

使用 dsPIC30F 器件实现 BLDC 电机控制入门

作者: Stan D'Souza
Microchip Technology Inc.

引言

由于直流无刷 (BLDC) 电机可降低能耗及维护成本, 因此在对效率和可靠性要求较高的应用场合 BLDC 电机正重新受到关注。在大量应用中, dsPIC30F 电机控制芯片是多种类型 BLDC 电机的理想驱动和控制器件。Microchip 已经开发了许多基于 dsPIC30F 和 BLDC 电机的解决方案。本文档将帮助用户为 BLDC 电机应用选择最佳的解决方案。

BLDC 电机基本知识

直流有刷电机中的永磁体安装在定子上而电机绕组则安装在转子上。在旋转过程中, 绕组中的电流通过机械碳刷和转子上的换向器进行换向。BLDC 电机的永磁体安装在转子上而电绕组则安装在定子上。BLDC 电机的突出优点在于消除了机械换向器和碳刷, 这将极大增强机械可靠性。直流电机中的换向器和碳刷会导致火花, 因此这些部件的消除意味着 BLDC 电机可以工作在恶劣的环境中。由于 BLDC 电机绕组铜耗 I^2R 发生在定子中, 因此可方便通过电机机壳进行散热。BLDC 电机的效率从而得到极大的提升。

然而, 与普通直流电机相比 BLDC 电机控制较为复杂。首先, 需在电机绕组中建立一个旋转的电枢磁场。该电枢磁场方向必须根据转子永磁磁场位置进行调整。BLDC 电机的效率很大程度上取决于两个磁场的相对位置关系。通常使用霍尔位置传感器来检测转子磁场位置。根据来自霍尔传感器的信号正确对绕组进行激励。不过当转子速度升高时, 由于绕组电感的作用, 电压激励与其在绕组中产生的电流效应之间存在一定程度的延迟。为克服该延迟, 通常将电压激励提前一些。这种现象称为相位超前, 主要在高转速时通过软件实现。采用相位超前技术可改善 BLDC 电机运行的效率。

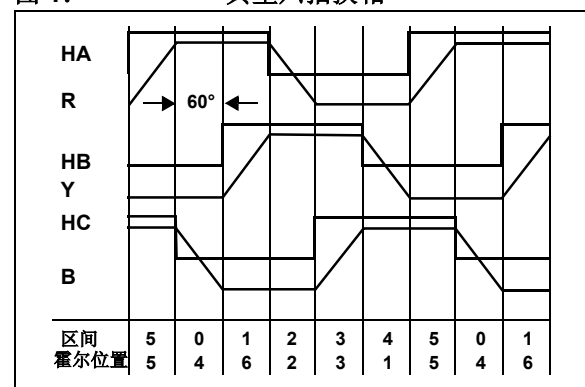
有位置传感器的 BLDC 电机控制

当对 BLDC 电机进行驱动时, 必须知道相对于定子的转子磁场位置。最常见的方法是通过霍尔效应传感器来产生转子位置反馈信号。此类型控制称为有传感器 BLDC 电机控制。大多数 BLDC 电机具有三相绕组。根据转子磁场的位置, 每一个时刻只对其中两相绕组进行供电。这样每相将导通 120 电角度, 可实现 6 种不同的激励组合。这种驱动方法称为“方波” (trapezoidal) 或“六拍换相”控制。

六拍换相

图 1 对六拍换相方式进行了描述并给出霍尔传感器输出信号的对照图。六拍换相提供了一种简单但高效的 BLDC 电机驱动方法。Hall A (HA)、Hall B (HB) 和 Hall C (HC) 用于检测相对于 R、Y 和 B 绕组的转子位置。根据来自霍尔传感器的读数 (1 至 6), 将分别驱动相应的两相绕组而第三相则不通电。每一个 360 电角度周期将被分为 6 个 60 度电角度区间, 在每一个 60 度电角度区间中, 一相绕组将被驱动为高电平, 第二相则被驱动为低电平而第三相则将不通电。例如: 在霍尔位置 6 或区间 1, R 绕组将被驱动至高电平而 B 绕组将被驱动为低电平, Y 绕组将不导通。通过读入霍尔传感器状态, 使用软件方式可方便实现六拍换相算法。

