

基于射频卡的预付费智能水表设计

邵行菊, 童孝波, 李志明

(宁波水表股份有限公司 宁波 315032)

摘要: 介绍 T5577 卡的特点、读写方法及在预付费水表中的应用, 设计了一个低功耗、高可靠性的机电一体化射频卡预付费水表。

关键词: 预付费水表; 低功耗; 射频卡; T5577 卡

Prepaid intelligent water meter design based on RF card

Abstract: This article firstly introduced the T5577 card's characteristics, reading and writing method and its application in the prepayment water meter. Then it designed one RF card prepaid water meter. It has low power consumption, high reliability and the mechanical and electrical integration.

Keywords: prepayment water meter; low power consumption; RF card, T5577 card

0 引言

由于‘一户一表’的推行以及供水价梯水价的实行, 必然加大供水管理部门在抄表、收费管理上的精力、财力、人力。在抄表缴费、收费和分量计费、阶梯水价的问题上, 传统水表难以解决这些问题, 因此一种涉及到多方面技术整合的机电一体化预付费智能水表就成为了需要。目前, 国内已有许多厂家开始采用接触式 IC 卡的水表, 但由于水表安装环境的特殊性, 预付费智能水表在计量控制精度、功耗、数据保密性、动作可靠性、水表密封性、防潮、信息安全与防攻击等方面都有严格的性能要求。接触式 IC 卡的水表很难满足这些特定的要求, 非接触射频卡与接触式 IC 卡、TM 卡相比有可靠性高; 无机械接触; 操作方便, 快捷; 安全和保密性能好等特点。因此本文设计了一种新型的采用美国 ATMEL 公司的非接触射频卡 T5577 卡作为充值存储介质的预付费智能水表。

1 T5577 射频卡简介

T5577 射频卡是美国 ATMEL 公司生产的多功能非接触式 R/W 辨识集成电路, 适用于 125KHz 频率范围。共有 363bit 的 EEPROM(分布为 11 个区块, 每个区块 33bit)。区块 0 是被保留用于设置 T5577 操作模式的参数配置块, 区块 7 由模式设置决定是存放口令还是用户的一般数据, 区块 1 ~ 区块 6 为用户数据区。在每块用户数据存储区, bit1 为锁定位, 该位一旦锁定, 该块的其余 32b 将变为只读而不能改写。数据的传送是从辨识集成电路加载调制器完成, 当 IC 接收到读写器的扫描场, 便会在线圈的 2 个终端“1”和“2”感生出一个 RF 抵抗场强, 再以 100% 的振幅进行编译码调制, 从而得到读写模块的相关命令和数据以及返回读写模块的卡信息。

2 T5577 射频卡读写

(a) 读出数据。当 T5577 射频卡进入到由读写模块天线产生的射频场内时, 卡片由于电磁感应的作用而得到触发, 卡片被上电产生复位过程, 然后利用线圈中产生的阻尼特性的载波信号向读写模块传送数据。数据传送时产生带有阻尼作用的磁场信息, 阻尼特性的载波信

号由数据编码后通过负载调制而得，负载调制是通过 IC 卡开通/断开负载的方法而实现，从射频卡发出的负载调制信号会在读写模块天线上产生微弱的调幅，这样读写模块即可接收射频卡调制数据流，本设计调制数据流采用的是曼彻斯特编码形式，经过控制器完成曼彻斯特编码的解调。

(b) 写入数据。读写模块发出命令和写数据由中断载波形成空隙 (gap) 的办法实现，并以两个 gap 之间持续时间来编码 0/1。当 gap 时间在 50-150us 时，两 gap 之间的 16-31 个场时钟时间长为 0, 48-63 个场时钟时间长为 1, 当大于 64 个场时钟时间长而无 gap 出现时，T5577 退出写模式。若命令正确，T5577 卡将正常执行，若出现错误，则 T5577 卡转至常规读模式。序列中第一个间隙为触发写模式的开始间隙,较其他间隙稍长,大约为 280μs,以使 IC 卡同步。在数据写入前应先写入操作码“10”,然后才是数据,数据的第一位为锁位,数据的写入必须按块进行,各块可以独立写入,每块 33 位(含锁定位:“0”不锁定、“1”锁定),块后接着是 3 位块地址。无口令写时每块 38 位,有口令操作时在操作码之后加 32 位口令,共需 70 位。

