提供DVDD（+3.3V/+5V）来为过压检测比较器电路和硬件制动使能电路的故障生成逻辑供电。信号板还可通过连接器J13提供运算放大器输出偏移的参考电压（VREF_EXT）。

板上+12V LDO（U11）不但为MOSFET驱动器的TC1412N（U5和U10）电路供电，而且还通过连接器J16为外部电路供电。

图3-7给出了电机控制10-24V驱动板（双/单）电源架构。

图3-7： 电机控制10-24V驱动板（双/单）电源架构



© 2014 Microchip Technology Inc.

附录A 电路板原理图和布线图

A.1 简介

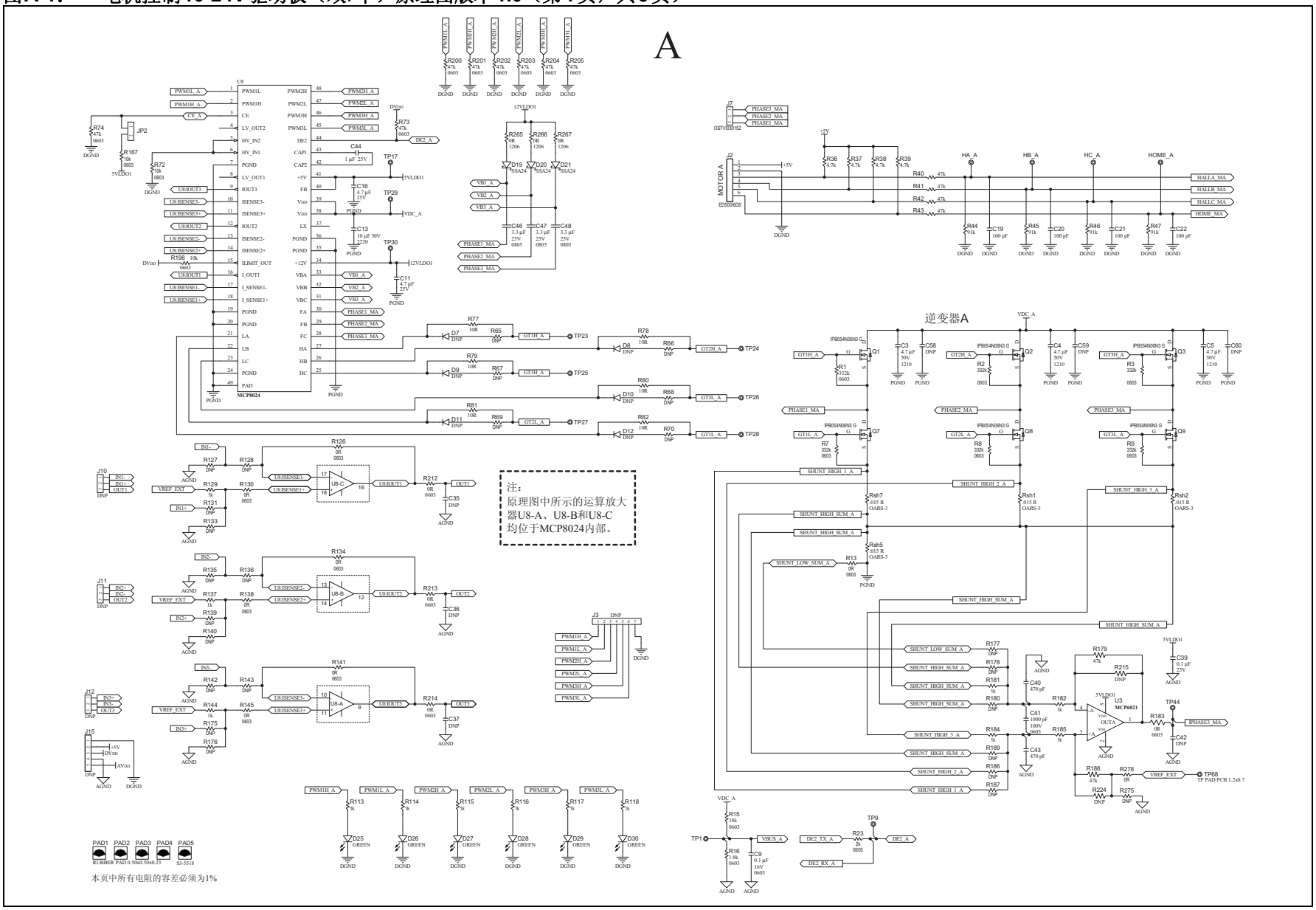
本章提供有关电机控制10-24V驱动板（双/单）的详细技术信息。

A.2 电路板原理图和布线图

下面是电机控制10-24V驱动板（双/单）的原理图：

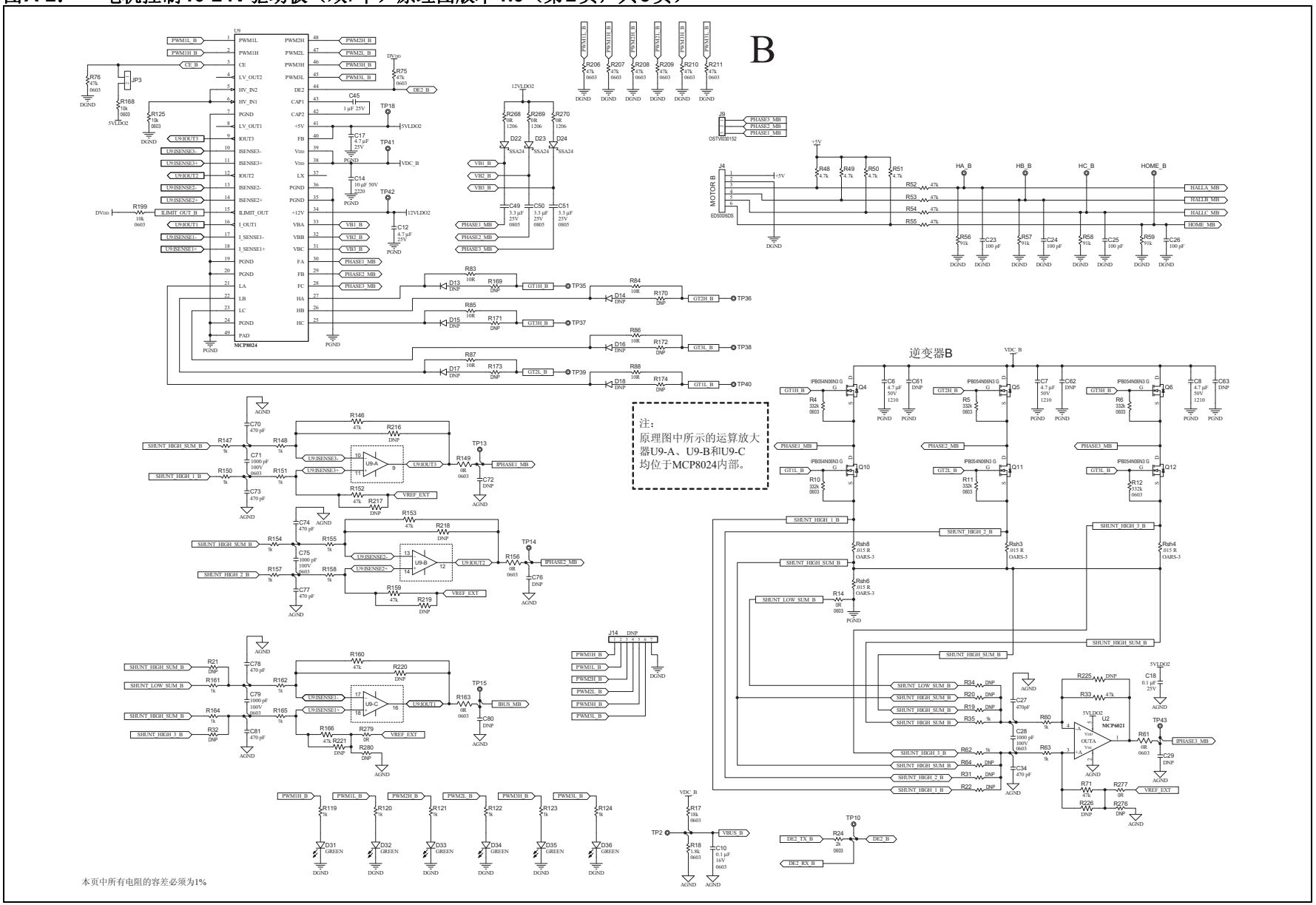
- 图A-1：电机控制10-24V驱动板（双/单）原理图（第1页，共3页）
- 图A-2：电机控制10-24V驱动板（双/单）原理图（第2页，共3页）
- 图A-3：电机控制10-24V驱动板（双/单）原理图（第3页，共3页）
- 图A-4：电机控制10-24V驱动板（双/单）布线图

