

第 3 章 物联网感知与数据采集

一个具体的物联网应用涉及数据采集、数据传输和数据处理等多个环节。其中,数据感知和采集是物联网应用中的重要一环,前端数据质量的好坏直接影响到后端数据处理的精度和相应的控制功能能否正确实现。本章介绍物联网前端子网的节点感知和数据采集技术,内容涵盖了感知节点、RFID 读写系统、节点位置感知和定位以及数据采集原理等内容。

3.1 感知节点与传感芯片

本节介绍物联网中的感知节点的组织结构、几类不同功能的典型传感器节点和常用的传感器板。

3.1.1 几类典型感知节点

目前,物联网中无线传感器网络硬件节点平台可以按多种划分标准进行分类,比如,按节点控制器类型划分(ATmega 系列、MSP430 系列和 ARM 系列等),按节点无线通信接口芯片划分(TR1000、CC1000、CC2420 和 nRF2401 等),也可以按节点的操作特性来划分。其中,按照节点操作特性来划分传感器节点,可以把传感器节点硬件平台分为 4 类,包括特定传感器平台、通用传感器平台、高性能传感器平台和网关节点平台。

ARM

ARM(advanced RISC machines)既可以认为是一个公司的名字,也可以认为是对微处理器的通称,还可以认为是一种技术的名字。通常认为,ARM 是专门从事基于 RISC(reduced instruction set computer,精简指令集计算机)技术的芯片设计开发公司,作为知识产权供应商,本身不直接从事芯片生产,靠转让设计许可由合作公司生产各具特色的芯片。

1. 特定传感器平台

特定传感器平台侧重于节点的超低功耗和体积微型化设计,但同时也决定了其处理能力和传输能力非常有限。比如,加州大学伯克利分校的 Spec 节点就是在 $2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 的硅片上集成了处理器、RAM、通信接口和传感器的一种节点,它依靠一个附带的微型电池供电可以连续工作几年,不过,在其原型版本实现中只有单向的通信链路。另外,由加州大学伯克利分校在 1999 年研发的 Smart Dust 也是一种超微型的节点,其体积的设计目标是 1mm^3 左右。

为了减少体积和功耗,Smart Dust 放弃了传统的射频通信方式,而是采用光通信作为它的通信方式,由于采用了光通信的主动和被动两种工作模式,其功耗可以进一步降低。同时,Smart Dust 节点采用了微机电系统(micro electro mechanical systems, MEMS)技术,该技术融合了硅微加工、光刻铸造成型和精密机械加工等多种微加工技术,使得节点的长度在5mm 之内,Smart Dust 节点的大小如图 3-1 所示。Smart Dust 节点设计采用了 SoC(system on chip)技术,在一个芯片上集成了传感器、处理器、光通信装置等器件,即一块芯片就是一个计算机系统。SoC 技术成功地减小了节点的体积,而且降低了功耗。

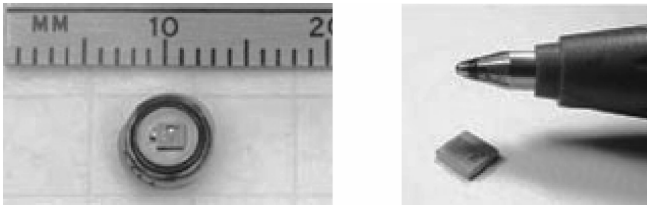


图 3-1 Smart Dust 节点

2. 通用传感器平台

通用传感器平台对体积要求有所放宽,注重于节点的可扩展性和测试需求,但是同样对节点功耗有较严格的要求,目前,在实验研究和产品化中这类平台应用最多。该类型中以加州大学伯克利分校的 Mica 系列节点为典型代表,主要包括 Rene、Mica、Mica2、Mica2dot 和 MicaZ 等不同版本,还包括性能增强版本 IRIS 节点。另外,还包括 Sun 公司生产的 Sun SPOT 节点、我国中科院计算技术研究所宁波分部设计生产的 GAINSJ 系列节点。

