
使用 ATtiny1617 上独立于内核的可配置定制逻辑实现夜灯

特性

- 减少 CPU 使用
- 使用可配置定制逻辑（Configurable Custom Logic, CCL）模块实现独立于内核的操作
- 事件系统
- TCA0——16 位定时器/计数器类型 A
- SPI0——串行外设接口
- AC0——模拟比较器
- DAC——数模转换器
- EEPROM 数据存储
- 被动红外探测器
- 环境光线传感器
- 16 个智能可寻址 RGB LED

简介

本应用笔记介绍了如何使用独立于内核的可配置定制逻辑（CCL）对不同传感器的输入进行滤波以及如何使用 Microchip AVR[®] 器件、被动红外（PIR）传感器、环境光线传感器和 16 个可寻址 RGB LED 创建特定通信协议。许多外设被配置为可不依赖于 CPU 协同工作。

仅当环境足够暗并且 PIR 传感器前有运动时，灯才会点亮。该实现使用 AVR 可配置定制逻辑模块来确定何时发生这种情况。更新可寻址 RGB LED 可利用定时器/计数器 PWM 生成、SPI 和 CCL 来生成特定的单行串行协议。

目录

特性.....	1
简介.....	1
1. 相关器件.....	3
1.1. tinyAVR 1 系列.....	3
2. 组件.....	4
2.1. STK600.....	4
2.2. 被动红外探测器.....	4
2.3. 环境光线传感器.....	5
2.4. 智能控制 LED.....	5
3. 实现.....	7
3.1. 系统概览.....	7
3.2. 连接.....	7
3.3. CCL 配置.....	9
3.3.1. LUT0 配置.....	9
3.3.2. LUT1 配置.....	10
3.4. 程序流.....	12
4. 从 Atmel START 获取源代码.....	14
5. 版本历史.....	15
Microchip 网站.....	16
变更通知客户服务.....	16
客户支持.....	16
Microchip 器件代码保护功能.....	16
法律声明.....	17
商标.....	17
DNV 认证的质量管理体系.....	18
全球销售及服务网点.....	19

1. 相关器件

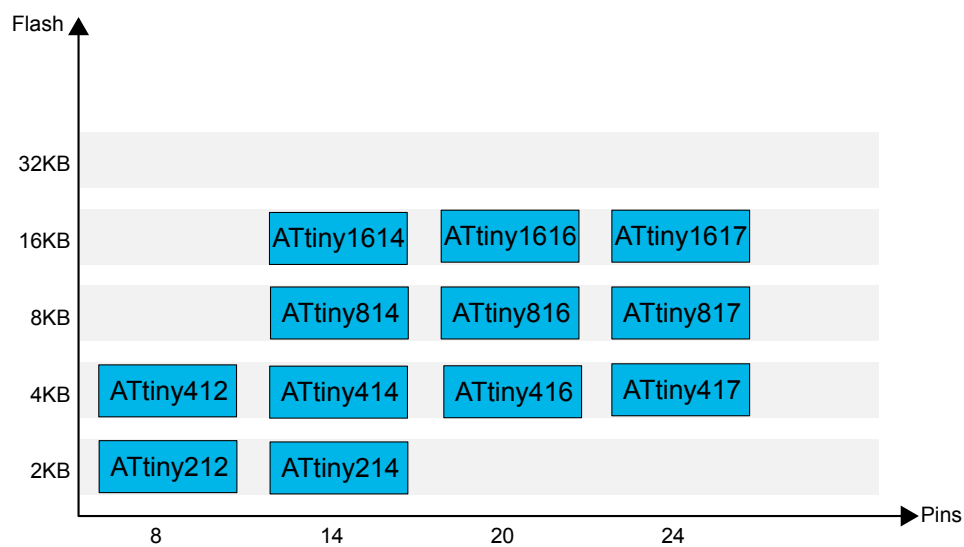
本章列出了本应用笔记的相关器件。

1.1 tinyAVR 1 系列

下图给出了 tinyAVR[®] 1 系列，绘制了不同引脚数型号与存储器大小的关系：

- 垂直向上移植无需修改代码，因为这些器件的引脚彼此兼容，可提供相同甚至更多的功能。而向下移植可能需要修改代码，因为某些外设的可用引脚数较少。
- 水平向左移植会减少引脚数，进而减少可用的功能。

