

用 dsPIC30F2010 控制无传感器 BLDC 电机

作者: Stan D'Souza
Microchip Technology

概述

本应用笔记介绍了如何使用 dsPIC30F2010 数字信号控制器控制无传感器的 BLDC 电机。应用中采用的技术是基于另一 Microchip 应用笔记:《dsPIC30F 在无传感器 BLDC 控制中的应用》(AN901)。

本文介绍了如何将 dsPIC30F2010 器件用于 AN901 中介绍的硬件和软件, AN901 中使用了 dsPIC30F6010 器件和 dsPICDEM™ MC1 电机控制开发板。dsPIC30F6010 具有 80 个引脚,拥有 144 K 字节的闪存程序存储器,8 K 字节的 RAM 以及数量较多的 I/O。而 dsPIC30F2010 只有 28 个引脚,使其 I/O 数目受到限制。该款芯片只拥有 12 K 字节的闪存程序存储器以及 512 字节 RAM 的有限资源。

本应用笔记说明了如何对 AN901 应用笔记中介绍的硬件、软件 and 用户接口进行修改以利于其代码能够方便地移植到 dsPIC30F2010 器件。有关使用 dsPIC30F 实现 BLDC 无传感器控制的设计细节,请参阅应用笔记

AN901。由于程序代码实现的功能并未改变,因此 AN901 中介绍的所有可实现的 BLDC 控制功能仍旧是相同的。

所需硬件

实现本文中介绍的电机控制应用需要使用以下硬件:

- PICDEM™ MCLV 开发板 (图 1)
- Hurst DMB0224C10002 CL B 6403 24 V BLDC 电机
- 24 V 直流电源

用户可以从 Microchip 购买上述全部硬件或只购买其中某项。有关订购信息,请浏览 Microchip 网站的开发工具部分。

硬件改动

图 2 给出了无传感器 BLDC 电机控制应用的简化结构框图。该图有助于用户自己开发硬件来驱动无传感器的 BLDC 电机。PICDEM MCLV 控制板的原理图附录 A 中给出。

图 1: PICDEM™ MCLV 开发板

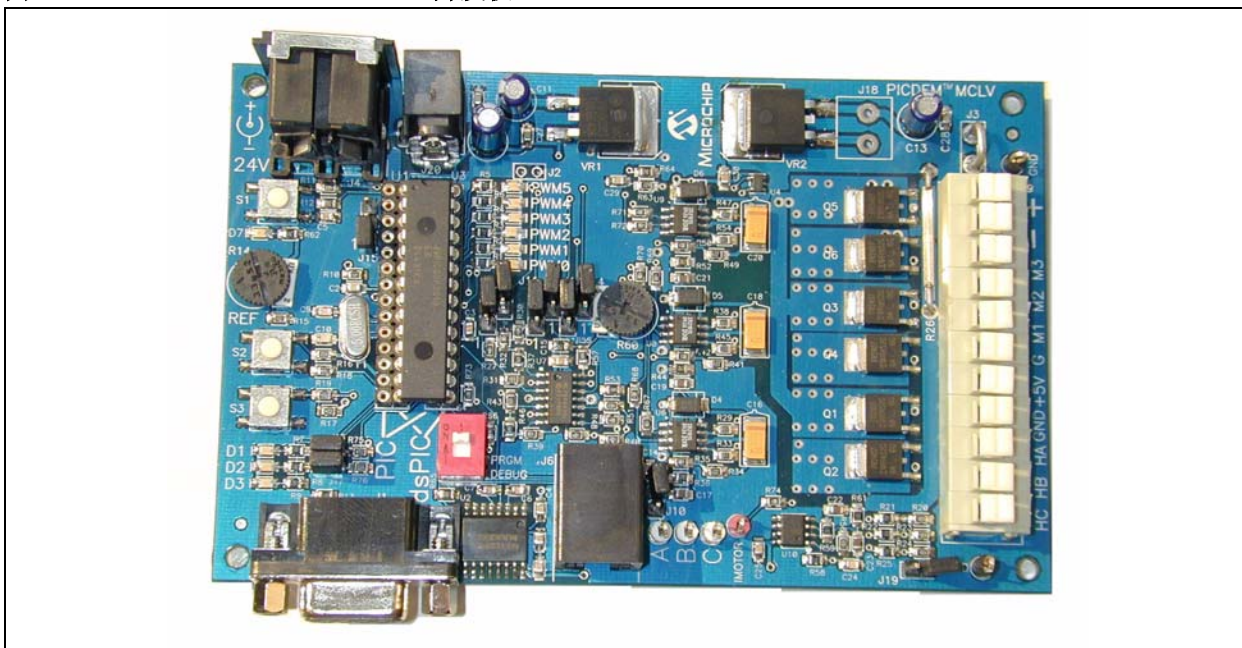
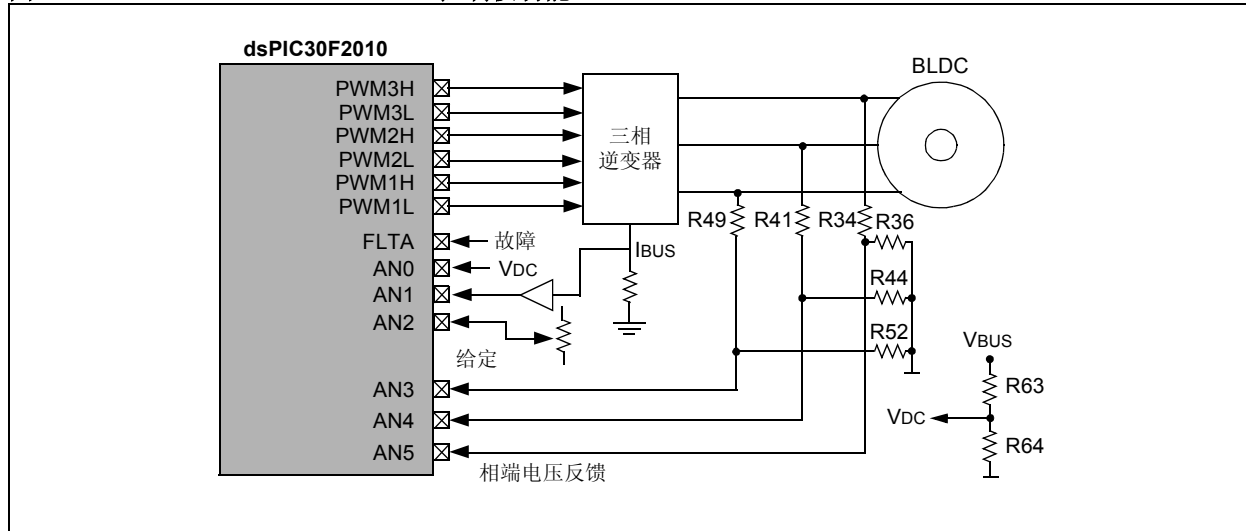