1) MicaZ 节点

MicaZ 节点由美国 Crossbow 公司生产,其实物如图 3-2(a)所示,可用于低功耗、低速率的无线传感器网络。MicaZ 节点相比前几代 Mica 节点增加了一些新的特性,从整体上提高了 Mica 系列无线传感器网络产品的性能。其特点主要如下:

- (1) IEEE 802.15.4/ZigBee 协议的射频(RF)发送器。
- (2) 2.4~2.4835GHz 的全球兼容 ISM 波段。
- (3) 直接序列扩频技术,抗 RF 干扰,数据隐蔽性好。
- (4) 250Kbps 的数据传输率。

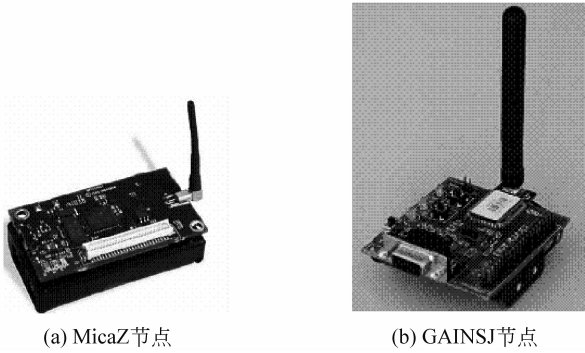


图 3-2 两个通用传感器节点平台

(5) 可运行传感网微操作系统 TinyOS 1.1.7 或者更高版本,也可运行 Crossbow 公司的可靠的 mesh 网络软件操作平台 Moteworks。

(6) 即插即用,可连接 Crossbow 的许多传感器板、数据采集板、网关。

MicaZ 节点采用 Atmel 公司的 ATMega128L 微处理器,该微处理器是 8 位的 CPU 内核,其工作时钟频率为 7.37MHz,ATMega128L 内部具有 128KB 的 Flash ROM,可用于存放程序代码和一些常数,具有 4KB 的 SRAM,用于暂存一些程序变量和处理结果。在 MicaZ 节点上的射频通信模块采用 CC2420 芯片,支持 IEEE 802.15.4 标准,传输速率达到 250Kbps,具有硬件加密(AES-128)功能。MicaZ 节点能够通过标准 51 针扩展接口与多种传感器板和数据采集板连接,支持模拟输入、数字 I/O、I²C、SPI 和 UART 接口,使其易于与其他外设连接,比如,可扩展连接 Crossbow 公司的 MTS400 传感器板,可以采集光、温度、气压、加速度/振动、声音和磁场等信息。

2) GAINSJ 节点

GAINSJ 节点采用了 Jennic 公司的 SoC 芯片 JN5139,此芯片集成了 MCU 和 RF 模块。GAINSJ 节点实物如图 3-2(b)所示,节点板上具有温/湿度传感器,与 PC 采用 RS-232 通信接口相连,而且提供了 JN5139 的 I/O 扩展端口,并将其引到节点的插排上,用户可以根据不同的应用需求进行设计开发。每个 GAINSJ 节点都拥有 ZigBee License,用户可以无限制地使用而不必再为此支付任何费用。

GAINSJ 节点的主要特点如下:

- (1) 节点将 JN5139 SoC 芯片和温/湿度传感器等集成于一体。
- (2) 芯片的 CPU 采用 16MHz 32 位 RISC 核,通信接口兼容 2.4GHz 的 IEEE 802.15.4 标准。
- (3) 芯片具有 128 KB 的 Flash 存储器和 96KB 的 RAM 存储器。
- (4) 无线通信接口的工作频率在 2400~2483.5MHz 范围内。
- (5) 节点无线传输速率不超过 250Kbps。
- (6) 节点上具有两个复位开关、一个电源选择开关和 3 个 LED 指示灯。
- (7) 通过 RS-232 接口与 PC 通信,节点上具有外扩 40 针 I/O 接口。

