采用dsPIC33CK进行双电机控制白皮书

作者： *Srisairam Gaarlapati*
Microchip Technology Inc.

简介

Microchip最近发布了高性能dsPIC33C系列DSC，它采用带数字信号处理（Digital Signal Processing，DSP）引擎的dsPIC33“C”内核，具有可缩短中断响应延时的扩展现场选择寄存器、可加速DSP性能的新指令、紧密耦合的外设以及有助于实现复杂的高速控制环的更快执行速度。dsPIC33C系列DSC具有100 MIPS的性能，可为dsPIC33E和dsPIC33F DSC的用户提供升级途径来开发更复杂的应用，例如双电机控制或同时进行电机控制和功率因数校正（Power Factor Correction，PFC）。

本白皮书介绍了采用单个dsPIC33CK器件系列DSC实现两个（双）永磁同步电机（Permanent Magnet Synchronous Motor，PMSM）的无传感器磁场定向控制（Field-Oriented Control，FOC）。供暖、通风和空调（Heating, Ventilating and Air Conditioning，HVAC）系统等许多对成本敏感的应用都使用变速驱动器（Variable Speed Drive，VSD），以便控制多个电机来管理压缩机和风扇。大多数设计都需要为每个电机提供单独的控制器，但借助Microchip的dsPIC33CK系列DSC，可为两个PMSM电机高效地执行无传感器FOC算法。本文档重点介绍双电机控制的实现，因此没有详细说明无传感器电机控制或电机控制理论。有关更多详细信息，请参见参考资料中提到的文档。

dsPIC33CK DSC器件的特性

Microchip的dsPIC33CK数字信号控制器（Digital Signal Controller，DSC）系列具有单个100 MIPS、16位dsPIC® DSC内核，集成了DSP和增强型片上外设。借助这些DSC，可以设计出高性能、高精度的电机控制系统，这些系统的运行更节能、更安静，并且电机使用寿命更长。它们可用于控制BLDC、PMSM、ACIM、SR和步进电机。dsPIC33CK DSC器件提供从28引脚到80引脚的不同引脚数。

