

通过 SCIO 为 UNI/O® 总线器件供电

作者: **Chris Parris**
Microchip Technology Inc.

简介

随着嵌入式系统变得越来越小，迫切需要减少器件间通信所用的 I/O 引脚数量。Microchip 开发的 UNI/O® 总线能够满足这一需求，这是一种易于实现的低成本解决方案，仅需一个 I/O 引脚即可进行通信。

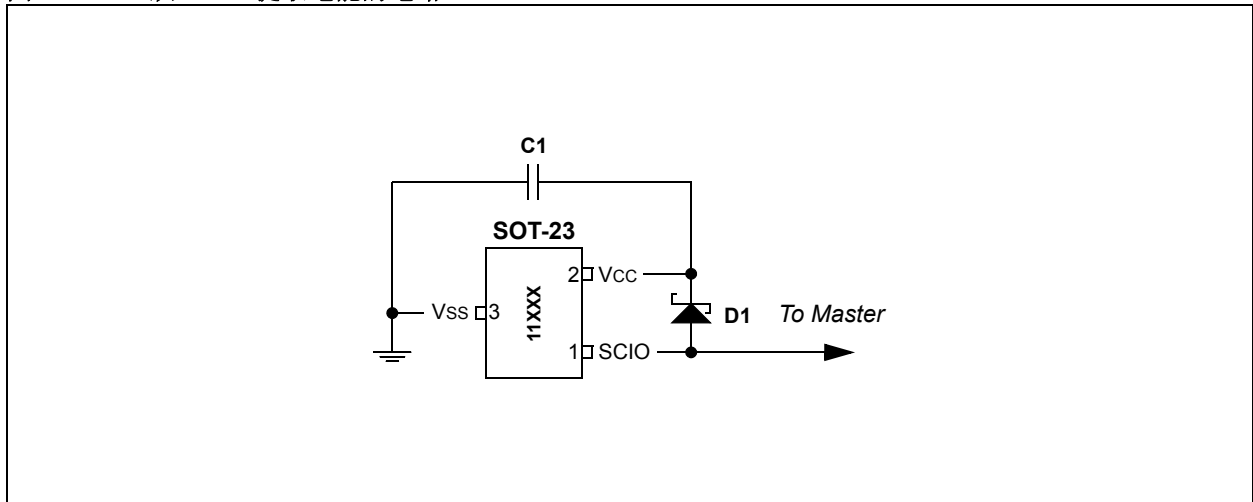
UNI/O 总线的标准配置是将串行时钟、数据、地址和控制信号组合为 SCIO 信号。这样，UNI/O 器件就可以解决任何应用中由于可用 I/O 数量有限，而造成连接器、电路板空间或主器件的争用问题。有些应用则可以进一步减少连接数量，并因此而受益。

本应用笔记描述如何通过添加标准半波整流器和电容电路，提取 SCIO 信号中的寄生电能。同时就如何根据电压和串联频率等应用参数选择电容值和二极管提了一些建议。无需修改标准 UNI/O 总线协议。我们假定读者已经熟悉有关 UNI/O 总线的基本术语和工作原理。

