AN1387

使用 PIC32 MCU 开发 低成本无控制器 （LCC）图形解决方案

作者： *Adam Folts*
Microchip Technology Inc.

简介

随着对图形化嵌入式应用的需求越来越普遍，要求开发经济高效的解决方案的呼声也日益高涨。当今许多公司提供的解决方案包括一个附加的内部或外部图形控制器作为系统的一部分，这可能使成本更高及设计更复杂。多数情况下，对于简单的嵌入式图形用户界面（Graphical User Interface，GUI），这些图形控制器不是必需的，但也可能无法找到合适的解决方案。一种日趋流行的解决方案是采用无控制器解决方案。该解决方案使用单片机 （MCU）外设创建一个 “虚拟”图形控制器来进行图形绘制，且不会占用大量 CPU 时间 （在该解决方案中少于 5%）。

Microchip 提供的一项技术可利用该低成本无控制器方法并可使用多种现有 PIC32 入门工具包，低成本无控制器图形 PICtail™ Plus 子板（称为 LCC 图形板）即被设计用于展示这一技术。

本应用笔记将介绍以PIC32单片机实现低成本无控制器图形方法的 LCC 图形板。

基本图形定义

像素——LCD 上一个点的颜色数据。

刷新率——以赫兹 （Hz）为单位定义，是 LCD 面板每秒重新绘制帧的速率。

分辨率——以水平尺寸乘垂直尺寸定义，是特定显示屏面板包含的像素数。例如，分辨率为 320x240 像素的 QVGA LCD 面板的水平像素数为 320，垂直像素数为 240。

像素时钟 （PCLK）——LCD 面板使用该信号对传入颜色数据的采样进行同步。分辨率越高，需要的像素时钟信号频率就越高，以便为一帧的所有像素提供时钟信号。

帧缓冲区——存储像素颜色数据的易失性存储器，这些数据用于刷新特定分辨率的 LCD 屏幕。

像素吞吐量——重新绘制一个像素的速度。绘制整个帧的时间等于像素吞吐量乘以 LCD 屏幕分辨率。

颜色深度——定义绘制像素可使用的颜色数量。通常以每像素位数 （bits per pixel， BPP）表示，常用的颜色深度为 16 BPP，其中颜色数据以 565 RGB 颜色格式表示。在这种格式中， 565 代表 5 个红色位、 6 个绿色位和 5 个蓝色位。

建立无控制器图形系统

一般来说，无控制器图形系统需要以特定速率向显示屏发送一帧的像素信息。刷新率通常为 60 Hz 左右。要实现这一点，系统必须不断向 LCD 面板发送帧数据。初看之下，该任务似乎会占用 MCU 中的大部分 CPU 时间。但是，对于含有用于数据传输的直接存储器访问（Direct Memory Access，DMA）外设的 PIC32 MCU，情况则并非如此。采用 DMA 传输像素数据，实现 “虚拟” 图形控制器只需要不到 5% 的 CPU 时间。

PIC32 MCU 具有内置 DMA 外设。该外设可将数据从一个位置传输到另一个位置，而无需 CPU 干预。在无控制器图形方法中， DMA 设置为每次通过并行主端口（Parallel Master Port，PMP）传输一行帧数据。每行都包含许多像素。DMA在一次传输过程中发送帧缓冲区的一部分。PMP或定时器中断请求用于在传输一行数据前触发下一次 DMA 传输。在含有非持续中断的 PIC32 器件中，使用定时器作为 DMA 触发源。

在数据传输过程中，PMP在每次像素传输后选通读或写信号。PMP 外设的读 / 写选通信号用作显示屏的像素时钟。传输每行像素数据之后，CPU 将被 DMA 中断，LCD 面板所需的特定定时信号（例如，HSYNC、VSYNC 和 DEN）将更新。此过程将不断重复，直到整个帧绘制完毕为止。帧存储在易失性存储器中，因此图像可以是动态的。在本设置中，使用 SRAM 存储器。该配置是无控制器图形系统的基础。系统可设置为使用内部 SRAM 存储器或外部 SRAM 存储器。系统示意图如图 1 和图 2 所示。

通过使用 PMP 数据线向 TFT LCD 显示屏映射颜色。根据所使用的颜色格式，可配置 16 根 PMP 数据线用于传输颜色数据。在 8 BPP 颜色模式中，仅需使用 8 根 PMP 数据线。当在 16 BPP 颜色模式下使用外部存储器时，可以使用 8 或 16 根 PMP 数据线。如果使用 8 根数据线，则外部存储器数据线仍然可以在 16 BPP 模式下映射到 TFT LCD 显示屏；但是，PIC32 MCU 只能通过 8 位连接到存储器。当需要执行写操作时，PIC32 MCU 才能使用外部存储器上的高 / 低字节引脚发送 16 位颜色值到 SRAM。

