



公用仪表基础教程

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。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。未经 Microchip 书面批准, 不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗中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、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PICMASTER、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、MPASM、MPLIB、MPLINK、MPSIM、PICKIT、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICKtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、Real ICE、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 Zena 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。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2006, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于 2003 年 10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、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方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外, Microchip 在开发系统的设计和和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

目录

前言	1
第 1 章 电子仪表的优点	
1.1 可靠性和耐用性	3
1.2 高精度	4
1.3 非线性负载和低功率因数（电表）	4
1.4 易于校准	4
1.5 防篡改保护	4
1.6 自动读表	5
1.7 安全性	5
1.8 先进的付费方式	5
1.8.1 分时付费	5
1.8.2 预付费	5
第 2 章 仪表类型	
2.1 气表和水表	7
2.2 热表	7
2.3 电表	7
第 3 章 仪表的功能部件	
3.1 计时	9
3.2 传感器	10
3.2.1 气表和水表传感器	10
3.2.2 热表传感器	10
3.2.3 电表传感器	10
3.3 显示部件	13
3.3.1 LED	13
3.3.2 LCD	14
3.4 通信	19
3.4.1 有线通信	19
3.4.2 无线技术	21
3.5 低功耗部件	24
3.5.1 交流稳压电源供电的仪表	24
3.5.2 不稳定直流电源供电的仪表	27
3.6 校准	28
3.6.1 气表和水表校准	28
3.6.2 热表校准	28
3.6.3 电表校准	28

第 4 章 Microchip 解决方案

4.1 气表	31
4.2 水表	32
4.3 热表	33
4.4 电表	34
4.5 资源	35
4.6 网络课程	37

第 5 章 规范

5.1 水表	39
5.2 热表	39
5.3 电表	39

索引	41
----------	----

全球销售及服务网点	42
-----------------	----

前言

客户须知

所有文档均会过时，本文档也不例外。Microchip 的工具和文档将不断演变以满足客户的需求，因此实际使用中有些对话框和 / 或工具说明可能与本文档所述之内容有所不同。请访问我们的网站 (www.microchip.com) 获取最新文档。

文档均标记有 “DS” 编号。该编号出现在每页底部的页码之前。DS 编号的命名约定为 “DSXXXXXA”，其中 “XXXXX” 为文档编号，“A” 为文档版本。

欲了解开发工具的最新信息，请参考 MPLAB® IDE 在线帮助。从 Help（帮助）菜单选择 Topics（主题），打开现有在线帮助文件列表。

简介

本章包含使用公用仪表基础教程前需了解的一般信息。内容包括：

- 文档编排
- Microchip 网站
- 客户支持
- 文档版本历史

文档编排

本文档对公用仪表进行了简单介绍。

- 第 1 章 “电子仪表的优点”
- 第 2 章 “仪表类型”
- 第 3 章 “仪表的功能部件”
- 第 4 章 “Microchip 解决方案”
- 第 5 章 “规范”

MICROCHIP 网站

Microchip 网站 (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。只要使用常用的因特网浏览器即可访问。网站提供以下信息：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和样本程序、设计资源、用户指南和硬件支持文档、最新的软件版本以及存档软件。
- **一般技术支持**——常见问题（Frequently Asked Question, 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。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获取帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师（Field Application Engineer, FAE）
- 技术支持
- 开发系统信息热线

客户应联系代理商、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 <http://support.microchip.com> 获取网上技术支持。

文档版本历史

版本 A（2005 年 11 月）

- 本文档的第一版。

第 1 章 电子仪表的优点

与目前仍在使用的传统机械式和 / 或机电式仪表相比，电子仪表具有更多的优势，从而可被广泛应用于公共事业市场。这些优点包括：

- 更高的可靠性和耐用性
- 更高的精度
- 支持非线性和低功率因数负载
- 易于校准
- 防篡改保护
- 自动读表
- 更高的安全性
- 先进的付费方式（分时付费和预付费等）

无论测量的是燃气、水、热能还是电能，都将用到上述部分或全部的特性，这些特性使得电子仪表成为新兴（迅速扩展的）市场和现有（已存在的）市场的首选解决方案。

实现电子仪表并非一件复杂费力的事情。本文档将指导您使用 Microchip Technology Inc. 提供的许多技术选项和解决方案。

例如，只需选用一块专用的电能计量 IC（MCP3905）和一个显示 / 计数器即可方便廉价地实现电表。当采用 8 或 16 位单片机（MCU）甚至 16 位数字信号控制器（Digital Signal Controller, DSC）时，还可以获得更高级的解决方案。

在以下各节中，我们将详细说明上面列出的各项优点。

1.1 可靠性和耐用性

不需要移动部件是电子解决方案（也称为“固态解决方案”）的一个显著优点，因此，电子仪表能够承受更高强度的机械应力，它可以被置于户外，处于气候条件和温度随季节变化的露天自然环境中。取决于纬度的不同，这些自然条件甚至可能达到极限值。虽然电子元件对温度变化很敏感，但是这些变化量可以被很容易地估算并予以补偿。

总之，现代电子元器件典型的高度集成性（精简的元件数）和小型封装使得电子解决方案与机械 / 机电式解决方案相比，体积更小更可靠。

1.2 高精度

仪表是按测量精度分类的。

例如，通常机械式电表的精度在 2% 左右。与之相比，一般的电子仪表精度达到 0.8%，而有些电子仪表提供的精度规格达到 0.5% 甚至 0.2%，符合更严格的美国国家标准（American National Standard, ANSI）C12.20-2002 规范。

基于 MCU 或 DSC 的电表的精度可以由软件参数指定，安装时可以根据应用的需求方便地修改这些参数，同时保持硬件平台不变。由于同一种产品可以部署在不同的区域并且可以方便地进行现场更新，所以公用事业公司和仪表制造商可以进行流水生产，并通过扩大规模而提高收益。

1.3 非线性负载和低功率因数（电表）

大多数机电式电表的设计基于这样一个简单的假设，即它们的负载（用户应用）是阻性的负载（电灯和取暖设备等），但是现在看来该假设越来越不能成立。无功负载（电机消耗的电能可达电能使用总量的 40%）和非线性负载比例的不断增加给供电方带来了负担。传统仪表已不能充分地测量低功率因数系统的能耗，而电子仪表可以方便地指示有功 / 无功功率和功率因数的瞬时值，该数据可以用于提醒用户并为考虑功率因数的收费系统提供基础数据。

1.4 易于校准

正如上面提到的那样，电子解决方案可以方便地补偿温度变化，当然同时还需要考虑机械 / 物理变化。电子仪表可以使用几种技术来提供非易失性存储器（EPROM、EEPROM 和闪存等）以存储修正 / 校准参数。

可以定期复查和更新（现场）这些参数，以确保仪表精度始终符合要求。

1.5 防篡改保护

电子仪表可以使用多种简便方法来检测篡改和偷窃事件。

尤其对于电表，可以检测到很多“典型”状况。例如：

- 不对称负载（通过接地闭合回路来逃避计量）
- 临时断开（或绕过）仪表
- 使用永磁体使电流互感器饱和或计数器停止计数
- 蓄意破坏行为

当检测到这些行为时，在有些情况下，电子仪表会采取特定的“措施”或简单地给出一个警告标志，若仪表与读表网络（见第 1.6 节“自动读表”）相连，会立即向公用事业公司发送警报。

1.6 自动读表

由于不需要在每次付费时进行人工抄表，自动读表可以为公用事业公司节省大量成本。人工抄表是劳动密集型的工作，容易发生（人为）错误并且由于仪表位于用户的住所内会给用户带来不便。当前使用几种技术来对电子仪表进行自动读表或者对现有机电式仪表进行翻新改造。

通过下列机制可以自动读取电子仪表并与其进行通信：

- 红外线——通过位于仪表表盘上的短距离红外线 LED
- 射频（Radio Frequency, RF）——短距离和长距离
- 数据调制解调器——通过电话线
- 传输线载波（Power Line Carrier, PLC）——短距离到中距离
- 串行端口（RS-485）
- 宽带

自动读表的优势通过与手持式设备（通过红外线或 RF，可以相隔数百英尺）通信就可体现出来。虽然这样做并不能免除操作人员访问每个地点，但是能保证读数正确并大大加快了读取速度。

再例如，在一个多住户的大楼内，多个仪表可以被连接到一个 RS-485 网络，通过一个节点进行读取，同样可以提高速度和精度。

1.7 安全性

随着测量自动化程度的提高，对通信技术的安全需求也相应增加了，因此公用事业公司采集数据的隐私性和完整性就显得非常重要。Microchip 的解决方案包括高级的加密算法，比如用于进行数据加密的三重 DES 和 AES（最高可达到 256 位密钥），以及用于进行用户身份验证和访问控制的低成本专有解决方案（KEELOQ® 安全 IC）。

1.8 先进的付费方式

通过使用电子仪表可以实现两种全新的付费技术：分时付费和预付费。

1.8.1 分时付费

分时付费是指在每天的不同时段或每周的某些天对同一种公用资源（例如，电能）收取不同的费用。此技术使公用事业公司可以调节需求从而优化全天对能源的使用。通过在高峰时段（或每周的某些天）收取更高的使用费，鼓励用户合理高效地使用资源。

电子仪表可以集成廉价的实时时钟（Real-Time Clock, RTC）和日历（RTCC）电路来实时跟踪公用资源的使用情况。

1.8.2 预付费

预付费技术旨在使公用事业公司降低收费的财务成本。该技术允许用户提前购买有限数量的服务并接收赊购，通常通过智能卡或磁卡付费。

在这种情况下，仪表都附带了读卡器，充当控制是否提供服务（燃气、水、热能或电能）的关卡。

注:

第 2 章 仪表类型

2.1 气表和水表

气表和水表使用的是正向位移式流量计。这意味着它们需要测量有多少单位体积的流体流过仪表。每流过一个单位体积的流体，转轴或磁体旋转一周。旋转的圈数可被转换为电脉冲序列，并由单片机进行计数。由于两种工作流体在压力和黏度方面有所差异，气表和水表在机械设计方面也有所不同。通常，家用气表比家用水表体积要大很多。单片机的任何一个数字输入引脚都可以实现脉冲计数，但是最好将脉冲输入信号连接到中断引脚或定时器 / 计数器引脚，这样可以尽可能多地使用休眠模式来把功耗降至最低。低功耗是气表和水表设计时应主要考虑的指标，因为这些仪表所处的位置通常没有本地电源。

2.2 热表

热能是按照输送给用户的英国热量单位（**British Thermal Unit, BTU**）或千瓦时（**kWh**）数计费的。这可以通过测量流经散热器的热水流量和流进流出时的水温计算出来。上面已经讨论过水流量的测量方法。在此讨论的是温度传感。温度传感可通过多种方法实现。通常需要在界面简洁性、线性度和工作范围之间作出权衡。最常用于热量计量的传感器是电阻温度检测器（**Resistance Temperature Detector, RTD**）。温度传感器对通常使用 **RTD**，因为它们易匹配，精度高，测量精度可达 **0.1** 度。这些器件相对便宜，但是必须针对所使用的量程范围对它们进行线性化处理。线性化可以轻松由运行在单片机上的软件来完成。一旦收集了温度和流量数据之后，经过数学运算就可以计算出所使用的辐射热量。

2.3 电表

传统电表测量用户消耗的千瓦时数。为了鼓励更高效地使用电能，公用事业公司还希望测量负载的功率因数和用电时间等。机械式仪表擅长测量线性负载；然而，现在很多负载都不是线性的。比如，调光器、冰箱、洗衣机、干衣机和 **HVAC**（暖通空调）等对电表来说都是非线性的负载。能够测量电能的电子仪表一定要用到电流传感器和电压传感器。确定功率因数则需要更复杂的测量手段，但基本上也使用这两种传感器。传感器的数量必须与系统中电相位的数量一致。这些传感器和支持电路已被集成到专用 **IC** 中，使用这些 **IC** 可以轻松实现电表设计并能精确测量非线性参数。

注:

