

TMS320DM642 中利用 McBSP 与 EDMA 实现 UART

王晓剑^{1,2} 潘顺良¹ 沈为群¹ 宋子善¹

(1. 北京航空航天大学 北京 100083; 2. 第二炮兵装备研究院 北京 100085)

摘要: TMS320DM642(DM642)作为一款高性能的多媒体 DSP 有着广泛的应用。由于不具备通用异步串行收发接口(UART),使得与其他 UART 设备之间的通信存在困难。本文分析了异步串行通信的特点和其数据帧结构,利用片上同步多通道缓冲串行口(McBSP)和增强型直接存储器存取(EDMA)实现了 UART 功能。重点论述了 McBSP 与 EDMA 相关寄存器的初始化设置,发送接收数据的编解码软件处理等。该方法无需其他外部器件,硬件实现简单,程序流程简洁,丰富了 DM642 的接口功能,提高了其使用的灵活性。

关键词: DM642; McBSP; EDMA; UART

中图分类号: TP311

文献标识码: A

Implementing UART on the TMS320DM642 with the McBSP and EDMA

Wang Xiaojian^{1,2} Pan Shunliang¹ Shen Weiqun¹ Song Zishan¹

(1. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083 ; 2. The Second Artillery Equipment Academy, Beijing 100085)

Abstract: TMS320DM642(DM642) has been widely used as a high performance DSP for digital media applications. As with no universal asynchronous receiver and transmitter (UART) provided, it is difficult to communicate with other UART devices. In this paper, a method using the on-chip multichannel buffered serial port (McBSP) and enhanced direct memory access (EDMA) to emulate software UART is provided. The initialization of the McBSP and EDMA and the data coding/decoding in process of transmitting/receiving are discussed in detail. This method can be implemented with easy program flow and no other device. It enriches the DM642's interface function and extends its application as well.

Keywords: DM642; McBSP; EDMA; UART

0 引言

TMS320DM642(简称 DM642)是 TI 公司推出的一款针对数字多媒体领域应用的 DSP,属 C6000 系列,拥有 8 个并行处理单元,600 MHz 的 CPU 主频下能实现 4 800 MIPS 的处理速度;在 C64x 的基础上,它增加了面向多媒体应用的相关外围设备和接口,主要包括:3 个可配置的用于视频输入、输出或传输流输入的视频口,面向音频应用的 McBSP(multichannel audio serial port),用于网络传输的 10/100 Mb/s Ethernet MAC 等^[1]。DM642 的结构和功能特性使其在视频 IP 电话、视频点播机顶盒、视频监视数字记录仪等领域有着广泛的应用前景^[2]。由于 DM642 中不具备异步串行通信(UART)接口,其与 UART 设备连接时存在一定的困难,本文给出了一种利用 DM642 已有的同步串口 McBSP 与 EDMA 实现 UART 的方法。

1 UART 功能描述

异步串行通信 UART 是以字符为信息单位传送的,每个字符作为一个独立的数据帧,可以随机出现在数据流中,一旦开始一个字符的传输,收发双方以预先约定的传输速率,在时钟的作用下,传送字符中的每一位,即要求位与位之间有严格而精确的定时^[3]。可见,“异步”体现在帧与帧之间没有严格的定时要求,而帧内部位与位之间传送是同步的。为了实现帧同步,UART 采用起止式的帧格式,其每帧信息由 4 部分组成^[3]。

- (1) 1 位起始位(低电平,逻辑值 0);
- (2) 5~8 位数据位,承载要传送的有效信息,传送顺序是低位在前高位在后;
- (3) 1 位校验位(也可以没有);
- (4) 1 或 1.5 或 2 位停止位,后接不定长的空闲位,停止位和空闲位都规定为逻辑值为 1 的高电平。

2 实现方案

在 DM642 中,可以通过软件的方法,不增加硬件的复杂度,利用已有的 McBSP 和 EDMA 实现 UART 功能。

2.1 硬件设计

DM642 有 2 个 McBSP 端口,每个端口有 7 个引脚,除数据收发引脚(DX、DR)之外,还包括发送时钟(CLKX)、接收时钟(CLKR)、发送帧同步(FSX)、接收帧同步(FXR)和外部输入时钟等引脚,分别用于传送数据、时钟和帧同步,实现同步串行通信。将 McBSP 用于 UART 与 UART 设备进行通信的硬件连接方式如图 1 所示。值得注意的是,DR 引脚与 FSR 引脚连接在一起,作为 DM642 的串行通信输入端。对于 McBSP 而言,不论外部如何连接,始终认为工作在同步方式下,DR 与 FSR 相连,则是将数据线上的电平跳变直接引入到 FSR 端,当 FSR 检测到数据线上帧的第一个下跳沿时,McBSP 认为帧同步信号到来。McBSP 的发送时钟信号 CLKX,发送帧同步信号 FSX,接收时钟信号 CLKR 都是由 DM642 内部的采样率发生器产生。