图 1-1. tinyAVR 1 系列概述



具有不同闪存大小的器件通常也具有不同的 SRAM 和 EEPROM。

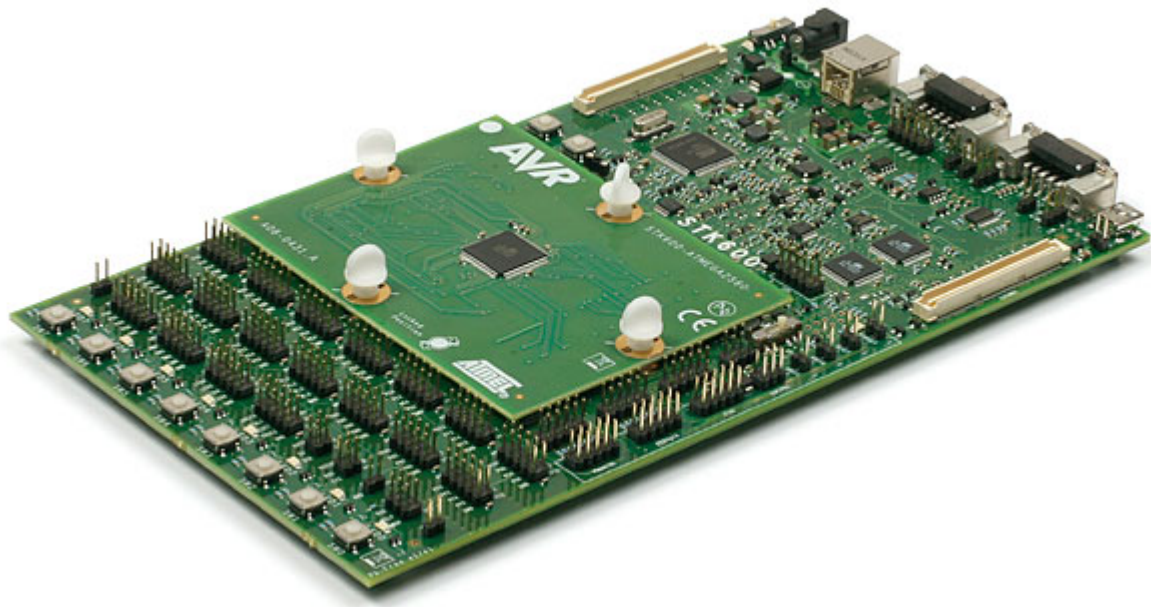
2. 组件

本应用笔记需要各种硬件。下面列出了硬件并进行了说明。

2.1 STK600

STK[®]600 工具包可与 STK600-RC024T-103 布线卡和 STK600-QFN24 顶部卡一起用于本应用笔记。

图 2-1. STK600



2.2 被动红外探测器

PIR 传感器用于检测感测到的红外辐射量的变化，大小取决于传感器前物体的温度和表面特性。

当一个人在传感器和背景之间通过时，传感器将检测到室温到体温的变化，然后恢复。传感器将传入红外辐射的最终变化转换为输出电压的变化。温度与背景相同、但表面特性不同的其他物体将导致传感器检测到不同的辐射模式。

本演示中使用的 PIR 传感器为 HC-SR505 mini，但可以使用数字输出高于 3V 的任何 PIR 传感器。

有关 PIR 传感器如何工作的更多信息，请访问以下链接：[被动红外探测器](#)。

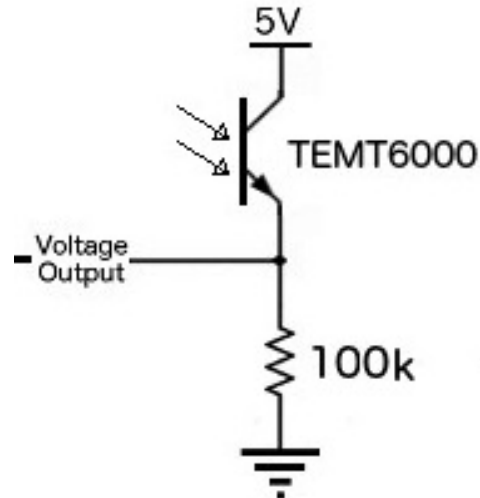
图 2-2. HC-SR505 Mini PIR 传感器



2.3 环境光线传感器

使用的环境光线传感器为 Vishay 的 [TEMT6000](#)。该传感器用作 NPN 晶体管，因此传感器暴露于光下的部分越多，基极偏置越强，因此信号引脚上的模拟电压就越高。