双电机控制的要求如下：

1. 最少需要48个引脚。
2. 6个PWM发生器（12个互补输出）。
3. 3个ADC内核。

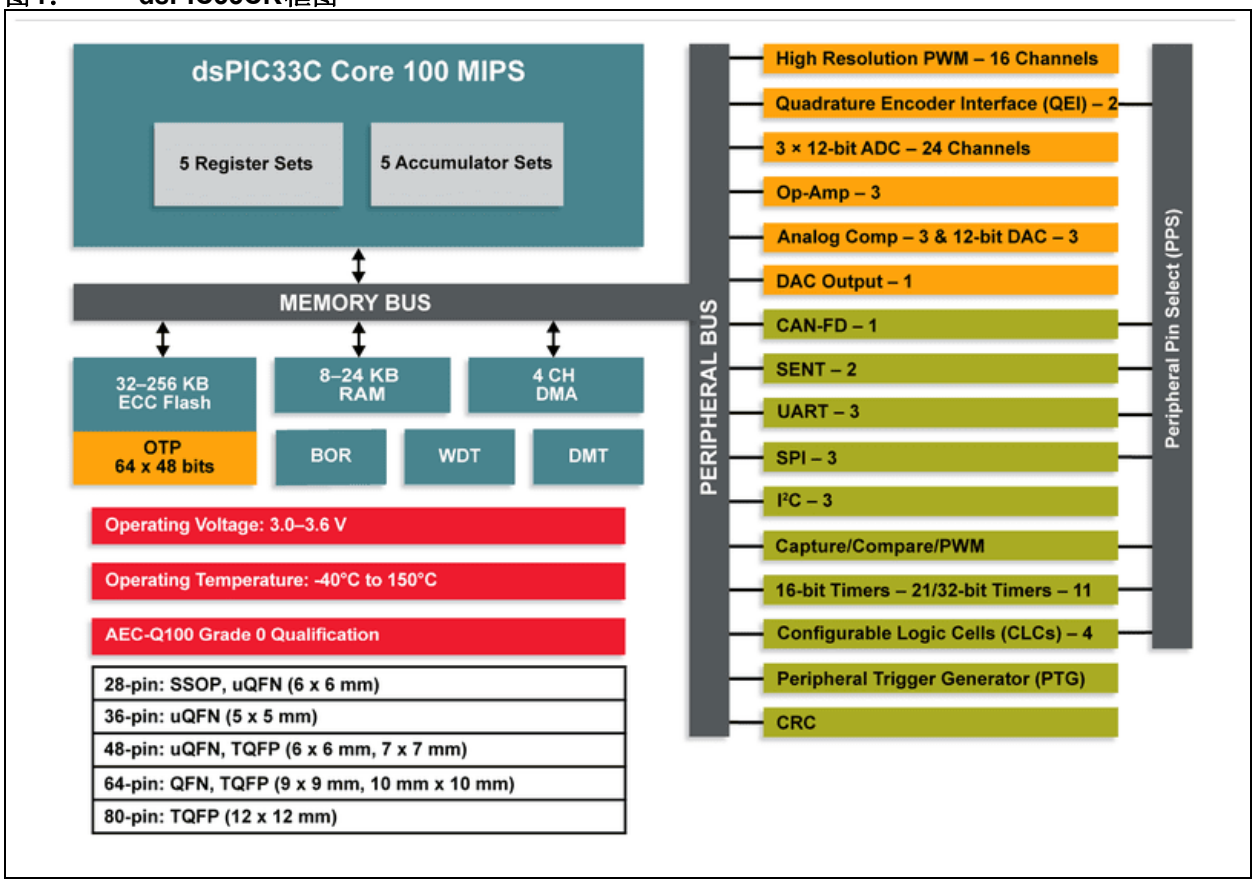
图1给出了dsPIC33CK DSC框图。

dsPIC33CK DSC的主要特性包括：

- 3.0V至3.6V，-40°C至+150°C，DC至100 MIPS的工作性能
- 8个独立的PWM对（总共16个输出），最佳分辨率为250 ps
- 用于ADC触发的灵活PWM模块触发配置
- 故障输入和限流输入
- 3个12位、3.5 Msps ADC模块，每个模块具有2个专用SAR和1个共用SAR内核（3个S&H）
- 最多3个内部连接到ADC模块的运放
- 2个用于支持光学编码器的正交编码器接口（Quadrature Encoder Interface，QEI）模块
- 10个16位定时器/计数器（最多4个32位）
- 片上8 MHz快速RC（Fast RC，FRC）和32 kHz低功耗RC（Low-Power RC，LPRC）振荡器
- 3个UART（15 Mbps），支持自动处理LIN/J2602、DMX和IrDA®协议
- 3个4线SPI/I^2S，最高50 MHz，具有专用引脚
- CAN灵活数据速率（CAN FD）模块（仅限dsPIC33CKXXXMP50X器件）
- 高效代码型（C和汇编语言）CPU架构，专为实时应用设计
- 不同的功能安全硬件特性，例如多个冗余时钟源、I/O端口读回、模拟外设冗余、窗口看门狗定时器、程序监控定时器、RAM BIST、硬件陷阱和ECC闪存

© 2020 Microchip Technology Inc.

图1：　　dsPIC33CK框图



© 2020 Microchip Technology Inc.

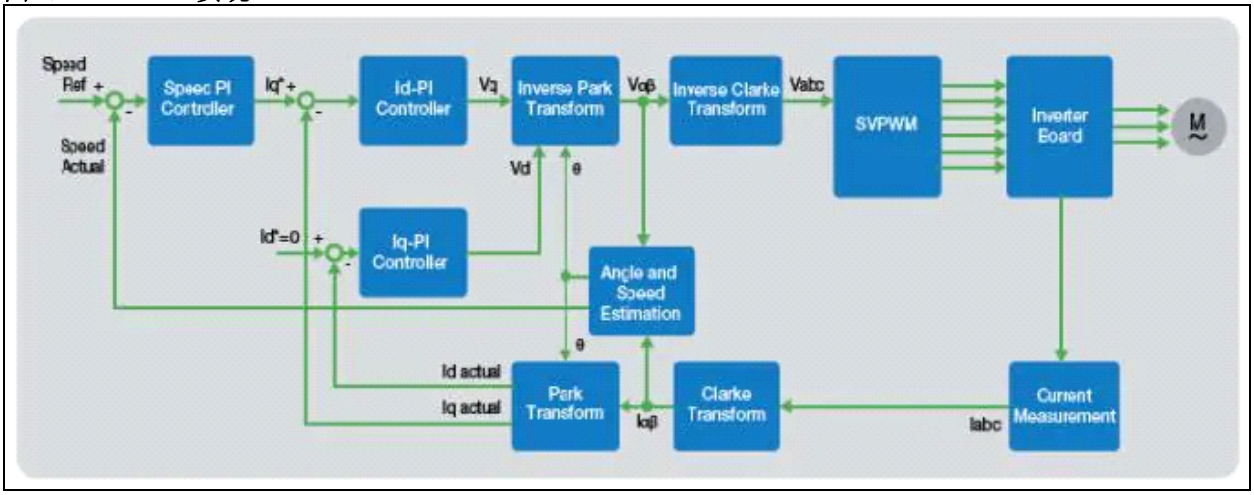
双电机控制

在双电机控制中，单个DSC内核独立控制两个电机。在这种模式下，可以同时执行两个电机的FOC算法。

无传感器磁场定向控制

下面的图2给出了PMSM电机的无传感器FOC实现。

图2： FOC实现



无传感器FOC算法的目标是独立控制电流的转矩和磁通分量，而无需使用转子位置或速度传感器。

先看一下磁场定向控制的不同分量：

- 我们从此框图的右侧开始，首先测量两相（Ia和Ib）的电流。
- 接着通过使用Clarke变换，将这两个电流从3相变换为2相静止坐标系（称为Ialpha和Ibeta）。
- 通过使用Park变换，将电流从静止参考坐标系（Ialpha和Ibeta）变换为旋转参考坐标系（Id和Iq）。这种变换需要使用通过“角度和速度估算”得出的转子磁通角。无传感器FOC不需要速度或位置传感器。
- 产生的变换电流负责产生磁通量（Id）和产生转矩（Iq）。
- Ialpha、Ibeta、Valpha和Vbeta用于估算电机的位置和速度。
- 将参考速度和估算速度之间的速度误差馈入PI控制器。PI控制器的输出为参考（Iq），它负责产生转矩。
- 由于本示例中未实现弱磁，因此参考磁通电流分量Id保持为0。
- 转矩和磁通也可以通过电流PI控制器进行补偿。
- 在旋转参考坐标系中计算得出的D和Q电压（电流PI控制器的输出）使用可生成Valpha和Vbeta的Park逆变换模块变换回静止参考坐标系。
- Valpha和Vbeta（Park逆变换模块的输出）通过Clarke逆变换模块从静止参考坐标系变换回三相电压Vabc。
- 可使用一种称为空间向量调制的调制技术基于三相电压Vabc来计算驱动功率逆变器和电机的PWM占空比。

