

基于 LTC1865 和 McBSP 的高速串行数据采集系统设计*

李富伟, 翟守忠, 何万平, 骆 拓
(长沙矿山研究院, 湖南 长沙 410012)

摘要: 介绍了 16 位串行模数转换芯片 LTC1865 与 TMS320C2812 芯片的多通道缓冲串口 (McBSP) 的工作原理。采用 McBSP 的时钟停止工作模式, 将 LTC1865 通过光耦与 McBSP 直接相连, 从而实现高速串行数据传输。

关键词: 数据采集; LTC1865; TMS320F2812; McBSP 模块; 时钟停止模式

中图分类号: TP274.2

文献标识码: B

Design of high speed serial data acquisition system based on LTC1865 and McBSP

LI Fu Wei, ZHAI Shou Zhong, HE Wan Ping, LUO Tuo
(Changsha Institute of Mining Research, Changsha 410012, China)

Abstract: The principle of 16 bit analog-to-digital converter LTC1865 and multi-channel buffer serial port (McBSP) of TMS320F2812 are mainly introduced. Based on clock stop mode of McBSP, LTC1865 is directly connected to McBSP with optical coupler. In this mode, the serial data can be transferred high speed.

Key words: data acquisition; LTC1865; TMS320F2812; McBSP module; clock stop mode

随着现代工业技术的发展和信号处理要求的不断提高, 对于一个可靠稳定的系统来说, 数据采集起着举足轻重的作用。数据采集及处理系统应用非常广泛, 其基本原理是将外部模拟信号的电压量通过 A/D 转换器, 转换成为数字量并存储在内部的 RAM 中, 通过一系列的算法完成数据的处理。

本系统采用 TI 公司的 TMS320F2812 作为信号采集和处理的核心理, 通过 TMS320F2812 的 McBSP 模块外扩 A/D 转换器 LTC1865 进行采集。

1 系统硬件设计

1.1 TMS320F2812 及其 McBSP 模块

TMS320F2812 是 TI 公司的一款高性能、多功能、高性价比的 32 位定点 DSP 芯片。该芯片兼容 TMS320LF2407 指令系统, 最高可在 150 MHz 主频下工作, 并带有 18 K×16 位零等待周期片上 SRAM 和 128 K×16 位片上 Flash (存取时间为 36 ns)。TMS320F2812 采用哈佛总线结构, 具有密码保护机制, 可进行双 16×16 乘

法和 32×32 乘加操作, 提供了足够的处理能力, 使一些复杂实时控制算法的应用成为可能, 因而具有控制和快速运算的双重功能^[1]。

TMS320F2812 芯片的 McBSP 是一种同步串行接口, 可以根据设计者的不同需求进行配置, 使用非常灵活。McBSP 的时钟停止模式可以提供与 SPI 兼容的协议。当 McBSP 配置为时钟停止模式时, 发送器和接收器内不同步, 这样 McBSP 可以作为一个 SPI 主设备或从设备。在这种模式下, McBSP 的发送时钟信号 CLKX 相当于 SPI 总线的 SCK 信号, 发送帧同步信号 FSX 可以作为 SPI 的片选使能信号 \overline{SS} 使用。在时钟停止模式中, 由于采用内部同步模式, 不使用接收时钟信号 CLKR 和接收帧同步信号 FSR。

1.2 串行 A/D 转换器 LTC1865^[2]

本系统使用的数模转换器 LTC1865 是凌力尔特推出的 16 位 SAR ADC, 采用单 5 V 电源工作, 并能保证在 -40 ℃~+125 ℃ 的温度范围内工作。每个器件最大电

* 基金项目: 国家科技部项目(2007BAK22B03)

流为 850 μA ,最大采样率达 250 kS/s,供电电流随着采样速率的降低而变小。MSOP-10 封装的 LTC1865 提供 2 路软件可编程的通道,并且可以根据需求来调整参考电压的大小。3 线 SPI 兼容串行接口通信,适用于高分辨率应用场合,如汽车温度检测、发动机油压测量或多普勒信号的采集等。

