

【制造技术与实践】

基于 DSP 的多通道数据采集处理系统*

曹梦婷, 潘宏侠

(中北大学 智能控制研究室, 太原 030051)

摘要: 设计了以数字信号处理器 DSP 芯片为主体的数据采集和预处理电路, 一种基于 DSP 芯片的实时多通道数据采集和预处理系统, 并对系统性能进行了测试, 该系统可对科学实验中传感器所输出的模拟电压信号进行实时的采集和记录。

关键词: 数据采集; 数字信号处理器; 多通道

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2008)01-0117-03

数据采集处理系统的任务就是采集不同场合的模拟信号, 通过 A/D 转换转化为计算机可识别的数字信号, 输入到计算机里, 通过计算机对数据进行显示、分析, 从而对相应的物理量进行监控。在相同的时钟频率和芯片集成度下, DSP 完成 FFT 算法的速度比通用微处理器要快 2~3 个数量级。

1 系统的总体结构与工作原理

TMS320F2812 是美国 TI 公司最新研制的一款芯片, 它具有较高的性价比、灵活的指令系统和操作性能、高速的运算能力和改进的并行结构, 采用 1.8 V 的内核电压、3.3 V 的外围接口电压, 最高频率为 150 MHz, 指令周期为 6.67 ns, 片内有 18 k 的 RAM, 128 k 高速 Flash, 事件管理 EVA 和 EVB 包括通用时钟、PWM 信号发生器等。可广泛用于各种控制场合, 是高性能 32 位定点 DSP 芯片之一^[1]。其系统原理如图 1 所示。

系统主要完成的任务为: DSP 接收上位机通过 CAN 总线发送的命令, 完成系统工作参数的设置, 并通过模拟地址/数据总线与 CPLD(复杂

可编程逻辑器件)进行通信, 向 CPLD 发送控制命令; 对外部的多路模拟量输入进行信号调理, 在 CPLD 控制下进行单通道或多通道 A/D 转换, 将采集到的数据存储在一片 FIFO(先进先出)芯片中; 当 FIFO 中的数据存储满时, 对 DSP 产生一个中断信号, DSP 收到此中断信号后, 取出 FIFO 中的部分数据, 进行前端数字信号处理, 将处理完毕的数据通过 CAN 总线传给上位机, 上位机实现各种图形界面操作和后端信号处理, 对所采集的信号进行分析^[2]。

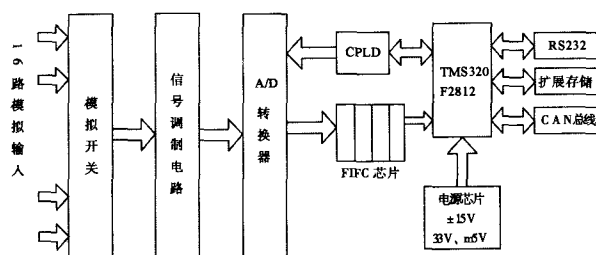


图1 多通道数据采集系统原理

2 系统硬件电路

此部分重点介绍模拟数字转换电路模块与先进先出(FIFO)缓冲电路。

* 收稿日期: 2007-11-19

作者简介: 曹梦婷(1982—), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要从事 DSP 的开发与研究。

2.1 模拟数字转换电路模块

TMS320F2812 内部集成的一个 12 位,总采样速率为 12.5 MSPS(百万次每秒)的模数转换器,不足之处是它的电压输入范围是 0 ~ 3.3 V. ADS7805 转换器的最高转换频率为 100 kHz,只需单端 5 V 电源供电即可正常工作;芯片

内部含有采样保持、电压基准和时钟等电路,极大简化了用户的电路设计. 模拟输入电压的范围为 ± 10 V,采用逐次逼近式工作原理,转换结果由 16 位数据线并行输出,启动转换和读取上次转换的结果可以同时进行. 当 CS 管脚置为地电平时,ADS7805 的转换时序如图 2 所示.