第 3 章 仪表的功能部件

3.1 计时

公共事业公司和用户首先必须具有一个公正的系统，而计时精确应该是其中的首要因素。例如，当今所使用的电表是分别依据不同的规范和要求而设计的。其中一类电表要求能记录多级费率的电量（跟踪消耗的电量及消耗的时间），以便电力公司能正确计费。多级费率电表必须将这种费率的切换时间精确地记录下来。

从另一个角度考虑，跟踪所消耗的电量可以确定最佳的节能方法。跟踪某段时间内的电量消耗可以确定高耗电时段。因此需要在电子仪表中采用某种形式的计时部件。

Microchip 提供大量低功耗的支持硬件和软件实时时钟（RTC）的 8 位和 16 位单片机（MCU）。只要将常规的 32,768 Hz 晶振连接到器件，这些软硬件就可以为分时计费仪表实现 RTC。在需要时可远程定期更新 / 同步时钟。

第 4 章 “Microchip 解决方案” 中表 4.5 列出了一些参考资料，给出了 Microchip 单片机实时时钟的实现方法。

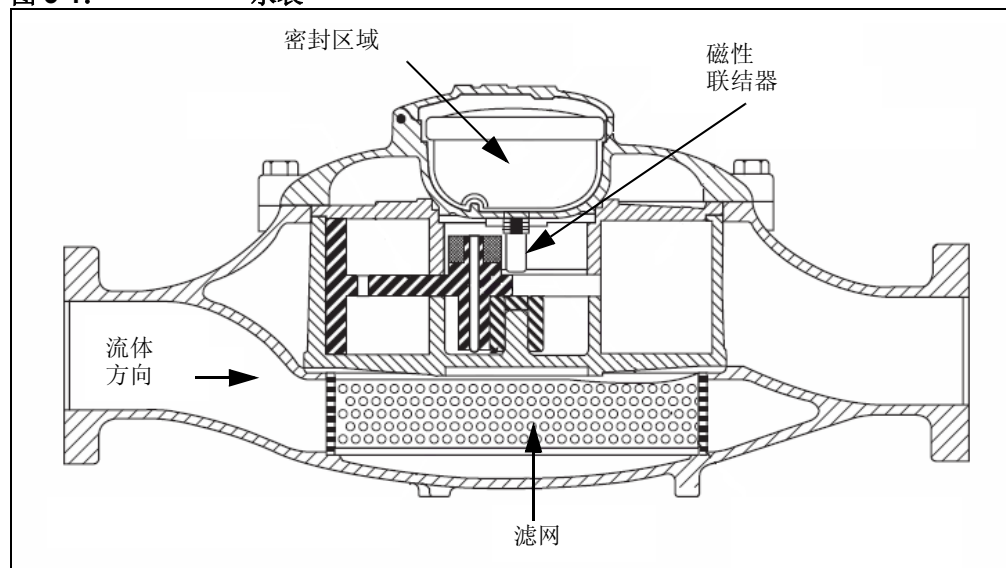
3.2 传感器

3.2.1 气表和水表传感器

气表和水表测量流经管道的流体体积，它们通常采用称为“旋转活塞式容积计量原理”的机械方法，使用这种方法，流经仪表的气体或水推动圆形活塞（或称阻流板）围绕计量室旋转（非精确圆周运动），每旋转一周代表一定的流量。计量室转动带动转轴旋转，旋转位移可由机械表盘计量，或转换为电子脉冲，由电子控制器计量。

图 3-1 给出了典型水表的机械构造。

图 3-1: 水表



3.2.2 热表传感器

热表直接安装在管道系统中，可以直接对热量进行物理测量。通过热介质供返温度差和流速计算消耗的热量，以 BTU 或 kWh 表示。

系统需要两种传感器：能指示温度细微差别的一对温度传感器，和能测量管道内水流的流速传感器。

由于电阻温度检测器（RTD）易匹配并且精度高，它们通常用在温度传感器对中，测量精度可达 0.1 度。

3.2.3 电表传感器

大多数电表测量电流（安培）和电压（伏特），计算两者的乘积得出功率（瓦特）。功率对时间求积分就是所使用的电能（通常用瓦特时或焦耳表示）。

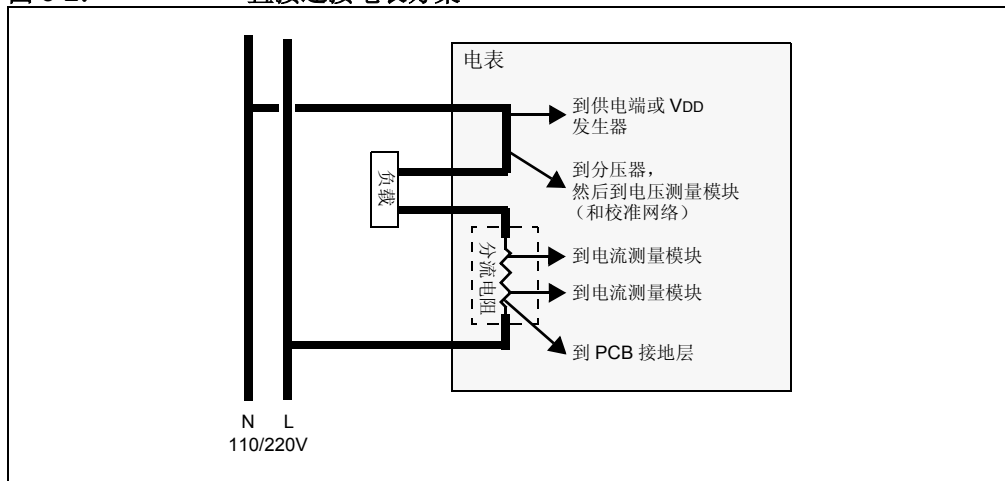
通常有两种测量电线中电流的方法。第一种方法使用分流电阻直接测量电流；第二种方法使用隔离变压器间接测量次级绕组的电流。

3.2.3.1 直接连接和变压器

模拟电路前端设计中需要决定是选择直接测量电流或电压，还是通过变压器测量。低成本仪表会使用直接连接进行测量的方法，它以牺牲性能为代价而降低了成本。直接连接式电表与传输线路直接相连，一般是在电流输入通道上安装电流检测分流电阻和/或在电压输入通道上安装电阻分压器。

图 3-2 给出了在电流和电压输入通道上直接连接电表的方案。此类电表具有一个热地，所有交流信号都是以热地为基准测量的。MCP3905 器件允许输入低于热地 1V 的负电压信号。

图 3-2: 直接连接电表方案

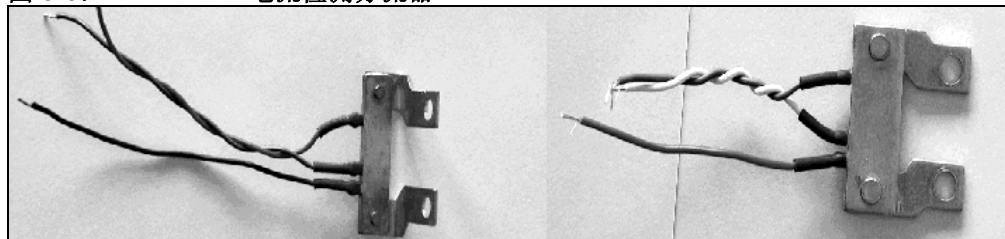


电流检测分流器是一小片带有许多安装孔和接线端的金属，一般由锰和铜制成。它其实是一个简单的电阻，其两端的压降与流过的电流成正比。分流电阻阻值通常为 $100\ \mu\Omega$ 到 $500\ \text{m}\Omega$ ，因受到自身发热的限制，无法用在电流很大（ $I_{\text{MAX}} > 100\text{A}$ ）的电表设计中。

对于功率消耗通常在 2W 左右的单相民用电表来说，如果使用电流检测分流器，则要求电阻系数必须极低，以满足功耗要求。例如，使用最大电流为 80A 的电表， $250\ \mu\Omega$ 的电阻消耗的功率为 $I^2 \cdot R$ ，即 $80^2 \cdot 250\text{e-}6 = 1.6\text{W}$ 。只剩下 400 mW 供电表的其他耗电部件（单片机和 LCD 等）使用。

同电流互感器（Current Transformer, CT）相比，分流器用在电表设计所带来的功率消耗就太大了。虽然低阻值分流器（ $< 250\ \mu\Omega$ ）功率消耗较低，但由其供给 ADC 的 V_{RMS} 信号在使用低分辨率的 ADC 时却很难测量，此外还需特别补偿或校准感抗和阻抗。

图 3-3: 电流检测分流器



设计电表时还可以选择电流互感器（CT）进行电流检测。电流互感器通过电流转换，将初级线圈与次级线圈隔离。与分流器相比，CT 能承受更大电流，而且其消耗的功率更低。

当电流很低且功率因数很高时，CT 的非线性相位响应会引起功率或电能测量误差。

表 3-1: 分流器和电流互感器之间的比较

优点	分流器	电流互感器
电表价格	X	
电表能承受更大电流（大于 100A）		X
电表功耗		X
较少影响精度的因素（饱和、高功率因数下的相位响应）	X	

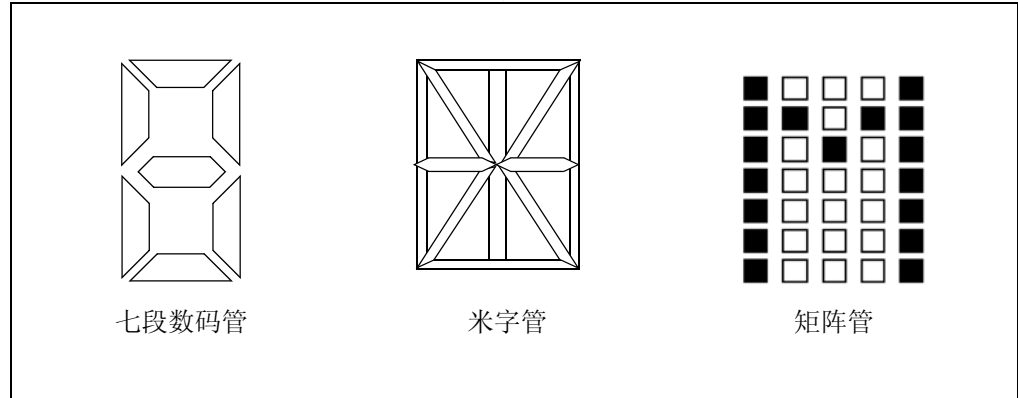
3.3 显示部件

仪表最常用的显示部件是液晶显示器（Liquid Crystal Display, LCD）和发光二极管（Light Emitting Diode, LED），因为它们价格便宜且功耗很低。

两种显示部件都有七段数码管、米字管和矩阵管 3 种类型（见图 3-4）。

后面的章节将简要讨论这些显示部件，并介绍能与这些部件进行接口的 PICmicro® 单片机。

图 3-4: 通用 LED 和 LCD 显示器



3.3.1 LED

LED 是一种相对高效的光源，当直接极化时（用较低的电压：1.2-1.6V），只需几毫安电流就可以产生强光。

PICmicro 单片机具有非常强大的 I/O 引脚驱动能力，当配置为输出时，能产生 25 mA 的拉电流（驱动为高电平）/ 灌电流（驱动为低电平）。

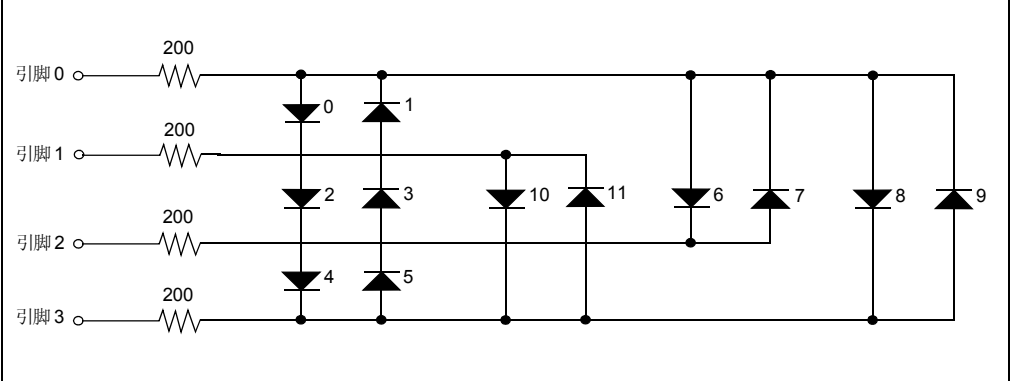
这样，PICmicro 器件可以直接驱动大多数廉价且广泛使用的 LED，从而能有效地控制 LED 显示器的工作。

