

基于 ADE7753 的电力机车能耗监测终端设计

钟川桃, 黎福海, 欧阳科文, 程 栋
(湖南大学 电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要: 针对我国铁路电力机车发展对电能计量的准确性要求越来越高, 设计了基于 ADE7753 电量测量芯片的电力机车能耗监测终端, 利用采样法对电压和电流交流参数进行测量, 计算消耗电量, 并记录机车运行状态。该装置对分析机车能耗、制定节能措施具有重要的现实意义。

关键词: 电力机车; 能耗监测; ADE7753

中图分类号: TP274 **文献标识码:** A

Design of electric energy consumption monitoring terminal for electric locomotives based on ADE7753

ZHONG Chuan Tao, LI Fu Hai, OUYANG Ke Wen, CHENG Dong
(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: This paper designs an energy consumption monitoring terminal of electric locomotive based on ADE7753 power measurement chip. Measure the parameter of voltage and current by the sampling method, calculate of electricity consumption and record locomotive running status. It is important for analyzing the locomotive's energy consumption and constituting economy energy measures.

Key words: electric locomotive; energy consumption monitoring; ADE7753

随着我国铁路的发展, 电力机车数量不断增加, 电能消耗越来越大, 对电能计量的准确性要求越来越高。不仅如此, 科学统计电能消耗、管理和指导司机的节能操作也变得十分重要。因此, 研制能反映机车动态能耗、机车运行操作、机车质量、机车故障及牵引供电状态等关系的机车能耗监测装置, 在铁路现场有很大的需求和空间^[1]。

电力机车能耗监测终端是针对电力机车使用特点, 分析现有机械式、热电式和时分割乘法器式电度表不足, 研制而成的一种新型电量测量分析装置, 结合铁路供电段和机务段需求, 能对电力机车能耗进行自动、实时、精确的计量, 对机车能耗进行分人、分时、分车、分区段的统计分析的实现提供数据保证。本设计包括电量测量模块和数据处理模块; 采用 ADE7753 电量测量芯片, 利用采样法对电压、电流交流参数进行测量; 利用大容量的 IC 卡将采集数据转储至地面数据中心, 由地面软件形成各类分析报告。

1 系统设计

电力机车能耗监测终端的主要功能是监测机车的能耗消耗、记录机车运行参数。其具体的功能如下: (1)电能采集, 监测机车的正向有功消耗、正向无功消耗、反向有功消耗和反向无功消耗; (2)采集机车运行参数, 包括年月日、时分秒、公里标、实速、车次、机车号、车站号、区段号、司机号、副司机号、总重、计长和辆数等信息^[2], 这些参数为数据的记录提供坐标基准, 为地面数据分析软件的分析提供数据来源; (3)数据的记录, 按照协议规定文件格式记录存储在监测终端里, 能够连续记录最近两个月电力机车的数据; (4)数据的转储和传输, 利用 IC 卡存储方式转储到地面数据中心, 地面数据分析软件根据记录数据实现能耗统计和报表等功能。

电力机车能耗监测终端主要由机车电量测量模块、数据记录处理模块及连接电缆组成。系统原理框图如图 1 所示。

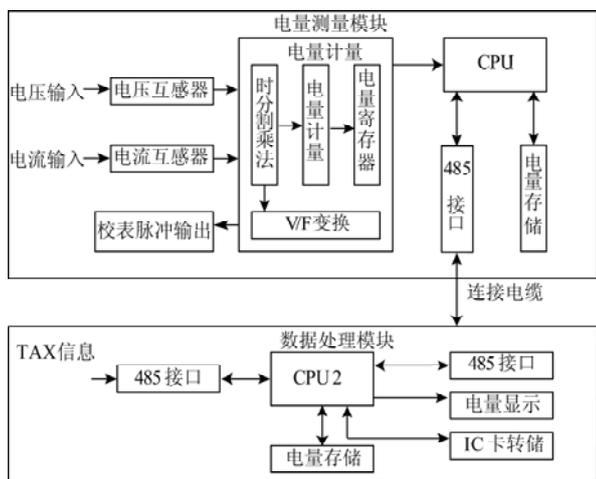


图1 系统原理框图

机车电量测量模块利用互感器对机车原边电压、电流进行隔离，将强电信号转换为可采集的信号，同时利用电量计量专用芯片 ADE7753 对信号进行采样，芯片内置时分割乘法器通过对信号进行积分，计算消耗电量。芯片内的 V/F 变换电路将有功电量转换成校表脉冲。CPU 实时读取计量芯片中电量信息并保存在非易失性存储器中，同时通过 RS485 传输到数据记录处理模块。数据记录处理模块从电力机车的 X2 插座上实时侦听机车的运行状态参数，并将测量模块传送过来的电量信息合并到机车数据中，组成一条记录，定时存储到非易失性存储器中。利用大容量的 IC 卡将这些记录存储至地面数据中心，地面软件根据这些记录形成各种分析报告。数据记录处理模块在合并电量信息的同时，将用电信息送到数码管显示。

