

基于 TDK71M6513 的智能仪表设计^①

Design of Intelligent Instrument Based on TDK71M6513

彭照辉 苏娟 扶忠权 (湖南大学 电气与信息工程学院 湖南 长沙 410082)

摘要: 介绍了一种低成本、稳定可靠的智能仪表的硬件设计与软件设计。系统采用 TDK71M6513 为计量与管理核心, 具有高精度测量、分时电能计量、液晶显示、数据储存、负荷曲线、事件记录、负荷控制等功能。并具有 RS485 数据通信接口, 遵循自动抄表协议以完成抄表功能。详细阐述了系统组成模块、工作原理, 通信电路设计以及软件结构。最后列出实验测试数据。系统已在实践中得到应用, 达到设计标准。

关键字: 智能 电能表 TDK71M6513 负荷控制 事件记录

电能是社会生产、人民生活必需的重要能源之一, 随着国民经济的不断发展, 电力需求急剧上升, 在世界常规能源日益紧缺的今天, 电能节约与电能的有效利用具有重要意义。电能表是当前电能计量和经济结算的主要工具, 分时计量电能与需量, 用电量进行分段计量, 实行分时计价, 通过利用经济杠杆调节用电行为, 促进对电能的节约和有效的使用。随着现代计算机技术, 通信技术, 微处理技术, 现代检测技术的不断发展, 这就使人们能够开发出计量更准确、功能更强大, 价格更低廉的智能电能计量装置。

在传统的电能表设计中, 一般采用专用计量芯片+微处理器方案, 计量与数据管理由两个独立的芯片完成。计量芯片负责对电信号的测量, 包括电压、电流、谐波等, 微处理器^[1]通过通信或者中断的方式获取计量数据, 并对计量数据进行处理。本项目研制了基于 TDK71M6513 的三相多功能智能电能表, 提出了一种 SOC 芯片电能表方案, TDK71M6513 芯片内集成了电能计量与管理功能, 且计量精度高, 价格低, 相对传统计量方案, 该方案具有更好的性价比。

1 系统概述

1.1 系统组成

三相电能表由电流互感器、采样电路单元、TDK71M6513、通信单元、液晶显示单元, 按键单元、存

储电路、温补时钟电路和系统软件组成。系统框图如图 1 所示。采样电路单元用于对测量信号的处理, 测量电流和电压信号按比例缩小, 以符合 TDK71M6513 对模拟信号的工作范围。系统中主芯片负责数据的采集和管理。通信单元以 RS485 为通信介质, 完成系统与上位机数据抄读和相关参数设置, 通信数据抄读的数据包括实时测量数据和历史电量数据以及事件记录和负荷曲线以及系统参数的设置。数据显示采用液晶显示屏显示, 显示内容包括测量值、单位、系统运行状态指示等。为了保证系统的实时性, 有效减少 MCU 运算负担, 节省处理器资源, 系统采用了片外液晶驱动芯片。外部存储单元分为两个部分: EEPROM 内卡和大容量 FLASH 内卡。系统中相关运行参数、事件记录、冻结数据存储在 EEPROM 中, 负荷曲线则存储在

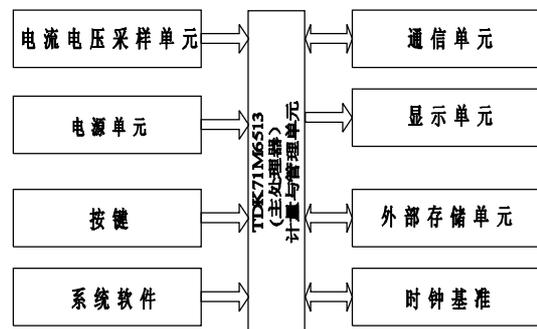


图 1 系统框图

① 收稿时间:2008-11-17

大容量 FLASH 内卡中,内卡中数据的读写由内卡的总线接口与主芯片模拟总线接口完成。采用 I2C 总线接口读写 EEPROM。大容量 FLASH 芯片中则采用 SPI 总线接口完成读写操作。时钟基准单元采用片外温补时钟,这样系统能够获得准确的时基,温补时钟数据的接口采用 I2C 总线通信。通信单元实现系统与上位机数据通信,包括系统参数设置,测量数据与电量冻结数据,以及相关事件记录的抄读。通常采用 RS485 作为通信介质。在本系统中,还具有一路备用通信单元,采用吸附红外通信。系统软件包括:时钟处理模块、存储数据保护处理模块,通信处理模块、液晶显示处理模块、测量数据管理模块,按键处理模块以及中断定时服务程序。

