TB3183

什么是 SleepWalking？该功能如何帮助减少功耗？

简介

基于 ARM® Cortex®的 Microchip 单片机（MCU）提供了 SleepWalking 功能。利用此功能可以临时异步唤醒某个外设来执行任务，而无需将 CPU 从待机模式中唤醒。

在 MCU 工作时，内部定时器会唤醒 CPU 来查看是否发生了某些状况（例如使用 ADC 监视电池电压），或者是否有外设中断唤醒了 CPU。通常，CPU 和 RAM 在工作模式下会消耗大部分功率。因此，将 CPU 从低功耗模式下唤醒来检查这些状况并在工作状态下启动相关操作将会消耗大量功率。

使用 SleepWalking 功能，将可以让 CPU 一直保持低功耗模式，除非发生了相关事件。在 CPU 处于低功耗模式（即 Cortex-M0+ MCU 中的待机模式）时，外设可以请求时钟来执行任务。CPU 不再需要检查是否满足特定条件，例如 I^2C 接口上的地址匹配条件或连接到 ADC 的传感器是否超出了特定阈值等。通过 SleepWalking 功能，此类检查将完全由外设借助事件系统来进行。

下面是 SleepWalking 功能的基本实现步骤：

- 在休眠模式下停止主时钟和外设时钟以节省功耗
- 支持 SleepWalking 功能的外设（例如 Cortex-M0+ MCU 中支持按需功能的外设）在休眠模式下单独请求时钟
- 时钟一直保持工作状态，直至完成特定的外设操作

除非 CPU 需要执行某个操作，否则在支持 SleepWalking 功能的外设执行任务时，CPU 和 RAM 均不会被唤醒。

© 2018 Microchip Technology Inc.

目录

简介 1

1. SAM MCU 对 SleepWalking 功能的支持 3

2. SleepWalking 实现方式 5

3. 相关资源 8

Microchip 网站 9

变更通知客户服务 9

客户支持 9

Microchip 器件代码保护功能 9

法律声明 10

商标 10

DNV 认证的质量管理体系 11

全球销售及服务网点 12

© 2018 Microchip Technology Inc.

1. SAM MCU 对 SleepWalking 功能的支持

在 Cortex-M0+ MCU（AM D、SAM L 和 SAM C）以及某些 Cortex-M4 MCU（SAMD5x/ SAME5x）中，许多外设都支持 SleepWalking 功能，这些外设会采用时钟源的按需时钟原理。

在 SAMD20/ D21 MCU 中，以下外设支持 SleepWalking 功能。

- 实时计数器（Real-Time Counter，RTC）
- 外部中断控制器（External Interrupt Controller，ETC）
- SERCOM（USART、SPI、I^2C）
- 定时器/计数器（Timer/Counter，TC）
- 控制应用的定时器/计数器（Timer/Counter for Control Applications，TCC）
- 模数转换器（Analog-to-Digital Converter，ADC）
- 模拟比较器（Analog Comparator，AC）
- 事件系统（Event System，EVSYS）

注： 并非所有外设事件都支持 SleepWalking 功能。要了解哪些外设事件支持 SleepWalking 功能，请参见相关数据手册中的事件系统部分。

在低功耗模式下，外设时钟会停止。如果某个支持 SleepWalking 功能的外设需要一个时钟，则它会向时钟系统（例如 Cortex-M0+ MCU 中的通用时钟控制器）请求时钟。

下面介绍了 Cortex-M0+ MCU 中实现异步路径的配置和步骤序列：

1. 必须将事件系统配置为使用异步路径，以使该外设能够异步于核心时钟请求其时钟。
2. 事件发生器会根据事件系统配置触发事件用户。
3. 该时钟必须由通用时钟发生器提供，它与 MCU 时钟异步。通用时钟控制器将在收到请求后确定相关的通用时钟发生器以及需要唤醒的时钟源。
4. 时钟源在被唤醒后会相继使能通用时钟发生器和通用时钟级，并将通用时钟提供给外设。
5. 与事件用户相关的外设必须能够在待机模式下运行。

有关事件系统路径的更多信息，请参见产品数据手册或事件系统技术简介，下载地址为 http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/90003170a.pdf。