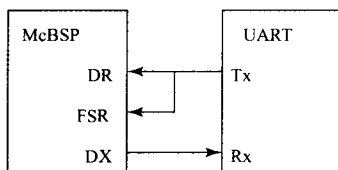


图 1 DM642 与 UART 设备的连接

2.2 软件设计

同步串口依赖 3 条分离的信号线(数据、帧同步和时钟)来实现数据的传输,而异步通信只是在根信号线上进行。要用同步串口实现异步传输,需要在通过数据的首尾加入起始位和停止位,让接收方知道数据传输何时开始和停止。用 McBSP 实现 UART 功能,除了对 McBSP 进行正确设置外,还需要正确设置 EDMA,对 McBSP 收发数据进行软件处理。EDMA 实现内存到 McBSP 之间的高效数据搬移,数据处理软件对待发送的数据进行编码,对接收到的数据进行解码。

(1)McBSP 的设置

每个 McBSP 端口对应一组控制寄存器,主要包括:串行接口控制寄存器(SPCR)、接收/发送控制寄存器(RCR/XCR)、采样频率发生寄存器(SRGR)、引脚控制寄存器(PCR)等。初始化时,通过设置这些寄存器相关位的值来实现功能定制,主要包括波特率设置、采样时钟模式设置、收发数据的帧结构设置等。在 McBSP 的初始化设置中,值得注意的有以下几点。

①波特率的设置

由于 McBSP 时钟与 UART 设备信号往往并不同步,不能保证 McBSP 时钟正好与 UART 中帧同步信号的边

沿对齐,在异步信号与同步信号边沿之间易产生偏移,而且,DSP 的串行时钟频率并不能与 UART 的波特率严格匹配,存在速率偏斜,消除时钟偏移和速率偏斜影响的最佳方法是过采样比特流。在本文中采用 16 倍波特率的采样频率。

McBSP 的采样频率选择是可靠实现 UART 的关键,为了达到高的传输效率,必须能实现连续帧(也即下一帧的起始位紧随前一帧的停止位)的检测。McBSP 中通过设置 SRGR 寄存器中分频除数因子 CLKGDV 的值来选择波特率,CLKGDV 用 8 bit 来表示,取值范围为 0~255,其理想值由 McBSP 时钟频率和通信波特率确定^[4]:

$$\text{CLKGDV} = (\text{McBSPCLK}) / (16 * \text{baudrate}) - 1 \quad (1)$$

其中,McBSPCLK 取内部时钟源频率,对于 DM642,其取值大小为 DSPCLK/4^[5]。由于过采样的容错性及对接收数据帧的停止位可仅以 0.5 bit 格式进行解读,使得 CLKGDV 可以在一定范围内取值而能保证收发数据的准确性^[6]:

$$\frac{(\text{PKTBITS} - \text{STOPBITS}) * \text{McBSPCLK}}{\text{baudrate} * (16 * \text{RXPKBITS} - 3)} - 1 \leq$$

$$\text{CLKGDV} \leq \frac{\text{PKTBITS} * \text{McBSPCLK}}{\text{baudrate} * (16 * \text{RXPKBITS} + 3)} - 1 \quad (2)$$

上式中,PKTBITS 为帧长度;STOPBITS 为停止位数;RXPKBITS 为接收处理的帧长度(停止位按 0.5 bit 处理)。

表 1 给出了主频 600 MHz 的 DM642 在几个典型波特率下的分频因子取值(McBSPCLK=150 M,采用 8N1 的数据帧格式;PKTBITS=10,STOPBITS=1,RXPKBITS=9.5):

表 1 常用波特率下 CLKGDV 取值

波特率	分频因子		
	最小值	理想值	最大值
38 400	234.95	243.14	251.02
57 600	156.30	161.76	167.01
115 200	77.65	80.38	83.01