图A-1：　电机控制10-24V驱动板（双/单）原理图版本1.0（第1页，共3页）



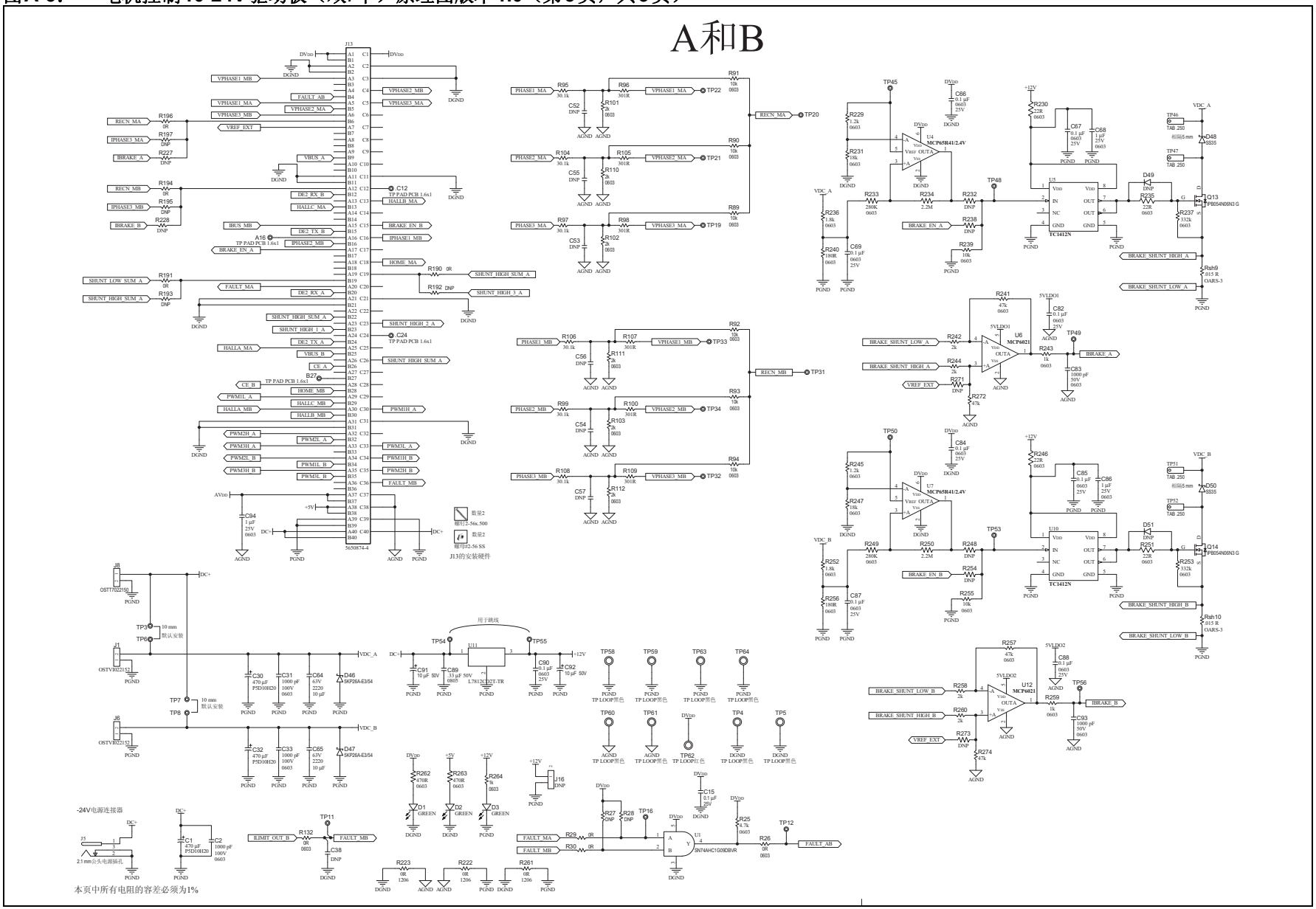
© 2014 Microchip Technology Inc.

图A-2： 电机控制10-24V驱动板（双/单）原理图版本1.0（第2页，共3页）



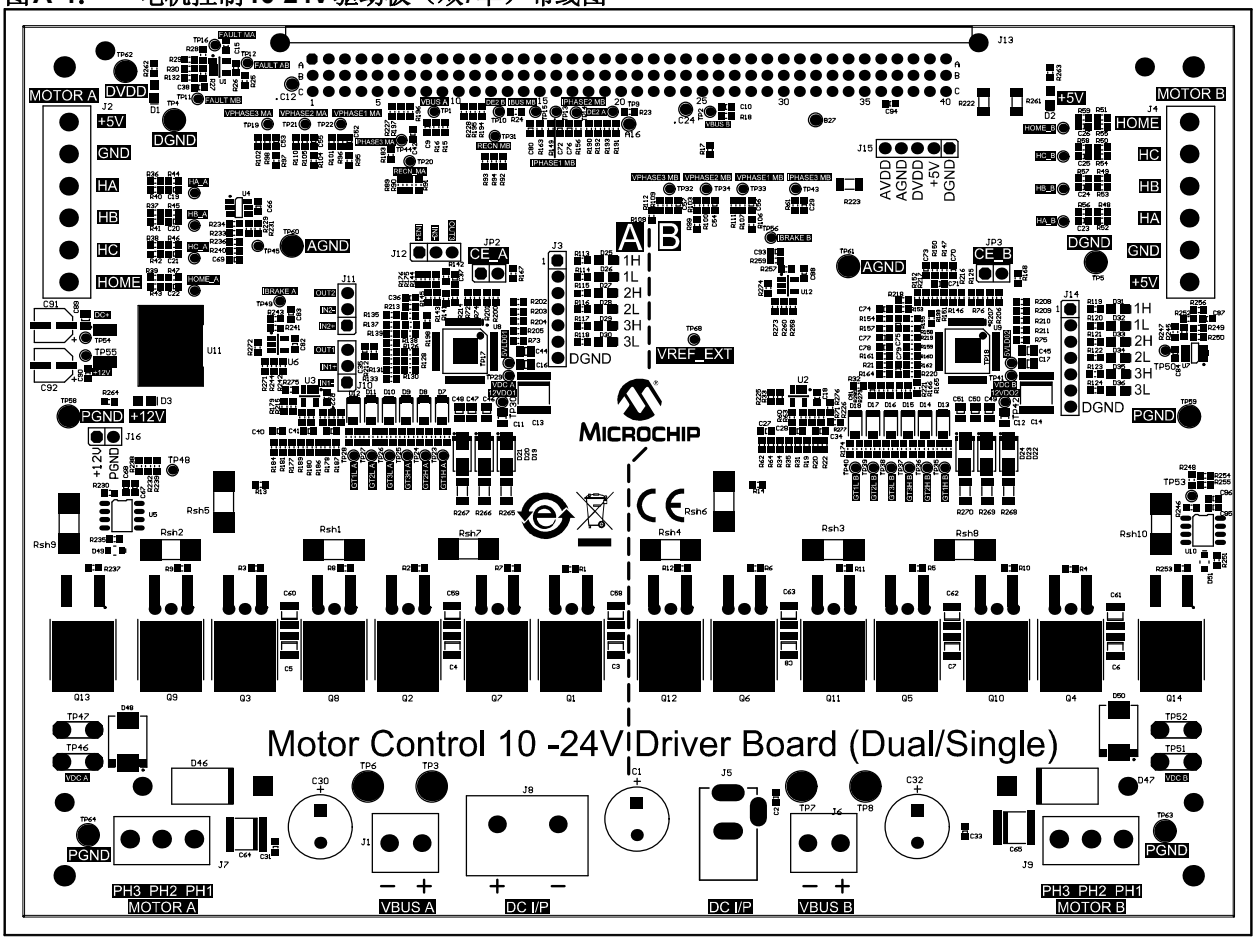
© 2014 Microchip Technology Inc.