图 2: PICDEM™ MCLV 控制板功能



除 dsPIC30F2010 器件外，该框图的基本结构与 AN901 中完全相同。

- 通过一个电位器来选择速度给定。
- 通过使用电阻对 R63/R64 可实现 VBUS 电压的检测，该电压即 VDC。VDC/2 将用作反电动势（BEMF）检测时的“过零点”电压。
- 电压反馈通过使用电阻对 R34/R36、R41/R44 和 R49/R52 来实现。
- 电流反馈通过一个简单的运算放大器电路（U10A）来实现。
- 通过与电流反馈电路相连接的比较器电路（U7D）可以获得故障输入。电流检测通过一个阻值为 0.1 欧姆的电阻（R26）来实现。电流增益设定为 11，且比较器门限值可通过电位器 R60 进行调节。

用户可方便地调节电阻阻值来适应所使用电机的电流容量。另一方面，电机驱动电路设计为用来驱动 24V BLDC 电机。用户可对电机的驱动要求进行更改（有关如何对电路硬件进行更改以适应不同电压等级电机驱动要求的具体内容，可参考 *PICDEM™ MCLV Development Board User's Guide*。

电压的最低极限值为 10V，最高极限值为 40V。应注意，IGBT 散热器的散热效果有限，因此使用 PICDEM MCLV 难以满足较高功率输出的要求。

在本应用中若采用 PICDEM MCLV 控制板，用户应参照表 1 所示的跳线设定以及表 2 中所列出的电机接线。

表 1: PICDEM™ MCLV 控制板的跳线设定

跳线	无传感器控制
J7, J11, J13	2-3 之间短接
J15	开路
J8, J12, J14	开路
J10, J16, J17, J19	开路

表 2: 电机接线

连接排 J9 标记	无传感器控制
M1	C 相 (红)
M2	A 相 (白)
M3	B 相 (黑)
G	如果存在，地线 (绿)

表 2 给出的颜色标注适用于来自 Microchip 的每一台 Hurst 24V 电机。对于某些电机，并无地线。

当代码开发完成并被下载到系统中后，用户需点按开关 S2 来起动和停止电机。标注为 REF (R14) 的电位器用于对速度给定进行设置。顺时针旋转该电位器将增大电机转速给定。

由于 dsPIC30F2010 的 I/O 数目有限，故障状况的显示未使用控制板上的 LED，而是通过串口显示在用户 PC 的 Windows® 超级终端 (HyperTerminal®) 上。

表 3: 电机控制参数

参数	键入缩写形式	说明
电机参数		
DIRECTION	DD 0 或 DD 1	0 = 正向 1 = 反向
No. Motor Poles	MP < 值 >	电机极数
Blanking Count	BC < 值 >	
Windmilling Dem	WD < 值 >	
起动参数		
Lock Pos.1 Time	LP1T < 值 >	单位为 10 ms 间隔
Lock Pos.2 Time	LP2T < 值 >	单位为 10 ms 间隔
Lock Pos.1 Dem	LP1D < 值 >	PWM 占空比百分比
Lock Pos.2 Dem	LP2D < 值 >	PWM 占空比百分比
Ramp Start Speed	RSS < 值 >	加速起始转速, 单位为 RPM
Ramp End Speed	RES < 值 >	加速终止转速, 单位为 RPM
Ramp Start Dem	RSD < 值 >	PWM 占空比百分比
Ramp End Dem	RED < 值 >	PWM 占空比百分比
Ramp Duration	RD < 值 >	单位为 10 ms 间隔
Tolerance Check	TC < 值 >	
Auto Re-acquire	ARA 0 或 ARA 1	0 = 禁止 1 = 使能
Starting Control	SC 0 和 SC 1	0 = 电压控制 1 = 电流控制
Acquire Method	AM 0 或 AM 1	0 = 方法 1 1 = 方法 2
ZeroX Enable Spd	ZXES < 值 >	过零检测使能时的电机转速

表 3: 电机控制参数 (续)

参数	键入缩写形式	说明
控制参数		
CONTROL MODE	CM 0, CM 1, CM 2 或 CM 3	0 = 电压闭环 1 = 电流闭环 2 = 电压开环 3 = 电流开环
Phase Adv. Enable Spd	PAES < 值 >	
Phase Adv. Slope	PAS < 值 >	
Current P Gain	CKP < 值 >	
Current I Gain	CKI < 值 >	
Current D Gain	CKD < 值 >	
Speed P Gain	SKP < 值 >	
Speed I Gain	SKI < 值 >	
Voltage Demand	VD < 值 >	
Volts P Gain	VKP < 值 >	
Volts I Gain	VKI < 值 >	
极限参数		
Stall Time Limit	STL < 值 >	
Over Speed Limit	OSL < 值 >	过速极限值, 单位为 RPM
Over Volts Limit	OVL < 值 >	
Over Current Lim	OCL < 值 >	
控制板参数		
Current Scale X	CSX < 值 >	
Current Scale /	CSD < 值 >	
Volts Scale X	VSX < 值 >	
Volts Scale /	VSD < 值 >	
Zero X Level Thd	ZXL < 值 >	
Acquire Threshld	AT < 值 >	
Acquire Level Td	AL < 值 >	
Rotation Timeout	RT < 值 >	
Pot / for Duty	PDD < 值 >	
Pot / for Currnt	PDC < 值 >	
Pot X for Speed	PXS < 值 >	
Braking Ramp T	BRT < 值 >	