GAINSJ 开发套件提供了完整且兼容 IEEE 802.15.4 标准和 ZigBee 规范的协议栈,可以实现多种网络拓扑:Star、Cluster、Mesh。在此基础上用户可以根据协议栈提供的 API 设计自己的应用,组成更复杂的网络。

与 GAINSJ 硬件节点配合使用的套件功能强大,该套件提供了资源丰富的软/硬件开发平台,以及针对 GAINSJ 节点的 WSN 网络可视化软件。套件中还提供了基于 C 语言的开发环境、调试器和 Flash 编程器、网络分析工具等,使得用户可以将该套件广泛应用于工业、科研和教学等领域。

Crossbow 公司

克尔斯博科技有限公司(Crossbow Technology Inc.)成立于 1995 年,是无线传感器网络和惯性传感器系统顶级终端解决方案供应商。克尔斯博领导新一代的技术革命,通过无线传感器网络技术沟通了物理世界与数字世界,并将 MEMS 技术广泛应用于陆海空领域。

3. 高性能传感器平台

高性能传感器平台的主要特点是处理能力强、存储容量大、接口丰富。该类节点的典型代表是 Crossbow 公司生产的 Imote2,如图 3-3 所示。它采用 ARM7 TDMI 内核,可通过蓝牙接口与 PDA 等设备连接,由于功能强大,相应的系统功耗也有所增加。

Imote2 是一款先进的无线传感器节点平台,集成了 Intel 公司低功耗的 PXA271 XScale CPU 和兼容 IEEE 802.15.4 的 CC2420 射频芯片。Intel PXA271 处理器可工作于低电压(0.85V)、低频率(13MHz)的模式,可进行低功耗操作,该处理器支持几种不同的低功耗模式,如睡眠和深度睡眠模式。Imote2 节点使用动态电压调节技术,频率范围可从 13MHz 达到 416MHz。如图 3-3 所示,Imote2 的正反面都设计有扩展接口等标准组件,正面提供标准 I/O 接口,用于扩展基本的芯片;反面附加高速接口,用于特殊 I/O。正反两面都可以连接电池板为系统提供电源。Imote2 可用于数字图像处理、状态维修、工业监控和分析、地震及振动监控等领域。

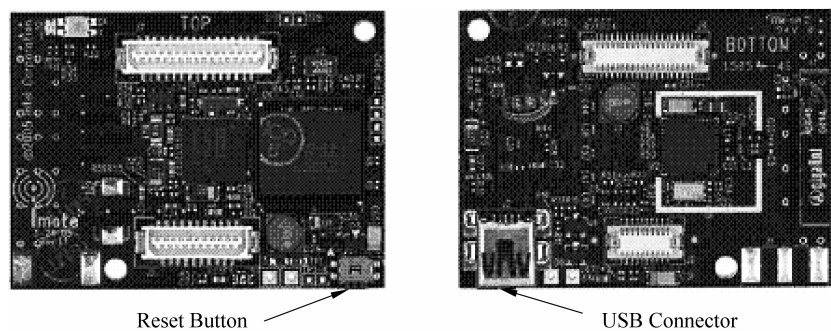


图 3-3 Imote2 节点

4. 网关节点平台

网关平台是无线传感器网络中不可缺少的部分,通常,它的处理能力和接口带宽比其他几类更高。它实现的是无线传感器网络与其他类型网络之间,或者是不同无线传感器网络之间的数据交换,由通用接口使用协议转换功能实现,详细内容见 3.1.3 小节。

3.1.2 节点组织结构

传感器节点一般由微控制器模块、无线通信模块、传感器模块和电源管理模块 4 个部分组成,如图 3-4 所示。微控制器模块负责控制整个传感器节点的操作,存储和处理节点采集到的数据以及其他节点转发来的数据。无线通信模块负责与其他传感器节点进行无线通信,交换控制信息和收发采集数据。传感器模块负责监测区域的信息采集和信号调理。电源管理模块为传感器节点提供运行所需要的能量,节点通常采用电池供电。某些传感器节点可能还包括外部存储器模块和定位模块等。