图A-3：　电机控制10-24V驱动板（双/单）原理图版本1.0（第3页，共3页）



© 2014 Microchip Technology Inc.

图**A-4**： 电机控制**10-24V**驱动板（双/单）布线图



注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

附录B 电气规范

B.1 简介

本章提供电机控制10-24V驱动板（双/单）的电气规范（见表B-1）。

表B-1： 电气规范

参数	工作范围
输入直流电压	10-24V ±10%（9-26.4V）
通过连接器J5的最大输入电流	2.5A
通过连接器J8的最大输入电流	30A
通过连接器J1或J6的最大输入电流	15A
+25°C下每相的连续输出电流	10A（RMS）
+25°C下的制动开关连续电流	10A（RMS）

在环境温度下（+25°C），当工作在额定电压及最高10A（RMS）的连续输出电流下时，电路板可保持在工作温度范围内。

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

附录C 元件选择

C.1 简介

本章提供有关电机电流放大器、制动电流放大器和硬件制动使能电路的元件选择的详细信息。

C.2 重点

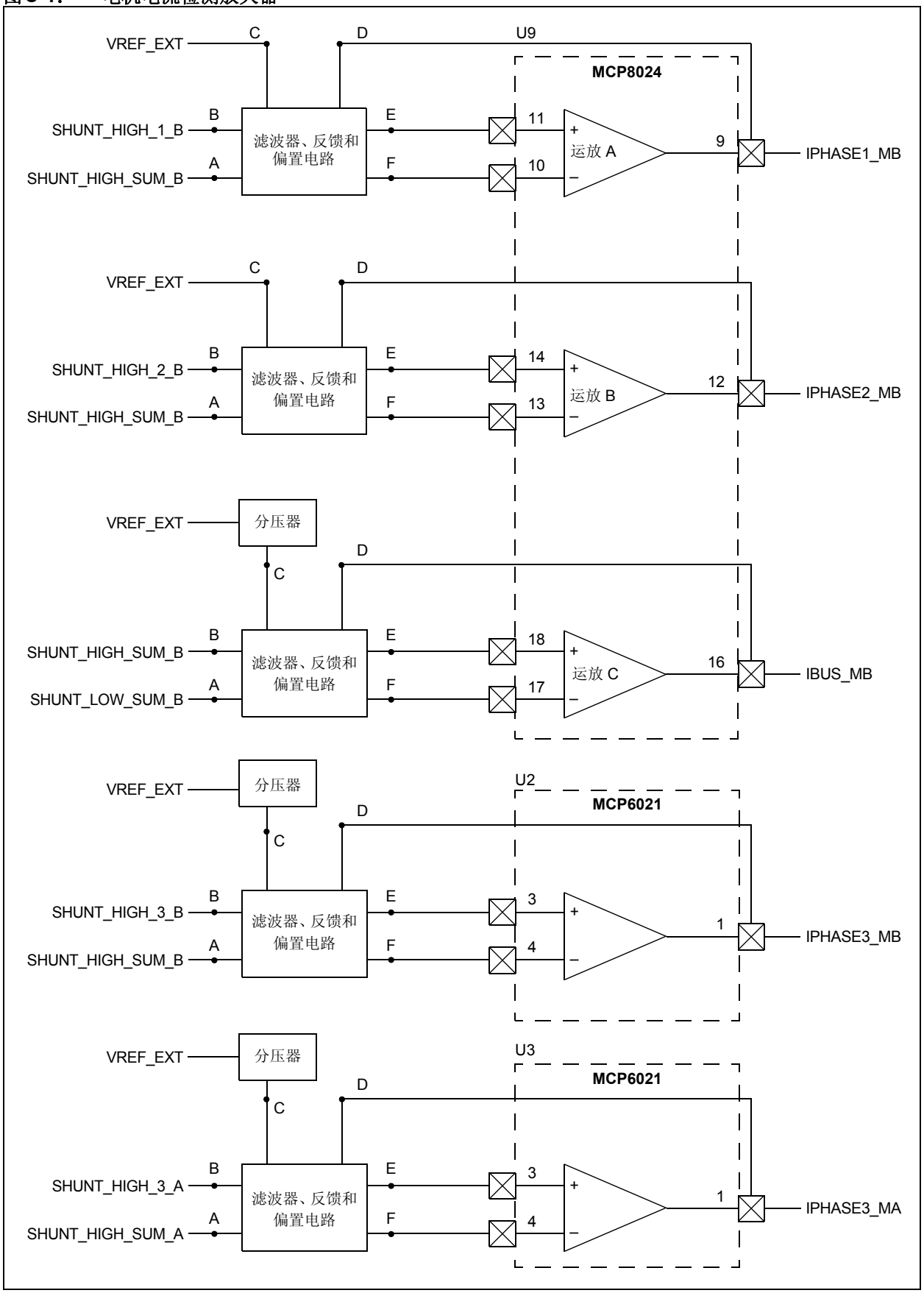
本章包括以下主题：

- 电机电流放大器配置
- 制动电流放大器配置
- 硬件制动使能电路配置

C.3 电机电流放大器配置

图C-1给出了用于检测电机控制10-24V驱动板（双/单）逆变器A和逆变器B部分的电机电流的放大器电路。

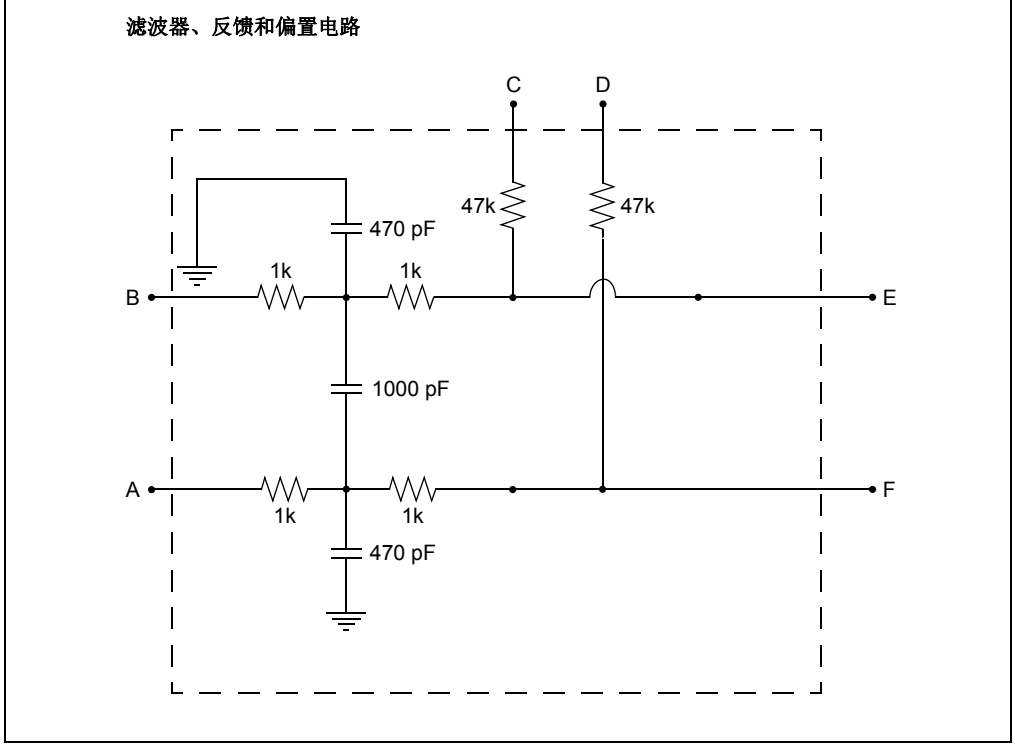
图C-1： 电机电流检测放大器



© 2014 Microchip Technology Inc.

图C-2给出了放大器增益设置。

图C-2： 放大器增益设置



公式C-1用于计算放大器增益设置。公式C-2和公式C-3分别使用差模滤波器和共模滤波器计算截止频率。

公式C-1： 放大器增益

$$差分放大器增益 = \frac{47\ k\Omega}{2 \times 1\ k\Omega} = 23.5$$

公式C-2： 截止频率（差模滤波器）

$$差模\ f_{-3dB} \cong \frac{1}{2\pi(2 \times 1\ k\Omega)\left(\frac{470\ pF}{2} + 1000\ pF\right)} \cong 65\ kHz$$