1.2 系统工作原理

本系统中主处理器将来自采样单元的模拟信号转变成数字信号,并对其进行数字积分运算以及相关处理,从而精确的获得测量值数据,同时根据片外时钟芯片提供的精准时钟,对测量数据进行相关处理,如分时多费率计量、需量的计算、负荷曲线存储、结算等处理。实时测量并能实时显示测量数据和电量数据。当有功需量数据超过额定需量数据时,系统做出相关事件记录,并跳闸以实现负荷控制。利用定时器时间,采用扫描的方式判断按键操作时间的发生,完成键程序。并对外界发生的相关事件做出判断,如失压、失流事件的发生,同时保存事件记录,并实时检测通信总线上的数据帧,根据通信协议,实时检测数据帧起始标志,帧地址,校验位,以及结束标志。对通信帧进行相应响应或丢弃,处理器根据数据标识,进行相应的编解帧处理。最后通过片内串行口,将包含系统地址与目的地址的数据帧发送到通信总线上。

2 系统硬件设计

2.1 主芯片的选择

本系统采用 TDK71M6513,该芯片是一款集成计量与管理 SOC^[2],包含 MPU 内核和独立 32 位计算引擎,采用与 8051 兼容的微处理器 80515,每个指令周期只需一个时钟周期。采用业内领先的单一转换器技术,配备一个具有多通道的 21 位 ADC,具有精密参考电压。最高可达 10ppm,具有计量精度高、计量量程宽的优点。内部包含 64K 字节的 ROM,包含计量在内的共 7K RAM(MPU 管理可用 2K),和 128 字节的内部 RAM,

22 个通用 I/O 口,2 个 16 位定时器/计数器。内置看门狗、断电监视器件,两个异步串行口。在应用中,71M6513 的 32 位计算引擎连续的处理模拟引脚的输入采样,并进行计算,以测量有功功率,无功功率,安时值。然后由 MPU 访问这些测量值,并进行进一步的处理,再由 MPU 的外部器件输出。

2.2 串行通信接口单元

采用 RS485 总线实现系统与上位机或终端之间的通信,相对于 RS232,RS485 采用平衡发送和差分接收,具有抑制共模干扰的能力,使用屏蔽双绞线传输,具有传输距离远、抗干扰性强、与外部通信接口容易对接的优点。在本系统中,如图 2 所示:

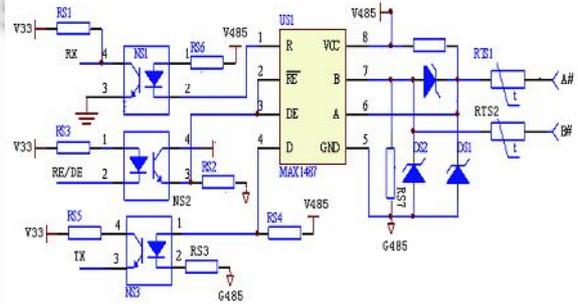


图 2 RS485 接口电路

采用光耦实现系统电源与外部电源的隔离,这样有效保证系统可靠性^[3],增强抗干扰性。本模块中采用 MAX1487 作为通信驱动芯片,采用半双工的通信方式。在本系统中,根据设计要求,支持波特率最高为 9600bps,最低为 1200bps,波特率可设置。

2.3 液晶显示电路

本设计中系统能实时显示瞬时数据,电量数据,需量,需量发生时间以及结算数据。液晶显示电路与主处理器之间接口电路如图 3 所示:

