

# 基于传感器网络的有源射频识别系统设计

尚志军, 赵雪峰, 杨志家

(中国科学院沈阳自动化研究所, 沈阳 110016)

**摘要:** 基于传感器网络系统中的传感器节点及 TinyOS 操作系统, 提出一种可以超低功耗工作的有源射频识别系统。该系统由读写器和有源电子标签组成, 采用 Atmel 公司的 ATmega128 控制高频及低频两种通信芯片, 降低了有源电子标签的待机能耗。给出了基于 TinyOS 的软件结构及低频单元部分的软件设计与实现方法。

**关键词:** 传感器网络; TinyOS 操作系统; 射频识别

## Design of Active RFID System Based on Sensor Network

SHANG Zhi-jun, ZHAO Xue-feng, YANG Zhi-jia

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016)

**【Abstract】** This paper proposes an active Radio Frequency Identification(RFID) system that can work at very low power consumption. It bases on the technology of sensor node and TinyOS operation system in sensor networks. Both high frequency and low frequency radio chips which are controlled by ATmega128 are used to decrease the energy consumption. TinyOS-based software architecture and the implementations of low frequency unit are presented.

**【Key words】** sensor network; TinyOS; Radio Frequency Identification(RFID)

### 1 概述

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术是利用感应、无线电波或微波能量进行非接触双向通信, 以实现识别和交换数据为目的的自动识别技术。电子标签是完成射频识别功能的主要部件, 根据实现方式不同, RFID 可分为 2 类, 即有源 RFID 和无源 RFID。无源 RFID 的电子标签上不带电池, 其工作所需要全部电源都依靠转换接收到的阅读器发送的电磁波而获得, 有效距离较短。与之相反, 有源 RFID 的电子标签自身具备电池, 可提供全部器件工作的电源, 因此, 相应阅读器的发射功率要求不高, 有效阅读距离也比前者大大增加<sup>[1]</sup>。

传感器网络是近年来国内外兴起的一个多学科研究热点, 目前国外已出现了多种原型系统。尽管有些技术可以应用于有源 RFID, 但有源 RFID 在应用中一般都要求在不更换电池的条件下能工作数年, 这对有源 RFID 的能耗提出了较高要求。本文基于传感器网络相关技术, 在降低有源 RFID 功耗方面做了一些尝试, 提出了能超低功耗工作的有源 RFID 系统。该系统采用 2 种通信频率, 低频通信利用 Atmel 公司 ATA5275/5282 完成, 工作于 100 kHz~125 kHz 频段; 高频利用了瑞士 ChipCon 公司的低成本通信芯片 CC2420 完成, 工作于国际通用的 2.4 GHz ISM 频段。整个模块的软件基于 TinyOS 操作系统<sup>[2]</sup>。

### 2 硬件构成

如图 1 所示, 该 RFID 模块与读写器配合使用, 它们都由 2 个通信单元构成, 即高频通信单元和低频通信单元, 这 2 个单元均由同一片 ATmega128 来控制。低频线圈驱动芯片采用 Atmel 公司的 ATA5275 和 ATA5282, 这两款芯片是 Atmel 公司专门为胎压检测系统(Tire Pressure Measurement, TPMS)

而设计的低频通信芯片, 载波频率为 100 kHz~125 kHz<sup>[3-5]</sup>。高频通信部分采用了瑞士 ChipCon 公司的低成本通信芯片 CC2420 完成, 这款芯片符合 IEEE802.15.4 标准, 工作于 ISM 的 2.4 GHz 频段, 有效通信距离可达上百米。

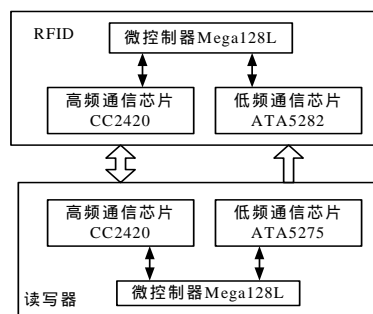


图 1 RFID 与读写器的硬件构成

读写器端的低频通信利用 ATA5275 与线圈形成低频电磁场来完成。读写器发出的 125 kHz 载波信号可激活 RFID 端的 ATA5282, 并且数据也可以被调制在低频磁场中发送。

RFID 端的低频通信由 ATA5282 完成。ATA5282 可三向感知读写器发出的低频电磁场, 待机电流为 2  $\mu$ A, 激活时电流也仅为 4  $\mu$ A。ATA5282 与 ATmega128 通过两线接口连接, NSCL 脚连接到 ATmega128 的一个 I/O 端口, DATA 脚连接到 ATmega128 的外部中断脚。在不需通信时, ATmega128

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60374072, 60434030); 辽宁省通信与控制重点实验室基金资助项目

**作者简介:** 尚志军(1972 -), 男, 博士, 主研方向: 无线传感器网络协议、算法及系统应用; 赵雪峰, 助理研究员; 杨志家, 研究员

**收稿日期:** 2007-09-07 **E-mail:** shangzj@sia.cn

与 CC2420 均处于低功能的休眠状态。ATMega1288 工作于省电模式，工作电流为微安级，当读写器需要与 RFID 通信时，首先由读写器发出低频信号。ATA5282 自动检测 ATA5275 发出的低频信号，如果检测到有效的前导码和报头则能以外部中断的方式唤醒控制器 ATMega128。读写器随后可以利用低频磁场向 RFID 写入少量用于识别读写器的数据。在完成低频通信后，读写器就可以利用高频通信与特定 RFID 完成高速数据交换。