LTC1865 的工作时序如图 1 所示。LTC1865 转换周期开始于 CONV 信号的上升沿(即 CONV 为高电平时),经过一段 t_{CONV} 后转换才结束。如果此时 CONV 还是高电平,LTC1865 就拉低供电电流进入省电模式。当 CONV 变为低电平后,在 SCK 的上升沿依次从 SDI 引脚输入 2 个通道配置位(其他输入位被忽略),直到下一个 CONV 周期出现。SCK 同步与数据的传输都为全双工工作模式。数据传送完后,如果 CONV 还是低电平,则 SDO 在 SCK 上升沿输出为 0。



图 1 LTC1865 的工作时序

2 个通道输入配置字决定了下一次转换的通道及其采样模式。如表 1 所示,如果配置字为 10 时,LTC1865 将测量 CH0 引脚对地的信号;如果配置字为 11 时,LTC1865 将测量 CH1 引脚对地的信号;如果配置字为 00 时,LTC1865 将测量 CH0 引脚对 CH1 引脚的信号;如果配置字为 01 时,LTC1865 将测量 CH1 引脚对 CH0 引脚的信号。LTC1865 采样的范围为 V_{REF} 到 V_{CC} ,其中 V_{REF} 的电压由引脚 V_{REF} 决定,可以通过硬件配置为 $1\text{V}\sim V_{\text{CC}}$ 。

表 1 通道配置字选择

	地址选择		通道		地
	0	1	0	1	
单端输入	1	0	+	-	-
	1	1	-	-	-
差分输入	0	0	+	-	-
	0	1	-	+	-

1.3 硬件电路设计

1.3.1 运放调理电路的设计

信号调理电路就是放大、缓冲或标定传感器的模拟信号,使其适合于模/数转换器(ADC)的输入。本系统选用的运算放大器是 TI 公司的高 CMR(共模抑制)、RRIO(轨到轨输入输出)OPA2364 芯片^[3],它具有单电源、低偏

置和高性能等特性,完全符合本采集系统的设计要求。图 2 所示为通道 0 的电路原理图,为了最大限度地减小采集电路对传感器的影响,运放使用了具有高输入阻抗的同相放大接法。将信号从运放的输入范围 $\pm 10\text{V}$ 调理到适于 ADC 的输入范围。通道 1 的原理与通道 0 相同。

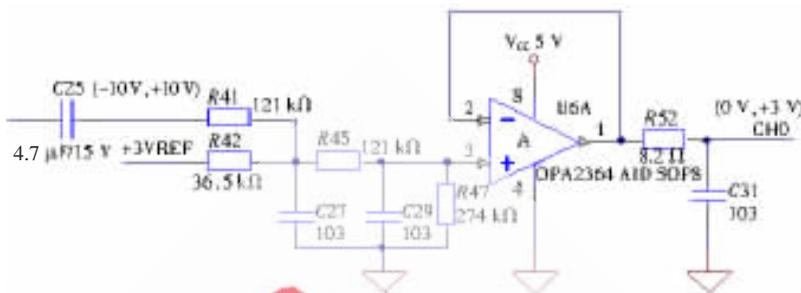


图 2 运放调理电路原理图

1.3.2 TMS320F2812 与 LTC1865 接口电路设计

TMS320F2812 与 LTC1865 的硬件电路连接如图 3 所示。由于 LTC1865 是 5 V 电源的 A/D 转换器,而 TMS320F2812 是 3 V 芯片,因此,TMS320F2812 的 McBSP 模块中的串行数据接收引脚 MDR 必须要通过光耦 TLP512 与 LTC1865 的串行数据输出引脚 ADSDO 进行隔离,防止烧坏 DSP。但 McBSP 的发送帧同步引脚 MFSX、发送时钟引脚 MCLKXA 和串行数据发送引脚 MDXA 的数据传输方向是由 DSP 到 ADC,所以无需光耦进行隔离^[4]。

