

文章编号:1007-6735(2013)04-0367-06

非接触 IC 卡远传燃气表设计与实现

吴叶兰^{1,2}, 郑淑芳¹, 陈红军³, 赵 瑾¹

(1. 北京工商大学 计算机与信息工程学院, 北京 100048; 2. 北京理工大学 机械与车辆学院, 北京 100081;
3. 北京淳堂科技有限公司, 北京 100081)

摘要: 针对接触式 IC 卡智能燃气表存在的问题, 根据燃气计量收费的要求和特点, 设计了以低功耗单片机为控制核心, 以非接触式 IC 卡为信息载体的 IC 卡预付费智能燃气表. 系统针对传统预付费燃气表只具有单一 IC 卡数据传输功能, 增加了数据远传通信方式; 在计量方式上给出了气量计量和金额计量两种方式, 有效克服了燃气计量管理中存在的弊端. 分析了系统工作原理, 利用低功耗设计原则给出了系统的软硬件设计, 并设计了数据通信协议. 本设计已在实际产品中得到成功应用.

关键词: 燃气表; 非接触式智能卡; 预付费; 低功耗

中图分类号: TP 29 **文献标志码:** A

Design and Implement of Non-contact IC Card and Remote Gas Meter

WU Ye-lan^{1,2}, ZHENG Shu-fang¹, CHEN Hong-jun³, ZHAO Jin¹

(1. College of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;
2. School of Mechanical and Vehicle Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;
3. Beijing Chuntang Technology Co Ltd, Beijing 100081, China)

Abstract: Considering the present situation and existing problems in IC card gas meter, based on the requirement and characteristics of gas charging, a non-contact IC card prepayment intelligent gas meter was designed, taking low-power MCU as a control core. The system offers the remote data communication function to solve the problem that the traditional prepayment gas meter has only the single function of IC card data transmission. To overcome the shortcoming of the present gas charging management, two forms of measurement were designed, including money measure and magnitude measure. The system principle was introduced, the hardware and software were designed in accordance with the low-power design principle and the data communication protocols were provided. The system has been applied in the practical products successfully.

Key words: gas meter; non-contact IC card; prepayment; low-power consumption

收稿日期: 2012-10-30

基金项目: 北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PHR201108088)

第一作者: 吴叶兰(1970-), 女, 副教授. 研究方向: 仪器仪表、嵌入式技术应用. E-mail: wyl315@sina.com.cn

随着信息化时代的到来,城市管道燃气计量仪表的发展相对落后,大部分地区仍然采用传统的容积式燃气表,只能显示用户累计用气量;同时,我国燃气收费管理多数仍采用人工抄表方式,此方法工作量大、人力浪费严重、居民交费不方便、收费也不易管理、效率低、对欠费者难以限制.因此,预付费 IC 卡燃气表的研制成为一个研究热点^[1-2].目前应用较为广泛的接触式 IC 卡智能燃气表存在的问题是 IC 卡卡槽不能做到完全封闭,容易受到厨房环境的污染,也容易受到外部攻击,影响燃气表的正常工作;同时数据传输仅靠 IC 卡来完成,存在一定的滞后现象^[3-4].文献[5-6]保证了数据传输的实时性,但没有考虑当燃气价格变动时做到价格的实时调整.因此,本文在分析 IC 卡燃气表研究现状的基础上,针对当前燃气计量收费的要求和特点,设计了一种采用预付费机制的非接触 IC 卡智能燃气表,该设计能有效解决传统预付费 IC 卡燃气表数据传递实时性差、囤气现象、接触式 IC 卡槽易受攻击等问题,做到了燃气价格的实时更新.

1 系统工作原理

预付费燃气表收费系统主要由燃气表、数据传输网络以及数据中心组成.燃气表实现对用户用气量的计量、存储和传输.数据中心对接收的用户数据进行分析处理,实现数据的管理功能.为实现燃气表实时数据传输功能,本系统设计两种数据传输方式:第一种是燃气表通过 IC 卡把用户数据传递给工作站数据库,工作站通过通信网络将数据传输到数据中心;第二种是燃气表可以采用 RS-485 总线与数据集中器相连,通过通信网络将数据传输到数据中心,该方式实现了燃气公司对燃气表的实时数据传输.本文主要讨论 IC 卡远传燃气表的设计及通信协议的设计.

