

# 基于 MSP430 单片机的智能称重控制系统

为满足机车智能称重的目的，设计了以 MSP430F149 单片机为核心的控制系统。该系统利用 MSP430F149 的优点，并结合外部电路来实现机车轮重的数据采集、比较判别及自动调整轮重的控制方法，重点介绍了系统的硬件组成和各部分的主要作用以及软件设计过程。该系统极大地提高了机车称重的效率和机车的制造质量，很好地满足了机车智能称重的目的。

张丽 李春茂 刘涛 / 西南交通大学电气工程学院  
唐春蓬 / 中国汽车工程研究院部件试验室



张丽 / 硕士研究生

随着铁路运输高速重载的发展，对机车的制造质量与运行品质都提出了更高的要求。因此，机车轮（轴）重分配均匀的控制将直接影响到整台机车粘着牵引力的发挥和牵引运动性能的优劣。对于采用二系悬挂的机车而言，造成机车轮（轴）重分配不均的原因有机车底架变形导致二系弹簧上平面不在同一平面内、转向架构架一系弹簧安装面距离轨面高度不一致、车轮滚动圆直径不一致及各弹簧的参数不可能完全一致等<sup>[1]</sup>。高性能机车在设计制造过程中就必须采取有效措施，使轮（轴）重偏差控制在一定的范围。在机车的实际组装过程中一般通过在弹簧座处增加垫片厚度的方法来调整机车轮（轴）重分配。

传统调整方法是基于人工经验对机车的轮（轴）重进行调整。而导致机车轮（轴）重分配不均匀的原因往往穿插糅合在一起，且在某一弹簧座处增加垫片厚度后所引起的各弹簧挠度变化量问题是一个非静定问题，必然需要经历一个多次调整、优化逼近的过程。由于以上原因，导致传统调整方法效率低下，调整误差大，轮（轴）重控制难以达到

技术要求。采用基于单片机的智能称重控制系统可以实时测量机车实际轴重分配，由液压作动器模拟各垫片处的加垫量，可以非常方便地多次调整、逼近和达到轴重分配的技术要求。

## 控制原理

该控制系统主要由基于 PC 的上位机系统和基于 MSP430 单片机的下位机系统组成。下位机系统主要负责数据采集及液压伺服系统控制。系统由 12 个压力传感器分别检测机车 12 个车轮承重，并将测量值通过 A/D 转换后传输到上位机与基准值进行比较，比较结果根据机车车轮的承重原理及 12 个车轮支撑点之间的耦合关系，通过计算算法转化为一系弹簧各点的位移控制量，该控制量即可作为伺服作动器（包括伺服放大器、伺服阀、液压缸和位移传感器）的活塞位移控制量，向下位单片机控制程序提供控制信号要求。再通过下位机输出控制信号调节液压伺服阀的开口变化，从而控制 12 个伺服执行器的工作位置，对各支点弹簧进行释放或压缩，改变各点弹簧承重力。伺服作动器的活塞位移由 12 个位移传感器测量，与活塞位移控制量比较后得到的偏差信号作为作动器的控制信号，构成闭环控制系统。

上位机系统的主要功能是实现人机交互，完成调整弹簧分析的算法，试验过程中调整弹簧的控制指令生成，参数输入输出，状态显示，试验结果数据保存、查询、报表生成及打印输出等。两级控制计算机之间采用串行通信方式进行数据交换<sup>[2]</sup>。系统的控制原理图如图 1 所示。

