

使用超低功耗PIC24F单片机 进行VBAT仿真

作者: *Ranjani Sundaresh*
Microchip Technology Inc.

简介

本文档介绍了一种在不支持片上VBAT功能的器件中切换主电源与备用电池（VBAT）的方法，即VBAT仿真。这种方法通过使用PIC24F超低功耗（eXtreme Low-Power, XLP）单片机上提供的一些独立于内核的外设（Core-Independent Peripherals, CIP），再搭配少量外部无源元件来实现。本文档所述的VBAT仿真模式具备相当出色的低功耗性能，附加成本也非常低，使用任何一款PIC24F XLP单片机都可以实现。

本文档所述的应用包含以下两个电源：

- 主电源
- 备用电源

在大多数情况下，应用会使用主电源。主电源负责提供整个应用运行所需的电流。在没有主电源的情况下，备用电源充当辅助电源。备用电源可以是电池、纽扣电池或超级电容等。

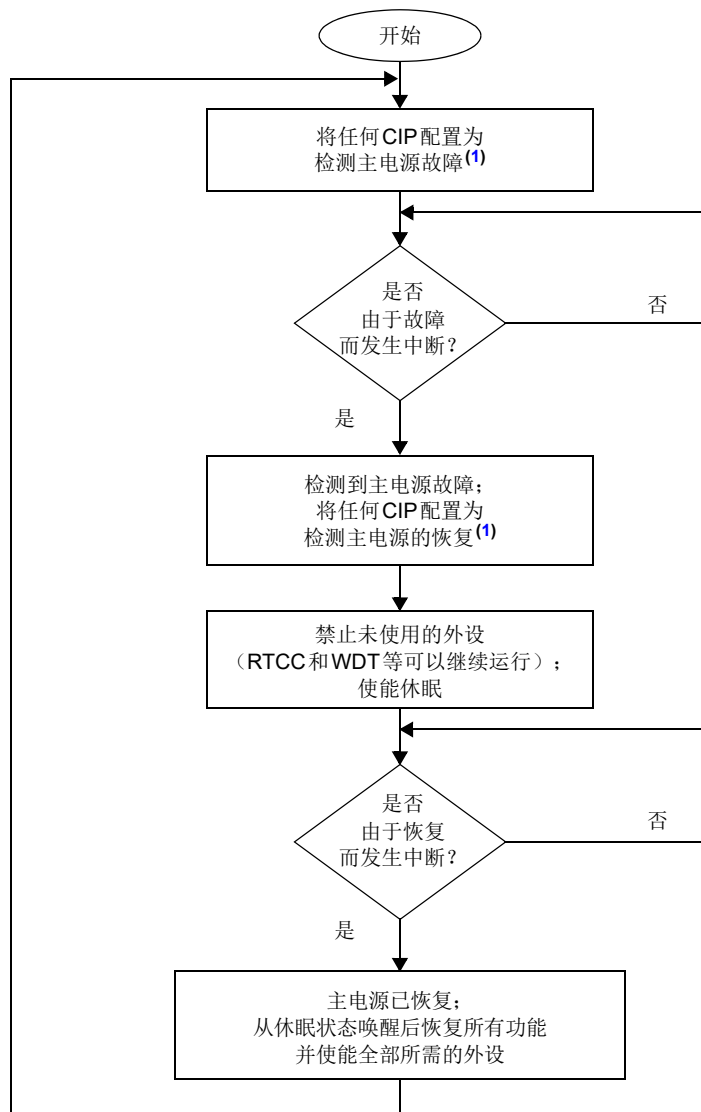
仿真VBAT具有以下优势：

- 提高灵活性，可使除RTCC和备用寄存器之外的其他外设也能够按需保持工作状态。
- 在节能模式下使用CIP进行仿真，无需任何内核干预。
- 可根据不同的应用需求更加灵活地从丰富的PIC24F单片机产品组合中选择理想的单片机。

用户应用应监视主电源电压的状态。可以使用器件上提供的各种外设以独立于内核的方式来监视主电源的健康状况，例如高/低压检测（High/Low-Voltage Detect, HLVD）、电平变化中断、带阈值检测功能的ADC以及比较器等。当检测到主电源故障时，硬件应按预定配置切换到备用电源。在仿真VBAT模式下，建议将CPU置于休眠模式以进一步降低功耗。用户应用可以根据需要将RTCC和WDT等外设配置为在VBAT模式下工作，而其余外设保持关闭状态。这样可确保在VBAT模式下最大限度地降低功耗，从而延长电池使用寿命。