串行用户接口的使用

只有在待机或系统处于复位状态时才能对用户参数进行修改。当电机运行时，通信终端将显示电机转速以及 PWM 占空比。

应将通信终端连接到 PICDEM MCLV 控制板的 RS232 连接器 (J1)。应如下设置系统运行参数。

波特率	19200
数据位	8
奇偶校验	无
停止位	1
流控制	无

命令集格式为大小写敏感。如果键入的命令不正确，系统将显示如图 3 所示的消息。欲获得有关命令集的更多信息，可键入

?? <回车键>

图 4 中所显示的响应消息提示了更为具体的请求。

欲获得一类具体命令集的有关信息，可键入一个问号符号后跟对应该命令集类型的字母。

图 3: 不正确的命令信息

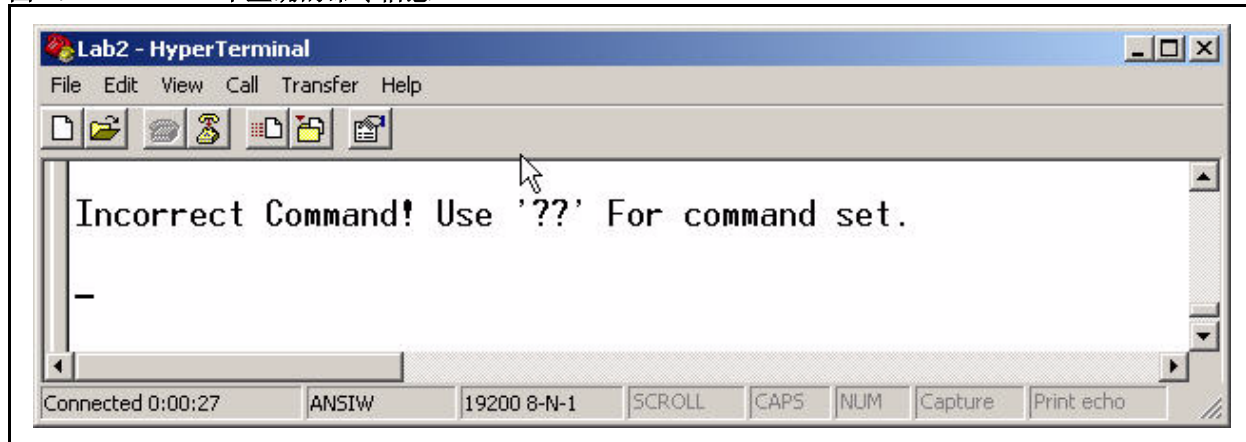
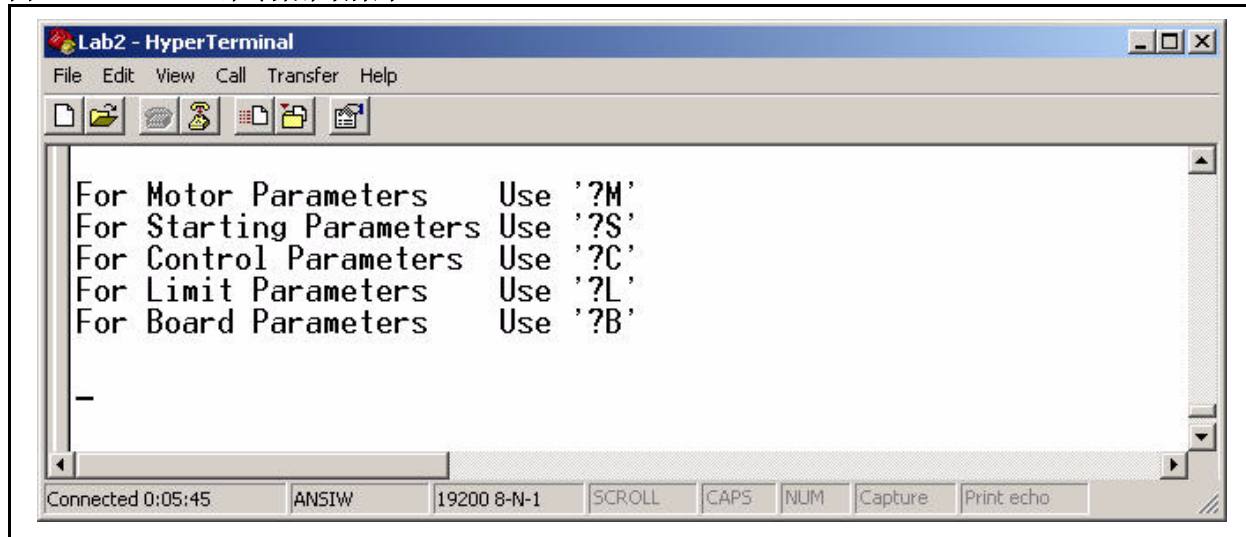