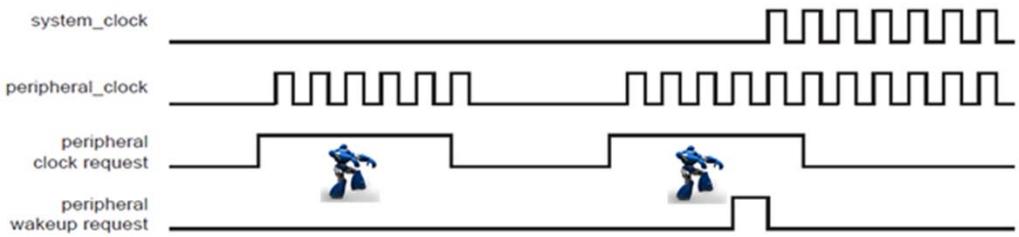
在 Cortex-M7 MCU（SAM E70/ S70）中，只有部分外设（例如 UART 和 TWI）支持 SleepWalking 功能；而在 SAMG5x 系列 MCU 中，UART、TWI、SPI 和 ADC 都支持 SleepWalking 功能。

下面介绍了 Cortex-M7 MCU 中的配置和步骤序列：

1. 检查相应的 SleepWalking 活动状态寄存器，确保外设没有正在进行的活动。
2. 如果相应的 SleepWalking 活动状态寄存器已被置 1，则必须禁止 SleepWalking 功能。
3. 使能外设的异步部分唤醒功能。
4. 触发事件发生器（UART），将 MCU 从等待模式中唤醒。

© 2018 Microchip Technology Inc.

图 1-1. SleepWalking 活动



注： Cortex-M0+事件系统有多种可配置的事件发生器和用户选项用于在低功耗状态下操作各种外设。相比之下，SAM E70/S70 和 SAM G5x MCU 只有少量的事件系统功能可在低功耗状态下工作。有关详细信息，请参见 SAME70 数据手册中的*实时事件映射列表*。

2. SleepWalking 实现方式

在本参考资料中，我们以 SAML21 MCU 为例来说明 SleepWalking 功能。为了帮助您理解如何使用 SleepWalking 功能优化功耗，我们将以下面两种方式实现应用代码：

- 基于中断的传统实现方式
- SleepWalking 实现方式

基于中断的传统实现方式

在基于中断的传统实现方式中，CPU 每 125 毫秒通过 RTC 中断被唤醒一次；这种方式采用 OSCULP 32 kHz 振荡器来启动 ADC 转换。

在 10 传输帧结束时，将通过 DMA 中断唤醒 CPU 来处理数据，以便使用 SPI DGI（Data Gateway Interface，数据网关接口）连接将数据绘制到 Studio 的 Data Visualizer 中。

在此实现方式中，内核每 125 毫秒被唤醒一次以启动 ADC，并在每 10 次 DMA 传输结束时被唤醒一次。

对于这两种实现方式，ADC 都会对传感器发出的模拟信号进行转换，并在转换结果就绪后立即向低功耗 RAM（Low-Power RAM，LPRAM）触发 DMA 数据传输。这部分操作通过 ADC 和 DMA 之间的内部硬件触发路径自动执行。