图1给出了此过程的概括流程图。

图1: VBAT 仿真过程



注 1: 请参考下文中提及的各种方法来配置所需的独立于内核的外设, 以辅助进行电源监视。

本文档提出了多种实现VBAT仿真的可行方案。根据具体的应用，可以使用其中一种方法或搭配使用多种方法来实现VBAT仿真。

选择VBAT仿真的实现方法时的考量标准如下：

1. 当主电源和/或备用电源的准确电压已知时，可以使用HLVD和ADC来检测主电源的故障/恢复。
2. 当主电源瞬间断电而不是逐渐放电时，可以使用电平变化中断。
3. 节能模式下外设的功耗。

监视主电源

方法1：使用HLVD

可配置的高/低压检测（HLVD）可用于检测VDD的下降/上升。阈值可以根据主电源和备用电源的电压进行设置。例如，要检测主电源故障，可将HLVD阈值（VHLVD）设置为一个小于主电源电压的值，并将HLVD中断配置为在 $VDD < VHLVD$ 时置为有效。同理，可在 $VDD > VHLVD$ 时检测到主电源恢复，并将中断置为有效以使器件从节能模式唤醒。至于检测的是VDD高于阈值还是低于阈值，可通过配置电压方向来选择。

此方法无需额外使用器件上的I/O（图2）。此外，还有其他阈值选项可供使用。HLVD作为一种CIP，只需最低限度的CPU干预即可检测主电源的断电和恢复（图3）。

有关HLVD的更多信息，请参见《dsPIC33/PIC24系列参考手册》中的“High-Level Integration with Programmable High/Low-Voltage Detect (HLVD)”一章（www.microchip.com/DS39725）。

图2： 使用HLVD的主电源监视电路

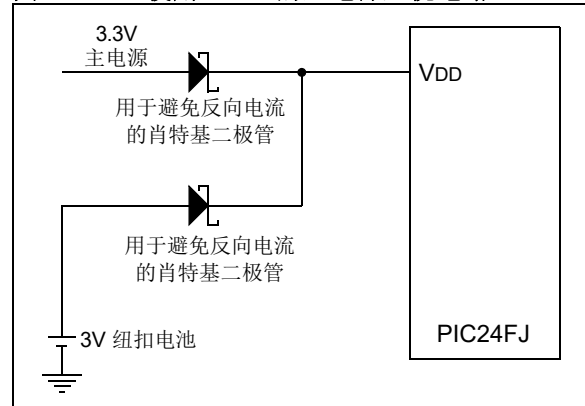
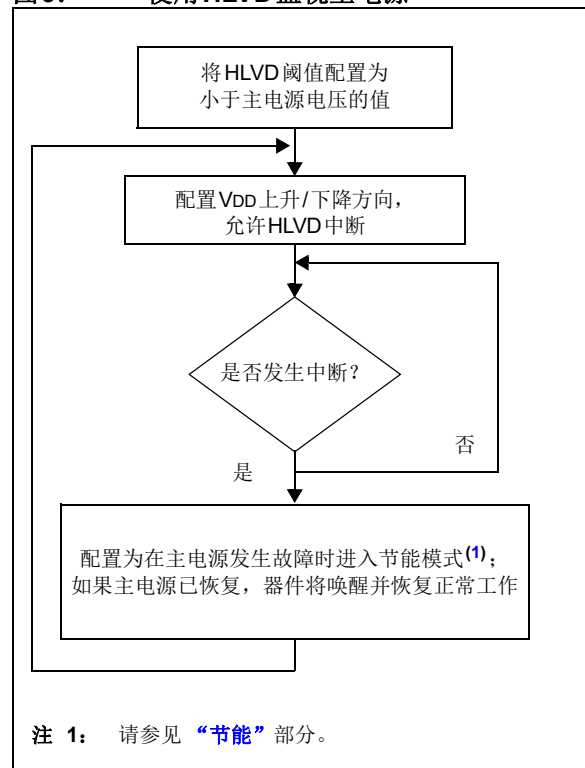


图3： 使用HLVD监视主电源



方法2：使用电平变化中断

电平变化中断可用于检测主电源断电。任何 I/O 均可配置为检测主电源电压下降。可以配置 I/O 上的上升沿/下降沿触发来检测主电源的故障/恢复。由于将允许电平变化中断，因此不需要 CPU 干预。

此方法无需任何其他外设，因此可以避免产生额外的功耗。但是，检测主电源的断电和恢复时需要另外使用器件上的一个 I/O（图4）。当电源瞬间（完全）断电而不是逐渐放电（电池）时，可以使用此方法（图5）。