图 4: 命令集帮助菜单



电机参数

键入以下命令将显示电机参数：

?M< 回车键 >

如图 5 所示，响应消息中列出了电机参数及其当前值。欲对参数值进行改动，应键入参数缩写并随后键入新的参数值（两者之间由空格分隔）。

DIRECTION 参数（DD）只使用两个参数值：0 或 1。欲改变电机旋转方向，应键入：

DD< 空格 >1< 回车键 >

注意，DD 为大写形式，且参数缩写和参数值 1 之间存在一个空格。

命令及其响应如图 6 所示。设定值从 00000 改为 00001（相反方向）。

假定将电机极数从 10 改至 8，应如下键入：

MP< 空格 >8< 回车键 >

该命令格式及其响应如图 7 所示。设定值从 00010 改至 00008。

图 5: 电机参数

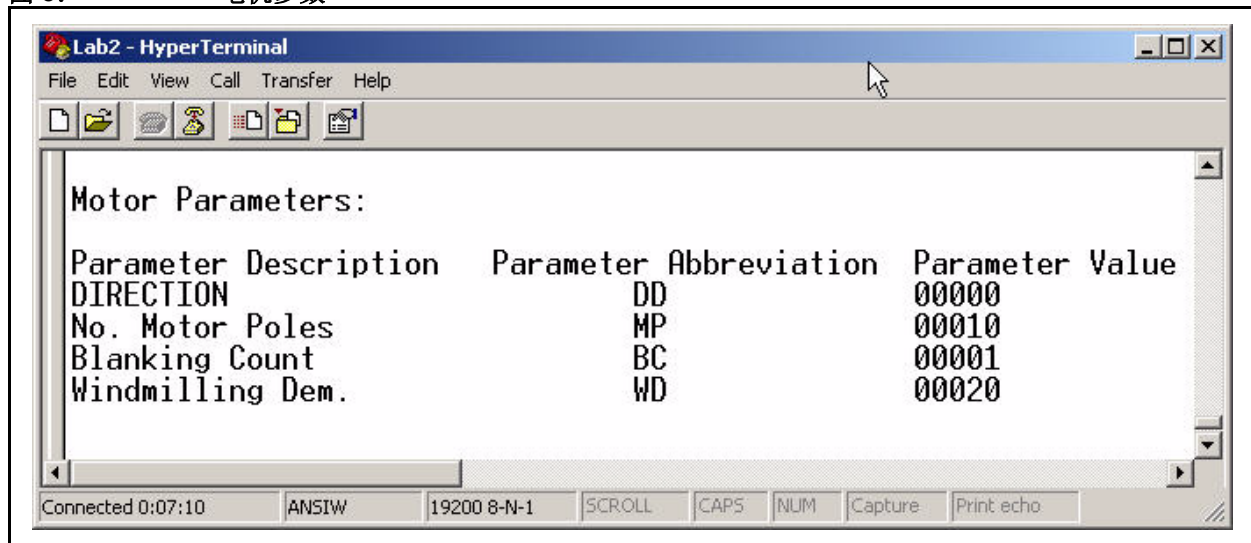


图 6: 电机转向命令及其响应

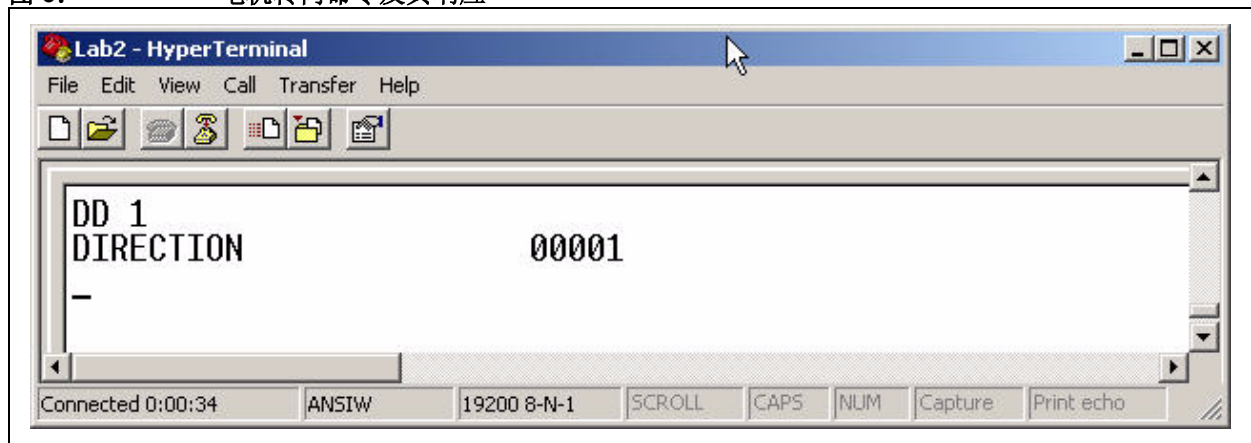
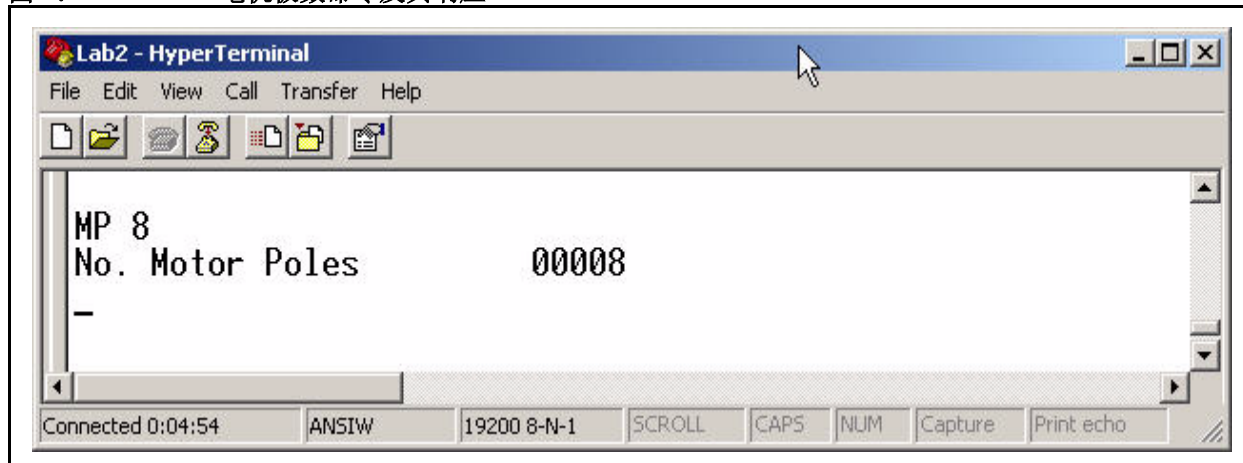