因为 PICmicro 单片机是 CMOS 器件，所以能成对和成组使用 I/O 引脚来产生和控制更高的电流，最高可达每端口 100 mA 和每器件 200 mA。这是适用于大多数 PICmicro 器件的典型值（具体数值请参见特定器件数据手册）。

每个 I/O 引脚也可以被配置为输入引脚，当作为输入引脚时，呈现高阻态（阻值通常在几兆欧范围内）。

技术文档“*Complementary LED Drive*”（TB029）给出了一个体现 I/O 驱动器灵活性的有趣应用，它讨论了如何使用最少的 I/O 引脚驱动多个 LED 的方法。要减少所使用的 I/O 引脚数，矩阵中的 LED 必须采用复用的方式。

图 3-5: 使用 4 个引脚连接 12 个 LED 的连接示例



TB029 中介绍的互补驱动 LED 的方法说明了如何使用较少的 I/O 口来驱动尽可能多的 LED。应用笔记 “*Hardware Techniques for PICmicro® Microcontrollers*” (AN234) 介绍了驱动多个 LED 的不同方法。应用笔记 “*Multiplexing LED Drive and a 4x4 Keypad Sampling*” (AN529) 说明了在直接驱动 4 个七段数码管 LED 的同时，采样 4x4 键盘矩阵的方法。请参见第 4 章 “Microchip 解决方案” 中的表 4-5 获得上述及其他一些资料。

3.3.2 LCD

LCD 显示器由两层电极材料组成，中间夹入液晶。对液晶施加电压导致液晶分子的排列发生变化，从而使入射光线不能透过它们。每个液晶分子如同百叶窗一样允许或阻止光线通过。

跟 LED 相似，每个 LCD 段能代表数码管中的一段、矩阵中的一个像素或自定义的一个完整图标。

3.3.2.1 LCD 显示器类型

由于液晶独有的化学属性，需要定期更改施加在每段上电压的极性。直流分量会损坏液晶，并导致整个 LCD 很快不能使用。

上面所述的 LED 复用方案不能应用于 LCD 显示器，必须采用更加复杂的技术来确保 LCD 的寿命和高对比度。

由于上述原因，一般采用专用 LCD 控制器和 / 或单片机外设，来支持 LCD 的多种复用方案（背景灯连接数不同）和不同的段数。表 3-2 显示了 PICmicro 器件支持的 LCD 复用方案的示例。

表 3-2: LCD 段矩阵

复用公共端	最大段数					偏置
	PIC16F913/916	PIC16F914/917	PIC16F946	PIC18F6X90	PIC18F8X90	
静态 (COM0)	15	24	42	32	48	静态
1/2 (COM1:COM0)	30	48	84	64	96	1/2 或 1/3
1/3 (COM2:COM0)	45	72	126	96	144	1/2 或 1/3
1/4 (COM3:COM0)	60	96	168	128	192	1/3

对于较大的显示器（总共 200 — 400 段或更多），通常需要使用整个显示模块（数字字母或图形），其中由板上（或玻璃基板）专用电路实现段驱动功能，并且通过采用标准通信协议的并行或串行端口与嵌入式控制器相连。请参见应用笔记 *“Interfacing PICmicro® MCUs to an LCD Module” (AN587)*，获取 PICmicro MCU 与 LCD 模块接口设计的有关信息。

最大显示面板（128 x 128 段，大多数 QVGA、VGA 和更高）不仅采用了一个或多个板上控制器，还采用了串行协议接口，可以连续刷新每行像素，如同电视信号一样。

仪表应用中一般不会采用如此复杂而昂贵的器件，在下面的章节中，我们将重点讲述前两种 LCD 显示器。

3.3.2.2 MICROCHIP LCD 解决方案

带有片上 LCD 驱动器的 Microchip PICmicro 器件主要有以下两个系列：

- 用于低成本和小到中型显示器的 PIC16F913/914/916/917/946
- 用于较大显示器和较高性能应用的 PIC18F6390/6490/8390/8490

两者都基于闪存技术，提供纳瓦功耗管理功能。但它们在其它外设的数量、复杂度以及性能方面存在很大区别，如表 3-3 所示。

表 3-3: LCD PIC® 单片机

集成 LCD 模块的 PIC® 单片机产品规范											
器件	闪存程序 存储器 (字节)	EEPROM 数据 存储器 (字节)	数据 RAM (字节)	I/O	模拟 (10 位)	数 字 比 特	串行 USART/ I ² C™/ SPI	CCP/ PWM	LCD 段	8 位 / 8/16 位 / 16 位 定时器	引脚
PIC16F913	7168	256	256	25	5	2	I ² C/SPI AUSART	1	4x15 (60)	2-8 位 1-16 位 1-WDT	28PDIP 28SOIC 28SSOP 28QFN
PIC16F914	7168	256	256	36	8	2	I ² C/SPI AUSART	2	4x24 (96)	2-8 位 1-16 位 1-WDT	40PDIP 44TQFP 44QFN
PIC16F916	14336	256	352	25	5	2	I ² C/SPI AUSART	1	4x15 (60)	2-8 位 1-16 位 1-WDT	28PDIP 28SOIC 28SSOP 28QFN
PIC16F917	14336	256	352	36	8	2	I ² C/SPI AUSART	2	4x24 (96)	2-8 位 1-16 位 1-WDT	40PDIP 44TQFP 44QFN
PIC16F946	14336	256	336	53	8	2	I ² C/SPI AUSART	2	4x46 (168)	2-8 位 1-16 位 1-WDT	64TQFP
PIC18F6390	8192	—	768	50	12	2	I ² C/SPI EUSART AUSART	2	4x32 (128)	3-16 位 1-8 位 1-WDT	64TQFP
PIC18F6490	16384	—	768	50	12	2	I ² C/SPI EUSART AUSART	2	4x32 (128)	3-16 位 1-8 位 1-WDT	64TQFP
PIC18F8390	8192	—	768	66	12	2	I ² C/SPI EUSART AUSART	2	4x48 (192)	3-16 位 1-8 位 1-WDT	80TQFP
PIC18F8490	16384	—	768	66	12	2	I ² C/SPI EUSART AUSART	2	4x48 (192)	3-16 位 1-8 位 1-WDT	80TQFP

3.3.2.3 中档 LCD 解决方案

PIC16F913/914/916/917/946 系列 LCD 器件在价格和 LCD 像素数间取得了很好的平衡。PIC16F913/914/916/917/946 功能集包括：

- 60 – 96 LCD 段
- 7/14 KB 闪存程序存储器
- 256 字节 EEPROM 数据存储器
- 低功耗纳瓦技术
- 35 条简单指令
- 32 kHz 到 8 MHz 内部振荡器，可实现灵活的时钟系统和故障保护时钟
- 集成了模拟外设，如 A/D 转换器和比较器
- I²C™/SPI/AUSART 串行通信
- 5 – 8 路通道，10 位 A/D 转换器

请参见第 4 章 “Microchip 解决方案” 了解更多信息。

3.3.2.4 高性能 LCD 解决方案

Microchip 的高性能 PIC18F6390/6490/8390/8490 系列 LCD 单片机提供了更大的存储密度和更多的引脚，可满足更复杂的 LCD 应用需求。该系列单片机能提供更多像素、更高的性能和更大的功能集，具有 64 引脚和 80 引脚两种封装形式。标准功能集包括：

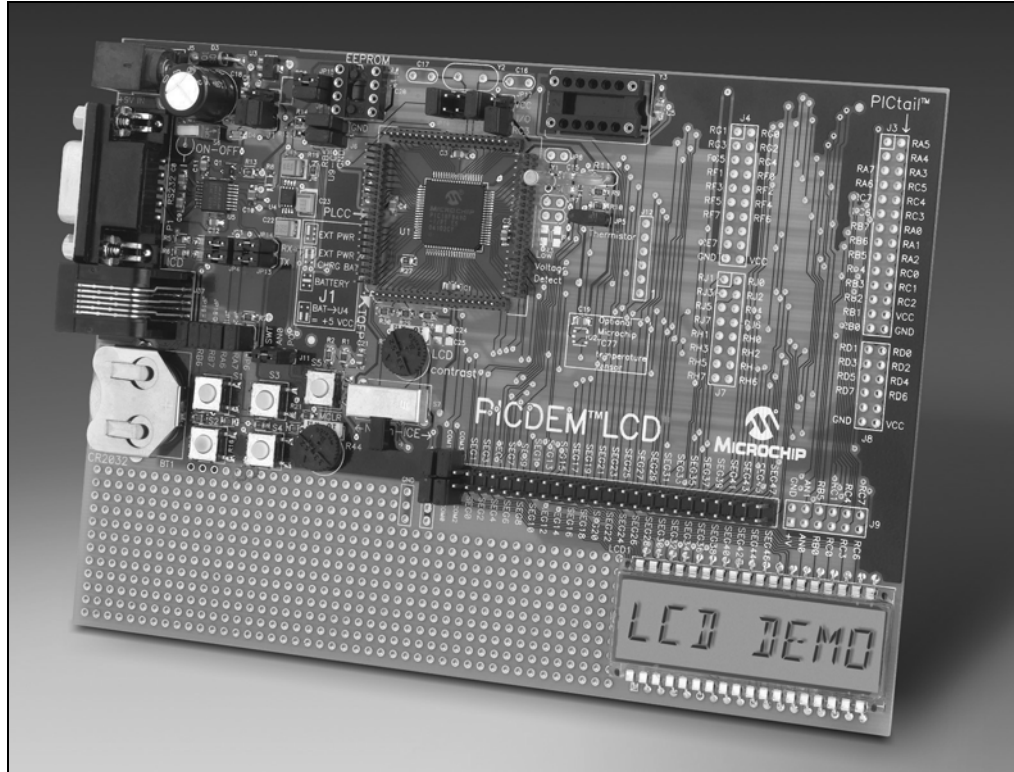
- 128 – 192 LCD 段
- 8/16 KB 闪存程序存储器
- 低功耗纳瓦技术
- 优化了代码执行效率和性能的高级指令集
- 32 kHz 到 32 MHz 内部振荡器，可实现灵活的时钟系统和故障保护时钟
- 集成了模拟外设，如 A/D 转换器和比较器
- I²C™/SPI/AUSART/EUSART 串行通信
- 12 路通道，10 位 A/D 转换器

与同类产品相比，PIC18F6390/6490/8390/8490 系列 LCD 单片机是多段数和高性能 LCD 应用的最佳选择。请参见第 4 章 “Microchip 解决方案” 了解更多信息。

3.3.2.5 支持 LCD PIC 单片机的开发工具

PICDEM™ LCD 板 (DM163028) 演示了 28、40、64 和 80 引脚 LCD 闪存 PIC 单片机的主要功能。该板上使用的是 PIC18F8490 器件。通过转接插座还可以支持其他器件。该演示板包含了一块 LCD 玻璃显示样板, 用于自定义设计。

图 3-6: PICDEM™ LCD 演示板



请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com/lcd), 了解 LCD 仿真和开发产品的完整信息。

3.4 通信

通常在电子仪表中使用通信技术，来配置仪表内的参数和传送存储的数据到主机。通信方式可以有有线（电话线和传输线等）或无线（IrDA[®] 和蜂窝无线网络等）。本节将简要介绍一些与仪表通信相关的技术。

一旦采用了通信端口，设计者就需要采取措施来保护仪表的内容。通信软件应具有几个安全级别。例如，首先，软件应采用合理的方式只允许授权人员读取仪表内容；第二，仪表应具有几个访问级别。比如，允许第一个级别的用户读仪表，允许第二个级别的用户读取和清除仪表数据，允许第三个级别的用户配置仪表内的参数等等。