2 硬件设计

2.1 电源电路设计

图2所示为电源模块电路图，其主要功能是为系统提供稳定的电源，其中 DAS2.5-0.5-WES 为开关电源，DCP020505P 为隔离电源。电路设计中充分考虑过流、过压、浪涌、共模干扰和差模干扰等问题。F1、VR1、VR2 实现过流和过压保护。L1、L2、C1、C5 构成差模噪声滤波器，抑制直流公共电源噪声耦合，可除去串入电源的外来干扰噪声，也可以抑制电路自身因电流和电压变化产生噪声对邻近电源的耦合干扰^[3]。L3、C2、C3 构成共模噪声滤波器，滤除频率很高的尖峰脉冲，R1 为滤波电容 C1、C5 的放电电阻。

2.2 电压电流输入回路

电压电流输入回路电路将机车电压和电流转换成适当的电压信号（要求小于 1 V），便于电量测量芯片进行采样，如图3、图4所示。电路中还包括限流和滤波等辅助电路。电流和电压信号通过电压互感器和电流互感器（例如图3、图4中的 T1 和 T2）采样。在设计时考虑到为适应 100 V 和 230 V，将电压互感器模块用电流互感器代替，同样的互感器只需更换不同的限流电阻

《信息化纵横》2009年第12期

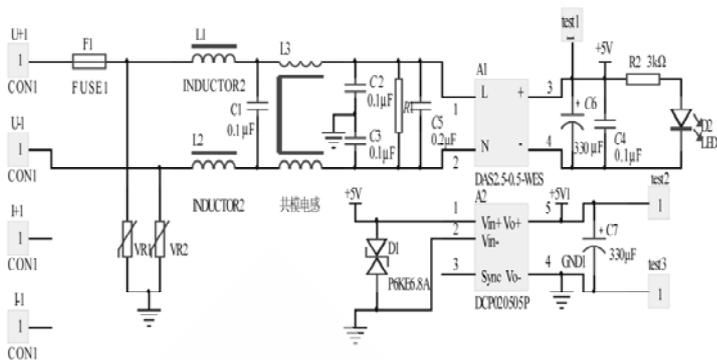


图2 电源模块

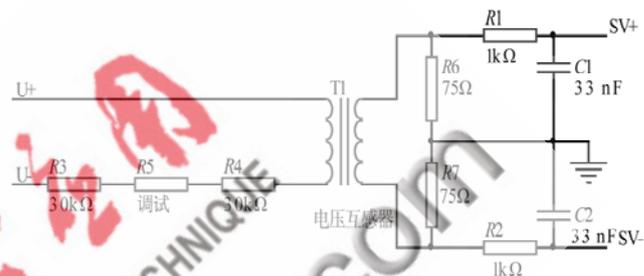


图3 电压回路电路图

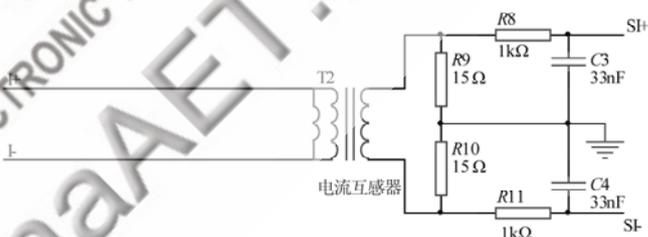


图4 电流回路电路图

即可满足 2 种不同的电压。

2.3 ADE7753 采集电路设计

ADE7753 是一款带串行接口和脉冲输出的高精度电能计量 IC。ADE7753 包含 2 个二阶 $\Sigma - \Delta$ ADC、一个数字积分器（在 CH1 通道）、参考电压电路、温度传感器以及完成有功功率、无功功率、视在功率测量、数字校准以及电流通道和电压通道有效值（RMS）和峰峰值测量所需要的全部信号处理功能。ADE7753 功能框图如图5所示。

通过 ADE7753 的 4~7 脚采集电流、电压互感器的输出信号，利用内置时分割乘法器对信号进行计算，并将计算结果保存在内部寄存器中，MCU 通过 SPI 口（ADE7753 的 17~20 脚）将电量读出。电量计算完毕后，由内部的 V/F 电路转换成频率输出，作为计量时的校表脉冲。ADE7753 内部基准源电路的温度系数典型值为 20 ppm/°C，但通常高达 80 ppm/°C。在 -20 °C 或 +60 °C 情况下，由于 80 ppm/°C 的温度系数使 AD7753 相对 25 °C 标准值产生的误差要高达 0.65%^[4]，因此本设计采用外部精密参考电压源 AD780，该芯片温度系数典型值为 3 ppm/°C。

