

## 实现 Microsoft® Windows® 10 驱动程序支持的 PAC193X 集成注意事项

作者: Razvan Ungureanu  
Microchip Technology Inc.

### 简介

本文档介绍了将 PAC193X 直流电源监视器集成到 Microsoft® Windows® 10 主机系统的基本步骤，目的是支持 Windows 10 PAC193X 驱动程序。

由于 PAC193X 器件可以多种方式在不同的系统配置中使用，因此，在加载 Windows 设备驱动程序之前，需要解决一些特定的硬件和 BIOS 配置细节问题。

有关 PAC193X Windows 10 设备驱动程序加载、功能集和软件接口的信息，请参见《PAC193X Windows® 10 驱动程序用户指南》，这本指南对本文档所提供的信息进行了补充。

表1: 术语和缩略词表

缩略词	术语
E3	电量估算引擎
EMI	电量计量接口
OS	操作系统
CPU	中央处理单元
SoC	片上系统
EC	嵌入式控制器
SPB	简单外设总线
SpbCx	SPB 框架扩展
ACPI	高级配置和电源接口
ASL	ACPI 源语言
BIOS	基本输入/输出系统
OEM	原始设备制造商
UUID	通用惟一标识符
DSM	器件特定的方法
I <sup>2</sup> C	I <sup>2</sup> C
SMBus	系统管理总线

本文档作为 Microchip PAC193X Windows 10 驱动程序版本的一部分提供，并可能随驱动程序的新版本而更改。

文档修订号为 Rev.1.0。

表2: 版本历史

版本号	日期	说明
1.0	2017年6月20日	本文档中的信息适用于以下 PAC193X 驱动程序版本: 1.0、1.1 和 1.2

### 硬件集成

硬件集成必须首先解决器件数据手册中指定的所有电气细节问题。例如，器件的 V<sub>DD</sub> IO 必须与 I<sup>2</sup>C 总线电压匹配。但是，以下硬件注意事项只涉及为兼容 Windows 10 设备驱动程序而需要特定配置的硬件细节：

- I<sup>2</sup>C 总线控制器 Windows 支持
- PAC193X V<sub>DD</sub> 和 SLOW/ALERT 引脚连接
- 通道电流检测电阻值
- 通道极性

### I<sup>2</sup>C 总线控制器 Windows 支持

PAC193X 器件 I<sup>2</sup>C/SMBus 接口默认配置为 I<sup>2</sup>C 模式。请注意，Windows 目前不支持 SMBus 协议。因此，系统集成商必须将 PAC 器件连接到 I<sup>2</sup>C 总线控制器，以使 Windows 10 驱动程序可用并兼容 Windows 简单外设总线框架扩展——SpbCx。这是必要条件，因为 PAC193X Windows 10 驱动程序使用 SpbCx 标准软件接口与 I<sup>2</sup>C 从器件进行通信。

I<sup>2</sup>C 总线控制器可位于系统 CPU（SoC 架构）、系统嵌入式控制器（Embedded Controller，EC）中，也可以是连接到系统内部总线之一的其他器件。

### PAC193X V<sub>DD</sub> 和 SLOW/ALERT 引脚连接

常规 PAC193X 系统集成方案假定系统电源轨在待机或关机的系统状态期间也受到监视。因此，PAC 器件 V<sub>DD</sub> 引脚应连接到不会由系统待机或关机序列关闭的系统电源轨。这样，PAC 器件便能在待机/关机状态下继续累积有关系统能耗的数据（需要时）。PAC193X Windows 设备驱动程序能够检索这些数据并将其报告给 Windows 电量估算引擎（E3）或用户应用程序。

为了延长待机/关机状态的时间，减少累加器寄存器溢出的机会，器件采样率应降至最低。这也会降低PAC193X器件的能耗。在正常系统操作中，此操作由Windows设备驱动程序完成，此驱动程序将在操作系统切换待机/关机状态下的系统之前重新配置CONTROL寄存器的SRN位。在操作系统崩溃的情况下，系统最终会被用户或一些自动化的安全机制强制关闭。在Windows系统崩溃的情况下，PAC器件的驱动程序不起作用，但如果SLOW引脚驱动为高电平，则PAC器件仍可重新配置为慢速采样模式。SLOW引脚可由检测系统断电的硬件模块驱动为高电平。例如，SLOW引脚可由通过CPU进行门控的晶体管或主存储器电源轨驱动。SLOW引脚也可由系统嵌入式控制器驱动。EC通常是一个始终开启的器件，它可以控制各种硬件低级后台处理，还可以控制系统电源轨和上电序列。