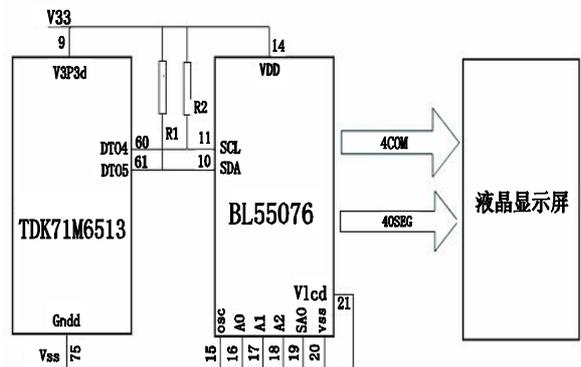


图 3 液晶显示接口电路

在本设计中，选用通用型液晶控制和驱动单芯片 BL55076，具有 4 背极和 40 段极共 160 位元的输出能力，具有二线式串行总线(I2C)接口，具有自动地址增量功能、较宽的工作电压，Vlcd 引脚用于调整 LCD 工作电压。通过改变 BL55076 的 Vlcd 电压调节液晶对比度，调节液晶显示效果。当 MPU 需要刷新 LCD 屏幕数据时，通过总线接口，将器件选择，片选，数据指针、工作方式等命令字写入显示驱动芯片中，实现显示初始化，通过总线接口，将数据传送给 BL55076，驱动芯片将接收到的字节数据按照所选择的 LCD 驱动方式填充在显示 RAM 中。图中 SA0 作为受控器地址位，在本设计中接地。与 A0、A1，A2 共同作为片选位。在本系统中有两种显示状态：按键显示状态与循环显示状态。默认状态为循环显示状态，在按键显示状态下，三分钟内无按键输入，系统自动切换到循环显示状态。当系统运行时，检测到如失压、失流、时钟电池欠压等事件状态时，液晶中对应的指示标志呈闪烁状态。

2.4 时钟芯片的选择

系统中选用温补时钟芯片为 DS3231。该芯片是一款低成本、超高精度的实时时钟芯片，能够在 -40℃~+85℃ 的温度范围内提供优于 2 分钟/年的计时精度误差。在电池工作模式下，电流不超过 3.5uA。在系统运行时，MPU 中通过 I2C 总线接口，实现对 DS3231 的内部寄存器的访问，实时获取时间值以获取系统时基。

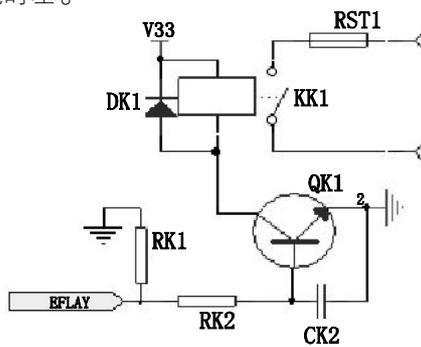


图 4 负荷控制电路

2.5 负荷控制电路

在本系统中，具有实时检控负荷，实时跳闸，实现负荷控制功能，即当有功需求量超过系统设定的有功需求量限定值时，系统控制 I/O 口电平转换，引起继电器开闸，断开电路。反之，继电器合闸。电路图如图 4 所示。

跳闸电路主要器件由继电器和保护电路组成，MPU 中 I/O 口的输出控制三极管的导通与否，最后实现对继电器的关断，继电器件外围采用相关保护电路。

3 系统软件设计

3.1 系统软件框图

系统软件采用模块化设计，软件框图如图 5 所示，包括系统初始化模块、获取时间基准模块，上电处理模块、通信参数初始化模块、获取时钟模块，按键处理模块，显示处理模块、通信解帧模块，电量累加模块以及中断处理模块。

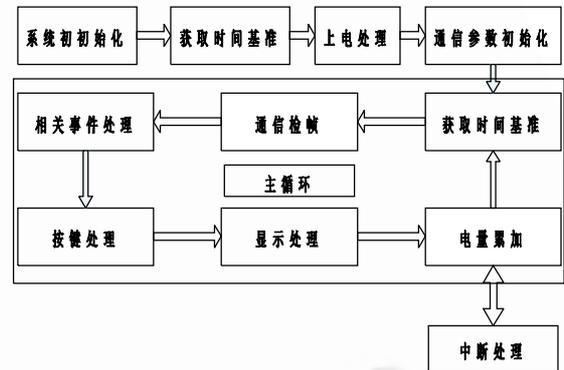


图 5 系统软件框图

主循环初始化开始前，关系统总中断^[4]，先设堆栈指针，清零所有的 RAM。然后进行模块初始化，初始化包括 I/O 口配置，串口初始化，中断优先级初始化，显示初始化，液晶初始化。上电处理主要是指对系统进入主循环前的一些数据处理。为了保证系统的稳定有序运行，使系统在上次掉电数据的基础上继续运行，在系统运行之前，从内卡中读出掉电时保存在内卡中的 RAM 数据，并将这些数据写入 RAM 中，并与掉电前的位置一致。为了保证掉电数据的有效性，对读出的数据进行 CRC 校验，如果校验出错，则读上一次保护数据空间数据，最后把有效数据复制到系统 RAM 中，这些数据包括某些状态标志，电量数据等。上电处理完毕后，系统同片外时钟芯片中读出时基，比对掉电时间与上电时间，进行相应事件的处理，并进行事件记录。最后进入运行状态，系统进入主循