系统概述

本节将讨论双电机控制所需的不同外设。如图3所示，每个电机都由自己的逆变器控制。无需向两个逆变器施加相同的直流母线电压。对于每个逆变器，需要三个PWM发生器（对）来将栅极脉冲提供给MOSFET，因此对于双电机控制，共需要六个PWM发生器（对）。相电流通过下桥臂电流检测电阻和高速运放检测。dsPIC33CK具有三个内部运放，每个运放的输出直接连接到模拟通道。对于每个逆变器，至少需要测量两相电流才能运行FOC算法，并且需要测量直流母线电流以提供过流保护。dsPIC33CK上的全部三个运放均用于控制第一个电机，检测电机的两相电流，并检查母线过流情况。对于第二个电机，开发板上的三个运放用于相同的用途，它们的输出直接输入到dsPIC33CK 的ADC中。测量直流母线电压的目的是进行过压保护并补偿直流母线电压变化。控制单个电机需要四个ADC通道，因此控制两个电机共需要八个ADC通道。通过UART与主机PC通信。

一个独立的定时器用于用户接口、任务调度和定期任务实现。

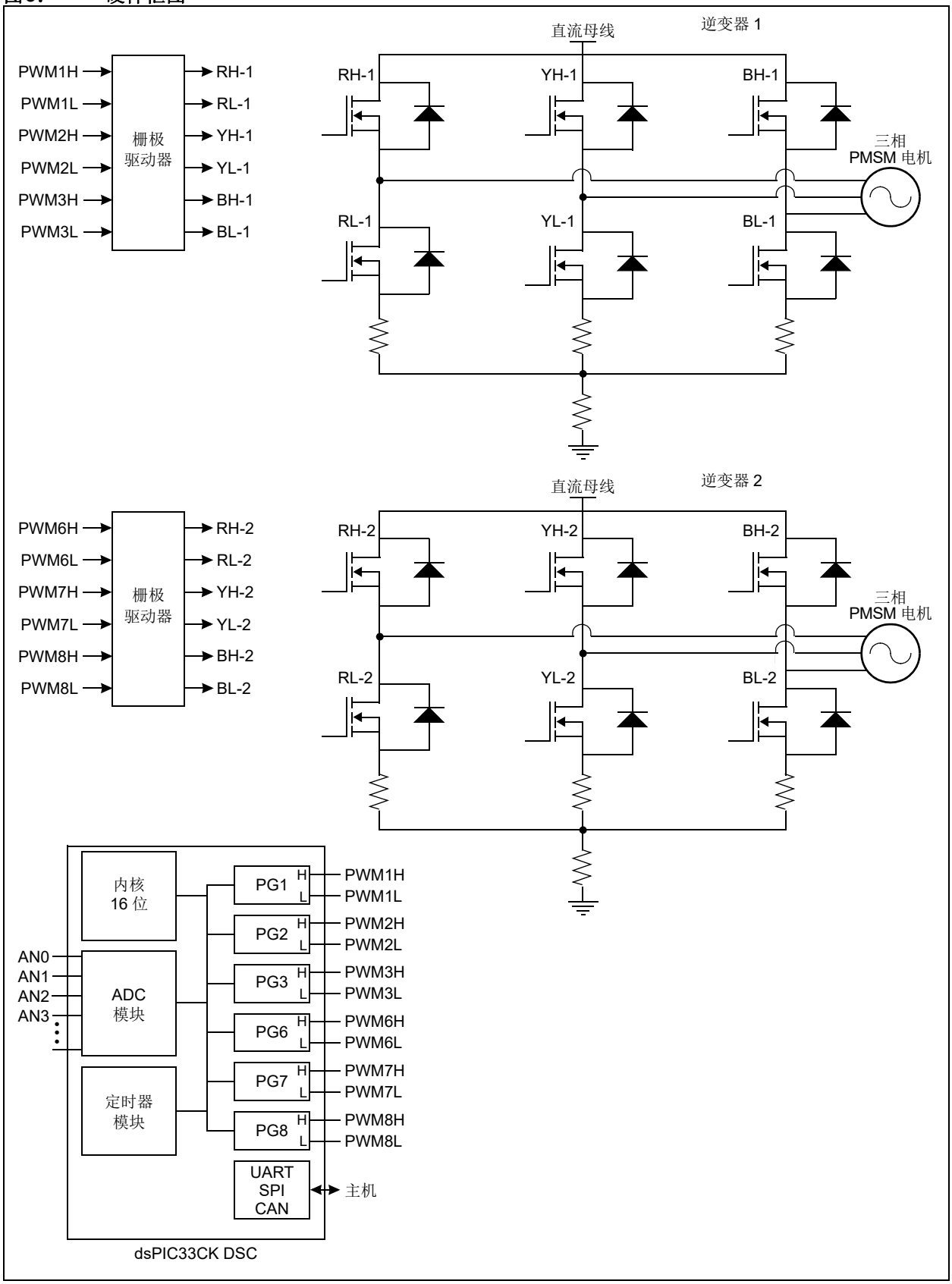
如表1所示，MC1和MC2使用以下PWM发生器。

表1： PWM发生器

电机	PWM发生器
逆变器1（MC1）	PWM1H/L、PWM2H/L和PWM3H/L
逆变器2（MC2）	PWM6H/L、PWM7H/L和PWM8H/L

© 2020 Microchip Technology Inc.

