

文章编号: 1005-8451 (2006) 02-0035-03

# 单片加速度传感器的列尾脱钩检测装置的设计

陈永翱, 陈向东

(西南交通大学 计算机与通信工程学院, 成都 610031)

**摘要:** 单片加速度传感器内部集成一个完整的加速度测量系统, 它具有高精度、宽量程、抗干扰能力强、过载能力强、外围电路简单和应用领域广泛等优点。对列车在运行中的加速度进行分析, 并介绍 ADXL213 型单片加速度传感器的原理及其在列尾脱钩检测装置中的应用设计。

**关键词:** 加速度; 传感器; ADXL213; 列尾脱钩

**中图分类号:** TP212

**文献标识码:** A

## Design of tail dislocated monitor device based on single chip acceleration sensor

CHEN Yong-xuan, CHEN Xiang-dong

(School of Computer and Communication Engineering of Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Single chip accelerometer had integrated an intact accelerometer measurement system inside, it had high precision, wide measurement range, high EMC resistant ability, high overloading ability, and simply periphery circuit. It was introduced the principle of the ADXL213 single chip accelerometer sensor and the typical design of the train device which monitored the tail dislocate.

**Key words:** acceleration; sensor; ADXL213; tail dislocated

在铁路运输当中, 确保行车安全是整个铁路系统的重中之重。在取消了铁路货运列车的守车后, 如何保障铁路的行车安全引起了广泛的关注, 许多列尾装置应运而生, 但当前的大部分列尾装置未能对运行中列车的尾部运行状态进行实时的监测, 以及拖钩后不能及时发现并发出相应的警告。在某铁路局曾经发生因列尾脱钩后, 列尾滞留在区间未能及时发现而造成的重大行车事故。因此, 对运行当中列车的尾部运行状况进行实时监测, 对确保铁路行车安全具有重要的意义。本文对列车在运行中的加速度进行了分析, 并根据列车的加速度特性, 提

出了应用单片加速度传感器对列尾运行状态进行监测的设计方案。

## 1 单片加速度传感器 ADXL213 简介

ADXL213 是基于单块集成电路的完善的双轴加速度测量系统。它是一个以多晶硅为表面的微电机传感器和信号控制环路来执行操作的开环加速度测量结构。对每根轴而言, 输出环路将模拟信号转换为脉宽占空比的数字信号 (DCM)。这些数字信号可以直接与微处理器接口。ADXL213 可测量正负加速度, 其最大测量范围为  $\pm 1.2\text{ g}$ 。ADXL213 不单只可用于动态加速度的测量, 也可测量静态加速度,

收稿日期: 2005-07-07

作者简介: 陈永翱, 在读硕士研究生; 陈向东, 教授。

## 2 结束语

一车一档系统在 2003 年底制作完成后, 在段技术科、质检中心和车间等部门进行实践使用, 使用效果很好, 大家一致认为, 该软件使用方便, 功能实用, 完全可以摆脱过去卡片式的管理模式, 节约了大量的人力和时间, 实现了软件编写的基本目的。管理者在使用中结合实际提出一些修改意见, 笔者

也进行了针对性的完善。随着客车技术的迅猛发展, 一车一档系统肯定会出现一些新的、需要完善的地方, 也希望各位同行多提宝贵意见, 使其进一步得到改进, 在今后的使用过程中发挥更大的作用。

## 参考文献:

- [1] 张 廷, 张军安. 中文 Visual Foxpro 6.0 编程指南[M]. 兰州: 西北工业大学出版社, 1999.

亦可用作斜度测量。

传感器采用在硅片上经表面微加工的多晶硅结构,用多晶硅的弹性元件支撑它并提供平衡加速度所需的阻力。结构偏转是通过由独立的固定极板和附在移动物体上的中央极板组成的可变电容来测量的。加速度计受到加速度力后改变了可变电容的平衡,使输出方波的振幅与加速度成正比。而相位解调技术用来提取信息,判断加速度方向。

## 2 列尾脱钩装置的设计

### 2.1 设计思想

列车正常运行时加速度余量较小,一般为  $0.005 \text{ m/s}^2 \sim 0.02 \text{ m/s}^2$ ,而列车在起动及制动当中加速度相对较大。如果列车在正常运行当中尾部脱钩了,这时,脱钩的各节车厢的风缸气压迅速减小,闸瓦将抱紧车轮,脱钩的列尾在产生制动的同时获得一个较大的负加速度,并且速度急剧的减小,而此时列头的加速度为正值,速度变化不大。因而可以分别对列头和列尾进行加速度的检测,判断列头和列尾的加速度值的大小来实现列尾脱钩报警装置。