1. 微控制器模块

传感器节点信息处理的核心模块是微控制器,由于研究内容与应用对象的不同,使得选

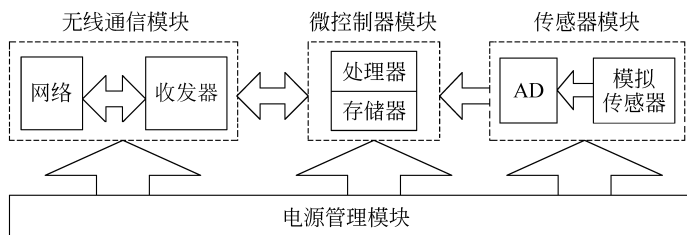


图 3-4 传感器节点组成

择的节点微控制器处理能力也大相径庭,这也是无线传感器网络面向应用特性的具体体现。加州大学伯克利分校研制的 Mica 系列传感器节点强调资源有限并注重商品化,因此,这些节点多采用在当时成本比较低的 8 位通用微控制器,而且多以星形拓扑结构组网,处理的数据也比较简单,更多时候节点只起到了数据采集的作用。

目前,许多前端传感器节点(数据采集用)都使用 ATMEL 公司 AVR 系列的 ATMEGA128L 处理器,以及 TI 公司生产的 MSP430 系列处理器,如图 3-5 所示。而汇聚节点(负责数据融合或数据转发的节点)则采用了功能强大的处理器,比如,ARM 处理器、8051 内核处理器或 PXA270 处理器等。

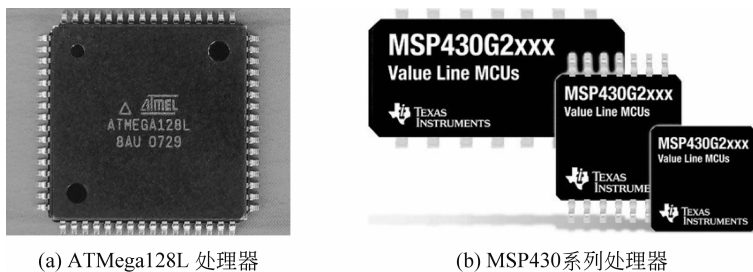


图 3-5 传感器节点使用的微处理器

2. 无线通信模块

无线数据可以通过激光、红外线和射频 3 种介质进行传输。尽管激光与红外线具有能耗低、无需天线和保密性好等优点,但定向传输的特性限制了它们的应用范围,不适合传感器节点的随机布置行为。射频通信具有易于使用和易于集成等优点,使其成为理想的传感器节点通信方式。目前,传感器网络节点多采用射频芯片构建通信模块。但是采用射频通信会给节点的微型化带来困难,因为射频通信基于电磁波,为优化数据发射与接收的性能要求,天线的尺寸应为载波波长的 $1/4$ 。若载波频率为 2.4GHz,则天线的长度应为 31.25mm;而若要求天线长度为 1mm,则载波的频率应是 75GHz,目前的低功耗射频技术还无法达到这一指标。另外,射频的保密性差,通信容易被窃听,射频通信的能量开销对于能量受限的传感器节点而言也过于高昂。

现在的传感器网络节点使用较多的射频收发器是 TR1000 和 CC2420。TR1000 射频芯片仅具有基本的信号调制和信道采样功能,其他高层的功能则要由软件和其他硬件完成,这增加了微控制器的负担,加大了系统实现难度。作为第一款符合 IEEE 802.15.4 标准的射频芯片 CC2420,其内部集成了完整的 MAC 层协议,并且通过使用 ZigBee 联盟推出的网络