图 1： 外部存储器方法

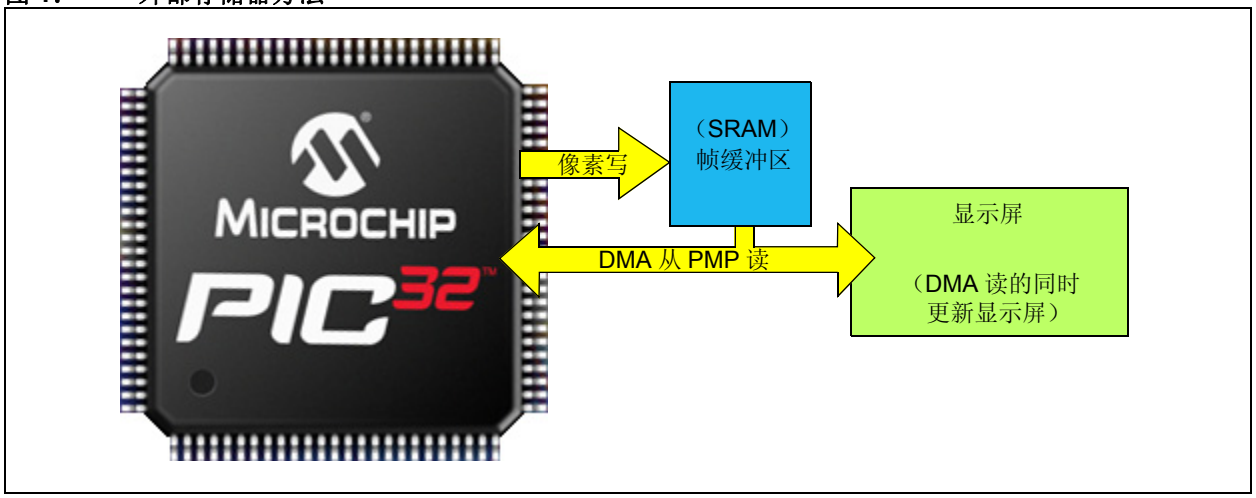
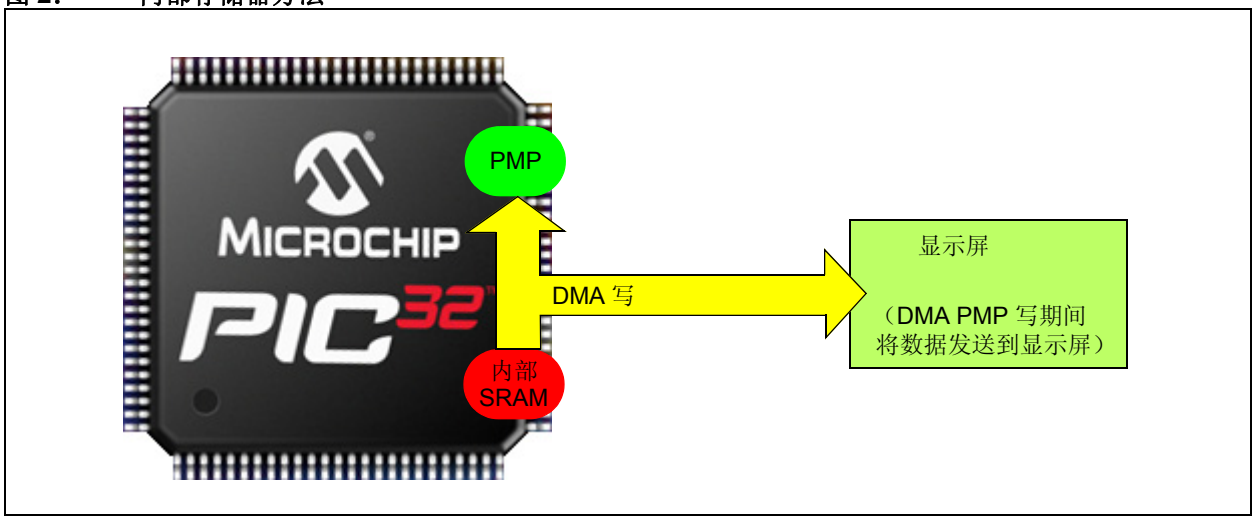


图 2： 内部存储器方法



© 2011-2014 Microchip Technology Inc.

DMA 和 PMP 初始化程序

例 1 中给出了设置和初始化 DMA 和 PMP 的代码。此代码是LCC驱动程序软件中的一段，提供此代码作为参考的目的是展示无控制器图形系统设置的便利性。不应复制和重复使用。