图 2-3. TEMT6000 连接



2.4 智能控制 LED

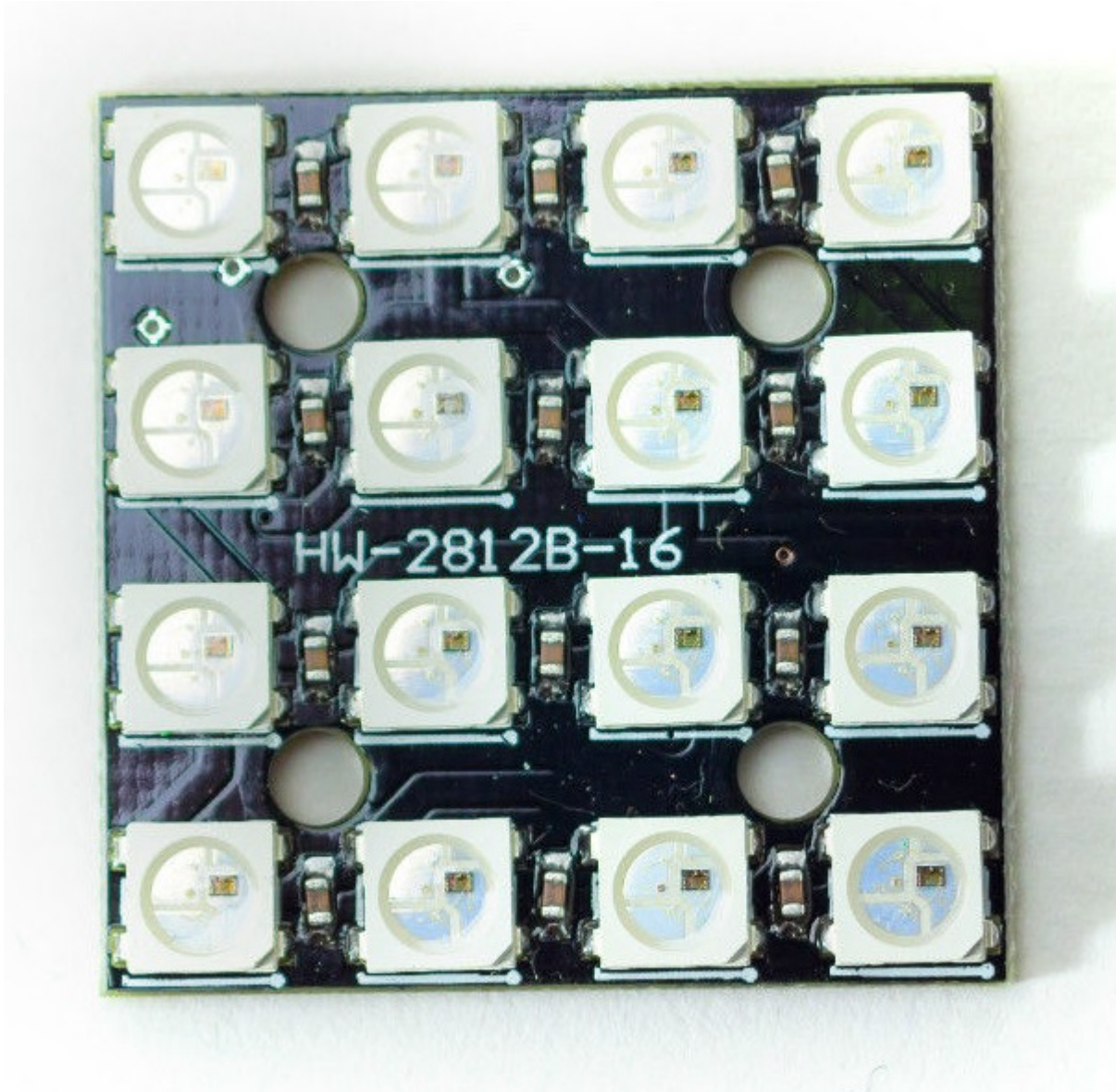
WS2812B 是智能 RGB LED 灯，其中控制电路与 RGB 二极管一起内置在封装中。除了 V_{DD} 和 GND 引脚外，封装只有一个数据输入引脚和一个数据输出引脚。通过将数据输出引脚连接到下一个器件的数据输入引脚，可以按菊花链方式连接 LED。

使用单线串行协议向控制器逻辑传输数据。该协议不是由任何通用单片机直接支持的，但可通过对模式进行 bit banging 或使用 CCL 等硬件来进行仿真。每个 LED 所需的数据包含 24 位，每个 RGB 二极管为 8 位。

应用程序中使用的 LED 数量默认为 16，可通过更改应用程序代码中的 `Number_of_LEDS` 变量在代码中进行调整。这些 LED 的功耗很高，使用白光和高亮度时尤其如此。必须注意确保电源足以为所使用数量的 LED 供电。