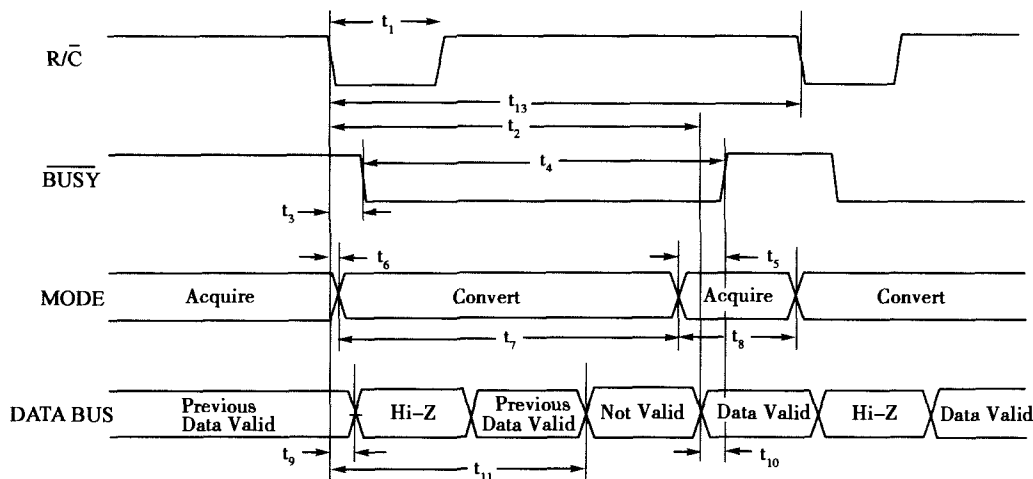


图 2 ADS7805 使用 R/C 端控制转换时序

首先要在 R/C 引脚输入一个低电平信号,低电平的持续时间 t_1 要求在 40 ~ 7 000 ns;这时 BUSY 引脚电平被拉低表示正在进行转换,在经过了大约 8 μ s(即为 BUSY 信号保持低电平的时间)后,转换完成. BUSY 引脚电平相应变高;再把 R/C 脚电平拉高,此时 ADS7805 就会将转换结果输出到数据总线上,故对 ADS7805 的操作只需在 R/C 引脚输入 100 kHz 占空比为 50% 的方波即可,此时 R/C 低电平保持时间为 5 000 ns,符合要求. 此方波从 F2812 PWM 发生器而来.

个数据足以保证任意一个通道有 1 024 个采样点. FIFO 芯片连接如图 3 所示.

2.2 先进先出(FIFO)缓冲电路模块

F2812 具有 8 级流水线,对信号进行实时处理占用大量的资源,如若减少 F2812 对外设的频繁响应,则可大大提高系统运算资源的利用. 正是基于这种考虑,采用 FIFO 芯片,当采集的数据达到 FIFO 满的容量后,F2812 响应一次.

IDT72V255LA 是 IDT 公司生产的 3.3 V 操作电压,100 MHz 的 FIFO 缓冲电路,容量是 8 192 \times 18. 之所以选用 8 k 容量是因为采用 8 个通道共用 ADS7805 (100 k 采样率),对数据进行的 FFT 处理是 1 024 个采样点,一次采样 8 k

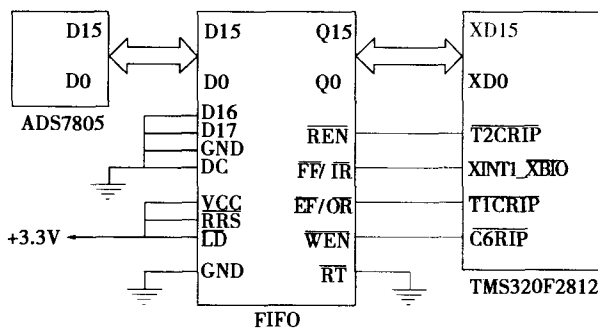


图 3 FIFO 芯片连接

当需要数据写入时, WEN 置低,在 WCLK 上升沿处写入数据, REN 置低,在 RCLK 上升沿处,数据从 FIFO 读出, OE 控制输出三态门. 同时芯片具有满、空、半满 3 个标志位. 当 A/D 转换器得到 8 k 的数据后,满标志位被置为低电平,通知 DSP 可以取数据. 当 DSP 读完数据后,空标志位被置为低电平,通知 CPLD 可以继续启动 A/D 转换器了. 在 FIFO 采集到 8 k 的数据后,FIFO 的 FF 会触发 F2812 进入中断服务程序.

