

基于 Blackfin DSP 的图像数据采集设计

The Design of Collecting Image Data Based On Blackfin DSP

柳笛 黎福海 闫旭 (湖南大学电气与信息工程学院 长沙 410082)

摘要: 简要介绍了模拟器件公司的 Blackfin 系列 DSP 和 Omnivision 公司的 CMOS 图像传感器芯片 OV9650, 深入阐述了 Blackfin533 为核心的一种图像采集设计方法。主要针对以上两者的结构特点进行分析, 描述了详细的硬件设计, 重点分析了采用软件模拟 SCCB 总线协议, 最终实现了对 CMOS 图像传感器的配置。最后分析了 PPI 接口的特性, 并根据系统要求配置了 PPI 接口, 使其与 PPI_DMA 配合完成了高效率的图像采集。

关键词: PPI 接口 DMA OV9650 芯片 DSP SCCB

1 引言

具有图像处理功能的消费类电子产品以及相关产业正在飞速发展。由于体积, 功耗和价格等原因, CMOS 图像采集芯得到了广泛的应用, 在很多设备中都取代了 CCD 芯片。市场上常用的图像数据采集系统常用 DSP 与 CMOS 图像传感器构成, 采用 DSP 控制图像传感器并采集图像数据。随着对图像采集质量要求日益增加, 庞大的图像数据吞吐量给常见的图像数据采集系统提出了较高的要求。针对这一需求, 并结合市场应用, 设计了一种成本低廉、结构简单、功耗低的图像采集方法。

2 CMOS 图像传感器

CMOS(补充金属氧化物半导体)图像传感器是近些年发展较快的新型图像传感器。随着 CMOS 图像传感器的制造工艺不断改进, CMOS 图像传感器提高了成像质量, 降低了固定图形噪声, 在消费类应用中逐渐满足了市场需要。而且由于 CMOS 传感器相比于 CCD 传感器, 可以将像素阵列与外围处理电路集成在同一块芯片上, 因此 CMOS 图像传感器具有价格低廉, 功耗较低, 体积较小以及装配简单等优势。

是 OmniVision 公司的一款 1.3MegaPixel 的彩色图像传感器, 具有高灵敏度采光, 低功耗电源供电等特点, 可输出 RGB, YUV 和 YCbCr 等多种格式, 可以通过串行视频控制总线 (SCCB) 进行控制 CMOS 图像传感

器工作状态, 包括自动曝光控制 (AEC)、自动增益控制 (AGC)、自动白平衡 (AWB)、窗口大小设定、帧速率设定、输出格式选择等参数。

OV9650 芯片的基本参数为:

- (1) 图像尺寸, 像素尺寸。
- (2) 像素阵列: 1300 × 1028 (SXGA)。
- (3) 最大帧速率: SXGA 时能达到 15fps。
- (4) 信噪比 (S/N Ratio) > 40dB。
- (5) 核心电压, I/O 工作电压 2.5V。
- (6) 峰值功耗主动模式 50mW, 静止模式。
- (7) 封装尺寸。

3 Blackfin DSP

处理器是 ADI 公司与 Intel 公司于 2003 年 4 月联合推出的一系列 DSP 产品, 主要面向嵌入式音频、视频和通信等领域, 除了具有强大的信号处理性能和理想的电源效率, 还集成了 32 位的 RISC 精简指令集。ADSP-BF533 是目前 Blackfin 系列数字信号处理器中性能较高的一款, 具有 600MHz 的主频, 双 16 位的 MAC (乘加器) 和两个 40 位的 ALU (算术逻辑单元), 4 个 8 位的视频处理单元, 8 个算术寄存器, 10 个地址寻址单元。DSP 集成了 148K 字节的片内 RAM, 并具有丰富的外部接口, 如 SDRAM 接口、通用并行数据口、SPI、PPI、同步和异步串口等。

4 硬件设计

4.1 控制部分

OV9650 采用 OmniVision 公司定制的串行摄像头控制总线 (Serial Camera Control Bus), 它对图像传感器的寄存器进行读写, 以达到对输出图像的控制。两线制 SCCB 与 I2C 总线类似, 是一种双向两线制同步串行总线。SCCB 的数据传输由主器件控制, 每个接到 SCCB 的设备都有一个唯一的地址, 使用软件寻址节省了从器件的片选。两线制 SCCB 只包括串行时钟线 SIO_C 和串行数据线 SIO_D。由于 Blackfin533 不含 I2C 接口, 使用通用 I/O 口 PF0 和 PF1 模拟 SCCB 总线时序, 对 OV9650 进行寄存器设置。

4.2 数据输出部分

Blackfin DSP 提供了专用的并行外设接口 (PPI) 用于图像数据传输, 配合 DMA 使用可以解决数据传输的冲突问题, 减少对 DSP 的资源消耗, 使 DSP 内核可以专注于后端的处理。

PPI 接口可以配置成 8~16 位数据宽度。在设计中, 采用两同步通用输入模式。帧同步信号 (VSYNC) 标示一帧数据的开始, 连接到 PPI 接口同步信号线 1 (TMR1/PPI_FS1); 水平 (行) 参考信号标示一行数据的开始, 连接到 PPI 接口同步信号线 2 (TMR2/PPI_FS2); 像素时钟 PCLK 标示一个像素数据的开始, 连接到 PPI 接口时钟线 (PPI_CLK)。硬件原理图如图 1 所示。

