



SAM L10/SAM L11 中的运放作为 ADC 增益放大器

摘要

Microchip SAM L10/SAM L11 包括三个片上运算放大器（运放）。运算放大器控制器模块提供最常见的反相和同相可编程增益和滞后配置。每个运放均可通过软件配置，并且可用作独立的通用型运算放大器。本文档介绍了运放模块的配置和使用情况以及不同的内置模式，并提供了应用示例。在应用示例中，一个运算放大器配置为同相增益放大器，具有内部连接到 ADC 的输出。在此设置中，运放作为 ADC 采样的增益放大器级运行。

目录

摘要.....	1
1. 简介.....	3
1.1. 运算放大器.....	3
1.2. 应用示例简介.....	3
2. 模块概述.....	5
2.1. 配置运算放大器.....	5
2.2. 内置模式.....	6
2.3. 低功耗模式.....	7
3. 示例概述.....	9
3.1. 应用配置和实现.....	9
3.2. 将 Atmel Start 项目导入到 Atmel Studio 中.....	10
3.3. 总结.....	10
Microchip 网站.....	11
变更通知客户服务.....	11
客户支持.....	11
Microchip 器件代码保护功能.....	11
法律声明.....	12
商标.....	12
DNV 认证的质量管理体系.....	13
全球销售及服务网点.....	14

1. 简介

本文档介绍 SAM L10/SAM L11 上的运算放大器控制器（OPAMP）模块。运算放大器可以使用软件配置并组合形成多种不同模式，如产品数据手册中所述。在进一步研究 OPAMP 模块之前，将提供理想运算放大器的简介和应用示例。

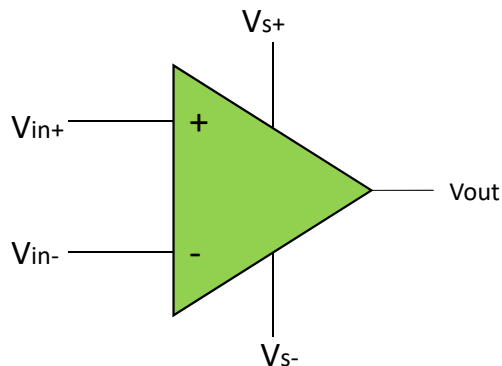
1.1 运算放大器

运算放大器（运放）是针对电压增益放大设计的电子元件。运放通常包括差分输入（ $V_{in\pm}$ ）、电源输入（ $V_{s\pm}$ ）和信号输出（ V_{out} ）。以下两个原理将决定一个理想运放的主要属性：

1. 运放将尝试使差分输入保持相同（ $V_{in+} = V_{in-}$ ）。
2. 没有电流流入或流出差分输入。对于非理想运放，由于晶体管栅极组成的高阻抗输入级，将产生低泄漏电流。

根据这两个原理，通过运放和其他元件（通常是电阻）创建电路，可以实现具有不同用途的多种配置。最常用的配置是作为 SAM L10/SAM L11 上的内置模式，如[内置模式](#)中所述。

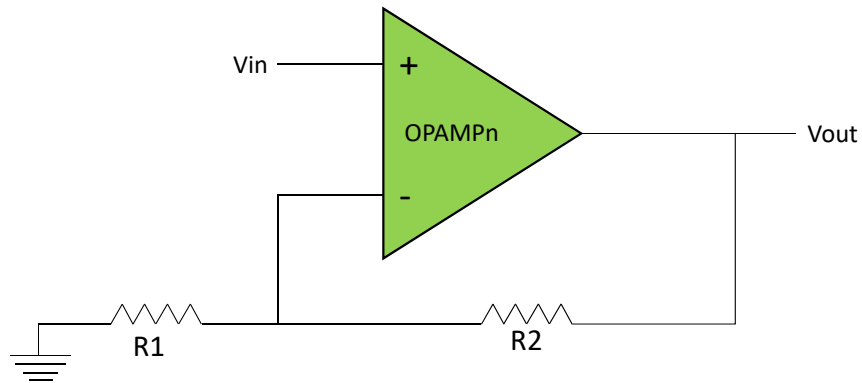
图 1-1. 理想运放



1.2 应用示例简介

在代码示例中，一个运放配置为同相可编程增益放大器（Programmable Gain Amplifier, PGA），输出在内部连接到 ADC 模块以进行信号采样。反相（负）输入和输出使用内部梯形电阻闭环连接时，输入参考信号连接到同相（正）输入，如[同相 PGA](#) 中所示。对于同相 PGA，理想放大输出用以下公式计算：

