AN2026

使用Bluetooth®低功耗通信实现RGBA混色

作者： *Swathi Sridhar,*
Ashutosh Tiwari,
Namrata Dalvi
Microchip Technology Inc.

简介

本应用笔记提供了使用Microchip的PIC16F1579和Microchip RN4020 Bluetooth 4.1低功耗模块的Bluetooth®低功耗（Bluetooth Low Energy，BLE）通信实现RGBA（红色、绿色、蓝色和琥珀色）LED混色的说明。

RGBA标记演示板使用多种Microchip技术。该演示板有四个LED（红色、绿色、蓝色和琥珀色）。各个LED的亮度通过PWM占空比控制。PIC16F1579提供四个用于驱动这些LED的16位PWM。这些16位PWM能够对各色LED的强度进行精确控制，还能通过混合不同亮度的RGBA呈现不同的颜色。mTouch®传感解决方案用于操作两个电容式触摸滑动条，而mTouch CVD库用于此目的。mTouch CVD库可从Microchip应用程序库（Microchip Library for Applications，MLA）获取。板上RN4020用于通过Bluetooth低功耗通信从Android™或桌面应用程序获取PWM值。

运行RGBA标记板

RGBA标记板的初始设置需遵循以下步骤：

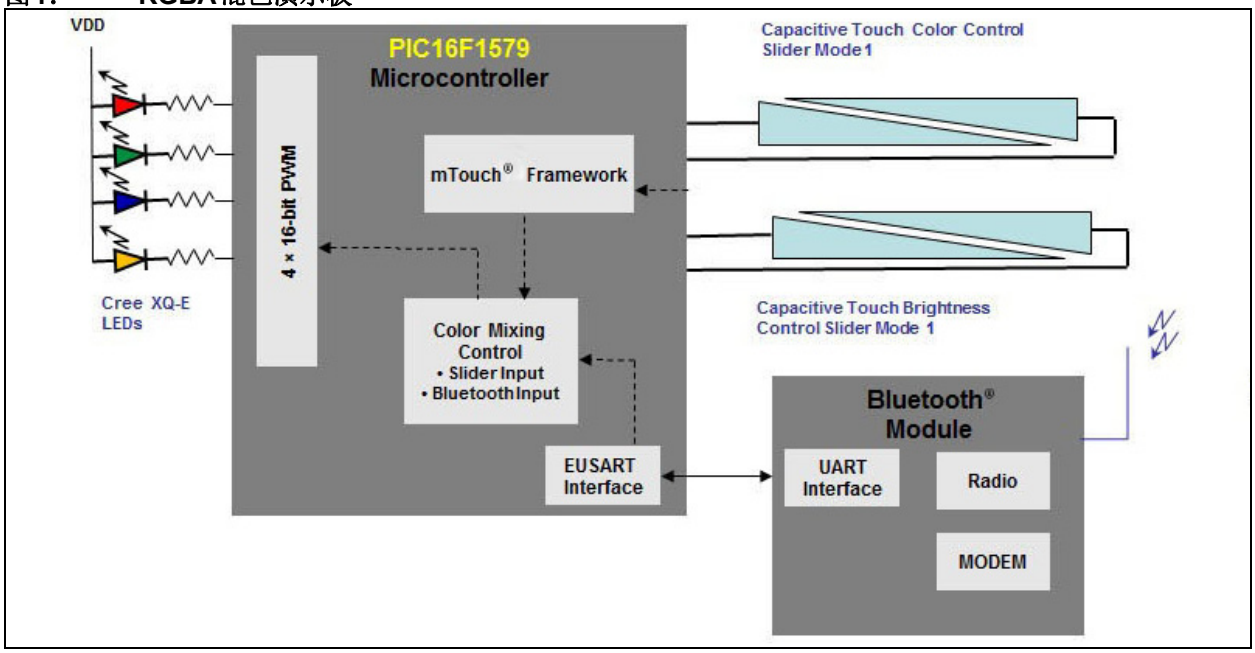
1. 使用电池座内的1.5V AAA电池为RGBA标记板供电。
2. 接通开关。开关位于演示板右上角。

RGBA标记板有两种不同的工作模式：

1. 模式1：HSVW（色相饱和度值加白色）和亮度滑动条模式。
2. 模式2：使用Bluetooth低功耗（BLE）的色度选择器模式。

RGBA演示板在模式1（滑动条模式）下初次上电。演示板上有两个电容式触摸滑动条：一个用于输入颜色，另一个用于控制亮度（图1）。有关模式1工作原理的详细信息，请参见**“模式1：HSVW和亮度滑动条”部分**。

图1： RGBA混色演示板



对于模式2，需要在智能手机或桌面上安装Android应用程序。

在模式2下，相应的PWM值通过蓝牙从Android应用程序或Windows®应用程序发送到演示板。应用程序提供CIE 1931 XY色度图。将计算所选颜色和亮度的精确PWM值，并通过蓝牙发送计算结果。演示板上的RN4020模块会接收PWM值。RGBA标记固件随后会使用接收到的PWM占空比值来显示选定颜色。用户选择退出模式2时，演示板将继续工作在模式1下。用户随时可选择通过应用程序建立连接，进而退出模式1。有关模式2工作原理的详细信息，请参见**“模式2：使用Bluetooth低功耗的色度选择器”部分**。

LED照明

LED产生的光会因多种因素发生变化。不同类型的LED以及相同类型的各个LED的亮度（以流明为单位测得）都有所不同。对于彩色LED，通过色度值测得的特定颜色因LED而异。