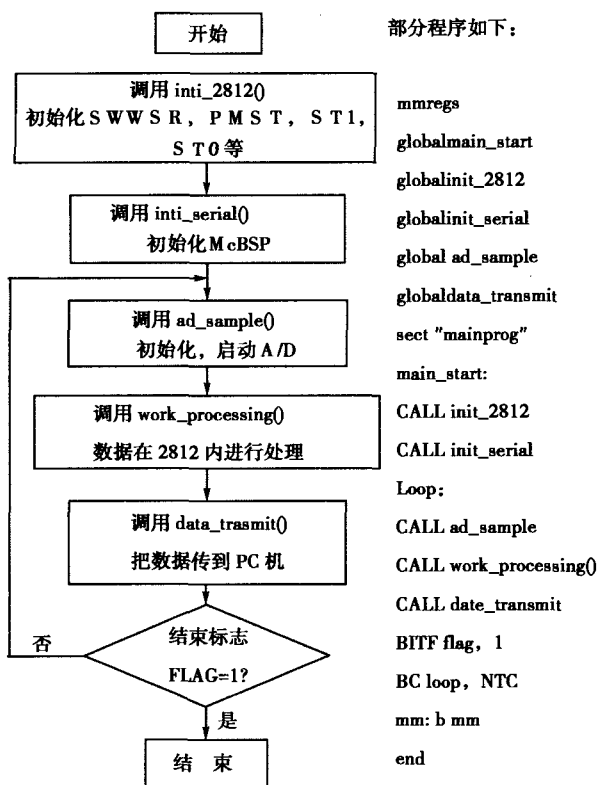


图 4 主程序流程

部分程序如下:

```
mmregs
global main_start
global init_2812
global init_serial
global ad_sample
global data_transmit
sect "mainprog"
main_start:
CALL init_2812
CALL init_serial
Loop:
CALL ad_sample
CALL work_processing()
CALL data_transmit
BITF flag, 1
BC loop, NTC
mm: b mm
end
```

REN 管脚为高 * /

至此,16 个通道的数据全部被读到 ad_data 数组中了,接下来将进行 FFT 变换.

3 系统软件设计

使用汇编语言编写程序,汇编器生成 COFF 目标文件后,可以调用链接器进行链接生成可执行的输出文件(out 文件,COFF 目标模块),C2812 的链接器支持用户利用命令语言编制命令文件(cmd),自行配置目标系统的存储空间分配,并为各段指定地址^[3].

4 系统性能测试

借助 TMS320C2000 的仿真器进行系统调试.软件环境是 TI 公司为 DSP 芯片所做的集成开发环境 CCS^[4].仿真器通过 JATG 口就可以对用户系统在 CCS 环境下进行软硬件调试.通过测量正弦信号来验证本系统的可行性和稳定性,同时讨论其测量精度.利用信号发生器分别产生频率为 1 kHz,10 kHz 和 100 kHz 的正弦信号,通过本系统的采集和模数变换得到采样数据,此时 A/D 的采样频率为 1 MHz.分析所得采样数据:把相邻的 10 个周期信号看成一组,算出他们的平均频率,一共算出 20 组,这 20 个频率的平均值作为正弦信号的频率,然后找出每组数据的最大值,再把他们平均作为正弦信号的最大值,多次测量可以得到如表 1 所示的结果.

```
#define address_ADS7805 (int *)0x4040
interrupt void fifo_ff_isr()
{ int i,j,ad_data[16][1024];
  for(i=0;i<1024;i++)
    for(j=0;j<16;j++)
      { ad_data[i][j] = * address_ADS7805; } /* 读入 FIFO 中缓冲的数据 */
  GPIO_REN = 1; /* 置 FIFO 的
```

表 1 频率的测量结果

输入信号			频率的测量结果			
频率/kHz	频率标准差/kHz	测量值/kHz	测量值标准差/kHz	测量值相对误差/%	系统误差/kHz	系统相对误差/%
100.050	0.090	100.190 0	0.140 0	0.14	0.150 0	0.15
10.040	0.050	10.032 0	0.008 0	0.08	0.018 0	0.18
1.001	0.001	1.002 7	0.001 7	0.02	0.000 7	0.07

表 2 最大值测量结果

输入信号			最大值的测量结果			
最大值/V	最大值标准差/V	测量值/V	测量值标准差/V	测量值相对误差/%	系统误差/V	系统相对误差/%
3.070	0.004	3.068 4	0.001 4	0.046	0.011	0.36
3.010	0.004	3.008 0	0.002 0	0.066	0.008	0.27
2.960	0.003	2.962 0	0.002 0	0.067	0.006	0.20

由图4中数据折线可以看出:①JO-9C临界直径小于1.5 mm,极限直径大于5 mm;②在实验涉及的小尺寸条件下,随着装药直径的逐渐增大,爆压值有显著的增加;③在1.5~5 mm,由折线各段的斜率可以看出爆压的涨幅是呈现逐渐递减的趋势:在1.5~2 mm爆压增大到37.4%,在2~3 mm为31.9%,而在3~5 mm涨幅仅为21.0%.