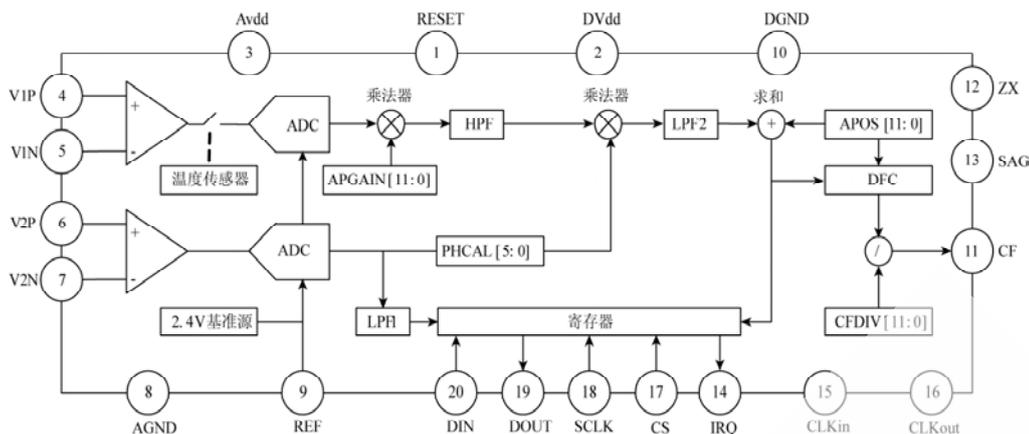


图5 ADE7753 功能框图

3 软件设计

本装置中电量测量模块和数据处理模块采用 C51 单片机控制。分别控制着各部分功能模块的串行数据的发送与接收、数据处理和显示控制等，因此按功能划分为 3 个任务：主控模块任务、显示模块任务和上位机监控任务。如图 6 所示。

主控模块的任务包括串行数据接收与发送和数据运算。显示模块任务包括数据的动态扫描显示和串行中断服务（用来接收并刷新待显示的电参量）2 个子任务。上位机监控任务包括串行数据的接收与处理，测量结果的存储、显示和打印，用户任务设置等子任务。上述任务在划分时，各子任务彼此独立，具有良好的可读性，易于维护和修改。如果用户有特殊要求，则只需修改或替换某子任务所对应的子程序即可。

主程序流程图如图 7 所示，主程序流程图采用的是“信息循环，事件驱动”的思想。当完成初始化之后，程序开始进入循环模式。当单片机接收到中断信号时，程序进入中断服务程序，然后再返回到主程序中。主程序

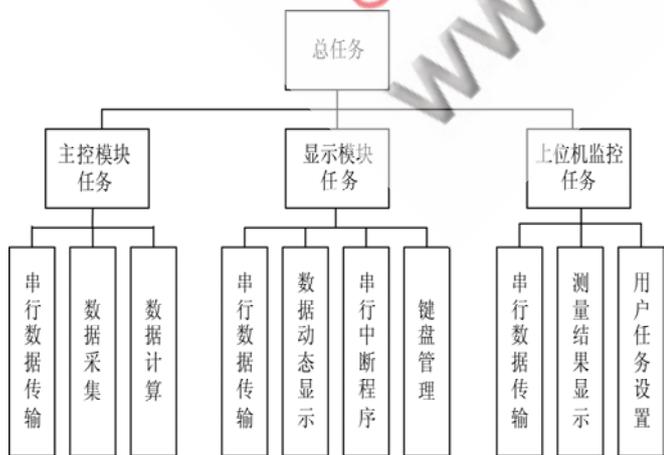


图6 软件模块划分

包括自检程序、中断服务程序、掉电数据转储程序、通信程序和 LCD 显示驱动程序。

自检包括 LCD 显示端口、SPI 端口和串行端口检查。该任务完成后根据模式选择 CAL 信号进入正常模式或校准模式。若进入校准模式，单片机将校准系数通过 SPI 端口写入到 ADE7753 中。当单片机没有接收到 CAL 信号时，则进入正常模式。这时

单片机初始化 I/O 口，清除寄存器，向寄存器写入控制字。然后单片机开中断，程序进入正常循环模式，单片机等待中断发生。在本设计中采用 2 个中断。一个中断是掉电检测，另一个是定时器中断。当掉电时，将单片机中数据存储在 EEPROM 中。定时器中断用来触发单片机读取 ADE7753 ENERGY 寄存器的电量值，将结果乘以校准系数，存储并更新显示数据。