我们针对本应用笔记开展了研究，对少量CREE LED进行了测量以开发亮度和色度配置文件。随后的硬件设计和软件色度计算中会将这些值用作典型值。该过程称为颜色调整。

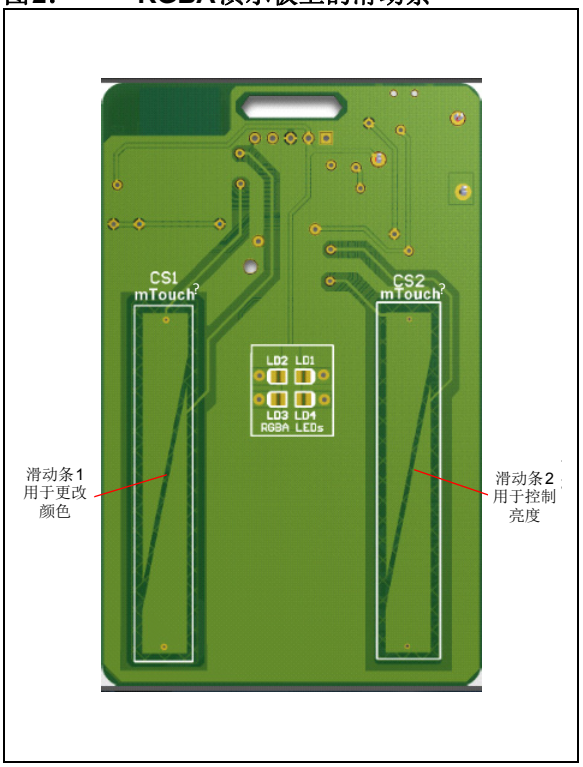
每种颜色的电阻值是固定的，以便产生相同的流明数。各个LED串联电阻的阻值如下：

- 红色——820Ω
- 蓝色——400Ω
- 绿色——500Ω
- 琥珀色——500Ω

模式1：HSVW和亮度滑动条

演示板上有两个电容式触摸滑动条：一个用于输入颜色，另一个用于控制亮度（图2）。

图2：　　RGBA演示板上的滑动条



如果在滑动条模式下工作时触摸左侧mTouch滑动条，则滑动条上选定的颜色将在LED上输出。在接收到另一个输入之前，会持续显示选定的颜色。特定颜色的亮度可通过右侧的滑动条开关控制。mTouch Framework v2.3用于解码从滑动条接收的输入值。

关于HSVW滑动条的更多详细信息，请参见AN1562《高分辨率RGB LED混色应用笔记》（DS00001562A_CN）。

模式2：使用Bluetooth低功耗的色度选择器

色度选择器应用程序GUI包含CIE 1931 xy色度图（图3）。CIE 1931颜色空间按色度（x）和亮度（y）显示各种颜色。映射到CIE颜色空间的红色、绿色和蓝色LED的颜色和亮度定义了一个三角形，该三角形内包含了三个器件的输出可产生的所有可能的颜色深浅；该三角形称为色域。

© 2016 Microchip Technology Inc.

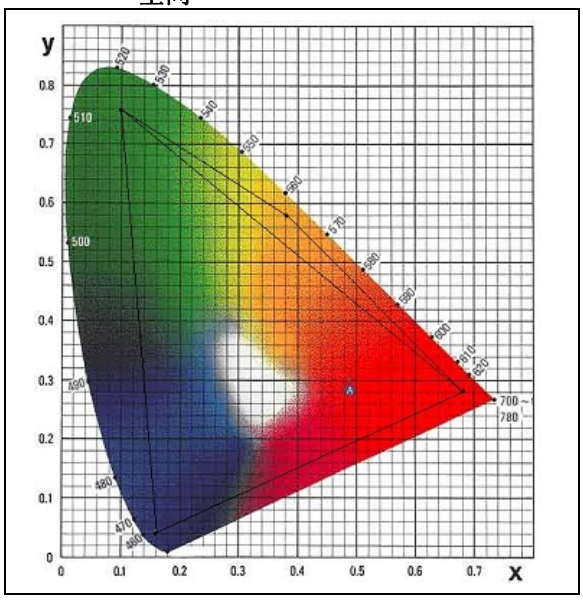
要产生色域中的特定颜色，可使用公式1获得要为各个LED设置的PWM强度。

公式1： PWM强度设置

$$\underbrace{\begin{bmatrix} Y_R \\ Y_G \\ Y_B \end{bmatrix}}_{\text{PWM 强度}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{x_R}{y_R} & \frac{x_G}{y_G} & \frac{x_B}{y_B} \\ 1 & 1 & 1 \\ \frac{1-x_R-y_R}{y_R} & \frac{1-x_G-y_G}{y_G} & \frac{1-x_B-y_B}{y_B} \end{bmatrix}^{-1}}_{\text{特定于LED的x和y坐标}} \times \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{x}{y} \\ 1 \\ \frac{1-x-y}{y} \end{bmatrix}}_{\text{混色}}$$

为获得更宽的颜色范围，添加了一个琥珀色LED。琥珀色LED的x,y数据被映射到CIE 1931 xy颜色空间。这在红色、琥珀色和绿色坐标之间定义了另一个三角形。如果按照不同的比例混合红色、琥珀色和绿色，我们将获得图3中的色域内的颜色。该颜色范围的PWM强度同样可使用公式1计算。图3给出了包含两个三角形的CIE 1931色度图。

图3： 包含RGBA LED色域的CIE 1931颜色空间



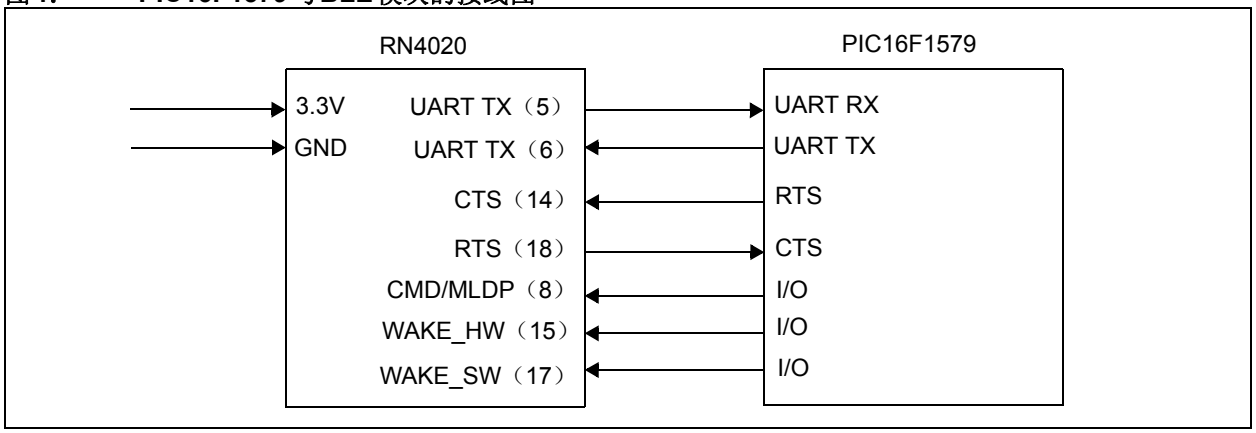
在该模式下使用的PC GUI和Android应用程序通过实现此混色算法来计算产生选定颜色所需的占空比值。**应用软件**部分对该过程进行了详细说明。