下图显示了在 Studio 的 Data Visualizer 中呈现的基于中断的序列的功耗情况。

图 2-1. 基于中断的序列的功耗流程图

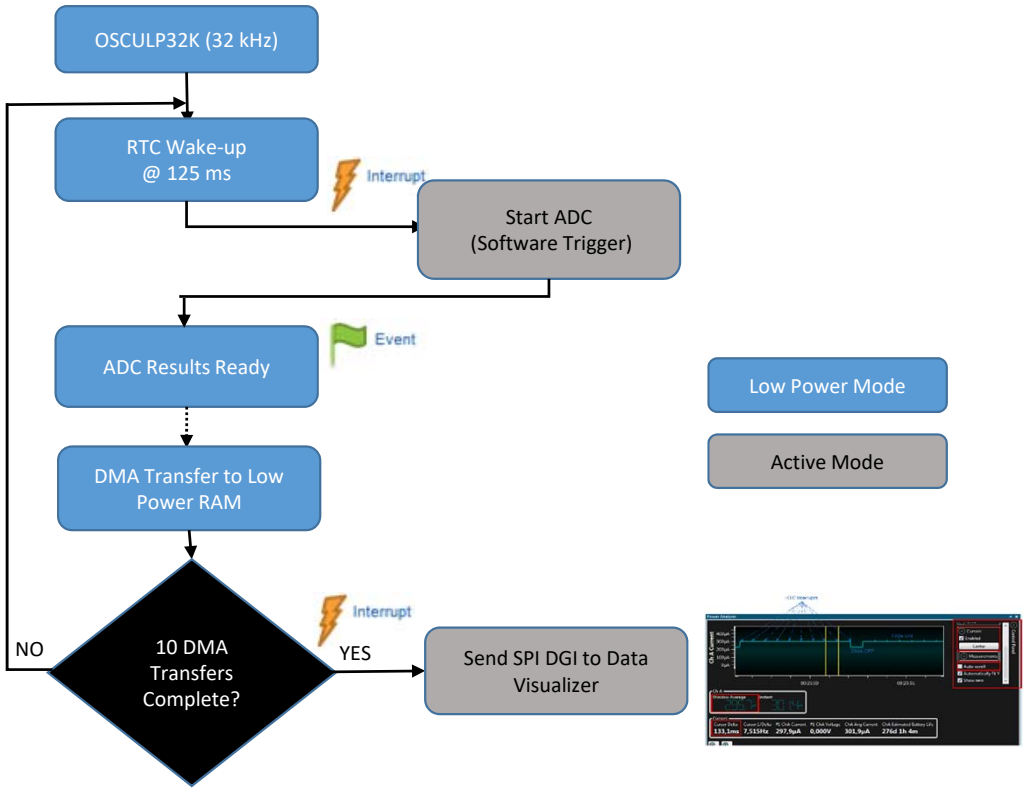
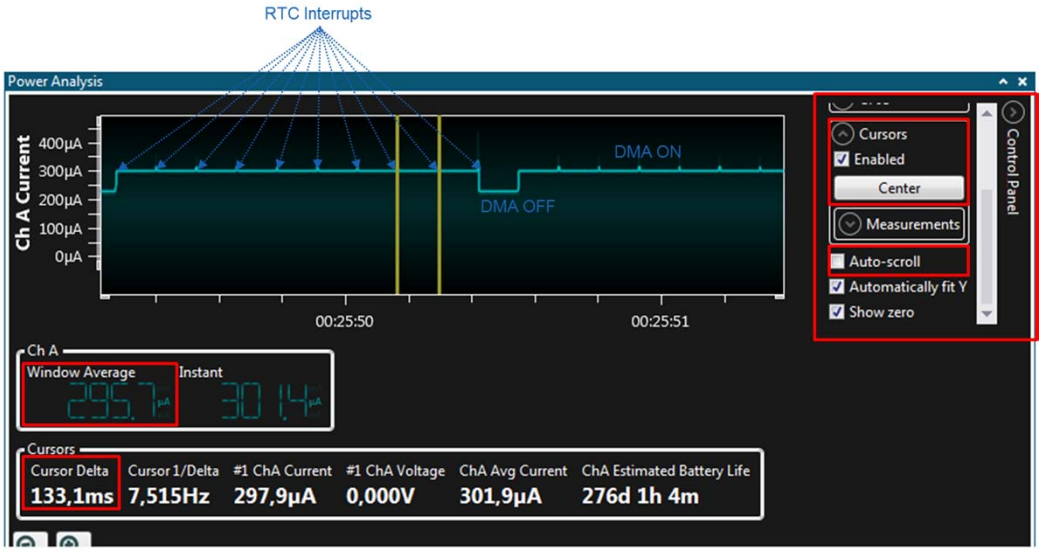


