

# 基于 DSP 的汽车减震弹簧故障诊断仪的设计

西安交通大学综合自动化所(710049) 李晨航 王立琦 韩德强

**摘要:** 介绍了一个基于 TMS320VC5409 的汽车减震弹簧故障诊断系统的基本原理、总体设计方案与软硬件的设计。以真实的车辆减震弹簧进行多次试验,证明了该仪器工作稳定,能够有效地完成汽车减震弹簧的故障诊断,具有很好的应用前景。

**关键词:** DSP 故障诊断 非线性频谱分析 GFRF

汽车减震弹簧故障诊断仪的基本原理是基于非线性频谱分析技术的。这种技术的基本思想是:根据采样得到的减震弹簧的输入和输出数据,利用有效的非线性系统辨识方法得到弹簧的振动方程,再利用多维傅里叶变换得到减震弹簧的非线性传递函数的频域表示形式—广义频率响应函数 GFRF (Generalized Frequency Response Functions)。GFRF 是描述系统非线性传递特性的一种非参数模型,它能够唯一地刻画系统传递特性的频域特征,因而系统故障前后传递特性的非线性变化就能够通过 GFRF 被准确地反映。弹簧处于正常工作状态时,仅具有一阶 GFRF;弹簧在疲劳失效后,最明显的变化是三阶 GFRF 大量出现<sup>[1]</sup>。分析弹簧系统的 GFRF,就可判断出弹簧的工作状态。目前国内对汽车减震弹簧的故障诊断还缺乏有效的手段,而且基于这一原理的实际应用在国内外尚处于起步阶段,因此该仪器具有很好的应用前景。

## 1 系统总体方案

非线性系统辨识算法庞大、复杂,对系统的计算能力要求很高。DSP 是专门用于数字信号处理的芯片,计算能力强大、运算速度快,能够满足系统的要求。DSP 的计算能力虽然很强,但其事件管理能力较弱,而且直接支持的 I/O 口很少。为了方便地实现人机交互,采用 DSP 与单片机协同工作的方式:以单片机为主机,通过通讯接口对 DSP 实现控制;同时利用单片机较强的外围设备管理能力实现人机接口、显示等功能。主要工作流程是:弹簧的输入输出信号经过滤波电路进行调理后,由 A/D 转换器转换为数字信号,再进入 DSP 进行运算,得到的诊断结果通过通讯接口电路送入单片机,单片机将结果显示在液晶显示器上,并经过串口送入到 PC 机。单片机通过通讯接口控制 DSP 的工作状态。系统原理框图如图 1 所示。

## 2 硬件电路设计

### 2.1 信号调理电路

采用集成开关电容滤波器 MAX280 组成抗混叠滤波

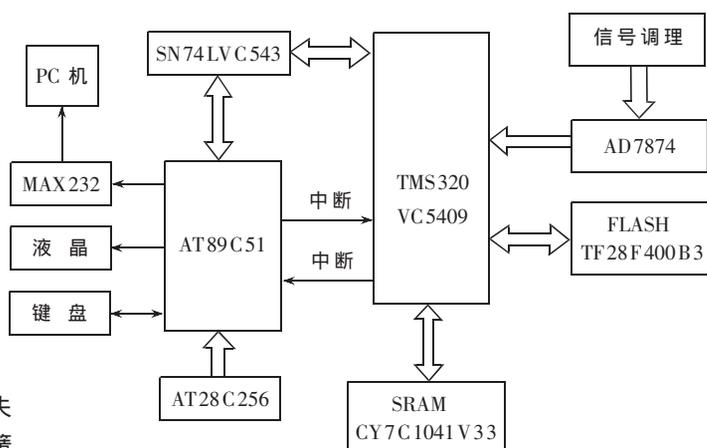


图 1 汽车减震弹簧故障诊断仪原理框图

电路。MAX280 是一个五阶低通滤波器,截止频率可调。当它的时钟管脚接内部时钟时,最大截止频率为 1.4kHz;而汽车减震弹簧稳定工作时,信号的频率不超过 500Hz,故设定滤波器的截止频率为 700Hz。

