

低功耗 CPU 卡智能水表设计*

邓 凌 戴华平 卢建刚 浙江大学工业控制技术国家重点实验室(310027)

Abstract

The design of high performance water meter is based on both low power consumption and data security.Low power consumption leads to a long-time function in case of battery supplying,while data security insures data process of intelligent water meter in confidentiality and completeness.Above requirements of the water meter need us reasonably chose the chips involved and design it exquisitely.In this paper we propose a design scheme of CPU card intelligent water meter in low cost and have developed it.

Keywords:CPU card,COS system,low power consumption,water meter

摘 要

智能预付费水表是智能小区抄表系统的一个重要组成部分,彻底地改变了传统的抄表模式。高性能的智能水表的设计是基于低功耗和数据安全性的:低功耗设计使得水表在电池供电情况下也能正常工作长达数年时间(>6年);数据安全性设计则确保了智能水表的数据(计费)的保密性(防止盗用)和数据的完整性。这些要求需要我们合理地进行芯片选择和系统设计。本文提出了一种低成本、低功耗的 CPU 卡智能水表设计方案,并已成功开发出产品。

关键词:CPU卡,COS系统,低功耗,水表

CPU卡智能水表采用了低功耗的微处理器 MSP430F135,灵活的工作模式选择和晶振设置,使得工作功耗进一步降低。CPU卡不同于普通的 IC 存储卡,是一种自带 COS(Card Operation System) 嵌入式操作系统的微控制器。COS 系统由文件管理、传输管理、安全管理和命令解释四个功能模块组成。

1 CPU 卡智能水表的总体设计

CPU卡智能水表系统由缴费系统、读卡器、CPU卡智能水表构成。CPU卡智能水表是通过 CPU 充值卡在缴费系统和水表间进行数据交换。用户将 CPU 充值卡在缴费点对卡充值后,再使用 CPU 卡对水表充值。水表对用户的用水量进行计费,扣除相应金额。通过水表按键,用户可了解水表用水量、剩余余额、水表状态等相关信息。

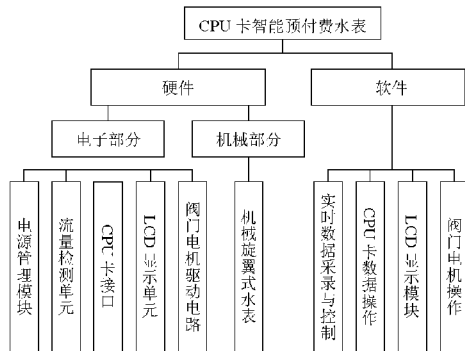


图 1 CPU 卡智能水表的总体设计图

CPU 卡智能水表的硬件由两部分组成:一部分是水表的电子单元,包括电源管理、流量检测电路、电机驱动电路、LCD 显示电路和 CPU 卡接口电路;另一部分是机械单元为机械旋翼式水表。系统通过旋翼式水表,将水量转换为脉冲信号,实现对用户用水量的计数。

水表的软件包括实时数据采集与控制模块、液晶显示模块、开关电机阀模块和 CPU 卡数据操作模块等。

2 CPU 卡智能水表的硬件设计

依据 CPU 卡智能水表使用电池供电的特点和电路低功耗的要求,CPU 卡智能水表硬件采用 TI 公司的低功耗 16 位微处理器 MSP430F135 及其外围电路组成,控制器功能框图如图 2 所示。主要包括以下几个部分:电源管理模块、流量检测电路、电机驱动电路、LCD 显示电路、CPU 卡接口电路。