Microchip 有许多加密程序可用于保护开放链路上的通信数据。可参考的应用笔记包括：AN583 “Implementation of the Data Encryption Standard Using PIC17C42”（DES）、AN821 “Advanced Encryption Standard Using the PIC16XXX”（AES）和 AN953 “Data Encryption Routines for the PIC18”（AES、XTEA、KIPJACK 和伪随机 XOR）。dsPIC[®] DSC 产品还有非对称（SW300055）和对称（SW300050）库。请参见第 4 章 “Microchip 解决方案” 中的表 4.5 了解这些信息和获取其他技术资料。

3.4.1 有线通信

3.4.1.1 电话线

电话线可能是地球上应用最广的“网络”。电话线最常用于电表通信，因为电话线的入室点通常跟电表很近。水表很有可能位于街边，而气表一般在房子的其他地方，需要额外的设施才能使用电话线。

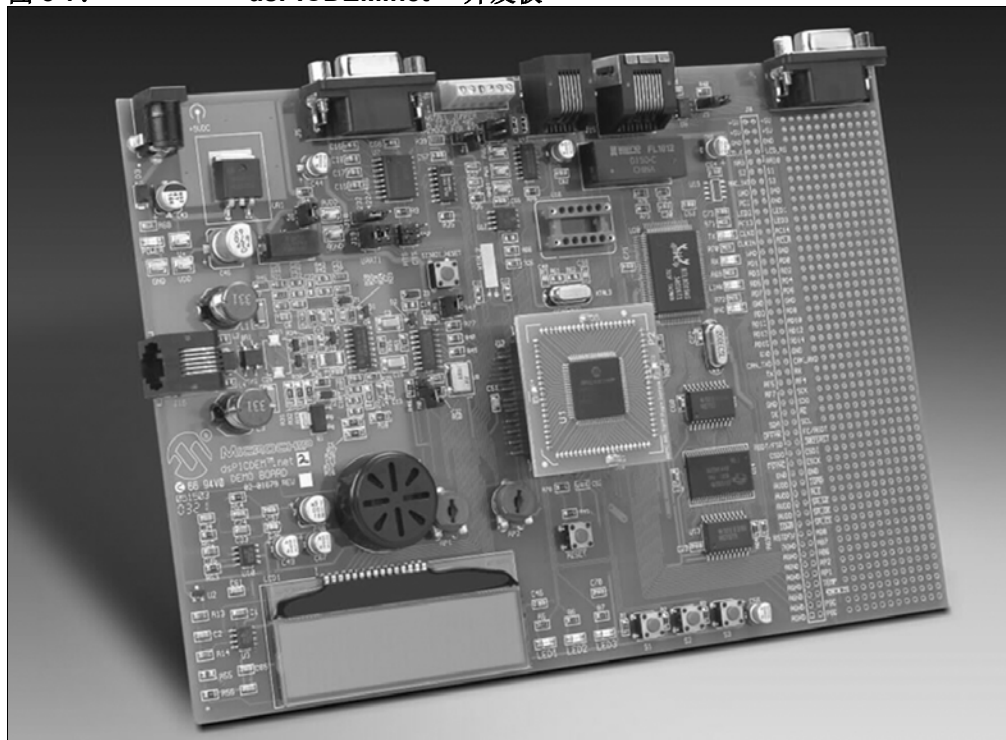
电话线需要一个调制解调器才能进行通信。嵌入式调制解调器波特率在 1200 到 56K 之间。单片机和嵌入式调制解调器间的接口是一个简单的串行端口和一些状态和控制线。嵌入式调制解调器通常使用标准 AT 命令集通信，该命令集可以很方便地安装在单片机上。诸如 TDK Semiconductor、Xecom、Zoom 和 Wintec 公司都提供调制解调器模块和分立的调制解调器 IC，可用于嵌入式系统的设计中。

乍一看会觉得使用电话线通信是个好方法。但仪表中广泛采用的调制解调器需要使用本地号码拨号上网。但业主通常不喜欢仪表拨打长途电话。该方法还要求基础设施能处理这些拨入电话并与仪表通信，所以调制解调器必须能检测是否有其他通话拨入并中止当前通信（这对紧急拨叫非常重要）。

Microchip 提供了一些电话通信资源。应用笔记 “Embedding PICmicro[®] Microcontrollers in the Internet”（AN731）说明了单片机与嵌入式调制解调器（V.21 到 V.23）的连接方式。Microchip 还提供了使用 dsPIC30F 系列器件实现的软调制解调器。它提供了不同的协议和波特率版本（从 V.21 到 V.42）。

dsPICDEM.net™ 开发板（图 3-7）提供了一个基本平台，用于开发和评估软调制解调器的 Internet 连接方案，该调制解调器采用的是 dsPIC30F6014 16 位数字信号控制器。

图 3-7: dsPICDEM.net™ 开发板



3.4.1.2 传输线

本技术采用交流传输线作为通信介质。传输线通信模块通常位于电表内，便于与高压交流传输线连接。本技术不能同用于室内而非室外通信的 X-10® 混淆，它所面临的主要挑战是数据传输要通过交流变压器，该变压器用于将传输线上极高的电压（KV）降到 240 V 入室电压。这些变压器如同滤波器一样，所以在变压器间传送数据的技术非常重要，需要使用扩频或类似的通信技术。空调和冰箱会在传输线上产生大量的噪声，调制解调器必须能在这种环境中可靠地传输数据。

传输线通信要求基础设施能收集从室内传送过来的数据，通常是流经变压器的数据流。这些收集“站”一般通过电话线将数据传回到数据存储设备。受技术限制，传输线调制解调器尚未成为主流技术，但 AMRTech、Hunt Technologies 和 DCSI/TWACS 公司都提供了基于该技术的解决方案。

3.4.1.3 其他有线技术

其他现有的有线技术，如电缆调制解调器和以太网等，都没有用于仪表，主要是因为这些技术需要业主订购服务并需要安装额外的配线。当这种技术可用于仪表时，Microchip 将准备好几种独立的和集成的硬件以太网解决方案和免费的 TCP/IP 栈，以帮助客户开发应用。WiFi 技术也归属于有线技术，因为它需要一个类似于有线以太网的网络来连接和传输数据。

3.4.2 无线技术

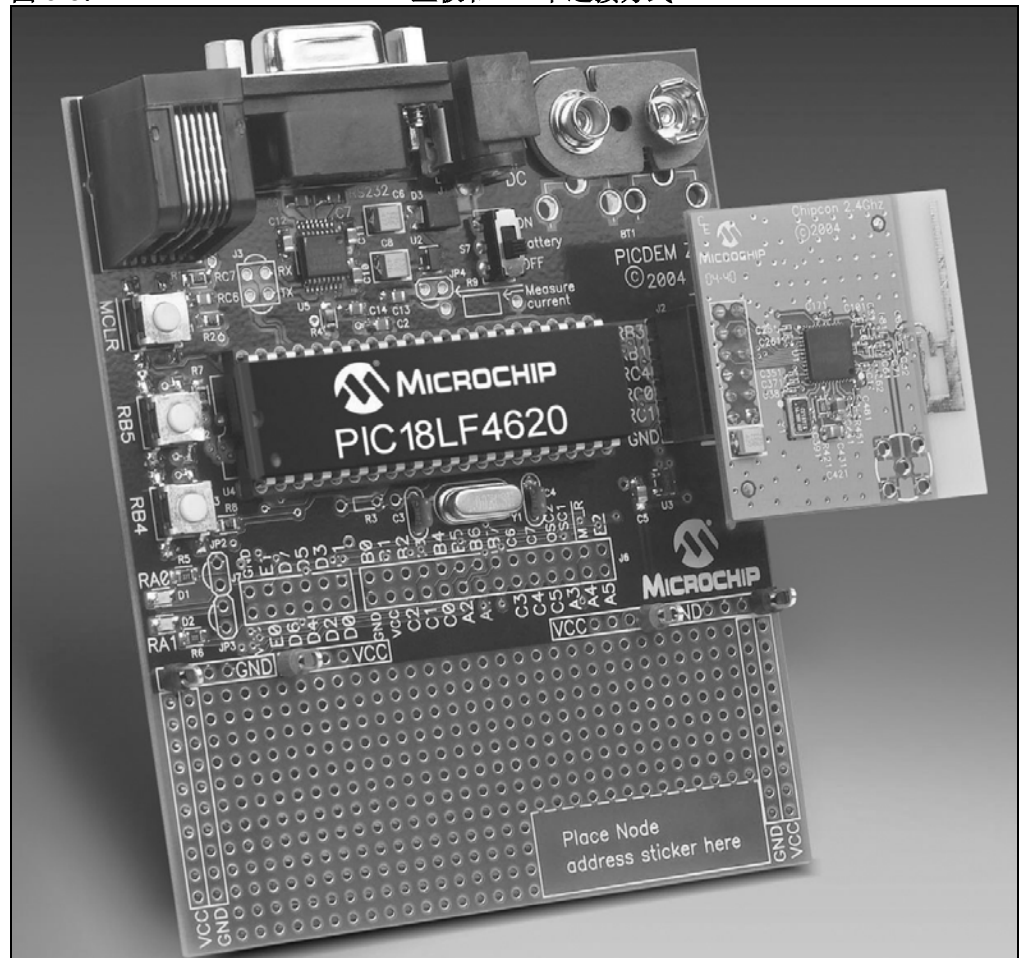
3.4.2.1 ZigBee™/IEEE 802.15.4（短距离无线通信）

ZigBee 是下一代新兴无线标准，它是专为低速（通常 20 — 40 kbps）和短距离（<100 米）通信而设计的，很适合将电表、气表和水表通过网络连在一起。ZigBee 协议栈使用 IEEE 802.15.4 无线收发器，目前，Chipcon、Atmel、Freescale、ZMD 和 Microchip 等多家公司都可提供该产品。IEEE 802.15.4 有 3 个频段，允许在全世界范围内工作：2.4 GHz 适用于全球，868 MHz 用于欧洲，而 915 MHz 用于美洲。

使用 ZigBee 的仪表需要使用 IEEE 802.15.4 收发器和运行 ZigBee 协议栈的单片机。Microchip 可以提供 2.4 GHz 收发器和免费 ZigBee 协议栈。请参见应用笔记《Microchip ZigBee™ 协议栈》（AN965）了解更多信息。

PICDEM™ Z 演示工具包是一个易于使用的 ZigBee 无线通信协议开发和演示平台。该演示工具包包括 ZigBee 协议栈和两块带有 RF 子板的 PICDEM Z 板。该演示板还带有一个 6 引脚标准连接器，用于直接与 Microchip 的 MPLAB® ICD 2 在线调试器（DV164005）接口。使用 MPLAB ICD 2，开发者可以在同一平台上重新编程或修改 PIC18 MCU 闪存存储器，开发和调试应用程序代码。Microchip MPLAB IDE 软件可在 Microchip 网站上免费下载。

图 3-8: PICDEM™ Z 主板和 RF 卡连接方式



3.4.2.2 Z-WAVE®

Z-Wave 是 Zensys™ 开发的专用协议，数据传输速率为 9.6 kbps，工作频率为 868 MHz 或 908 MHz。Z-Wave 广泛用于如照明、家用电器和 HVAC 控制等室内控制应用上。在功能上它与 ZigBee 类似，适合连接水表、气表和电表。现在除了 Zensys 开发的模块外，还没有其他嵌入式模块。Zensys 也提供单芯片器件。