### 3 软件设计

本文使用 TinyOS 操作系统建立有源 RFID 及读写器的软件。TinyOS 是美国加州大学 Berkeley 分校专门为传感器网络开发的操作系统。它由 C 语言的变体 NesC 来实现，整个操作系统的核心部分仅需要 396 Byte 的存储空间。由于采用事件驱动的体系结构和模块化设计，TinyOS 提供了良好的编程框架及组件库。应用程序由 TinyOS 自带的组件和用户根据应用实现的组件构成。用户只需利用配件(Configuration)将应用组件与所需的服务组件连接起来即可。整个程序的任务调度由 TinyOS 调度器完成。

本文在 TinyOS 的框架上完成 RFID 的软件，如图 2 所示。高频通信利用了 TinyOS 中已有的组件。ATMega128 通过 SPI 总线读写 CC2420 的 RAM，数据通信率为 250 Kb/s。

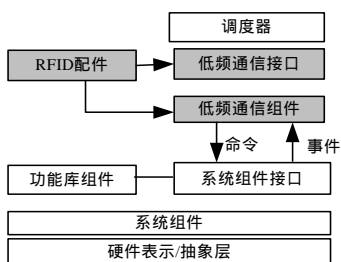


图 2 有源 RFID 程序结构

#### 3.1 低频接口设计

在 TinyOS 的模块化程序结构中，必须首先定义模块所能提供的外部接口。在读定器端，本文设计了 HPLATA5275 软件模块，在 RFID 端，设计了 HPLATA5282 软件模块。这 2 个软件模块均提供 StdControl 接口，用来完成芯片状态配置及定时器的开关等动作。

HPLATA5275 模块提供了 ATA5275 接口，该接口主要提供以下命令：

```
command result_t Send(uint8_t length, uint8_t *data)
```

这个命令的功能是利用低频磁场发送数据。length 参数给出了发送数据的长度，data 指针指向发送数据的首地址。如果发送成功，则返回 SUCCESS。

HPLATA5282 模块提供了 ATA5282 接口，这个接口负责处理 Wakeup 和 Receive 两个事件：

(1) async event result\_t Wakeup(), 该事件表明 ATA5282 接收到正确的前导和头部信息而被激活；

(2) result\_t event Receive(uint8\_t \*data, uint8\_t len, uint8\_t success), 该事件用于接收到 1 个完整的数据包。其中，data 存放接收到的数据缓冲区的首地址；len 为接收到的数据包的长度，success 表明接收到的数据是否正确。

#### 3.2 低频通信流程

图 3 给出了低频信号的发送和接收过程。最上面的波形为控制器发出的用于驱动 ATA5275 的电平信号；中间的波形为低频载波驱动信号；最下面的波形为 ATA5282 的输出信

号。在收发过程中使用 ATMega128 内部的 16 位计数器/定时器 T/C3 完成精确定时功能。

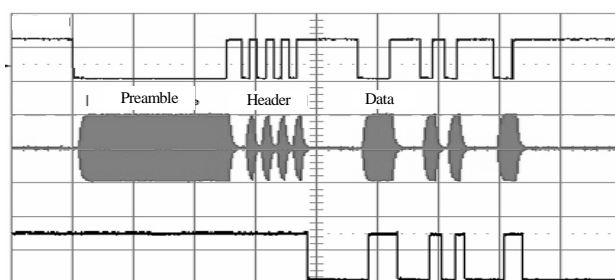


图 3 低频信号收发过程

发送端状态机如图 4 所示。为激活 ATA5282，ATA5275 首先要发送有效的前导和头部信息。前导码和报文头部需要一段低电平保持时间(startgap)。在发送完报头后，再保持一段同步时间(sync)后就可以发送数据。本文在程序实现时采用了曼彻斯特编码。

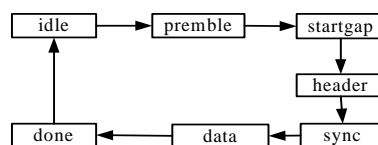


图 4 ATA5275 发送状态机

图 5 为 ATA5282 的接收状态机，ATA5282 芯片可自动检测前导码和报头，因此，接收端的状态机比发送状态机简单，从 IDLE 直接进入 SYNC 状态，在这一状态中，ATA5282 将通过输出端的低电平唤醒与之相连的控制器。之后如果需要，ATA5282 将按照事先确定好的编码方式接收并解析收到的低频数据。

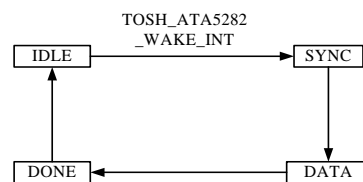


图 5 ATA5282 接收状态机

### 4 测试与分析

本文对该有源 RFID 系统进行了测试，测试结果表明，读写器与有源 RFID 的低频通信有效距离可达 2 m 左右，而高频通信的有效距离可达 100 m 左右。在休眠状态下，模块待机所消耗的电流仅为 20 μA。在高频通信状态下，模块所消耗的电流增加了 1 000 倍。因此，假如由一个 2 000 mAh 的电池供电，该有源 RFID 模块在待机状态下可工作 10 年以上，在持续高频通信状态下，可工作 70 h 以上。但由于在实际应用中，高频通信所用时间极短，有源 RFID 大部分时间工作电流处于微安级，因此本文设计的有源 RFID 预计仍可工作 5 年~10 年。

### 5 结束语

有源射频识别系统具有远距离识别的优点，在现实中有广泛的应用需求。本文利用可完成高频及低频通信的芯片设计了可超低功耗工作的有源射频识别系统，基于 TinyOS 操作系统建立的低频通信部分软件简单可靠。该系统在汽车胎压监测、贵重物品管理等应用中具有较高应用价值。

(下转第 276 页)