

# 一种新型的多用户单相电能表设计

姜吉顺

(山东理工大学 电气与电子工程学院, 山东 淄博 255049)

**摘要:** 介绍了基于 AT89S52 单片机的一种新型多用户单相电能表设计原理。给出了硬软件设计及试验测试结果。经测试与生产表明,该单相电能表设计技术新颖,具有计量准确、智能卡预付费、多用户、用电管理灵活、低成本的特点。

**关键词:** 智能卡;预付费;多用户;单相电能表;AT89S52

中图分类号: TP36

文献标识码: A

## Design of a novelty multi-user single-phase watt-hour meter

JIANG Ji Shun

(College of Electrical and Electric Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

**Abstract:** The design principle of a novelty multi-user single-phase watt-hour meter based on AT89S52 is proposed in this paper. The designs of hardware and software flow, as well as the analysis experiment data are presented in detail. The results of testing and preproduction show that this single-phase watt-hour meter has the characteristics of accurate measurement, flexible power consumption management with IC card prepaid multi-users and low cost.

**Key words:** IC card; prepaid; multi-user; single-phase watt-hour meter; AT89S52

随着电子技术应用的快速发展,智能卡应用越来越广泛,校园内一卡通管理应用越来越多。为了解决学校洗衣房的自动控制问题,本文设计了基于 AT89S52 单片机的一种新型的多用户电能表,用户利用智能卡实现先买电后用电的预付费方式,按照谁插卡谁用电的原则,插卡送电;用电结束后,再插卡取电,实现了一表多用户的管理。该电能表采用 AD7755 单相电能计量芯片,电能计量精确,具有设计理念新颖、智能卡控制灵活、液晶显示直观、功耗低的特点,特别适合于学校洗衣房等公共用电场所的多用户用电计量与管理。

### 1 电能表的结构与工作原理

多用户电能表是基于 AT89S52 单片机研制而成的。AT89S52 具有 8 KB Flash 闪速存储器,三级加密程序存储器,256 KB 内部 RAM,32 个可编程 I/O 口线,3 个 16 位定时/计数器,1 个 6 向量两级中断结构等。接口电路采用 I<sup>2</sup>C 总线结构,是一个比较适合于以开关量信号输入检测的性价比较高的 8 位单片机。多用户电能表结构如图 1 所示,包括单相电能计量电路 AD7755、智能卡读写控制电路、串行存储与看门狗 X25045 电路、HT1621

液晶显示电路、继电器控制、漏电检测及掉电检测 6 大模块。电能表的工作原理是:把单相交流电压和电流分别经过分压器和电流互感器转换为小信号送到电能计量电路 AD7755,由 AT89S52 对用电电能进行计量和供电控制。利用智能卡实现先买电后用电的预付费管理,通过插卡送电,再插卡取电,实现多用户供电与断电管理。该电能表可供数千户用户使用,当用户把智能卡插入电能表中时,首先进行智能卡密码校验,识别该用户卡是否是本单位用户卡,若是则进行智能卡读写和供电与断电控制;若不是,则显示不是本单位用户卡。该表还具有液晶显示清晰、直观、停电检测与存储、余额不足预

