# AN1556

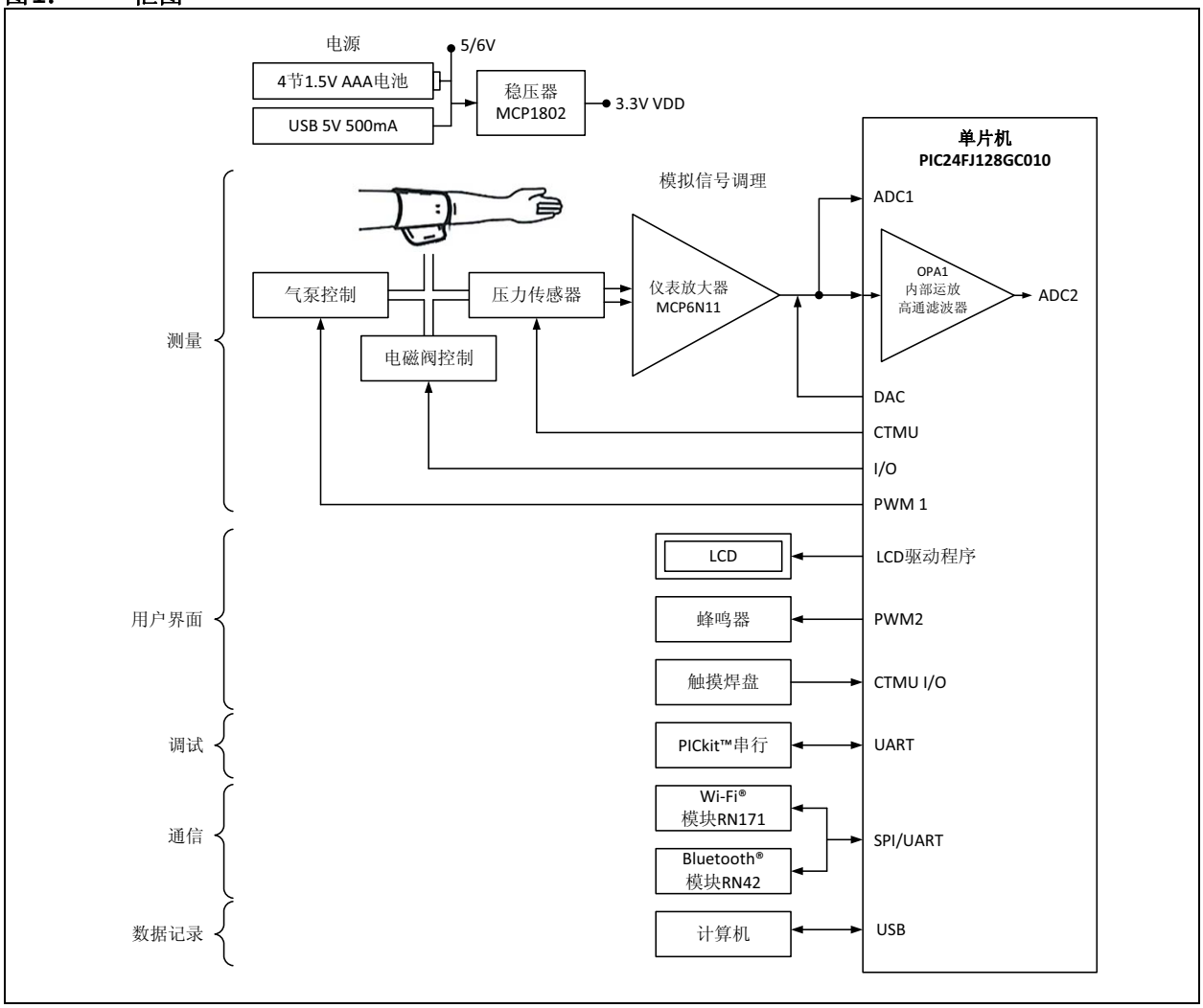
# 采用Microchip PIC24F单片机和模拟器件的血压计设计

*作者：* *Zhang Feng，*
*Microchip Technology Inc.*

## 简介

血压计（Blood Pressure Meter，BPM）是用于测量血压的非侵入式设备。本应用笔记演示了采用 Microchip PIC24FJ128GC010 单片机和 MCP6N11 仪表放大器实现数字血压计。

**图1：　　框图**




© 2014 Microchip Technology Inc.