图3：　　硬件框图


直流母线
逆变器 1
PWM1H
PWM1L
PWM2H
PWM2L
PWM3H
PWM3L
栅极
驱动器
RH-1
RL-1
YH-1
YL-1
BH-1
BL-1
三相
PMSM 电机
直流母线
逆变器 2
PWM6H
PWM6L
PWM7H
PWM7L
PWM8H
PWM8L
栅极
驱动器
RH-2
RL-2
YH-2
YL-2
BH-2
BL-2
三相
PMSM 电机
内核
16 位
AN0
AN1
AN2
AN3
ADC
模块
定时器
模块
PG1
PG2
PG3
PG6
PG7
PG8
H
L
PWM1H
PWM1L
PWM2H
PWM2L
PWM3H
PWM3L
PWM6H
PWM6L
PWM7H
PWM7L
PWM8H
PWM8L
UART
SPI
CAN
主机
dsPIC33CK DSC

实现挑战

时序和中断服务程序（ISR）

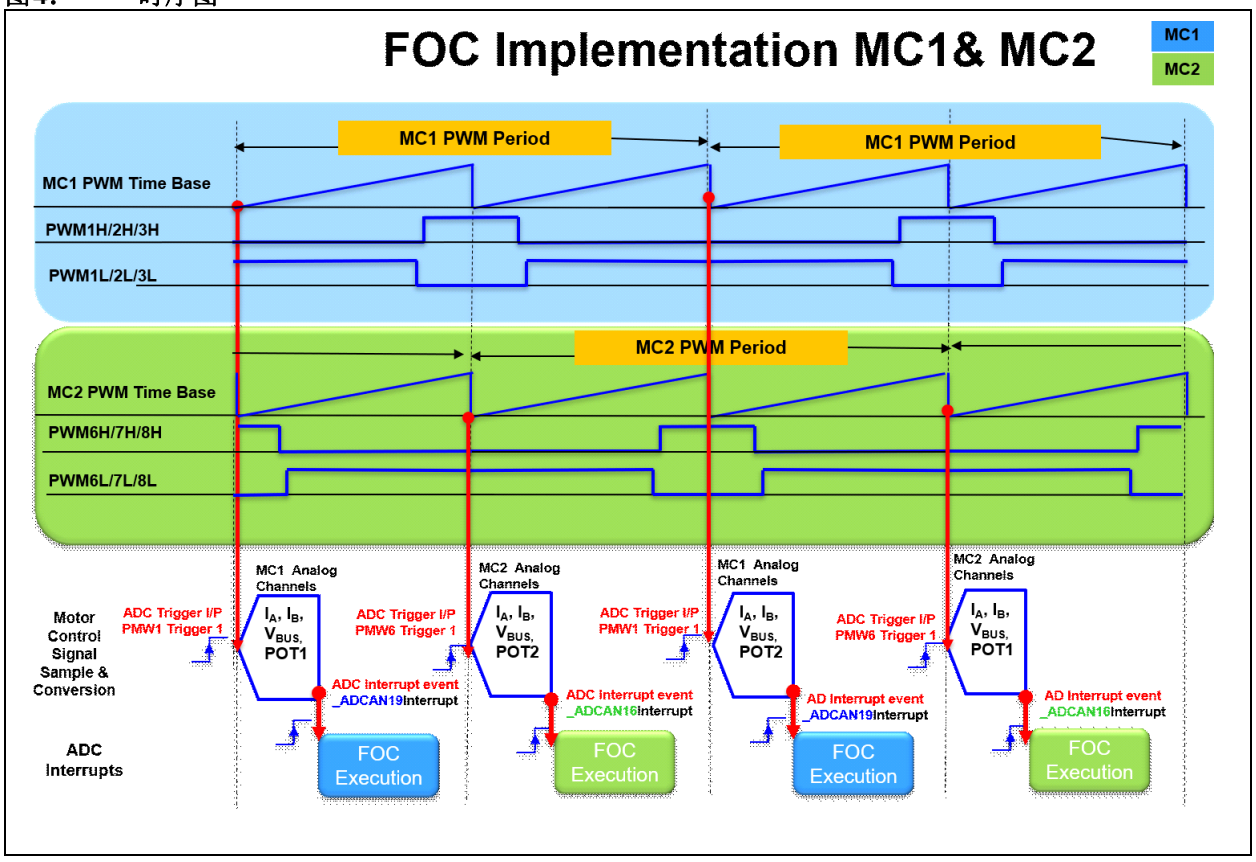
固件执行和ADC转换的时序在电机控制应用中十分重要。相电流应在其零向量的中点采样，这可使ADC读数不受任何开关谐波电流的影响。如果电流检测电阻与下桥臂串联，则该状态下的零向量定义为000，此时所有下桥臂开关均导通。

为有效利用处理器速度，两个逆变器（MC1和MC2）的PWM信号进行了相移，大小为PWM周期的一半。此相移为两个电机分配了FOC算法的执行时间，以消除所有重叠。此外，该相移还减少了直流母线上的电流纹波。这种方法对每个电机的FOC算法计算进行序列化，可优化处理器处理时间。

PWM配置为以中心对齐PWM模式工作，以生成互补波形并正确触发ADC。每个PWM发生器可触发多个ADC。每个PWM发生器可生成两个ADC触发信号：ADC触发信号1和ADC触发信号2。PWM1触发信号1用于触发与逆变器1（MC1）对应的模拟通道，而PWM6触发信号1用于触发与逆变器2（MC2）对应的模拟通道。

在dsPIC33CK器件中，ADC模块可基于各种源为每个模拟通道单独产生中断。一旦完成了针对逆变器1的ADC转换，便会产生ADC中断，并在ISR中执行FOC算法。同样，一旦完成了针对逆变器2的ADC转换，就会产生另一个ADC中断，并在另一个ISR中执行FOC算法。图4给出了MC1和MC2的PWM相移和中断事件产生情况。