图 1: 典型六拍换相



使用正弦电压驱动有传感器 BLDC 电机

当作为发电机运行时，BLDC 电机将在三相绕组中产生正弦电压输出（互差 120 度电角度）。因此自然的驱动方式是采用三个互差 120 度电角度的正弦电压对 BLDC 电机进行驱动。在大多数 BLDC 应用中，六拍换相方式通常可实现高效运行。然而，在某些应用中六拍换相方式中的 PWM 电压调制有时会导致转矩脉动，而转矩脉动是导致一些系统中出现低频振动的原因。

除六拍换相方式外，也可使用空间矢量调制（Space Vector Modulation, SVM）技术产生正弦 PWM 波电压以驱动三相绕组（互差 120 度电角度）。与六拍换相方式相比，该方法不但可实现高效率运行还可实现无脉动的转矩输出。Microchip 正在开发基于此技术的应用笔记。

无位置传感器 BLDC 电机控制

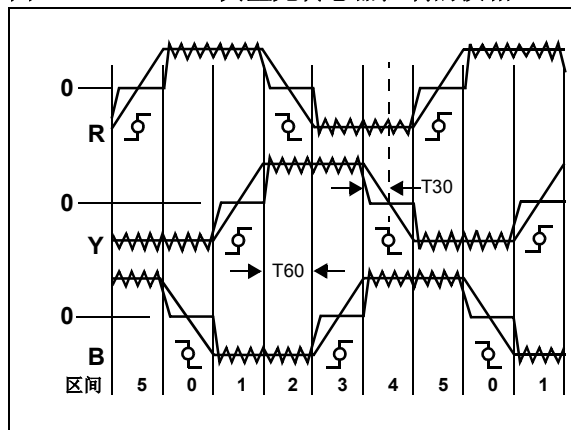
位置传感器增加了 BLDC 电机应用的成本。同时，在制造过程中需对位置传感器进行调整。然而，在相当多的应用中并不需要获取精确的转子位置。运行于恒速或调速范围有限的风机和压缩机电机即是这类应用的典型例子。在这些应用场合中，在未通电绕组上检测到的反电动势 EMF 可用作切换电机绕组 PWM 换相的控制信号。

图 2 显示了典型无传感器控制的换相原理图。在此方法中，每一个区间内对未通电绕组上的反电动势 EMF 电压进行检测。当此电压经过“中点”或“过零点”时，即检测到过零发生。控制算法即可知道此时位于 60 度电角度区间的中点且距离下一次换相还有 30 度电角度。每一个区间所需的时间（60 度电角度）称为 T60。当检测到过零点时，定时器将装载一个数值为 T60 的一半的设定值。当定时器发生超时，将产生中断并实现下一次绕组换相。此控制方法称为 BLDC 电机的无传感器控制。

例如，在区间 1 中，将监视 Y 绕组的过零点。当过零发生时，定时器将装入 T60 时间的一半作为设定值。当该定时器超时，绕组将按照前面介绍的方式进行换相。即 Y 绕组被驱动为高电平，B 绕组保持低电平而 R 绕组将不通电。

Microchip 已经发布两个关于无位置传感器 BLDC 控制的应用笔记：AN901，《dsPIC30F 在无传感器 BLDC 控制中的应用》，以及 AN992，《用 dsPIC30F2010 控制无传感器 BLDC 电机》。

图 2：典型无传感器控制的换相



dsPIC30F 应用笔记

以下是一些有关使用 dsPIC30F 实现 BLDC 电机控制的应用笔记，这些应用笔记将有助于用户快速开始开发 BLDC 电机控制项目。

AN957，《使用 dsPIC30F2010 控制带传感器的 BLDC 电机》

本应用笔记介绍了如何使用 28 引脚 dsPIC30F2010 实现带位置传感器 BLDC 电机的简单开环和闭环控制解决方案。在该方案中，使用上面介绍的六拍换相模式对具有位置传感器的 BLDC 电机进行控制。

本应用中使用的硬件平台为 PICDEM™ MC LV 开发板。只需微小改动，本应用笔记所述方案也可适用于 Microchip 的任何其他硬件平台（参见后续有关电机控制开发板的章节）。其中固件经过微小改动也可适用于任何 dsPIC30F 电机控制器件。

由于具有片内电机控制 PWM、霍尔传感器和 QEI 输入模块，以及可计算多重 PID 控制环的 DSP 引擎，因此 dsPIC30F2010 是本应用的理想控制器件。

