

文章编号: 1002-0268 (2003) 02-0135-05

汽车碰撞试验用车载数据采集系统的研制

陈亚东, 张金换, 黄世霖

(清华大学 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 电测量技术是汽车碰撞试验中的一项关键技术。本文介绍了一种自行研制的在汽车碰撞试验电测量系统中使用的车载数据采集系统的原理、硬件结构与软件设计。该系统采用模块化设计, 设计了独特的触发模块。数据采集电路以单片机、12 位高速 A/D 芯片和其它芯片构成。系统具有触发准确, 对多通道信号的采集同步、高速、可靠的特点, 还实现了大冲击环境可能断电时的数据可靠存储。在试验中取得了良好效果。

关键词: 碰撞; 数据采集; 同步; 触发; 存储

中图分类号: U467.14

文献标识码: A

Design of Data Acquisition System in Vehicle Collision Test

CHEN Ya-dong, ZHANG Jin-huan, HUANG Shi-lin

(State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In the vehicle collision test electronics measurement technology plays a very important role. This paper presents the principle, hardware structure and software design of a self-developed data acquisition system used in electronics measurement system in vehicle collision test. The system is designed under the concept of modularization. A trigger module is specially devised. The data acquisition circuit is composed of a single-chip microcomputer, a 12-bit high-speed A/D chip and other chips. The data acquisition system has the characteristics of accurate trigger and multi-channel high-speed synchronous reliable acquisition. Data storage is implemented reliably in the violent impact circumstance that may cause power failure. The system has been proved to be valid by testing.

Key words: Collision; Data acquisition; Synchronous; Trigger; Storage

在汽车被动安全性研究中, 碰撞试验是一项关键性的手段, 而通过合适的测量技术取得整车或零部件和模型假人的试验数据才能保证试验的成功。汽车碰撞试验中的电测量技术主要有 2 大类, 一类是拖长线测量方式, 一类是车载数据采集。随着试验研究的深入和对测量技术要求的提高, 对后一种测量方式的需求更加迫切。

汽车碰撞试验是一项高速大冲击的试验, 车载数据采集系统需要具备能承受大冲击、通道数多、大容量数据存储及触发准确的特点。国外的碰撞试验车载数据采集系统从上世纪 80 年代初开始研制, 目前已形成比较成熟的产品, 但只有少数几家专门公司生产, 价格相当的昂贵。国内的数据采集设备也都是从

各自领域出发研制, 没有专门在碰撞试验领域使用的车载型系统。

本数据采集系统就是基于这个背景设计的, 文中比较深入研究了碰撞试验环境中的车载数据采集问题。按照正面碰撞乘员保护的设计规则 (CMVDR294) 中对测试仪器的规定, 将本车载数据采集系统中每个通道采样频率设计为 10kHz, 模拟信号转换为数字量采用 12 位的数字长度。考虑到信号后续分析处理的需要, 在系统设计上使各通道信号采集完全同步。

1 车载数据采集系统的原理

碰撞试验所使用的完整数据采集系统包括地面和

车载 2 个部分。地面系统主要由地面 PC 机及其后处理软件构成。车载系统记录试验车辆上的传感器信号。在试验过程中，传感器电压信号被送入车载数据采集系统，经过滤波后再被转换为数字量存储在数据采集系统的大容量存储器中。试验结束后通过车载数据采集系统的通讯软件和地面 PC 机的通讯软件进行联机通讯，将存储在数据采集系统上的试验数据传输到 PC 机的硬盘上，使用后续处理软件进一步分析。

2 主要组成部分

2.1 硬件系统方案

考虑到车载数据采集系统的工作环境，采集系统控制上不可能使用微机。为此由单片微机来完成采集系统的所有控制工作。系统的硬件结构上采用主从机的工作方式，分为系统主模块和数据采集板 2 部分。数据采集板的数目可以根据需要的通道数来确定，数据采集板间彼此独立，这样很容易扩展更多的通道。这样的方式也使采集系统在上应用上和维上都很方便。硬件结构示意图如图 1。