此演示使用 WS2812B-16 板。

图 2-4. WS2812B-16 板



有一条数据线并且协议对时序敏感。有关详细信息，请参见 [WS2812B 数据手册](#)。

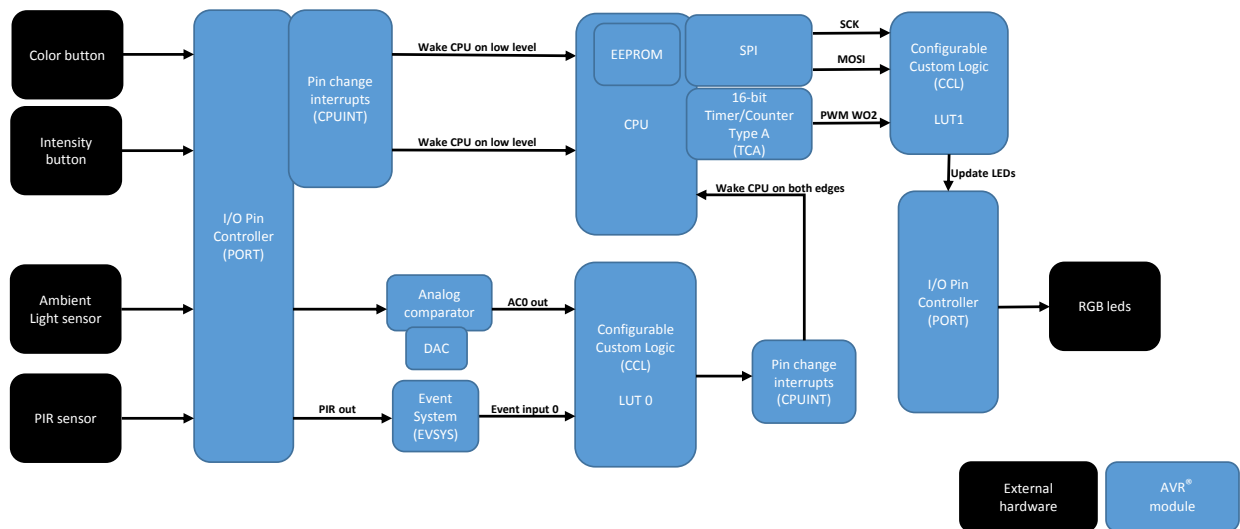
3. 实现

3.1 系统概览

独立于内核的夜灯演示使用 CCL 模块作为基础。

下图给出了系统概览。

图 3-1. 系统概览

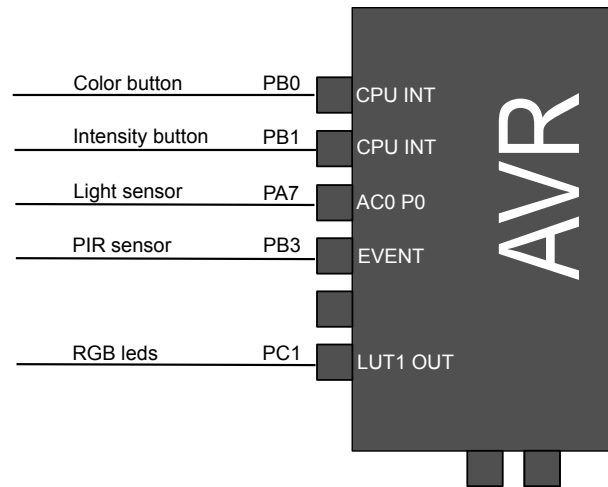


3.2 连接

下面列出了连接到 AVR 的外部硬件。

- 颜色按钮，连接到 PB0
- 强度按钮，连接到 PB1
- 环境光线传感器，连接到 PA7
- PIR 传感器，连接到 PB3
- RGB LED，连接到 PC1

图 3-2. 外部引脚连接

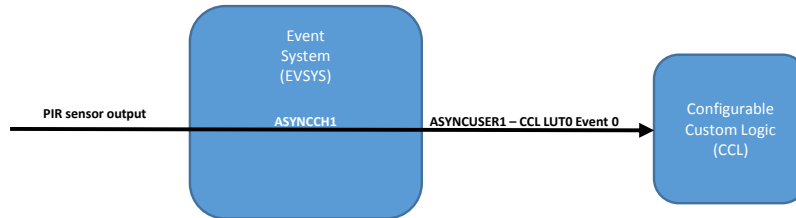


此外，代码中还有内部连接，如下所述：

- DAC 输出连接到模拟比较器 0 上的负输入
- PB3 通过事件系统连接到 LUT0 输入 0
- 模拟比较器（Analog Comparator, AC）输出连接到 LUT0 输入 1
- SPI0 SCK 连接到 LUT1 输入 0
- SPI0 MOSI 连接到 LUT1 输入 1
- TCA WO2 连接到 LUT1 输入 2

PIR 传感器需要连接到 LUT0 上的其中一个输入引脚。根据 ATtiny1617 数据手册的 *I/O 复用和注意事项* 一章，RESET 和 LUT0-IN0 在同一引脚上，SPI 与其他 LUT0 输入共用引脚。可将 SPI 移至备用引脚位置，但会与 LUT1 输出发生冲突。为解决此问题，可使用事件系统将任何其他空闲 I/O 引脚连接到 LUT0 的事件输入。

图 3-3. 事件系统设置



3.3 CCL 配置

CCL 是可编程逻辑外设，可以连接到器件引脚、事件或其他内部外设。CCL 可以用作器件外设与外部器件之间的“胶连逻辑”。

CCL 经配置可形成组合逻辑函数，能够实现作为最多三个输入的函数的逻辑表达式。该配置在查找表中完成。在 ATtiny1617 上，有两个包含三个输入的查找表，每个输入可以单独配置。

在 ATtiny1617 夜灯上，环境光线传感器和 PIR 传感器连接到 LUT0 输入。可寻址 RGB LED 连接到 LUT1 输出。

想法是这样的，只有在环境变暗且 PIR 前有运动后，RGB LED 才点亮。这意味着两个传感器需要在 CPU 采取措施并点亮 LED 之前“触发”。为了避免 CPU 通过轮询传感器来检查两个传感器是否触发，CCL 将在 CPU 休眠时执行此操作。当 LUT0 唤醒 CPU 时，LUT1 将与 SPI 和 TCA 一起工作来点亮或熄灭 LED。