当系统重新开启时，PAC Windows设备驱动程序能够检测到SLOW引脚已置为有效，并收集在这段时间内累积的数据。这样做是可行的，因为驱动程序会确保SLOW/ALERT引脚始终配置为SLOW，并且SLOW引脚切换触发累加器寄存器有限次刷新（这些是PAC器件的默认设置）。

## 通道电流检测电阻（ $R_{SENSE}$ ）

PAC193X Windows设备驱动程序仅支持以毫欧表示的整数电流检测电阻值。例如，不支持1.5 m $\Omega$ 的值。

推荐的电流检测电阻容差为1%。

## 通道极性

默认情况下，PAC器件通道配置用于单极性电压测量。在初始化阶段，该配置由Windows设备驱动程序保留。不过，用户应用程序可通过调用专用的驱动程序接口将任何通道更改为双极性/双向。但是，由于Windows E3服务仅支持正电量值，建议将PAC器件的SENSE引脚连接到电源轨，以便在默认情况下 $V_{SENSE}$ 电压读为正值。这样做有两个原因：

- Windows E3服务不能设计为控制通道极性
- 驱动程序借以向E3服务提供电量数字的标准电量计量接口（EMI）仅允许正整数。

## ACPI BIOS集成

除了本文中提供的任何集成指南外，OEM和系统集成商还负责创建一个有效的ACPI BIOS，以准确反映其硬件平台。其中包括如何在系统中配置和连接PAC193X的详细信息。

本节提供的指南仅限于描述集成PAC193X器件的必要详细信息，在包含PAC193X器件驱动程序和Windows操作系统的系统中，此器件是其中的一部分。

本文档的[附录A：“ACPI PAC193X器件定义示例”](#)包含一个用ACPI源语言（ACPI Source Language, ASL）编写的示例ACPI器件定义。本示例说明了如何将PAC193X集成到ACPI BIOS中。阅读本节时请参见附录A的示例。

本文档的[附录B：“测试PAC193X ACPI集成”](#)介绍了快速测试PAC193X系统集成可使用的工具和需要遵循的流程（无需更换系统闪存中的BIOS固件）。

## PAC193X器件描述

将PAC193X内置到系统中时，将按器件和通道定义各个配置选项。这些选项包括：

- 系统中每个PAC193X器件的I<sup>2</sup>C地址；
- 每个PAC193X通道连接的电源轨；
- 为每个通道配置的 $R_{SENSE}$ 值；
- 对于PAC193X通道，Windows驱动程序不得将其用于创建电量计量接口（EMI）（这些通道定义为专用通道）。

这些选项基于各平台来选择，需要传送到PAC193X器件的驱动程序。这允许驱动程序通过标准Windows EMI正确告知Windows关于系统功耗的使用情况。

可通过平台的ACPI BIOS中的PAC193X器件定义将这些配置选项传送到PAC193X驱动程序。OEM负责为系统中配置的每个PAC193X器件提供适当的ACPI器件定义。为PAC193X器件创建适当的定义包括提供本文档中概述的器件特定配置项目。

PAC193X 器件的定义可以直接从附录A：“ACPI PAC193X 器件定义示例”示例中复制，可以复用，并且可针对特定系统上的使用进行自定义。PAC193X 器件定义模块中需要更改以反映给定系统配置的项目将突出显示，并用OEM: 和TODO: 进行标记。

作为PAC193X 器件定义的一部分，必须指定对应于通用唯一标识符(UUID) 033771E0-1705-47B4-9535-D1BBE14D9A09 的\_DSM (器件特定方法) 控制方法，如示例中所示。该UUID保留给Microchip的PAC193X，不得更改。PAC193X 器件的驱动程序依赖于支持该UUID的\_DSM 控制方法。

\_DSM 函数ID 1 (再次参见附录A：“ACPI PAC193X 器件定义示例”中的示例) 将返回一个包，该包描述了如何配置由该ACPI 器件定义描述的PAC193X 器件上的每个通道。对于每个通道，必须提供相应PAC193X 通道所连接电源轨的名称并为该通道配置R<sub>SENSE</sub> 值。

请注意，提供的电源轨名称不能是任意的。它们必须由预定义值组成，这些值是符合Windows定义的EMI 电源轨分类的有效计量硬件名称。有关有效电源轨名称的更全面说明，请参见Microsoft提供的文档。