协议栈也使得基于 CC2420 的射频通信开发过程相对容易。

3. 电源管理模块

节点的供电单元通常由电池和直流转直流电源模块(DC/DC)组成,DC/DC 模块是为传感器节点的用电单元提供稳定的输入电压。由于电池在为负载供电时,随着电量的释放,输出电压不断降低,因此通常采用升压型 DC/DC,这样可以使得电池的容量得到更为充分的利用。DC/DC 的转换效率对电池的寿命有着很大的影响,过低的转换效率会使电池的许多能量消耗在 DC/DC 上,减少了电池向传感器节点的能量供给。另外,随着电池输出电压的降低,DC/DC 会不断提高电池的放电电流,以维持节点正常工作所需的最低功率,但由于受到电池固有的额定容量效应影响,过大的放电电流会加快电池的损耗。

某些电源管理 IC 芯片能够监视电池的剩余容量,这使得节点清楚当前的能量状态。传感器网络可根据节点的能量状态动态调整网络的拓扑结构,使剩余能量多的节点承担较繁重的任务,剩余能量少的节点则转为低功耗状态,以平衡节点间的能量开销。对于节点而言,仅仅使用单一电源供电可能无法解决其尖锐的能量问题,传感器节点本身应具备能量搜集功能,能够从太阳能、机械振动等方式获得能量,这需要解决从功能材料、功率调理电路到微结构制造等一系列问题。

4. 传感器模块

节点的传感单元由能感受外界特定信息的传感器组成,相当于传感器网络的“眼睛”和“鼻子”。根据传感器感受信息性质的不同,可以把传感器分为物理量传感器、化学量传感器和生物量传感器。物理量传感器能感受声、光、热、磁和图像等信息,化学量传感器通常对某种气体敏感,而利用生物量传感器可对微生物进行快速检测,这对于军事、医疗、食品卫生等方面意义重大。此外,根据传感器提供的信号不同,可分为模拟量传感器和数字量传感器。模拟量传感器需要通过 A/D 转换接口才能与微控制器相连接,而采用数字量传感器能够简化系统设计,开发人员只须掌握如何通过微控制器的通用接口读出它的信息,不必关心信号的放大、滤波和模数转换等问题。

3.1.3 网关节点

通俗地讲,从一个网络向另一个网络发送信息,必须经过一道“关口”,这道关口就是网关(gateway)。网关又称为网间连接器、协议转换器,网关在传输层及以上实现网络互联,是最复杂的网络互联设备,仅用于两个高层协议不同的网络互联。究其本质而言,网关是一种进行功能转换的计算机系统,在使用不同通信协议、数据格式,甚至体系结构完全不同的两种网络之间,实现功能的互通。

在传感器网络应用中,网关节点是无线传感器网络与有线网络/GPRS 网络连接的中转站,负责转发来自上层的命令(如查询、分配 ID 等)和来自下层节点的感知数据,具有数据融合、请求仲裁和路由选择等功能,是无线传感器网络中的一个重要组成部分。传感器网络的网关节点通常是一个嵌入式硬件设备,其硬件部分通常由微处理器单元、存储单元、无线射频收发模块和以太网通信模块等组成,如图 3-6 所示。

传感器网络网关设备的微处理单元主要用来处理从传感器节点采集到的数据以及完成

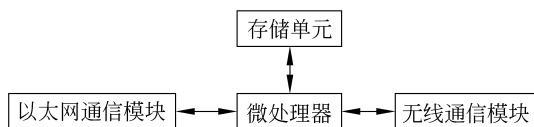


图 3-6 传感器网络网关节点的结构

一些控制功能。在设计传感器网关节点时,使用的微处理器包括 ARM 处理器、8051 内核处理器和 Intel PXA255/IXP420 等。这些处理器有较高处理速度,并兼有低功耗及高度集成性等特点。为了将采集到的数据传输到互联网上,网关设备还需要配有以太网通信模块,通过有线方式把传感器节点采集到的数据传输到互联网上,用户可以通过现场或者互联网终端来观测传感器采集到的数据。网关同时还配有与传感器节点相同的无线收发模块,该模块可以用于接收传感器节点发送的感知数据。