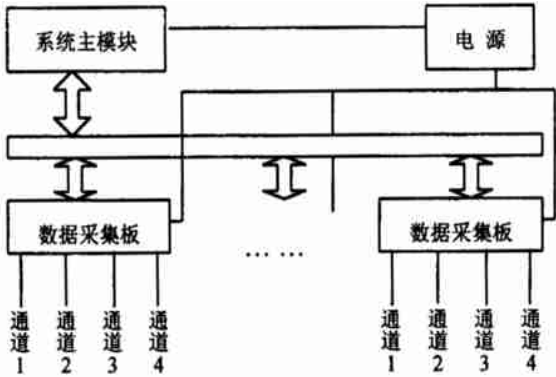


图 1 硬件系统结构示意图

在系统工作时，数据采集板不断地把传感器信号转换为数字量，循环存储在数据采集板的存储器中。同时数据采集板可以选择一路信号传输到主模块，经过主模块的触发系统判断碰撞后，主模块向各个数据采集板发送一个低电平信号经延时作为碰撞结束信号，引起数据采集板的中断，停止数据采集，等待与地面微机的通信。这样的工作方式保证了系统可以记录下完整的碰撞过程和之前之后相当长时间的信号。

2.2 数据采集板

每个数据采集板有一个 MCU 控制数据的采集存储，设计中考考虑每个数据采集板负责四路通道的数据采集。数据采集板的结构框图如图 2。

2.2.1 MCU 与地址空间

数据采集板的 MCU 采用 MOTOROLA 公司的

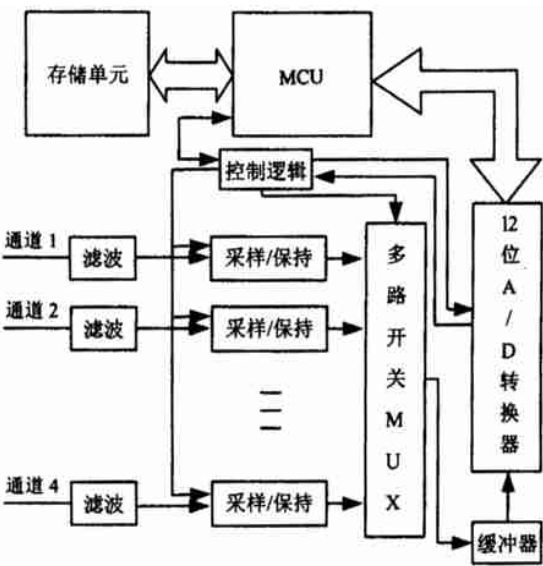


图 2 数据采集板的结构图

MC68HC711E9 型高档 8 位单片机^[3]。这种单片机在汽车的复杂工况下有着广泛的应用，并且在某型安全气囊控制器中也得到了实际的应用。实践证明它的耐冲击性能符合本数据采集系统的要求。它工作在扩展模式下有 8 根数据线和 16 根地址线，可以寻址 64k 的空间。这种 MCU 对数据存储器和程序存储器的寻址是统一的，都在这 64k 空间之内。通过设置相关寄存器重新安排了单片机的 RAM 区和寄存器区，使在配置后的地址空间中 \$ 0000 ~ \$ CFFF 范围是连续的数据存储器区。

受单片机寻址最大 64k 的限制，数据存储器的空间很小。由于每块数据采集板要存储 4 个通道模拟量的转换结果，数据存储器的容量必须有足够大才能保证存储较长时间的信号，为此使用了 2 片 512kbyte 的 SRAM 芯片 628512 作为外扩数据存储器。这种 MCU 只有 16 根地址线，所以采用分页扩展存储器的技术，用 4 根 PORT A 的输出端口线，使每片 628512 形成 8 个 64kbyte 的页面。在每个页面上，\$ 0000 ~ \$ CFFF 范围的空间可以用来存储数据。从而系统可用的数据存储空间是 $16 \times 52 = 832\text{kbyte}$ ，即每个通道的数据存储器容量是 208k。若采样速率以 10kHz 计算，而每个转换结果为 12bit，最大占用 2 个 byte 空间。所以系统可以保存的每个通道数据时间是 $208 \div (10 \times 2) = 10.4\text{s}$ ，是满足系统要求的。

2.2.2 A/D 转换电路

A/D 转换电路是数据采集板的核心。在设计中选择了 MAXIM 公司的 12 位高速 A/D 转换芯片 MAX120。它完成一次转换的时间为 1.6μs，内部具有低漂移的