## 模拟前端信号调理电路说明

如图1所示，MCP6N11-100单仪表放大器（INA）用于调节从惠斯通电桥型气压传感器采集的模拟信号。INA总增益设置为 151 V/V。MCP6N11 的输出信号分为两路信号。一路表示袖带压力，与单片机的ADC1通道相连接。另一路将通过一个双极点有源高通滤波器（截止频率为0.48 Hz和4.8 Hz，增益为92）。此高通滤波器由单片机内部的一个运算放大器构成。此高通滤波器的输出表示振荡信号，通过陷波滤波器发送至单片机的ADC2通道。

## PIC24FJ128GC010单片机

此单片机提供了一个 12 位高速流水线模数转换器（Analog-to-Digital Converter，ADC)。袖带压力信号和振荡信号均由该12位ADC以500 Hz的采样率进行采样。

如上一节所述，演示系统使用单片机内部的一个运算放大器构建模拟高通滤波器。它还利用一个带缓冲输出电压的内部10位数模转换器（Digital-to-Analog Converter，DAC）来提供可调的直流失调电压作为运算放大器的偏置电压。

对于采用单片机的充电时间测量单元（Charge Time Measurement Unit，CTMU）的电容式触摸焊盘，Microchip 的 mTouch™ 触摸传感解决方案在固件中实现。同时，气压传感器需要稳定的 100 μA 直流电源电流，该电流也由CTMU提供。

演示系统利用单片机的脉宽调制（Pulse Width Modulation， PWM）模块来驱动气泵的电机运行在快速或慢速模式下。电机运行时产生的噪声会干扰上气时的压力测量。电路设计、固件和印刷电路板（Printed Circuit Board， PCB）布线均应有助于降低电机噪声。

血压和脉搏率的测量结果可发送至液晶显示屏（Liquid Crystal Display，LCD）面板、USB 接口和无线接口。单片机集成了LCD控制器，可生成直接驱动静态或复用LCD面板所需的数据和时序控制。演示系统利用单片机的 USB On-The-Go 接口进行数据通信，该接口还提供5V主电源。对于无线通信，单片机的SPI或UART端口可与 Microchip 的 Bluetooth® 模块 RN42 或 Wi-Fi® 模块 RN171 连接。此外，还通过单片机的实时时钟和日历模块在LCD面板上显示实时时钟，该模块可在深度休眠模式下工作。

## 电源

主输入电源由4节1.5V AAA碱性电池或USB的VBus线提供。MCP1802 LDO 将 5V 或 6V 主输入电压转换为3.3V VDD。

## 特殊功能

固件中实现了截止频率为5 Hz的数字低通滤波器。它可对从振荡信号上采集的原始ADC采样进行滤波。

本演示系统使用一个定制算法进行血压计算，该算法的开发基于已公开发表的学术论文（见**附录D：“参考资料”**）。

## 测量技术

数字血压计通过示波检测来测量收缩压和舒张压。Microchip 的数字血压计演示可在上气过程中测量血压和脉搏率。上气时测量（Measurement While Inflating，MWI）原理可缩短总测量时间，从而减轻袖带压力产生的不适感。

电机在快速模式下将压力泵送至 30 mmHg 后，会逐渐切换为慢速模式，并以线性方式为袖带上气。当袖带压力增大到足以开始压迫血液流动时，压力传感器可检测到动脉脉搏。此时，从 ADC2 通道捕捉到的波形（模拟高通滤波器的输出）开始显示血压振荡信号（见图 2）。随后数字低通滤波器对振荡信号进行滤波。平均动脉压（Mean Arterial Pressure，MAP）是对应于最大振荡信号的袖带压力。根据计算血压的定制算法，可通过MAP值和经验公式查找表确定收缩压（Systolic Pressure，SYS）和舒张压（Diastolic Pressure，DIA）（见图 3）。当压力达到指定值时，上气过程自动终止。可根据 ADC 采样率以及在多个连续脉冲中获得的采样数来计算脉搏率（Pulse Rate，PR）。


© 2014 Microchip Technology Inc.