有关颜色理论和XYZ颜色空间的详细信息，请参见AN1562《高分辨率RGB LED混色应用笔记》（DS00001562A_CN）。

色度选择器应用程序通过蓝牙发送PWM值。RGBA标记板配有一个用于BLE通信的RN4020 Bluetooth低功耗模块。RN4020 BLE模块将能够与具有Bluetooth v4.0收发器的移动电话和PC进行通信。RN4020主要用于从运行色度选择器应用程序的主设备接收占空比值。

PIC16F1579单片机和RN4020 BLE模块之间的引脚连接配置如图4所示。

图4：　PIC16F1579与BLE模块的接线图



UART接口支持ASCII命令以控制或配置RN4020模块。固件部分对RN4020模块的配置、使用的各个命令和固件实现进行了详细说明。

注： 共有两种蓝牙设备：Blutooth Classic和Bluetooth低功耗（BLE）。BLE设备只能与另一个BLE设备或Bluetooth smart-ready（即双模设备）进行通信。因此，如果RN4020与RGBA演示板配合使用，为了能够与RN4020模块进行通信，主主机设备必须是BLE或Bluetooth smart-ready（即双模设备）。

固件

RGBA LED混色固件的两个主要部分分别是电容式触摸实现和BLE通信。

电容式触摸实现

本演示板上的两个滑动条通过mTouch Framework实现。mTouch CVD库可从Microchip应用程序库（MLA）获取。电容式触摸软件的工作过程可分为三个不同的阶段：

1. 采集——使用基于电压的测量技术（例如CVD）从电容式触摸传感器获取采样。
2. 滤波——处理传入的传感器采样以通过衰减噪声提高系统的有效信噪比（Signal-to-Noise Ratio，SNR）。
3. 解码——根据传感器采样的当前值及传感器先前的行为确定传感器处于按压还是释放状态。

有关用于滑动条实现的mTouch CVD库的更多信息，请参见mTouch Framework文档。

BLE通信

RN4020模块符合Bluetooth核心规范v4.1。RN4020模块由用户通过输入/输出线和UART接口控制。UART支持ASCII命令，可针对基于应用的任何特定要求控制或配置RN4020模块。该模块支持用户定义的私有配置文件/服务，从而可满足用户应用的要求。

UART配置如下：

- 波特率：115200
  - 数据位：8
  - 奇偶校验：无
  - 停止位：无
- 用户定义的配置文件
- 外设
- 服务通用惟一标识符（Universally Unique Identifier，UUID）
- 特性

对于该演示板，将发出以下命令来针对应用配置RN4020模块：

1. 将WAKE_SW拉高，进入命令模式
2. 设置以下参数：
   - 波特率：115200
   - 数据位：8
   - 奇偶校验：无
   - 停止位：1
3. SF,1//恢复出厂设置
4. SS,0000000 //用户定义的配置文件
5. SR, 00000001 //将器件设置为外设
6. PS, <128-bit UUID> //使用128位UUID定义私有服务
7. PC, <128-bit UUID>,<characteristic property>,<maximum data in bytes> //向当前私有服务添加私有特性

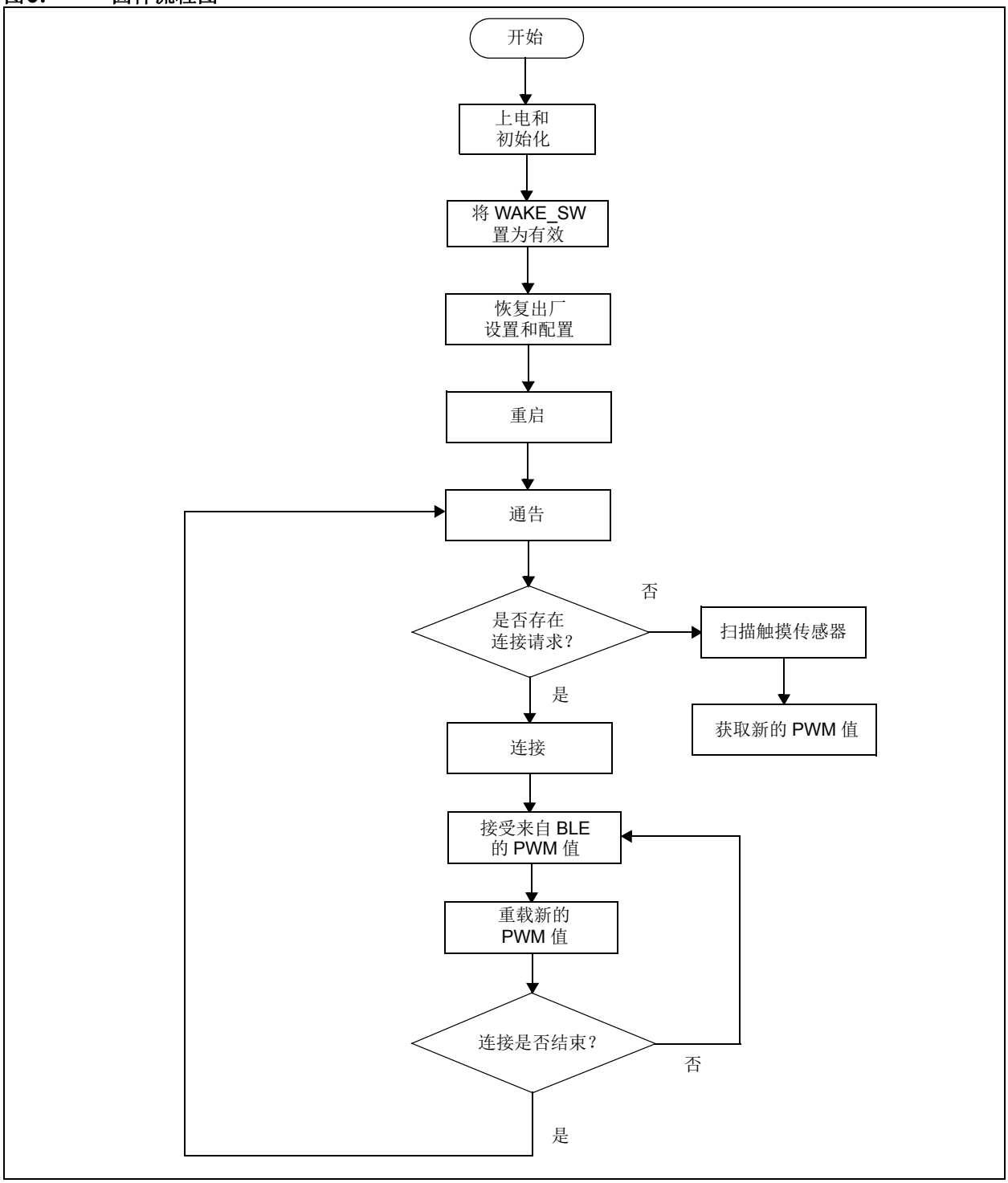
© 2016 Microchip Technology Inc.