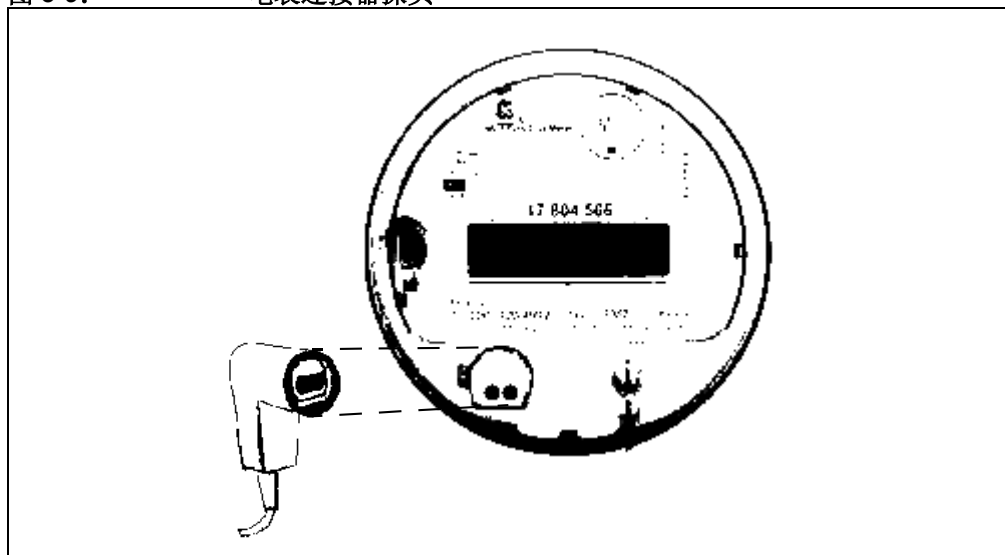
3.4.2.3 红外线（短距离无线通信）

另一种无线技术就是经常会被忽略的红外技术。红外技术目前用于许多电表，用于参数配置和数据传输。它遵循几个标准。ANSI C12.18 是有关连接器安装物理尺寸的标准。IEC 62056 规范是红外线通信相关的协议和目录。应用笔记 “*Fundamentals of the Infrared Physical Layer*” (AN243) 详细说明了红外线通信的原理。

目前这种类型的红外端口常用于读表系统。使读表器靠近电表，将探头放在连接器上，然后读取电表内部存储的数据。读表器一般是运行数据读取软件的手持 PDA 或类似设备。目前，数据读取软件有 GE 的 MeterMate™ 等。

图 3-9 显示一个将 PC 或 PDA 与电表连接器相连的探头。连接器的安装位置，如图中虚线所示。

图 3-9: 电表连接器探头



3.4.2.4 专用短距离无线通信

现在市场上充斥着大量短距离无线通信设备。这些设备覆盖 314、433、868 和 915 MHz 频段，比特率最高可达 100 kbps。诸如 Chipcon、Micrel 和 Microchip 公司提供独立收发器和集成解决方案（收发器加单片机）。此类设计所面临的挑战是协议栈要由设计者创建。这样将一个原本很简单的应用程序分成了两个应用程序：主应用程序和 RF 协议。幸运的是有些制造商已经开发了简单协议，从而缩短了工程进度。

3.4.2.5 GSM/GPRS/CDMA 蜂窝式无线通信

另一个可行的技术是 GSM/GPRS/CDMA 调制解调器。它们非常适合远程计量应用。例如，用于灌溉庄稼的水泵可能需要一个水表和一个电表。由于水泵的远程特性，可能需要一个蜂窝式调制解调器将水泵信息传送给检测站。派专人去读取仪表数据是不切实际的，因为路途很远要花费很长的时间，所需费用远超过调制解调器硬件的成本。公共事业公司通常会有许多此类仪表，通过协商还能降低每月调制解调器的服务费。

嵌入式蜂窝调制解调器大多使用简单串行接口，并且使用标准 AT 命令集配置和使用电话。诸如 Motorola、Sierra Wireless 和 Falcom 等公司都制造基于 GSM/GPRS 和 CDMA 的嵌入式调制解调器。

3.5 低功耗部件

仪表应用中需要考虑的另一个重要方面就是：在丢失主电源情况下要进行适当的低功耗管理和维持系统鲁棒性（Robustness）。要更好地理解这些不同的需求，必须对仪表系统的主电源有深入的认识。公用仪表一般有两种供电方式：交流和直流（如小电池）电源。电表通常采用交流电源，而由于水表通常连不到交流电源插座或直接交流供电被认为是不安全的，在水表中通常使用直流电源。

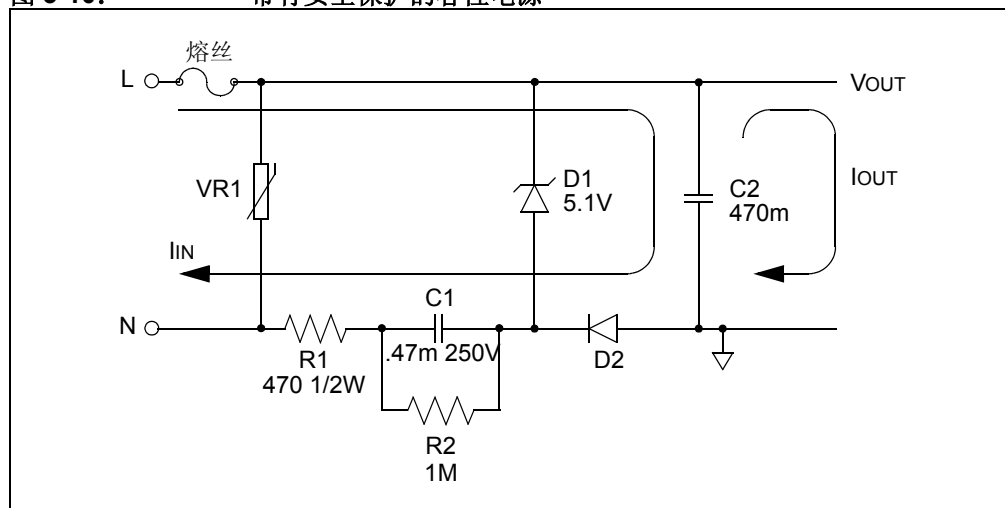
接下来我们将具体介绍这两种供电方式，同时介绍 Microchip 一些适合这类应用的重要器件。牢记这一规则：几乎所有可用于交流稳压电源应用的器件同样也可用于不稳定的直流电源应用中。

3.5.1 交流稳压电源供电的仪表

交流供电仪表可通过标准电源插座获得几乎无限量的电能（一般最高限制为 2 W）。对于交流供电的公用仪表，当计量单元丢失主电源时，智能电源管理部件除了管理系统的全面操作外，还起到了至关重要的作用。因为当交流电源暂时切断时，也许用户正在使用燃气，或者计量单元正忙于向非易失存储器存储重要数据或正在向公共事业公司传送数据。

交流供电仪表系统使用变压器或无变压器电源。要降低应用成本和规模，有时可通过一个简单的电抗和阻抗分离的无变压器电路向仪表供电。这通常适用于仪表已连接到交流电源的情况（例如电表）。但这种设计使得典型电路（见图 3-10）供给的电流有限，从而限制了大功率元件的使用。合理的功耗管理有助于降低应用电路的平均功耗，由此降低电源元件的大小和重量。

图 3-10： 带有安全保护的容性电源



为了补偿交流电源的损失，设计工程师通常会在设计仪表时添加某类备用电源系统，可以是大电容、超大电容或一个小型锂电池。在启用备用电源的情况下，整个系统的功耗特别是单片机的功耗就变得至关重要。

设计工程师常面临的挑战有：

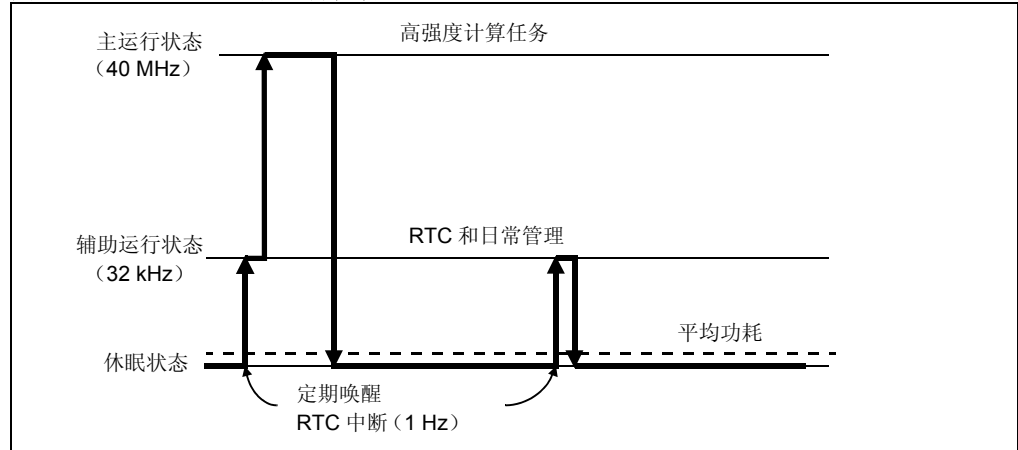
- 在上述情况条件下系统应保持多长的激活时间？
- 整个系统的待机电流是多少？
- 系统的工作电流是多少？
- 如何优化功耗和使器件性能（时钟速度）快速适应当前的要求？
- 如何在不稳定电池供电条件下可靠地工作？
- 如何在无变压器电源系统中可靠地工作？
- 如何通过集成欠压复位、看门狗定时器和故障保护时钟监视电路增加系统可靠性？

由于执行不同任务时的工作负载也各不相同，如何更好地动态优化仪表中的单片机功耗显得非常重要。以图 3-11 给出的典型计量为例，该示例执行了以下任务：

- 实时时钟更新——很小的任务，可以被编程为每秒执行一次。
- 计数器递增——也是一个很小的任务，可以在收到来自计量装置的脉冲时（如电表中的 MCP3905 的输出，或气 / 水表中位移测量装置产生的脉冲）产生中断。
- 偶尔需要 MCU 执行高强度的计算任务。例如，通过 IrDA® 或 RS-485 与仪表通信来自动读表，或简单地更新显示或执行一些与计费 / 记录相关的功能。

所有新的 PICmicro 单片机（PIC16 和 PIC18 两个系列）都提供了 Microchip 的纳瓦功耗管理技术。纳瓦技术具有一系列非常有用的特性是针对功耗管理和鲁棒性问题的，所以非常适于用在公用仪表的设计中。事实上，纳瓦器件不仅在业界中功耗最低、可以在很宽的电压范围内工作，此外，还提供了一组非常灵活的智能功耗管理功能。