图4：　　时序图

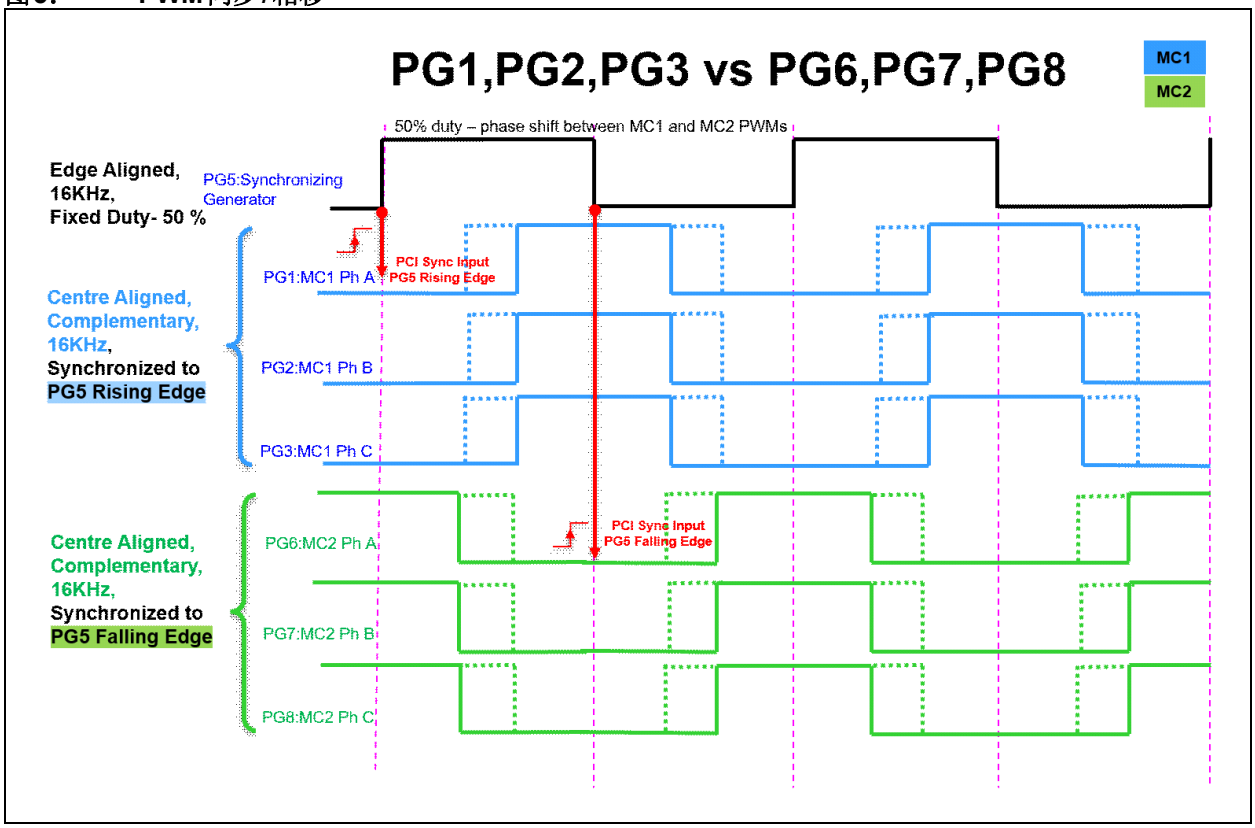


© 2020 Microchip Technology Inc.

PWM同步

逆变器1的PWM发生器生成具有同步周期（同步运行）的PWM输出。同样，逆变器2的PWM发生器也生成具有同步周期的PWM输出。每个PWM发生器必须接收到周期开始（Start-of-Cycle，SOC）触发信号才能开始PWM周期。PWM发生器四个为一组：PG1-PG4和PG5-PG8。一组四个中的任一发生器都可用来触发同一组中的另一个发生器。PWM1发生器充当“主模块”，为PWM2和PWM3发生器（用于MC1）提供触发信号。PWM6发生器充当“主模块”，为PWM7和PWM8发生器（用于MC2）提供触发信号。PWM5发生器用于在MC1和MC2 PWM发生器之间产生相移[50%占空比]。这是通过使用PCI同步逻辑来实现的。图5说明了MC1和MC2的PWM生成，以及如何使用PWM5对两个逆变器的PWM进行相移。