由于 McBSP 采样采用了内部时钟,而且 CLKGDV 的值不能大于 256,所以限制了通信波特率的最小值。比如想采用 19 200 的波特率,是不可能实现的,因为此时计算出的 CLKGDV 值超出了可设置范围,如果在应用中需要使用更小的波特率,可控制 PCR 中的 CLKRM 和 CLKXM 位来使用外部时钟实现 McBSP 的采样。

②关于帧同步的设置

一帧数据的收发过程中,如果在相邻数据位之间出现了下降沿,则可能会被误检测为“帧同步”信号,对这样的“假帧同步信号”的误检测会使收发数据丢失。可以通过控制 RCR/XCR 寄存器中 RFIG/XFIG 位忽略这些“假帧同步信号”,消除它们对传输过程的影响。

③串行通信帧相位的选择

在 DM642 中,串行传输时帧中的每一位由于过采样

而表示为 16 bit。对于一个传输, UART 允许设置为半个字, 因此, McBSP 的传输口设为双相位帧传输模式, 前一相位为 16 bit 字长, 后一相位为 8 bit 字长格式, 第一相位的

字数设为(起始位+数据位数+奇偶校验位数), 而第二相的字数为(2×停止位)。表 2 给出了波特率 38 400, 帧格式 8N1 下的 McBSP0 相关寄存器的设置值。

表 2 McBSP0 相关寄存器的设置值(38 400, 8N1)

寄存器	SPCR	RCR	XCR	SRGR	PCR
设置值	0x02000000	0x80450840	0x80440840	0x200000f3	0x0000b0c

(2) EDMA 的设置

EDMA 是 DM642 的一种重要的数据访问方式, 有 64 个通道, 每个通道都有一个事件与之关联, 每个事件相当于一个同步信号, 由事件触发相应通道的数据传输。在没有 CPU 参与的情况下, EDMA 控制器可以在后台完成片内存储器 and 外设之间的数据搬移。为了实现高效的 UART, 利用 EDMA 来实现 McBSP 与存储器之间的数据传输是一种理想的选择。以 McBSP0 为例, 其发送和接收事件分别映射到 EDMA 的 12 和 13 通道。由于 McBSP 中每一个字到来时都会产生 REVT0 事件, 每发送一个字会产生 XEVT0 事件, 与 McBSP 关联的 EDMA 的通道必须设置为 1D-1D 的传输方式, 实现单个字的传输请求。对于负责接收的 12 通道, 源地址设置为 McBSP 的数据接收寄存器(DRR)地址, 目的地址设置为存放数据的内存区起始地址。由于 DRR 是固定的, 源地址更新模式(SUM)设置为不变, 而目的地址更新模式(DUM)设为增长方式; 对于负责发送数据传输的 13 通道, 源地址设置为存放待发数据的内存区起始地址, 目的地址设置为 McBSP 的数据发送寄存器(DXR)地址, 由于 DXR 是固定的, 其 SUM 设置为增长方式, 而 DUM 设为不变。

(3) 接收/发送的数据处理

发送时, 用发送处理函数 ProcessXmitData() 把数据块编码为 UART 发送的字, 即扩展每个数据位为 16 bit 的字, 加入帧起始位(0x0000)和停止位(0xffff), 并将发送字块放入发送缓冲器。

```
void ProcessXmitData (void)
{.....}
/* 指向数据发送缓冲区 */
xmitbufptr = (unsigned short *)xmitbuf;
for (i=0; i<(sizeof(xmitbuf)/sizeof(unsigned int)); i++)
{
    /* 初始化为全 1, 对应于帧格式中停止位和空闲位的高电平 */
    xmitbufptr[i] = 0xFFFF; /
}
/* 保留一个帧长数据为空闲的高电平 */
xmitbufptr = (unsigned short *) (xmitbuf+10);
/* 对发送数据进行处理, 并将处理结果放入后续发送缓冲区中 */
```

```
for (i = 0 ; i < BUFFER_SIZE ; i + + )
{
    xmit_char = xmit_msg[ i ] ;
    for (cnt = - 1 ; cnt < 9 ; cnt + + ) /* 处理每一个待发送字符 */
    {
        if (cnt == - 1)
            xmitbufptr + + = 0x0000 ; /* 添加起始位 */
        else if (cnt == 8)
            xmitbufptr + + = 0xFFFF ; /* 添加停止位 */
        else if (xmit_char & (1 << cnt)) /* 将 1 扩展为 0xFFFF */
            xmitbufptr + + = 0xFFFF ;
        else
            xmitbufptr + + = 0x0000 ; /* 将 0 扩展为 0x0000 */
    }
}
}
```