图2： ADC2通道以每秒500个采样数采集振荡信号的原始ADC数据

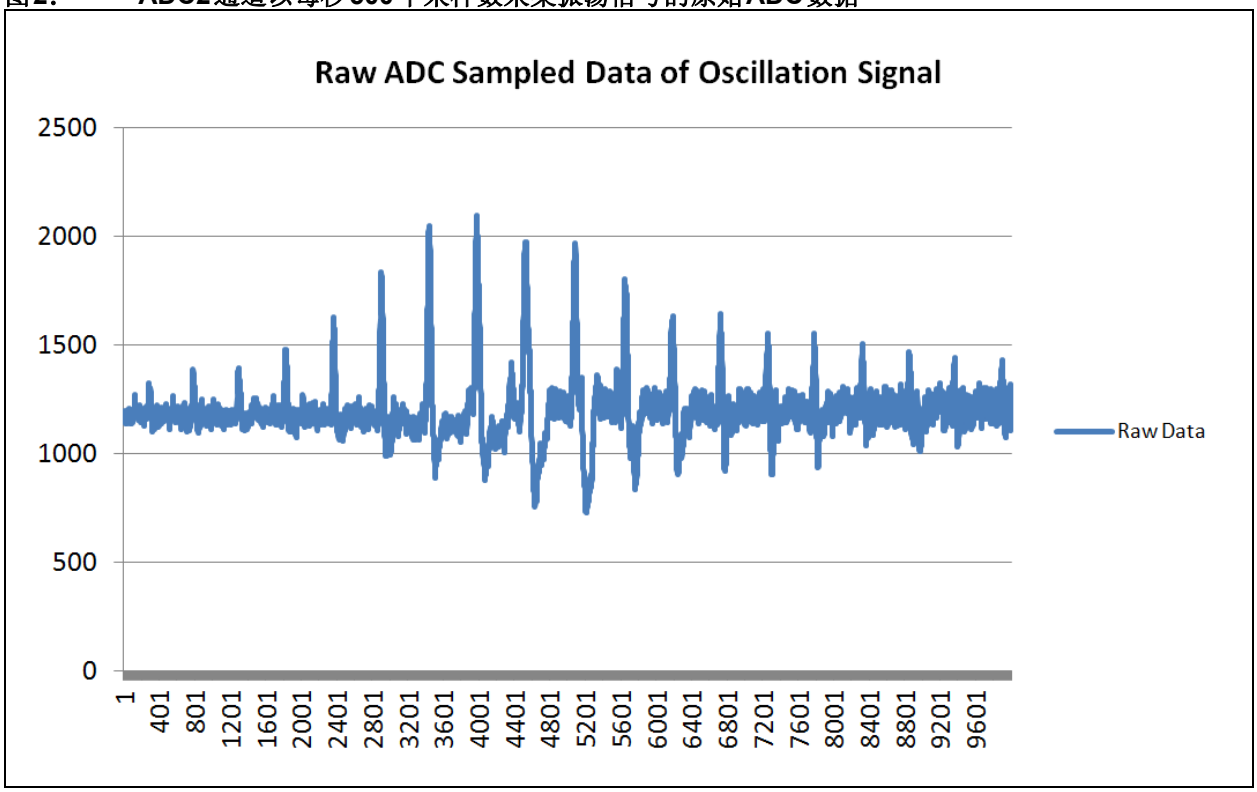
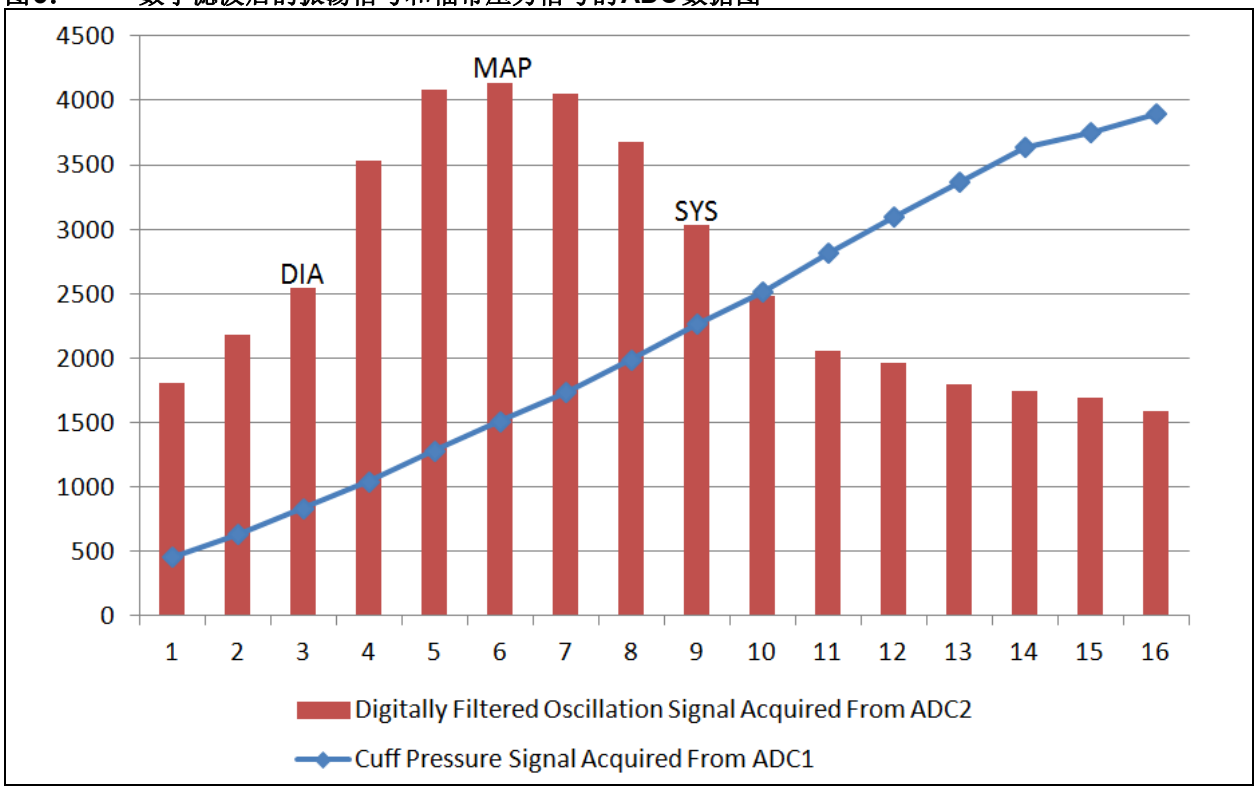