图 1-2. 同相 PGA



$V_{out} = V_{in}(1 + R2/R1)$ ，使用理想运放的两个原理推导得出。

对低压测量进行采样并且需要进行增益放大时，该示例很有用。回想理想运放的原理，没有电流流入输入。此属性称为缓冲，对最大限度降低测量对电压的影响具有重要意义。

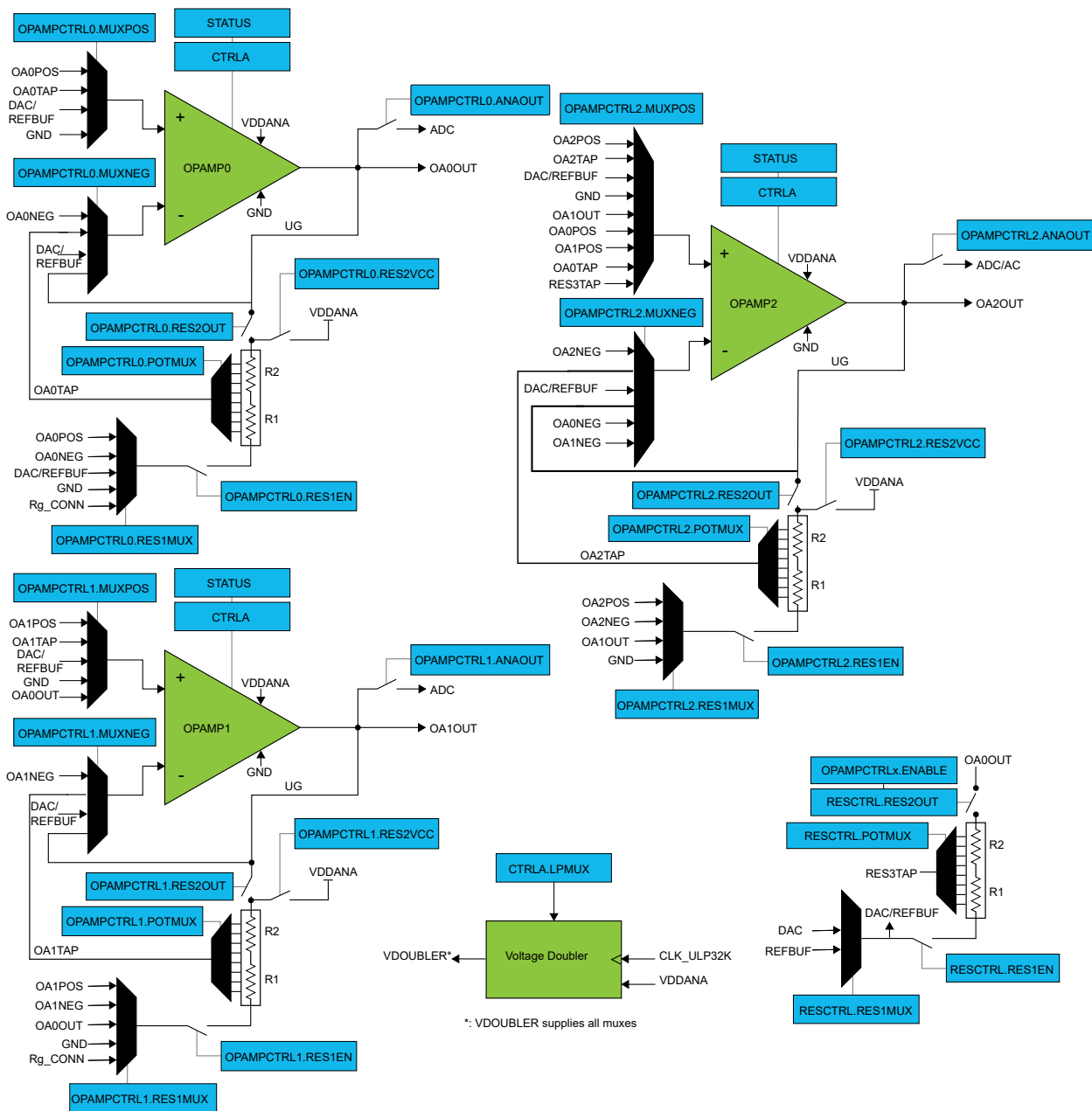
1.2.1 前提条件

如本应用笔记中所述，运行本示例需要使用带 USB 电缆的 SAM L10/SAM L11 Xplained Pro 评估工具包。

2. 模块概述

下图显示了运放模块的框图。每个单独的运放由其单独的运算放大器控制（OPAMPCTRLx）寄存器配置。

图 2-1. OPAMP 框图



2.1 配置运算放大器

OPAMP 设置必须在使能放大器之前进行配置。以下是运算放大器控制寄存器中的重要位域和位组的简要说明：