图 7: 电机极数命令及其响应

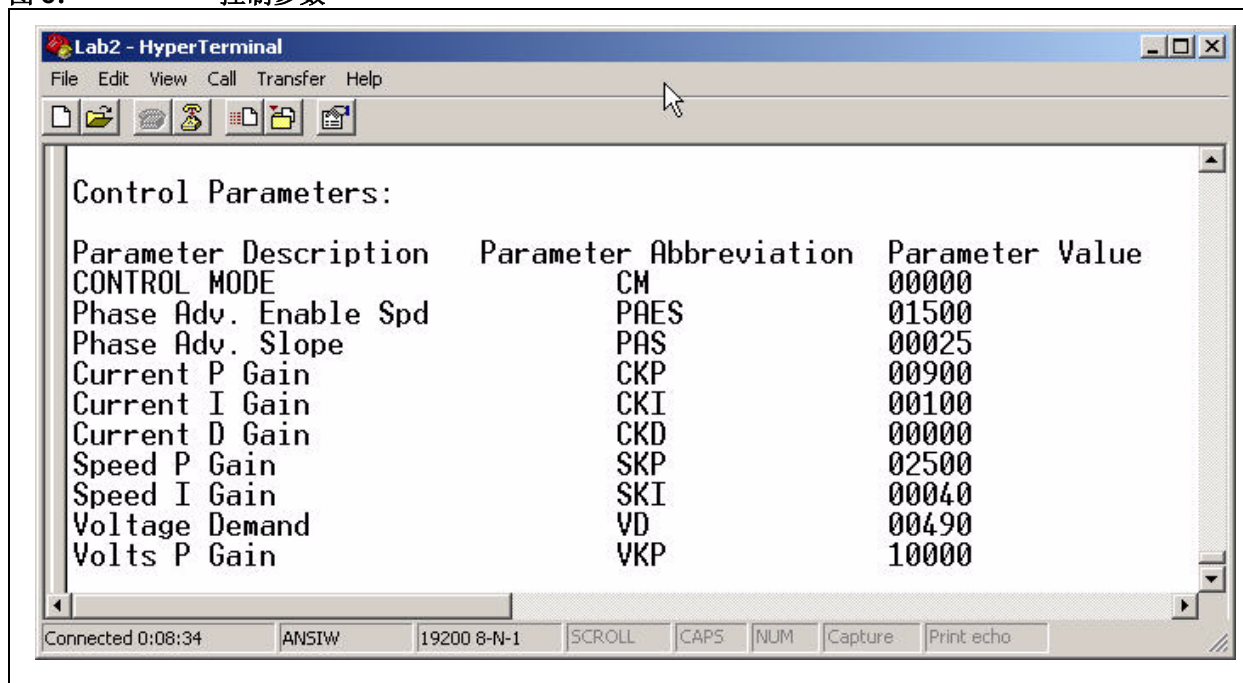


控制参数

作为“?C”命令的响应，将如图 8 所示显示控制参数名称及其当前值。

欲对控制参数进行修改，需键入该参数的缩写形式并随后键入期望的修改值。例如，如果期望将速度积分增益从 40 改至 200 时，应键入“SKI 200”。

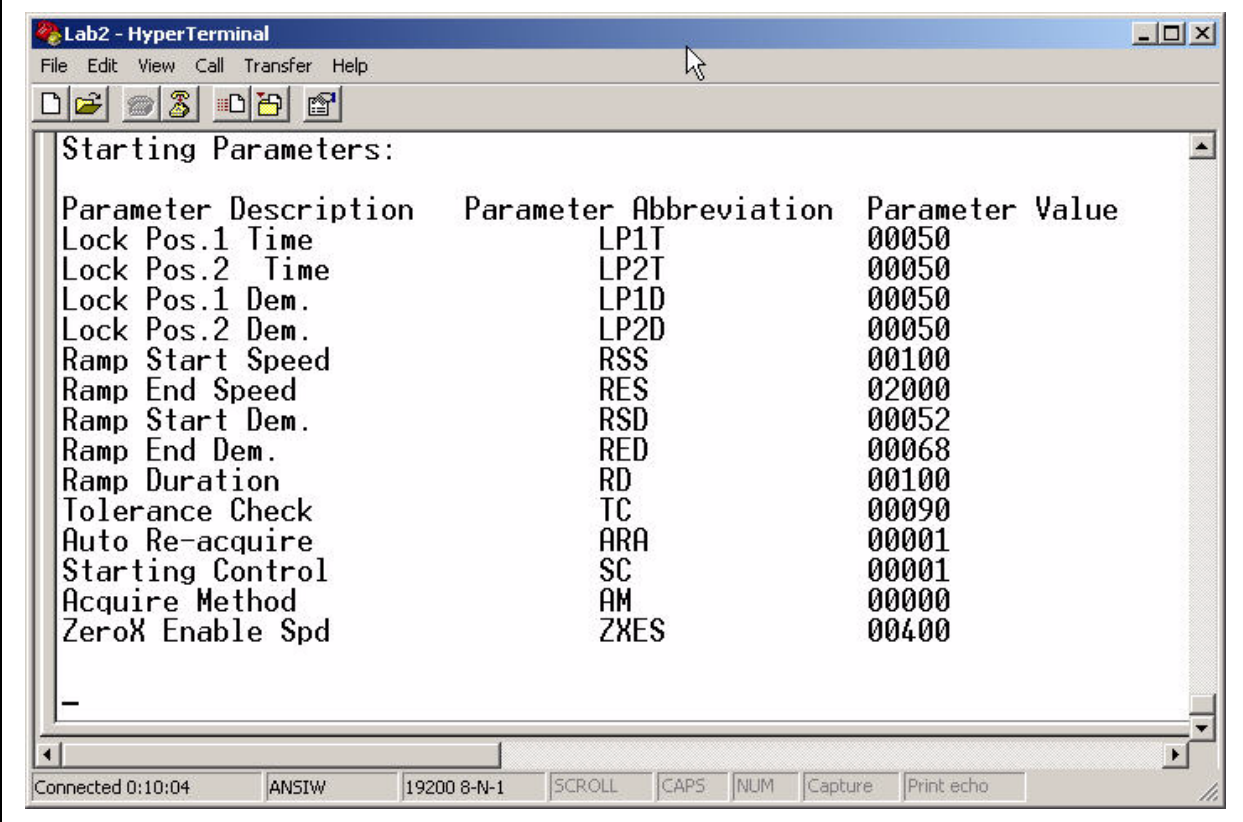
图 8: 控制参数



起动参数

起动参数用于对无传感器起动控制算法进行微调并且是改动最为频繁的参数。由于其中一些参数的变化间隔为数十毫秒，因此请注意表 3 中的说明并仔细阅读AN901中的相关内容。