例 1： DMA 和 PMP 初始化源代码

```
// 暂停所有 DMA 传输
DMACONbits.SUSPEND =1;

#define PMP_CONTROL
(PMP_ON|PMP_MUX_OFF|PMP_READ_WRITE_EN|\PMP_CS2_EN|PMP_CS2_POL_LO|PMP_WRITE_POL_LO|PCLK_POLARITY)
#define PMP_MODE
(PMP_DATA_LENGTH|PMP_MODE_MASTER2|\PMP_WAIT_BEG_1|PMP_WAIT_MID_1|PMP_WAIT_END_1)
// 设置 PMP
// PMP 设置为以 16 位 PMP 模式使用数据和地址线
// PMP 等待状态设置为最快
mPMPOpen(PMP_CONTROL, PMP_MODE, PMP_ADDRESS_LINES, PMP_INT_ON);

// 将 PMP 地址设置为 0
PMADDR = 0x0000;

// 打开所需的 DMA 通道
DmaChnOpen(1, 0, DMA_OPEN_DEFAULT);

// 设置传输事件控制：哪个事件用于启动 DMA 传输
DmaChnSetEventControl(1, DMA_EV_START_IRQ(_TIMER_2_IRQ));

// 设置传输参数：源和目标地址，源和目标大小，
// 每个事件的字节数，源为 PMP，目标为伪数组，源大小为 2 （表示 16 位颜色），
// 第一个目标缓冲区大小为后沿，每个事件传输 2 个字节。
DmaChnSetTxfer(1, (void*)&PMDIN ,&GraphicsFrame[0] , 2, HBackPorch, 2);

// 将 INT 控制器的优先级设置为最高优先级 7
INTSetVectorPriority(INT_VECTOR_DMA(1), INT_PRIORITY_LEVEL_7);

// 设置 INT 控制器的子优先级
INTSetVectorSubPriority(INT_VECTOR_DMA(1), INT_SUB_PRIORITY_LEVEL_3);

// 当所有缓冲器传输完成后，使能传输完成中断
DmaChnSetEvEnableFlags(1, DMA_EV_BLOCK_DONE);

// 使能 INT 控制器中的中断
INTEnable(INT_SOURCE_DMA(1), INT_ENABLED);

// 配置完成后，使能 DMA 通道
DmaChnEnable(1);

// 开启 Timer2 作为像素时钟的 “触发器”（DMA 传输）
OpenTimer2(T2_ON | T2_SOURCE_INT | T2_PS_1_1, 10);

// 启动所有 DMA 传输
DMACONbits.SUSPEND = 0;
```

© 2011-2014 Microchip Technology Inc.

薄膜晶体管 （TFT） LCD 面板的基本原理

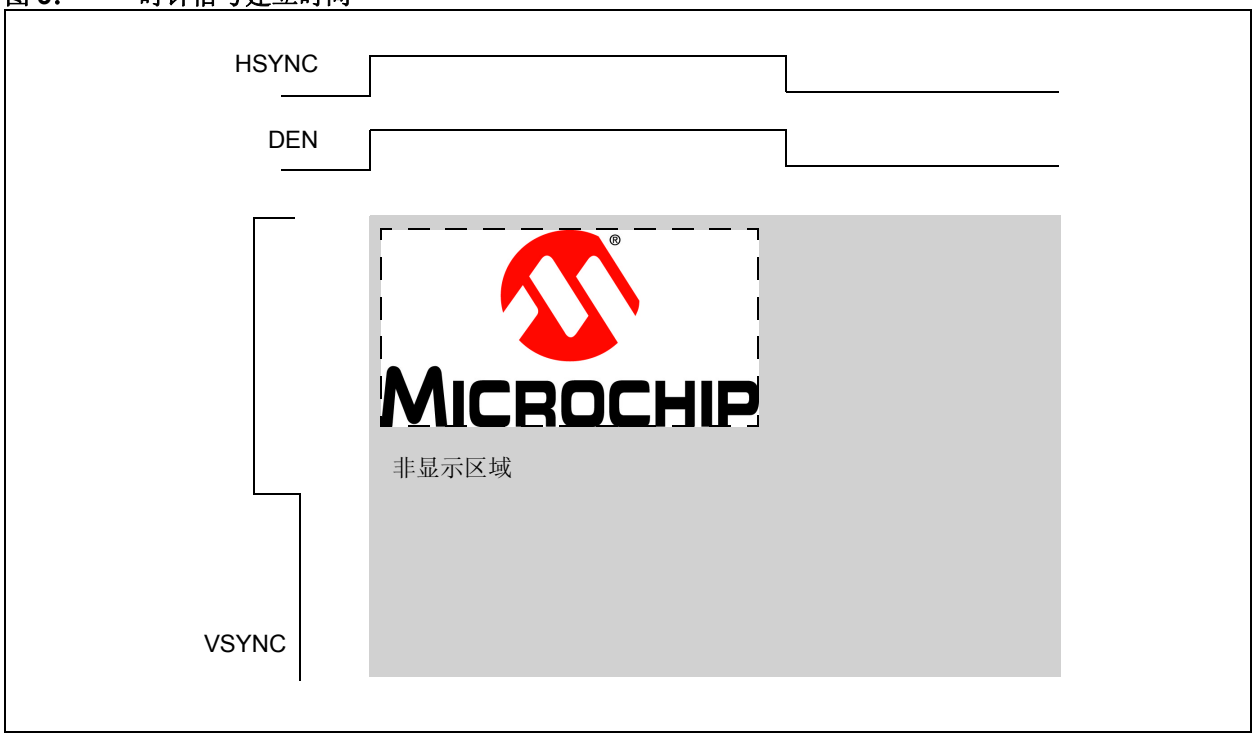
市场上有不同类型的LCD玻璃面板可选。无控制器图形方法设计为使用 TFT LCD 面板，但经少量修改后也可以使用 CSTN 或 MSTN 玻璃面板。图 3 显示了典型的 TFT 显示屏面板时序。