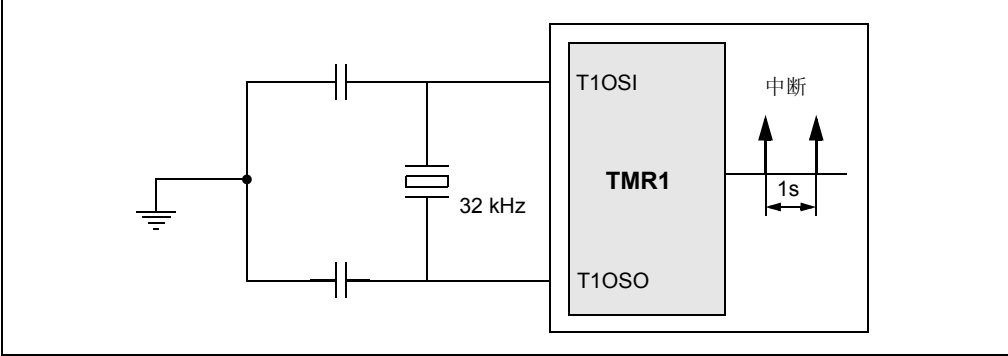
图 3-11： 纳瓦功耗管理



纳瓦器件最多可提供 7 种工作模式，允许系统在任意时刻快速切换到最佳时钟源。在上面的示例中，最佳功耗管理策略可以使用下列方案：

- 保持 MCU 处于休眠模式，以降低无任务时段的功耗
- 保持 RTC 功能使用的定时器处于活动状态（使用 32 kHz 的辅助振荡器，如图 3-12 所示）

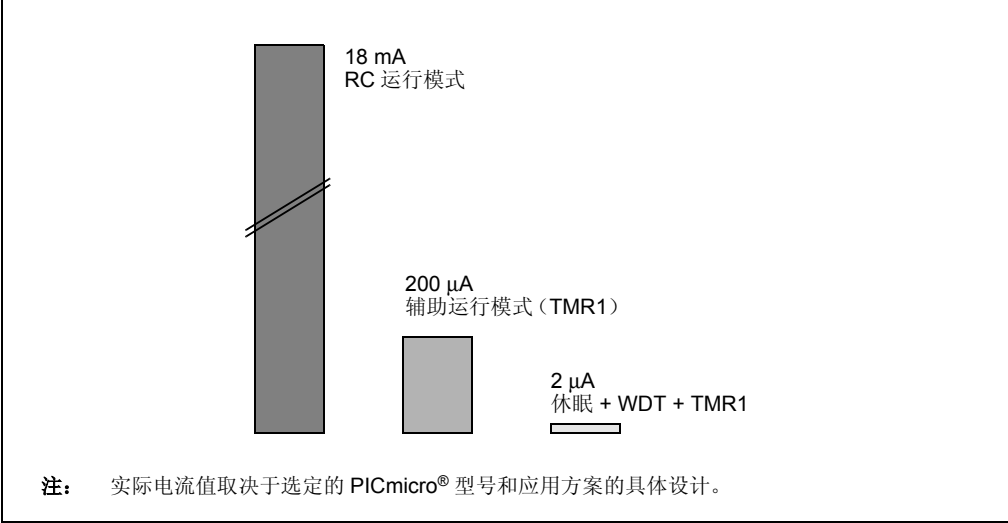
图 3-12: RTC 使用的 TMR1 振荡器



- 定期唤醒器件低速执行小型任务（使用同一个辅助振荡器）
- 当检测到需要更高级的功能时，主振荡器将启动并执行高强度的任务（以较高功耗的短脉冲快速执行）。

现在，在给定功耗数据（见图 3-13）的情况下，通过比较单片机执行每个任务所花费的时间百分比和选定工作模式的功耗大致可以算出整个应用的平均功耗。考虑到大多数采用纳瓦技术的 PICmicro 器件具有最多 9 种可选振荡器模式（包括 4 种晶振模式、2 种外部时钟模式、2 种外部 RC 振荡器模式和 1 种在软件控制下可提供多种时钟频率的内部振荡器电路），纳瓦技术的灵活性几乎可以不受限制。

图 3-13: 功耗管理示例



注： 实际电流值取决于选定的 PICmicro® 型号和应用方案的具体设计。

3.5.2 不稳定直流电源供电的仪表

直流供电的仪表（如水表和气表）一般使用小型电池（无稳压）供电。在这类系统中，系统的待机或非工作电流对整个系统的功耗影响很大。采用纳瓦技术（如低待机电流、快速振荡器起振模式和不同的软件控制振荡器模式）的 PICmicro 器件在必要时可优化性能和降低电流消耗。在大多数电池供电的应用中，整个系统的鲁棒性依赖于单片机处理低压、不稳定电池和由噪声引发的事件的方式。

采用纳瓦技术的 PICmicro 器件的宽工作电压范围（一般为 2.0V 到 5.5V）特性大大简化了仪表设计，并可以延长电池寿命。事实上，在此类设计中可以省去稳压器，获取宝贵的电池电压裕度，进一步深度放电，来延长电池寿命。Microchip 也提供各种独立的模拟器件，可用于系统监管或智能电池管理。

提高可靠性对所有的仪表应用都极为关键，在不稳定电源供电的计量应用中尤为突出。所有的 Microchip 纳瓦器件中除传统的看门狗定时器外，还集成了 3 个关键电路，以便提供更高的可靠性：

- **欠压复位（Brown-out Reset, BOR）**：该选项是可编程的，用于在电源电压下降到门限值以下时复位 MCU，防止器件在规定的工作电压范围外工作。
- **低压检测（Low-Voltage Detect, LVD）**：该选项同样是可编程的，用于在电源电压下降到预定值（一般设置为略高于 BOR 的值）以下时产生中断报警。该选项可在欠压复位电路介入前将重要工作参数保存到非易失性存储器中，以备事后安全恢复时使用。
- **故障保护时钟监视器（Fail-Safe Clock Monitor, FSCM）**：这是 3 者中最高级的功能。故障保护时钟监视器不同于看门狗定时器，它由额外的电路构成，用于验证外部时钟源是否正常工作。当故障保护时钟监视器检测到外部时钟因某种原因出现故障时，MCU 时钟会迅速切换到内部振荡器，从而维持 MCU 继续工作，使系统置于“安全”故障模式（例如，将重要数据保存到非易失性存储器），并通知用户。

3.6 校准

3.6.1 气表和水表校准

测量流经仪表的水和气的流量的过程实际使用的是机械原理，如第 3.2.1 节“气表和水表传感器”中讨论的那样，通过机械方法测量水或燃气的体积。仪表设计中可采用某种方式对随之带来的微小偏差进行调整。

如果人机界面采用电子显示，可使用单片机来补偿测量中产生的微小偏差，但要求这些偏差是可以预测和稳定一致的。

大多数国家都在标准中规定了民用和商业仪表的精度要求。独立实验室可在规定的条件下测试仪表的精度。

3.6.2 热表校准

热表的校准需要确定系统中 3 个部件的精度：流速传感器、温度传感器对和热能计算器，国际标准 EN1434-1 热能仪表和 OIML R75-1 热表中对最大允许误差作出了规定。

EN1434-1 规定流速表的最大允许误差 (E_f) 约为 2%，温度传感器的最大允许误差 (E_t ，测量值为两个传感器间的温度差) 约为 0.5%，而热能计算器的允许误差 (E_c) 约为 0.5%。因此总误差为 $E_t = E_f + E_t + E_c$ 。

温度传感器和流速传感器在出厂前已经测试和校准，符合 EN1434-1 标准，并在产品数据手册中列出了相关的信息。

从系统角度讲，校准这些子部件具有相当难度，所以通常由独立实验室使用专门设计的设备来完成这些校准。

3.6.3 电表校准

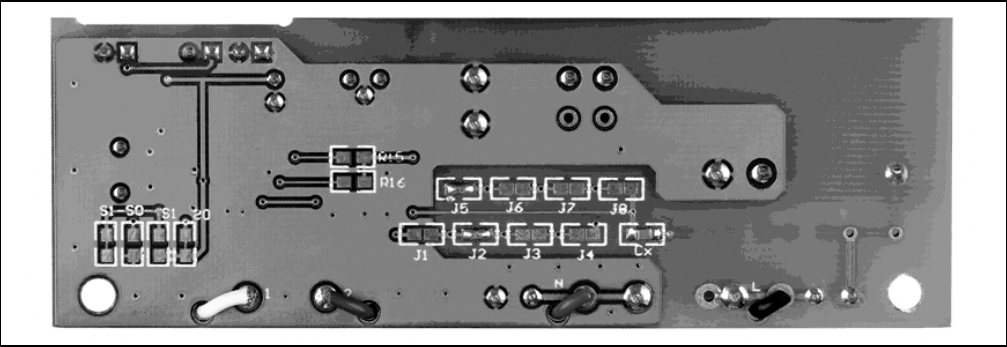
由于存在参考电压变化、传感器容差或其他系统增益误差的影响，所以同样需要校准电表。当仅测量交流功率时，可使用单点校准的方法。单点电表校准可消除系统中由于分流器容差、 V_{REF} 容差或任何其他误差引起的增益误差。

最基本和可靠的电表校准方法是使用如图 3-14 所示的电阻分压器网络，同时在印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 上预留“校准短路点”，用于将链路中的电阻短路。

该网络由一系列串联的加权电阻组成，每个电阻都有短路跳线。此外，在校准网络前端还有两个 330 K Ω 的电阻。这两个电阻将始终存在，用于实现相位匹配（保持在 3dB 点）。

图 3-14 所示的电阻位于 PCB 的背面。可用烙铁快速测试每个电阻并校准电表。

图 3-14: 电阻网络的校准短路设计

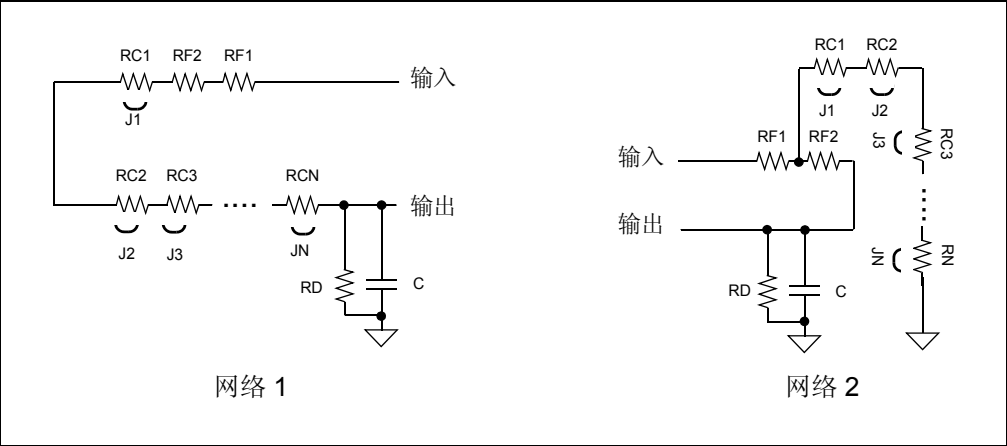


要校准电表，首先需要在远高于或低于预期校准频率的频率下测试每一个电阻。以图 3-15 给出的网络 2 为例，校准从高频开始，向下逐步过渡到较低频率，以加速校准过程。

校准电阻（RC1 到 RCN）阻值是在仪表校准范围内二进制加权递增的。精度为 1% 的典型校准网络需要 10 个电阻，若想达到 10 位分辨率，最小电阻值应为整个校准电阻链（RC1 到 RCN）总值的 1%。

需要注意的是电阻网络的截止频率或 -3 dB 点必须与其他通道一致。不论有多少校准电阻被短路，抗混叠滤波器都必须保持不变。通过调节电路中两个阻值最大的电阻 RF1 和 RF2（一个或两个）的阻值，就可以达到控制整条链路阻值的目的。需要权衡信号通带内的相位延时和采样频率附近的噪声衰减，来确定截止频率的具体值。

图 3-15: 无源电表校准网络方案示例



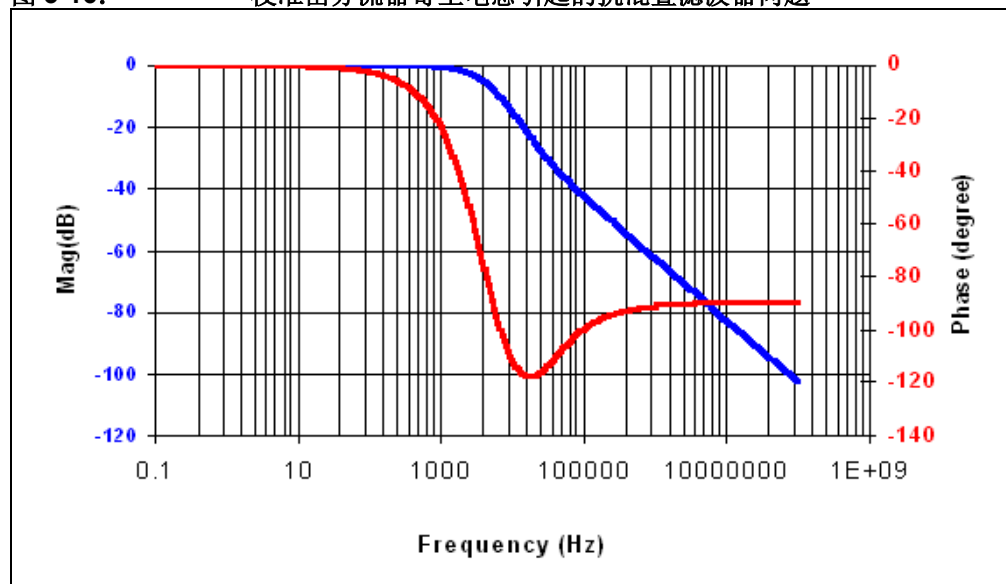
3.6.3.1 寄生电感校准

对于阻值小于 $250\ \mu\Omega$ 的分流器，寄生电感会使抗混叠网络出现问题，因此需要对此进行校准或补偿。

模拟前端的抗混叠滤波器用于将采样频率（1 MHz）附近的噪声衰减到门限值以下（40 dB）。在此带宽下最常见的噪声来自于电力传输线耦合而来的调幅（AM）无线电波或其他射频信号。当分流器直接连到该输入网络时，对输入网络进行分析时必须考虑到分流器的频率响应。