R<sub>SENSE</sub> 值以毫欧指定，只允许为整数。

要指示给定PAC193X 器件上没有使用特定的通道 (也就是说，不应为其执行功率计算)，需将通道的R<sub>SENSE</sub> 值设置为0。

可以使用一个或多个PAC193X 通道监视电源轨，而不用将这些测量结果暴露给Windows 电量计量接口。此类通道称为专用通道。PAC193X 器件驱动程序还将计算专用通道的功耗，但不会创建标准EMI 接口，因此Windows 无法访问这些结果。不过，为专用通道计算的数据可以通过用户应用程序使用Microchip 定义的PAC193X 器件特定IOCTL 来查询。要指示一个特定的通道是专用通道，必须在\_DSM 函数ID 1 中配置对应于该通道的电源轨名称以返回空字符串 (即"")。请注意，专用通道的R<sub>SENSE</sub> 值必须是有效值，不能为0。

OEM 和系统集成商必须非常小心地正确配置电源轨和R<sub>SENSE</sub> 的值，因为Windows 和PAC193X 器件的驱动程序均依赖于这些值，因此这些值必须正确。PAC193X 驱动程序无法了解给定的电源轨名称是否有效，或者更进一步说，无法了解指示的PAC193X 通道是否实际连接到指定的电源轨。

表3: PAC193X ACPI集成参数汇总

参数	类型	值	备注
_UID	整数	>= 1	系统中的每个PAC 器件都必须具有唯一的_UID。
I <sup>2</sup> C 7位从地址	整数	ADDRSEL 引脚选择的值。	器件数据手册中的地址选择电阻表提供了支持的地址值及其相关电阻值。有16种可能性。
I <sup>2</sup> C 连接速度	整数	典型值: 400000 最大值: 1000000	选定的速度必须与I <sup>2</sup> C 总线控制器支持的速度相匹配。
I <sup>2</sup> C 控制器名称	字符串	I <sup>2</sup> C 总线控制器的ACPI 名称。	I <sup>2</sup> C 总线控制器驱动程序必须具有兼容Windows 10 SpbCx 的驱动程序。
通道名称	字符串	"" 或非空字符串	<ul style="list-style-type: none"> <li>"": 空字符串表示专用通道</li> <li>非空字符串必须符合Microsoft 电源轨命名分类法。</li> </ul>
R <sub>SENSE</sub> 值	整数	0 或非0	<ul style="list-style-type: none"> <li>用毫欧表示</li> <li>0: 通道未连接。该通道未报告任何数据。</li> <li>非0: 电流检测电阻的值，必须符合32位无符号整数。</li> </ul>