电压基准，具有标准的微处理器（μP）接口，使外围电路可以大大简化，如图 3。系统采用 MAX120 的全控制方式（方式 1）。每次转换由 CON 的下降沿启动，转换结束状态送入 MCU 的 PA0 输入引脚。当转换结束后，通过译码电路的 2Y3 信号使 MAX120 中的转换结果被读入 MCU 进行存储。

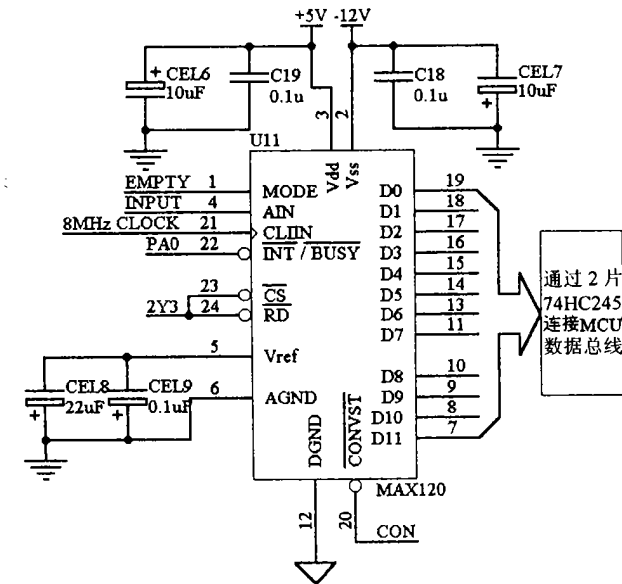


图 3 MAX120 的接口电路

多路开关选用 MAXIM 公司的 MAX308。它具有低导通电阻（小于 100Ω），低泄漏电流的特点，开关切换速度小于 250ns。

考虑到 MAX120 的输入阻抗为 6kΩ，如果 A/D 芯片与多路开关直接连接，输入信号在多路开关上的分压将会引起的误差近似为 $\frac{100}{6000} = 1.67\%$ ，这个误差超出了要求的精度范围。考虑在 A/D 芯片之前加上输入缓冲器。在此选用 MAXIM 公司的高速缓冲放大器 MAX405，它的输入阻抗为 2.5MΩ，输出阻抗为 0.01Ω。这样信号在多路开关上引起的压降误差只有 $\frac{100}{2.5 \times 10^6} = 0.004\%$ ，而缓冲器本身近于零内阻，保证了信号在传输到 A/D 芯片的输入端不会引起大的失真。实际设计中采用的这一方式大大提高了系统的精度。

数据采集板设计中采用了在多路开关之前给每路信号都加上采样保持电路的方式^[1]。工作时，MCU 向所有的 4 路采样保持电路同时发出采样/保持信号，然后顺序让每一路信号通过多路开关送到 A/D 转换芯片。这样的设计保证了每块采集板的各路信号都是同时被采样的。采样保持芯片采用 AD781。而每路信

号在被采样之前都先经过 MAX291 构成的滤波器滤波，其滤波频率是可以被 MCU 设置的。

2.2.3 存储单元

设计中的数据存储单元是选用了 2 片 RAM 芯片 628512，考虑到实际试验常常遇到大强度撞击的情况，使用时本系统用非易失性 SRAM 来代替。HK1255 是与 628512 完全兼容的非易失性 SRAM 芯片，可以直接来代替 628512 使用，并且其内置锂电池，在无外部供电的情况下数据保持相当长的时间。这样就保证了即使试验中遇到大冲击强度使系统电源断掉的情况，也可以把试验中采集的数据保存下来，大大增强了系统的可靠性。

2.2.4 数据采集板软件设计

数据采集板软件主要实现 2 个功能：完成对模拟量的采样和存储；与 PC 机的联机通讯。主程序的流程如图 4 示。在设置采样参数之后，数据采集板对 4 路模拟信号进行一次循环采样，存储结束后根据采样结束标志判断是否已完成数据采集工作。其中采样结束标志是在主模块判断触发后，数据采集板中的外中断（IRQ）响应时，执行中断子程序时设置的。采样结束后在数据存储区最后一次采样数据之后存储连续\$ 0F 个\$ FF，作为采样结束的标志。在数据传输到地面 PC 机之后，连续的\$ 0F 个\$ FF 在数据处理中可作为一个采集结束的标准。