3 射频卡预付费水表设计

工作原理是：用户持 T5577 卡先到水资源管理部门购水；售水系统将相应用水信息写入 T5577 卡；用户持 T5577 卡靠近水表的刷卡位置，水表完成对卡的用户身份核对成功后将购买水量累加到水表的剩余水量，同时打开阀门。用户用水过程中，卡内剩余水量会相应减少；当降到报警水量时，水表会关阀报警，提示水量不足，当用户再次刷卡充值后，阀门将打开继续使用。水表在遇到因用户操作不当而导致的错误的时候，会给出错误操作提示，必要时候会关闭阀门。

T5577 卡预付费水表由发讯基表、流量检测模块、卡读写模块、微处理器系统、电机控制模块、电源管理模块、显示声光提示电路等部分组成（如图一）。整个水表采用整体式封闭封装，可防止外界破坏。

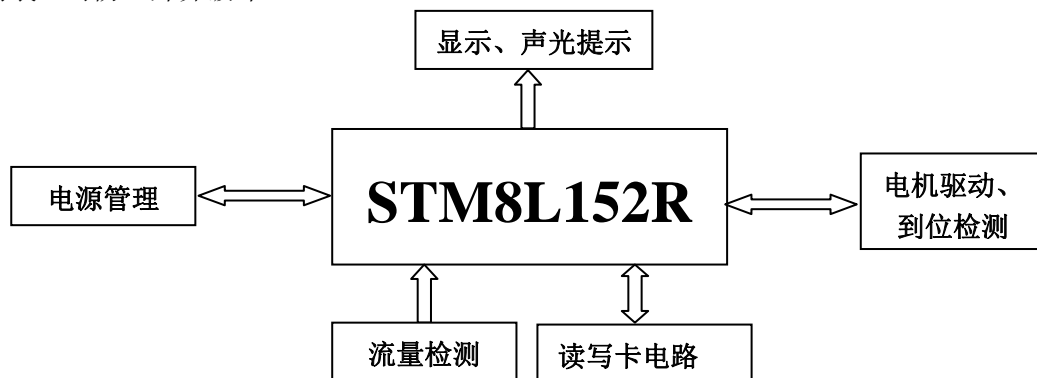


图 1. 控制器框图

1) 微控制器及声光显示电路

微控制器采用 ST 意法半导体的 STM8L152R 芯片，STM8L152R 是一个多功能 8 位微控制器解决方案，工作电源：1.65v~3.6v。片上集成了 64K 的闪存和 4KSRAM 以及更多外设，支持外部晶振/时钟和更多的模拟功能，提供一个低功耗 RTC 和增强型复位功能，整合了真正的读写同步的 2K 的 EEPROM、DMA、快速模数转换器和数模转换器，同时内部集成了一个 8x40 段式 LCD 控制器，微控制器的典型低功耗等待电流是 1μA，提供从低功耗模式中快速唤醒功能。上电后处于低功耗等待模式，水表采用消息驱动的编程模式。

液晶显示用户购买的用水金额及表中剩余金额、累计用水量、单价、错误等信息。内部低功耗 RTC 时钟电路用于实现阶梯水价计费、定时对阀门操作和进行用水量月结算的需要。

刷卡后，预付费水表液晶根据要求显示不同的内容，同时蜂鸣器发声提示操作完成，LED 点亮红灯则插卡操作错误，绿灯则操作正确。

2) 电源管理

采用 3V、2.4Ah 锂电池对系统进行供电，并使用微控制器的 AD 功能检测电池电压。检测电压是在一个负载电路作用下进行，可防止电压虚测。经理论计算和实践测算整个电路的平均功耗少于 6uA，2.4Ah 电池能够满足使用寿命 8 年以上。当电池电压 < 2.5V 时，水表阀门将被关闭，并在液晶地显示低电压符号提示更换电池。

3) 流量检测

流量传感器采用采用双簧管将水量转换为脉冲信号，可以有效地防止簧管抖动产生的多计数现象并可尽可能地减少外界干扰引起的误计数。当双簧管都闭合时，认为是外界磁干扰，关闭阀门；当磁干扰消失则打开阀门。

4) 阀门电机驱动

阀门电机为分户供水系统的控制机构，控制水表阀门的开关，为了保证供水压力损失达到标准的要求，阀门采用球阀。根据电机的技术指标：选用饱和压降约为 0.2V 的 8550 三极管构成电机驱动电路。既保证了电机驱动电流，又在阀门故障时限制最大电流 < 500mA。当检测到电机到位后，立即停止驱动，不再进行阀门操作。