IC 卡远传燃气表工作原理如图 1 所示.它以机械式燃气表为基表,由光电或霍尔元件采样将基表的气体流量信号送给单片机进行处理,单片机将该信号与表内燃气量或金额进行计算,并与设定报警值进行比较,当减至设定报警值后,将发出提示信号并关阀一次以提醒用户提前购气;当用户再次插入空卡时气表会重新恢复供气,直到剩余气量(或金额)为零关闭阀门.如果燃气公司设置该系统具有透支功能,则即使剩余气量(或金额)减为负数后,只要未达到系统设定的透支值,用户可继续用气,当用户

重新购买燃气后,系统会自动减去已透支部分.由于在设计中加入了对金额的扣除功能,随着燃气供需关系的变化,可以在表内对用户的用气量进行费用阶梯计价,以及实时更新价格,有利于燃气资源的合理、有效使用.

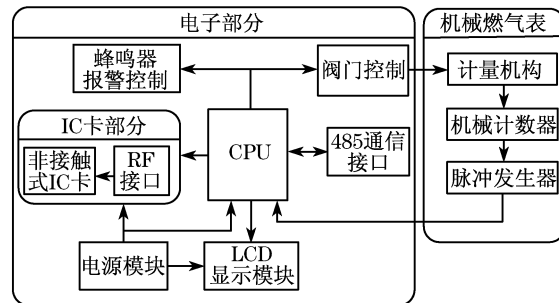


图 1 IC 卡远传燃气表工作原理图

Fig.1 IC card remote gas meter work principle diagram

2 系统硬件设计

系统硬件电路包括低功耗单片机、计量传感器电路、阀门控制电路、卡座控制电路、电压测试电路、液晶显示屏、声音报警电路及通讯接口模块等.如图 2 所示.本系统低功耗单片机采用的是 NEC 公司的 u78F0451^[7],它是一款常用于家用电器、仪器仪表的高性价比单片机;电源模块采用 3 节碱性电池串联方式提供 4.5 V 的电压,通过稳压芯片将 4.5 V 的电压稳压到 3.3 V;计量模块采用双干簧管作为脉冲采集器件;低功耗单片机通过外围的计量模块、RF 接口电路、阀门控制模块以及 RS-485 通讯接口模块等了解燃气表的运行状态,判断事件的发生并执行相应的动作,从而实现系统功能.

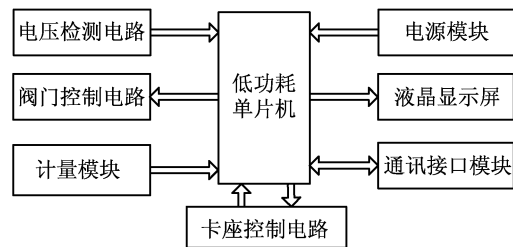


图 2 系统硬件框图

Fig.2 Block diagram of hardware

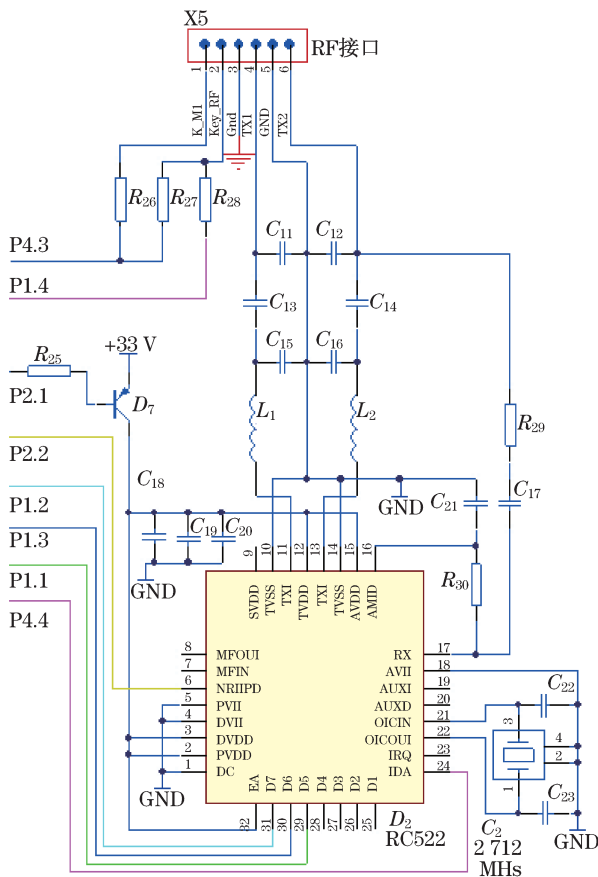
2.1 卡座控制电路设计

由于接触式 IC 卡电路留有 IC 卡卡槽,不可能做到完全密封,很容易受到破坏;并且 IC 卡卡槽也容易受到厨房环境的污染,从而影响燃气表的正常工作.因此,本设计采用非接触 IC 卡作为数据载体,

具有控制器全密封、实现耐环境、抗恶意攻击等优势.