数据线包含像素颜色信息。大多数LCD面板可具有 8 到 24 条颜色数据线，具体取决于 LCD 面板的颜色深度。这些数据线为LCD面板提供每个像素的原始颜色数据。

时钟信号 HSYNC、VSYNC、DEN 和 PCLK 都用于将像素数据与图形帧和LCD面板同步。当数据位于数据线（HSYNC）或帧 （VSYNC）的开始或末尾时，同步线将告知 LCD 面板。DEN 或数据使能线让 LCD 面板了解有效的像素数据将何时发送到 LCD 面板。 TFT 类型的 LCD 面板需要 DEN，因为需要时间在 LCD 面板上建立正确的像素位置。该建立时间为图 3 中所示的灰色非显示区域。 Microchip 徽标表示需要将有效像素数据发送到屏幕的时序区域。此处的 DEN 置为高电平。每次发送一条数据线，直到整帧绘制完毕为止。 PCLK 信号未显示，但该信号是整个系统的时钟源。 PCLK 中的一个时钟脉冲用于更新LCD面板。所有其他时钟线必须与像素时钟同步以获得正确的图像输出。并非所有显示屏面板都具有 HSYNC、VSYNC 和 DEN 线。本应用笔记覆盖了可以使用的面板，以便解释每条线及其用途。未包含 HSYNC 和 VSYNC 信号的 LCD 面板仍然可以与无控制器图形设置配合使用。

LCC 软件驱动程序设置为帮助需要特定时序参数（如水平和垂直脉冲的脉冲宽度、前沿和后沿）的同步。这些值编译到 LCC 图形驱动程序中之后， LCD 面板将显示帧。这些时序常数可以在要使用的特定LCD面板的数据手册中找到，其值通常在像素时钟中给定。这些常数有助于设置显示屏上精确图像数据所需的正确频率。

图 3： 时钟信号建立时间

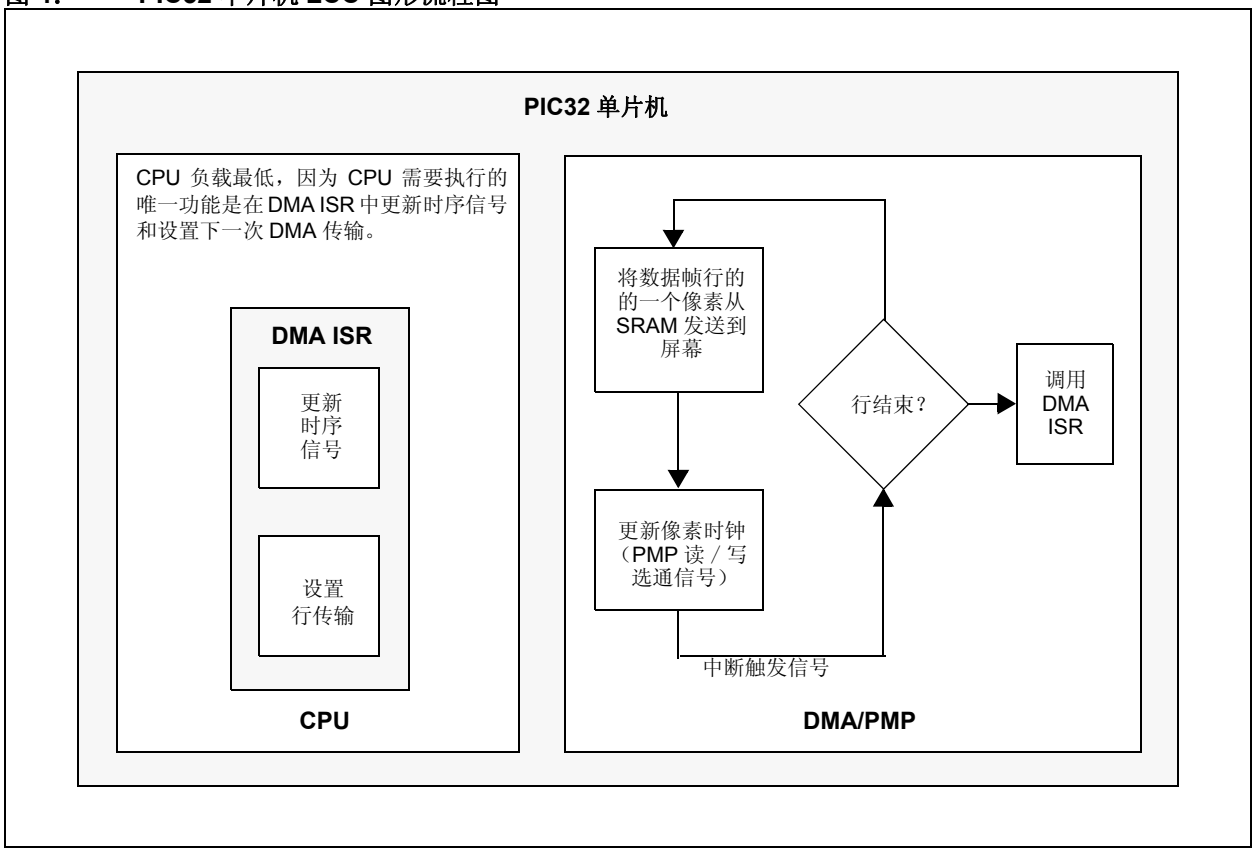


© 2011-2014 Microchip Technology Inc.