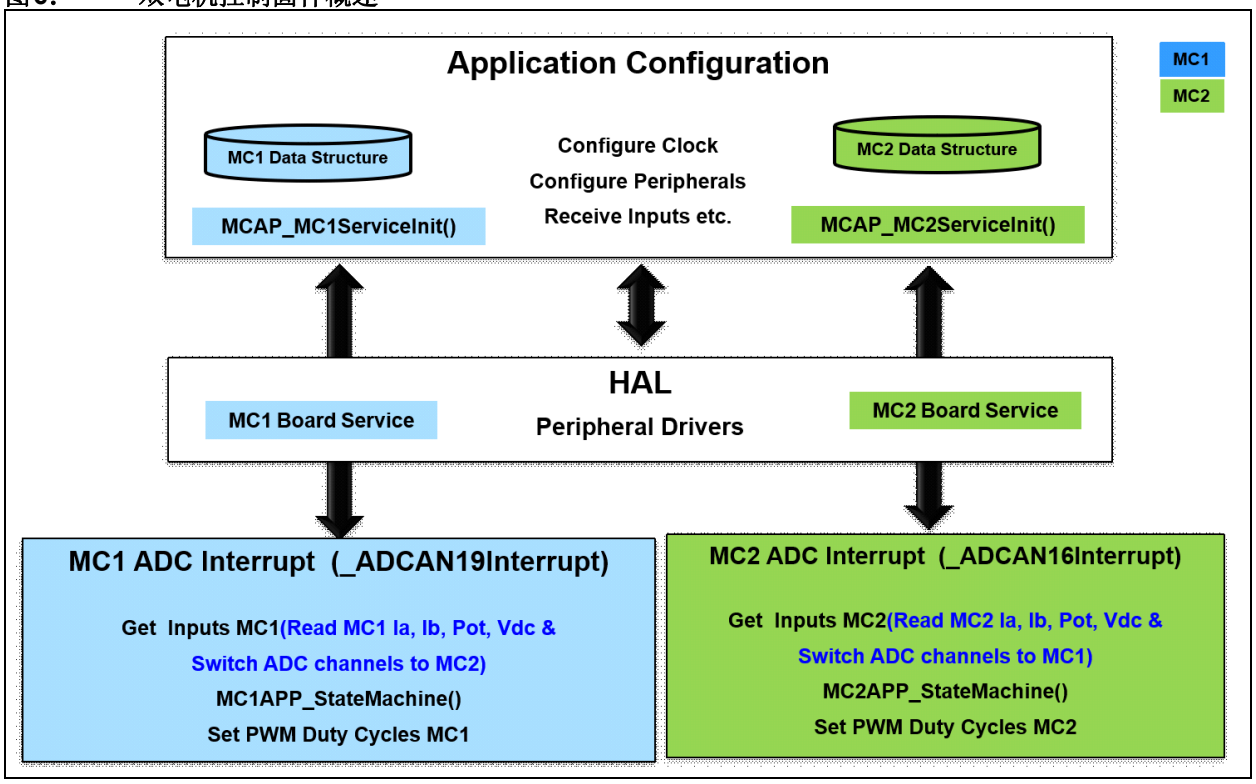
图5：　　PWM同步/相移



固件实现

下面的图6给出了固件实现。

图6：　　双电机控制固件概述



© 2020 Microchip Technology Inc.

应用

尽管存在多个双电机控制用例，但本节将以两个应用为例来介绍如何使用单核dsPIC33CK DSC实现双电机控制。

空调

空调是高能耗的负载，因此，节能是大多数空调制造商的首要任务。通过对基于PMSM的压缩机和冷凝器风扇使用基于逆变器的变速驱动器（VSD），可以实现高能效。凭借VSD和无刷电机的无传感器磁场定向控制（FOC），电器能够以最佳速度（功率）设置运行，因此与基于传统定速单相交流感应电机（AC Induction Motor，ACIM）的压缩机和冷凝器风扇相比，节能效果更好。

对于空调，可以使用80引脚dsPIC33CK256MP508 DSC器件为两个电机选择以下PWM发生器和ADC输入。

表2：　　空调——压缩机

压缩机		
信号	**dsPIC® DSC引脚**	**功能**
PWMRH	1	PWM1H
PWMRL	3	PWM1L
PWMYH	78	PWM2H
PWMYL	80	PWM2L
PWMBH	73	PWM4H
PWMBL	74	PWM4L
IPHASEA_MA	16	OA1OUT
IPHASEB_MA	41	OA2OUT
IBUS_MA	23	OA3OUT
V_{BUS}	15	AN12

表3：　　空调——风扇

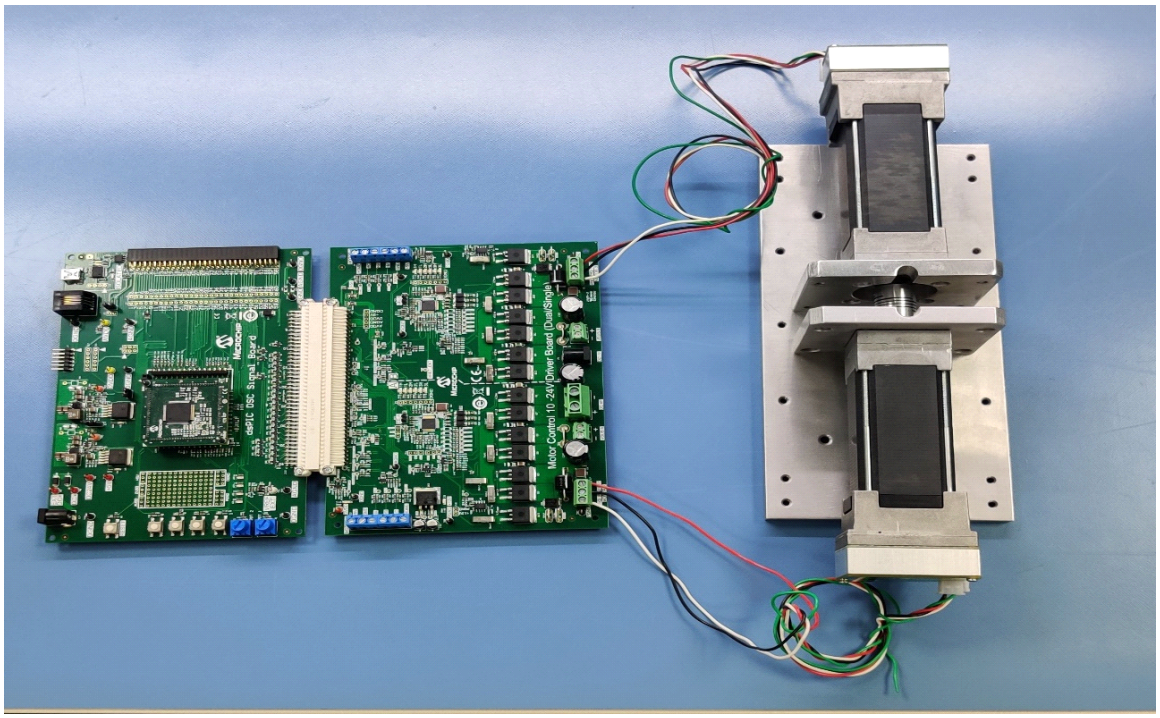
风扇		
信号	**dsPIC® DSC引脚**	**功能**
PWMRH	7	PWM6H
PWMRL	8	PWM6L
PWMYH	66	PWM7H
PWMYL	67	PWM7L
PWMBH	5	PWM8H
PWMBL	6	PWM8L
IPHASEA_MB	58	AN2
IPHASEB_MB	60	AN10
IBUS_MB	38	AN18
V_{BUS}	61	AN11
V_A	33	AN15
V_B	40	AN16
V_C	30	AN17