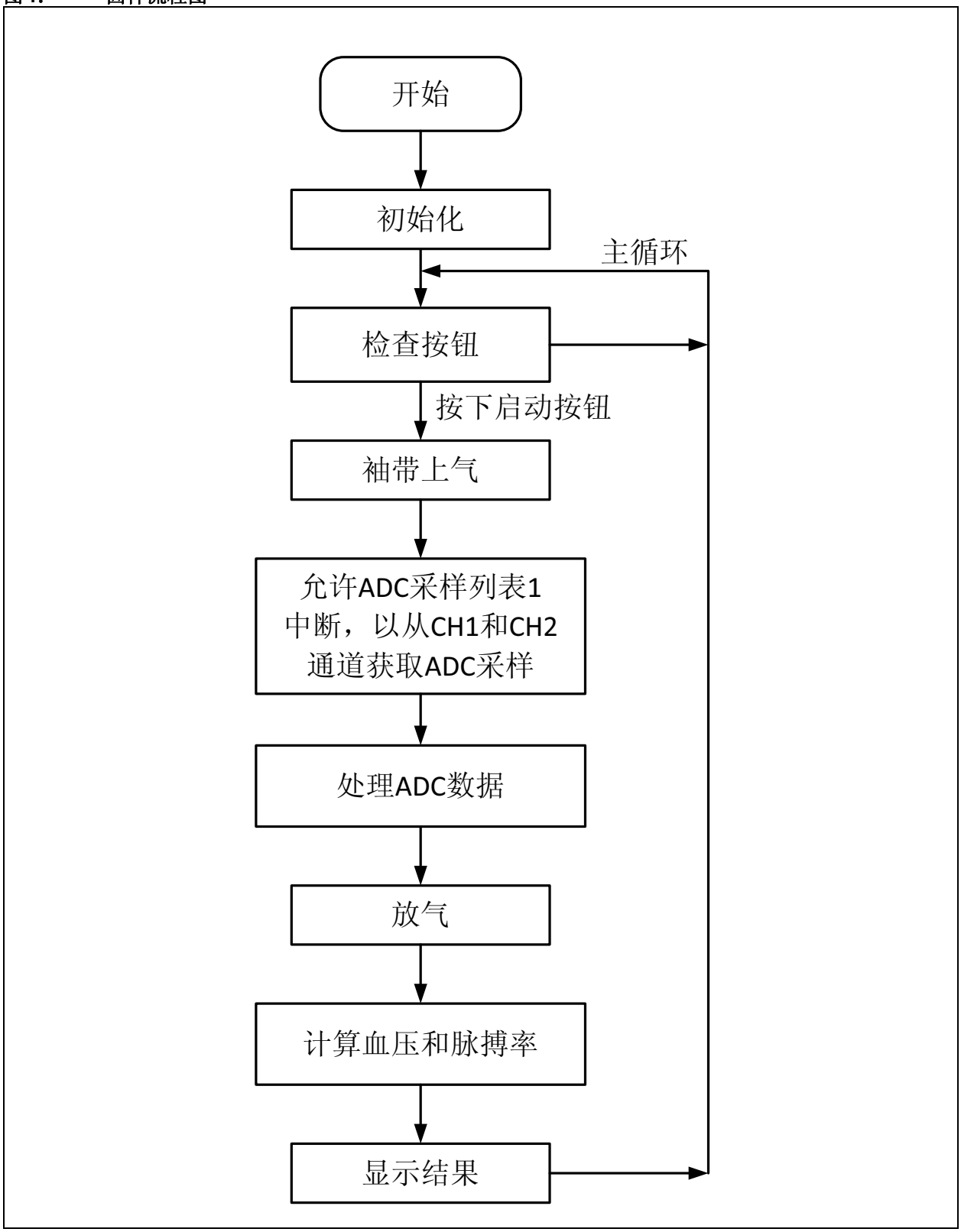

图3： 数字滤波后的振荡信号和袖带压力信号的ADC数据图



## 程序流程图

图4给出了固件流程。

**图4：　固件流程图**



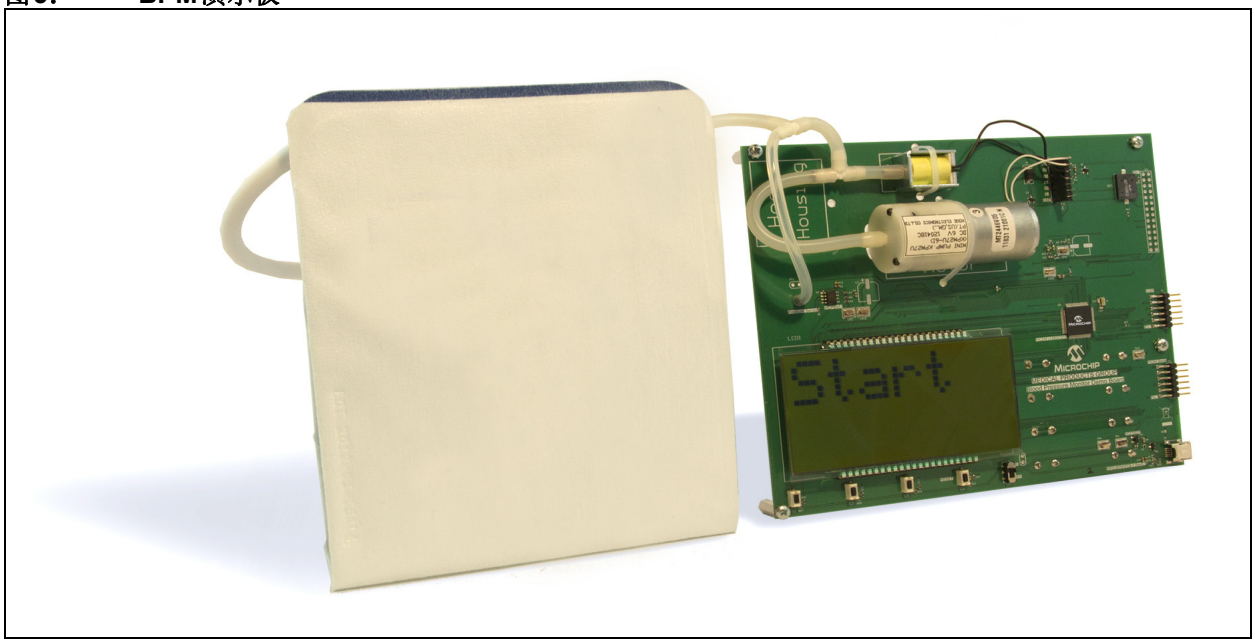


© 2014 Microchip Technology Inc.