爆压的这些变化是小尺寸条件下产生非理想爆轰引起的.通常不严格的把波阵面不是平面或反应区终态不符合声速条件的爆轰称为非理想爆轰^[3].而小尺寸条件下产生非理想爆轰的原因主要是:当爆轰波沿着一定装药直径的药柱传播时,除了化学反应放热同时也存在着能量的耗散.因为化学反应区内高压的爆轰产物不仅向后膨胀,还存在侧向膨胀,这种侧向膨胀所引起的侧向稀疏波能以当地声速向轴线汇聚.当装药直径越小时,汇聚过程所需要的时间越短,反应区内压力下降也越快,维持爆轰波向前传播的压力也就越小,压力下降越显著.当装药直径小于临界直径时,侧向稀疏波引起的能量损耗很大,剩余能量不足以激发下层炸药的爆轰,最终息爆;当装药直径大于一定值时,侧向稀疏波将不足以应对反应区内压力下降,此时爆轰以稳定爆轰状态传播.

2.2 模型建立

如图4,拟合曲线为数据折线拟合而成的二次曲线,其数学模型为:

$$P = -1.27583 + 8.35099D - 0.82864D^2 \quad (1.5 \text{ mm} \leq D \leq 5 \text{ mm}) \quad (4)$$

它为区间内爆压值提供了较为准确的计算方法.

3 结论

1) 小尺寸条件下装药直径对爆压影响显著,这种影响由侧向稀疏效应导致,这种爆轰状态为非理想爆轰.

2) 随着装药直径增大,爆压值由9.09 GPa ($D=1.5 \text{ mm}$)增加到19.94 GPa ($D=5 \text{ mm}$),涨幅由37.4% (1.5~2 mm段)减小到21.0% (3~5 mm段).

3) 拟合出1.5~5 mm的 $P-D$ 关系曲线,其数学模型为 $P = -1.27583 + 8.35099D - 0.82864D^2$ ($1.5 \text{ mm} \leq D \leq 5 \text{ mm}$).

4) 以上实验数据和拟合数学模型为小型火工品设计及相关数值模拟提供了可靠依据.

参考文献:

- [1] 王建华,刘玉存,王作山,等. PBXN-5 装药直径及约束条件对爆压的影响[J]. 火工品,2002,23(3):21-23.
- [2] 严楠,韩秀凤,蔡瑞娇. 锰铜压阻法测量雷管输出压力波形分析[J]. 含能材料,2002,12(5):257-263.
- [3] 孙承伟,卫玉章,周之奎. 应用爆轰物理[M]. 北京:国防工业出版社,2000:39-54.

(上接第119页)

从表1和表2可以看出,频率和最大值的相对误差都很小,说明系统是很稳定的.在频率测量上,随着频率的增加,测量的相对误差有所增加,但仍然小于系统的量化误差. A/D 的量化误差约为0.1%,测量正弦信号最大值的系统相对误差在0.4%以内,这个误差来源于系统电路本身,同时也和用于进行误差计算的数据的选取有一定的关系.但是在测量过程中,这个误差在允许范围内,能够满足测量要求.

本研究设计了以通用型数字信号处理器 DSP 芯片为主体的数据采集和预处理电路.由于选用了高性能的 DSP 芯片 TMS320F2812,该系统具有

体积小、速度快、处理能力强、可靠性高以及功耗低等许多优点.本系统的设计方案还可以运用于其他各种数据采集系统中,有一定的通用性.

参考文献:

- [1] 苏奎峰,吕强. TMS320F2812 原理与开发[M]. 北京:电子工业出版社,2005:11-16.
- [2] 周林,殷侠. 数据采集与分析技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2005:234-257.
- [3] 彭启宗,管庆. DSP 集成开发环境[M]. 北京:电子工业出版社,2005:8-46.
- [4] 尹勇,欧光军,关荣锋,等. DSP 集成开发环境 CCS 使用指南[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003:59-80.