可以通过一个二阶 RC 低通滤波器来消除分流器的电感效应。注意，由于分流器的影响，零点频率（在 10 kHz 附近）上只有 -10 dB 的衰减（图 3-16）。可以使用预制的 Microsoft® Excel 电子表格精确计算出特定分流器电感和阻抗的极点频率和 RC 值，该表格可以从 www.microchip.com/meter design 网页上下载。

图 3-16: 校准由分流器寄生电感引起的抗混叠滤波器问题



第 4 章 Microchip 解决方案

4.1 气表

图 4-1: 气表框图

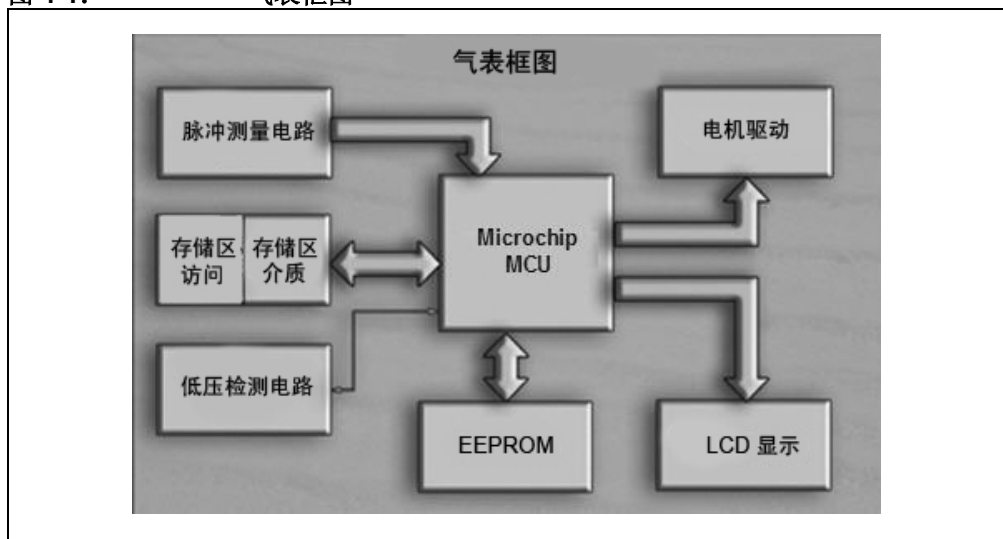


表 4-1: 推荐器件

器件	闪存程序 存储器 (字节)	数据存储器		I/O	10 位 ADC	捕捉 比较 PWM	MSSP		8/16 位 定时器	LCD 段
		RAM (字节)	EEPROM (字节)				SPI	M ² C		
PIC18F8490	16,384	768	—	66	12	2	1	1	1/3	4x48 (192)
PIC18F6490	16,384	768	—	50	12	2	1	1	1/3	4x32 (128)
PIC16F946	14,336	336	256	53	8	2	1	—	2/1	4x42 (168)
PIC16F917	14,336	352	256	36	8	1	1	—	2/1	4x24 (96)
PIC16F916	14,336	352	256	25	5	2	1	—	2/1	4x15 (60)
PIC16F877A	14,336	368	256	33	8	2	1	—	1/2	—
PIC16F876A	14,336	368	256	22	5	2	1	—	2/1	—
PIC16F77	14,336	368	—	33	8x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F76	14,336	368	—	22	5x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F72	3,584	128	—	22	5x8 位	1	1	—	2/1	—
PIC16F648A	7,168	256	256	16	—	1	—	—	2/1	—

显示器: AY0438

运算放大器: MCP6141 和 MCP601

数字电位计: MCP4021

电压监控器: MCP131 和 MCP100

串行 **EEPROM**: 见产品目录

4.2 水表

图 4-2: 水表框图

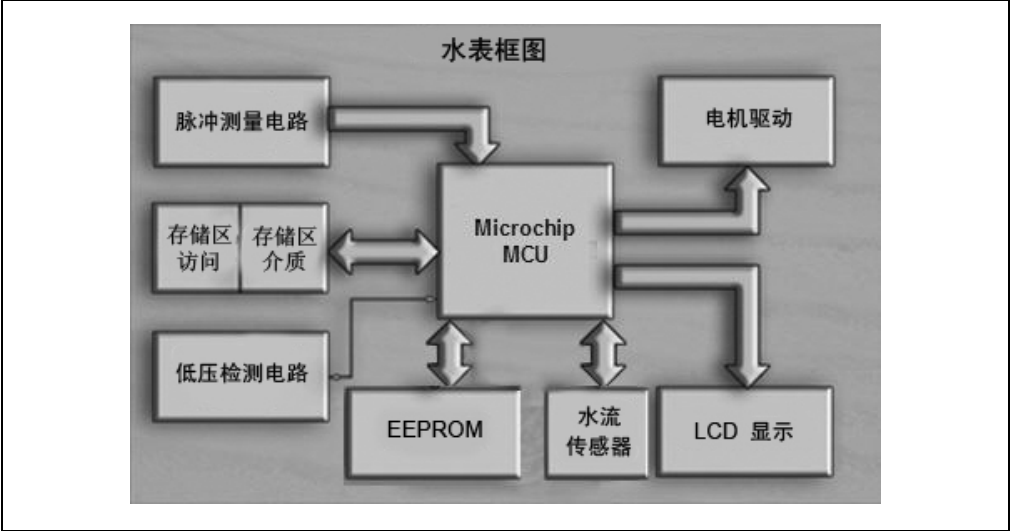


表 4-2: 推荐器件

器件	闪存程序存储器 (字节)	数据存储器		I/O	10 位 ADC	捕捉 比较 PWM	MSSP		8/16 位 定时器	LCD 段
		RAM (字节)	EEPROM (字节)				SPI	MI ² C		
PIC18F8490	16,384	768	—	66	12	2	1	1	1/3	4x48 (192)
PIC18F6490	16,384	768	—	50	12	2	1	1	1/3	4x32 (128)
PIC16F946	14,336	336	256	53	8	2	1	—	2/1	4x42 (168)
PIC16F917	14,336	352	256	36	8	1	1	—	2/1	4x24 (96)
PIC16F916	14,336	352	256	25	5	2	1	—	2/1	4x15 (60)
PIC16F877A	14,336	368	256	33	8	2	1	—	1/2	—
PIC16F876A	14,336	368	256	22	5	2	1	—	2/1	—
PIC16F77	14,336	368	—	33	8x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F76	14,336	368	—	22	5x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F72	3,584	128	—	22	5x8 位	1	1	—	2/1	—
PIC16F648A	7,168	256	256	16	—	1	—	—	2/1	—

显示器: AY0438
运算放大器: MCP6141 和 MCP601
数字电位计: MCP4021
电压监控器: MCP131 和 MCP100
串行 **EEPROM**: 见产品目录

4.3 热表

图 4-3: 热表框图

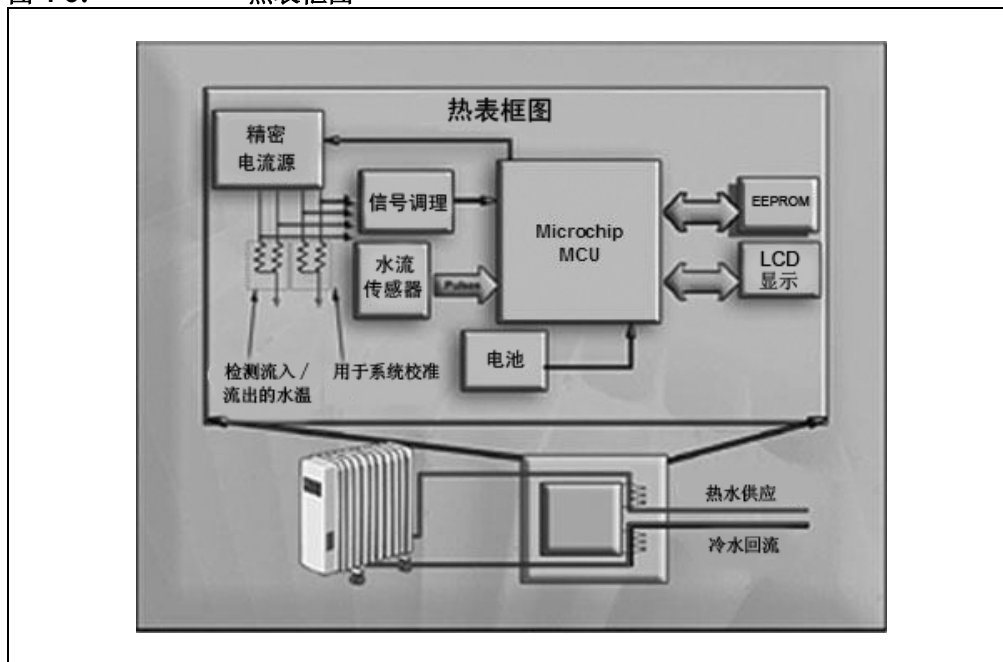


表 4-3: 推荐器件

器件	闪存程序存储器 (字节)	数据存储器		I/O	10 位 ADC	捕捉比较 PWM	MSSP		8/16 位定时器	LCD 段
		RAM (字节)	EEPROM (字节)				SPI	MI ² C		
PIC18F8490	16,384	768	—	66	12	2	1	1	1/3	4x48 (192)
PIC18F6490	16,384	768	—	50	12	2	1	1	1/3	4x32 (128)
PIC16F946	14,336	336	256	53	8	2	1	—	2/1	4x42 (168)
PIC16F917	14,336	352	256	36	8	1	1	—	2/1	4x24 (96)
PIC16F916	14,336	352	256	25	5	2	1	—	2/1	4x15 (60)
PIC16F877A	14,336	368	256	33	8	2	1	—	1/2	—
PIC16F876A	14,336	368	256	22	5	2	1	—	2/1	—
PIC16F77	14,336	368	—	33	8x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F76	14,336	368	—	22	5x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F72	3,584	128	—	22	5x8 位	1	1	—	2/1	—
PIC16F648A	7,168	256	256	16	—	1	—	—	2/1	—

显示器: AY0438

接口: MCP2122 和 MCP2120

运算放大器: MCP6141、MCP601 和 MCP6021

ADC: MCP3304、MCP3208 和 MCP3008

数字电位计: MCP42010 和 MCP4021

电压监控器: MCP131 和 MCP100

串行 EEPROM: 见产品目录

4.4 电表

图 4-4: 电表框图

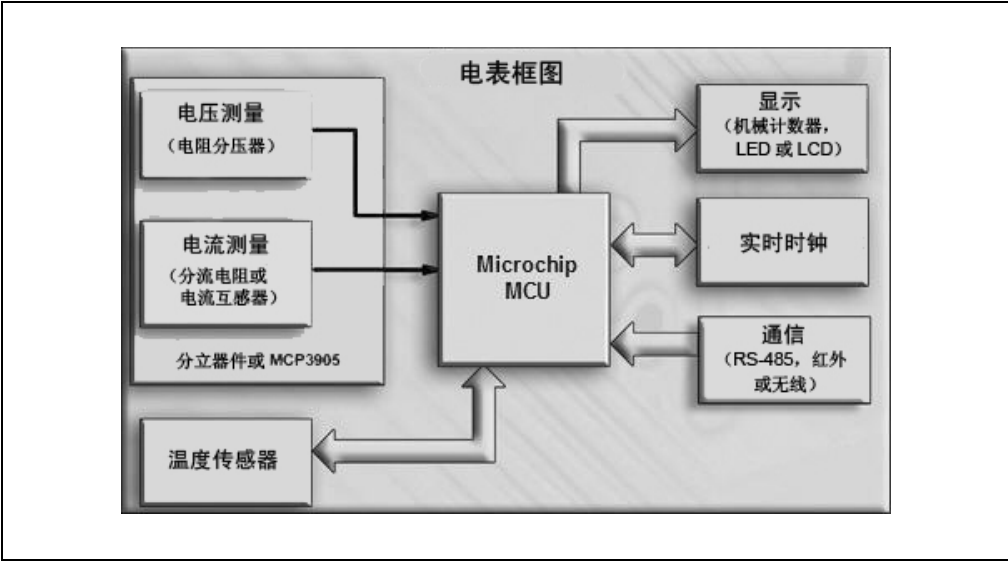


表 4-4: 推荐器件

器件	闪存程序存储器 (字节)	数据存储器		I/O	10 位 ADC	捕捉比较 PWM	MSSP		8/16 位 定时器	LCD 段
		RAM (字节)	EEPROM (字节)				SPI	Mi ² C		
PIC18F8490	16,384	768	—	66	12	2	1	1	1/3	4x48 (192)
PIC18F6490	16,384	768	—	50	12	2	1	1	1/3	4x32 (128)
PIC16F946	14,336	336	256	53	8	2	1	—	2/1	4x42 (168)
PIC16F917	14,336	352	256	36	8	1	1	—	2/1	4x24 (96)
PIC16F916	14,336	352	256	25	5	2	1	—	2/1	4x15 (60)
PIC16F877A	14,336	368	256	33	8	2	1	—	1/2	—
PIC16F876A	14,336	368	256	22	5	2	1	—	2/1	—
PIC16F77	14,336	368	—	33	8x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F76	14,336	368	—	22	5x8 位	2	1	—	2/1	—
PIC16F72	3,584	128	—	22	5x8 位	1	1	—	2/1	—
PIC16F648A	7,168	256	256	16	—	1	—	—	2/1	—