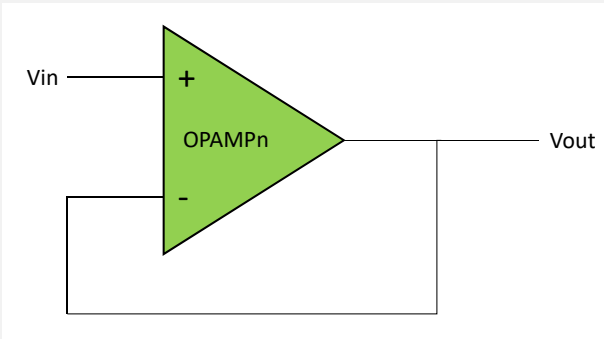
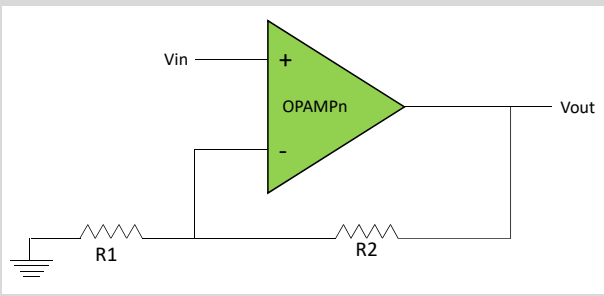
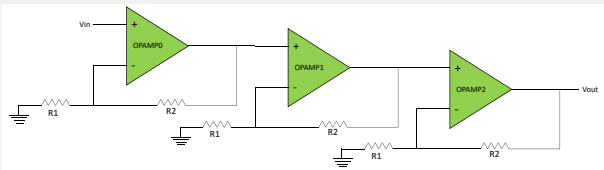
- 在 OPAMPCTRLx.MUXPOS 中选择正输入

- 在 OPAMPCTRLx.MUXNEG 中选择负输入
- 如果梯形电阻已发出，请选择 OPAMPCTRLx.RES1EN
- 在 OPAMPCTRLx.RES1MUX 中选择梯形电阻的输入
- 在 OPAMPCTRLx.POTMUX 中选择梯形电阻的电位器选择
- 在 OPAMPCTRLx.RES2VCC 中选择梯形电阻的 VCC 输入
- 使用 OPAMPCTRLx.RES2OUT 将运算放大器输出连接到梯形电阻
- 在 OPAMPCTRLx.BIAS 中对速度和能耗进行取舍

