

# 汽车碰撞实验车载测试系统中数据采集板的设计

北京清华大学汽车安全与节能国家重点实验室(100084) 陈亚东 张金换 黄世霖

**摘要:** 一种在自行研制的车载测试系统中使用的数据采集板,阐述了其硬件结构和软件设计。该数据采集板采用单独的 MCU 控制,采集电路以一片 12 位高速 A/D 芯片 MAX120 为核心,数据采用了循环存储的思想,数据采集实现了多通道的同步、高速,并实现了冲击条件下的大容量数据的可靠保存。实验证明了这种采集板的可靠性。

**关键词:** 碰撞 数据采集 数据存储 同步 可靠性

在汽车被动安全性研究中,碰撞实验是一项关键性的实验,而通过合适的测量技术取得整车或零部件和模型假人的实验数据才能保证实验的成功。汽车碰撞实验中的电测量技术主要有两大类:一类是拖长线测量方式;一类是车载数据采集。随着研究的深入和对测量技术要求提高,对后一种测量方式的需求更加迫切。

汽车碰撞实验作为一项高速大冲击的实验,车载测试系统需要具备能承受大冲击、通道数多、大容量数据可靠存储及触发准确的特点。国外的碰撞实验车载测试系统已形成比较成熟的产品,但价格相当昂贵。而国内的测试设备也都是在各自领域研制,不适合在碰撞实验的恶劣环境条件下使用。

数据采集板是这种车载测试设备的核心,本文比较深入研究了一种用于该车载设备中的数据采集板。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,将本车载测试系统中的数据采集板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 数据采集板的设计原理

车载测试系统采用多块数据采集板并行工作的方式,由单独主模块负责触发判断。每个数据采集板作为整个测试系统中的一个独立子模块,使用单独的 MCU 完成采集板的控制工作。同类采集板中大多是用一块 A/D 芯片负责一路通道信号采集来满足同时性的要求,但这样使大数目通道扩展很困难,并且使整个系统很庞杂,降低了碰撞时的可靠性。在本板设计中每块数据采集板使用一块 A/D 芯片实现四个通道信号的同步采集。这样通过减少芯片数量使采集板的可靠性得到提高。采集板结构示意图如图 1。

在测试系统工作时,数据采集板不断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。当数据采集板接收到控制模块产生的碰撞结束信号时会产生中断,停止数据采集,等待与地面微机的通信。

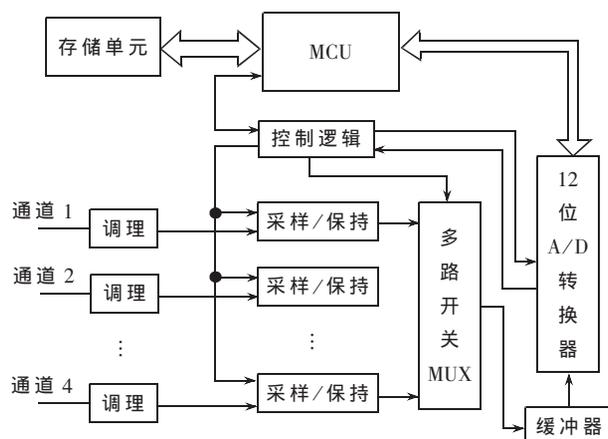


图 1 数据采集板的结构图

## 2 硬件组成

### 2.1 MCU 和地址空间

数据采集板的 MCU 采用 MOTOROLA 公司的高档 8 位单片机 MC68HC-711E9<sup>[3]</sup>,这种单片机在汽车的复杂工况下有着广泛的应用,并且在某安全气囊控制器中也得到了实际应用,实践证明它的耐冲击性符合本数据采集板的要求。它在扩展模式下有 8 根数据线和 16 根地址线,可以寻址 64KB 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 64KB 空间内,通过设置相关寄存器重新安排单片机的 RAM 区和寄存器区,使在配置后的地址空间中\$0000~\$CFFF 是连续的数据存储器区。