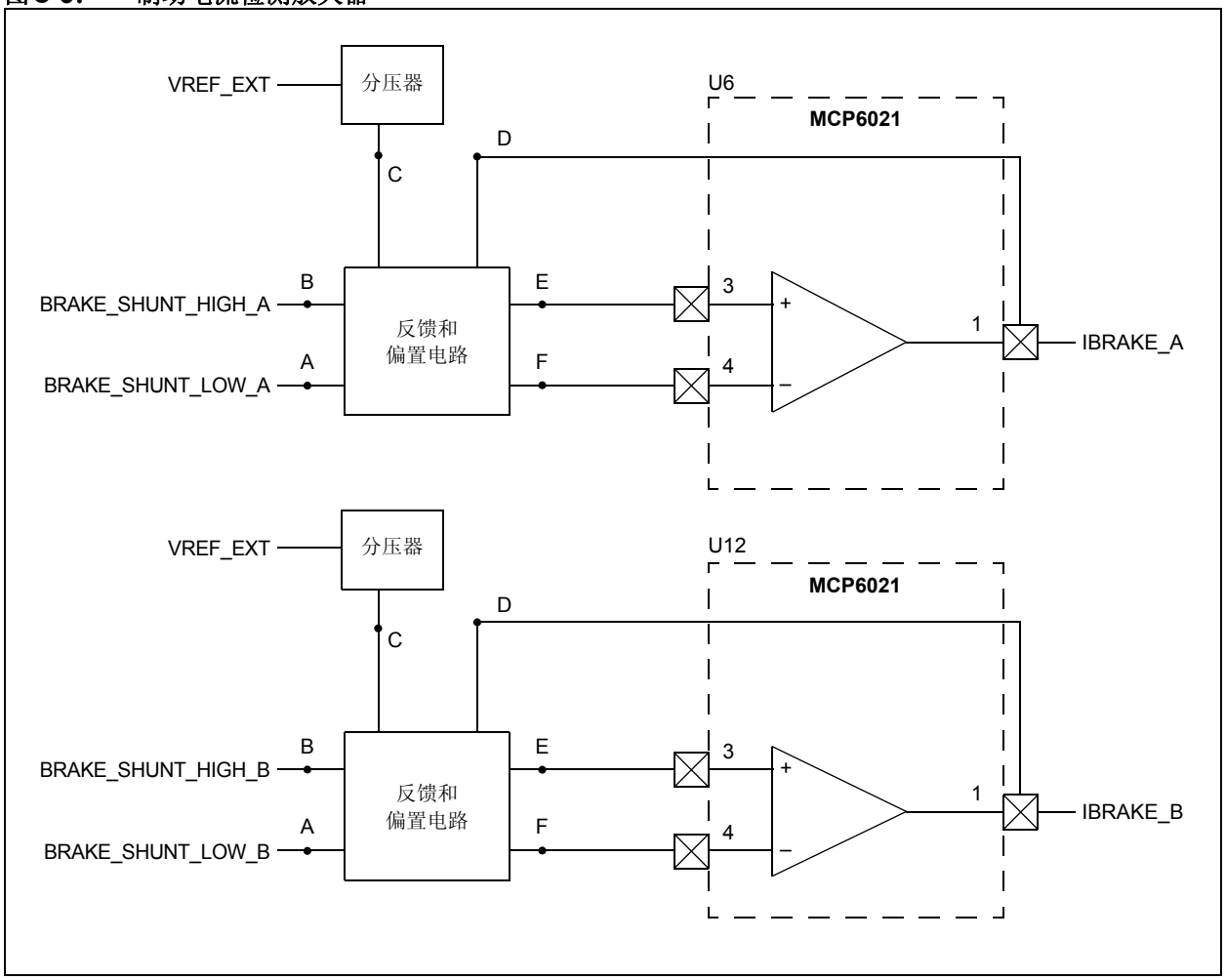
公式C-3： 截止频率（共模滤波器）

$$共模\ f_{-3dB} \cong \frac{1}{2\pi(1\ k\Omega)(470\ pF)} \cong 340\ kHz$$

C.4 制动电流放大器配置

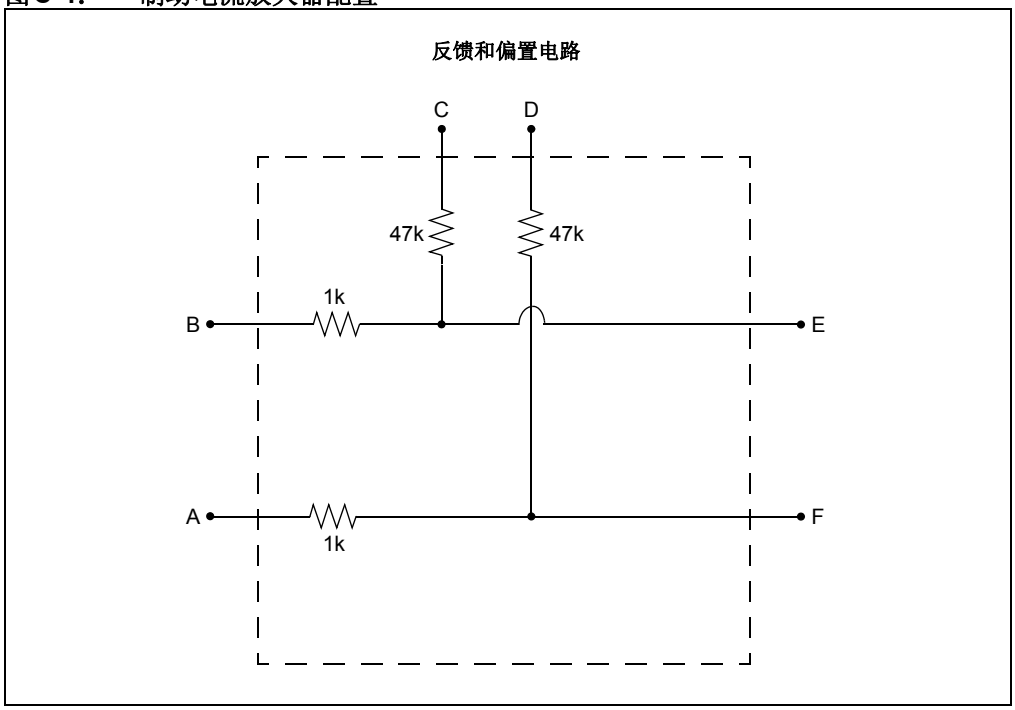
图C-3给出了用于检测流过电机控制10-24V驱动板（双/单）的制动开关中流过电流的放大器电路。图C-4给出了制动电流放大器配置。

图C-3： 制动电流检测放大器



© 2014 Microchip Technology Inc.