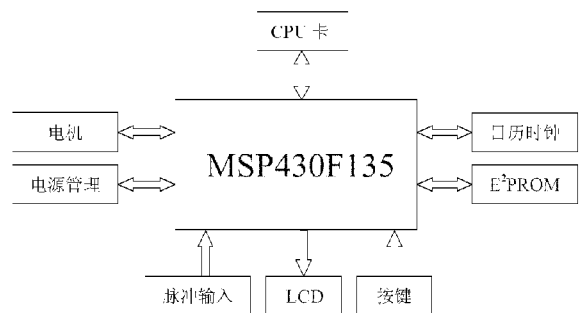


图 3 控制器功能框图

1)微处理器:微处理器采用 MSP430F135,工作电压范围为 1.8 V~3.6 V,典型工作电流是 250 μ A。提供了 5 种节电模式,掉电电流最低可为 0.1 μ A。提供从待机模式中快速唤醒功能,唤醒时间<6 μ s。平时微处理器处于低功耗模式 4,流量检测、CPU 卡数据操作等都以中断方式触发,以节省功耗。

2)电源管理:采用 3.6V 电池对系统进行供电,并使用电源检测芯片 R3111,当电池电压<3V 时,以中断方式唤醒微处理器,及时关闭水表阀门并保存相应数据,以按键方式提示用户电池不足。对于 LCD 显示单元、E²PROM、CPU 卡接口电路等的供电仅在需要操作时才打开,以减少不必要的电流损耗。

3)流量检测:流量传感器采用旋翼式水表,将水量转换为脉冲信号,采用两个脉冲传感器对脉冲信号进行接收,有效地防止抖动产生的多计数现象。通过一定的逻辑机制,判断两个传感器是否工作正常,若不正常,则认为是外界磁干扰,关闭阀门。

* 本文受到国家自然科学基金项目 60304018 的资助。

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。根据电机的技术指标: 选用饱和压降约为 0.2V 的 8550、8050 对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。当检测到电机过流后, 立即停止驱动, 置阀门故障标志, 不再进行阀门操作。

5) LCD 显示: CPU 卡智能水表采用 56 段段式液晶显示数据, LCD 的控制芯片采用 Philips 公司的 PCF8566, 该芯片与 MSP430F135 通过 I²C 总线进行通讯。LCD 应用户按键响应, 可显示累计用量、本次金额、剩余金额、电池不足、阀门状态、磁干扰、电机过流、插卡正确或错误等信息。所有的显示均为动态分时完成。

6) CPU 卡接口: CPU 卡是用户与水表进行双向信息交流的中介, 它的接口设计完全符合 ISO-7810 标准。我们采用北京握奇公司的智能 CPU 卡, 它有多种存储容量可供选择, 擦写次数大于 50 万次, 数据保存期大于 10 年。CPU 卡的时钟信号采用 MSP430F135 的内部晶振输出, 仅在 CPU 卡操作时开启, 以减少不必要的功耗。

3 CPU 卡智能水表的软件设计

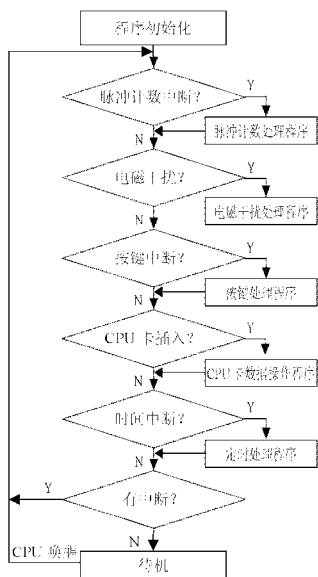


图 3 主程序流程图

在 CPU 卡智能水表设计软件使用 C51 语言, 编译环境为 IAR ew430, 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、LCD 显示模块、按键处理模块、磁干扰处理模块、定时时钟处理模块、CPU 卡数据操作模块、开关阀门模块等。图 3 为主程序流程图。

4 水表的安全性设计

(1) CPU 卡的安全设计

CPU 卡的安全性主要体现在 COS 的安全体系上。CPU 卡的 COS 的安全体系在概念上可分为: 安全状态、安全属性、安全机制、密码算法和密钥管理机制。安全状态是指 CPU 卡当前所处的一种