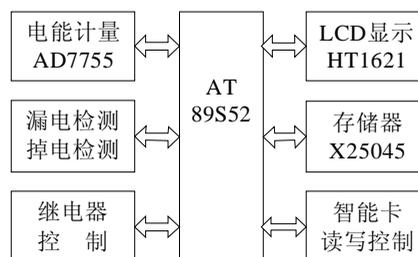


图 1 系统总体结构框图

## 技术与方法 Technique and Method

报警处理、漏电检测和负荷控制等功能。

### 2 硬件电路设计

#### 2.1 智能卡控制电路

智能卡采用 SIEMENS 公司的 HD4442 加密卡<sup>[1]</sup>。智能卡控制电路由 HD4442 卡座和保护电路构成,如图 2 所示(2 个未使用的引脚略)。卡座的复位 RST、时钟 CLK、数据线 SD、卡输入 CIN 引脚,分别与 AT89S52 的 P20、P21、P22、P23 引脚连接,AT89S52 的 P2 端口内部有上拉电阻,不需外加上拉电阻。卡座底端有一个微动常开开关,无卡插入开关时,断开 CIN 引脚为高电平,有卡插入开关闭合时,CIN 引脚为低电平,AT89S52 通过查询 P23 引脚的电平判断是否有智能卡。当卡插入时,智能卡的金属卡片与卡座触点紧密相连,AT89S52 通过 P21、P22 实现对智能卡的读写控制操作。卡保护电路由三极管 Q1 实现,智能卡的电源  $V_{CC}$  利用三极管 Q1 的输出供电,这样可以有效地防止卡座被人插入片状金属物造成短路情况。为了可靠读取卡中数据信息,当检测到有卡时,可以延时 10 ms 去抖动,然后再进行智能卡读写。

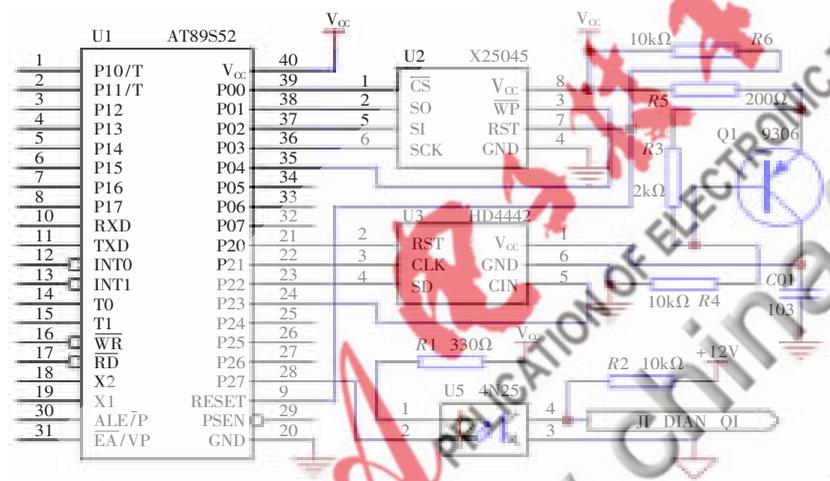


图 2 存储器和卡控制电路示意图

#### 2.2 电能计量

单相电能计量采用美国 ADI 公司的 AD7755 低功耗芯片实现<sup>[2-3]</sup>。AD7755 内部除了 ADC 和滤波、相乘电路外都采用了数字电路,有效地消除了尖脉冲等干扰信号。对单相交流电源回路中的电压、电流信号采样,计算出功率并积分将其转换为电能脉冲输出,输出端 CF 的脉冲经光电耦合器 4N25 后接入 AT89S52 的 INTO 中断引脚,CPU 进行电能计量。利用 S0 和 S1 状态组合调整 CF 输出脉冲常数。电能与脉冲的关系为:  $W=M/C$ , 式中  $W$  为电能(单位为千瓦时),  $M$  为脉冲累计个数,  $C$  为电表脉冲常数,选取  $C=3\ 200$ ,每千瓦时为 3 200 个脉冲。

#### 2.3 液晶显示

采用 HOLTEK 公司 HT1621 的 LCD 显示驱动芯片,实现 12 位 LCD 数字显示。HT1621 是具有 128 段 ( $32 \times$

4)、内置存储器的 LCD 驱动器,片内包括控制与计时电路、显示 RAM、LCD 驱动及偏置、监视定时器等,具有体积小、功耗低的优点,非常适合应用于电能表中。HT1621 与 AT89S52 之间采用串行接口,只需 3 根线。AT89S52 的 P14、P15、P16 引脚分别接到 HT1621 的 CS 片选、WR 写允许、DATA 串行数据 3 个引脚上,以控制刷新显示 RAM 缓冲区。另外,应用中,在  $V_{DD}$ 、 $V_{LCD}$  之间接 1 个  $20\ k\Omega$  可调电阻,用来调节 LCD 显示对比度,通过调节电阻,使得  $V_{DD}=5\ V$ 、 $V_{LCD}=4\ V$  对比度较好。