8. R,1 //重启RN4020以使更改生效
9. 重启完成后，将发出通告命令“A”

WAKE_SW引脚上的信号的上升沿用于触发UART输出CMD，指示UART已准备好接收ASCII命令。如果接收到ASCII命令并成功解析，RN4020模块将发送Status AOK状态。如果出错，则将发送Status ERR。重启命令在重启前输出报文Reboot。

图5给出了固件流程图。

图5： 固件流程图



应用软件

RGBA演示板工作在模式2下时，所需LED颜色从来自RGBA混色桌面应用程序或RGBA混色Android应用程序的色度选择器应用程序内的色度图中选择。红色、蓝色、绿色和琥珀色PWM占空比通过应用程序计算。占空比值通过BLE连接传送给演示板。

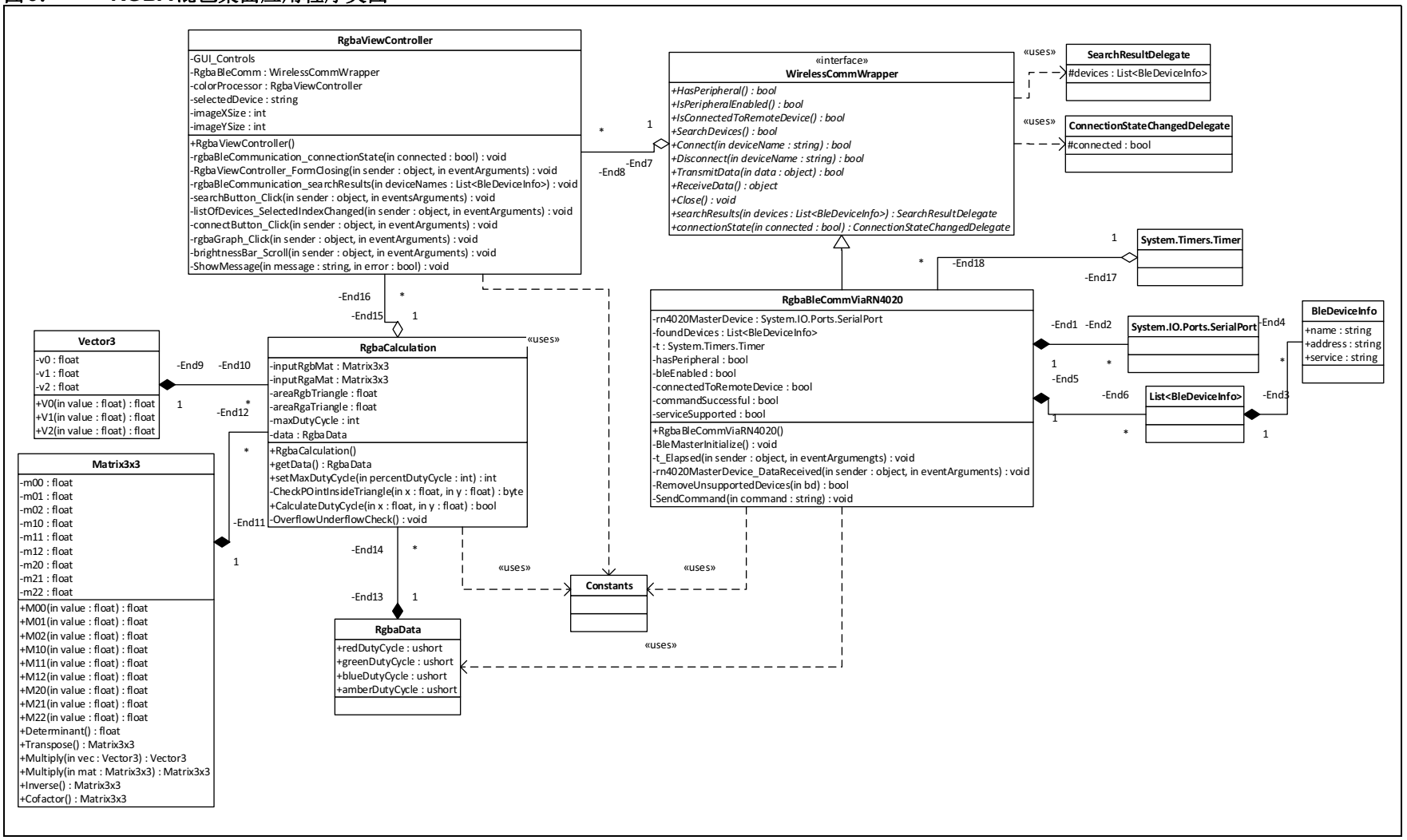
桌面应用程序设计

RGBA桌面应用程序软件类图如图6所示。应用程序使用Visual Studio C#.Net开发。应用程序遵循MVC原则，具有以下几类：

1. **RgbaViewController**：该类用作图形用户界面（Graphical User Interface，GUI）或视图管理器，也可用作应用程序的控制器。该类位于层级顶部，负责编译各类新对象和执行依赖注入。此外，它还处理所有GUI事件并调用相应的方法。
2. **RgbaCalculation**：该类负责确定选定点处于RGB或RGA三角形的内部还是外部，并为所有LED计算每种颜色的占空比。
3. **Matrix3x3**：该类实现了所有3x3矩阵的算术运算，例如逆矩阵、行列式、转置、余因子和乘法。
4. **Vector3**：该类实现了大小为3的列向量，该列向量用于矩阵3x3类的矩阵数学运算。
5. **RgbaData**：该类为自定义数据类型，用于存储所有颜色的占空比值。
6. **WirelessCommWrapper**：该接口包含无线通信要实现RGBA应用所需的全部方法。任何无线通信方法（例如BLE和BTC等）都可以使用该接口。为RGBA演示板实现该接口后，使用RN4020 PICtail™ 卡通过RS-232通信即可完成BLE通信。编程人员可通过Visual Studio中的内置BLE库或第三方库编译新类以实现BLE通信。该接口会将通信的实现与实际控制器分离，这样一来，当实现新的通信时，ViewController和其他类不会发生变化。