## 关键词/Keywords

称重传感器 ·  
MSP430F149 ·  
轮重 ·  
串口通信 ·

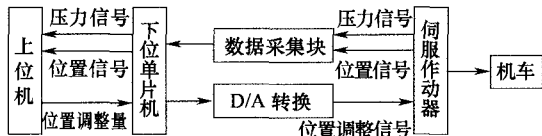


图1 控制原理图

### 下位机硬件电路设计

下位单片机系统主要包括CPU模块、数据采集模块、串口通信模块和D/A转换模块。

#### 1. CPU模块

本系统采用TI公司的16位单片机MSP430F149。它具有处理能力强、运行速度快及功耗低等优点。其工作电压为1.8~3.6V；采用16位精简指令集结构(RISC)，只有27条核心指令，8MHz时钟频率时指令速度可达8M/s，大多数指令1个时钟周期完成；片内寄存器数量多，存储器可实现多种运算；MSP430F149中断源较多并可任意嵌套，系统处于省电状态，用中断请求唤醒只需6μs；它还具有丰富的片上外围模块，如看门狗(WDT)、模拟比较器A、定时器A、定时器B、串口0和1、硬件乘法器及A/D转换器等，这在目前所有单片机系列产品中是非常突出的，为方案的解决提供了极大的方便。其中12位A/D转换器带有内部参考源、采样保持和自动扫描等特性；16位定时器Timer A具有四种工作模式，可同时进行多个捕获/比较功能；有48个可独立编程的I/O口；两个串行通信接口USART0与USART1；Flash存储器多达60KB，擦写次数可达10万次；片内有JTAG调试接口，由JTAG口可以直接下载程序到Flash内进行调试，这样只需一台PC机和一个JTAG仿真器就可以进行程序调试。开发语言有汇编和C语言，有较强的通用性<sup>[3]</sup>。

#### 2. 数据采集模块

数据采集模块主要负责对来自压力传感器和位移传感器的模拟信号进行调理和A/D转换。MSP430F149片内集成了12位精度的A/D转换模块ADC12，具有高速(最大采样速率达200ks/s)、通用的优点，它可以对8路外部模拟信号之一或4路内部电压信号之一进行转换。因此通过片内AD通道实现模拟量的采集，不仅可以

降低系统设计的复杂性，还可以提高系统的可靠性，避免接口的复杂性，同时还可以减小PCB板的面积，A/D转换的参考电压采用的是片内提供的参考电压<sup>[3]</sup>。

选择称重传感器的型号为SM10B，量程为0~25t，工作电压为DC24V，输出电流4~20mA。

称重传感器传送标准信号，即4~20mA的电流信号，而MSP430单片机的A/D转换基准为电压，即参考源为电压，所以A/D转换的是电压信号，这就需要用调理电路将电流信号转换为电压信号<sup>[4]</sup>。调理电路通过一个精密电阻将电流信号转换成电压信号，同时电路中采用二极管作为ESD静电保护电路，并采用电容进行滤波处理，增加采集电路的抗干扰性。电路图如图2所示。

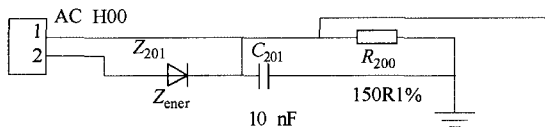


图2 信号调理电路

由于被测量先后来来自于12个压力传感器和12个位移传感器，共24路采集信号，而MSP430F149片内A/D转换模块只可以对8路外部模拟信号进行转换，因此需要模拟多路转换开关进行转换。这里采用的是3片CD4051八选一模拟多路转换开关，将24路信号分八次输入MSP430F149的P6.0~6.2引脚，即片内A/D转换的输入口，如图3所示，则单片机的A/D转换可以采用序列通道多次转换模式。

#### 3. 串口通信模块

串口模块主要实现下位机与上位机通信，下位单片机系统负责将采集到的各处压力和位移传感器数据通过串口通信模块送到上位机进行处理。由于单片机与RS232串口通信电平不兼容，因此需要进电路行电平转换，本系统采用SP3220芯片来完成接口电平的转换。SP3220芯片具有功耗低、封装小等特点。