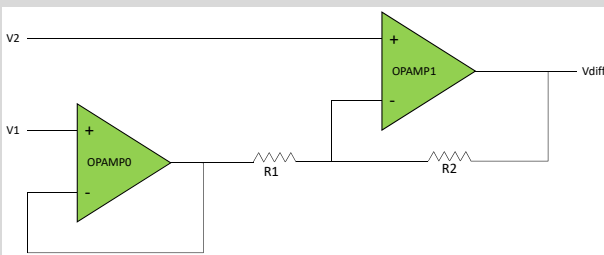
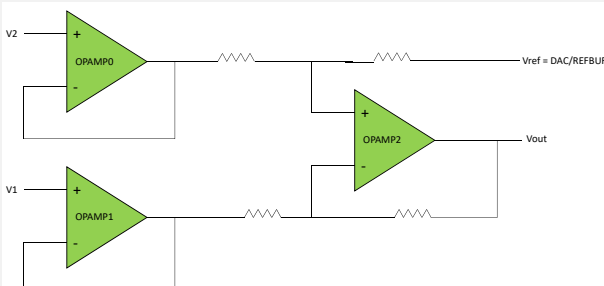
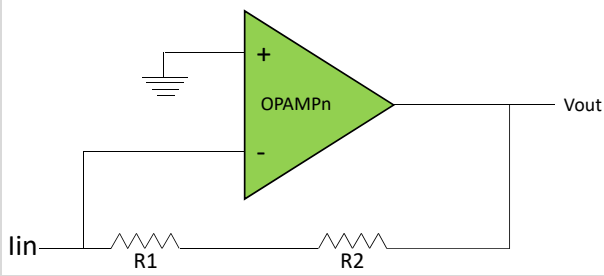
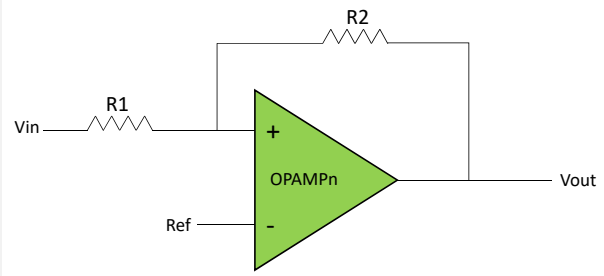
2.2 内置模式

运放模块包括可启用常见运放模式的软件可配置的内部连接。下表简要介绍了不同的模式。与内置模式实现相关的其他信息，请参考产品数据手册。

表 2-1. 内置模式

模式	示意图
<p>电压跟随器</p> <p>单位增益放大器。</p> <p>$V_{out} = V_{in}$</p>	<p>图 2-2. 电压跟随器</p> 
<p>反相/同相 PGA</p> <p>使用内部梯形电阻的软件可配置的可编程增益放大器 (PGA)。</p> <p>$V_{out} = V_{in}(1 + R2/R1)$</p>	<p>图 2-3. 同相 PGA</p> 
<p>级联反相/同相 PGA OPAMP 可以级联形式在内部连接，以提供更多增益。</p> <p>$V_{out} = V_{in}(1 + R2/R1)(1 + R2/R1)(1 + R2/R1)$</p>	<p>图 2-4. 级联同相 PGA</p> 

..... (续)

模式	示意图
<p>差分放大器</p> <p>电压跟随器和同相 PGA 级联连接。</p> <p>$V_{diff} = (V2 - V1)R2/R1$</p>	<p>图 2-5. 差分放大器</p> 
<p>仪表放大器</p> <p>具有输入缓冲器放大器的差分放大器。</p> <p>$V_{out} = (V2 - V1)Gain + Ref$</p>	<p>图 2-6. 仪表放大器</p> 
<p>跨导放大器</p> <p>用于将电流转换为电压。 $V_{out} = -I_{in}(R1 + R2)$</p>	<p>图 2-7. 跨导放大器</p> 
<p>可编程滞后</p> <p>具有可编程滞后的反相/同相比较器。</p> <p>阈值 = $\pm V_{cc} R2/R1 + Ref$</p>	<p>图 2-8. 具有可编程滞后的同相比较器</p> 