2 系统软件的设计

LTC1865 与 TMS320F2812 的 McBSP 进行高速串行通信的软件设计流程图如图 4 所示。首先对 TMS320F2812 系统初始化,包括初始化 PLL 模块倍频寄存器 PLLCR 和低速外设分频寄存器 LOSPCP 的配置;然后对 McBSP 进行初始化,配置相应的寄存器,使其工作在时钟停止模式;进入死循环后,首先发送 CH1 通道或者 CH0 的配置字(通道 CH0 的配置字为 $0\text{x}c003$,通道 CH1 的配置字为 $0\text{x}8002$),等待 SPCR1 寄存器的位 RRDY 为 1 时(即接收器已经准备好),就可以接收寄存器 DDR 内容读取数据。

在软件设计中,最重要部分之一就是 McBSP 模块的初始化^[5]。表 2 给出了 McBSP 配置为 SPI 主设备相关寄存器的位的设置。用于时钟停止模式的帧同步信号作为从设备的使能信号时,在整个发送过程中都是有效的。每个信息包的长度可设置为 8 位、12 位、16 位、20 位、24 位或 32 位。接收信息包长度由 RCR1 的 RWDLEN1 位选择;发送信息包长度由 XCR1 的 XWDLEN1 位选择。在时钟停止模式中,XWDLEN1 的值必须等于 RWDLEN1 的

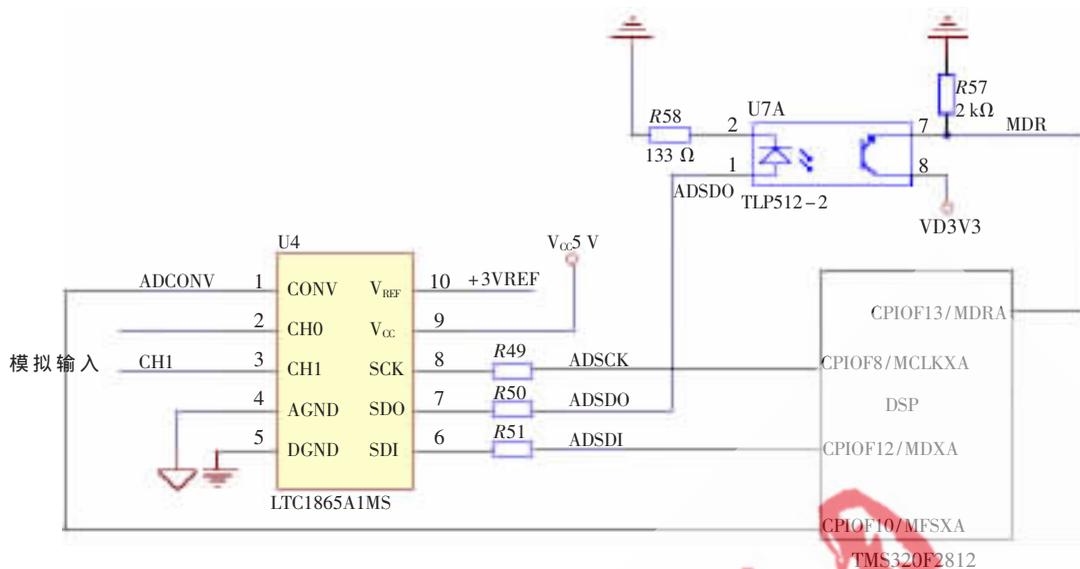


图3 McBSP与TLC1865的连接图

(4)数据的对齐模式为右对齐。

(5)McBSP的字长为16位。

(6)启动发送寄存器。

注意：即使是多个码字连续地传输，在1个信息包传输完以后，CLKX信号总是停止的，且FSX信号返回无效状态。当进行连续的信息包传输时，每个信息包传输之间会出现2位周期的最小间隔时间。