7. **RgbaBleCommViaRN4020**：该类实现了WirelessCommWrapper接口，以便与RGBA演示板进行BLE通信。使用RN4020 PICtail卡，并将其作为UART/RS232端口连接至PC。建立串行通信并发送命令以实现BLE通信。
8. **BleDeviceInfo**：该类存储有关远程BLE设备的基本信息（即，名称、地址和支持的服务器服务）。这些信息用于识别和连接远程设备。
9. **SearchResultDelegate**：该委托在结束设备搜索且设备可以列表形式供用户选用时处理来自BLE类的事件。搜索操作需要十秒钟的时间。
10. **ConnectionStateChangeDelegate**：该委托处理来自BLE类的事件，用于确定主BLE RN4020 PICtail卡是否已连接至远程设备，并为用户显示当前连接状态。
11. **Constants**：该类存储应用程序所需的所有常量，例如RN4020命令和响应、服务以及特性UUID等。

© 2016 Microchip Technology Inc.

图6： RGBA混色桌面应用程序类图



© 2016 Microchip Technology Inc.

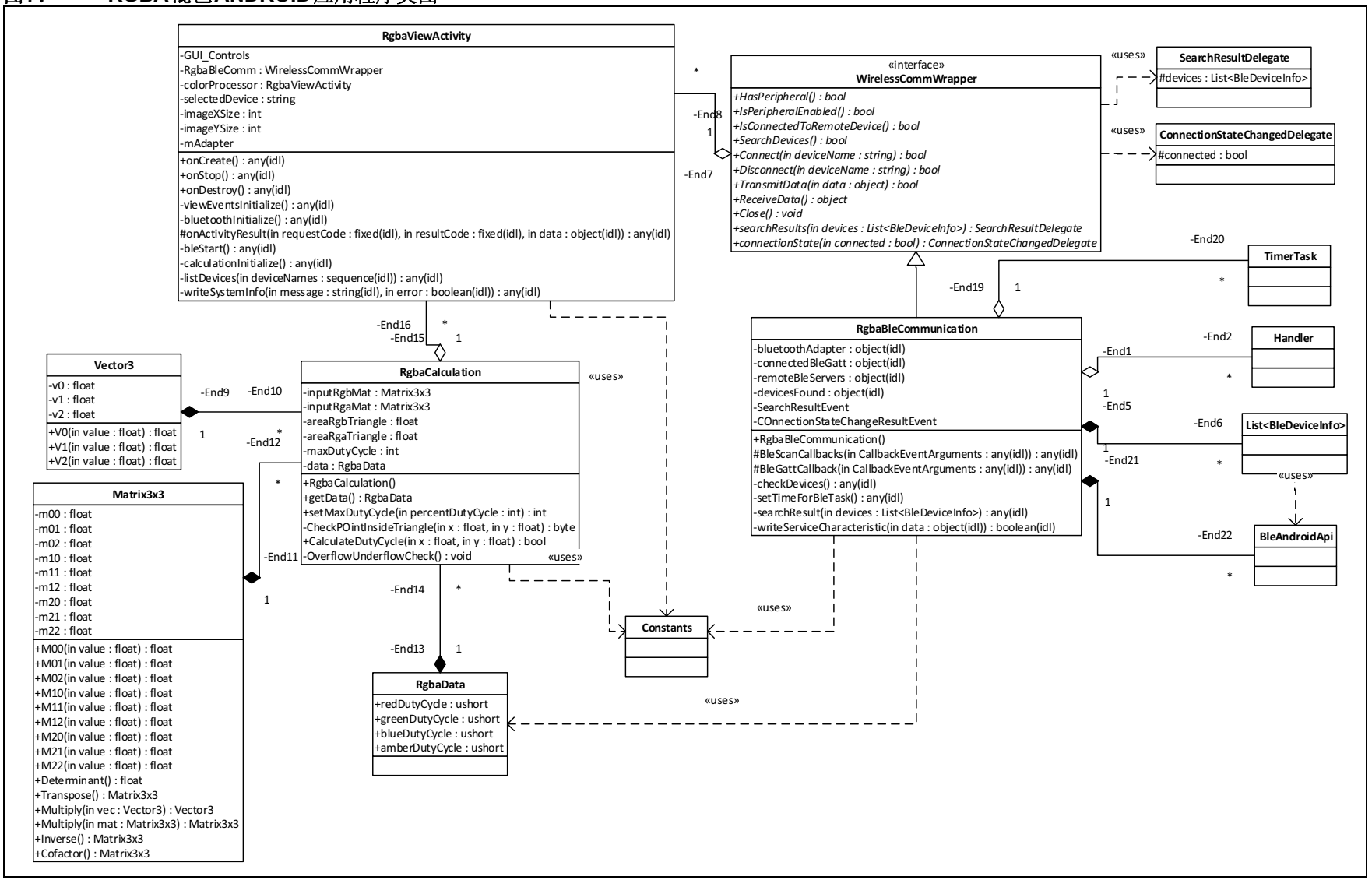
Android应用程序设计

图7给出了Android操作系统（Operating System，OS）的Java应用程序类图。该应用程序同样严格遵循MVC原则，采用与桌面应用程序结构类似的Android活动类。下面列出了桌面应用程序与Android应用程序之间的差异：

1. Android应用程序使用Android手机的内置BLE硬件。Android通过所有必需事件和回调为BLE通信提供所有必要的库。
2. RgbaViewActivity类与桌面上的ViewController类相似，只是GUI控件在XML文件（而非类）中定义。

© 2016 Microchip Technology Inc.