2.3 低功耗模式

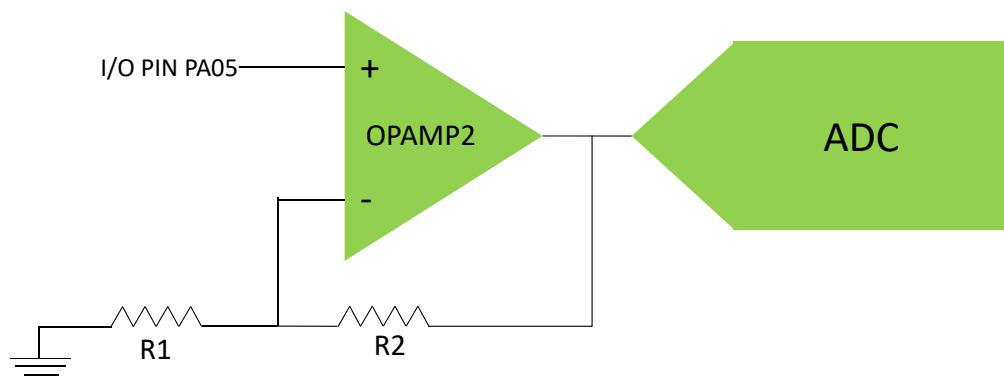
对于低功耗应用，运放模块包含节能设置。其中一项设置是在速度与功率效率之间进行取舍以实现最低功耗。运算放大器 x 控制寄存器 (OPAMPCTRLx.BIAS) 中的偏置控制字段会为每个放大器单独配置速度设置。BIAS 位选择为运算放大器提供的偏置电流。这还将影响启动时间。另一个低功耗配置是通过设置控

制寄存器（CTRLA.LPMUX）中的低功耗多路开关位来禁用倍压器，前提是保证电源电压高于 2.5V。禁用倍压器可以省电并缩短启动时间。按需模拟（Analog-On-Demand）功能允许 ADC 和 AC 模拟外设仅在需要时自动使能 OPAMPx，从而降低功耗。当 OPAMPCTRLx.ONDEMAND=1 时，如果不需要模拟部分，将关闭模拟部分以实现最低功耗。

3. 示例概述

在应用示例中，OPAMP2 配置为同相 PGA。使能放大输出以使用 ADC 进行采样。如产品数据手册中所述，OPAMP2 正输入可以与 I/O 引脚 PA05 复用。因此，要放大的输入信号必须连接到该引脚。引脚还必须配置为输入。ADC 需配置为将 OPAMP2 输出用作输入。

图 3-1. 配置为同相 PGA 且输出连接到 ADC 模块的 OPAMP2



在本示例中，OPAMP2 配置为 $R2/R1 = 1/3$ ，使能到 ADC 的内部连接。在主循环中配置和使能 OPAMP2 时，ADC 开始转换预定义数量的放大信号样本。ADC 在回调模式中进行配置，这说明转换完成时发生中断。ADC 结果可以按以下方式验证：

$$\text{ADC 结果 (以 V 为单位)} = (1 + R2/R1) \times V_{in} = (1 + 1/3) \times V_{in}$$

3.1 应用配置和实现

振荡器和 GCLK 配置：

- 通过将 OSC16MCTRL.FSEL[1:0] 设置为 0x11，将 16 MHz 内部振荡器频率配置为 16 MHz。通过将 OSC16MCTRL.ENABLE 设置为 1，使能 16 MHz 内部振荡器。
- 通过将 GENCTRL0.SRC[4:0] 设置为 0x05（OSC16M 振荡器输出），将 GCLK0 时钟源配置为 16 MHz 振荡器输出。通过将 GENCTRL0.GENEN 设置为 1，使能 GCLK0。

运算放大器控制器（OPAMP）配置：

下列步骤介绍了将 OPAMP2 配置为增益为 $1+1/3$ 的同相可编程增益放大器的重要寄存器设置。

1. 通过将 OPAMPCTRL2.MUXPOS[3:0] 设置为 0x00（OPAMPx 正输入），选择 OA2POS 作为 OPAMP2 的正输入。
2. 将 PA05 用作 OPAMP 输入。通过将 PMUX2.PMUXO[3:0] 设置为 0x01（已选择外设功能 B），将 OA2POS 外设功能分配到 PA05。
3. 通过将 OPAMPCTRL2.MUXNEG[3:0] 设置为 0x01（OPAMPx 梯形电阻网络抽头），选择梯形电阻网络抽头作为 OPAMP2 的负输入。
4. 使能梯形电阻。将 OPAMPCTRL2.RES1EN 设置为 1。
5. 通过将 OPAMPCTRL2.RES1MUX[2:0] 设置为 0x03，选择 GND 作为梯形电阻的输入。
6. 通过将 OPAMPCTRL2.POTMUX[2:0] 设置为 1，将梯形电阻的电位器选择设置为 1/3。这会将 R1 设置为 12R，将 R2 设置为 4R。
7. 通过将 OPAMPCTRL.REST2OUT 设置为 1，将梯形电阻连接到运算放大器输出。