SP3220芯片与一般的RS232芯片在使用上基本相同，接口电路图如图4所示。

#### 4. D/A转换电路

D/A转换电路将MUC出来的数字信号转换成

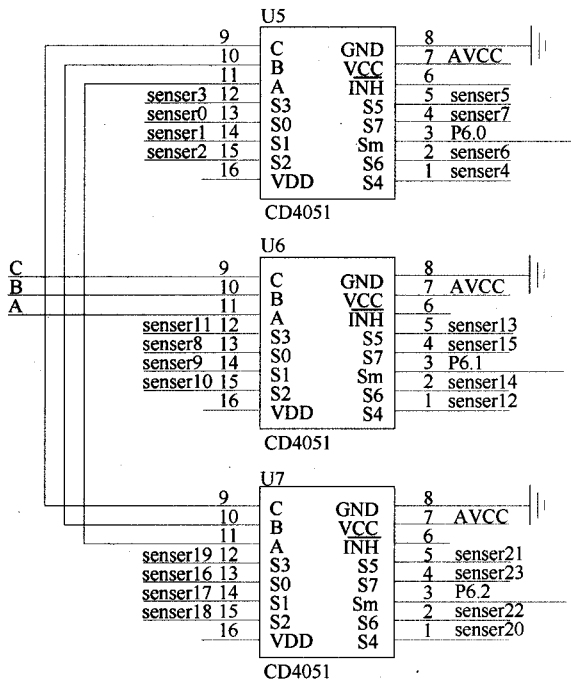


图3 模拟多路转换

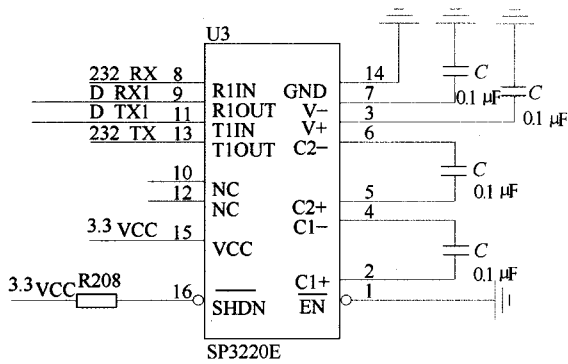


图4 串口通信电路

驱动液压伺服执行器工作的模拟信号，选用DAC8830芯片。DAC8830是一款高性能、低功耗的16位精度的D/A转换芯片，该芯片为电压输出。由于D/A转换器的输出直接与受控伺服作动器连接，容易通过公共地线引入干扰，因此采用光耦合器进行隔离，利用光耦合器的线性区可使D/A转换器的输出电压VOUT经光耦合器变成输出电流，即可实现模拟信号的隔离。具体的接口电路设计如图5所示。

### 软件设计

系统软件设计采用模块化设计方案。各子功能模块分割与硬件分块电路相对应。初始化模块

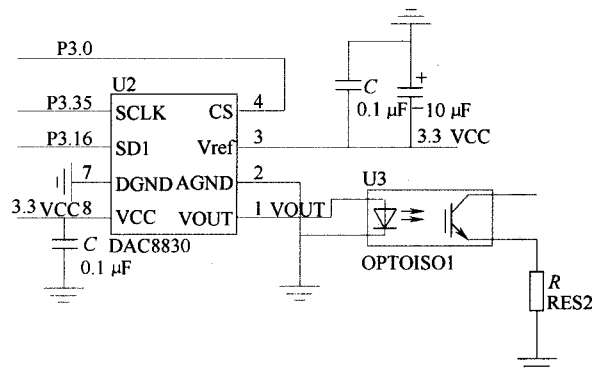


图5 D/A转换电路

在系统上电后对程序运行环境和一些功能寄存器进行初始化；数据采集模块实时采集被测机车的轮轴重量和伺服执行器的位移信号，并通过A/D转换后，与设定值进行比较判断。如果各轮轴重量达到设定值，则继续下一步的任务；如果各轮轴重量与设定值有差异，则通过计算算法转化为控制伺服执行器活塞位移的控制量，向单片机提供控制信号要求，并将控制信号输出以控制各个伺服执行器的移动，从而达到改变各轮轴的承重力的目的。伺服执行器活塞的实际位移量由位移传感器测量，经A/D转换后与活塞位移的控制量比较，从而控制液压伺服执行器的工作，构成闭环伺服控制。当车轮重量满足要求时，下位单片机通过串口向PC机输出此时各处的轮重值和弹簧加垫量，在PC机上显示、存储和打印该机车调整前后的车轮重量和弹簧加垫量。系统程序流程图如图6所示。