图 9: 起动参数



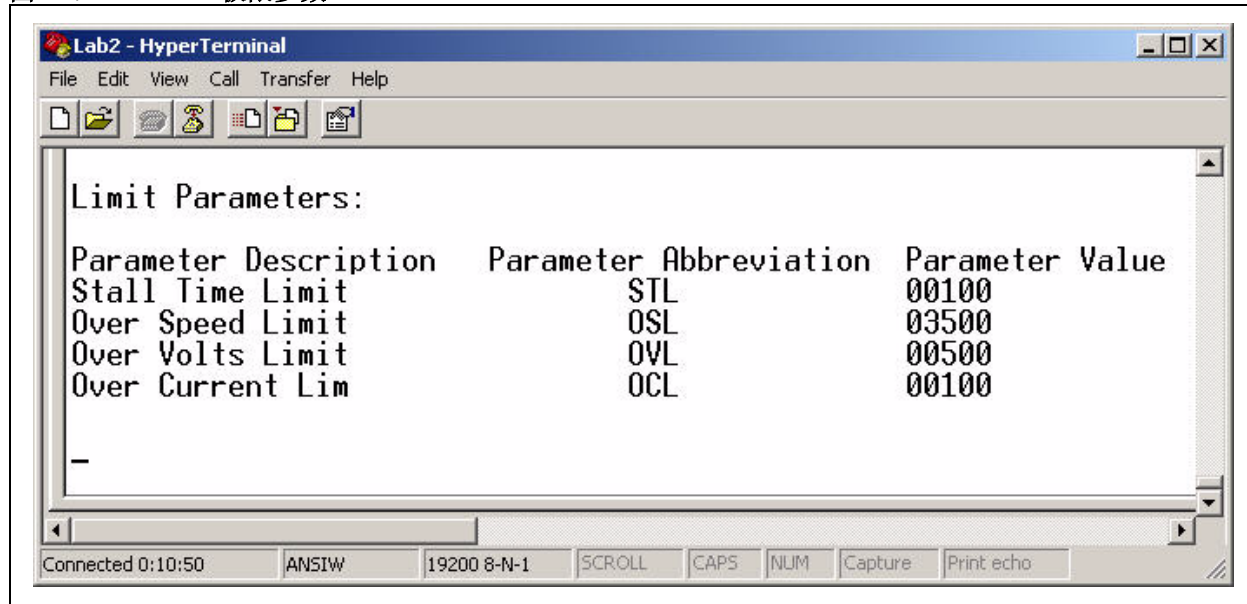
Parameter Description	Parameter Abbreviation	Parameter Value
Lock Pos.1 Time	LP1T	00050
Lock Pos.2 Time	LP2T	00050
Lock Pos.1 Dem.	LP1D	00050
Lock Pos.2 Dem.	LP2D	00050
Ramp Start Speed	RSS	00100
Ramp End Speed	RES	02000
Ramp Start Dem.	RSD	00052
Ramp End Dem.	RED	00068
Ramp Duration	RD	00100
Tolerance Check	TC	00090
Auto Re-acquire	ARA	00001
Starting Control	SC	00001
Acquire Method	AM	00000
ZeroX Enable Spd	ZXES	00400