卡座控制电路采用 MFRC522 芯片^[8]来实现. MFRC522 是高度集成的非接触式 (13.56 MHz) 读写卡芯片,支持 ISO 14443A/MIFARE 卡,可实现与各种不同主机的接口功能,如 SPI, UART 及 I2C 等. 卡座电路如图 3 所示.

MFRC522 芯片与单片机采用 SPI 接口,单片机作为主机, MFRC522 作为从机. 单片机引脚 P1.1 (SCK), P1.2 (MISO), P1.3 (MOSI), P4.4 (NSS) 与 MFRC522 芯片的 SPI 引脚相连. 为了降低系统功耗,电路采用了分时供电的方法:只有当检测到有 IC 卡靠近时,控制单片机引脚 P2.1 输出低电平,导通 U₇,为 MFRC522 芯片提供电源,其它情况下不为其提供电源. 另外,该电路部分中的 RF 接口也通过控制单片机引脚 P4.3 的电平采用分时供电的方法,只有当需要检测是否有 IC 卡靠近时才为其提供电源, P1.4 用来采样 IC 卡到位信号.



据有:燃气表表号、剩余值、累计用气量、气表工作状态字及月用气量等.

表 1 卡片数据结构说明

Tab.1 Data structure specifications of card

扇区	功能	数据块
扇区 0	不使用	数据块 0
		数据块 1
		数据块 2
扇区 1	密码块	数据块 3
		数据块 0
	燃气表指令区	数据块 1
		数据块 2
	密码块	数据块 3
扇区 2	燃气表指令区	数据块 0
		数据块 1
	密码块	数据块 2
		数据块 3
	燃气表指令区	数据块 0
扇区 3	密码块	数据块 1
		数据块 2
	燃气表指令区	数据块 3
		数据块 0
扇区 4	密码块	数据块 1
		数据块 2
	燃气表指令区	数据块 3
		数据块 0

表 2 用户卡指令区数据项定义

Tab.2 Data specifications in instruction area of user card

数据项	长度	说明
用户卡命令码	1	50 HH
分区号	2	HEX 码
用户号	5	BCD 码
报警值	4	HEX 码
充值限额	4	HEX 码
透支限额	4	HEX 码
阶梯价格	25	HEX 码
新价格启动日期	3	BCD 码
购气次数	2	HEX 码
购买值	4	HEX 码
特征字	2	HEX 码

3.2 RS-485 通信数据帧定义

RS-485 通信协议按照 DLT645-1997 通信协议执行,其传输帧格式为:帧起始符+控制码+数据长度域+数据域+校验码+结束符.

在系统中,485 通信帧包括抄收数据帧、参数设置帧、冻结指令帧、冻结数据抄收帧及阀门控制帧等.集中器在向燃气表发送命令帧前,首先发送三字节的 EFH,用来唤醒燃气表中的单片机,之后接着发送命令帧.如果在 20 s 之内没有收到燃气表的应答帧或接收到的应答帧错误,则集中器将再次发送命令帧.如果连发 3 次没有得到应答或应答错误,说明通信错误,集中器停止和此燃气表的数据通信.表 3 为抄表命令帧的数据项定义.

表 3 命令帧数据项定义

Tab.3 Data specifications of command frame

数据项	长度	说明
帧起始符	1	68H
控制码	1	01H
数据长度	1	07H
分区号	2	HEX 码
燃气表表号	5	BCD 码
校验值	2	HEX 码
帧结束符	1	16H

4 系统软件设计

4.1 系统软件功能设计

目前单片机的主流编程语言有汇编语言和 C 语言.这两种语言在嵌入式开发中可以单独使用,也可以混合使用.由于本系统的主控芯片 u78F0451 的 RAM 和 FLASH 容量相对较少,为节省代码空间,实现对资源的合理利用,本系统软件采用汇编语言,在 PM+ 开发环境下,采用模块化思想进行设计.系统软件功能分为主程序模块、电源管理模块、IC 卡通信模块、RS-485 通信模块和燃气表功能模块 5 大部分,如图 5 所示.系统的软件程序固化在 u78F0451 单片机的内部 FLASH 存储器中.

