

## 基于 MAX267 带通滤波器的设计

李 莉

(青岛四方车辆研究所有限公司 半主动悬挂项目部, 青岛 266031)

**摘 要:** 利用 MAX267 滤波芯片滤掉半主动悬挂系统采集信号中的干扰噪声和车辆过曲线时的离心加速度。介绍 MAX267 滤波器芯片的使用方法, 说明如何确定芯片 F 与 Q 系列引脚值。在理论计算的基础上, 利用将滤波芯片级联的方法设计出中心频率较小、带宽较窄的 8 阶契比雪夫带通滤波器。实验结果证明该滤波器的滤波效果是可以达到设计要求的。

**关键词:** 带通滤波; 中心频率; 品质因数; 设计

**中图分类号:** TP39 : U270.331 **文献标识码:** A

### Design of band pass filter based on MAX267

Lili

(Semi-active Suspension, Qingdao Sifang Rolling Stock Research Institute Co., Ltd. Qingdao 266031, China)

**Abstract:** Filter chip MAX267 was used in order to filter out the interference noise and centrifugal acceleration from the collected signals of the Semi-active Suspension System. The using method for the MAX267 filter chip was described. And how to determine the value of the F and Q was explained. Based on theoretical calculation chebyshev band pass filter was designed used the method of chip cascade. The characteristic of the band pass filter was that the center frequency was smaller and the bandwidth was narrower. What's more, the test had verified that the filter could meet the design demand.

**Key words:** band pass filter; center frequency; quality factor; design

半主动悬挂系统, 采集信号进入控制装置后, 首先需要对其进行滤波处理。必须过滤干扰噪声信号及车辆在曲线运行时产生的离心加速度信号,

收稿日期: 2009-04-20

作者简介: 李 莉, 工程师。

才能得到对系统有用的横向振动加速度信号。根据《铁道机车动力学性能试验鉴定方法及评定标准》TB/T 2360-1993, 以总加权加速度均方根值作为评价平稳性指标, 选用的低通截止频率为 80 Hz。车辆在曲线上运行时, 车体横向加速度为

## 4 结束语

随着数据仓库的出现, 其面向主题集成、不可更新、随时间变化等特性可以更好地支持决策分析的数据集合。传统数据库中的数据用以支持事务处理, 属操作型数据而数据仓库中的数据是用以支持分析处理的分析型数据。数据仓库正是为了进行快速而有效地决策分析产生的。数据仓库的出现, 原有的数据库工具已无法满足需求, 数据挖掘正好可以帮助决策者在数据仓库中寻找数据间的潜在关联, 发现被忽略的要素, 提取隐藏其中的信息以便进行分类和优化。辅助决策者进行趋势预测及行为决策。通过运用数据挖掘的模型和技术分析最优客户群进行, 其结果是管理层做决策的基础, 也有利于企业的经营目标的实现。但是

最优客户群分析的前提是具有以客户为主题的数据仓库, 用以支持大量的数据存储, 以便能更准确的算出与最优客户群相关的某些条件和方面。

### 参考文献:

- [1] 康小东. 基于数据仓库的数据挖掘技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 陈京民. 数据仓库原理、设计与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [3] 陈 安, 陈 宁, 周龙骧. 数据挖掘技术及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 范 明, 范宏建. 数据挖掘导论[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [5] 武 森. 数据仓库与数据挖掘[M]. 北京: 冶金出版社, 2003, 9: 281-325.

横向振动加速度和离心加速度之和,而离心加速度往往比横向振动加速度在绝对值方面大很多,在频域方面离心加速度与车体振动加速度相比,频率又较低。动力学仿真计算分析得出,识别离心加速度的高通滤波截止频率可取为 0.2 Hz~0.5 Hz。

半主动悬挂系统控制装置的设计,对信号的滤波采用硬件滤波的方法,通过软件滤波分析与硬件方面的选型限定,截止频率定为  $f_{p1}=0.4$  Hz,  $f_{p2}=15$  Hz。由此滤波芯片选用了 MAX267 芯片来实现信号的带通滤波。

## 1 芯片简介

MAX267 是一种应用非常广泛的 4 阶开关电容滤波器。这款芯片不需要外部元件就能做成契比雪夫、巴特沃斯、贝塞尔等带通滤波器。所设计滤波器的中心频率与 Q 值均可通过芯片引脚方便地选择。芯片有外部时钟的输入引脚,可精确地设定滤波器的中心频率与截止频率的比值。