AN901，《dsPIC30F 在无传感器 BLDC 控制中的应用》

本应用笔记介绍了如何使用前述的反电动势 EMF 检测技术实现无位置传感器 BLDC 电机控制。反电动势 EMF 电压经过分压衰减后送至 dsPIC® 数字信号控制器 (Digital Signal Controller, DSC) 的 ADC 输入端。随后使用高速 ADC 对过零事件进行检测。此技术提供了一种十分高效的控制方法来实现无位置传感器 BLDC 电机起动和运行，所需元器件数最少。应用中使用的是 dsPICDEM™ MC1 电机控制开发板配合 dsPICDEM MC1L 三相低压功率模块或 dsPICDEM MC1H 三相高压功率模块。

本应用中 MC1 开发板中使用 dsPIC30F6010 器件。此应用笔记中详细介绍了如何起动和运行无位置传感器的 BLDC 电机。然而，此控制方法适用于市场上所有的 BLDC 电机。应用笔记中提供了详细说明以帮助用户对起动和运行 BLDC 电机所需的 45 个参数进行配置。用户可通过 MC1 开发板上提供的 LCD 和按钮对全部 45 个用户参数进行设定。

固件支持四种不同的控制模式和两种起动模式。硬件驱动部分通过 37 引脚 D 型连接器连接至高电压或低电压功率模块，可适用于电压范围从 10 至 400 VDC 的 BLDC 电机。也可对固件进行修改以适用于其他任何 dsPIC30F 电机控制器件。

由于包括片内电机控制 PWM、霍尔传感器与 QEI 输入模块以及采样反电动势 EMF 和检测过零事件所需的快速 ADC，因此 dsPIC30F6010 是本应用的理想器件。可使用该款器件强大的 DSP 引擎计算多重 PID 控制环。

AN992，《用 dsPIC30F2010 控制无传感器 BLDC 电机》

此应用笔记中的解决方案在 AN901 的基础上更进一步，且提供了一种低成本和高效的实现方案。该解决方案基于目前最小的 dsPIC30F 电机控制器件，即 28 引脚 dsPIC30F2010，该芯片具有 12 K 字节程序存储器和 512 字节 RAM。应用中的硬件得到简化且使用单独的 PICDEM™ MC LV 开发板作为硬件开发平台。

由于 PICDEM MC LV 开发板不具有 LCD 且 dsPIC30F2010 的 I/O 数目有限，因此只能使用 PC 通过串口和超级终端链接进行 45 个用户参数的设定。

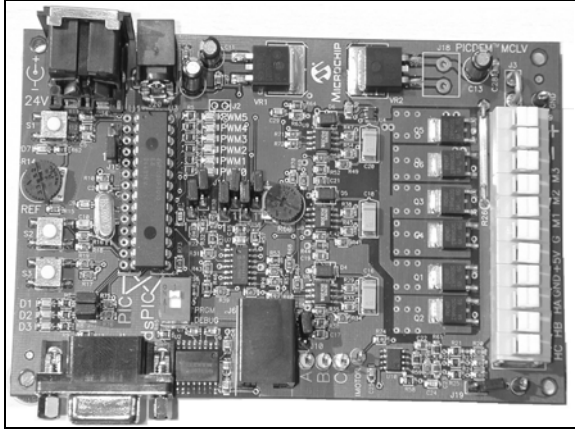
PICDEM MC LV 只能支持从 10 至 40 VDC 的电压范围，因此只有低压 BLDC 电机才能在此控制板上运行。然而，本应用中使用的技术可作进一步推广。如果要提供更高电压和电流的驱动器以支持高电压和高电流应用，则硬件稍加修改即可运行电压范围从 40V 至 400V DC 的 BLDC 电机。

由于片内包含电机控制 PWM、霍尔传感器与 QEI 输入模块以及采样反电动势 EMF 和检测过零事件所需的快速 ADC，因此 dsPIC30F2010 是本应用的理想器件。可使用该款器件强大的 DSP 引擎计算多重 PID 控制环。