有关电平变化中断的更多信息，请参见《dsPIC33/PIC24 系列参考手册》中的“**I/O Ports with Interrupt-on-Change (IOC)**”一章（www.microchip.com/DS70005186）。

图4：使用 IOC 的主电源监视电路

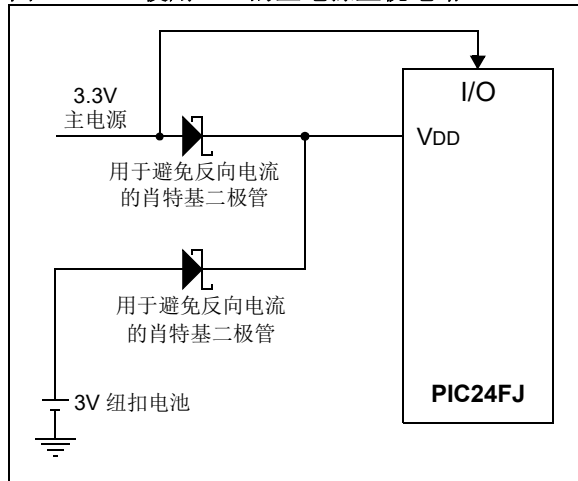
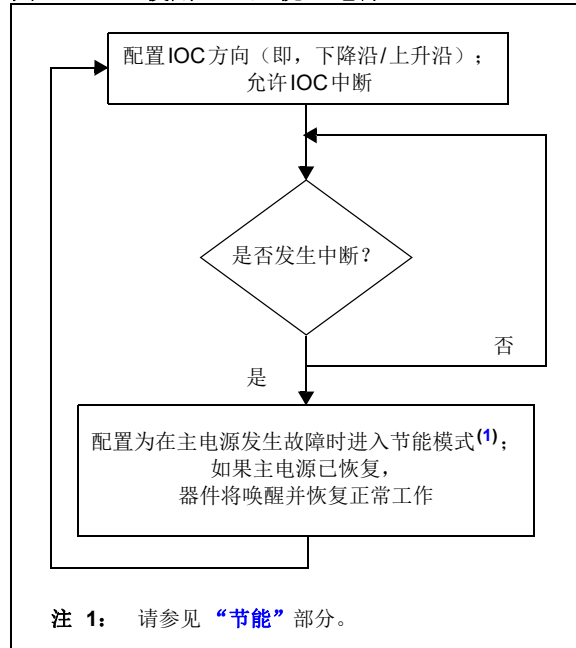


图5：使用 IOC 监视主电源



方法3a: 使用ADC

可使用ADC测量带隙电压，以在具有外部VREF+引脚的器件上检测主电源断电。主电源连接到VREF+，如图6所示。主电源电压可以通过测量带隙电压计算得出，并用于确定主电源是否已降至某个预定阈值以下。

要检查主电源是否已恢复，器件应定期从节能模式中唤醒。可将定时器配置为在节能模式下运行，以用于唤醒器件并测量主电源（图7）。

使用这种方法，可以更加精确地测量主电源电压。

图6: 使用ADC的主电源监视电路

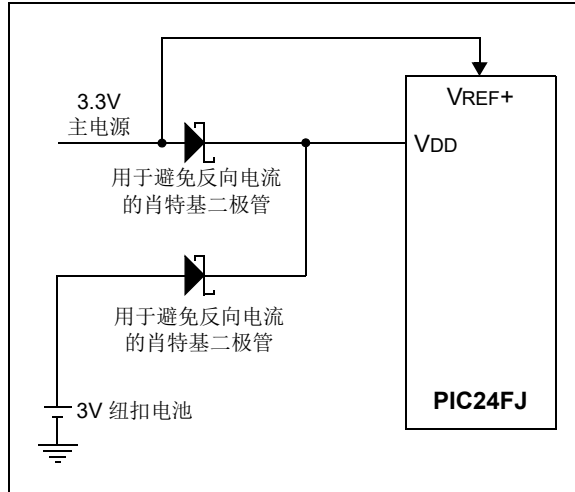
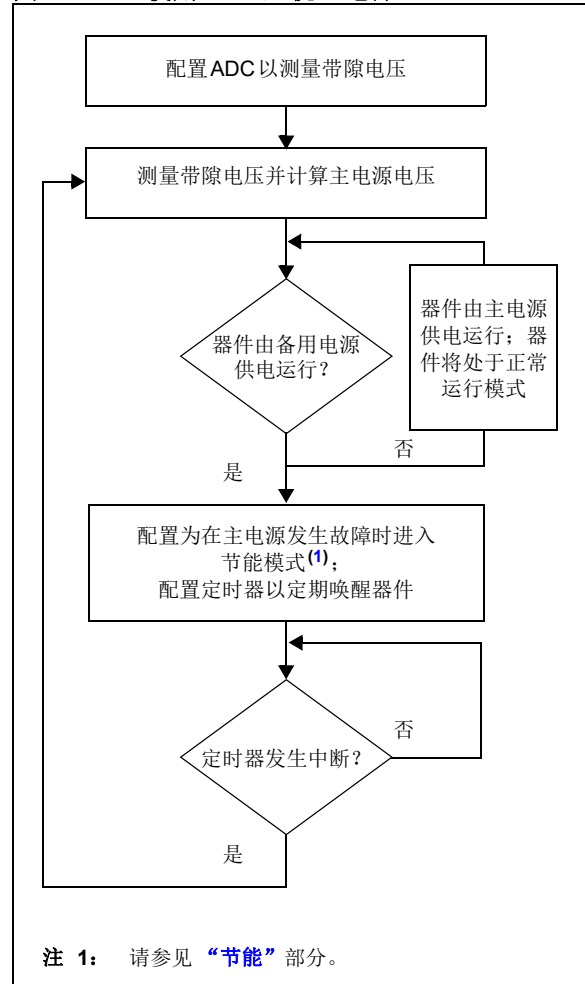