#### 2.4 串行存储器

串行存储器采用 XICOR 公司的 X25045 低功耗芯片,它具有看门狗定时器 WTD、电源电压监控和具有 512 B 的串行 EPROM 存储器 3 种功能。EPROM 的 512 B 分别用于存储电能表的单位码、电表编码、累计电量、停电时的用户信息等,可以暂存用户信息达到 128 户,存储次数可改写 10 万次,数据可保存 100 年。WTD 设置为 600 ms 喂狗定时间隔,软件编程写入 X25045 中。在程序运行期间,WTD 在定时间隔内收到触发信号,以确保程序正常运行。如果一端 WTD 在定时间隔内没有收到触发信号,X25045 即通过 RESET 引脚输出 1 个高电平信号,触发电能表复位来防止程序跑飞。X25045 与 AT89S52 接口电路如图 2 所示。

#### 2.5 继电器控制与漏电检测

利用 AT89S52 的 P27 引脚来实现继电器控制,如图 2 所示。P27 经过 4N25 光电耦合器直接控制继电器,完成供电与断电控制。漏电检测采用交流电源的火线与零线穿过电流线圈取样,经过二极管全波整流和电容滤波后接入电压比较器,比较器输出接光电耦合器的 1 脚,检测隔离器的

4 脚判断其是否漏电。一旦检测到漏电后,再次检测,2 次确认漏电立即断电。掉电保护电路,用 AT89S52 的 INT1 中断引脚检测掉电信号,当突然发生断电时,INT1 跳变为低电平,INT1 中断进入掉电保护程序。在系统中,AD7755 的脉冲输出端、继电器控制端、检测漏电信号输入端都使用了 4N25 光电耦合器。通过光的耦合作用传递电信号,提高系统抗干扰的能力。

### 3 软件程序设计

#### 3.1 软件程序资源分配

智能卡多用户单相电能表软件程序包括:初始化及主程序、X25045 读写程序、智能卡读写处理程序、中断处理程序、定时器处理程序、HT1621 显示控制程序、电能计量与掉电处理程序、系统自检与软件抗干扰处理程序模块。系统的中断资源分配为:INT0 中断用于 AD7755

## 技术与方法 Technique and Method

脉冲检测,INT1 中断用于掉电检测,定时器 T0 用于定时 100 ms,T1 用于定时 1 s,T2 未使用。

### 3.2 程序模块的设计

电能表每次上电时都要进行初始化,初始化程序包括对 AT89S52 单片机定时器、中断等工作方式的设定,写入串行存储芯片 X25045 的控制字以及串行液晶驱动芯片 HT1621 的控制字。在子程序模块中,INT0 中断处理程序完成电能计量、电量暂存储于 AT89S52 的 RAM 存储器中,然后累计电量每到 1 度时即写入到 X25045 相应的地址中。电能表中电量分为用户剩余电量和多用户累计用电量,AT89S52 根据用户剩余电量余额大小进行控制,当余额不足时,电能表 LED 指示灯闪烁,提醒用户需要购电。X25045 读写程序完成串行数据的写入与读出。HT1621 显示控制程序实现 12 位液晶显示器轮流显示用户编码和单位码、剩余电量、累计用电量信息,轮流显示间隔为 5 s。