图C-4： 制动电流放大器配置



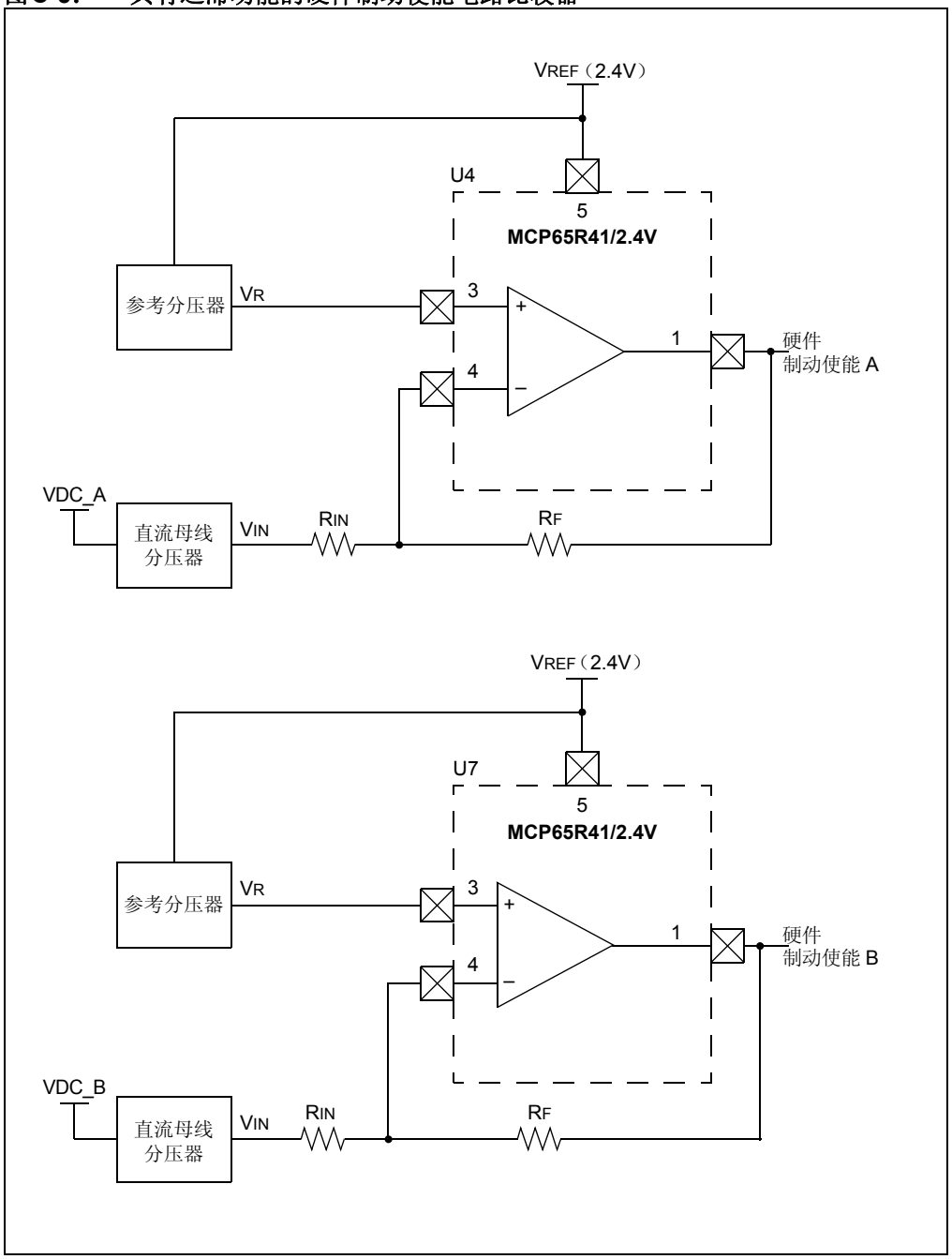
公式C-4： 放大器增益

$$差分放大器增益 = \frac{47\ k\Omega}{2\ k\Omega} = 23.5$$

C.5 硬件制动使能电路配置

图C-5显示了电机控制10-24V驱动板（双/单）中具有迟滞功能的硬件制动使能电路比较器。

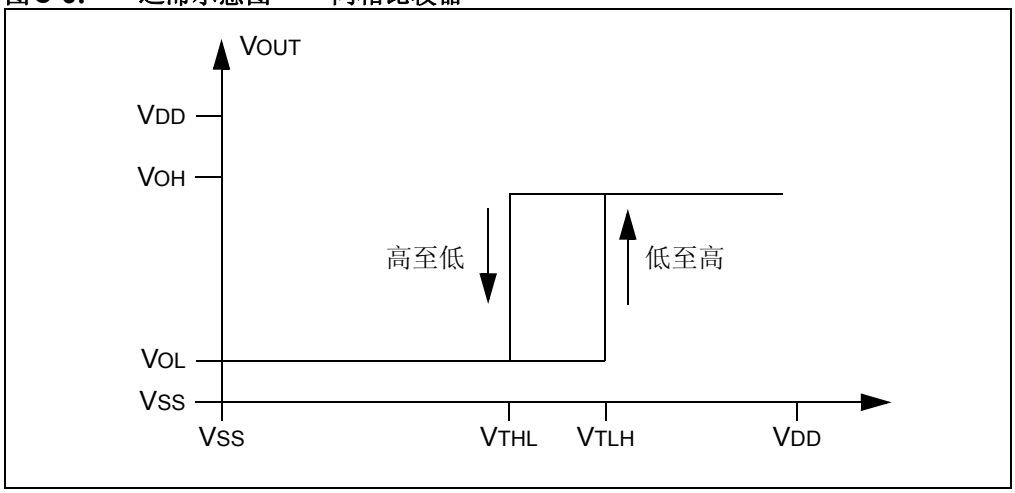
图C-5： 具有迟滞功能的硬件制动使能电路比较器



© 2014 Microchip Technology Inc.