AN992

极限参数

极限参数如图 10 所示。

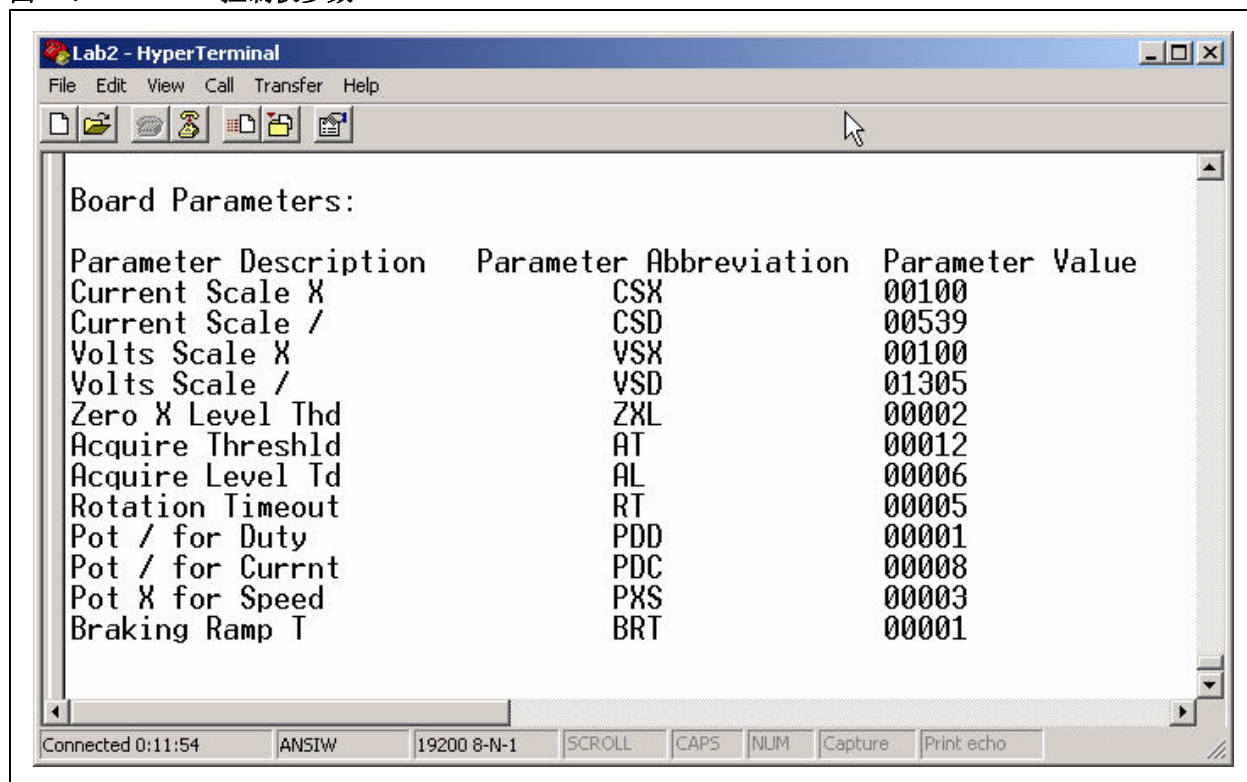
图 10: 极限参数



控制板参数

图 11 中显示了控制板参数。有关这些参数的具体内容请参考应用笔记 AN901。

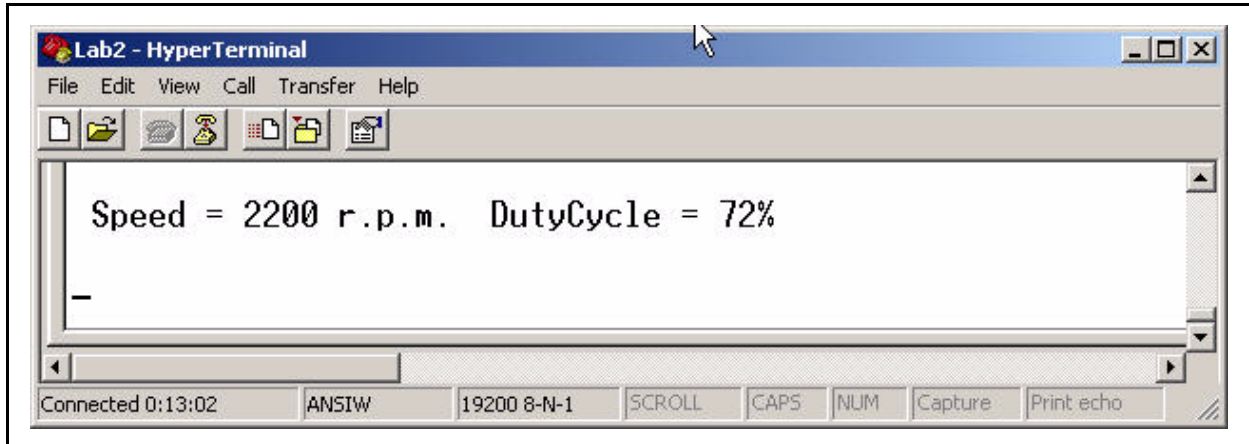
图 11: 控制板参数



运行模式

如前所述，只有在待机模式下才能查看参数。在电机实际运行过程中，电机转速以及PWM占空比将如图 12所示不断更新。

图 12: 速度和占空比的实时显示



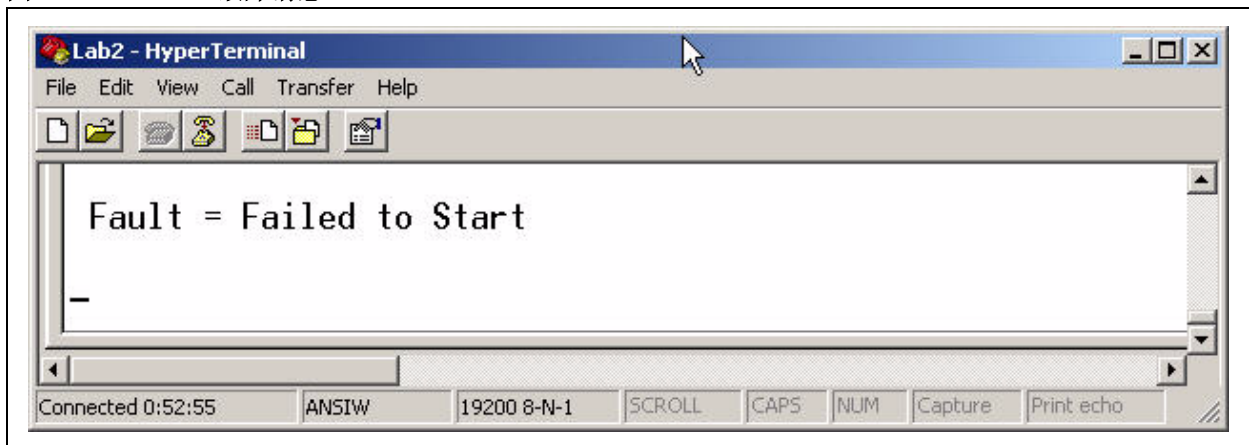
故障情形

如果在电机起动或运行过程中出现故障，它将以如图 13 所示的形式进行报告。报告的故障包括：

- 起动失败 (FAILED TO START)
- 过电流 (OVER CURRENT)
- 过电压 (OVER VOLTAGE)
- 硬件故障 (HARDWARE TRIP)
- 超速 (OVER SPEED)
- 转子位置丢失 (SENSORLESS LOST)
- 堵转 (STALLED)

用户必须通过点按控制板上的 S2 以复位故障或停止电机运行。当系统复位后，用户可对必要参数进行编辑修改。

图 13: 故障消息



结论

28 引脚的 dsPIC30F2010 为实现无传感器 BLDC 电机控制提供了理想的低成本解决方案。通过本文中介绍的具有较高灵活性的串行用户接口，用户可对起动和运行无传感器 BLDC 电机应用所需的应用参数进行微调。有关内容在 AN901 中进行了具体介绍。

附录 A: 原理图

图 A-1: BLDC 电机控制板 (第 1 页, 共 2 页)