在本应用笔记中，带有粗框线的公式是计算重要参数的关键公式。其他公式用于说明推导最终公式所需的步骤。

图 1 显示连接至 UNI/O 串行 EEPROM 的半波整流器和电容电路。

图 1: 从 SCIO 提取电能的电路



工作说明

通过图 1 所示电路，可以将能量存储在电容 C1 上，从而从 SCIO 提取电能。之后，当主器件不驱动总线时，就可以用这些电能驱动 UNI/O 从器件。

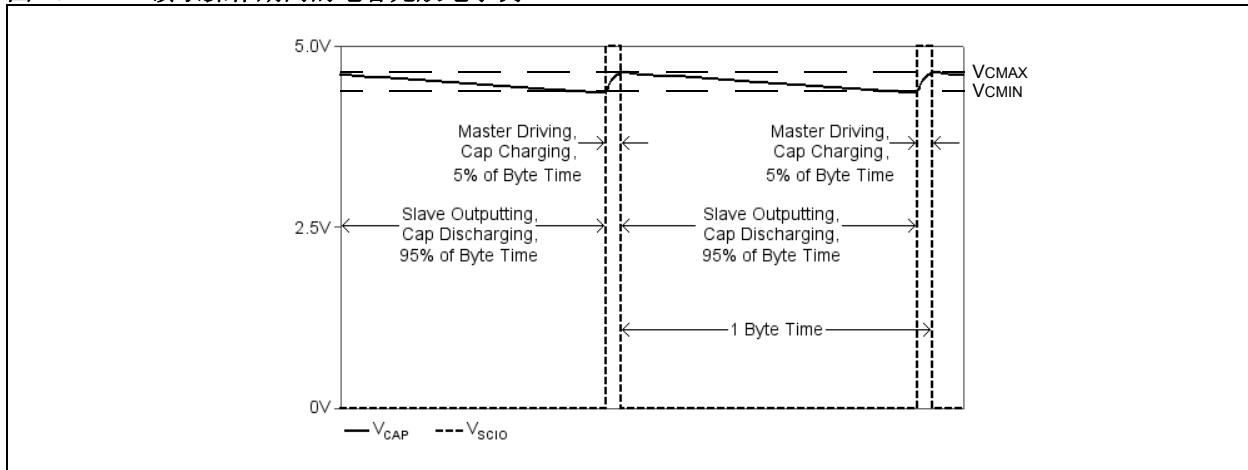
当主器件将 SCIO 驱动为高电平时，二极管 D1 变为正向偏置，允许电流流至 UNI/O 从器件，并为电容充电。电荷将继续积聚，直到电容电压等于主器件的高输出电压减去二极管两端的压降。

当主器件将 SCIO 驱动为低电平时，二极管变为反向偏置，防止电容通过 SCIO 反向放电。在这种情况下以及从器件驱动 SCIO 时，电容将直接为从器件供电，从而达到放电的目的。

由于 UNI/O 总线使用曼彻斯特编码，因此在 SCIO 上，每个位一定会出现高电平信号。但由于电容只能由主器件充电，因此最差情形就是读取从器件中的数据时。实际上，这会导致方波输入整流器电路，脉冲宽度为 4-6%，具体取决于输入抖动。其原因在于，每 10 位主器件只会在 1 的 40-60% 期间将 SCIO 驱动至高电平。请注意，这个时间非常短，因此为了确保电路正确运行，必须选择正确的元件。

图 2 中的示例展示了在假定从器件功耗恒定不变的情况下，如何在读取每个字节的过程中对电容循环充放电。实线为电容电压，虚线表示主器件驱动时（仅发生在读取操作的 MAK 位期间）SCIO 上的电压。

图 2: 读取操作期间的电容充放电示例



选择合适的二极管

肖特基二极管正向压降低、反向恢复快，因此建议使用肖特基二极管。但即便是肖特基二极管，仍有许多不同的选择。选择二极管时，应考虑以下参数：

- 反向泄漏电流 (I_R)
- 反向恢复时间 (T_{RR})
- 反向电压 (V_R)
- 正向电流 (I_F)
- 正向电压 (V_F)

反向泄漏电流 (I_R)

尽管肖特基二极管的反向泄漏电流通常高于相应的 P-N 结二极管，但对于本应用笔记讨论的内容而言，该参数通常可以忽略不计。即使泄漏电流约为 $10\ \mu A$ ，也不会对计算结果造成显著影响。但我们仍然建议在选择二极管时要尽量使泄漏电流最小。

反向恢复时间 (T_{RR})

反向恢复时间是二极管从正向偏置变为反向偏置所需的时间。在这段时间内，多余的反向电流可以反向流过二极管。对于本应用而言，这意味着电容将在这段时间内通过二极管反向放电。但肖特基二极管的反向恢复时间非常短，通常不到 $15\ ns$ 。在反向恢复期间，这会导致电荷损耗，但与从器件输出时的损耗相比，通常小于 1%，因此对于本应用笔记而言可以忽略不计。