5) 卡读写电路

卡读写电路由单片机和天线线圈及相应的外围电路组成驱动电流放大电路和生成 125 kHz 波的谐振电路，接收解调电路通过二极管包络检波器和放大器对天线信号进行检波、滤波、放大、整形后送入单片机，单片机对输入信号解调得到卡中真实数据。水表从 T5577 卡读取购水量、单价等信息，同时向 T5577 卡写入电池状态、阀门状态等水表信息。T5577 卡中的所有水表信息将通过读写器传入收费管理系统，用水管理部门能了解用户水表的工作状态及用户用水的状况。

4 预付费水表的软件设计

单片机软件使用 C 语言编制，编译环境为 IAR，采用模块化设计方法，主要包括以下几个模块：主程序、流量检测模块、液晶显示模块、磁干扰处理模块、定时时钟处理模块、T5577 卡读写模块、开关阀门模块等。程序流程图如图二所示。

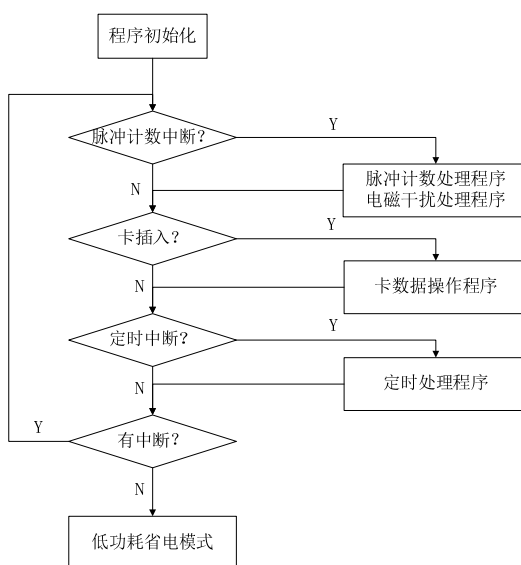


图 2. 程序流程图

5 数据的安全性、完整性设计

为保证数据安全和防止数据错误采取的一些措施，传输数据进行 DES 加密、设置存储区密码认证和访问条件、每个芯片设置唯一序列号以及在芯片运送过程中设置传输代码防止对数据的非法截取分析和对存储区的非法访问。

T5577 卡有密钥，用于核对外部口令。仅当口令校验通过后，才可正确对数据进行相应的写操作；口令校验未通过，则不能对 T5577 卡进行写操作，但可以进行读操作。

DES 算法是一种标准的加密算法。它先由 T5577 卡中取 4 字节随机数，并缀以“00 00 00 00”补为 8 字节数据为初始值，而后按数据帧结构顺序形成数据块，将其分成以 8 字节为单位的数据块（不足的数据块后缀以“00...00H”），对这些数据块使用相应的密钥加密。

数据完整性是指保证数据在传输过程中不受到篡改和丢失，哪怕是 1bit 的改动。数据完整性通过使用 CRC 校验而得到保证。

CRC 校验是指循环冗余码校验，它是利用除法及余数的原理进行错误侦测的。发送时计算出 CRC 值并随数据一同发送给接收装置，接收装置对收到的数据重新计算 CRC 并与收到的 CRC 相比较，若两个 CRC 值不同，则说明数据通讯出现错误，不进行相关操作。

6 结束语

智能水表行业的主要产业发展方向之一为预付费智能卡式水表，开发价廉、可靠、易应用的卡式水表是必然的趋势，射频卡的本身特点很适合于这种产品的开发。本文介绍的基于射频卡的预付费智能水表已经在实践中使用，且运行可靠，取得了良好的效益。

参考文献

- [1] ATMEL Read/Write LF RFID IDIC 100 to 150kHz ATA5577[EB/OL][2008],<http://www.atmel.com:ATMEL,2008>.
- [2] ATMEL RF Identification-Datasheet[EB/OL][2012],<http://www.atmel.com:ATMEL,2012>.
- [3] ATMEL Multifunctional 330-bit Read/Write RF Identification IC T5577[EB/OL][2012],<http://www.atmel.com:ATMEL,2012>.
- [4] ST.STM8L152R6-Eatasheet[EB/OL][2011],<http://www.st.com:意法半导体, 2011>.
- [5] 王爱英. 智能卡技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.

此文发表于《自动化与仪器仪表》2013 年第二期