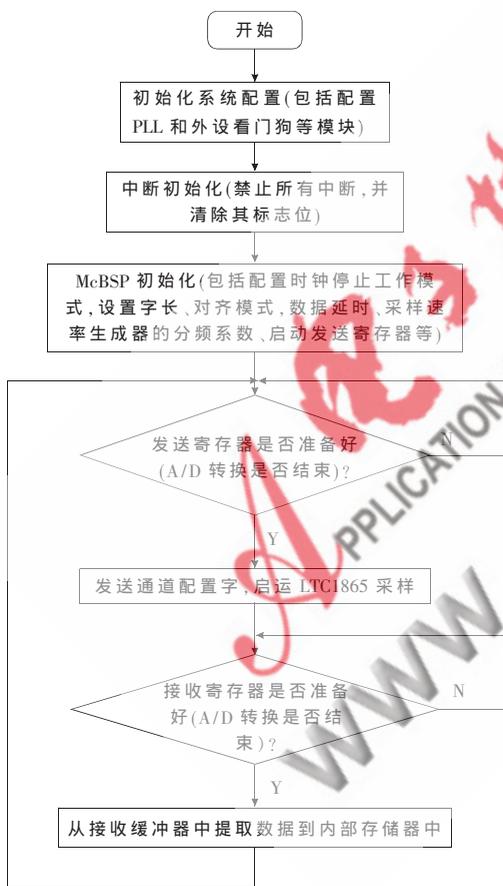


图4 McBSP与TLC1865串口通信的流程图

值，因为McBSP的发送和接收电路同步于一个时钟。

结合本系统的硬件设计，对McBSP配置如下^[5-6]：

- (1)工作时钟为DSP内部的LOPCLK时钟，并设定SRGR2和SRGR1寄存器来对时钟进行分频。
- (2)接收和发送的数据延时为1个工作时钟。
- (3)McBSP工作模式为时钟停止模式。

McBSP初始化部分程序如下：

```

//
void InitMcbSP(void)
{
    int i;
    EALLOW;
    GpioMuxRegs.GPFMUX.bit.MDRA_GPIOF_13=1;
    GpioMuxRegs.GPFMUX.bit.MDXA_GPIOF_12=1;
    GpioMuxRegs.GPFMUX.bit.MCLKXA_GPIOF8=1;
    GpioMuxRegs.GPFMUX.bit.MFSXA_GPIOF10=1;
    //定义McBSP功能模块
    EDIS;

    McbspRegs.SPCR2.all=0x0000;
    McbspRegs.RCR2.all=0x0001; //设置接收数据延迟为1位
    McbspRegs.RCR1.all=0x0000;
    McbspRegs.XCR2.all=0x0001; //设置发送数据延迟为1位;
    McbspRegs.XCR1.all=0x0000;
    McbspRegs.SRGR2.all =0x2008; //使用内部的时钟，
    LOPCLK//时钟，设置帧周期为8个，CLKG周期
    McbspRegs.SRGR1.all=0xffff; //设置采样速率生成器分
    //频系数为256

    McbspRegs.MCR2.all=0x0000;
    McbspRegs.MCR1.all=0x0000;
    McbspRegs.SPCR1.all=0x1800; //设置工作在时钟停止模
    //式，上升沿启动时钟带有延时
    McbspRegs.PCR1.all=0x0FOA; //设置发送帧同步模式，
    //发送时钟模块

    McbspRegs.PCR1.bit.CLKXP=1;
    McbspRegs.PCR1.bit.CLKRP=0;

    McbspRegs.SPCR1.bit.DXENA=1; //DX使能器开启
    McbspRegs.SPCR1.bit.RJUST=0; //Right justify word
    McbspRegs.SPCR2.bit.GRST=1;
    McbspRegs.RCR1.bit.RWDLEN1=2; //16 bit word
    
```