但是受单片机最大寻址 64KB 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四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。为此使用了两片 512KB 的 SRAM 芯片 628512 作为外扩数据存储器。MCU 只有 16 根地址线,所以采用分页扩展存储器技术,用 4 根 PORT A 的输出端口线,使每片 628512 形成 8 个 64KB 的页面。在每个页面上\$0000~\$CFFF 可以用来存储数据。从而系统可用的数据存储空间是 16×52=832KB,即每个通道

的数据存储器容量是 208KB。若采样速率以 10kHz 计算,而每个转换结果为 12bit,最大占用 2 个字节空间,所以系统可以保存的每个通道数据时间是  $208 \div (10 \times 2) = 10.4s$ ,满足系统要求。

### 2.2 信号调理电路

汽车碰撞实验中采用 EG&G 公司的压阻式传感器,它内部集成了稳压装置,还具有温度补偿功能,自带放大,使传感器的输出范围变成了  $\pm 2V$ 。本信号调理电路首先对传感器的信号放大 2 倍,这样传感器的信号输出范围可与一般的 A/D 模拟端输入范围  $\pm 5V$  相匹配,提高了系统的转换精度。此放大电路部分采用了 AD 公司的仪表放大用芯片 AD620,并且硬件上使放大倍数可以在档位 1、2、5、10 间调节,这样在不同冲击强度的实验中都可使信号转换的分辨率较高。放大后的信号还被 MAX291 构成的程控滤波器滤波后送入 A/D 转换电路。按碰撞法规要求,滤波频率设定为 2kHz。

### 2.3 A/D 转换电路

A/D 转换器是数据采集板的核心,此板设计中选择了 MAXIM 公司的 12 位高速 A/D 转换芯片 MAX120<sup>[2]</sup>,它具有双极性  $\pm 5V$  的电压输入范围,完成一次转换的时间为 1.6 微秒,内部具有采样保持电路和低漂移的电压基准,具有标准的微处理器 ( $\mu P$ ) 接口。利用这种芯片组成的 A/D 转换电路如图 2。

图 2 中的 MAX308<sup>[2]</sup> 是 MAXIM 公司的多路开关,它具有低导通电阻 (小于  $100\Omega$ )、低泄漏电流的特点,典型开关切换速度为 85 纳秒。

MAX120 的输入阻抗为  $6k\Omega$ ,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,为此在 A/D 芯片前加上输入缓冲器。在此选用 MAXIM 公司的高速缓冲放大器 MAX405<sup>[2]</sup>,它的输入阻