图C-6给出了同相比较器的迟滞示意图。

图C-6： 迟滞示意图——同相比较器



公式C-5决定输入阈值电压。

公式C-5： 输入阈值电压

$$V_{TLH} = V_R\left(1 + \frac{R_{IN}}{R_F}\right) - V_{OL}\left(\frac{R_{IN}}{R_F}\right)$$

$$V_{THL} = V_R\left(1 + \frac{R_{IN}}{R_F}\right) - V_{OL}\left(\frac{R_{IN}}{R_F}\right)$$

其中：

VOL为比较器输出低电平状态下的饱和电压。

VOH为比较器输出高电平状态下的饱和电压。

VTLH为从低至高的阈值电压。

VTHL为从高至低的阈值电压。

VR为比较器参考输入电压。

公式C-6通过阈值电压确定RF、RIN和VR。

公式C-6： 通过阈值电压确定RF、RIN和VR

$$V_{TRIP} = \frac{V_{TLH} + V_{THL}}{2}$$

$$\frac{R_F}{R_{IN}} = \frac{V_{OH} + V_{OL}}{V_{TLH} - V_{THL}}$$

$$V_R = \frac{R_{IN}(V_{OH} + V_{OL})}{2(R_{IN} + R_F)} + \frac{R_F}{(R_{IN} + R_F)} V_{TRIP}$$

其中：

VTRIP为比较器迟滞中间位置的平均跳变电压。

C.5.1 设置跳变电压

公式C-7给出了为电机控制10-24V驱动板（双/单）中的硬件制动使能电路设置直流母线高低两个跳变点的计算示例，其中直流母线电压低至高（VDCLH）为27.5V，直流母线电压高至低（VDCHL）为23.5V。比较器电源电压为3.3V，直流母线分压器电路分压比为11，VOH比较器为3.1V且VOL比较器为0.2V。

可按照直流母线分压器电路分压比计算跳变电压（VTLH和VTHL），如公式C-8所示。

公式C-7： 阈值电压计算

$$V_{TLH} = \frac{27.5}{11} = 2.5V$$

$$V_{THL} = \frac{23.5}{11} = 2.136V$$

通过VTLH和VTHL，可计算迟滞的中间位置，即平均跳变电压（VTRIP），如公式C-8所示。

公式C-8： 平均跳变电压计算

$$V_{TRIP} = \frac{(2.5V + 2.136V)}{2} = 2.318V$$

通过VOH、VOL、VTLH和VTHL，可确定迟滞设置电阻比率。选定其中一个电阻值，便可计算另一个电阻值，如公式C-9所示。

公式C-9： 迟滞设置电阻比率值

$$\frac{R_F}{R_{IN}} = \frac{(3.1V - 0.2V)}{(2.5V - 2.136V)} = 7.967$$

如果 R_{IN} *为* $280\ k\Omega$

$$R_F = 7.967 \times 280\ k\Omega = 2230.76\ k\Omega \cong 2200\ k\Omega$$

计算出迟滞设置电阻值后，可计算比较器参考电压（VR）输入，如公式C-10所示。

公式C-10： 比较器参考电压（VR）输入计算

$$V_R = \frac{280\ k\Omega(3.1V + 0.2V)}{2*(280\ k\Omega + 2200\ k\Omega)} + \frac{2200\ k\Omega}{(280\ k\Omega + 2200\ k\Omega)} \times 2.318$$

$$= 0.186V + 2.056V = 2.24V$$

比较器参考电压（VR）输入由2.4V比较器参考电压（VREF）输出通过分压器电路产生。

可据此计算分压器的分压比，即2.4V/2.242V = 1.07。

然后，可确定分压器电阻：
如果R2 = 18 kΩ，则R1 =18 kΩ × 1.07 = 1.2 kΩ。

© 2014 Microchip Technology Inc.

C.6 硬件制动使能电路配置电阻

表C-1和表C-2给出了在比较器电源电压为3.3V和5V两种情况下设置直流母线高低两个跳变点时对应的电阻配置。

表C-1： 硬件制动使能电路A中的电阻配置

电阻标识	当比较器电源电压为下列值时，将VDCHL设置为23.5V和将VDCLH设置为27.5V所需的电阻值	
	3.3V	**5V**
R233	280 kΩ	280 kΩ
R234	2200 kΩ	3600 kΩ
R231	18 kΩ	36 kΩ
R229	1.2 kΩ	1 kΩ

表C-2： 硬件制动使能电路B中的电阻配置

电阻标识	当比较器电源电压为下列值时，将VDCHL设置为23.5V和将VDCLH设置为27.5V所需的电阻值	
	3.3V	**5V**
R249	280 kΩ	280 kΩ
R250	2200 kΩ	3600 kΩ
R247	18 kΩ	36 kΩ
R245	1.2 kΩ	1 kΩ

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

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

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

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

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

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

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

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

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

德国 Germany - Pforzheim
Tel: 49-7231-424750

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

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

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

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

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

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

03/25/14

© 2014 Microchip Technology Inc.