图 2-2. 功耗



SleepWalking 实现方式

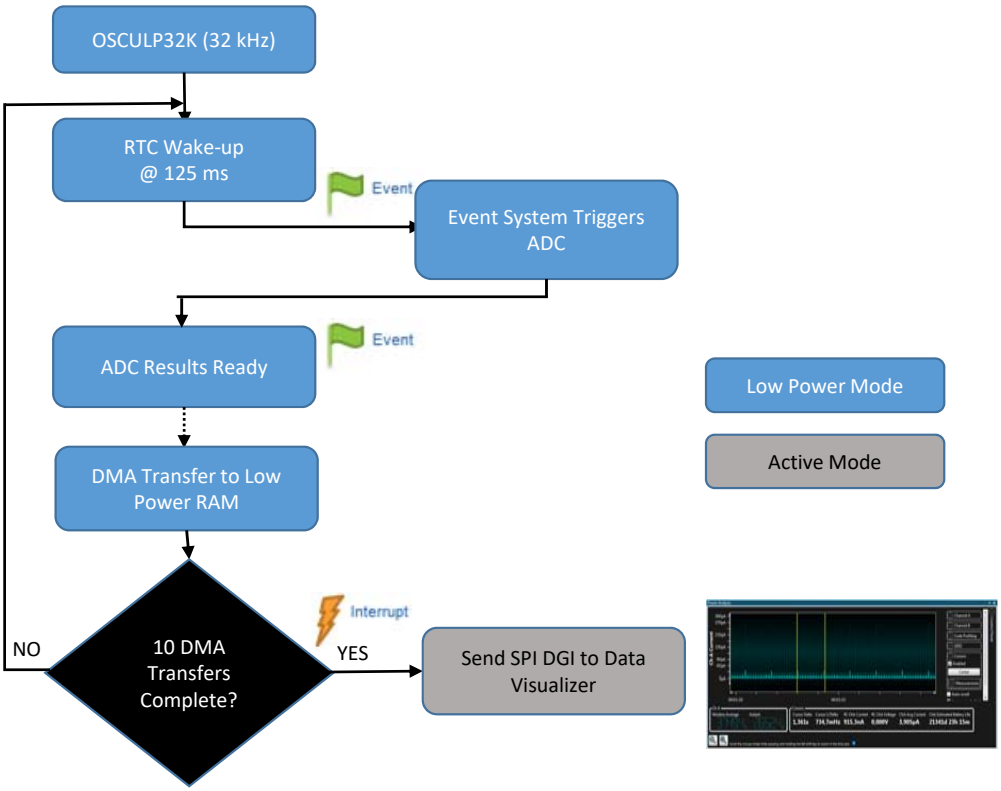
在 SleepWalking 实现方式中，应用会充分利用事件系统。RTC 使用芯片的事件系统自动启动 ADC 转换，而无需任何 CPU 干预。

以下步骤说明了此应用场景：

1. 将 RTC 配置为事件发生器，以通过 SAM L21 事件系统定期向 ADC 生成事件（每 125 毫秒生成一次）。
2. ADC 对 RTC 生成的事件进行应答并启动转换。
3. DMA 将转换结果从 ADC 结果寄存器移至低功耗 SRAM。
4. 经过 10 次传输后，DMA 生成一个中断，将 CPU 唤醒至工作模式并开始处理数据。
5. 然后，数据通过 SPI 数据网关接口（DGI）被发送至 Data Visualizer。

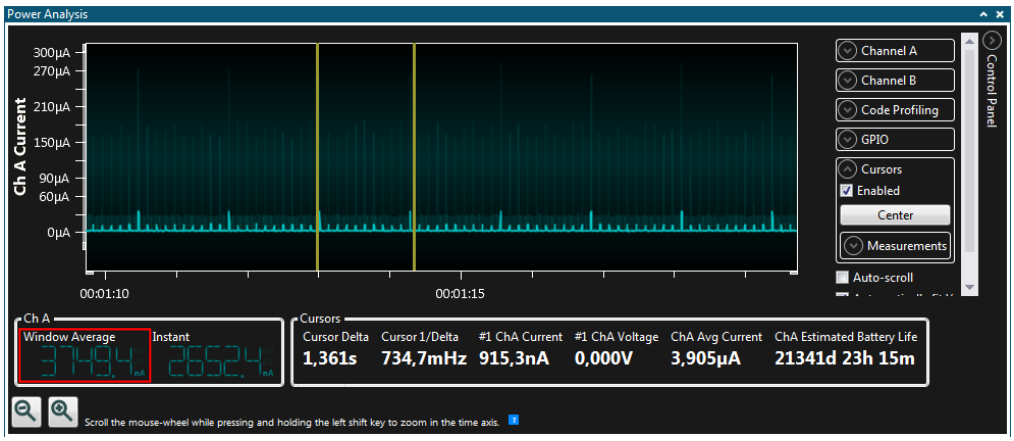
© 2018 Microchip Technology Inc.