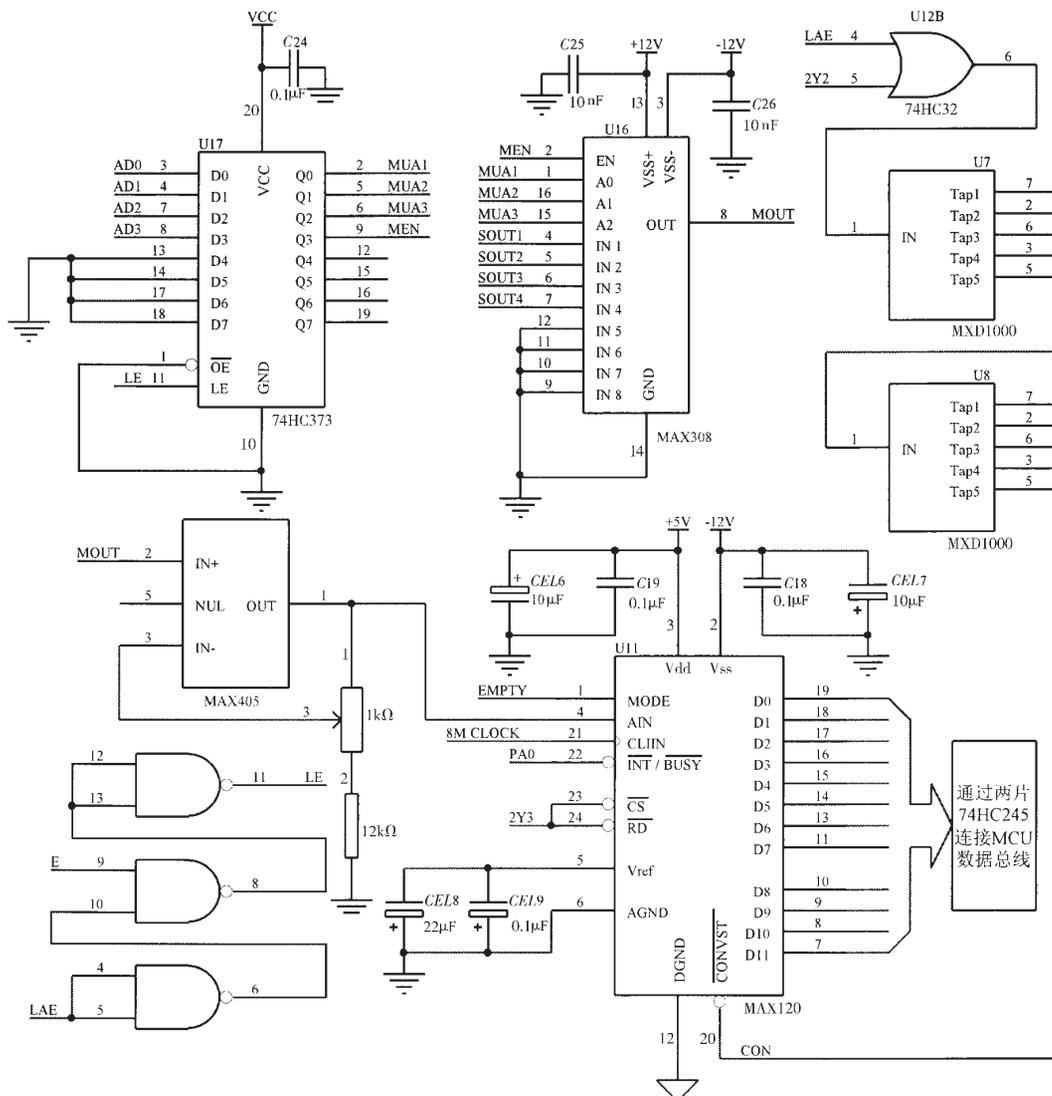


图 2 MAX120 的 A/D 转换电路

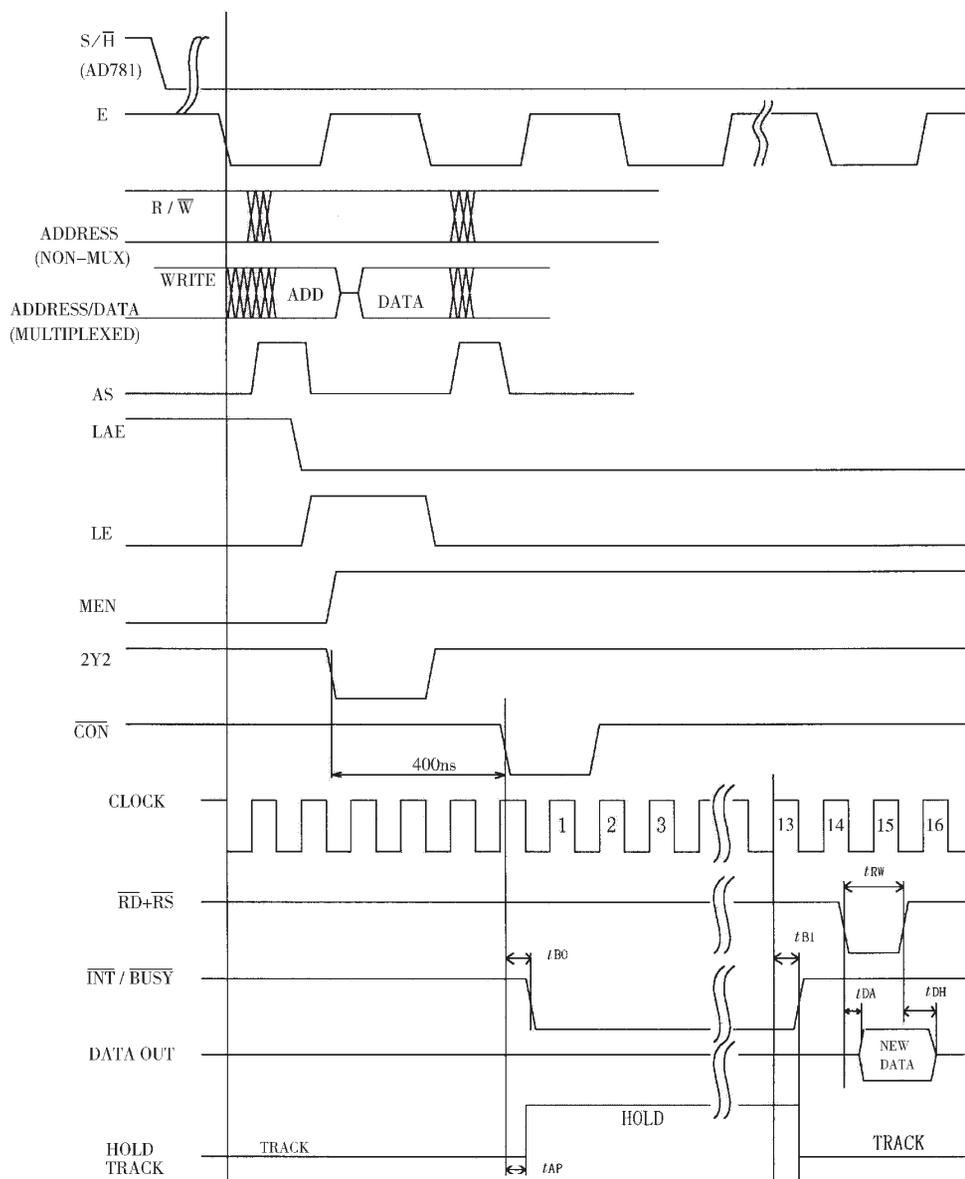


图 3 系统控制时序图

抗为  $2.5\text{M}\Omega$ , 输出阻抗为  $0.01\Omega$ , 这样信号在多路开关上引起的压降误差只有  $\frac{100}{2.5 \times 10^6} = 0.004\%$ 。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。实际设计中采用这一方式大大提高了系统的精度。

由于数据采集板只用了一块 A/D 芯片, 为了保证各路信号的转换都同步, 设计中在多路开关之前给每路信号都加上采样保持电路 (AD781)<sup>[1]</sup>。采集板工作时, 每次采样循环中, 首先发出采样/保持信号使各通道信号被同时采样后进入保持状态, 随后多路开关逐步选通每一路模拟信号进入 A/D 转换器。

采集电路采用 MAX120 的全控制方式 (方式 1)。在这种方式下形成的系统工作时序如图 3 所示。

系统工作时, 切换通道和启动 A/D 转换器使用同一条指令:

```
STAA $DFF0, CHANEEL
```

当这条指令执行时, 译码形成的 LAE 与 E 时钟信号的逻辑组合使 LE 呈高电平, 选通 74HC373, 数据总线上的通道号 CHANEEL (对应数据总线的 AD2、AD1、AD0) 和多路开关控制信号 MEN 通过 74HC373 分别出现在 MAX308 的地址选择端和控制端, 对应通道的模拟信号经过 MAX308 输出到缓冲器 MAX405。在下一个 E 时钟, LE 变成低电平, 74HC373 锁存通道号和控制信号 MEN, 选中通道的模拟信号始终保持在 MAX308 输出端, 直到下次通道选择指令被执行。