其中MSP430F149的A/D转换有四种模式：单通道单次转换、序列通道单次转换、单通道多次转换和序列通道多次转换<sup>[4]</sup>。考虑到共有24路采集信号，因此选用序列通道多次转换，关于转换模式的选择主要通过设置相应的A/D转换的寄存器来实现。数据采集的时间间隔通过定时器A来完成，就是在每次定时器A中断到来时读取A/D采集得到的数据，在读数据之前先停止A/D转换，在读数据完毕后启动A/D转换，如果得到数据，则设置一个标志位通知主程序，告诉主程序已经得到新的数据。整个模块采用的是中断服务程序的结构完成。

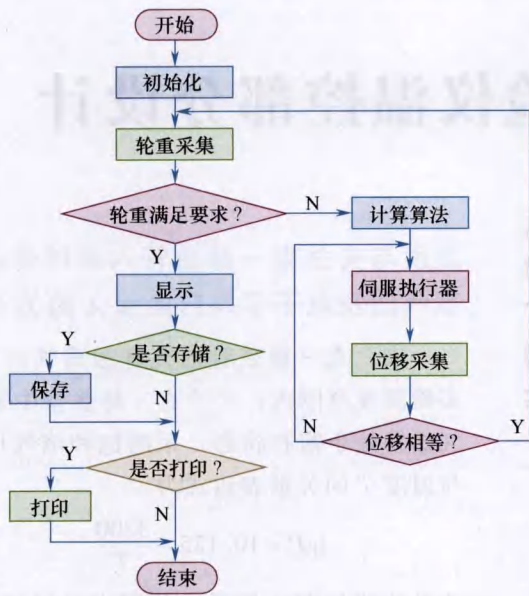


图6 称重控制系统软件流程图

简化了电路的设计，降低了成本，减小了体积，提高了整个系统的稳定性和可靠性。与传统的机车称重系统相比，该称重控制系统通过对各个轮轴重量进行准确的测量，提供精确的调整量，克服了传统机车称重误差大，调整时间长等优点，很好地保证了机车的运行质量。

参考文献

[1] 郭海英, 周勇, 耿海路. 机车车体称重调簧新工艺研究 [J]. 机械管理开发, 2007 (4): 60-63.  
 [2] 柳波. 机车车体称重调簧试验台液压伺服系统设计 [J]. 液压与气动, 2003 (8): 21-23.  
 [3] 沈建华, 等. MSP430 系统 16 位超低功耗单片机原理与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.  
 [4] 秦龙. MSP430 单片机应用系统开发典型实例 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

(收稿日期: 2008-08-13) EA

结束语

该智能称重控制系统以 MSP430F149 为核心，

## 航天技术 值得信赖

### HTHF通用谐波滤波器 开创谐波治理新时代



- ▶ 直接与谐波发生设备（变频器、中频炉、其他非线性负载）连接使用，效果确定，不需要调试
- ▶ 根据负载的功率直接采购，供货周期短，安装简便
- ▶ 确保谐波抑制效果，满载时谐波电流畸变率THID < 10%
- ▶ 满足各种谐波标准（IEEE519、GB14549）的要求
- ▶ 整个负载范围内，功率因数98%（滞后）~95%（超前）
- ▶ 不吸收上游谐波，不与系统发生谐振，消除电网上的浪涌电压
- ▶ 完全无源网络，可靠性高，维护简单

航天科工集团706所运用航天技术开发的HTHF谐波滤波器开创了无源谐波滤波器的新时代，传统无源滤波器的成本高、工期长、效果不确定等观念将成为历史。

**中国航天科工集团706所**  
 地址：北京市海淀区永定路51号  
 业务电话：010-68387471  
 技术服务电话：010-68386283  
 网址：www.emi-filter.com  
 Email：market@emi-filter.com