## 附录A： BPM演示板

本附录展示了BPM演示板。

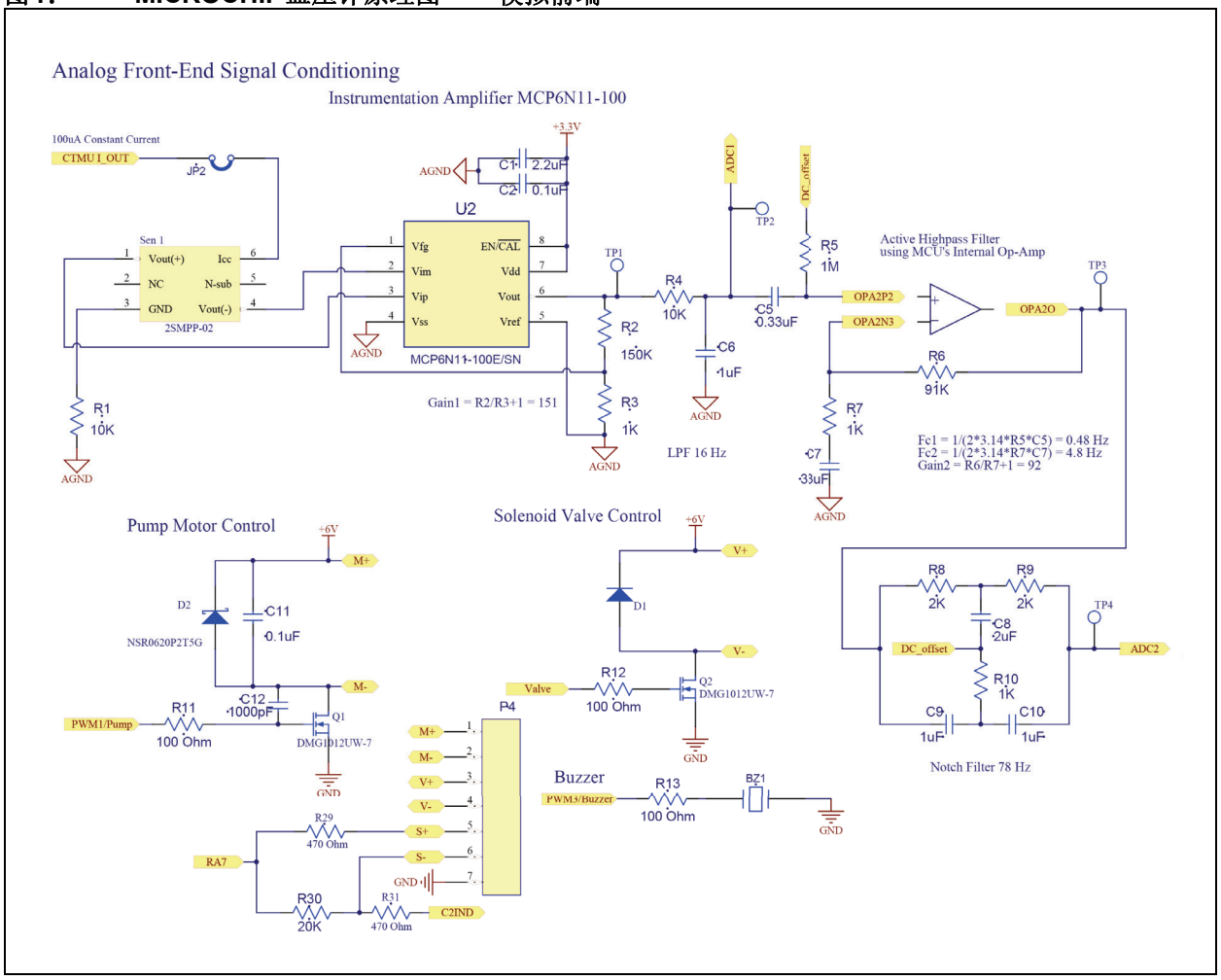
**图5： BPM演示板**



## 附录B： 原理图

本附录给出了血压计原理图。

**图1： MICROCHIP血压计原理图——模拟前端**





© 2014 Microchip Technology Inc.