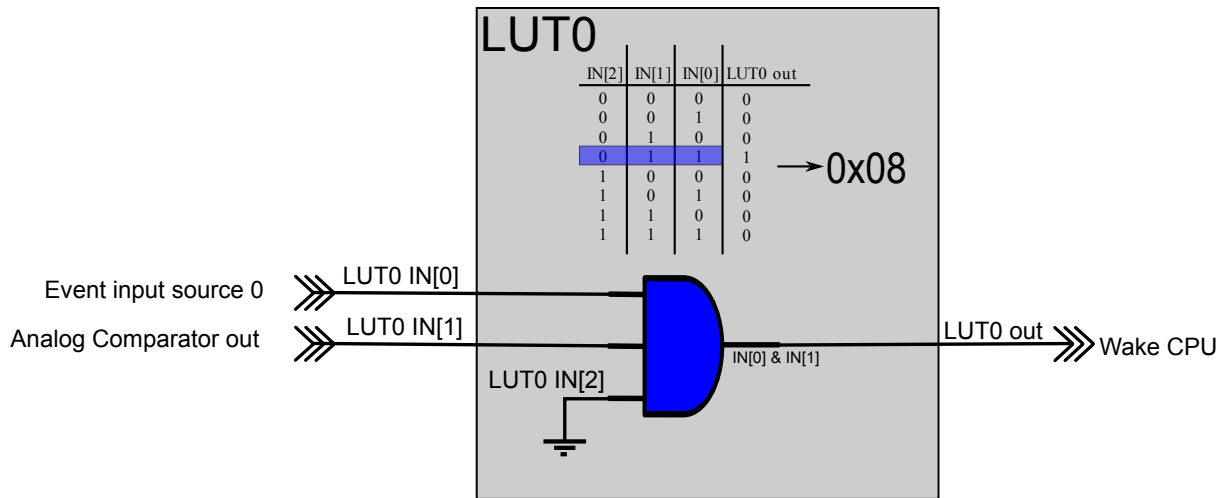
3.3.1 LUT0 配置

仅当环境光线传感器未暴露于光照下且 PIR 传感器前有运动时，LUT0 才能唤醒 CPU。这意味着 LUT0 需要配置为 AND 门来实现所需行为。

- IN[0]连接到事件输入 0
- [IN1]连接到模拟比较器 0
- [IN2]被屏蔽（内部连接到低电平）
- LUT0 输出位于 PORTB 4 上，配置为边沿触发中断（两个边沿）
- 要获得此逻辑而放入 TRUTH0 寄存器中的值为 0x08

关于创建 2 输入 AND 门时 LUT0 的 CCL 设置的信息，请参见下图。

图 3-4. LUT0 连接和真值表



3.3.2 LUT1 配置

当 CPU 被 LUT0 唤醒时，LED 将点亮或熄灭。将 LUT1 与 SPI 和 TCA 一起使用时，可生成供 WS2812B LED 使用的特定单线 PWM 信号，无需编写特定的驱动程序来执行更新。

将 CCL 与 TCA 和 SPI 一起使用时，无需编写特定的软件驱动程序来更新 LED。在初始配置 TCA 和 SPI 之后，更新 LED 的步骤非常简单：

1. 向使能位写入 1 来启动 TCA。
2. 向 SPI 数据寄存器写入数据。
3. 等待执行 SPI。
4. 向使能位写入 0 来停止 TCA。

由于 TCA 输出和 SPI 时钟之间没有同步，因此每次数据发送到 LED 时都需要启动和停止 TCA。在 TCA 启动之前还需要清零 TCA CNT 寄存器。这是为了确保每次更新 LED 时，TCA 都会从 0 开始计数。