LCC 图形流程图

图 4 显示了将图形帧发送到显示屏时 PIC32 单片机内部的操作。 DMA/PMP 模块显示了与 CPU 共享数据总线的 DMA 和 PMP 外设所执行的操作。 CPU 模块显示了图形绘制所需的任务。除了将 DMA 和 PMP 外设设置为向显示屏发送图形帧以外， DMA 中断服务程序（Interrupt Service Routine，ISR）是唯一必须编写的代码。此流程图未指定图形帧的位置 （内部或外部），也未说明如何更新帧图像。

图 4： PIC32 单片机 LCC 图形流程图



时序图

关于整个系统的工作原理还有许多问题。利用运行时产生的内容是解决这些问题的一个好方法。在某些系统中创建的时序图中可以看到该方法的使用。本节将展示多种不同的系统时序图，以说明低成本无控制器图形的工作原理。

图 5 显示了由 PMP 选通信号 （读或写）生成的像素时钟。TFT LCD 面板需要该像素时钟，PIC32 器件可生成频率最高为 15 MHz 的信号，这对于 WQVGA 解决方案已足够。所有时序图均采用 13 MHz 的像素时钟。要更改像素时钟的速度，系统可以降低 PMP 或 DMA 传输的速度。还必须考虑支持这些像素时钟的 SRAM。通过探测大多数 Microchip 图形显示板上可见的 SHIFT 测试点可看到此信号。

图 6 显示了图形系统的典型帧速率。帧速率约为 60 Hz，这是市售产品的典型刷新率。通过探测大多数 Microchip 图形显示板上可见的 FRAME 测试点可看到此信号。

图 5：　纯净的像素时钟时序图

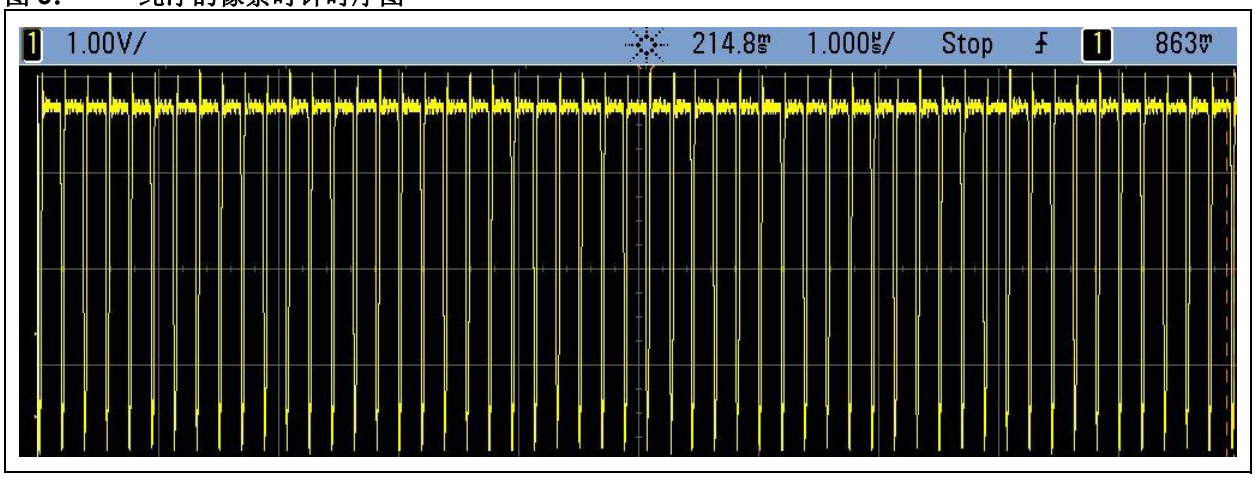
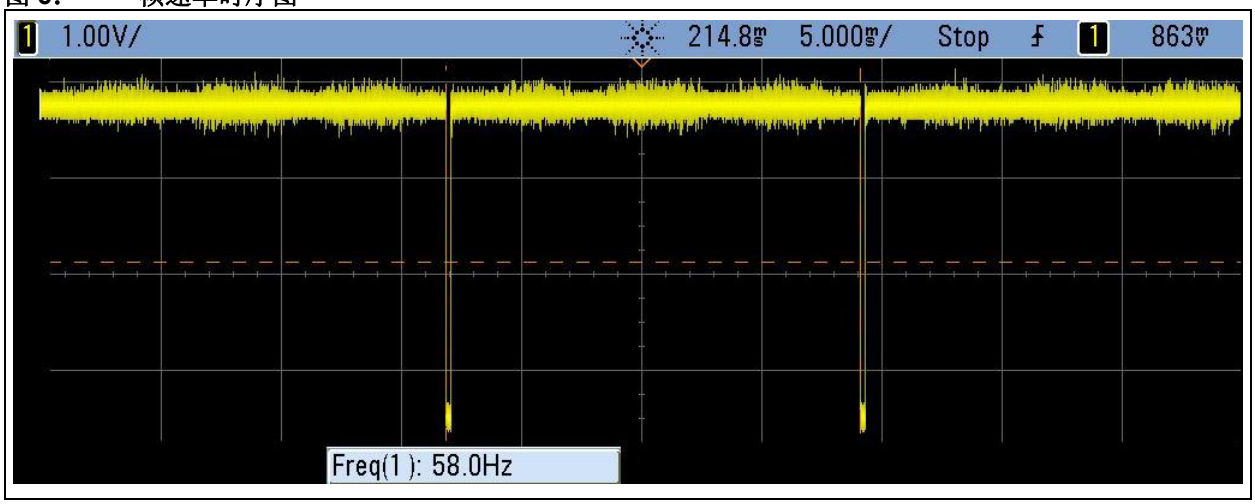