列车的整体结构并不是刚性结构,而是复杂的多刚体系统,这样就造成了列车在正常的加减速时机车的加速度与列尾的加速度并不是保持一致的,并且,如果列头和列尾分别处于不同斜率的坡度或曲率的线路时,列头和列尾的加速度值亦存在差别,这样,处理装置在接收列头和列尾的加速度信号时,必须经过延时及各种判别才能判断出列车是在正常行驶还是列尾脱钩了,不至于产生误报警。

### 2.2 列车运行状态分析

列车运行时的加速度变化如图 1 所示,一般情况下列车启动时的加速度最大为  $1 \text{ m/s}^2$ ,制动时最大加速度为  $-1 \text{ m/s}^2$ 。列车在上、下坡时,重力加速度会在传感器的敏感轴上叠加一个加速度分量,在经过曲线时亦会在传感器的敏感轴上叠加一个加速度分量。因此为了避免产生误告警,将列尾脱钩告警的阈值设定为  $-0.5 \text{ m/s}^2$ 。当列尾的加速度的值超过  $-0.5 \text{ m/s}^2$  时,向列头发出一个告警信号,若列头加速度为负值则不发出脱钩警告,若列头的加速度非负,则经过  $3 \text{ s}$  的延时,  $3 \text{ s}$  后列尾的加速度仍超过  $-0.5 \text{ m/s}^2$  而列头的加速度非负则发出告警信号。

### 2.3 结构框图

列头与列尾的基本结构大体相同,如图 2、图

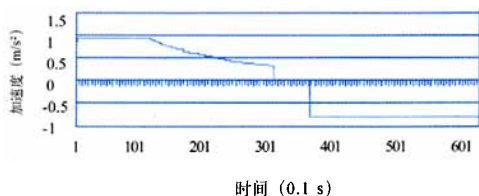


图1 列车加速度曲线

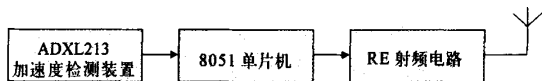


图2 列尾装置

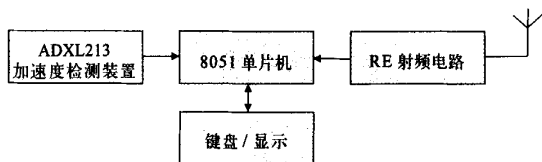


图3 列头装置

3所示,主要由ADXL213构成的加速度检测电路、8051单片机、射频电路构成。在列尾装置中,单片机8051利用外部中断的方式,对加速度传感器的DCM脉冲信号 $t_1/t_2$ 进行计数,经过计算获得当前列尾的加速度值,然后判断是否超过设定的临界值,如果超过了临界值,通过控制射频电路进行调制发射。列头装置在接收到列尾的射频调制信号后,根据列头当前的加速度值判断列尾是否脱钩,如果列头的加速度值非负,经过 $3 \text{ s}$ 的延时后,列尾的加速度仍超过  $-0.5 \text{ m/s}^2$  则向列车司机发出告警信号。反之,列车为正常的制动,不发出告警。

### 2.4 加速度传感器内部框图及应用电路

ADXL213解调器的输出通过  $32 \text{ k}\Omega$  的固定电阻输出到脉宽占空比解调器。这时,允许用户改变滤波电容的大小来设置输出信号的带宽。这种滤波提高了测量的精度,并有效地防止频率混叠。经过低通滤波后,模拟信号由DCM(脉宽占空调制器)转换为脉宽占空比信号。通过一个电阻 $R_{\text{SET}}$ 将 $t_2$ 设定在  $0.5 \text{ ms} \sim 10 \text{ ms}$  范围内。在  $0 \text{ g}$  加速度时使输出占空比为  $50\%$ 。加速度可由一计数/计时器或低功耗的微控制器通过测量 $t_1, t_2$ 来测得。ADXL213内部框图及应用电路如图4所示。

ADXL213的数字输出是脉宽占空比调制信号, $t_1/t_2$ 与被测加速度成正比。在加速度为  $0 \text{ g}$  时,ADXL213的输出为  $50\%$  占空比。灵敏度为每  $\text{g}$  所引起的脉宽占空比变化  $30\%$ 。  $0 \text{ g}$  时的失调和系统