### 2.2 DSP 电路

DSP 电路完成数据采集及数字滤波,利用内置的算法完成故障诊断等任务。

本系统中的 DSP 采用美国德州仪器公司(TI)生产的 TMS320VC5409,它是 TMS320C54xx 系列的一个高速、高性价比、低功耗的 16 位定点通用 DSP 芯片。其主要特点包括:改进的哈佛结构(1 条程序存储器总线、3 条数据存储器总线和 4 条地址总线),带有专用硬件逻辑 CPU,片内存储器,6 级流水线结构,片内外设专用的指令集。TMS320VC5409 含 16K 字的片内 ROM 和 32K 字的片内 DARAM,程序空间的寻址范围达到 8M,数据和 I/O 空间寻址范围分别为 64K。单周期指令执行时间为 10ns,双电源(1.8V 和 3.3V)供电,带有符合 IEEE1149.1 标准的 JTAG 边界扫描仿真逻辑<sup>[2]</sup>。

DSP 电路采用 16 位并行自引导模式,对于 TMS320VC5409,用户程序存储在外部数据空间(8000H~FFFFH)中,因此外扩了一片 FLASH ROM 作为数据存储

空间。FLASH ROM 采用 INTEL 公司的 TE28F400B3T90 (256K×16), 它共分为 15 块(8 块 4K 字, 7 块 32K 字), 可单独擦写其中的一块。编程电压只需 3.3V, 最快的读取速度达到 90ns。系统外扩了一片 SRAM 作为外部程序空间。SRAM 采用 CYPRESS 公司的 CY7C1041BV33 (256K×16), 存取速度达到 10ns。

### 2.3 A/D 转换电路

信号的采集和转换是由 AD7874 完成的。AD7874 是 AD 公司生产的 12 位 A/D 转换器。系统要求输入输出信号相位要同步, AD7874 内置采样保持器, 能够实现四路信号的同步采样。同步采样能使系统的输入输出信号相位匹配的误差降到最小。A/D 转换的启动由上升沿触发, 四路信号转换完成后, 产生中断信号。每一路的采样频率可达 29kHz。由于 A/D 转换后输出的是 TTL 电平, 而 DSP 工作在 3.3V 的信号环境, 因此在 A/D 的输出与 DSP 的输入之间需要加入电平转换电路。在本系统中采用 SN74LVC245 实现电平转换。DSP 系统的供电由 TI 公司的电压转换模块 TPS767D318PWP 完成, 能够输出 3.3V 和 1.8V 两路电压。

### 2.4 单片机电路

单片机电路实现键盘输入响应和液晶显示以及 PC 机交互功能。

本系统中所用的单片机为 ATMEL 公司的 AT89C51。键盘管理通过键盘控制器 8279 完成。液晶模块选用信利公司的 VPG12864T (128×64 点阵), 它内置 T6963C 控制器, 能够工作在文本或图形模式下。液晶显示界面程序比较大, 所以外扩了一片 AT28C256 作为外部程序存储器。PC 机的 RS-232 串口的电平和单片机串口的 TTL 电平不兼容, 使用 MAX232 完成两种电平之间的转换。

### 2.5 通信电路

通信电路实现单片机与 DSP 的通信。由于单片机与 DSP 间的数据通信量不大, 因此采用了一片 8 位双向锁存器实现数据交换。双向锁存器采用 TI 的 SN74LVC543。当 DSP 向 AT89C51 发送数据时, 首先将数据锁存在 SN74LVC543 中, 然后向 AT89C51 发中断, AT89C51 响应中断, 从锁存器中取走数据。反之亦然。

## 3 软件设计

软件的设计主要包括 DSP 编程和单片机编程。DSP 程序的主要任务是初始化、管理 DSP 外围电路和完成故障诊断的算法。单片机程序包括键盘控制程序、液晶驱动显示程序、与 DSP 及 PC 机通信的程序。