用于控制 BLDC 电机的 dsPIC30F 硬件模块

Micorchip 提供数目众多的硬件工具来帮助用户实现自己的 BLDC 电机控制方案。

图 3: PICDEM™ MC LV 开发板



PICDEM MC LV 开发板

此板提供配置齐全的低电压开发平台（图 3），支持所有 28 引脚的 dsPIC30F 电机控制器件，包括 dsPIC30F2010、dsPIC30F3010 和 dsPIC30F4012。该板的硬件配置支持有位置传感器以及无位置传感器的 BLDC 电机控制应用。厂商发货的板支持额定电压为 24V 的电机；然而，板上硬件在 10V 至 40V 的电压范围内可容许电机电流达 4 A。

板上配置串口可实现与外部信号源的通信。板上提供了 MPLAB® ICD 2 在线调试器连接可用于编程和调试。同时提供了一个电位器以及两个开关分别用于速度调节和起 / 停控制。

板上配置的功率驱动器可直接驱动 BLDC 电机。低端的大功率电阻用于将电流和故障检测信号反馈至 dsPIC DSC。“PICDEM™ MC LV Development Board User's Guide”（DS51554）详细说明了该板的使用方法。

dsPICDEM MC1 电机控制开发板

dsPICDEM MC1 电机控制开发板（图 4）是一款基于 dsPIC30F6010 的通用开发板，可实现包括有位置传感器和无位置传感器 BLDC 电机在内的宽范围电机控制应用。开发板配置有 RS-232 串口和 CAN 端口以及用于编程和调试目的的 ICD 2 在线调试器连接。

板上配置有两行 20 字符 LCD 和 4 个 LED 用于显示目的。板上还提供 4 个按钮和 2 个电位器用于数据输入和反馈。多余的模拟和数字引脚则通过两个接头排引出。

由于板上未配置驱动电路，因此 MC1 开发板必须连接到外部驱动系统。应使用 37 引脚的 D 型连接器连接 MC1 开发板和 dsPICDEM MC1H 三相高压模块（图 5）或 dsPICDEM MC1L 三相低压模块（图 6）。D 型连接器经过光电隔离连接至外部电路，因此可实现安全、电气隔离的高压驱动（400 VDC）。

可使用 dsPICDEM MC1 电机控制开发板配合 dsPICDEM MC1H 三相高压功率模块驱动高压 BLDC 电机。有关开发板性能和功能的详细说明，可参见“dsPICDEM™ MC1 Motor Control Development Board User's Guide”（DS70098）。

图 4: dsPICDEM™ MC1 电机控制开发板

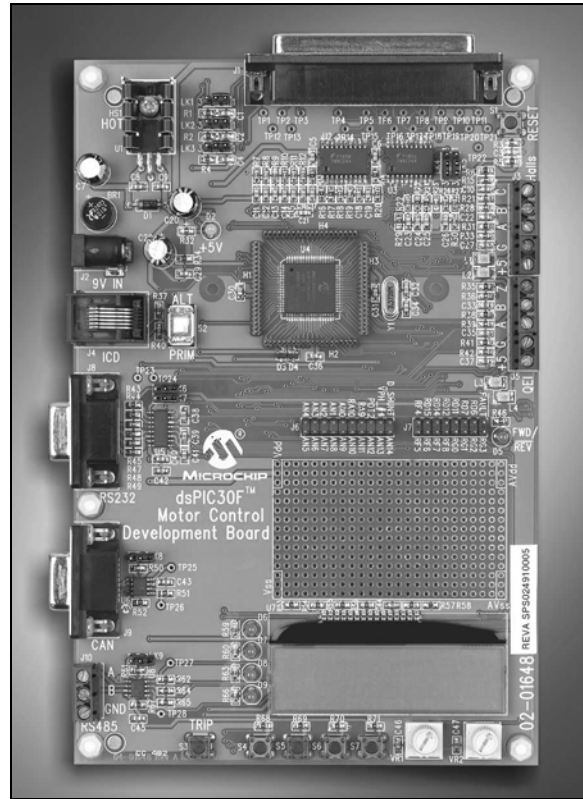


图 5: dsPICDEM™ MC1H 三相 HV 模块



dsPICDEM MC1H 三相高压功率模块

将高压模块（图 5）连接至 MC1 开发板将形成一个高压 BLDC 电机控制系统。dsPICDEM MC1H 三相高压功率模块可提供高压隔离以及故障、过电流和过电压保护功能。通过快速电流传感器对每一相电流进行检测并在故障条件发生时通过可靠的闭锁电路网络禁止输出。该保护功能在代码开发阶段是十分必要的，可以避免软件中的疏忽造成驱动电路意外损坏。