WS2812B 使用的串行协议有三个状态：

- 状态 1 为逻辑 0
- 状态 2 为逻辑 1
- 状态 3 为复位并锁存

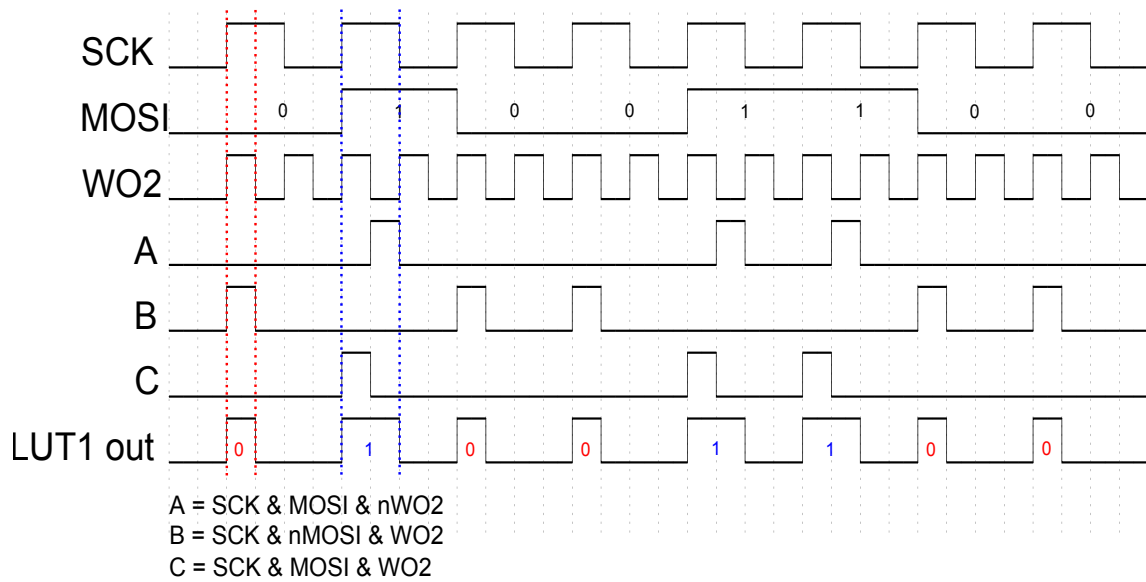
为了创建与以下时序图中的 B 等效的状态 1，需要实现逻辑表达式（SCK、nMOSI 和 WO2）。

创建状态 2 时，需要逻辑表达式（SCK 和 MOSI）。这无法在 LUT1 上直接实现，因为全部三个输入都被占用，因此必须继续考虑。这意味着需要两个逻辑表达式的组合来实现此目的。在以下时序图中，逻辑表达式 C（SCK、MOSI 和 WO2）将处理状态 2 的前半部分，逻辑表达式 A（SCK、MOSI 和 nWO2）将处理其余部分。

状态 3 的作用是复位并锁存新数据。数据发送后，如果数据线保持低电平的时间达 50 μs，则每个 LED 内部的控制电路将复位并锁定新颜色。

当 A、B 和 C 通过 OR 门组合时，将生成正确的信号单线协议。

图 3-5. LUT1 时序

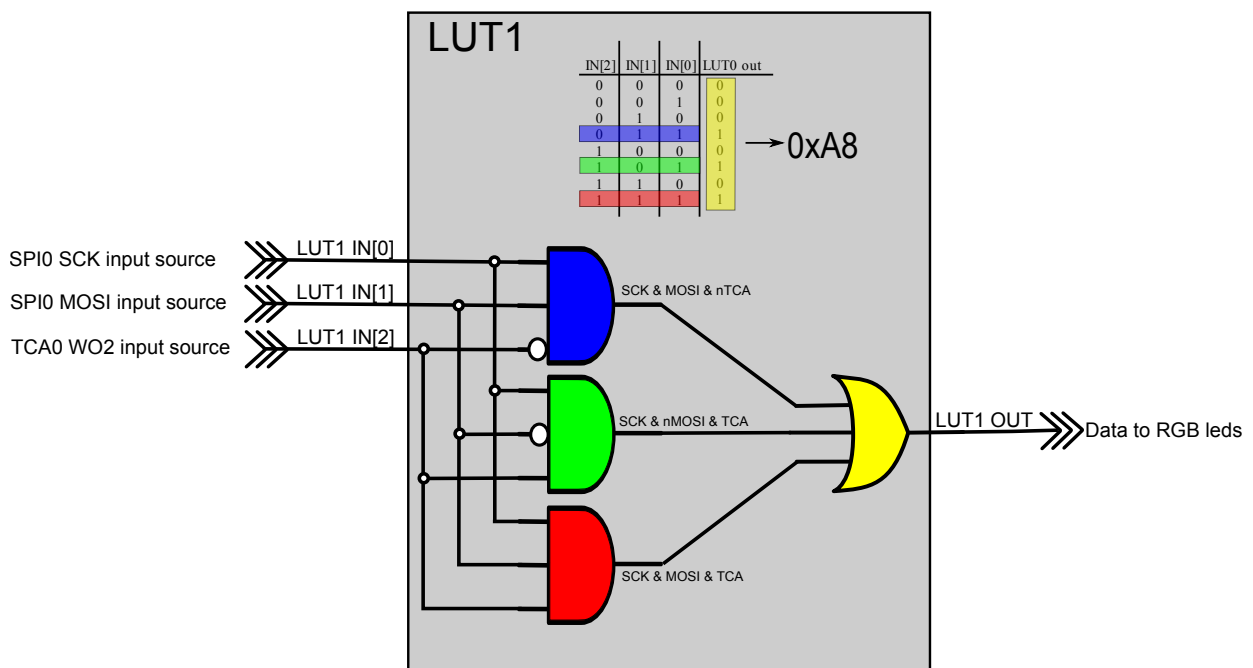


$$\text{LUT1 out} = A \parallel B \parallel C$$

设置 CCL 时，可在内部将 TCA 和 SPI 连接到 LUT1。

- [IN0] 连接到 SPI0 SCK
- [IN1] 连接到 SPI0 MOSI
- [IN2] 连接到 TCA0 WO2
- LUT1 输出连接到第一个 LED 上的 DIN
- 要获得此逻辑而放入 TRUTH1 寄存器中的值为 0xA8