## 附录 A: ACPI PAC193X 器件定义示例

```
Scope (\_SB)
{
//
// PAC193X ASL 示例
//
// 说明如何定义 PAC193X 与
// I2C 控制器的连接方式以及
// 将电源轨配置信息返回驱动程序需要使用的器件特定方法 (DSM)。
//
Device (PA01)
{
    Name (_HID, "MCHP1930")
    //
    // OEM: TODO: 系统中的 PAC 器件必须具有唯一 _UID
    //
    Name (_UID, 1)
    //
    // 器件支持的最低功耗 D 状态为 D3
    //
    Name (_S0W, 3)
    //
    // 状态:
    // 器件存在、已使能且可正常工作
    //
    Method (_STA, 0x0, NotSerialized)
    {
        Return (0xf)
    }
    //
    // 当前资源设置
    //
    Method (_CRS, 0x0, NotSerialized)
    {
        Name (RBUF, ResourceTemplate ()
        {
            //
            // OEM: TODO: 指定该
            // 139x 器件与系统的连接方式的详细信息。
            //
            I2CSerialBus (0x10, // 7 位从地址
                ControllerInitiated, // 从器件还是主器件?
                00000, // 连接速度 (单位为 Hz)
                AddressingMode7Bit, // 7 位还是 10 位寻址?
                "\\_SB.I2C6", // 与 PAC 连接的
                // I2C 控制器
                0, // 资源索引
                ResourceConsumer) // 耗电设备还是供电设备?
        })
        Return (RBUF)
    }
    //
    // _DSM — 器件特定方法
    //
    // 该方法将返回配置信息, 告知驱动程序
    // PAC193X 中的每条线路连接了哪些器件以实现监视目的。
    // 受监视器件的名称必须来自 Microsoft 定义的
```

```
// 电源轨分类。
//
// Microchip PAC193X DSM的UUID为
// {033771E0-1705-47B4-9535-D1BBE14D9A09}。
// 它对于器件是惟一的，必须与Windows PAC193X
// 驱动程序预期匹配。
//
// 返回结果：
// 缓冲区（对于函数0和2，或者错误）
// 包含EMI资源（轨/电阻对）的包
//
// 输入参数（根据_DSM标准而定）：
//
// Arg0: UUID—函数标识符
// Arg1: 整数—版本
// Arg2: 整数—函数索引
// Arg3: 数据包—参数（实现中未使用）
//
Function(_DSM, {BuffObj, PkgObj}, {BuffObj, IntObj, IntObj, PkgObj})
{
    //
    // 我们的UUID是否正在被调用？
    //
    if(LNotEqual(Arg0, ToUUID("033771E0-1705-47B4-9535-D1BBE14D9A09")))
    {
        //
        // 不是我们的UUID—只需为错误返回NULL
        //
        return(Buffer() {0x0})
    }
    //
    // 根据请求的函数编号进行切换...
    //
    switch(ToInteger(Arg2))
    {
        //
        // 函数0返回所支持函数的位掩码
        //
        case(0)
        {
            //
            // 版本0是目前定义的惟一版本
            //
            if(LEqual(Arg1, 0x00))
            {
                //
                // 支持函数0和1。
                //
                return(Buffer() {0x03})
            }
            break;
        }

        //
        // 函数1将返回通道信息数据包
        //
        case(1)
        {
            //
```

```
// 版本0是目前定义的唯一版本。
//
If(LEqual(Arg1, 0x0))
{
    //
    // 返回具有备用名称和电阻值的
    // 通道信息。
    //
    // OEM: TODO: 提供的值仅为示例。
    //          实际值将更改以匹配平台上的接线。
    //
    //          每个电源轨的名称必须是
    //          Windows定义的有效“计量硬件名称”或
    //          空字符串—未经
    //          PAC193X驱动程序验证。将电源轨名称
    //          设置为空字符串（即""），指示
    //          给定通道为专用通道（即，不通过
    //          标准EMI接口报告给
    //          Windows）。
    //
    //          每个RSENSE值用
    //          毫欧表示。如果不使用某个通道，则将
    //          RSENSE值设置为0。
    //
    Name(PBUF, Package())
    {
        //
        // 电源
        // 轨RSENSE
        // 名称值
        //
        "GPU",      10, // 通道1
        "CPU_CORES", 12, // 通道2
        "",         22, // 通道3（本示例中设置为
                    // “专用”）
        "WIFI",     19 // 通道4
    })
    return(PBUF)
}
break;
}
} // switch(Arg2)
//
// 返回错误（值为0的缓冲区）
// 如果未返回上述任何其他值
//
return(Buffer() {0x0})
} // _DSM
}
//
//
// PAC193X ASL示例结束
//
//
} //Scope(\_SB)
```

## 附录 B： 测试 PAC193X ACPI 集成

注意：本附录提供的工具和流程不是在目标系统上集成、编译和部署 PAC193X ASL 的唯一方法。该方法不会更换闪存中的原始系统 BIOS 固件，并且仅在目标系统上的 Windows 10 OS 配置为测试模式时生效。仅当目标系统上已安装 Windows 10 并且用户能够在目标系统上安装并运行提供的工具时，该方法才生效。由于可能导致 Windows OS 崩溃和数据丢失，因此更改和部署 ASL 代码时必须十分小心。

### 工具

- 来自 ACPIA 的 iASL 和 AcpiDump 工具：  
<https://acpica.org/downloads/binary-tools>
- 来自 Microsoft Windows 驱动程序工具包 (Windows Driver Kit, WDK) 的 ASL 工具：  
<https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/bringup/microsoft-asl-compiler> (根据目标系统的操作系统类型，使用 64 位或 32 位版本)
- BCDEdit 实用程序 (Windows 10 中默认安装)
- Notepad 实用程序 (Windows 10 中默认安装) 或目标系统上运行的任何其他文本编辑器
- Shutdown 实用程序 (Windows 10 中默认安装)