图2： MICROCHIP血压计原理图——PIC24F单片机

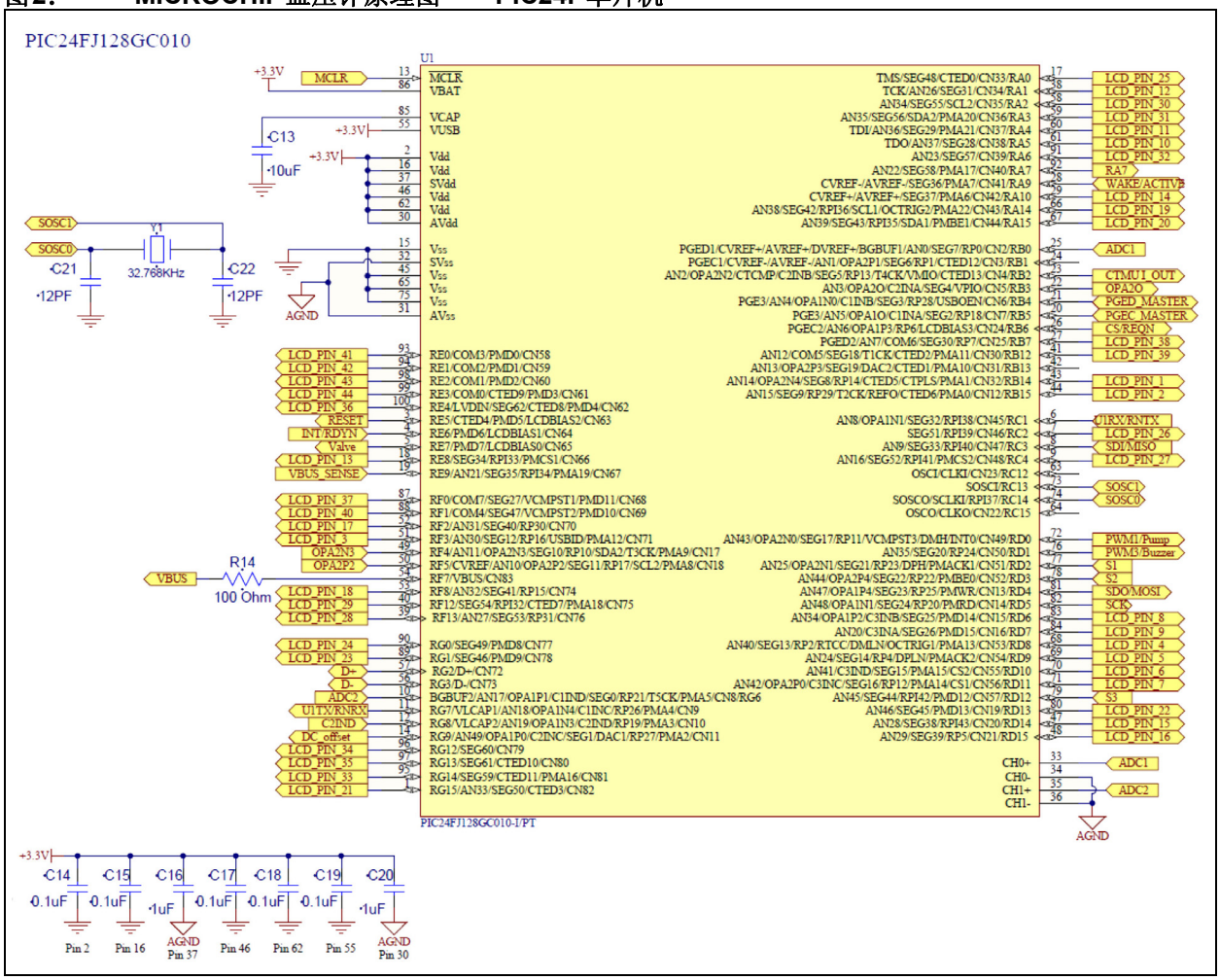