在 2007 年 10 月,Crossbow 公司发布了一款高性能处理平台 Stargate,可应用于嵌入式 Linux 系统的单片机、机器人控制卡、定制的 802.11a/b 网关和无线传感器网络网关。随后,又发布了高性能嵌入式传感器网络网关 NB100,作为 Stargate 的替代产品,NB100 具有丰富的用户接口、I/O 接口和预装的开发平台,便于使用。作为一个简易网关,我们也可以利用节点 MicaZ 和编程板 MIB520 组合实现网关功能,在传感器网络和 PC 之间完成数据转发。

3.1.4 传感器与传感器板

1. 传感器

传感器是指能感受规定的被测量,并按照一定的规律将其转换成可用输出信号的器件或装置。传感器好比人的五官,人通过五官感知和接收外界信息,然后通过神经系统传输给大脑进行加工处理。类似地,传感器则是一个控制系统的“电五官”,它感测到外界的信息后,再反馈给控制系统的处理器单元进行加工处理。

传感器种类繁多,具体应用时,必须根据实际需求选择合适的传感器。传感器有多种分类标准,按传感器感知的物理分量分类,可以分为温度、湿度、速度、位移、力、气体成分等传感器;按传感器工作原理分类,可以分为光电、电压、电阻、电容、电感、霍尔、光栅、热电偶等传感器;而按传感器输出信号的性质分类,可以分为开关量型传感器、模拟量型传感器和数字型传感器。美国 Crossbow 公司基于 Mica 系列节点开发了一系列的传感器板,采用的传感器有光敏电阻 ClairexCL94L、温敏电阻 ERT-J1VRI03J、加速度传感器 ADI ADXL202、磁传感器 HoneywellHMC1002 等。

图 3-7 给出了传感器的组成结构。传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路三部分组成。敏感元件是用来感受被测量的,并输出与被测量成特定关系的某一物理量;敏感元件的输出作为转换元件的输入,转换元件把某物理量输入转换成某电参数量;转换电路将转换元件输出的电参数量进行放大整形,并把该电参量模拟信号转换成数字信号输出。该数字信号与原始的被测量之间存在着对应关系,这种对应关系通常可以通过查表或用传递函数来进行描述。

2. 传感器板

为了便于使用,常常在一块电路板上集成多个传感器,比如,可以包括光强传感器、温度

传感器和磁力传感器等,这样的电路板便称为传感器板(sensor board)。目前,市场上出现了许多配合传感器网络节点使用的传感器板,其中,以 Crossbow 公司的传感器板影响较大。下面介绍几种 Crossbow 公司的典型传感器板和数据采集板。

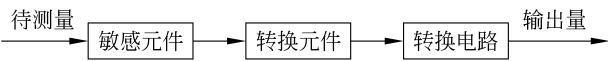
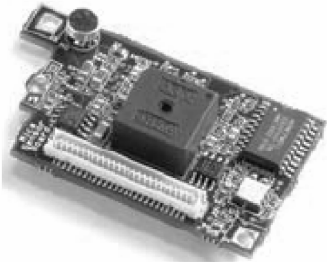


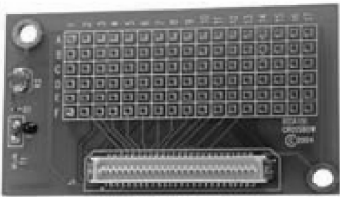
图 3-7 传感器的组成结构

1) MTS310 传感器板

MTS310 传感器板如图 3-8(a)所示。它是一款包含多种传感器类型的传感器板,能够采集光强、温度、声音、二维加速度和二维磁力信息。在该传感器板上还包括一个蜂鸣器。通过板上的 51 针接口,MTS310 传感器板可与 Mica2、MicaZ 和 IRIS 节点连接使用,实现振动和磁场异常监测、目标定位和声跟踪等功能。