表 2 McBSP 配置为 SPI 主设备相关寄存器的位的设置

需要设置的位	描述
CLKSTP=00b 或 01b	选择时钟停止模式(带或不带 1 个时钟周期的延时)
CLKXP=0 或 1	CLKX 的极性,CLKRP=0 为正极性;CLKRP=1 为负极性
CLKXM=1	CLKX 作为输出引脚,由内部采样速率生成器驱动。由于 CLKSTP=00b 或 01b,CLKR 在内部由 CLKX 驱动
SCLKME=0 CLKSM=1	以 CPU 时钟为基准,采样速率生成器产生时钟
CLKGDV 是 0~255 之间的值	CLKGDV 定义 CLKG 的分频系数
FSXM=1	FSX 是输出引脚,根据 FSGM 位的设置确定内部的驱动源
FSGM=0	每次数据从寄存器 DXR1 传输到 XSR1 时,发送器驱动 FSX 引脚上的一个帧同步脉冲
FSPX=1	FSX 引脚低电平有效
XDATDLY=01b RDATDLY=01b	该设置保证 FSX 信号正确的建立时间

```

McbspRegs.XCR1.bit.XWDLEN1=2;          //16 bit word
McbspRegs.SPCR2.bit.XRST=1;           //enable XRST/RRST
McbspRegs.SPCR1.bit.RRST=1;
for(i=0;i<1000;i++);
McbspRegs.SPCR2.all 1=0x00c0;
//Only enable FRST,CRST
}

```

3 试验结果

本系统对频率发生器产生幅值为 ± 10 V 正弦波信号进行采集试验,其结果分别如图 5、图 6 所示。分别对



图 5 当输入信号频率为 200 Hz 时,CH0 通道的采样结果

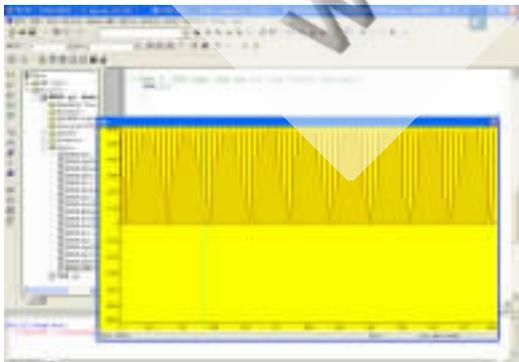


图 6 当输入信号频率为 400 Hz 时,CH1 通道的采样结果

CH0 和 CH1 通道进行信号采集,经过分析得到幅值和频率完全与频率发生器的输出相符。

本文详细介绍了高速率、高精度 16 位模数转换器 LTC1865 与 32 位定点 DSP TMS320F2812 的 McBSP 之间高速串行通信的接口电路及其软件设计。由于采用 McBSP 的时钟停止模式兼容于 SPI 传输协议,且 McBSP 的字长和采样速率生成器时钟配置灵活、传输速度快,因而带有 SPI 接口的高速率、高精度 ADC 可与 DSP McBSP 接口实现串行通信,以实现嵌入式数据采集系统高速数据传输。

实验结果表明,本系统的信号采集和处理系统具有设计简便、结构紧凑和工作稳定等优点。与并行接口相比,采用串行接口的硬件连接线大为减少,这样不仅可以减少印制电路板的面积,还可以减少电磁干扰,从而有利于系统更加稳定地工作,本设计具有很大的实践意义。

参考文献

- [1] 苏奎峰,吕强,耿庆锋,等.TMS320F2812 原理与开发 DSP 应用丛书[M].北京:电子工业出版社,2005:282-389.
- [2] Linear Technology Corporation.LTC1864/LTC1865 datasheet [M].http://www.linear.com.cn,2007.
- [3] 李显宝,李宪优,于丽娟.宽带低噪声运放 OPA686 及在粒子探测中的应用[J].宇航计测技术,2004(5):23-26.
- [4] 贾伟,邵左文,张玉猛.AD7674 与 TMS320F2812 McBSP 之间的串行通信[J].国外电子元器件,2007(6):42-45.
- [5] 罗闻,王峻峰,史铁林.基于 McBSP 的高速串行数据采集系统设计[J].微计算机信息,2006,23:176-178,165.
- [6] 何学辉,苏涛.TMS320VC5402 DSP 与串行 AD73360 A/D 转换器的接口设计.电子技术应用,2003,29(11):67-70.

(收稿日期:2009-04-08)