值得注意的是, 为了保证高的传输效率, 上述的编码采取了连续帧的发送方式; 另外, 接收方对数据包中帧起始位的检测是对信号下降沿的判断, 因此对于数据包中的第一帧数据, 仅从低电平的起始位进行编码是不够的, 必须在起始位的低电平之前插入若干高电平, 这样才能生成标志帧开始的下降沿, 否则一个数据包中的前几个字符不能被接收方正确解码。

接收时, EDMA 从 DRR 寄存器中读取扩展的数据, 并把数据写入接收缓冲区, 当 EDMA 将所有数据移入接收缓冲区后, 会发出中断给 CPU, 中断处理程序调用接收处理函数 ProcessRecvData() 将接收到的数据进行解码。

```
void ProcessRecvData (void)
{ .....}
/* 处理接收缓冲区的数据 */
for (i = 0 ; i < BUFFER_SIZE ; i + + )
{
    recv_char = 0 ;
    for (cnt = - 1 ; cnt < 9 ; cnt + + ) /* 处理每一个接收帧 */
    {
```

(下转第 136 页)

出版社,1999.

- [5] 赵亮. 单片机 C 语言编程与实例[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [6] 李建忠. 单片机原理及应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [7] cygnal 公司. AN169. pdf [Z/OL]. www. xhl. com. cn.
- [8] 郭静. 单片机 C8051F320 及其 USB 接口应用[J]. 电子世界,2004(3):38-40.
- [9] 周立功. USB2.0 与 OTG 规范及开发指南[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.

作者简介



谭永亮,男,1982年11月出生,西北工业大学电子信息学院硕士研究生,主要研究方向为微电子技术应用。
E-mail:liangliang0631@yahoo.com.cn

于海勋,男,硕士生导师,主要研究方向为微电子技术应用。

王亮,女,1983年12月出生,硕士研究生,主要研究方向为超大规模集成电路。

(上接第 105 页)

```

if (cnt == - 1 || cnt == 8)
    recvbufpt r + + ; /* 忽略起始位和停止位 * /
else
{
    raw_data = recvbufpt r ; /* 得到 16 bit 的数据
* /
    recvbufpt r + + ;
    recv_val = VoteLogic ( raw_data ); /* 将该 16 bit
的数据压缩为 1 bit * /
    recv_char + = recv_val << cnt ;
}
}
recv_msg[ i ] = recv_char ; /* 完成一个字符的解
码,存储结果 3 * /
}
}

```

其中,通过逻辑判断函数 vote_logic () 实现过采样数据的容错处理,具体方法是:每解码一个字时该函数先屏蔽掉高 6 位和低 6 位,只检测中间的 4 位数据中“1”的个数,当大于等于 3 时对应解码为“1”,否则为“0”。

3 结 论

针对 DM642 上不提供异步串行收发器接口,而只有同步串行接口的情况,本文充分利用 DM642 的片上硬件资源,并结合相应的软件处理,将同步接口转换为异步串

行接口,很好地解决了 DM642 与 UART 设备实现通信的问题。该方法在作者开发的基于 DM642 的视觉测量系统中已经得到成功应用。实践证明,该方案下的通信系统数据传输正确、可靠,能够很好地满足工程应用要求。

参 考 文 献

- [1] TMS320DM642 data manual (SPRS200D) [G]. TI Incorporated,2003.
- [2] TMS320DM642 Technical Overview(SPRU615)[R]. TI Incorporated,2002.
- [3] 刘乐善,欧阳星明,刘学清. 微型计算机接口技术及应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2003.
- [4] TMS320C6000 McBSP: UART (SPRA633A)[R]. TI Incorporated,2001.
- [5] TMS320C6000 DSP Multichannel Buffered Serial Port (McBSP) Reference Guide (SPRU580D). TI Incorporated,2004.
- [6] Implementing a Software UART on the TMS320C54x with the McBSP and DMA (SPRA661A) [R]. TI Incorporated,2000.

作 者 简 介

王晓剑,男,1974 年出生,湖北京山人,助理研究员,博士生,主要研究方向为光学测量,基于视觉的无人直升机自主着舰,DSP,ARM,uclinux,vxWorks 等。

E-mail:morningsword@gmail.com