高压模块对 110 VAC 的单相墙式输入电压进行整流以产生 165 VDC 的 DC 总线电压。也可对 220 VAC 的单相墙式输入电压进行整流以产生 330 VDC 的 DC 总线电压。然后对此 DC 总线电压进行转换以驱动三相电机。

此硬件可用于驱动 ACIM 和 BLDC 电机。有关开发板性能和功能的详细说明，可参见“dsPICDEM™ MC1H 3-Phase High-Voltage Power Module User's Guide”（DS70096）。

图 6: dsPICDEM™ MC1L 三相 LV 模块



dsPICDEM MC1L 三相低压功率模块

将低压模块（图 6）连接至 MC1 开发板将形成低压 BLDC 电机控制系统。dsPICDEM MC1L 三相低电压功率模块可提供电压隔离以及故障、过电流、过电压保护功能。通过快速电流传感器对每一相电流进行检测并在故障条件发生时通过可靠的闭锁电路网络禁止输出。该保护功能在代码开发阶段是十分必要的，可以避免软件中的疏忽造成驱动电路意外损坏。

DC 电压由外部电源提供。然后对此 DC 总线电压进行转换以驱动三相电机。

此硬件可用于驱动三相低压 BLDC 电机。有关开发板性能和功能的详细说明，可参见“dsPICDEM™ MC1L 3-Phase Low-Voltage Power Module User's Guide”（DS70097）。

基于 dsPIC30F 器件的不同 BLDC 电机控制硬件平台

用户可按照选型一览表（表 1）选取不同的 Microchip 硬件平台以满足特定的应用需要。注意，尽管给定硬件平台所支持的 dsPIC DSC 器件数目有限，但用户可根

据自己应用的需求构建基于 dsPIC30F 电机控制器件的子板并将其接插到 PICDEM MC LV 或 MC1 开发板中的插槽或接头引脚。

表 1： 选型一览

BLDC 电机类型	工作电压范围 (VDC)	功率范围 (瓦)	应用笔记	推荐使用的硬件平台	所支持的 dsPIC30F 器件
有传感器	10 至 40	50 至 200	AN957	PICDEM™ MC LV	dsPIC30F2010 dsPIC30F3010 dsPIC30F4012
有传感器	40 至 400	最高达 800	AN957	MC1 和高压功率模块	dsPIC30F6010
有传感器	10 至 48	最高达 600	AN957	MC1 和低压功率模块	dsPIC30F6010
无传感器	10 至 40		AN992	PICDEM MC LV	dsPIC30F2010 dsPIC30F3010 dsPIC30F4012
无传感器	40 至 400	最高达 800	AN901	MC1 和高压功率模块	dsPIC30F6010
无传感器	10 至 48	最高达 600	AN901	MC1 和低压功率模块	dsPIC30F6010
无传感器	40 至 400	按照用户设计	AN992	PICDEM MC LV（可根据用户设计将其修改为支持高电压）	dsPIC30F2010 dsPIC30F3010 dsPIC30F4012

订购信息和编号

PICDEM™ MC LV 开发板：DM183021

电源（可选）：AC002013

电机（配电缆）：AC300020

“PICDEM™ MC LV Development Board User’s Guide”（DS51554）

dsPICDEM™ MC1 电机控制开发板：DM300020

“dsPICDEM™ MC1 Motor Control Development Board User’s Guide”（DS70098）

dsPICDEM™ MC1H 三相高压功率模块：DM300021

“dsPICDEM™ MC1H 3-Phase High-Voltage Power Module User’s Guide”（DS70096）

dsPICDEM™ MC1L 三相低压功率模块：DM300022

“dsPICDEM™ MC1L 3-Phase Low-Voltage Power Module User’s Guide”（DS70097）

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。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、rfPIC 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、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、Mindi、MiWi、MPASM、MPLIB、MPLINK、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 ZENA 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。

© 2006, 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、位于俄勒冈州 Gresham 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通过了 ISO/TS-16949:2002 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://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 - 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: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

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

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

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7250
Fax: 86-29-8833-7256

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: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

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

韩国 Korea - Gumi
Tel: 82-54-473-4301
Fax: 82-54-473-4302

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

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-646-8870
Fax: 60-4-646-5086

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: 43-7242-2244-399
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 - Munich
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 - Druenen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

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

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820