图 6：　帧速率时序图



© 2011-2014 Microchip Technology Inc.

图 7 显示了外部存储代码中缩小的像素时钟。图中有两个区域的像素时钟是停止的。这是 ISR 更新 LCD 时序的约束位置。这也是 LCC 唯一需要 CPU 带宽的部分，其他部分由 DMA 传输处理。Δ x 显示了 ISR 程序占用的时间，相当于 80 个时钟周期。因此，如果我们考虑刷新率为 60 Hz、含有 272 条线且每线两个中断的 WQVGA 显示屏， LCC 解决方案仅使用（60* 272 * 2 * 80）= 2.6 MIPS。

图 8 显示了 `putpixel` 函数对像素时钟的影响。`Putpixel` 函数用于更新帧，并设计为每次像素停止更新两帧。更新两帧所需的总时间为 800 ns。用户可更改软件以监视更新速率，以便刷新率不会低于特定刷新率（50 Hz）。

图 7： ISR 时序图

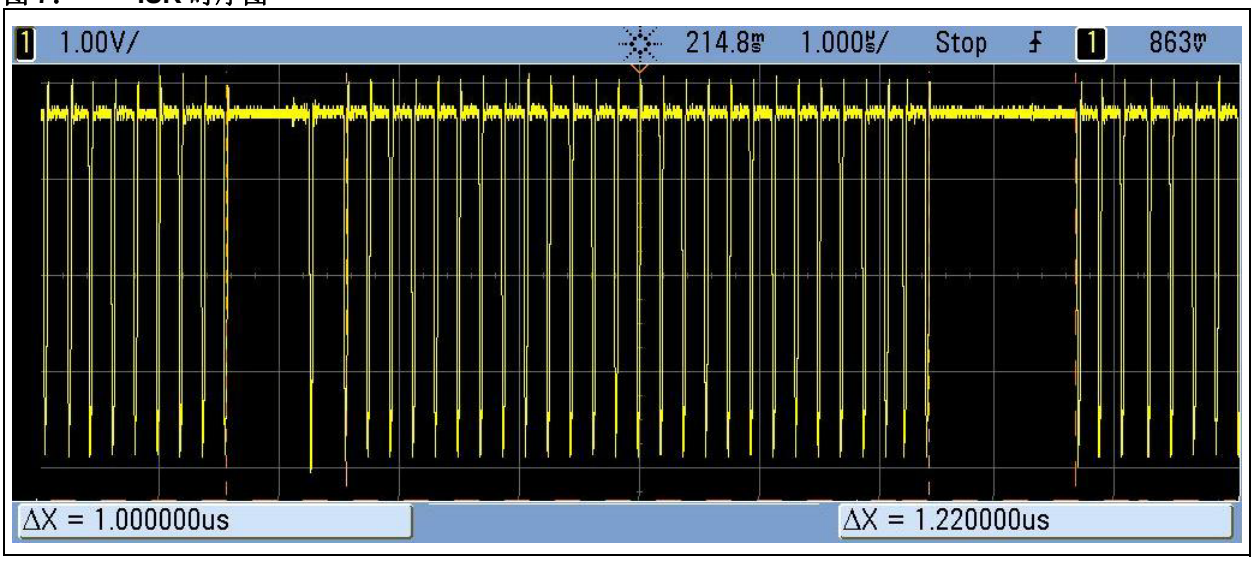
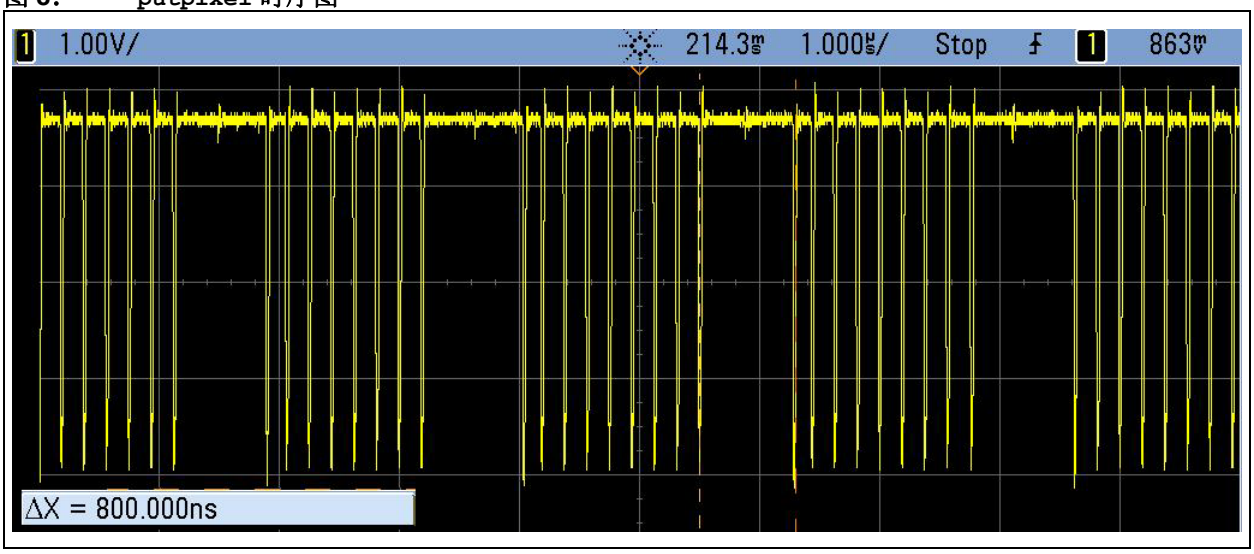