(a) MTS310 传感器板



(b) MDA100 数据采集板

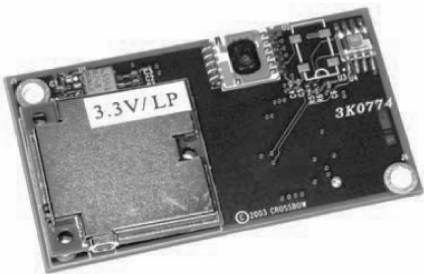
图 3-8 传感器板和数据采集板

2) MDA100 数据采集板

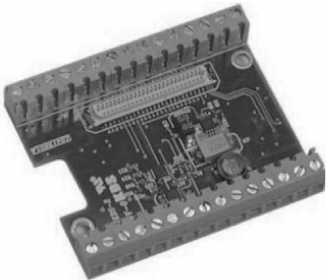
MDA100 传感器和数据采集板含有精密热敏电阻、一个光传感器/光电池和通用原型区,如图 3-8(b)所示。通用原型区支持 51 针扩展接口,可连接 Mica2 和 MicaZ 等节点,并提供带有 42 个未连接焊点的实验电路板,供用户灵活使用。

3) MTS420 传感器板

MTS420 是 Crossbow 公司与加州大学伯克利分校和 Intel Research Labs 联合开发的高性能传感器板,如图 3-9(a)所示,能够测量 4 个环境参数,包括有光、温/湿度、气压及振动,并提供 GPS 模块,板上具有 2KB 的 EEPROM 存储器。



(a) MTS420 传感器板



(b) MDA320 数据采集板

图 3-9 高性能传感器板和数据采集板

MTS420 传感器板应用了新一代 IC 表贴式传感器,这种节能的电子元件延长了电池的使用寿命,提高了系统性能,使其更适用于无需维护或需要很少维护的传感器节点现场。这种多功能的传感器板适用范围非常广,从简单的无线气象站到用于环境监控的完整 mesh 网络,可应用于包括农业、工业、林业、暖通(HVAC)等许多产业。

4) MDA320 数据采集板

MDA320 是一款高性能数据采集板,如图 3-9(b)所示,具有 8 通道的模拟输入,以及 64KB 的 EEPROM 用于存储板载传感器的标定数据,它是为低成本且要求精确采集和分析类的应用而设计的。用户可以很方便地在该数据采集板上连接各种类型的传感器,如压力、红外传感器等,以扩展传感器节点的功能。

3.2 RFID 读写系统

RFID 读写系统主要由电子标签和读写器构成,但也需要结合使用许多其他组件,例如,计算机、通信网络和软件系统。电子标签、读写器和所有这些组件共同工作,组成了完整的解决方案。本节将详细介绍电子标签和读写器。

3.2.1 RFID 标签

1. RFID 技术的发展历史

RFID 技术是一种非接触式的自动识别技术,其基本原理是利用射频信号和空间耦合(电感或电磁耦合)传输特性,实现对被识别物体的自动识别。

RFID 被称做是一种新的技术,但实际上它比条形码技术还要古老。1840 年,法拉第(图 3-10)发现了电磁能,后来,麦克斯韦(图 3-11)建立了电磁辐射传播理论,提出了麦克斯韦方程组,20 世纪初,人类利用无线电波发明了雷达,通过无线电波的反射来检测和锁定目标。RFID 技术就是无线电技术与雷达技术的结合。奠定 RFID 基础的技术最先在第二次世界大战期间得到发展,当时是为了鉴别飞机,因此又被称做“敌友”识别技术,该技术的后续版本至今仍在飞机识别中使用。1948 年,美国科学家哈里·斯托克曼(Harry Stockman)开展的利用反射能量进行通信的项目可能是最早对 RFID 技术进行的研究,并且其发表的《利用反射功率的通信》论文奠定了射频识别技术的理论基础。