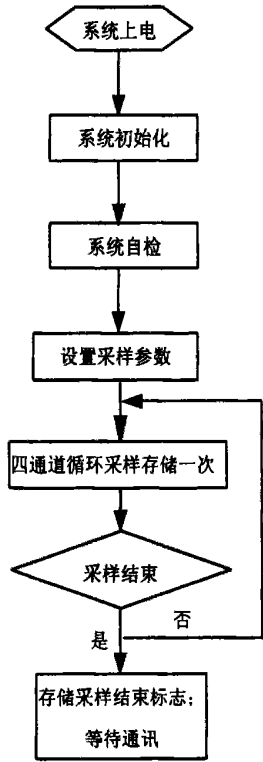


图 4 数据采集板主程序流程图

联机通讯软件的作用是在试验之前设定采样参数, 在试验之后把每块数据采集板存储器中的数据传送到地面 PC 机。

2.3 主模块与触发电路

主模块的主要功能是为数据采集板提供触发信号, 汽车碰撞试验的数据采集设备既要及时判断碰撞的发生, 又要避免在碰撞发生前的误触发。这种碰撞试验的特点是当碰撞发生时, 有一个较高的强度, 所以触发电路采用信号触发方式, 同时保留预触发功能, 可以保证数据采集板采集到碰撞前后较长时间的数据。设计上借鉴了安全气囊控制单元的结构和软件算法思想^[2], 保证了可以在试验中准确判断碰撞时刻而触发, 同时又能避免因电路中的干扰脉冲及传感器在一定条件下的干扰信号所造成的误触发。

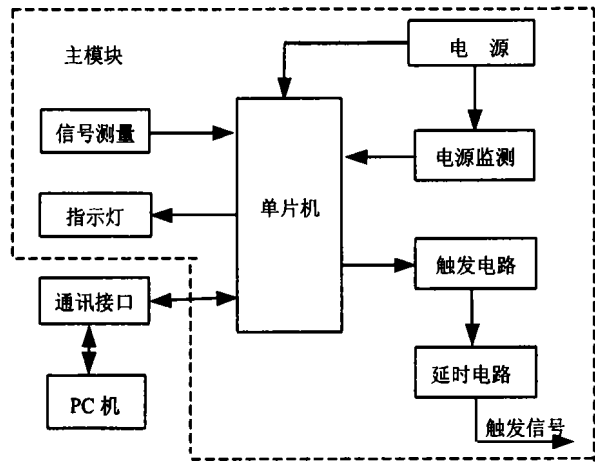


图 5 主模块系统框图

硬件结构框图如图 5 所示。电路单元部分由电源、微处理器、触发电路等部分组成。考虑到系统与外界的联系, 还要有指示灯及通讯接口。

2.3.1 工作过程

在整个系统加电工作时, 传感器信号经过数据采集板的滤波电路和模块间接口电路传输到主模块板上, 主模块 MCU 通过自带 A/D 电路将加速度信号离散化, 通过适当的算法, 当判断碰撞发生时, 发出一个低电平的触发信号, 经过硬件延时电路传输到数据采集板, 设计中使延时时间大于碰撞持续时间并硬件可调, 从而触发信号送给数据采集板时可以作为碰撞结束信号。

2.3.2 系统构成

触发模块的 MCU 选择的是与数据采集板相同的 MC68HC711E9 型单片机, 它具有片内 A/D 转换器和足够的存储器资源。系统可大大节省各种专用芯片的数量, 减小系统的复杂程度, 提高触发的可靠性。

2.3.3 触发电路

MCU 发出的触发信号做为触发电路的源信号, 如图 6。

触发电路中, 利用光电耦合实现控制电路与延时电路之间的隔离, 以保证电路的安全并提高抗干扰能力。为了防止误触发, 在光电隔离器之后串联一个安全气囊控制系统中常用的机械式安全传感器。它原理上是一个机械式加速度传感器, 正常情况下处于常开状态, 当减速度达到一定强度时, 传感器闭合, 允许延时电路与控制电路接通。而一般的小干扰不足以使之闭合, 此时, 即使有干扰脉冲也不能触发数据采集板。