图 2-3. SleepWalking 实现方式流程图



下图显示了 Studio 的 Data Visualizer 中呈现的 SleepWalking 序列的功耗情况。

图 2-4. SleepWalking 功耗



结论：如上所示，SleepWalking 功能实现方式可降低功耗。

3. 相关资源

有关 SleepWalking 功能的更多信息以及其他相关信息，请参见以下文档，这些文档均可从 Microchip 网站下载。

- SAMD2x：
  - http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-42411-ultra-low-power-techniques-at06549_application-note.pdf
  - http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-42473-analog-comparator-application-examples_userguide_at11480.pdf
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam0.applications.vcc_monitor.samd20_xplained_pro/html/index.html
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam0.applications.vcc_monitor.samd21_xplained_pro/html/index.html
- SAMD1x：
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam0.applications.vcc_monitor.samd11_xplained_pro/html/index.html
- SAM C2x：
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam0.applications.vcc_monitor.samc21_xplained_pro/html/index.html
- SAM Lx：
  - http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-42411-ultra-low-power-techniques-at06549_application-note.pdf
  - http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-42412-low-power-features-of-sam-l-series-devices_applicationnote_at04296.pdfhttp://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-42471-sam-l21-adc-sampling-using-low-power-features_applicationnote_at12705.pdf
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam0.applications.vcc_monitor.saml21_xplained_pro_b/html/index.html
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam0.applications.vcc_monitor.saml22_xplained_pro_b/html/index.html
- SAMG5x：
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam.drivers.uart.uart_sleepwalking_example.samg53_xplained_pro/html/index.html
  - http://asf.atmel.com/docs/3.34.2/sam.drivers.usart.usart_sleepwalking_example.samg55_xplained_pro/html/index.html
- SAM4L：
  - http://www.microchip.com/wwwappnotes/appnotes.aspx?appnote=en591380
  - http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-42501-low-power-techniques-for-atmel-smart-arm-mcus_applicationnote_at11489.pdf

© 2018 Microchip Technology Inc.

Microchip 网站

Microchip 网站 http://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（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

变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户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。

欲注册，请登录 Microchip 网站 http://www.microchip.com/。在“支持”（Support）下，点击“变更通知客户”（Customer Change Notification）服务后按照注册说明完成注册。

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。

也可通过以下网站获得技术支持： http://www.microchip.com/support

Microchip 器件代码保护功能

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 愿意与关心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

© 2018 Microchip Technology Inc.

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。

法律声明

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。除非另外声明，否则在 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、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 和 XMEGA 是 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 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、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、motorBench、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 为 Microchip Technology Incorporated 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 是 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。

© 2018, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN： 978-1-5224-3348-4

AMBA、Arm、Arm7、Arm7TDMI、Arm9、Arm11、Artisan、big.LITTLE、Cordio、CoreLink、CoreSight、Cortex、DesignStart、DynamIQ、Jazelle、Keil、Mali、Mbed、Mbed Enabled、NEON、

POP、RealView、SecurCore、Socrates、Thumb、TrustZone、ULINK、ULINK2、ULINK-ME、ULINK-PLUS、ULINKpro、µVision 和 Versatile 是 Arm Limited（或其子公司）在美国和/或其他国家/地区的商标或注册商标。

DNV 认证的质量管理体系

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 和 dsPIC® DSC、KEELOQ®跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器及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。

© 2018 Microchip Technology Inc.