图7: 使用ADC监视主电源



方法3b：使用ADC阈值检测

ADC中的阈值检测功能可用于检测主电源断电。可以将定时器配置为在休眠模式下触发ADC进行采样和转换。ADC模块将持续以独立于内核的方式监视ADC通道（图8）。阈值必须设置为远低于主电源电压的值。当测得的ADC值低于阈值时，中断将置为有效，表明主电源断电。

为了确定主电源是否已恢复，可以设置阈值来指示主电源的恢复情况。当测得的ADC值超出阈值时，将产生中断，使器件从节能模式中唤醒。

选择内部ADC RC振荡器作为时钟源时，ADC可以继续低功耗模式下运行。此外，触发ADC的定时器也应配置为在节能模式下运行。

当电源瞬间（完全）断电而不是逐渐放电（电池）时，可以使用此方法。（见图9）。

有关ADC阈值检测的更多信息，请参见《dsPIC33/PIC24系列参考手册》中的“带阈值检测功能的12位A/D转换器”一章（www.microchip.com/DS39739）。

图8：使用ADC阈值的主电源监视电路

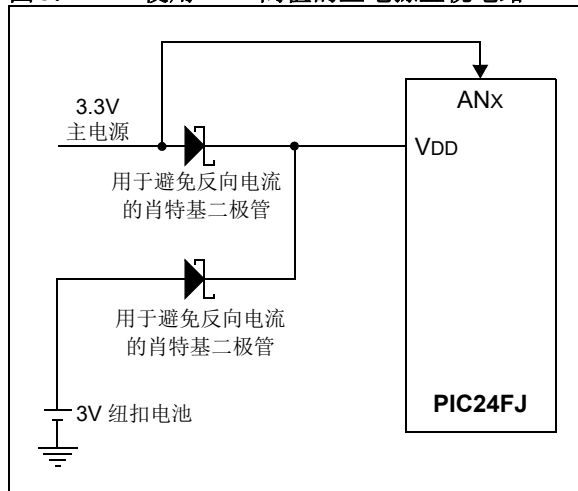
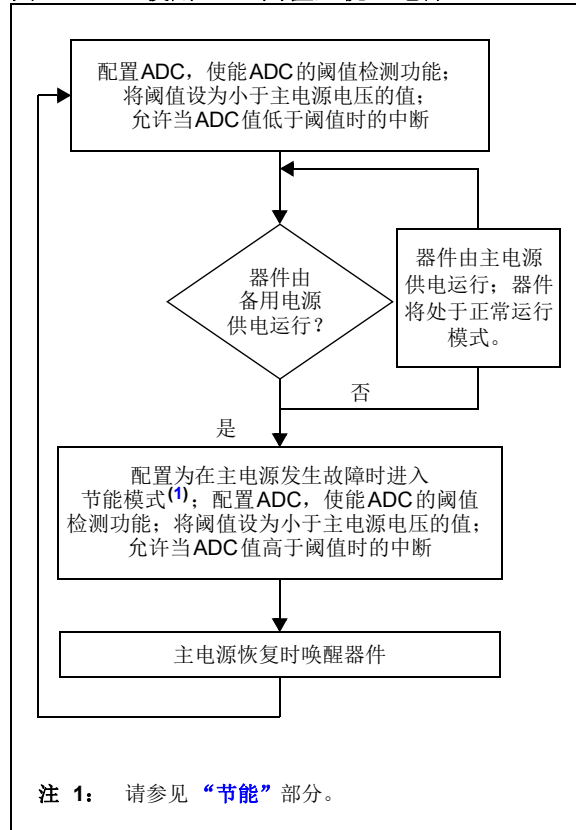