图7： RGBA混色ANDROID应用程序类图

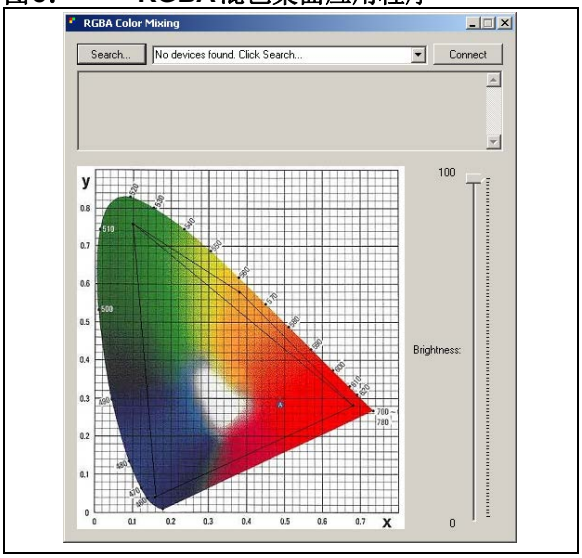


© 2016 Microchip Technology Inc.

桌面应用程序的安装和使用

1. 将RgbaColorMixingDesktop.exe复制到计算机上的任意文件夹，确保使用的是.net 4.5或更高版本的库。如果无法确保这一点，请安装.net 4.5库更新。
2. 启动RgbaColorMixingDesktop.exe应用程序。随即将显示GUI，如图8所示。

图8： RGBA混色桌面应用程序

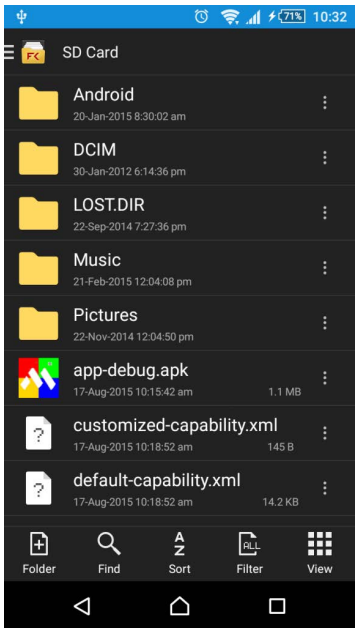


3. 单击Search（搜索）按钮，开始搜索RGBA混色标记板。至少需要十秒钟才能完成搜索。
4. 搜索操作完成后，将在Search按钮旁边的列表框中显示发现的设备。
5. 从列出的设备中选择一个，然后单击Connect（连接）按钮。如果设备连接成功，Connect按钮将变为Disconnect（断开连接）。
6. 单击三角形内的任一颜色或更改颜色，然后将其发送到LED的RGBA演示板。
7. 更改亮度以调整LED的亮度。
8. 文本框将按照占空比和相应的xy坐标显示所有颜色值。
9. 在桌面应用程序使用期间，该文本框还将为用户显示错误消息。
10. 针对Windows 7测试应用程序。

Android应用程序的安装和使用

1. 将app-debug.apk复制到Android手机的SD卡。
2. 确保已在手机上安装了Android 4.4（KitKat）或更高版本的OS。
3. 复制后，转至手机的File Manager（文件管理器）应用程序并启动。
4. 找到app-debug.apk文件并单击；随即将显示安装提示，如图9所示。

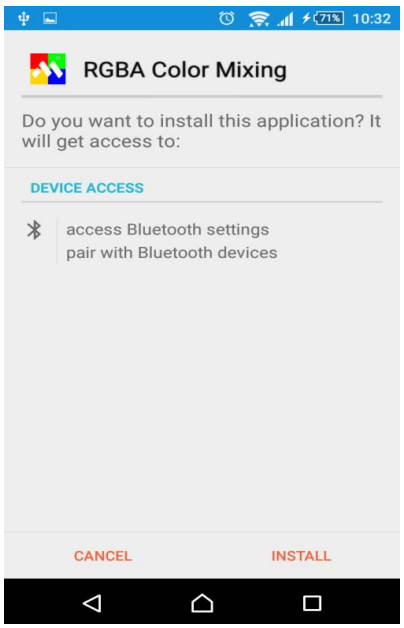
图9： APK在FILE MANAGER中列出



5. 选择文件后，随即将显示安装提示，如图10所示。

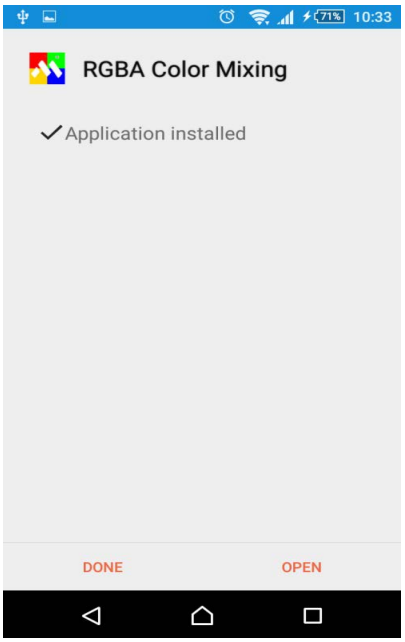
© 2016 Microchip Technology Inc.

图10：　安装提示



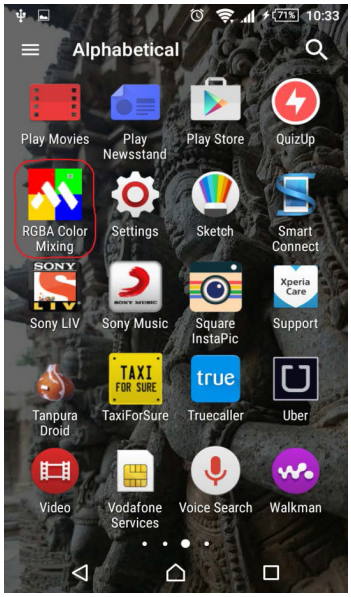
6. 选择**Install**（安装）。安装完成后，将显示成功提示，如图11所示。