8. 通过将 OPAMPCTRL2.ANAOUT 设置为 1，关闭将 OPAMP2 输出连接到 ADC 输入的开关。

模数转换器（Analog-to-Digital Converter, ADC）配置：

下列步骤介绍了将 ADC 配置为转换 OPAMP 输入的重要寄存器设置。

1. 通过将 PCHCTRL2.GEN[2:0]配置为 0x0（通用时钟发生器 0），选择 GCLK0 作为 ADC 模块的时钟源。
2. 通过将 CTRLB.PRESCALER[2:0]设置为 0x02，将 ADC 外设的输入时钟 8 分频。
3. 通过将 PMUX2.PMUXO[3:0]设置为 0x01（已选择外设功能 B），将 OA2POS 外设功能分配到 PA05。
4. 通过将 INPUTCTRL.MUXPOS[4:0]设置为 0x1F（OPAMP2 输出），选择 OPAMP2 输出作为 ADC 的正输入。
5. 通过将 INPUTCTRL.MUXNEG[4:0]设置为 0x18（内部接地），选择 GND 作为 ADC 的负输入。
6. 通过将 REFCTRL.REFSEL[3:0]设置为 0x02，将 ADC 参考电压设置为 $\frac{1}{2}$ VDDANA。
7. 通过将 CTRLC.RESEL[1:0]设置为 0x0，将 ADC 分辨率设置为 12 位。

注：

1. ADC 时钟预分频比必须根据 ADC 模块的规范和时钟源的速度进行设置。ADC 时钟速度不应超过最大转换频率。
2. ADC 主要配置为默认设置。通过应用内置软件可选功能，将样本累加和相除以实现平均以及增益和失调校正，从而提高采样精度。

在应用程序代码中，使能 ADC 结果就绪中断（INTENSET.RESRDY = 1）和 ADC 模块（CTRLA.ENABLE=1）。使能 OPAMP 模块（CTRLA.ENABLE=1），并通过轮询 STATUS.READYx 位（其中，x = 2，对应于 OPAMP2）等待 OPAMP 模块就绪。

通过将 SWTRIG.START 设置为 1，启动第一次 ADC 转换。通过在 ADC 结果就绪中断处理程序中将 SWTRIG.START 设置为 1，从 ADC 中断触发后续 ADC 转换。

注：可以根据 $\text{adc_result_buffer} * V_REF / \text{ADC_MAX_VALUE}$ ，使用 ADC 结果缓冲区值计算放大信号电压，其中 V_REF 是采样电压参考值（ADC_REFERENCE_INTVCC1），对于 12 位转换，ADC_MAX_VALUE 为 0xFFF。

3.2 将 Atmel Start 项目导入到 Atmel Studio 中

与本文档对应的示例应用程序可以从以下网站下载：start.atmel.com。按照以下步骤下载示例项目：

1. 访问 start.atmel.com 并单击 **Browse Examples**（浏览示例）。
2. 搜索 ADC Gain Amplifier（ADC 增益放大器）示例。
3. 选择 ADC Gain Amplifier 示例，然后单击 **Download Selected Example**（下载所选示例）下载项目。
4. 出现提示时，选择要使用的电路板。

3.3 总结

SAM L10/SAM L11 运算放大器有很多用途。本文档介绍如何将片上运放模块用作同相放大器，以及如何配置运放和 ADC 模块，以便 ADC 对 OPAMP2 的输出进行采样。

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

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.、SQL、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。

© 2019, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-4013-0

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。

全球销售及服务中心

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	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 - 檳榔嶼 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
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			