MAX267 部有 2 个二阶滤波器,每个滤波器均由开关电容网络组成,性能相同,参数也相同,可以级联成 4 阶、6 阶或 8 阶等更高级的滤波器使用。在芯片的外部增加电阻和电容可组成多级反馈带通滤波器。MAX267 的内部结构如图 1,其时钟信号的频率范围为 40 Hz~4 MHz,中心频率的选择范围为 0.4 Hz~40 kHz,时钟频率与中心频率之比由芯片引脚 F0~F4 决定,Q 值由芯片引脚 Q0~Q6 决定。

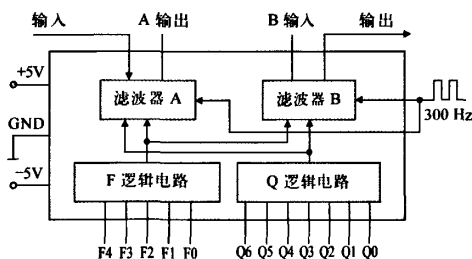


图 1 MAX267 内部结构

## 2 带通滤波器的设计

### 2.1 设计步骤

(1) 设计滤波器类型。从通带性质来分,滤波

器主要有 4 种基本类型:低通滤波器(LPF)、高通滤波器(HPF)、带通滤波器(BPF)和带阻滤波器(BEF)。

在滤波器的设计中,按照不同的频域或时域特性要求,滤波器又可分为巴特沃斯型、契比雪夫型、贝塞尔型和椭圆型。

巴特沃斯型滤波器输出幅度随频率增高单调减小,具有最平坦的通带幅频特性。

贝塞尔型滤波器通带边界下降较缓慢,但其相频特性接近线性,具有最佳的相位特性。

椭圆型滤波器的幅频特性在通带内和阻带内都是波动的,即过渡带最陡。

契比雪夫型滤波器与贝塞尔型和巴特沃斯型滤波器相比,其通带边界下降较快,与椭圆型滤波器相比具有较平的通带幅频特性。根据所需信号的处理要求,确定滤波器的类型,据此可以确定滤波参数 F 及 Q 值。

(2) 将 F 值和 Q 值转化为滤波芯片所需要的数字系数,进而确定芯片的 F 系列引脚与 Q 系列引脚的输入。

(3) 用外部电阻和电容将滤波器级联起来,形成所需要的 4 阶或 6 阶、8 阶滤波器。

### 2.2 设计要求

在该控制系统设计中,信号需要进行截止频率定为  $f_{p1}=0.4$  Hz、 $f_{p2}=15$  Hz 的带通滤波。通过 MATLAB 的仿真计算,确定滤波输入信号需要进行 4 阶以上契比雪夫带通滤波,为确保信号正确性,系统采用 8 阶契比雪夫带通滤波。

### 2.3 阶契比雪夫带通滤波器设计

根据设计要求进行计算:

$$\text{带宽: } BW = f_{p2} - f_{p1} = 15 - 0.4 = 14.6 \text{ Hz,}$$

$$\text{中心频率: } f_0 = \sqrt{f_{p1} \cdot f_{p2}} = \sqrt{15 \times 0.4} = 2.4495;$$

取时钟输入频率  $f_{clk}$  为 400 Hz, 则:

$$\frac{f_{clk}}{f_0} = \frac{400}{2.4495} = 163.3$$

通过查芯片的数据手册确定芯片的 F 系列引脚 F0~F4 的值为 00101;

$$\text{品质因数为: } Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{2.4495}{14.6} = 0.1678$$

系统采用的是 8 阶契比雪夫带通滤波,带通滤波纹 1.0dB,查 MAX267 芯片的数据手册,  $K_0=4.1981$ ;  $K_1=0.1869$ ;  $K_2=0.2038$ ;  $K_3=0.6840$ ;  $K_4=$

0.3002; 修正由4个2阶滤波器所构成的8阶滤波器的品质因数  $Q=Q \cdot K_Q=0.1678 \times 4.1981=0.7044$ ; 另外, MAX267 只能用于模式1, 所以由芯片数据手册可确定芯片的Q系列引脚Q0~Q6的值为1 010 010。