智能卡处理程序完成智能卡的密码校验、读写和卡的类型判断并进行相应操作。智能卡的类型共分 5 种:清零卡用于电能表的出厂初始设置;设置卡用来设置电能表的单位码和负荷门限;换表卡用来换出表内全部信息再送入新更换的信息到电能表中;抄表卡用来抄回表内用户信息和累计用电量,然后利用读卡器送给上位计算机售电管理系统;用户卡用户首先通过计算机售电管理系统进行开户交费充值,计算机售电管理系统根据电费和水电费的总计价,把充值金额换算成电能数值写入用户卡中,然后用来向电能表送电与取电。前 4 种卡是用电管理部门使用,用户仅持有用户卡。当前用户正在用电时,其他用户插入用户卡电能表指示有人正在用电,此时插入的用户卡只取走本人的表内信息,不影响他人正常使用。当前无人用电时,插入用户卡则把卡中信息写入电能表中,并指示送入购电量数值,拔出智能卡后立即供电;再次插入用户卡则把电能表中本人信息写入卡中,并指示取走本人剩余电量,立即断电。若当前用户正在用电突然停电时,则电表进入掉电处理程序,把当前用户剩余电量和累计用电量存入 X25045 中。若当前用户正在用电却检测到漏电时,电能表存储当前信息后立即断电。若用电超负荷时则断电。

系统自检与软件抗干扰处理程序用来完成数据校验与系统自诊断。电能表的工作过程主程序流程图如图 3 所示。

### 4 测试结果

该电能表在淄博贝林电子有限公司进行了误差测试和运行试验,用 1.0 级标准电子式电能表校验台作为标准表,多用户单相电能表为被测表,电能表额定负荷为 12 kW。贝林电子有限公司针对不同负荷的情况下进

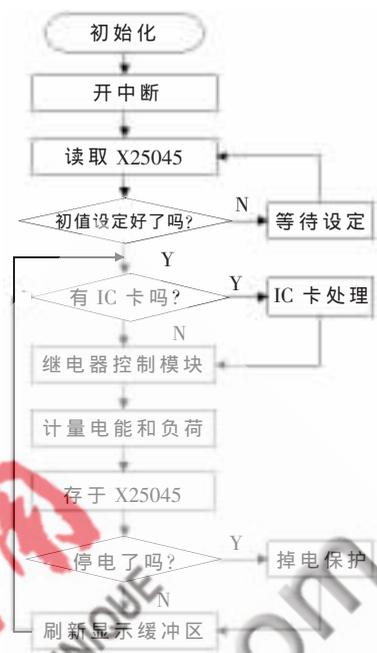


图 3 主程序流程图

行测试,限于篇幅仅列出负荷为 1 kW、5 kW、12 kW 时的实测数据,如表 1 所示。测试结果表明,该智能卡电能表误差小于 1%,属于 1.0 级标准。

表 1 标准表与被测表测量值

负荷/kW	标准表/kWh	被测表/kWh	误差/%
1.00	1.000	0.997	-0.300 0
5.00	1.000	0.998	-0.200
12.00	1.000	1.001	+0.100

经实验,减小电能计量误差方法有:(1)通过调节 AD7755 的取样匹配电阻调整到精确值;(2)该匹配电阻阻值要求随温度变化阻值变化较小;(3)在电能计量过程中,当送电和取电时,计量电能的尾数部分不足 0.01 度的电能及余下的脉冲数值一并存取,避免了不足 0.01 度的电能丢失而造成累计电量有误差。

该电能表经淄博贝林电子有限公司生产表明,设计技术新颖、计量准确、智能卡控制灵活、液晶显示直观、功耗低。各项技术指标均达到国家智能卡电能表的技术标准,已经在山东多所高校投入使用,具有广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 庞桂云.智能 IC 卡电能表设计[J].电测与仪表,2007(9).
- [2] Anthony Collins.用 AD7755 设计的低成本电能表[J].电子技术应用,2000,20(8).
- [3] 彭卫东.单相电子式电能表的窃电分析及防窃电措施[J].电测与仪表,2004(2).

(收稿日期:2009-02-27)