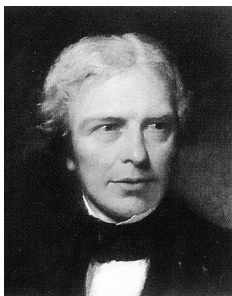


图 3-10 法拉第

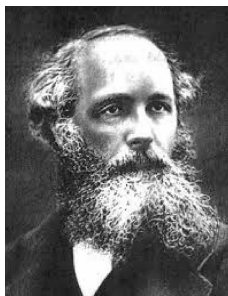


图 3-11 麦克斯韦

有两个人对麦克斯韦影响最深。一个是物理学家和登山家福布斯,他培养了麦克斯韦对实验技术的浓厚兴趣;另一个是逻辑学和形而上学教授哈密顿,他用广博的学识影响着他,并用出色而怪异的批评能力刺激麦克斯韦去研究基础问题。在他们的影响下,加上麦克斯韦个人的天才和努力,麦克斯韦终于在科学上有所建树。

条形码技术产生于 20 世纪 40 年代后期,但直到 60 年代后期和 70 年代前期,这项技术才变得比较实用。当时,由于需要识别飞机的情况并不多,加之成本比 RFID 低廉,条形码技术成为自动识别技术的首选。但是随着 RFID 技术成本的逐渐降低,工业界开始用它来做更多的事情,RFID 技术在 50 年代得到了进一步的开发。60 年代,RFID 开始被用于身份识别和监测有害物质。1979 年,RFID 开始被用来鉴别和跟踪动物,到了 1991 年,美国俄克拉何马州的电子公路收费系统第一次批量使用 RFID 技术,1994 年,美国所有的轨道车都用电子标签来进行鉴别。近年来,由于半导体制造业和无线技术的发展,RFID 技术的成本得以进一步降低,特别是在多目标识别、高速运动物体识别和非接触识别等方面,RFID 技术显示出其巨大的发展潜力,这掀起了 RFID 技术研究、制造和应用的浪潮。RFID 技术已经成为 21 世纪最有发展潜力的技术之一。

2. RFID 标签的组成

RFID 电子标签一般由天线、调制器、编码发生器、时钟及存储器等模块组成。一种可能的组织结构如图 3-12 所示。

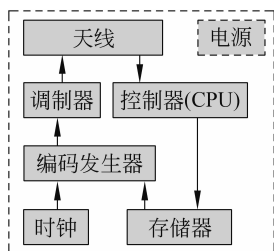


图 3-12 RFID 标签组织结构

在该结构中,时钟把所有电路功能时序化(timing),以使存储器中的数据在精确的时间内被传送到读写器。存储器中的数据是应用系统规定的唯一性编码,在电子标签被安装在识别对象上以前已经被写入。标签数据被读出时,编码发生器对存储器中的数据进行编码,而调制器接收由编码器编码后的信息,并通过天线电路将此信息发射/反射到读写器。数据写入时,由控制器控制,将天线接收到的信号解码后写入到存储器。

RFID 标签是 RFID 系统中存储物体可识别数据的电子装置,通常安装在被识别对象上,存储被识别对象的相关信息,标签存储器中的信息可由读写器进行非接触式读写。

图 3-12 所示结构的电子标签具有以下功能:

- (1) 具有一定的存储容量,可以存储被识别物品的相关信息。
- (2) 在一定工作环境及技术条件下,存储在电子标签中的数据能够被读出或写入。
- (3) 数据信息编码后,及时传输给读写器。
- (4) 可编程,并且在编程以后,永久性的数据不能再修改。
- (5) 对于有源标签,通过读写器能够显示电源的当前工作状态。
- (6) 能够维持对识别物品的识别及相关信息的完整。

3. RFID 标签的分类

RFID 电子标签可以根据 5 种不同的方式进行分类,分类方式包括标签供电方式、标签的工作频率、标签内部使用的存储器类型、标签中存储器的存储数据能力和标签所实现的功能。

1) 根据供电方式划分

根据标签的供电方式,可以把标签划分为有源标签和无源标签。有源标签是指内部有