4.2 主程序设计

系统主程序由初始化和主循环两大部分组成.其中,主循环是程序的主体,具体功能则通过调用相应的子程序来实现.当系统上电后,首先进行系统初始化,然后将 FLASH 中的本机数据读出,判断是否满足打开阀门的条件,满足条件后打开阀门,在液晶屏(LCD)上显示本机参数,最后系统进入低功耗模式,等待气流脉冲、插卡等中断唤醒.主程序流程图如图 6 所示.

主体循环程序主要实现 485 通信、磁干扰、IC

插卡、电池电压检测、开关阀以及更新 FLASH 的检测和处理。

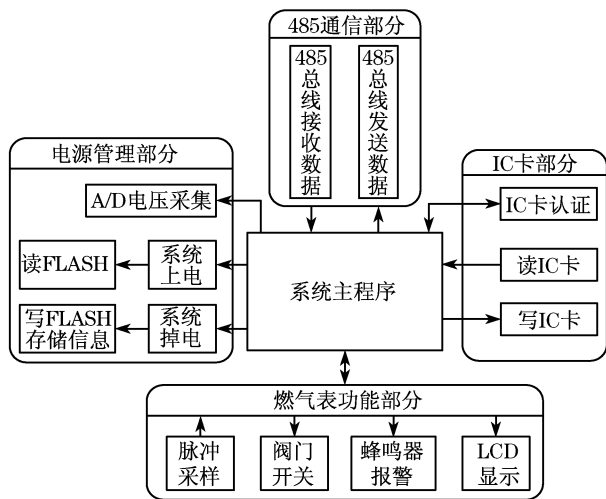


图 5 软件功能模块图

Fig.5 Block diagram of software

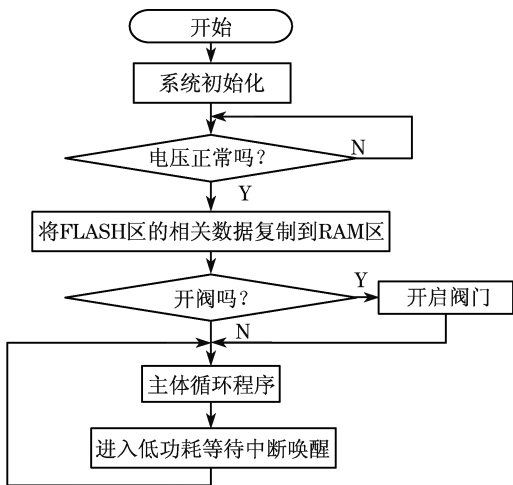


图 6 系统主程序流程图

Fig.5 Flow chart of sytem's main program

由于系统采用电池为电源,故具有低功耗的特点.低功耗有两种模式:HALT 模式和 STOP 模式.在 HALT 模式中,CPU 操作时钟停止,但高速系统时钟振荡器、内部高速振荡器、内部低速振荡器或副系统时钟振荡器可以继续使用,所以,其工作电流不如 STOP 模式下降得多;而在 STOP 模式中,高速系统时钟振荡器和内部高速振荡器停止操作,整个系统的操作停止,这样 CPU 的工作电流将会大幅下降(比 HALT 模式小得多).在本系统中,采用 STOP 模式,主循环程序结束后,进入 STOP 模式,等待中断唤醒.

5 系统测试

系统总体测试包括功能测试、低功耗测试和强度测试三大部分.其中,低功耗测试是对系统中各模块能耗进行测量,如表 4 所示.从表 4 中可以看出,电源电压检测模块能耗由两部分组成:一是实时检测电池电压,以检测电池是否被取出;二是每 12 天对电池进行放电检测,能耗约为 60 mA,但该模块大部分时间都处于休眠状态;卡座和阀门模块能耗约为 47~48 mA,它们只在需要时才处于工作状态,其余大部分处于休眠态;蜂鸣、LCD 显示模块等也仅在需要的情况下才使用.因此,在正常工作状态下,系统大部分时间的电流消耗约为

$$I_a \approx 13 + (8 + 14) / 2 + 400 = 425 \mu A \quad (1)$$

本系统采用 3 节碱性电池串联方式来提供电源,通过分析系统的整体功耗,假定单节电池放电到 1.2 V 左右时系统就不能正常工作了,计算出燃气表工作时间可达到 3~6 年.