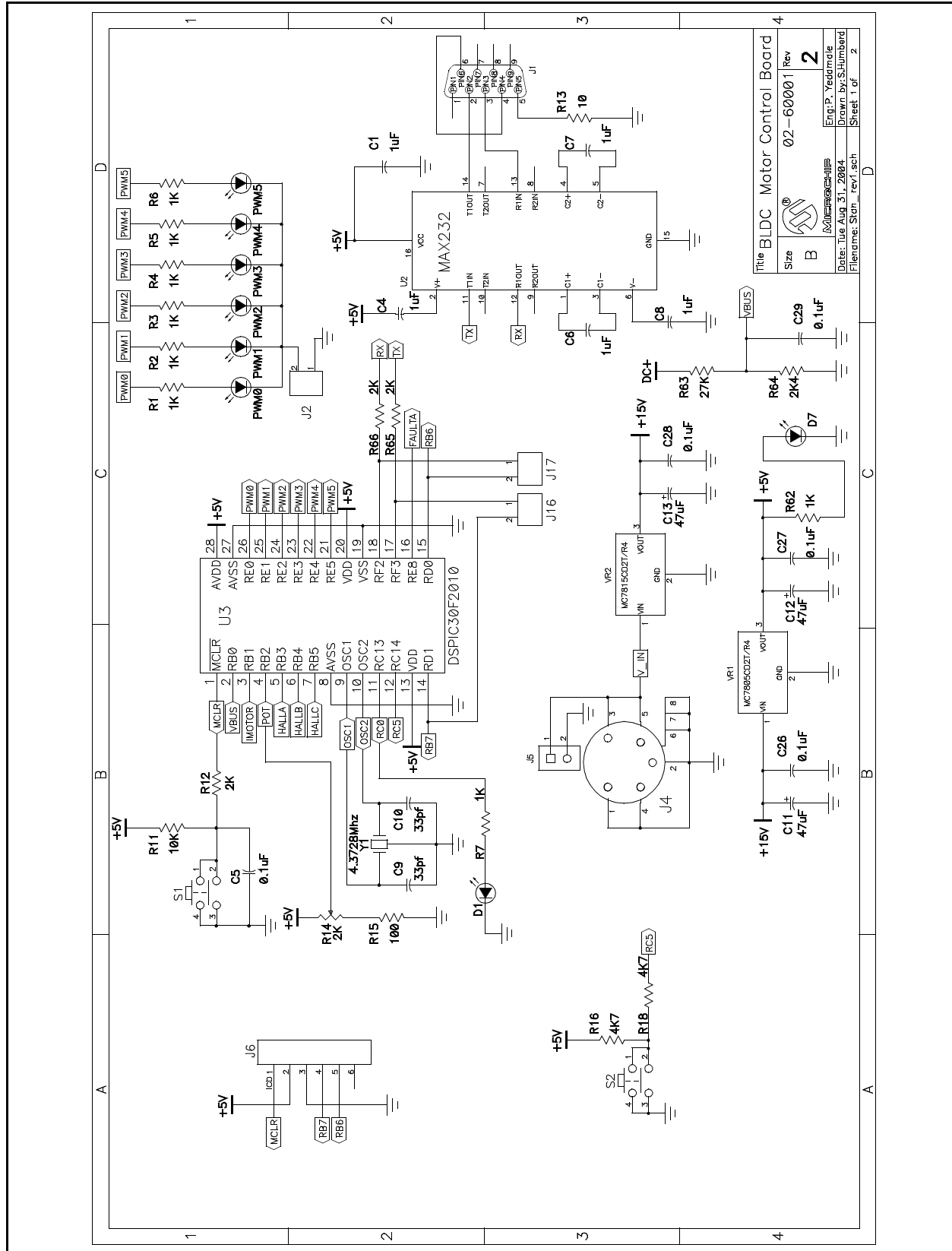
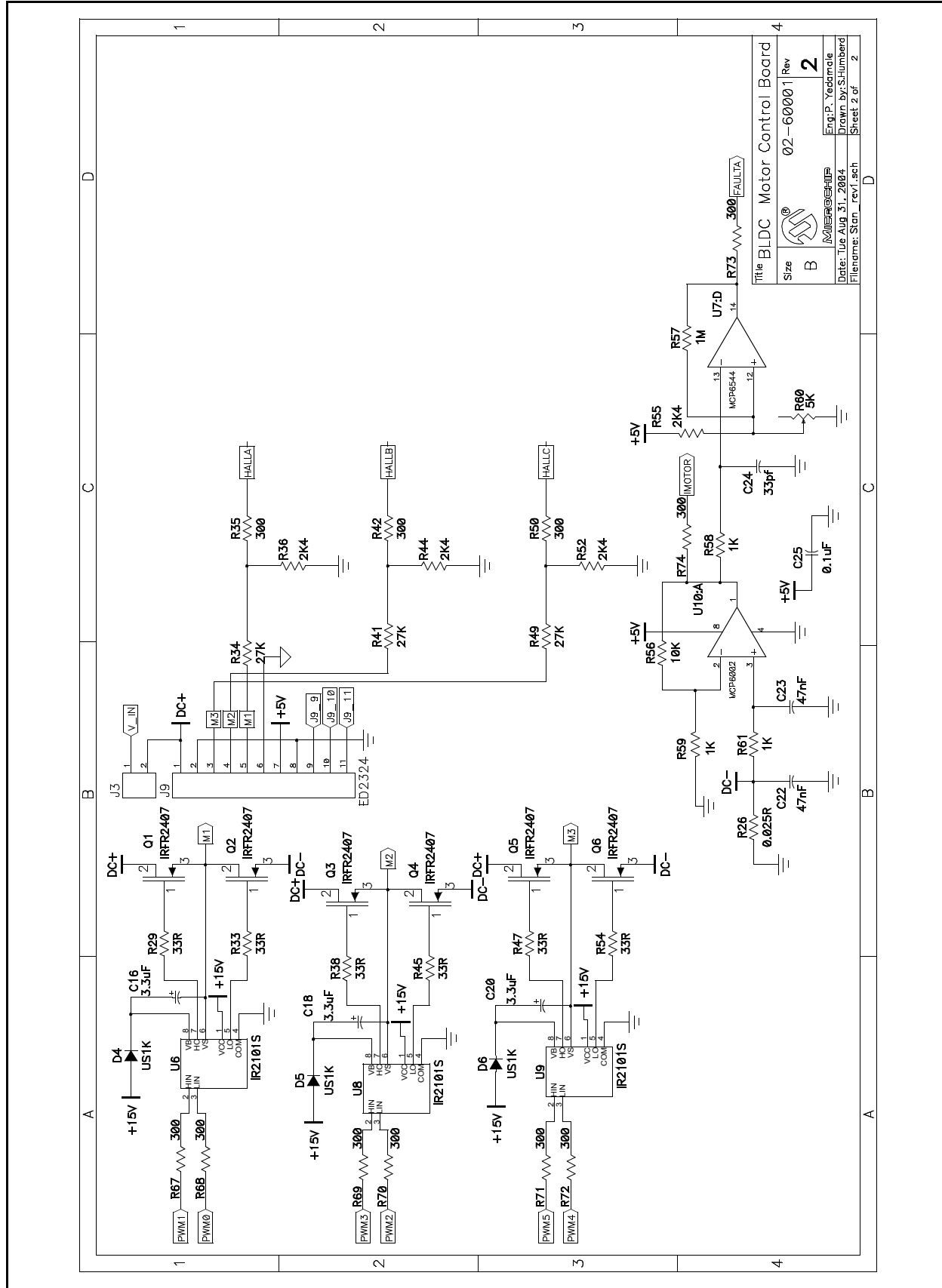


图 A-2: BLDC 电机控制板 (第 2 页, 共 2 页)



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。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。未经 Microchip 书面批准，不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。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。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PICMASTER、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、MPASM、MPLIB、MPLINK、MPSIM、PICKit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、rFLAB、rPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance 和 WiperLock 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2005, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于 2003 年 10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、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方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。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。



全球销售及服务中心

美洲

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

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

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

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
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

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

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

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: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

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

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

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

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

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

日本 Japan - Kanagawa
Tel: 81-45-471-6166
Fax: 81-45-471-6122

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

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 011-604-646-8870
Fax: 011-604-646-5086

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 011-632-634-9065
Fax: 011-632-634-9069

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

欧洲

奥地利 Austria - Weis
Tel: 43-7242-2244-399
Fax: 43-7242-2244-393

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

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

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

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

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

英国 England - Berkshire
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820