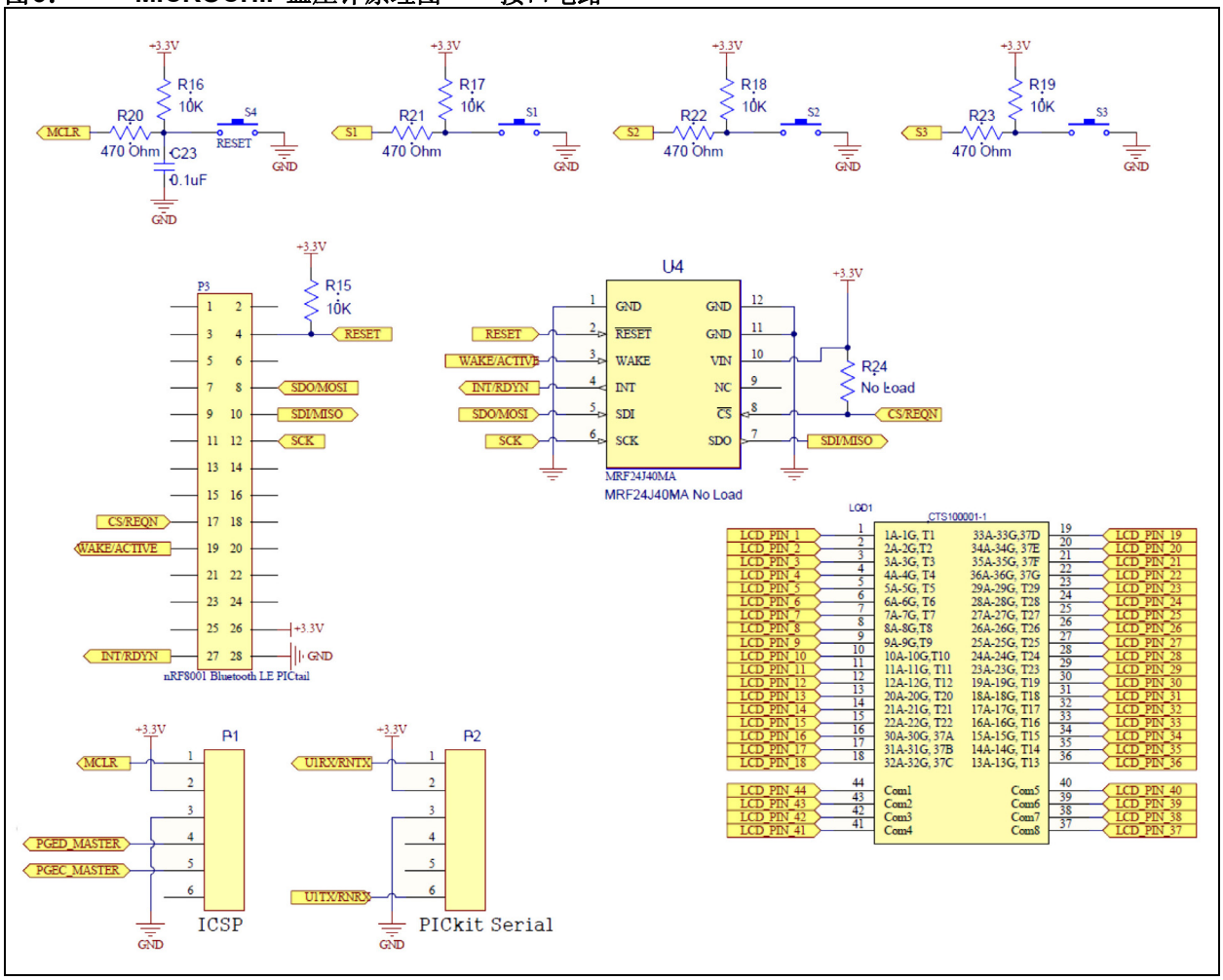