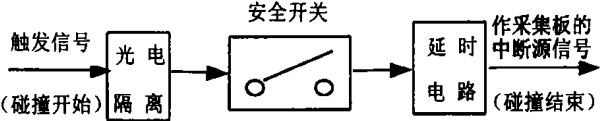


图 6 触发电路示意图

2.3.4 主模块软件设计

主模块 MCU 的软件有两方面的用途, 一方面是用实时汽车碰撞试验中的触发数据采集板, 另一方面是实现车载数据采集系统同微机进行通信。

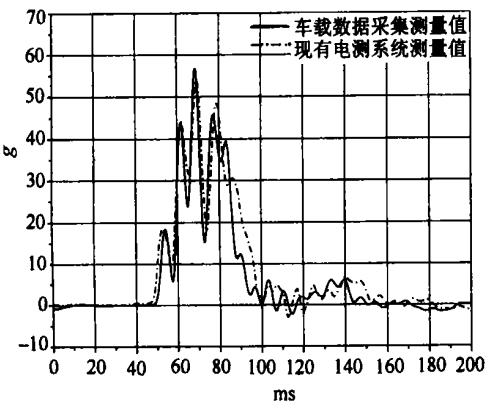
系统主程序包括系统初始化、系统自检、故障代码设置、指示灯驱动等程序。自检结束后保存结果、设置故障代码并打开中断即进入正常工作状态, 循环驱动指示灯以显示系统状态, 同时等待中断发生。

数据采集与控制程序主要负责实时数据采集与触发判断。通常的信号触发方式是将信号电平直接与某一阈值电平比较, 当信号达到阈值电平时触发采样系统, 但是这样的方式如果有较大的脉冲干扰时很容易造成误触发。本主模块的算法设计借鉴了安全气囊控制软件中常用的一种移动窗式算法而不是用单一阈值来判断, 这样可以避免通常的信号触发不够准确的缺点。该子程序对所采数据进行计算并作出判断, 发出触发信号。在触发后还要设置状态代码进行数据保存等工作。由于对触发所用的一路信号在主模板和采集子板上都进行了采集保存, 还可以作为验证系统可靠性的依据。子程序采用定时器中断方式。

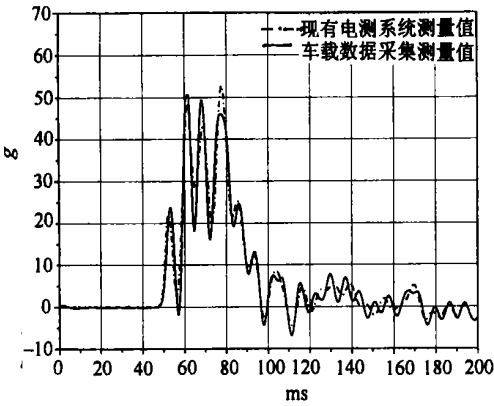
联机通讯程序完成与微机的通讯, 根据微机的指示完成数据上传, 系统状态上传, 清除 EEPROM 中保存的数据等工作。该程序采用中断方式处理。

3 试验

系统目前已经开始在一些碰撞试验中试用。从目前已进行的试验来看, 无论触发模块还是采集模块都具有可靠正确的工作状态, 较好完成了试验中信号采集任务。图 7 是在某次实车碰撞试验中测得的车身上



(a) 车身左 B 柱下端加速度曲线



(b) 车身右 B 柱下端加速度曲线

图 7 某次试验结果曲线

两个不同位置加速度信号。该信号与相近位置其他系

统测得的传感器信号相比具有较强的一致性。结果中体现出的差异主要是因为两套系统测量用传感器不可能完全安装在同一位置、彼此间有一定的间隔。

4 结语

本文介绍了一种自行研制的用于汽车碰撞试验的车载数据采集系统。

该系统具有以下特点：1. 采用了模块化的设计思想，易于扩展通道数。2. 设计了新型的触发系统，能可靠判断碰撞发生，并有很强的抗干扰能力。3. 设计的数据采集模块能实现多通道的高速同步数据采集并能实现断电情况下大容量数据存储。4. 结合硬件设计了系统软件，为进一步开发信号后处理软件打下基础。

系统使用在大冲击强度的汽车碰撞试验的恶劣环境中并取得了较好的效果。同时这一系统还可以应用于其它需要高速同步采集的测试试验。

参考文献：

[1] 沈兰荪. 数据采集技术 [M]. 合肥：中国科学技术大学出版社，1990.
[2] 杨天伟. 安全气囊控制系统改进设计 [D]. 北京：清华大学汽车工程系，2001.
[3] MC68HC711E9 Technical Data MOTOROLA INC , 1991.