数字信号控制器: dsPIC30F3012

电能测量 IC: MCP3906 和 MCP3905

接口: MCP2122 和 MCP2120

显示器: AY0438

运算放大器: MCP6141、MCP601 和 MCP6021

可编程增益放大器: MCP6S28

ADC: MCP3304、MCP3208 和 MCP3008

数字电位计: MCP42010 和 MCP4021

DAC: MCP4821

电压监控器: MCP131 和 MCP100

温度传感器: TCN75、TCN75A 和 TC77

4.5 资源

表 4-5: 相关应用笔记和技术文档

类别	文档号	标题
通信	AN242	Designing an FCC Approved ASK rPIC™ Transmitter
	AN554	Software Implementation of I ² C™ Bus Master
	AN710	Antenna Circuit Design for RFID Applications
	AN734	Using the PICmicro® SSP for Slave I ² C™ Communication
	AN735	Using the PICmicro® MSSP Module for Master I ² C™ Communications
	AN774	Asynchronous Communications with the PICmicro® USART
	AN833	Microchip TCP/IP 协议栈
	AN860	rfRXD0420 ASK Receiver Reference Design
	AN868	Designing Loop Antennas for the rfPIC12F675
	AN870	An SNMP Agent for the Microchip TCP/IP Stack
	AN965	Microchip ZigBee™ 协议栈
	AN979	I ² C™ 串行 EEPROM 与 PIC18 器件接口设计
	TB069	rfPIC12F675 Transmitter Module
	TB070	rfRXD0420 Receiver Module
显示	AN234	Hardware Techniques for PICmicro® Microcontrollers
	AN529	Multiplexing LED Drive and a 4x4 Keypad Sampling
	AN557	Four-Channel Digital Voltmeter with Display and Keyboard
	AN563	Using PIC16C5X Microcontrollers as LCD Drivers
	AN582	Low-Power Real-Time Clock
	AN587	Interfacing PICmicro® MCUs to an LCD Module
	AN649	Yet Another Clock Featuring the PIC16C924
	AN658	LCD Fundamentals Using PIC16C92X Microcontrollers
	AN785	Simplify A/D Converter Interface with Software (TC7135)
	AN874	Buck Configuration High-Power LED Driver
	AN948	Efficiently Powering Nine White LEDs with the MCP1650
	TB029	Complementary LED Drive
	TB060	Drive High Intensity White LEDs Efficiently Using the PIC16C781
	TB062	High Power IR LED Driver Using the PIC16C781/782
数学	AN526	PIC16C5X/PIC16CXXX Math Utility Routines
	AN544	Math Utility Routines
	AN575	IEEE 754 Compliant Floating Point Routines
	AN617	Fixed Point Routines
	AN660	Floating Point Math Functions
	AN670	Floating Point to ASCII Conversion
	AN730	CRC Generating and Checking
	TB040	Fast Integer Square Root

表 4-5: 相关应用笔记和技术文档 (续)

类别	文档号	标题
其他	AN606	Low-Power Design Using PICmicro® Microcontrollers
	AN682	Using Single Supply Operational Amplifiers in Embedded Systems
	AN686	Understanding and Using Supervisory Circuits
	AN700	Make a Delta-Sigma Converter Using a Microcontroller's Analog Comparator Module
	AN722	Operational Amplifier Topologies and DC Specifications
	AN730	CRC Generating and Checking
	AN823	Analog Design in a Digital World Using Mixed Signal Controllers
	AN826	Crystal Oscillator Basics and Crystal Selection for rfPIC® and PICmicro® Devices
	AN849	Basic PICmicro® Oscillator Design
	AN851	A Flash Bootloader for PIC16 and PIC18 Devices
	AN866	Designing Operational Amplifier Oscillator Circuits For Sensor Applications
	AN943	Practical PICmicro® Oscillator Analysis and Design
	AN949	Making Your Oscillator Work
	AN954	Transformerless Power Supplies: Resistive and Capacitive
	TB008	Transformerless Power Supply
计时	AN582	Low-Power Real-Time Clock
	AN590	A Clock Design Using the PIC16C54 for LED Displays and Switch Inputs
	AN615	Clock Design Using Low Power/Cost Techniques
	AN649	Yet Another Clock Featuring the PIC16C924
	CE004	Real-Time Clock on the dsPIC30F
	TB028	Technique to Calculate Day of Week
安防	AN583	Implementation of the Data Encryption Standard Using PIC17C42
	AN714	Wireless Home Security Implementing KEELOQ® and the PICmicro® Microcontroller
	AN821	Advanced Encryption Standard Using the PIC16XXX
	AN953	Data Encryption Routines for the PIC18
串行 EEPROM	AN690	I ² C™ Memory Auto-Detect
	AN709	System Level Design Considerations When Using I ² C™ Serial EEPROM Devices
	AN974	I ² C™ 串行 EEPROM 与 PICmicro® 单片机的接口设计
	AN976	使用 MSSP 模块进行 I ² C™ 串行 EEPROM 与 PIC16 器件的接口设计
	AN979	I ² C™ 串行 EEPROM 与 PIC18 器件的接口设计
	AN989	使用 MSSP 模块进行 I ² C™ 串行 EEPROM 与 PIC18 器件的接口设计
	AN991	使用 C18 编译器和 MSSP 进行 I ² C™ EEPROM 与 PIC18 器件的接口设计
	AN997	使用 C18 编译器进行 I ² C™ 串行 EEPROM 与 PIC18 器件的接口设计

4.6 网络课程

下表所列的网络课程可供下载和查看。可以通过 Microchip 网站 www.microchip.com > **Support** > **WebSeminars** > **Archived WebSeminars** 获取这些网络资源（表中所列仅是其中一小部分）。这些文件都是 Microsoft® Windows® 媒体文件的压缩版本。要查看这些文件，先将其下载（保存）到自己的计算机上，然后解压缩，接着就可以使用 Microsoft Media Player 查看这些文件了。

表 4-6: 网络课程

类别	标题
Analog	Amplify Sensor Signals Using the PGA
Analog	Select the Right Operation Amplifier for Your Filtering Circuits
Analog	Smaller Packages = Bigger Thermal Challenges
Analog	Techniques That Reduce System Noise in ADC Circuits
Applications	EMC Part 1: Introduction to Electromagnetic Compatibility (EMC)
Applications	EMC Part 2: What is Electrostatic Discharge (ESD)?
Applications	EMC Part 3: What are Electrical Fast Transients (EFT)?
Connectivity	Microchip's ENC28J60, World's Smallest Ethernet Controller
Development Tools	Introduction to Microchip's Development Tools
Products	The LCD PIC Microcontrollers, PIC18F8490/6490, with 16 Kbytes of Flash in 64 and 80-pin Packages

注:

第 5 章 规范

全世界有许多不同的仪表规范，它们中有许多是从 IEC 或 ANSI 规范衍生出来的。有些是物理或机械规范，而其他的则是操作规范。着手开发仪表时，设计人员应咨询当地的、地区的或国家的仪表规范管理部门以确定设计仪表及其内部的电子电路应遵循的规范。

以下各节列举了一部分规范。

5.1 水表

- ANSI C700 – Cold-Water Meters – Displacement Type, Bronze Main Case
- ANSI C707 – Encoder-Type Remote-Registration Systems for Cold-Water Meters
- BSR/AWWA C7AA-200x – Automatic Meter Reading – Simple Interface for Cold-Water Meters

5.2 热表

- EN 1434-4 – Heat Meters – Pattern Approval Tests
- OIML R75-1 – Heat Meters – Part 1: General Requirements

5.3 电表

- ANSI C12.20-2002 – For Electricity Meters – 0.2 and 0.5 Accuracy Classes
- AS1284.5/IEC61036 – Alternating Current Static Watt-Hour Meters for Active Energy (Classes 1 and 2)
- AS1284.9/IEC60687 – Alternating Current Static Watt-Hour Meters for Active Energy (Classes 0.2 and 0.5)
- IEC61268 – Alternating Current Static Var-Hour Meters for Reactive Energy (Classes 2 and 3)
- IEC1107 – Data Exchange for Meter Reading, Tariff and Load Control – Direct Local Data Exchange
- IEC62056-31 – Electricity Metering – Data Exchange for Meter Reading, Tariff and Load Control Part 31: Use of Local Area Networks on Twisted Pair with Carrier Signalling
- IEC62056-42 – Electricity Metering – Data Exchange for Meter Reading, Tariff and Load Control Part 42: Physical Layer Services and Procedures for Connection-Oriented Asynchronous Data Exchange
- IEC62053-11 – Electricity Metering Equipment (a.c.) Particular Requirements Part 11: Electromechanical Meters for Active Energy (classes 0, 5, 1 and 2)
- IEC62053-21 – Electricity Metering Equipment (a.c.) Particular Requirements Part 21: Static Meters for Active Energy (classes 1 and 2)

注:

索引

B

表

电	7
气	7
热	7
水	7

D

dsPICDEM.net™ 开发板	20
电表	
多级费率	9
电流互感器 (CT)	12
电流检测分流器	11
电子仪表	
防篡改保护	4
非线性负载和低功率因数	4
可靠性和耐用性	3
易于校准	4
电阻温度计 (RTD)	7, 10

G

规范

电表	39
热表	39
水表	39

J

Internet 地址	2
-------------	---

K

客户支持	2
框图	
电表	34
气表	31
热表	33
水表	32

M

Microchip 网站	2
--------------	---

P

PICDEM™ LCD 演示板	18
PICDEM™ Z 演示工具包	21

R

RTD	10
-----	----

S

实时时钟 (RTC)	9
------------	---

W

WWW 地址	2
文档	
编排	1

X

先进的付费方式	
分时付费	5
预付费	5

显示部件

LCD	13
LED	13

校准部件

电表	28
寄生电感	30
热表	28

Y

仪表

水表	10
直接连接	11

仪表通信

无线技术

蜂窝式无线网络	23
ZigBee™	21
Z-Wave	22

有线通信

电话线	19
交流传输线	20
WiFi	20
以太网	20
有线调制解调器	20

Z

传感器

气表	10
热表	10
水表	10

自动读表

安全性	5
串行端口 (RS-485)	5
红外线	5
宽带	5
射频 (RF)	5
数据调制解调器	5

资源

网络课程	37
相关应用笔记和技术文档	35

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://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

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
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

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

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

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: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

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

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

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

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Gumi
Tel: 82-54-473-4301
Fax: 82-54-473-4302

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

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-646-8870
Fax: 60-4-646-5086

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: 43-7242-2244-399
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 - 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

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

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

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820