4 测试与结论

试验设备：GDM-8145 数字万用表，TPR3002-2 可调

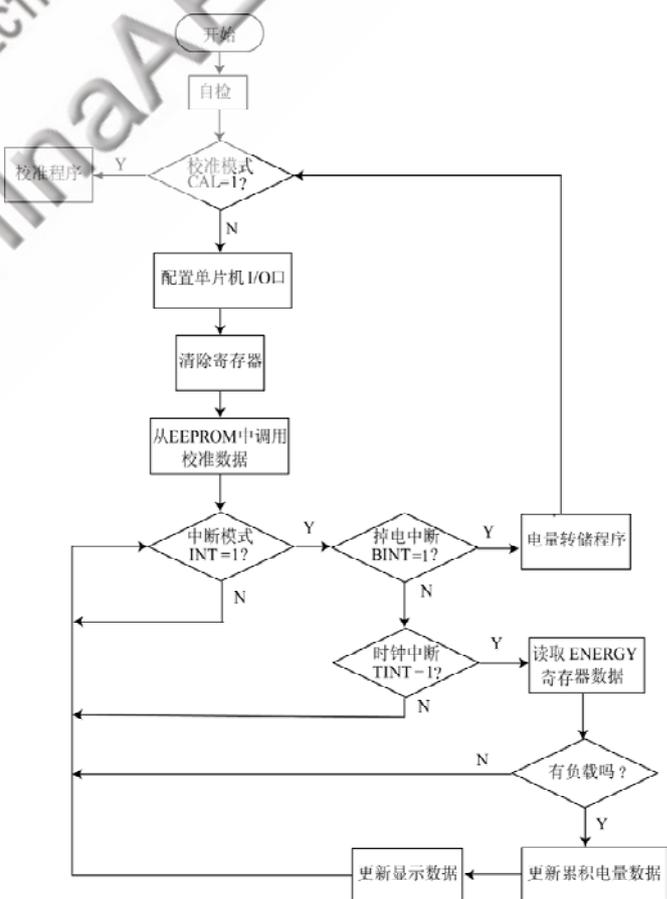


图7 主程序流程图 (下转第31页)

《电子技术应用》 www.ChinaAET.com
要求的所有功能, 精度达到设计要求, 终端结构简单, 稳定可靠, 价格便宜, 有良好的市场竞争力。

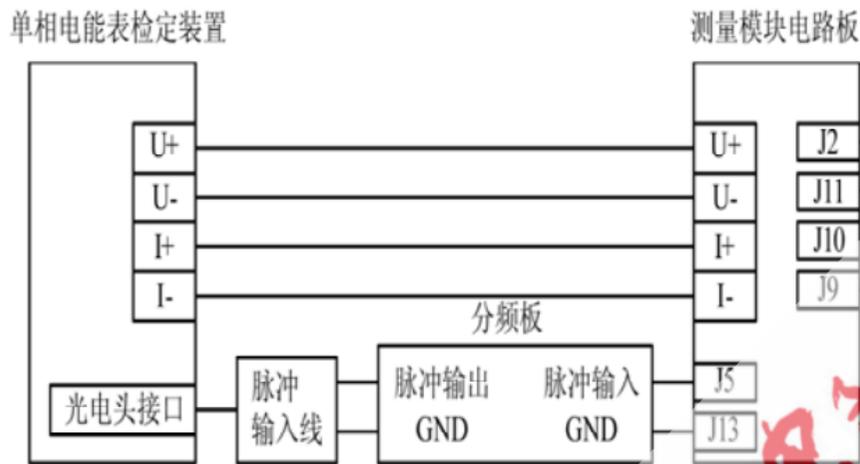


图8 电量测量模块连线图

DC 电源, TDS2012 泰克示波器, BX8-22 滑动变阻器, DZ601-3B 单相电能表检定装置。连线图如图 8 所示。

参考文献

- [1] 唐智慧.智能记录仪及耗电量评价指导系统[J].交通运输工程与信息学报,2005,3(4):22-27.
- [2] 李鸿剑,刘志坤.电力机车用电分段计量系统[J].机车电传动,2005(2):73-74.
- [3] KEVIN G. Design of locomotive location indicator communication system[J].IEEE AFRICON Conference,2004(7):112-116.
- [4] Analog Devices. A low cost watt-hour energy meter based on the AD7753 [EB/OL]. ,http://www.analog.com/zh/index.html,2003.4.

(收稿日期: 2009-02-25)