图11：　成功安装ANDROID应用程序



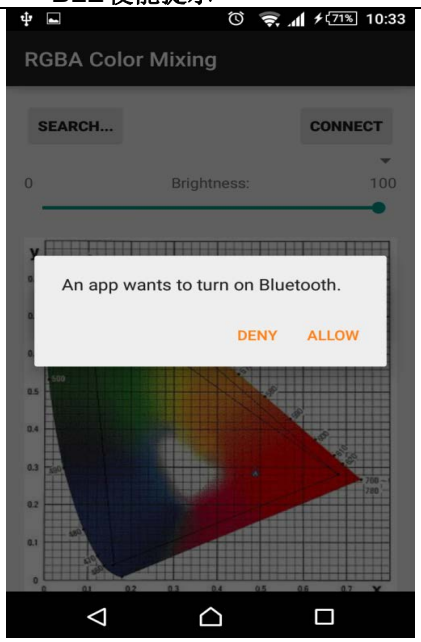
7. 转至菜单，找到安装的RGBA混色应用程序，如图12所示。

图12：　安装的RGBA混色应用程序



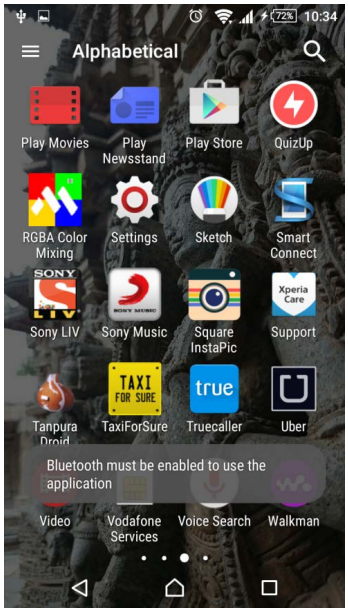
8. 选择该应用程序将使能蓝牙，如图13所示。

图13：　BLE使能提示



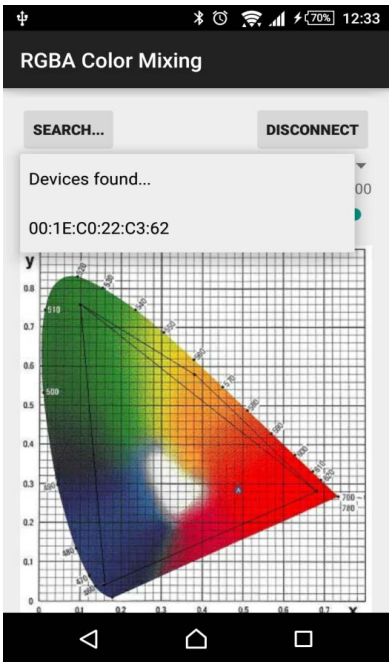
9. 如果选择**Deny**（拒绝），则将退出应用程序，同时显示一条错误消息，如图14所示。

图14：　BLE未使能错误



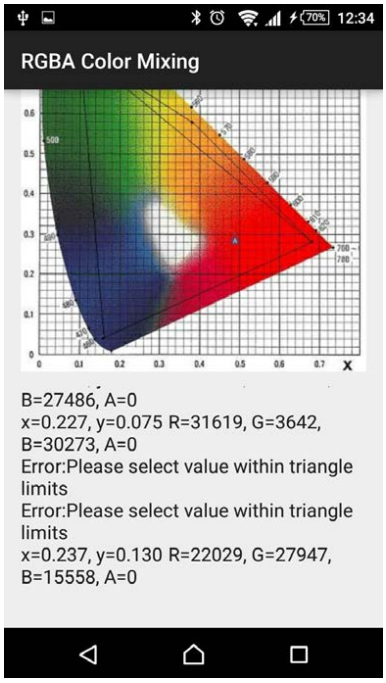
10. 如果选择**Allow**（允许），则将启动应用程序。
11. 选择**Search**查找附近的RGBA演示板。搜索操作将花费大约十秒钟。
12. 搜索操作完成后，将在Search按钮下的列表框中显示发现的设备。
13. 如果未发现任何设备，则在启动RGBA演示板后再次单击Search按钮。
14. 从发现的设备中选择一个，然后单击 Connect，如图15所示。如果设备连接成功，Connect按钮将变为Disconnect。

图15：　已发现设备的列表



15. 从三角形中选择任一颜色以更改RGBA演示板上的颜色。调整亮度，观察RGBA演示板上的亮度变化。
16. 用户错误消息将与占空比和xy坐标一同显示在色度图下，如图16所示。

图16：　ANDROID应用程序中的用户消息和错误



© 2016 Microchip Technology Inc.

结论

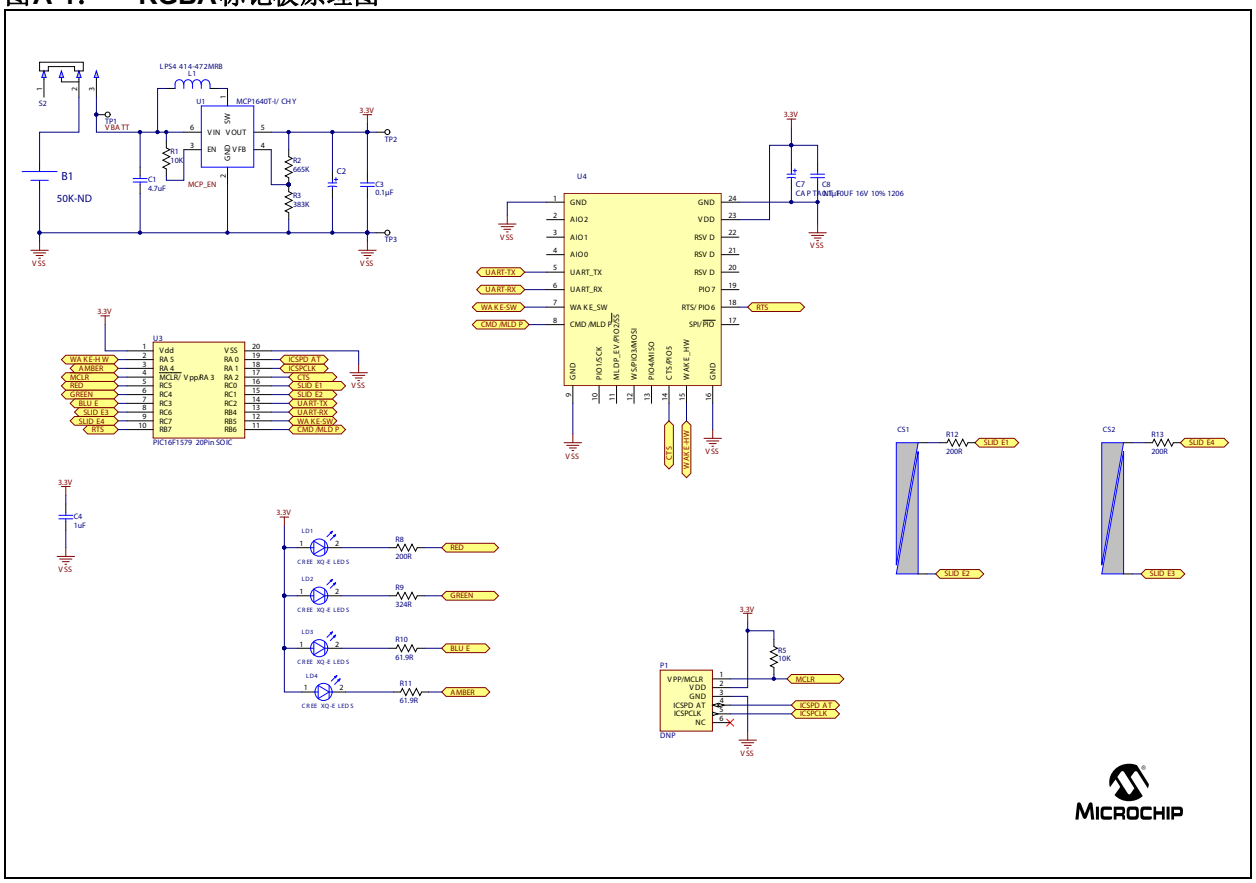
本应用笔记演示了使用Microchip的PIC16F1579实现的RGBA LED混色。16位PWM能够精确控制各个LED的亮度。RGBA LED混色板具有电容式触摸滑动条按钮，可实现颜色输入和亮度控制功能。mTouch CVD库用于实现滑动条功能。它还使用RN4020 Bluetooth 4.1低功耗模块来进行通信。BTLE通信允许用户向RGBA演示板发送PWM值以输出所需颜色。颜色在Windows桌面或Android手机上的色度选择器应用程序中选择。