反向电压（VR）

所选二极管应至少能承受 2 倍于主器件 VCC 的反向电压。这一要求旨在满足电容充满电且总线驱动至低电平时的需要，同时还能提供足够的余量，保证二极管不会因过量反向电压而损坏。

正向电流（IF）

在读取和写入操作期间，电容每个字节的放电时间比充电时间长。因此，充电期间流入电容的平均电流必须大于放电期间流出电容的平均电流。读操作属于最差情况，因为主器件仅在每字节 MAK 位的高电平时间对电容充电。这意味着在充电时，必须有大量电流流过二极管进入电容，才能弥补放电期间的损耗。所以，所选二极管必须能够承受这种高电流，这一点非常重要。

在新命令开始时，电容将充电至接近 VCC 的水平。但在命令执行过程中，电容开始放电，直到系统达到稳定点。此时，电容在放电过程中失去的电荷等于电容在充电过程中增加的电荷。放电期间的电荷损耗取决于从器件消耗的电流 ICCR，因此我们可以认为，充电期间增加的电荷也取决于 ICCR。以下公式说明如何根据 ICCR 以及充电与放电时间计算充电电流。

公式 1： 电容充电电流

$$I_{CHG} = \frac{Q}{t_{CHG}}$$

$$I_{DCHG} = \frac{Q}{t_{DCHG}} = I_{CCR}$$

$$\Rightarrow I_{CHG} = I_{CCR} \cdot \frac{t_{DCHG}}{t_{CHG}}$$

电容充电期间流过二极管的平均电流 I_D 是流入电容的电流和流入 UNI/O 从器件的电流总和。该电流值可使用公式 2 计算。

公式 2： 充电过程中的二极管平均电流

$$I_D = I_{CHG} + I_{CCR}$$

$$\Rightarrow I_D = I_{CCR} \cdot \left(\frac{t_{DCHG}}{t_{CHG}} + 1 \right)$$

正向电压（VF）

当系统达到稳定点时，电容电压将在 VCMAX 和 VCMIN 之间振荡，如“工作说明”部分所述。VCMAX 值由公式 3 确定，其中 VMOH 是主器件在提供二极管平均电流值 I_D （由公式 2 计算得出）时的高电平输出电压。

公式 3： 最大电容电压

$$V_{CMAX} = V_{MOH} - V_F$$

VCMAX 和 VCMIN 是 UNI/O 从器件看到的 VCC 值。VCMIN 必须高于从器件的最小工作电压，同时还必须足以确保从器件的高电平输出电压（VSOH）超过主器件的高电平输入电压（VMIH）。

VCMIN 的值取决于所选电容的大小和 VCMAX，其计算公式参见“确定电容大小”部分。由于存在这种依赖性，VCMIN 会受二极管两端正向压降和电容值的影响。

UNI/O 从器件的绝对最大额定值规定，SCIO 上的电压不得比从器件的 VCC 高 1.0V 以上。这意味着对二极管正向压降的唯一要求是必须小于 1.0V。这对肖特基二极管来说很容易实现。但是，由于正向电压也会影响电容值，因此仍然需要尽可能减小正向电压。

确定电容大小

如果从器件的高电平输出电压未达到主器件的高电平输入电压（ V_{MIH} ），则主器件可能无法正确检测出 SCIO 上的高电平。

公式 4 是计算电容充放电时电流的标准公式。

公式 4： 电容电流

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

将公式 3 和公式 4 应用于正在放电的电容，得到公式 5；其说明如何根据特定电容值 C 计算 V_{CMIN} 。

公式 5： 最小电容电压

$$\begin{aligned} I_{CCR} &= C \frac{dv(t)}{t_{DCHG}} \\ \Rightarrow dv(t) &= \frac{I_{CCR} \cdot t_{DCHG}}{C} \\ V_{CMAX} - V_{CMIN} &= dv(t) \\ \Rightarrow V_{CMIN} &= V_{CMAX} - \frac{I_{CCR} \cdot t_{DCHG}}{C} \\ \Rightarrow V_{CMIN} &= V_{MOH} - V_F - \frac{I_{CCR} \cdot t_{DCHG}}{C} \end{aligned}$$