有源负载

作为双电机控制示例介绍的第二个应用称为“有源负载”。在对电机进行负载测试时，测试的主要目的是要验证电机产生的转矩与铭牌参数（例如马力/千瓦、速度、电压和电流）是否对应。负载测试最常用的方法是使用测功机。尽管测功机具有许多优点和灵活性，但其缺点是非常昂贵，并且成本随着功率等级的提高而进一步增加。另一个缺点是功率在测功机中以热量形式散发。通过使用有源负载机制可以克服这两个缺点。

在这种配置中，两个电机耦合在一起。主电机以电动机模式运行，而辅助电机以再生制动模式运行（作为主电机的负载）。应将相同的直流母线电压连接到两个逆变器，以便将辅助电机再生的功率反馈到主电机，而惟一的损耗由输入直流电源消耗。在这种配置中，主电机以速度控制模式运行，而辅助电机以转矩控制模式运行，其中“iq”参考转矩为负。通过更改负“iq”参考电流的幅值，可以改变主电机上的负载。

图7：　dsPIC33CK内部运放电机控制PIM（MA330041-2）和MICROCHIP低电压电机控制捆绑工具包（DV330100）上运行的有源负载设置



© 2020 Microchip Technology Inc.

图8和图9给出了以有源负载设置运行的电机设置的测试结果。MC1（电机）和MC2（制动器）这两个逆变器使用相同的输入直流电源。如图8所示，当MC2自由运行（不作为制动器运行）时，MC1消耗的电流较少。在相同的速度下，当MC2 以再生制动模式工作时，MC1消耗的电流较多，如图9所示。要使MC2以再生制动模式工作，需给定负iq参考转矩电流。MC2的再生功率反馈给MC1，因此惟一的损耗由直流输入电源消耗。

请注意，用于将两个电机耦合在一起的固定装置（如图7）不是Microchip提供的标准设置。

图8：　　MC2不工作时的波形

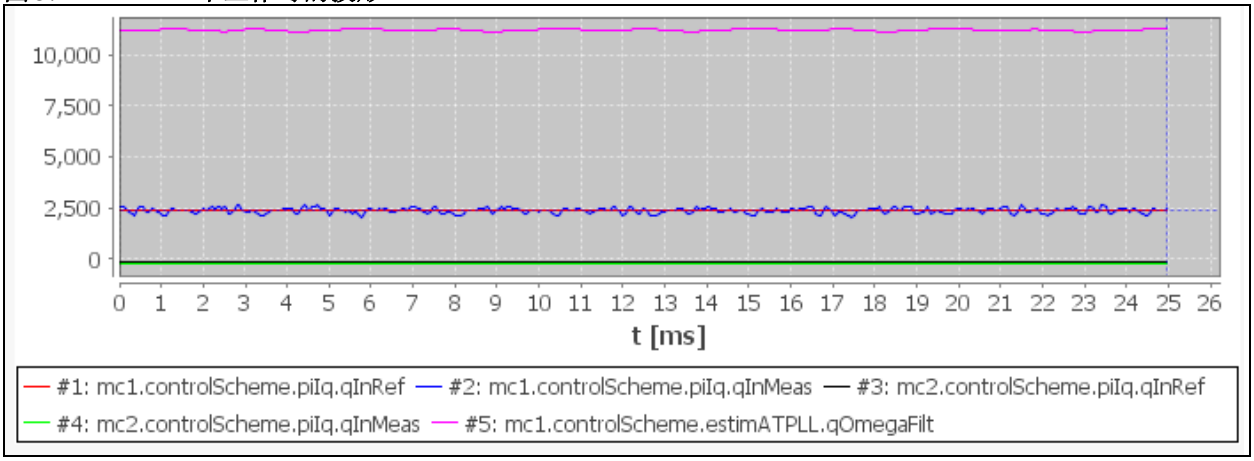
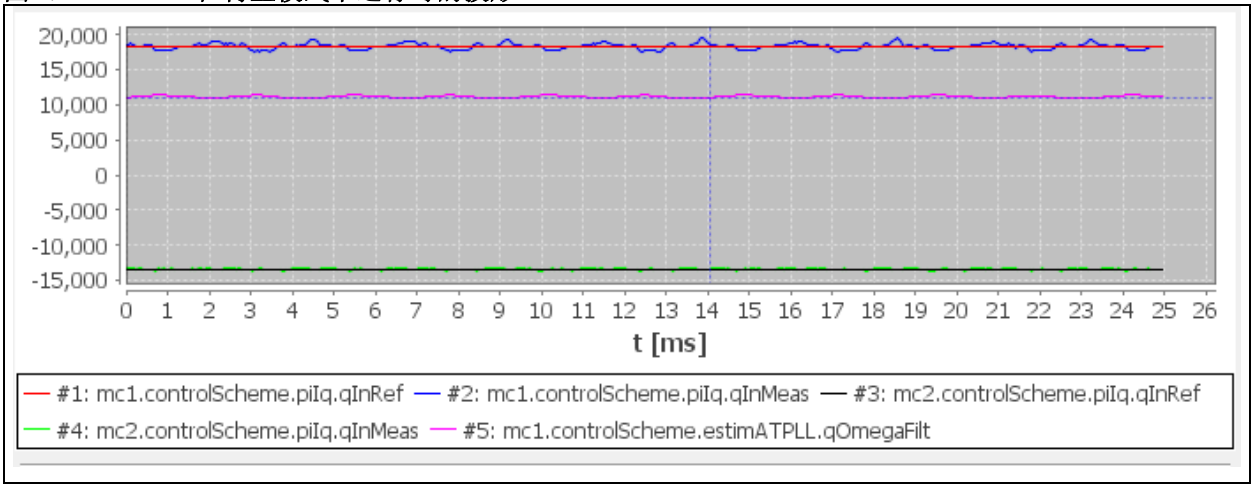