### 3.1 DSP 主程序

DSP 主程序流程图见图 2。

### 3.2 DSP 程序的下载和引导

在本系统中, FLASH ROM 是 TSOP 封装, 焊接在电路板上, 无法通过烧录器烧写, 只能自己编写擦写程序。按照 16 位并行引导模式自举表(见表 1)的格式写好程

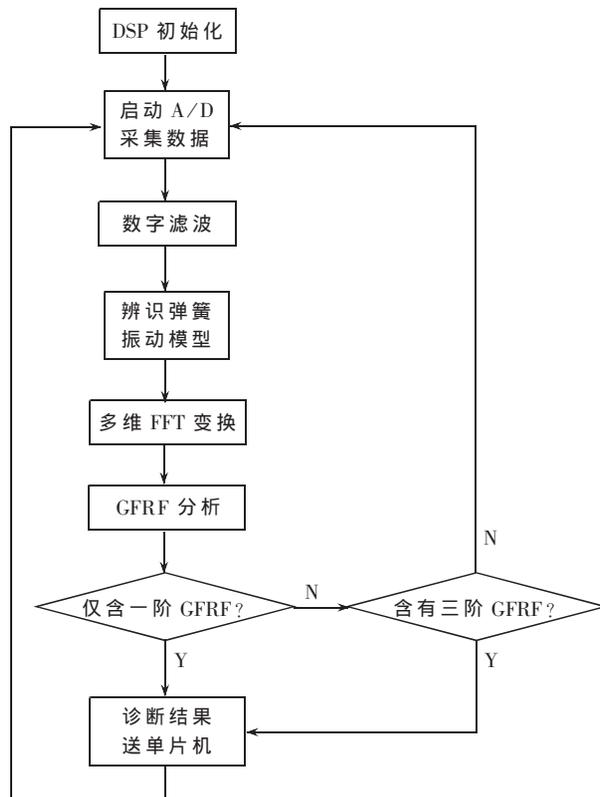


图 2 DSP 主程序流程图

表 1 16 位并行引导模式的代码结构

10AA
SWWSR 寄存器的初始值
BSCR 寄存器的初始值
程序入口地址 XPC 值
程序入口地址 PC 值
程序代码的长度
程序起始地址 XPC 值
程序起始地址 PC 值
程序代码...
0000 (表示自举表结束)

序代码, 编译链接后通过 JTAG 口下载到 DSP 中; 编写 TE28F400B3 的擦写程序, 将程序下载到 DSP 中不同的位置。运行擦写程序, 程序代码就被写入到 FLASH 中。要注意的是, 由于 FLASH 的写速度与 DSP 相比很慢, 因此在每次写完一个字后, 要延时足够的时间, 否则就不能正常地写入下一个字。写完后, 需要将 FLASH ROM 重新设置为读模式, 这样才能在开发环境 CCS 中看到正确的结果。TE28F400B3 的最大读取速度为 90ns, 而 TMS320VC5409 最大只能设置 7 个等待状态, 因此设置 DSP 的 CLKMD1、CLKMD2、CLKMD3 管脚, 使 DSP 在上电复位时的系统时钟为 50MHz。这样就能保证可靠地读取 FLASH 的数据。在完成引导过程后, 必须首先将 CLKMD 寄存器清零, 然后重新设置 CLKMD 寄存器, 使

# WEP 安全性能研究及其攻击

郑州信息工程大学信息科学系(450002) 王显峰 葛临东 彭 华

**摘 要:** 以 Fluhrer, S., Mantin, I., Shamir, A. 提出的 KSA (Key Schedule Algorithm) 攻击为基础, 提出了一种改进的 KSA 攻击方法。与 Fluhrer 等提出的 KSA 攻击相比, 新方法具有更高攻击效率。利用这种方法, 成功地实现了针对 802.11 网络链路层安全协议——WEP 的攻击, 成功地恢复出了原加密密钥。本文详细地描述了这种攻击, 同时针对 802.11 网络存在的安全问题, 提出了一些安全建议。