表 4 系统中各模块的能耗测试

Tab.4 Energy consumption test of system modules

状态	控制器	读卡	脉冲采样	电源放电检测	LED 数码管	阀门	蜂鸣
工作	13 μ A	48 mA	8~14 μ A	400 μ A(实时),60 mA(放电)	11~16 μ A	47 mA	16 mA
休眠	8 μ A	无	无	无	无	无	无

6 结束语

设计了一个以预收费为目的的非接触 IC 卡智能燃气表,论述了智能 IC 卡燃气表的设计方案、工作原理、系统软硬件设计及数据通信协议等内容.通过软硬件联合调试,对系统进行了总体测试,结果表明,该设计各项指标都达到了预定要求,具有功能全

面、运行稳定及可靠性高等优点,适应燃气表市场的需求.本设计的特色及创新之处在于:改进了传统 IC 卡燃气表数据通信方式,增加了 RS-485 数据远传通信方式;在软硬件设计中采取了分区供电、分时供电的方式,实现了系统低功耗,延长了电池使用寿命;在计量方式上进行了创新,克服了传统表只能对用气量进行计量的局限性,设计了对金额的计量,能有效避免囤气现象,以更有效地利用资源.本设计已

在实际中得到很好的应用,其方法对其它流量计的设计具有很强的借鉴性.

参考文献:

- [1] 张涛. IC卡燃气表及燃气预收费方式的发展趋势[J]. 中国计量, 2010(1): 58-60.
- [2] Khan T H, Paul T K, Shahabuddin G M, et al. Towards design of a smart prepaid gas metering system[C]// International Conference on Innovations in Information Technology. 2009: 55-59.
- [3] 王洪庆. 低功耗预付费智能燃气表的研制[J]. 制造业自动化, 2009, 31(12): 185-188.
- [4] 王伟, 冯良. 低功耗 IC卡燃气表的设计与开发[J]. 煤

气与热力, 2006, 26(4): 31-34.

- [5] 崔洋, 姜宇, 钟丽鸿, 等. 数字远传燃气表的低功耗设计与实现[J]. 传感技术学报, 2010, 23(2): 209-214.
- [6] 陈永江, 徐纯森, 蔡敏, 等. 基于 WSN 技术的燃气表远程抄表系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2007(4): 66-67.
- [7] NEC corporation. NEC 78K0R/IB3 datasheet [DB/OL]. [2009-09-01]. <http://www.mcudata.com/Webmaster/NECdanpianji/2009/0901/3724.html>.
- [8] Philips corporation. MFRC522. pdf datasheet [DB/OL]. [2011-12-14]. http://www.nxp.com/documents/data_sheet/MFRC522.pdf.

(编辑: 石 瑛)

(上接第 354 页)

参考文献:

- [1] Takagi T, Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control[J]. IEEE Systems, Man and Cybernetics, 1985, 15(1): 116-132.
- [2] Yager R R, Filer D P. Approximate clustering via the mountain method[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2005, 24(8): 1279-1284.
- [3] Sanandaji B M, Salahshoor K, Fatehi A. Multivariable GA-based identification of TS fuzzy models: MIMO distillation column model case study[C]// IEEE Fuzzy Systems Conference. London, 2007.
- [4] Han P, Shi J Z, Wang D F, et al. FCM clustering algorithm for T-S fuzzy model identification[C]// International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Qingdao, 2010.
- [5] Rashedi E, Nezamabadi-pour H, Saryazdi S. GSA: a gravitational search algorithm [J]. Information Sciences, 2009, 179(13): 2232-2248.
- [6] Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization

[C]// Proceedings IEEE International Conference on Neural Networks. Perth, 1995, 1942-1948.

- [7] Mirjalili S, Hashim S Z M. A new hybrid PSO-GSA algorithm for function optimization[C]// International Conference on ICCIA, Tianjin, 2010, 374-377.
- [8] Box G E P, Jenkins G M. Time series analysis, forecasting and control [M]. San Francisco: Holden-Day, 1970.
- [9] Tong R M. The evaluation of fuzzy models derived from experimental data[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1980, 4(1): 1-12.
- [10] Sugeno M, Yasukawa T. A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1993, 1(1): 7-31.
- [11] Chen J Q, Xi Y G, Zhang Z J. A clustering algorithm for fuzzy model identification [J]. Fuzzy Set sand Systems, 1998, 98(3): 319-329.
- [12] Bagis A. Fuzzy rule base design using tabu search algorithm for nonlinear system modeling [J]. ISA Transactions, 2008, 47(1): 32-44.

(编辑: 金 虹)