将 V_{SOH} 高于 V_{MIH} 这一要求应用于公式 5，同时求解 C ，可得到以下公式：

公式 6： 最小电容值

$$\begin{aligned} V_{SOH} &\geq V_{MIH} \\ \Rightarrow V_{CMIN} - 0.5V &\geq V_{MIH} \\ \Rightarrow C &\geq \frac{I_{CCR} \cdot t_{DCHG}}{V_{MOH} - V_F - V_{MIH} - 0.5V} \end{aligned}$$

注意，最小电容值与放电时间成正比与总线频率成反比。随着放电时间增加，电容值也必须增大。因此，实际上，提高总线工作频率就可以使用较小的电容。

使用公式 6 计算出最小电容值后，必须使用公式 5 算出 V_{CMIN} ，确保其高于 UNI/O 从器件的最小工作电压。否则，就必须使用更大的电容值。

其他考虑因素

上电时序

在开始与 UNI/O 从器件进行任何通信之前，包括从低到高的电平跳变使得器件从 POR 和待机脉冲释放，必须将电容充电至从器件的最小工作电压。电容充电所需时间取决于电容值和执行充电的器件阻抗。如果使用上拉电阻进行充电，则可使用公式 7 计算电容充电所需时间。

公式 7： 电容充电

$$\begin{aligned} V_{MIN} &= V_{CC}(1 - e^{-t/(RC)}) \\ \Rightarrow t &= -(RC) \ln\left(1 - \frac{V_{MIN}}{V_{CC}}\right) \end{aligned}$$

还可以使用主输出驱动器为电容充电。这样通常可以显著缩短充电时间。但充电时间取决于主输出驱动器阻抗，但阻抗值因主器件和输出电压而异。因此，通过测量使用最终元件时的充电时间，据此确定特定应用所需时间要简单得多。为了确保设计稳定可靠，在选择元件时必须留有足够的余量。

上拉电阻

对于标准 UNI/O 总线配置，建议在 $SCIO$ 上使用上拉电阻。这是为了确保在 UNI/O 从器件通电但无器件驱动总线时（例如，当主器件保持于复位状态时），总线能处于空闲状态。但在提取 $SCIO$ 中的寄生电能时，不会发生这种情况，因此无需担心。

当 UNI/O 从器件将 SCIO 驱动至高电平时，将形成一条电流路径，通过从器件输出驱动器到达从器件 VCC 连接。如果使用上拉电阻，则该电阻会提供少量电流，流过输出驱动器，在从器件驱动高电平时为从器件供电。这实际上会提高 VCMIN，因为电容必须提供较小电流为从器件供电。但是，由于流过上拉电阻的电流很小，因此不会对上面提到的计算结果产生显著影响。

上拉电阻还将与输出驱动器形成一个分压器，用于提高从器件的高电平输出电压。这样就进一步增加了余量，从而提升设计的可靠性。

建议使用上拉电阻，因为其可提供额外的余量，但并非必须如此。上拉电阻值的选择方式与标准 UNI/O 总线应用相同（典型值为 20 K Ω ）。

WIP 轮询

WIP 轮询功能提供了一种简单的数据吞吐量最大化方法，但是需要消耗额外的电流。在写入周期，需消耗写入操作工作电流（Iccw）使电荷泵工作，将数据存储在阵列中。WIP 轮询还需要读取操作工作电流，结果导致电流消耗高于正常读取操作。

建议在写操作期间，在整个写入周期 Twc 内将 SCIO 驱动至高电平，由主器件驱动从器件。但是，如果必须进行 WIP 轮询，则如上所述进行电容值和二极管选择时，可使用 ICCR + Iccw 组合电流值。否则，串行 EEPROM 可能会在写入周期完成之前掉电，导致所写入的数据损坏。

计算示例

以下示例显示如何使用上述公式选择正确的元件。表 1 列出了该示例的重要参数。

表 1: 示例参数

参数	值	单位
ICCR	3.0	mA
TDCHG	237.5 ¹	μ s
TCHG	12.5 ¹	μ s
VMOH	4.35	V
VMIH	2.0	V
VF	0.33 ²	V