**关键词:** 有线等效加密 密钥调度算法 伪随机数发生器

随着 802.11 标准的制定以及相关软硬件技术的逐渐成熟, 802.11 无线局域网产品的使用愈来愈广泛。其通信范围广、数据传输速率高的特点使 802.11 同蓝牙等协议一起成为无线局域网组网的可选协议之一, 广泛应用于办公、会议等场合。这些场合中所使用的 PC 卡绝大多数提供了一种称为 WEP (Wired Equivalent Privacy) 的加密协议。

WEP 便于管理, 每块 802.11 卡具有一个加密密钥 (key)。在实际使用中, 大多数设备均使用同一个加密密钥, 包括接入点 AP (Access Point)。802.11 通过 WEP 来

防止对局域网的非法访问, 为用户提供与传统有线局域网保密程度相当的通信环境。

WEP 中采用的 RC4 算法是一种对称流加密算法。由于 RC4 算法的加密或解密速度均非常快, 又提供了相当的强度, 所以得到了广泛应用。其最重要的应用就是 SSL (Security Socket Layer) 加密套接字协议层和 WEP。

针对 RC4 算法及其弱点, 人们进行了许多研究, 其中大多数为理论研究, 并不具有实际意义。直到最近, Borisov、Goldberg and Wagner 指出<sup>[1]</sup>: 在 WEP 中, 由于没有明确规定 IV (Initialization Vectors) 的使用方法, 有些

(接上页)

系统时钟为 100MHz。TE28F400B3 的主要操作命令如表 2 所示。

表 2 TE28F400B3 的主要操作命令<sup>[3]</sup>

命令	第一总线周期			第二总线周期		
	操作	地址	数据	操作	地址	数据
读	写	XXX	FFH			
读状态寄存器	写	XXX	70H	读	XXX	寄存器数据
擦除	写	XXX	20H	写	块地址	DOH
写	写	XXX	40H	写	程序地址	程序数据

## 4 实验系统

减震弹簧振动实验系统如图 3 所示。平台使用真实的桑塔纳 2000 的悬挂系统和减震弹簧。电机的转动由变频器控制, 通过传动轴带动车轮转动。车轮的下端与一个装在固定支架上的可旋转的表面带有凸出挡条的铁棍相接触。车轮转动时与挡条碰撞, 悬挂系统使减震弹簧发生相应的振动。

使用两个好的弹簧和三个坏的弹簧进行实验。实验结果表明, 汽车减震弹簧故障诊断仪工作稳定, 诊断结果有效。

本文所设计的汽车减震弹簧故障诊断仪可直接用

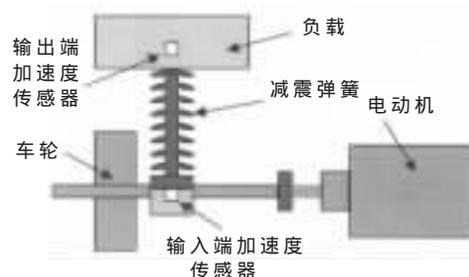


图 3 汽车减震弹簧振动工作平台示意图

于汽车减震弹簧的故障诊断, 并可推广应用到轴承磨损、制动器失效等非线性机械故障的诊断中。在此故障诊断仪的基础上对电路略加改动, 就可将其用于更高频率信号系统的故障诊断中。

### 参考文献

- 1 李 涌, 韩崇昭, 徐为群等. 非线性谱分析在故障诊断中的应用. 西交交通大学学报, 2000; 34(9)
- 2 TMS320VC5409 Fix-Point Digital Signal Processor (SPRS082C). Texas Instrument, 2000
- 3 3 Volt Advanced Boot Block Flash Memory (290580-011). Intel, 2000

(收稿日期: 2003-03-21)