状态, 这种状态是在 CPU 卡进行完复位应答或者在它处理完某命令之后得到的; 安全属性是定义了执行某个命令所需要的一些条件, 只有 CPU 卡满足了这些条件, 该命令才是可以执行的; 安全机制是安全状态实现转移所采用的转移方法和手段——在本系统中采用了内/外部认证、用户口令的方法实现访问权限的控制的。由于内/外部认证加密过程在内部完成, 这样就大大增加了破译成本, 提高了 CPU 卡的安全性。密钥管理是通过 COS 的文件系统每层目录下存放密钥的一个 KEY 文件来实现的, 它

用于核对外部认证或口令等, 改变安全状态寄存器的值, 来转移安全状态。当且仅当当前安全状态寄存器的值大于或等于对某个文件的访问权限值时, 才可对该文件进行相应的读写操作。不仅如此, CPU 卡传输的数据我们也进行了机密性和完整性保护。CPU 卡智能水表除了采用了 3DES 加密保证机密性外还使用了循环冗余码校验 (CRC 校验) 和消息鉴别编码 (MAC) 算法来保证数据传输的完整性。数据完整性是指保证数据不受到篡改, 哪怕是 1bit 的改动。数据完整性通过使用 CRC 校验和 MAC 算法而得到双重保证。

依据水表功能, 我们自主规划设计了启动卡、密钥卡、时间卡、充值卡 (用户卡)、退值卡、复位卡。

不同功能的 CPU 卡, 其文件系统层次和文件类型各不相同, 我们对每种卡都进行了细致的规划以确保其安全性。尤其是充值卡 (用户卡) 为用户持有, 涉及充值缴费, 它的安全性要求显得更为突出。以用户卡为例, 我们规划了包含用户标识、用户购水金额、水单价、每月用水限额等信息的文件, 还特别规划了桶形交易记录、补卡标志文件等, 使得用户遗失充值卡时, 可通过补卡将遗失卡内金额全额转出。当用户不再使用水表时, 表内余额也可由退值卡全额返还, 真正做到使用户不受损失。

(2) 用水量安全计量设计

用户用水量通过传感器 (例如干簧管), 转化为有序的脉冲序列组, 当受到外界电磁干扰时, 序列组顺序被破坏, 系统一旦检测到磁干扰, 立即关闭水阀, 磁干扰消失后, 水阀自动打开, 有效杜绝偷水现象。

低电压检测, 在电压低于工作电压下限时, 自动关闭水阀, 防止水表失电后的漏计量。整个仪表采用封闭式封装, 仅留 CPU 卡卡座插入口, 防止外部的恶意破坏。

每月固定时间开关水阀一次, 避免由阀门卡死而造成的售水失败和非法用水。CPU 卡智能水表还备份 12 个月的用水量, 用于安全计费, 杜绝收费漏洞。

5 结束语

CPU 卡作为特殊的嵌入式操作系统的微控制器, 已经呈现出越来越旺盛的生命力。纵观未来中国的智能卡市场, CPU 卡将占据一个非常重要的位置。上海华虹 NEC、中国华大集成电路设计中心实现了我国“909 工程”CPU 卡类产品设计、制造全过程, 产业链已经形成, 从而结束了 CPU 卡芯片依赖国外进口的历史, 中国 CPU 卡类产品有望大幅降价, 加入到 CPU 卡产品生产行列的厂家也将会越来越多, CPU 卡智能燃气表、热量表等成熟产品也将陆续诞生。

参考文献

- 1 北京握奇数据系统有限公司. TimeCOS_PBOC 通用技术参考手册 (V2.5), 2001
- 2 黄森云, 李也白, 王福成. 智能卡应用系统. 清华大学出版社, 1999
- 3 何为民. 低功耗单片微机系统设计. 北京航空航天大学出版社, 1993