### 流程

- 将工具和示例 ASL 代码复制到目标系统。
  - 创建一个工作文件夹 (例如 ACPI\_MCHP1930)，将 PAC193X ASL 示例代码复制到一个简单的文本文件中。
  - 将 ASL 和 ACPIA 工具复制到工作文件夹中，或者为其创建一个专用的工具文件夹，然后将该工具文件夹置于系统路径中。
- 转储目标系统的 ACPI 代码。
  - 打开显示的命令提示符 (管理员命令提示符)，将工作目录更改为刚刚创建的工作文件夹。
  - 使用 AcpiDump 工具获取二进制格式的系统 ACPI 表：
 

```
C:\ACPI_MCHP1930>acpidump -b
```

将在工作文件夹中创建几个文件，每个 ACPI 表类型对应一个文件，文件名称采用包含的 ACPI 表加上 .dat 扩展名的形式。

- 反汇编二进制 ACPI 代码
  - 使用 iASL 工具将二进制 ACPI 代码反汇编为 ASL 代码：
 

```
C:\ACPI_MCHP1930>iasl -d *.dat
```

将在工作文件夹中创建几个文件，每个 ACPI 表类型对应一个文件，文件名称采用包含的 ACPI 表加上 .dsl 扩展名的形式。

- 将 PAC193X ASL 代码添加到 ACPI SSDT 中
  - 在文本编辑器中打开 ssdt.dsl 文件，添加 PAC193X ASL 示例代码并加以修改以匹配目标系统架构。

提示：在 DSDT 或 SSDT 中查找 I<sup>2</sup>C 控制器的 ACPI 定义，并记下 ACPI 名称。定义 PAC193X 器件的 I<sup>2</sup>C 连接时需要使用该名称；请参见附录 A：“ACPI PAC193X 器件定义示例”中的 I2CSerialBus TO DO 部分。

- 编译修改的 SSDT。
  - 使用 iASL 工具生成二进制 SSDT 代码：

```
C:\ACPI_MCHP1930>iasl ssdt.dsl
```

如果没有编译错误，则会生成文件 ssdt.aml。

- 将新的 ACPI SSDT 加载到 Windows 注册表中。

借助 Windows acpi.sys 驱动程序，ACPI 代码开发人员可以利用 Windows 注册表中保存的不同版本代码覆盖系统闪存中的原始 ACPI 代码。

- 使用 ASL 工具将 ACPI 表保存到 Windows 注册表中：
 

```
C:\ACPI_MCHP1930>asl /loadtable -v ssdt.aml
```

注：只能从提升命令提示符运行该命令。

提示：在 Windows 注册表中已包含 ACPI 代码覆盖的情况下，在加载新版本之前，必须对注册表进行“卸载”。为此，需要为 ASL 工具提供选项“-d”：

```
C:\ACPI_MCHP1930>asl /loadtable -v -d ssdt.aml
```

- 将 Windows 切换为测试模式

上面介绍的 ACPI 表覆盖功能仅在 Windows 测试模式下使能。

- 使用 BCDEdit 实用程序来使能测试模式：

```
C:\ACPI_MCHP1930>bcdedit /set testsigning ON
```

提示：要禁止测试模式，需要将以上示例中的 ON 替换为 OFF。

- 重新启动系统
  - 使用 Shutdown 实用程序来确保执行完整的电源周期，不受 Windows 10 快速启动功能的影响：

```
C:\ACPI_MCHP1930>shutdown -r -t 0
```

# AN2534

---

## 9. 检查 **Device Manager**（设备管理器）。

在这一阶段，由于没有安装驱动程序，PAC193X 器件应通过 Windows **Device Manager** 实用程序下的 **Unknown Devices**（未知设备）类别枚举。

## 10. 安装 PAC193X Windows 设备驱动程序。

请阅读并按照《PAC193X Microsoft® Windows® 10 驱动程序用户指南》的“驱动程序安装”部分介绍的步骤操作。

小心：如果需要升级 BIOS 或更改 BIOS 配置，建议：

- 首先，通过从 Windows 注册表卸载代码（见步骤 6）或关闭测试模式（见步骤 7）来禁止 ACPI 代码覆盖。
- 重复上面列出的步骤（从步骤 2 开始）。



---

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。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，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

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<sup>®</sup> MCU 与 dsPIC<sup>®</sup> DSC、KEELOQ<sup>®</sup> 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和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。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM**  
**CERTIFIED BY DNV**  
**== ISO/TS 16949 ==**

#### 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 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 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、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 Inc. 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 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。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2766-7



## 全球销售及服务中心

### 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](http://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: 49-7131-67-3636

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: 47-7289-7561

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