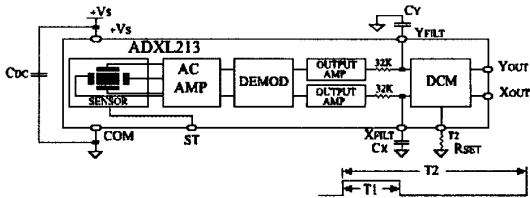


图 4 ADXL213 内部框图及应用电路

误差影响实际输出值。在实际应用中不必每次都测量  $t_2$ ，只需在温度变化后适时修正。既然  $t_2$  是 X 和 Y 两路共有的，因此，只需一次测量一路的  $t_2$  值就行。占空比与加速度的转换可由下式得出：

$$a=((t_1/t_2)-0.5)/(0.3/g)$$

使用  $C_x$  和  $C_y$  的设定带宽：ADXL213 有两个  $X_{FILT}$  和  $Y_{FILT}$  引脚，可外接电容来设定带宽。电容必须安装在紧靠引脚处，用以去混叠和抑制噪声。3 dB 带宽计算公式如下：

$$F_{-3dB}=1/[2\pi(32\text{ k}\Omega)\times C_{(X,Y)}]$$

或简化为：

$$F_{-3dB}=5\text{ }\mu\text{ F/C}_{(X,Y)}$$

$R_{FILT}$  可在额定值 32 k  $\Omega$  的  $\pm 25\%$  范围内变动，相应地，带宽也随之变化。另外，在任何情况下， $C_{(X,Y)}$  的最小电容值为 1 000 pF。表 1 给出滤波电容  $C_x$  和  $C_y$  与信号带宽的关系。

表 1 滤波电容与带宽的关系

带宽(Hz)	电容值(μ F)
1	4.7
10	0.47
50	0.1
100	0.05
200	0.027
500	0.01

利用  $R_{SET}$  设定 DCM 的周期：两个通道的 DCM 周期是通过电阻  $R_{SET}$  来设定。计算公式为：

$$T_2=R_{SET}(\Omega)/125\text{ M}\Omega$$

125 k  $\Omega$  的电阻将周期设定为 1 ms 左右。器件可在周期 0.5 ms ~ 10 ms 范围内运行。

模拟输出信号可通过以下两种方法获得：一种从  $X_{FILT}$  和  $Y_{FILT}$  管脚得到；一种是通过 RC 滤波器对脉冲信号滤波后得到的 DC 值推算。值得注意的是，即使只需要一个模拟输出端，也必须使用  $R_{SET}$ 。在需要从  $X_{FILT}$  和  $Y_{FILT}$  两个引脚输出信号时， $R_{SET}$  的阻值可选取在 500 k  $\Omega$  和 2 M  $\Omega$  之间。 $R_{SET}$  应安装在靠近  $t_2$  引脚处，以使分布电容最小。

2.5 程序流程图

程序流程见图 5 和图 6。

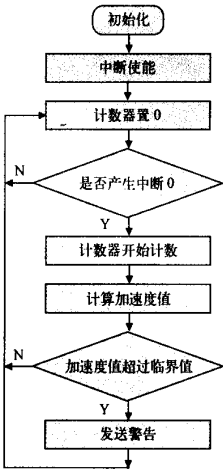


图 5 列尾程序框图

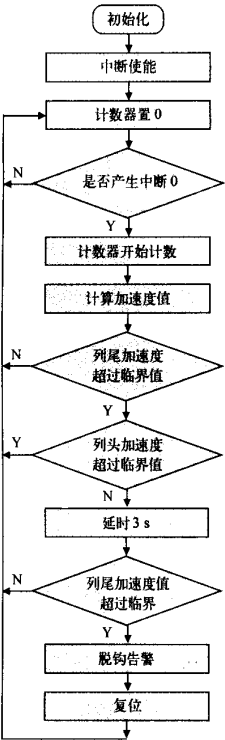


图 6 列头程序框图

3 结束语

本文针对单片机 8051 的应用，提出了基于单片加速度传感器 ADXL213 的列尾脱钩检测装置的设计方案，给出了详细的设计过程。该设计充分利用了单片加速度传感器的特点，将传感器的 DCM 信号直接送至单片机的外部中断接口，利用单片机内部定时器的外部中断计数方式实现对加速度的智能检测。本设计的程序在 C 语言的环境下运行通过，能实现程序的功能。

参考文献：

[1] 郝 瀛. 铁道工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000, 3.  
[2] 张友德, 赵志英, 涂时亮. 单片微型机原理、应用与实验 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993, 8.  
[3] 绝维千. 列车在最高速度运行的剩余加速度的合理确定[J]. 内燃机车, 1998 (1): 30—34.  
[4] 李聪颖. 捷运列车最佳运转速度排程分析[R]. 台湾科学委员补助专题研究计划成果报告. 台湾: 明新技术学院机电系, 1990.