图 8： `putpixel` 时序图



在帧上绘制新像素

在屏幕上绘制新像素与刷新屏幕同样重要。此操作通过 CPU 写入显示缓冲区来执行。如果帧存储在外部，则更新该帧时将暂停 DMA 传输。这样做是必要的，因为只有一个 PMP 外设并且该外设正被 “虚拟” 图形控制器或 DMA 传输共用。此方法会影响屏幕的刷新率。需要监视像素更新的数量以防止刷新率变化过大；否则，人眼将能感觉到刷新率的变化。该监视可通过在 “虚拟” 图形控制器内使用一个像素数变量来实现，该变量在每次像素写入时更新，并在每次 DMA 中断时清零。

硬件说明

LCC 图形板以简单性和低成本为理念进行构建。仅当应用程序将 LCC 图形板用于外部存储器时，才需要板载 512 KB SRAM IC。否则，如果与图形板配合使用的 PIC32 MCU 具有足够的内部存储器，则不需要外部存储器。公式 1 给出的公式用于计算特定 PIC32 MCU 是否具有足够的易失性存储器来存储数据帧。

在以下示例中， LCC 图形板的内部存储器演示使用具有 PIC32MX795F12L 器件的入门工具包，该器件具有 128 KB 的 SRAM。此演示使用 QVGA 分辨率和 8 BPP 图形；因此，公式为：

76,800 = 320 x 240 x 1

该技术仍然留出几乎一半的内部 SRAM 用于编程，同时为设计人员提供 255 种颜色选择来创建有意义的嵌入式用户界面应用程序。

如果需要额外的存储器，可以从多种不同类型的存储器中选择。该图形板使用并行 SRAM，但也可以使用任何类型的易失性存储器，只要其速度足够快，能够支持所需的帧速率。

PSRAM 是一款高性价比的外部存储器，其成本低于 SRAM；不过，该类型存储器的访问速度较低。

LCC 图形板上有 15 个跳线，可以从内部存储器模式切换到外部存储器模式。使用内部 SRAM 时，设置跳线引脚 1 和 2；使用外部 SRAM 时，设置跳线引脚 2 和 3。

LCC 图形板可与多种不同的 PIC MCU 配合使用。该板提供了一个入门工具包连接器，用于连接入门工具包，如 PIC32 USB 入门工具包 II，以及一个 PICtail™ Plus 连接器，可将图形板连接到 Explorer 16 开发板。

由于 LCC 未使用图形控制器，这使得许多图形功能可通过软件实现，包括 alpha 混合、滚动和使用多帧。用户不再受所用的图形控制器的限制，但是反而受到所用的 PIC 单片机的限制。

公式 1：

$$SRAM大小 = （x像素分辨率）\times（y像素分辨率）\times（颜色深度字节数）$$

© 2011-2014 Microchip Technology Inc.