8阶带通滤波的反馈电路如图2, 取  $R_f$  为10 K  $\Omega$ ,  $R_0$  决定滤波器的总增益。

$$R_0=K_0 \cdot R_f \cdot (Q/2)^M$$

$$M=(\text{滤波器的阶数})/2$$

$$R_N=K_N \cdot R_f \cdot (Q/2)^N \text{ 所以}$$

$$M=8/2=4, \text{ 计算}$$

$$R_0=0.1869 \times 10 \times (0.7044/2)^4 \times 1\,000=28.76$$

( $\Omega$ ) 取  $R_0$  为30  $\Omega$

$$R_2=0.2038 \times 10 \times (0.7044/2)^2 \times 1\,000=252.8$$

( $\Omega$ ) 取  $R_2$  为250  $\Omega$

$$R_3=0.6840 \times 10 \times (0.7044/2)^3 \times 1\,000=298.8$$

( $\Omega$ ) 取  $R_3$  为300  $\Omega$

$$R_4=0.3002 \times 10 \times (0.7044/2)^4 \times 1\,000=46.2$$

( $\Omega$ ) 取  $R_4$  为51  $\Omega$ ,  $C_2 \sim C_4$  取3 pF。

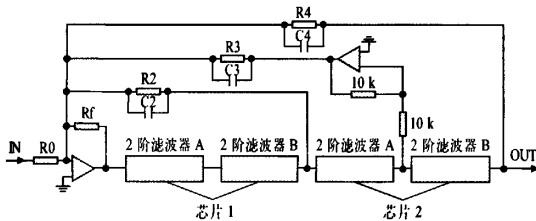


图2 滤波器多级反馈示意图

基于以上参数, 设计的8阶带通滤波器原理如图3。CLK输入是DSP产生的400 Hz的PWM波, VIN是加速度的采集信号, VOUT是滤波以后的横向振动加速度信号。

### 3 实验结果

通过电路板实验, 对比分析输入与输出信号如图4, 可证实, 采用MAX267进行系统的带通滤波, 可较好地提取出列车横向振动加速度信号。

### 4 结束语

实验证明, 采用开关电容滤波器 MAX267 设计和制作的契比雪夫高阶带通滤波器, 其结构简

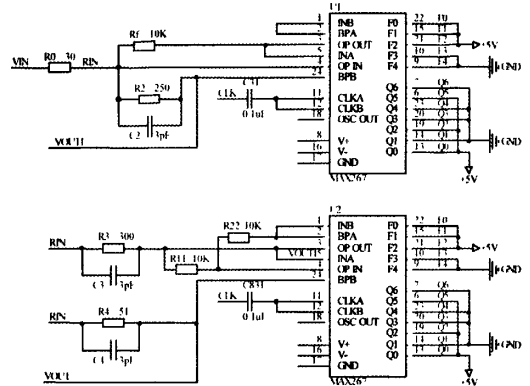


图3 8阶滤波器原理电路图

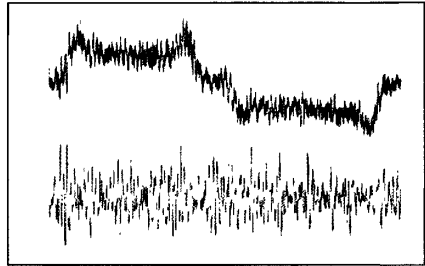


图4 滤波器输入输出波形图

单, 易于设计, 性能可靠, 避免了传统高阶滤波器电子元件多、不宜调节的缺点。值得提出的是: 由于高阶滤波器滤波节数多, 因而不可避免地会带来一些高噪声; 另外, 模拟滤波器在通带范围内还会产生一定的相移。这些都是实际操作过程中需要考虑的因素。

### 参考文献:

- [1] 黄知涛. 高性能数据采集系统中信号的低通滤波原理及实践[J]. 测控技术, 1999 (5).
- [2] Kimiaki SASAKI. 日本摆式列车的横向半主动式悬挂系统[J]. 国外铁道车辆, 2001 (5).
- [3] 谢成祥. 基于MAX267的自适应带通滤波器的设计[J]. 电子工程师, 2004 (11).
- [4] 黄松筠. 集成开关电容滤波器的应用研究[J]. 现代军事通信, 2001 (1).
- [5] 羿 颢. MAX26\_系列数字编码式滤波器的使用方法[J]. 四川大学学报, 2000 (3).
- [6] 吴学杰. 高速列车横向悬挂主动、半主动控制技术的研究[J]. 铁道学报, 2006 (1).