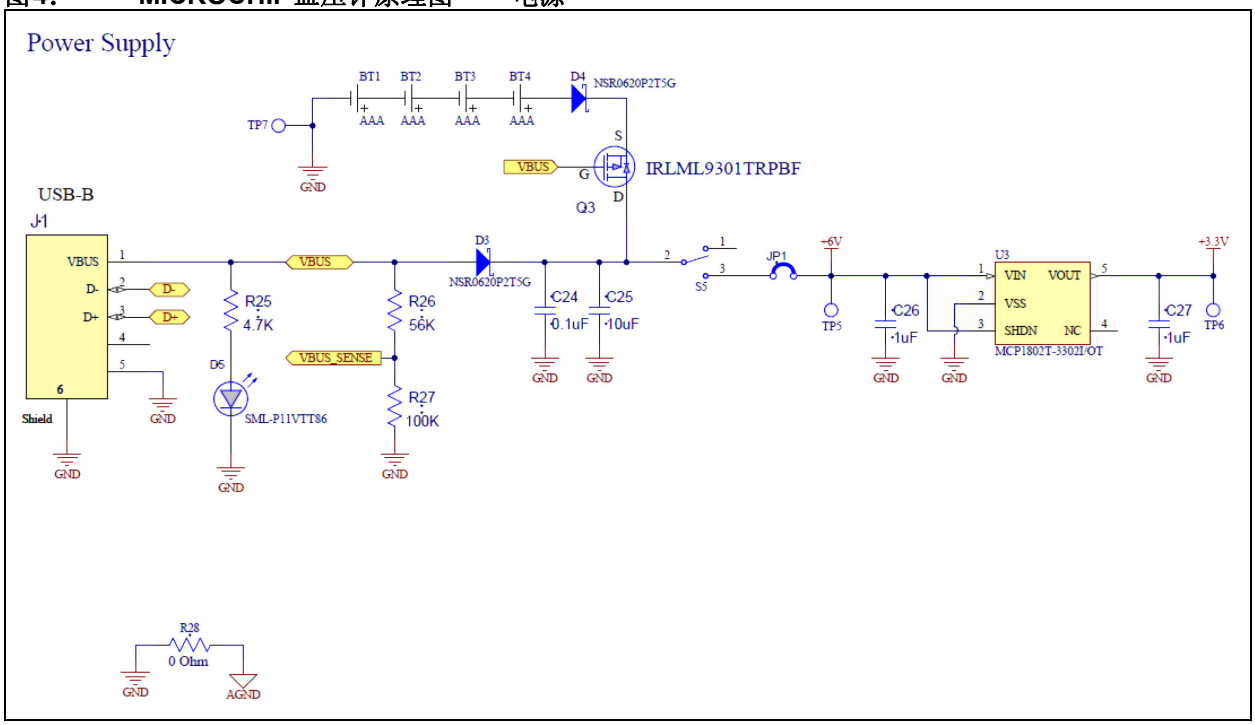
**图3： MICROCHIP血压计原理图——接口电路**





© 2014 Microchip Technology Inc.

图4： MICROCHIP血压计原理图——电源



## 附录C： 警告、限制和免责声明

本演示仅用于评估和开发目的。不得用于医疗诊断。

## 附录D： 参考资料

王维维，蒲宝明，贺宝岳，李生金。基于上气测量的电子血压计的设计与实现。计算机系统应用，2012，21(2):150-153,97。


© 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、 PIC32 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。

© 2014, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-62077-918-7

**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


© 2014 Microchip Technology Inc.