显示屏连接器

LCD 面板连接到显示屏连接器。表 1 中列出了每个显示屏连接器引脚的说明。

表 1：　显示屏连接器引脚

引脚名称	说明
RD9、 RB0、 RB9 和 RB1	4 线电阻式触摸屏线
R0-R4	红色数据线
G0-G5	绿色数据线
B0-B4	蓝色数据线
RC1/LCD_RESET	LCD 复位线
RC2/LCD_CS	LCD 片选线
SCK1、 SD01、 SDI1 和 $\overline{SS1}$	用于时序或触摸控制器的 SPI 通信线
RBS/LCD_DC	LCD 直流电源使能线
LCD_SHIFT	像素时钟
RD2/LCD_DEN	数据使能 （DEN）线
RC3/VSYNC	VSYNC 线
RB8/HSYNC	HSYNC 线
PMPBE	背光使能线 （PWM 功能）

软件使用

LCC图形板使用Microchip图形库，该图形库功能强大，可快速方便地创建 GUI，例如本应用笔记中所展示的GUI。可以从 Microchip 应用程序库网页（www.microchip.com/MLA）免费下载 Microchip 图形库。

在软件中使用图形库有两种方法：内部 SRAM 存储器和外部 SRAM 存储器。

内部 SRAM 存储器方法将 PMP 的写选通信号用于像素时钟。对于该配置，必须设置 LCC 图形板上的跳线行 1 和 2。在该设置中，所有颜色均为 8 BPP，且不使用外部 SRAM。PIC32 MCU 内部的 SRAM 不断将其像素值写入 PMP。对于 8 BPP 颜色，使用 332 RGB 颜色格式（即，3 个颜色值表示红色、3 个颜色值表示绿色以及 2 个颜色值表示蓝色）。这是常用的颜色格式，因为红色比蓝色更容易被人眼识别。

外部 SRAM 存储器方法将 PMP 的读选通信号用于像素时钟。对于该配置，必须设置 LCC 图形板上的跳线行 2 和 3。在该设置中，所有颜色均为 16 BPP，且外部 SRAM 包含的图形帧将被连续读取。对于 16 BPP 颜色，使用 565 RGB 颜色格式（即，5 个颜色值表示红色、6 个颜色值表示绿色以及 5 个颜色值表示蓝色）。

在两种方法中，当所连接的 LCD 面板具有超过 16 条颜色线时，未使用的颜色线将连接到使用的最后一个颜色位的最高有效位。这样可确保获得从白色到黑色的完整颜色范围。

演示软件

LCC 图形网页（www.microchip.com）上提供了 LCC 图形板的专用演示软件。该演示展示了内部和外部存储器方法，并包含多种可通过 Microchip 图形库和 Microchip 图形显示设计器创建的用户界面屏幕。 Microchip 图形库还包含了其他适用于 LCC 图形板的软件，其中包含 LCC 图形驱动程序，能够运行 Microchip 图形库中的大多数演示程序。

结论

本应用笔记介绍了低成本无控制器（LCC）图形 PICtail™ Plus 子板，可使用该子板实现采用 PIC32 单片机的低成本无控制器图形系统。

参考资料

- Microchip 应用程序库：
  www.microchip.com/MLA
- PIC32 器件系列：
  www.microchip.com/PIC32
- Microchip 图形支持：
  www.microchip.com/graphics

© 2011-2014 Microchip Technology Inc.

附录 A： 源代码

软件许可协议

Microchip Technology Incorporated（以下简称“本公司”）在此提供的软件旨在向本公司客户提供专门用于本公司生产的产品的软件。本软件为本公司和 / 或其供应商所有，并受到适用的版权法保护。版权所有。使用时违反前述约束的用户可能会依法受到刑事制裁，并可能由于违背本许可的条款和条件而承担民事责任。

本软件是按“现状”提供的。不附有任何形式的保证，无论是明示的、暗示的或法定的，包括（但不限于）有关适销性和特定用途的暗示保证。对于在任何情况下，因任何原因造成的特殊的、偶然的或间接的损害，本公司概不负责。

本应用笔记中提及的所有软件都以单个 WinZip 归档文件的形式提供。可从 Microchip 公司网站下载此文件：

www.microchip.com

附录 B： 版本历史

版本 A （2011 年 7 月）

这是本文档的初始版本。

版本 B （2012 年 10 月）

该版本包含以下更新：

- 删除 “图形板设置”章节，包括图 1
- 向 **“建立无控制器图形系统”**添加一个段落
- 向 **“硬件说明”**添加描述 PSRAM 的句子
- 删除图 9：“显示屏连接器原理图”
- 删除附录 B “原理图”
- 对全文的内容和格式进行了少量更新

© 2011-2014 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。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。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 dsPIC、 FlashFlex、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 MPLAB、 PIC、 PICmicro、 PICSTART、 PIC^{32} 徽标、 rfPIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、 Hampshire、 HI-TECH C、 Linear Active Thermistor、 MTP、 SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、 Application Maestro、 BodyCom、 chipKIT、 chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 dsPICworks、 dsSPEAK、 ECAN、 ECONOMONITOR、 FanSense、 HI-TIDE、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Mindi、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 mTouch、 Omniscient Code Generation、 PICC、 PICC-18、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、 REAL ICE、 rfLAB、 Select Mode、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 UniWinDriver、 WiperLock、 ZENA 和 Z-Scale 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

GestIC 和 ULPP 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。

© 2011-2014, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-62077-847-0

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV

═ 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 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。

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: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

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: 852-2401-1200
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 - 杭州
Tel: 86-571-2819-3187
Fax: 86-571-2819-3189

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

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

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

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

德国 Germany - Pforzheim
Tel: 49-7231-424750

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

10/28/13

© 2011-2014 Microchip Technology Inc.