MAX308 的一路被选通的同时, LAE 信号还与写信号 2Y2 进行逻辑组合作为 A/D 转换器 MAX120 的启动

信号。考虑到被选中通道的模拟信号出现在 MAX308 输出端需要一定的建立时间才能达到合适精度,同时工作在方式 1 下的 MAX120 其内部采样保持器也需要一定的采样时间(350 纳秒)来捕捉输入模拟信号,因此在 MAX308 的通道切换和启动 MAX120 之间需要一定的时间间隔才能保证转换结果的精度。为此设计中选择了使 LAE 与 2Y2 信号相或,再通过两片 MXD1000 延迟芯片延时 400 纳秒作为 A/D 转换器的启动信号 CON。转换启动后,MCU 通过与 PA0 管脚相连的  $\overline{\text{INT}}/\overline{\text{BUSY}}$  信号判断转换完成。在读数据指令执行的同时,转换结果被读信号 2Y3 控制,通过总线缓冲器 74HC245 送入 MCU 的数据总线,被读入 MCU 后再写入存储器单元。

### 2.4 存储单元

设计中的数据存储单元选用了两片 RAM 芯片 628512。考虑到实际实验是大强度撞击,使用时用非易失性 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能保存相当长的时间。这样就保证了即使实验中遇到大冲击强度使系统电源断掉的情况,也可以把实验中采集的数据保存下来,大大增强了系统的可靠性。

### 3 采集板软件设计

数据采集板软件主要实现两个功能:完成对模拟量的采样和存储;与 PC 机联机通讯。主程序流程如图 4 所示。在设置采样参数后,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。在采集过程中,程序把采集到的数据连续存储,每当所设地址指针到达数据存储区底部时,设定其重新指向存储区顶部,用重新存储的数据刷新原来的数据。采样结束后在数据存储区区最后一次的采样数据之后存储连续 \$0F\$ 个 \$FF\$,作为采样结束的标志。数据传输到地面 PC 机之后,在数据处理中可根据连续的 \$0F\$ 个 \$FF\$ 标志向前判断、选取所采集到的各个通道碰撞波形。这种循环存储方式在有限的存储空间内最大长度地保存了所需要的碰撞时刻前后的波形。

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

本文介绍了自行研制的用于汽车碰撞实验车载测试设备中的数据采集板。该数据采集板具有以下特点:①采集板使用单独的 MCU 控制,构成的测试系统在实验过程中不需要地面微机的干预;②用一片 A/D 芯片实现四通道同步高速数据采集,文中分析了其工作顺序;③实现了碰撞实验在大冲击环境下大容量数据的可靠存储;④程序设计上采用了循环存储的思想,最大限

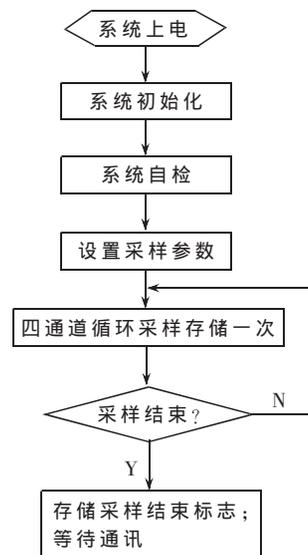


图 4 数据采集板主程序流程图

度地利用了存储空间;⑤与其它模块一起可以构成更多通道数的采集系统。

在整个板卡设计中没有采用任何可调节的元器件,在系统固定上采用了很好的固化与缓冲,这些措施也大大提高了系统的耐冲击性和可靠性。在与原有测量系统的对比实验中,对于相同输入信号,使用该数据采集板的车载测试系统与原有系统的采集结果体现了很高的一致性,满量程的误差小于 0.8%,符合系统的精度要求,取得了较好的效果。同时这一数据采集板还可以应用在其它需要高速同步采集的测试实验中。

### 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 Maxim Integrated Products. 产品资料全集 CD-ROM,4.0 版,2000.
- 3 MOTOROLA INC. MC68HC711E9 Technical Data,1991

(收稿日期:2001-12-21)