图 3-6. LUT1 连接和真值表



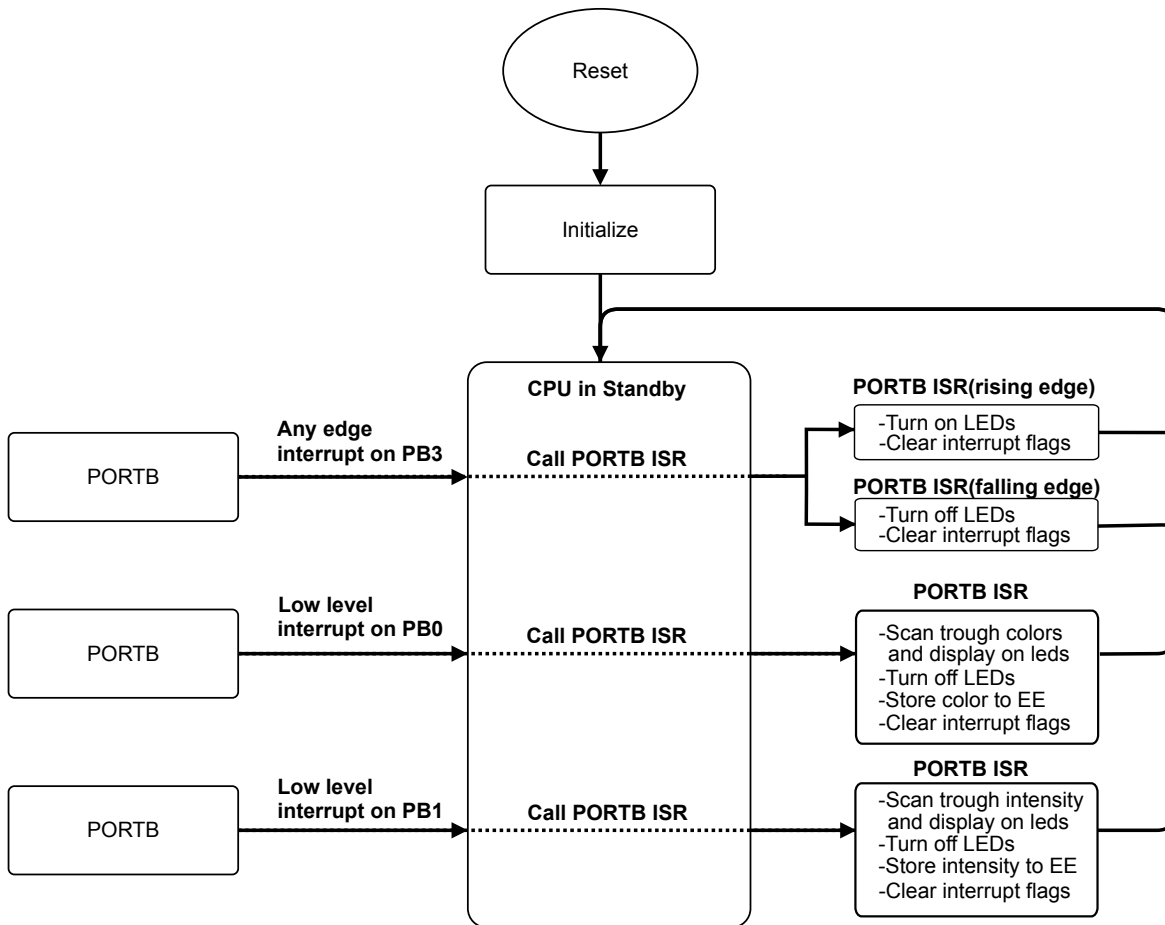
为了获得正确的时序，必须通过选择正确的预分频比和时钟源来设置正确的 CPU 和外设速度。

- CPU 时钟源是一个预分频比设置为 2 的 20 MHz 内部振荡器
- SPI0 时钟源为系统时钟/16
- TCA0 时钟源是 PER 寄存器设置为 7、CMP2 寄存器设置为 4 的系统时钟

3.4 程序流

下图给出了程序流的概览。

图 3-7. 程序流



初始化程序设置以下内容：

- 配置 CPU 时钟和预分频比
- 配置 I/O 引脚
- 配置使用的所有外设
- 配置事件系统
- 配置中断和休眠模式
- 从 EEPROM 获取最后使用的颜色和亮度数据，并将其放入变量中
- 确保 LED 已熄灭