全球销售及服务网点

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话：1-480-792-7200 传真：1-480-792-7277 技术支持： http://www.microchip.com/support 网址： www.microchip.com **亚特兰大** 德卢斯，乔治亚州 电话：1-678-957-9614 传真：1-678-957-1455 **奥斯汀，德克萨斯州** 电话：1-512-257-3370 **波士顿** 韦斯特伯鲁，马萨诸塞州 电话：1-774-760-0087 传真：1-774-760-0088 **芝加哥** 艾塔斯卡，伊利诺伊州 电话：1-630-285-0071 传真：1-630-285-0075 **达拉斯** 艾迪生，德克萨斯州 电话：1-972-818-7423 传真：1-972-818-2924 **底特律** 诺维，密歇根州 电话：1-248-848-4000 **休斯敦，德克萨斯州** 电话：1-281-894-5983 **印第安纳波利斯** 诺布尔斯维尔，印第安纳州 电话：1-317-773-8323 传真：1-317-773-5453 电话：1-317-536-2380 **洛杉矶** 米申维耶霍，加利福尼亚州 电话：1-949-462-9523 传真：1-949-462-9608 电话：1-951-273-7800 **罗利，北卡罗来纳州** 电话：1-919-844-7510 **纽约，纽约州** 电话：1-631-435-6000 **圣何塞，加利福尼亚州** 电话：1-408-735-9110 电话：1-408-436-4270 **加拿大 - 多伦多** 电话：1-905-695-1980 传真：1-905-695-2078	**中国 - 北京** 电话：86-10-8569-7000 **中国 - 成都** 电话：86-28-8665-5511 **中国 - 重庆** 电话：86-23-8980-9588 **中国 - 东莞** 电话：86-769-8702-9880 **中国 - 广州** 电话：86-20-8755-8029 **中国 - 杭州** 电话：86-571-8792-8115 **中国 - 南京** 电话：86-25-8473-2460 **中国 - 青岛** 电话：86-532-8502-7355 **中国 - 上海** 电话：86-21-3326-8000 **中国 - 沈阳** 电话：86-24-2334-2829 **中国 - 深圳** 电话：86-755-8864-2200 **中国 - 苏州** 电话：86-186-6233-1526 **中国 - 武汉** 电话：86-27-5980-5300 **中国 - 西安** 电话：86-29-8833-7252 **中国 - 厦门** 电话：86-592-2388138 **中国 - 香港特别行政区** 电话：852-2943-5100 **中国 - 珠海** 电话：86-756-3210040 **台湾地区 - 高雄** 电话：886-7-213-7830 **台湾地区 - 台北** 电话：886-2-2508-8600 **台湾地区 - 新竹** 电话：886-3-577-8366	**澳大利亚 - 悉尼** 电话：61-2-9868-6733 **印度 - 班加罗尔** 电话：91-80-3090-4444 **印度 - 新德里** 电话：91-11-4160-8631 **印度 - 浦那** 电话：91-20-4121-0141 **日本 - 大阪** 电话：81-6-6152-7160 **日本 - 东京** 电话：81-3-6880- 3770 **韩国 - 大邱** 电话：82-53-744-4301 **韩国 - 首尔** 电话：82-2-554-7200 **马来西亚 - 吉隆坡** 电话：60-3-7651-7906 **马来西亚 - 槟榔屿** 电话：60-4-227-8870 **菲律宾 - 马尼拉** 电话：63-2-634-9065 **新加坡** 电话：65-6334-8870 **泰国 - 曼谷** 电话：66-2-694-1351 **越南 - 胡志明市** 电话：84-28-5448-2100	**奥地利 - 韦尔斯** 电话：43-7242-2244-39 传真：43-7242-2244-393 **丹麦 - 哥本哈根** 电话：45-4450-2828 传真：45-4485-2829 **芬兰 - 埃斯波** 电话：358-9-4520-820 **法国 - 巴黎** 电话：33-1-69-53-63-20 传真：33-1-69-30-90-79 **德国 - 加兴** 电话：49-8931-9700 **德国 - 哈恩** 电话：49-2129-3766400 **德国 - 海尔布隆** 电话：49-7131-67-3636 **德国 - 卡尔斯鲁厄** 电话：49-721-625370 **德国 - 慕尼黑** 电话：49-89-627-144-0 传真：49-89-627-144-44 **德国 - 罗森海姆** 电话：49-8031-354-560 **以色列 - 赖阿南纳** 电话：972-9-744-7705 **意大利 - 米兰** 电话：39-0331-742611 传真：39-0331-466781 **意大利 - 帕多瓦** 电话：39-049-7625286 **荷兰 - 德卢内市** 电话：31-416-690399 传真：31-416-690340 **挪威 - 特隆赫姆** 电话：47-7288-4388 **波兰 - 华沙** 电话：48-22-3325737 **罗马尼亚 - 布加勒斯特** 电话：40-21-407-87-50 **西班牙 - 马德里** 电话：34-91-708-08-90 传真：34-91-708-08-91 **瑞典 - 哥德堡** 电话：46-31-704-60-40 **瑞典 - 斯德哥尔摩** 电话：46-8-5090-4654 **英国 - 沃金厄姆** 电话：44-118-921-5800 传真：44-118-921-5820

© 2018 Microchip Technology Inc.