图9：　　MC2在再生模式下运行时的波形



开发工具

Microchip提供的低电压电机控制开发捆绑工具包（DV330100）用于评估和开发双电机控制功率级，旨在同时驱动两个无刷直流（Brushless DC，BLDC）电机或永磁同步电机（PMSM）。该捆绑工具包包含dsPIC DSC信号板、dsPIC DSC接插模块（Plug-In Module，PIM）和电机控制10-24V驱动板。

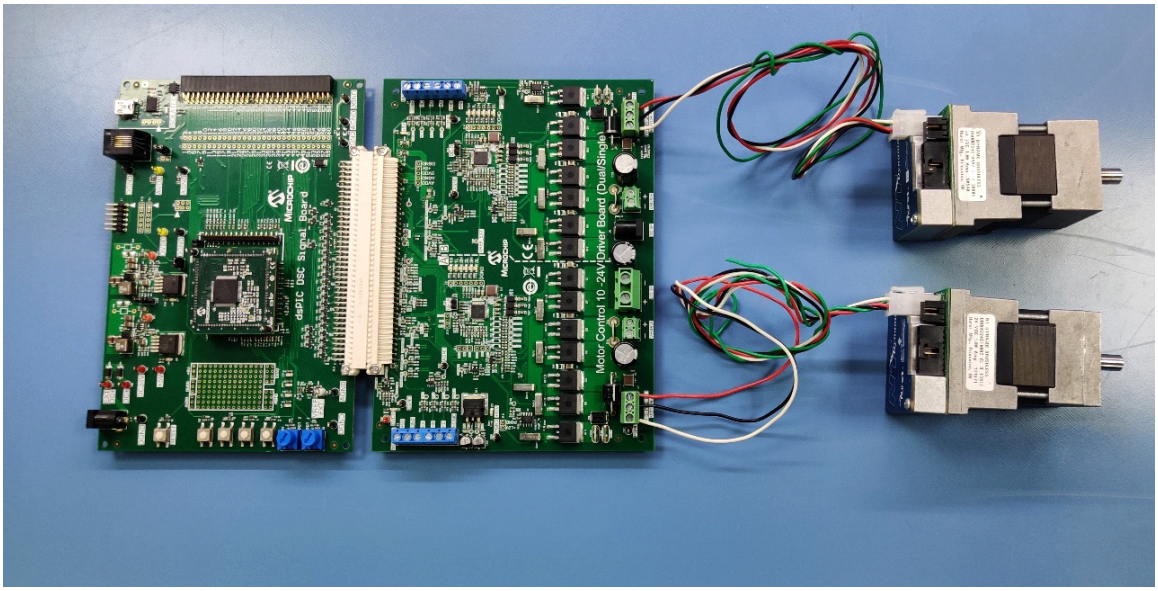
dsPIC DSC信号板支持3.3V和5V dsPIC DSC器件，适用于各种应用，且具有多种人机接口功能和通信端口。dsPIC信号板有两个主要连接器，一个是与驱动板配套的120引脚连接器，另一个是用于PIM的100引脚连接器。

电机控制10V-24V驱动板与兼容的dsPIC DSC信号板一起提供了一个软件开发平台，能够使用Microchip的高性能电机控制数字信号控制器（DSC）和单片机（MCU）编译和评估嵌入式电机控制应用软件。

dsPIC33CK256MP508内部运放电机控制PIM（MA330041-2）需单独订购，它支持双电机控制，并且与低电压电机控制开发捆绑工具包（DV330100）兼容。

应用固件专为使用dsPIC33CK256MP508内部运放电机控制PIM（MA330041-2）和低电压电机控制捆绑工具包来控制两个单独订购的Hurst 0.75电机（AC300020）而开发。

图10：　使用低电压电机控制捆绑工具包（DV330100）和双HURST电机的双电机控制



© 2020 Microchip Technology Inc.

参考资料

1. 《dsPIC® DSC信号板用户指南》（DS50002263B_CN），Microchip Technology Inc., 2014。
2. 《电机控制10-24V驱动板（双/单）用户指南》（DS50002261A_CN），Microchip Technology Inc., 2014。
3. 《支持内部运放配置的dsPIC33CK256MP508电机控制接插模块（PIM）信息手册》（DS50002756A_CN），Microchip Technology Inc., 2019。
4. 《dsPIC33CK256MP508系列数据手册》（DS70005349E_CN），Microchip Technology Inc., 2019。
5. 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），Microchip Technology Inc., 2010。

注：

© 2020 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规范。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下， Microchip 系列产品非常安全。
- 目前，仍存在着用恶意、甚至是非法的方法来试图破坏代码保护功能的行为。我们确信，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。这种试图破坏代码保护功能的行为极可能侵犯 Microchip 的知识产权。
- 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。

本出版物中提供的信息仅仅是为方便您使用 Microchip 产品或使用这些产品来进行设计。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 “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，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 www.microchip.com/quality。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、 chipKIT 徽标、 CryptoMemory、 CryptoRF、 dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、 LANCheck、LinkMD、 maXStylus、 maXTouch、MediaLB、megaAVR、 Microsemi、 Microsemi 徽标、 MOST、MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PackeTime、 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、 IntelliMOS、 Libero、 motorBench、mTouch、 Powermite 3、 Precision Edge、 ProASIC、 ProASIC Plus、 ProASIC Plus 徽标、 Quiet-Wire、 SmartFusion、SyncWorld、 Temux、 TimeCesium、 TimeHub、 TimePictra、TimeProvider、 WinPath 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、 CodeGuard、 CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、 CryptoCompanion、 CryptoController、dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 INICnet、 Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、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、SMART-I.S.、storClad、SQI、 SuperSwitcher、 SuperSwitcher II、 Switchtec、SynchroPHY、 Total Endurance、 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。

© 2020, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN：978-1-5224-7239-1

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

© 2020 Microchip Technology Inc.