颜色和亮度按钮分别连接到 PB0 和 PB1。当其中任一按钮按下并保持低电平时，都将创建一个低电平中断，以将 CPU 从待机休眠模式唤醒。

如果按下颜色按钮，将唤醒 CPU 并逐步扫描不同的颜色并在 LED 上显示相应颜色。释放该按钮时，当前颜色将存储到 EEPROM 中，颜色变量会进行更新，LED 将熄灭，并且 CPU 返回待机休眠状态。

如果按下强度按钮，将唤醒 CPU 并逐步扫描不同的亮度并在 LED 上显示所选颜色的亮度。当释放该按钮时，当前亮度将存储到 EEPROM 中，亮度变量会进行更新，LED 将熄灭，并且 CPU 返回待机休眠状态。

只要 LUT0 中的逻辑表达式设置为假并且未按下任何按钮，系统便会保持待机休眠状态。环境光线传感器和 PIR 传感器都需要向 LUT0 提供逻辑 1 以唤醒 CPU。当传感器前有运动时，PIR 传感器将输出逻辑 1。环境光线传感器连接到模拟比较器 0 上的正引脚 P0，DAC 为负输入提供电压。当光线减弱时，环境光线传感器上的输出电压会降低。通过在负输入上使用 DAC，可以调整模拟比较器 0 的触发电平，并输出逻辑 1。

当 AC0 和 PIR 都向 LUT0 输入输出逻辑 1 时，LUT0 中配置的 AND 门的输出将从 0 变为 1，从而产生将 CPU 从待机休眠状态唤醒的上升沿。CPU 将进入正确的中断程序并点亮 LED，然后返回休眠状态。如果 PIR 前的移动停止或环境光线传感器暴露于更充足的光下，模拟比较器输出将从 1 变为 0。LUT0 中的 AND 门将变为低电平，在连接到 LUT0 输出的引脚上产生下降沿，CPU 将唤醒并熄灭 LED，然后返回休眠状态。

4. 从 Atmel START 获取源代码

示例代码可通过 Atmel START 获得，Atmel START 是一种基于 Web 的工具，可通过图形用户界面（Graphical User Interface, GUI）配置应用程序代码。可以通过下面的 **Examples**（示例）链接或 Atmel START 起始页上的 **BROWSE EXAMPLES**（浏览示例）按钮，下载 Atmel Studio 7.0 和 IAR™ IDE 对应的代码。

网页：<http://start.atmel.com/>

文档：<http://start.atmel.com/static/help/index.html>

示例：<http://start.atmel.com/#examples>

在示例浏览器中搜索：在 ATtiny1617 上使用 CCL 的独立于内核的夜灯（如需了解示例项目的详细要求，请按下 Atmel START 中的 **User Guide**（用户指南））。

双击下载的 .atzip 文件，项目将导入到 Atmel Studio 7.0。

有关如何在 IAR 中导入项目的信息，请单击上面的 **Documentation**（文档）链接，选择“**Atmel Start Output in External Tools**”（外部工具中的 Atmel Start 输出）和“**IAR Embedded Workbench®**”。

5. 版本历史

文档版本	日期	备注
B	2017 年 8 月	增加了“相关器件”一章。
A	2017 年 3 月	文档初始版本。

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。这样做的人极有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、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 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、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 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, 美国印刷, 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2250-1

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。

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: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: http://www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	亚太地区总部 Suites 3707-14, 37th Floor Tower 6, The Gateway 海港城, 九龙 中国香港 电话: 852-2943-5100 传真: 852-2401-3431 澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 传真: 61-2-9868-6755 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 传真: 86-10-8528-2104 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 传真: 86-28-8665-7889 中国 - 成都 电话: 86-23-8980-9588 传真: 86-23-8980-9500 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 传真: 86-571-8792-8116 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 传真: 852-2401-3431 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 传真: 86-25-8473-2470 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 传真: 86-532-8502-7205 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 传真: 86-21-3326-8021 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 传真: 86-24-2334-2393 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 传真: 86-755-8203-1760 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 传真: 86-27-5980-5118 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 传真: 86-29-8833-7256	中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 传真: 86-592-2388130 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040 传真: 86-756-3210049 印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 传真: 91-80-3090-4123 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 传真: 91-11-4160-8632 印度 - 浦那 电话: 91-20-3019-1500 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 传真: 81-6-6152-9310 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 传真: 81-3-6880-3771 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 传真: 82-53-744-4302 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 传真: 82-2-558-5932 或 82-2-558-5934 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-6201-9857 传真: 60-3-6201-9859 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 传真: 60-4-227-4068 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 传真: 63-2-634-9069 新加坡 电话: 65-6334-8870 传真: 65-6334-8850 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-5778-366 传真: 886-3-5770-955 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 传真: 886-2-2508-0102 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 传真: 66-2-694-1350	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 法国 - 圣克卢 电话: 33-1-30-60-70-00 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: 47-7289-7561 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 杜鲁斯市, 乔治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 伍斯特, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 艾迪生, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯维尔, 印地安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米申维耶霍, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣荷西, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			