参考资料

1. *"PIC16(L)F1574/5/8/9 14/20-Pin MCUs with High Precision 16-Bit PWMs Data Sheet"*（DS40001782）
2. AN1562，《高分辨率RGB LED混色应用笔记》（DS00001562A_CN）
3. 《RN4020 Bluetooth® 低功耗模块》（50002279A_CN）
4. 《RN4020 Bluetooth® 低功耗模块用户指南》（DS70005191A_CN）
5. AN1478，《mTouch® 触摸传感解决方案采集方法电容分压器》（DS01478B_CN）
6. Microchip应用程序库：www.microchip.com/MLA

附录A： 原理图

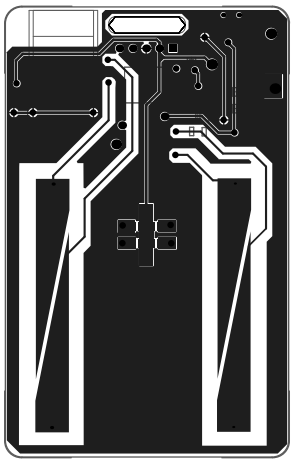
图A-1： RGBA标记板原理图



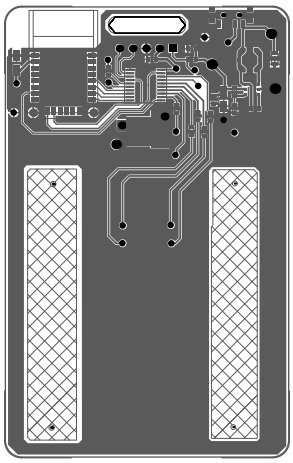
© 2016 Microchip Technology Inc.

附录B： PCB布线图

图B-1： PCB前视图



图B-2： PCB后视图



附录C： 物料清单

表C-1： 物料清单

标识	说明	制造商部件编号
B1	Battery Holder AAA SMD	1020
C1	Cap, Ceramic, 4.7 uF, 10V, 20% X7R 0805	C2012X7R1A475M125AC
C2,C7	Cap, Ceramic, 10 µF, 16V 10% 1206	T491A106K016AT
C3,C8	Cap, Ceramic, 0.1 µF, 50V 20% X7R 0603	C1608X7R1H104M080AA
C4	Cap, Ceramic, 1 µF, 16V 10% X5R 0603	C1608X5R1C105K080AA
L1	Low Profile 4.7 µH 1.2A 20% SMD	LPS4414-472MRB
LD1	High-Power LEDs – Single Color RED, 62 lm	XQERED-00-0000-000000601
LD2	High-Power LEDs – Single Color GREEN, 100 lm	XQEGRN-00-0000-000000C03
LD3	High-Power LEDs – Single Color BLUE, 39.8 lm	XQEBLU-00-0000-000000205
LD4	High-Power LEDs – Single Color Amber, 80.6 lm	XQEAPA-00-0000-000000901
R1,R5	Res, 10K, 1/10W 1%	RMCF0603FT10K0
R2	Res, 665K 1/10W 1%	ERJ-3EKF6653V
R3	Res, 383K, 1/10W 1% 0603	RMCF0603FT383K
R8	RES, 324 Ohm 1/ 10W 1% 0603	RMCF0603FT324R
R12,R13	Res, 200 Ohm, 1/10W 1% 0603	RMCF0603FT200R
R9	RES SMD 510 Ohm 1% 1/10W 0603	RMCF0603FT510R
R10,R11	RES SMD 270 Ohm 1% 1/10W 0603	RMCF0603FT270R
S2	Switch, Slide, SPDT, Rt Angle, SMT, Low Profile	MLL1200S
U1	Voltage Regulators – Switching Regulators 500 kHz 300 mA Syn. PWM/PFM enabled SOT-23	MCP1640T-I/CHY
U3	Microchip Technology 14 KB Flash 1 KB RAM 16b PWM 10b ADC TSSOP-20	PIC16F1579-E/SO
U4	Bluetooth®/802.15.1 Modules Bluetooth 4.1 module w/ built-in antenna	RN4020-V/RM

© 2016 Microchip Technology Inc.

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。

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 与 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。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
═ ISO/TS 16949 ═

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 AnyRate、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、 Kleer、 LANCheck、 LINK MD、 MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC32 徽标、 RightTouch、 SpyNIC、 SST、 SST 徽标、SuperFlash 及 UNI/O 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。

Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、 JitterBlocker、 KleerNet、 KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、PureSilicon、 RightTouch 徽标、 REAL ICE、 Ripple Blocker、Serial Quad I/O、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。

© 2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-5224-0747-8

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

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 905-695-1980
Fax: 905-695-2078

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

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
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

亚太地区

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7828

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

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

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820

06/23/16

© 2016 Microchip Technology Inc.