环,在主循环中,片内独立计算引擎每秒对 MCU 产生一次外中断,这样在主循环中,每秒产生刷新测量值,并做出相应处理。实时扫描按键,利用定时器时间累加,判定按键事件的发生。每秒读取时基,获取系统时钟。并由按键事件的发生,处理相关显示数据,并刷新液晶显示屏幕,实时显示测量数据。

3.2 事件处理

在本系统中,事件记录包括:失压事件记录,失流事件记录,断相事件记录、清零事件记录、清需量事件记录。对与失压、失流、断相事件的发生起始条件和结束条件均是连续判断 60 秒。如果满足条件,则事件发生或结束,系统进行事件处理并保存相关事件记录。清零、清需量事件的发生则需要操作者具有相关的权限并按下编程键,则事件发生,并进行事件记录处理,保存相关数据。

3.3 系统数据处理过程

系统由片内独立计算引擎,得到检测信号的测量初值,包括电压,电流,功率,相角等。MPU 每秒检测到一个外中断获取这些计量初值,MPU 将这些计量初值进行数据处理,得到计量值,并更新 RAM 中的计量值,累加尾数电量数据并取整,最后根据当前时间下所运行的费率,将取整的电量数据累加到当前费率电量中,并把取整后的余数保存尾数电量中。系统每秒从时钟芯片中获取时基,并根据时间的变化,触发相应的处理。根据系统根据负荷曲线间隔时间存储负荷曲线,如负荷曲线间隔为 15 分钟,系统每 15 分钟读取负荷曲线记录存储清单,并依据这个记录清单,将这些清单数据值通过存储器总线接口存放在大容量内卡中。依据系统滑差时间、滑差数计算当前需量,并记录最大需量以及需量发生时间,最后保存在 EEPROM 中。系统实时检测外界事件的发生,如失压、失流事件的发生,当连续满足事件发生条件时,则事件发生或结束,仪表根据事件记录清单,读取当前时间下事件记录清单对象的值,并将这些值存放在内卡中,这就完成了一次事件记录的过程。

4 校表与测试结果

经过上述软硬件设计,将软件在 Keil 中编译生成 .abs 文件,通过仿真机下载在芯片中,第一次上电

或复位时,短接跳线,系统自动调用默认参数,并写入 EEPROM 中,同时可通过 RS485 通信,设置相关参数值。下次上电或复位时,单片机自动读取 EEPROM 中参数和掉电保护数据到单片机 RAM 中,这样系统就能独立运行了。

本设计为三相四线表计,电压规格为 220V,标定电流为 1.5(6)A。采用 0.05%的三相表检验台体,在校表前,短接校表跳线,分别对系统单相进行电压和电流以及角度的校表处理。测试结果(部分数据)如表 1 所示。

表 1 测试结果

电流值 (A)	功率因数	百分数误差 (%)
0.015	1	0.173
0.030	1	0.147
0.030	0.5L	0.151
0.030	0.8C	0.154
1.5	1	0.065
6.0	1	0.060

5 结束语

系统采用基于 TDK71M6513 单片机,片内 MPU 属于使用广泛的 51 系统,具有使用简单、技术成熟,开发相对较易,开发周期较短。同时采用 RS485 串行传输数据,可直接与 PC 机相连,完成自动抄表功能。具有事件记录和负荷曲线的功能,方便用户获取数据并分析数据。根据测试以及结果,该系统数据传输稳定。系统采用了软件补偿的方法,计量精度符合 0.5s 级精度要求。基于 TDK71M6513 的智能电能表的设计具有低成本、高精度的优点。

参考文献

- 1 Datasheet TDK71M6513/71M6513H 2007 TERIDIAN Semiconductor corporation.
- 2 童一帆,张武坤.单片机测控技术.北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- 3 曹琳琳.单片机原理及接口技术.长沙:国防科技大学出版社,2002.
- 4 吴良斌,高玉良,李延辉.现代电子系统的电磁兼容性设计,2005.