图9：使用ADC阈值监视主电源



方法4：使用比较器

可使用比较器检测主电源断电，其反相和同相输入端子的连接如图10所示。比较器中断配置为在比较器输出发生任何变化时均产生中断。

比较器也是CIP；只需最低限度的CPU干预即可检测主电源的断电和恢复（图11）。

有关比较器的详细信息，请参见《dsPIC33/PIC24系列参考手册》中的“可扩展的比较器模块”一章（www.microchip.com/DS39734）。

图10： 使用比较器的主电源监视电路

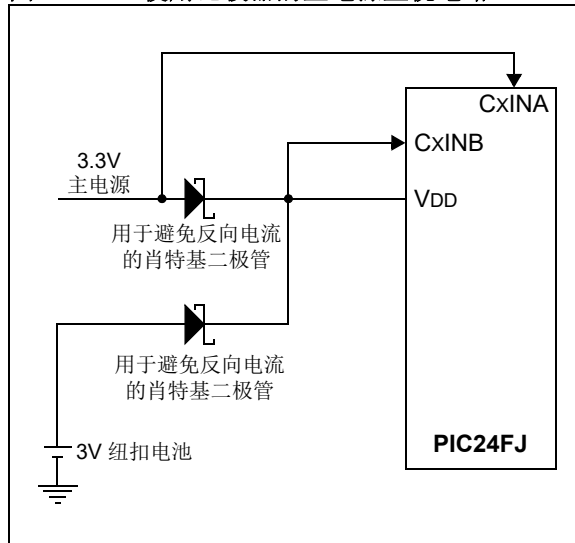
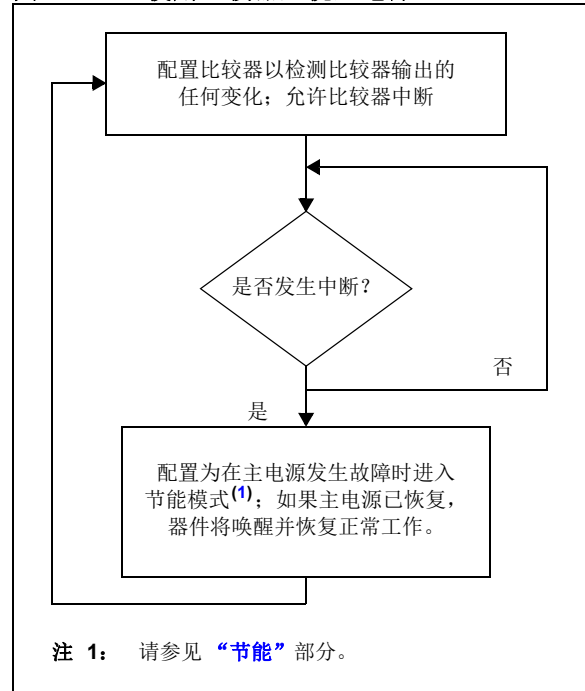


图11： 使用比较器监视主电源



节能

在VBAT模式下，用户应用应仅使用满足应用最低需求的硬件资源/外设。用户应用可以根据需要将RTCC和WDT等外设配置为在VBAT模式下“工作/运行”。其他不必要的外设应全部关闭，以确保降低VBAT模式下的功耗，从而延长电池使用寿命。通过进入低功耗模式（休眠或保持休眠），可以降低PIC24F器件的功耗。

有关节能的更多信息，请参见《dsPIC33/PIC24系列参考手册》中的“带深度休眠的节能特性”一章（www.microchip.com/DS39727）和《超低功耗（XLP）PIC®单片机：Microchip低功耗器件简介》应用笔记（www.microchip.com/DS0001267）。

结论

通过使用器件中提供的各种独立于内核的外设（可用于检测主电源的故障/恢复）和节能特性，再搭配极少的外部元件，即可轻松仿真 VBAT 功能。这些特性使得除 RTCC 和备用寄存器之外的其他外设也能够按需保持工作状态，从而提高了应用灵活性。此外，在节能模式下使用 CIP 进行仿真还有助于减轻 CPU 负载并延长电池使用寿命。

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之中。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. 的英文原本文档。

本出版物中提供的信息仅仅是为了方便您使用 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、PacTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、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。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、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、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、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、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 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: 978-1-5224-6263-7



全球销售及及服务网点

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