注 1: TDCHG 和 TCHG 基于 40 kHz 总线频率，无输入抖动。

2: 基于计算 Id 之后选择的二极管。

请注意，VF 取决于所选二极管，而 VMOH 和 VMIH 则取决于主器件。

在此例中，从公式 2 得到的二极管平均电流为 60 mA。知道这个值后就可以选择二极管了。

将参数应用于公式 6，可得出最小电容值为 0.469 μ F。另外，从公式 5 得到的 VCMIN 值为 2.50V，该值在 UNI/O 从器件的有效工作电压范围内。

此值可确保电容电压满足最低要求，但不提供任何余量。因此，我们强烈建议选择一个大于最小值的值。在本例中，1.0 μ F 的电容即可满足需要。

图 3: 示例读取操作的示波器图

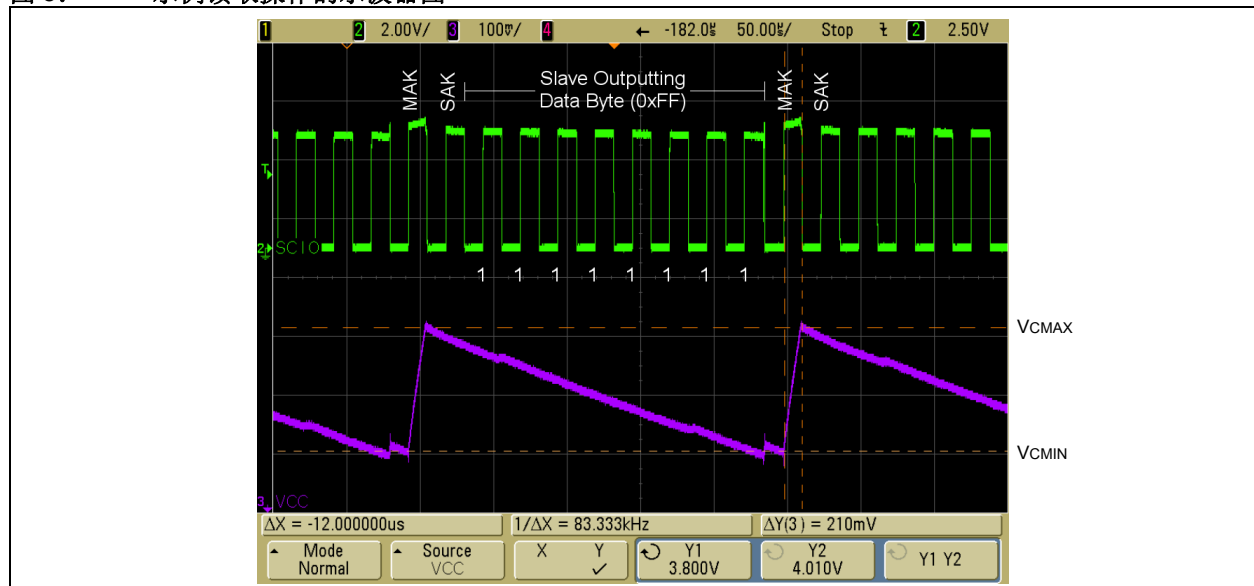


图 3 所示为 VCC 达到其稳定振荡范围之后读取操作期间的示波器图。在主器件对电容充电时，光标标记 **MAK** 位的后半位。按照上述要求选择使用的元件。注意， V_{CMIN} 并没有公式预测的那么低。这是因为公式假定 UNI/O 从器件会消耗最大额定电流 I_{CCR} ，但在本示例中，器件消耗的电流小于最大值。

小结

本应用笔记举例详细说明了如何通过单个连接将电源与 SCIO 结合起来，满足 UNI/O 总线应用需求。这样做可以减少所需连接数，有利于缩小系统尺寸，降低系统设计成本。与标准 UNI/O 总线实现方案相比，本应用笔记描述的步骤需要略微增加投入，但采用该方案可以提高设计的可靠性。

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，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、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、Libero、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、PICKtail、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 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: 978-1-5224-5470-0

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: 45-4450-2828
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 - Gothenburg
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