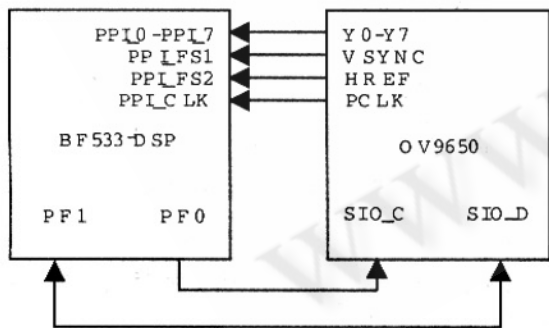


图 1 OV9650 与 BF533 连接图

5 软件设计

5.1 SCCB 实现

总线协议规定三种传输循环: 三相写周期、两相写

周期和两相读周期循环。三相写周期是一个完整的写操作周期, 可向 OV9650 写入一个字节的数。两相写周期用于指定 OV9650 的寄存器地址, 作为两相读周期的所读寄存器地址。两相读周期必须以三相或者两相写周期作为先导, 才能从前一个周期所指定的地址中读取数据。每个相共有 9 位数据, 对于 Phase1 - ID Address, 前七位是地址位, 指示从器件的地址; 第八位为 0 时代表写周期, 为 1 时代表读周期; 第九位一定为 Don't Care 位。Phase 2 - Sub - Address/Read Data, 其前八位代表寄存器地址或者读数据, 第九位为 Don't Care 位指示本相数据为寄存器地址, 为 NA 指示是本相数据为读出数据。Phase3, 仅存在于三相写周期, 前八位为写入数据, 第九位一定是 Don't Care 位。

SCCB 总线的读写时序如图 2 所示。协议定义开始和停止条件, 开始条件: 在 SIO_C 为高电平时, SIO_D 出现一个下降沿, 则 SCCB 开始传输; 停止条件: 在 SIO_C 为高电平时, SIO_D 出现一个上升沿, 则 SCCB 停止传输。除了开始和停止状态, 在数据传输时, 当 SIO_C 为低电平时, SIO_D 上数据改变; 当 SIO_C 为高电平时, SIO_D 上数据发送, 在发送过程中, 应保证数据的稳定。

利用 Blackfin533 的双向可编程 PF 口模拟 SCCB 总线协议, 即对 PF 对应的寄存器进行配置。每个引脚都可以通过标志方向寄存器 (FIO_DIR) 单独地配置为输入或输出方式。当配置为输出方式时, 写入到标志置位 (FIO_FLAG_S) 和标志复位 (FIO_FLAG_C) 寄存器的值决定了输出的状态。读标志置位或标志复位寄存器时, 不管配置成输入还是输出状态, 都会返回各个引脚的状态。根据对 SCCB 总线传输数据分成数据改变、数据传输、数据保持 3 个阶段, 可以通过对 PF0 和 PF1 的可编程标志存储器映射寄存器 (MMR) 进行配置来模拟, 如下程序所示。需要注意的是, 在传输开始和停止的操作, 程序需做相应调整。

写操如下:

```
* pFIO_DIR1 = 0x0003;
if (data) //写"1"
{ * pFIO_FLAG_S1 = 0x0002; delay (100);
* pFIO_FLAG_S1 = 0x0001; delay (100);
* pFIO_FLAG_C1 = 0x0001; delay (50); }
```

```

else //写“0”
{ * pFIO_FLAG_C1 = 0x0002; delay (100);
* pFIO_FLAG_S1 = 0x0001; delay (100);
* pFIO_FLAG_C1 = 0x0001; delay (50); }
读操作如下:

```

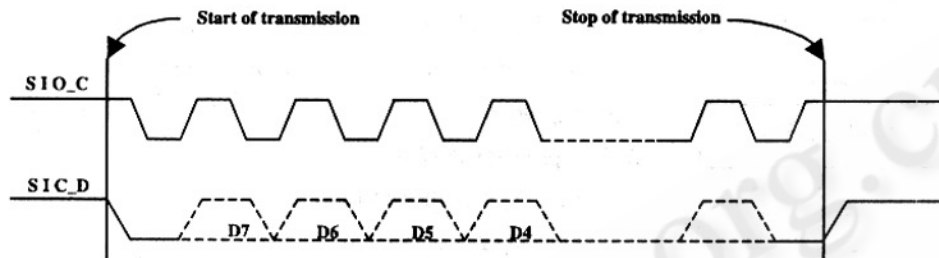


图 2 两线制 SCCB 总线时序图

```

* pFIO_DIR&= 0xffff;
* pFIO_FLAG_C1 = 0x0001; delay(100);
* pFIO_FLAG_S1 = 0x0001; delay (100);
if( * pFIO_FLAG_S&( 0x0002 ))//读入“1”V
{ data = 1; * pFIO_FLAG_C1 = 0x0001; delay
(50); }
else //读入“0”
{ data = 0; * pFIO_FLAG_C1 = 0x0001; delay
(50); }

```

根据 SCCB 协议,可得到读写软件流程如图 3 所示。

通过 PF 口模拟 SCCB 总线的读写时序,对 OV9650 内部寄存器进行如下设置:

- (1) 读寄存器 0x1C 和 0x1D,根据返回设备 ID 号来判断器件是否正常;
- (2) 设置寄存器 0x13 为 0xff,使能 AGC、AWB 和 AEC。
- (3) 设置寄存器 0x15 为 0x20,PCLK 在 HREF 为低电平时无输出;
- (4) 设置寄存器 0x3A 为 0x08,输出格式为 YUV 4:2:2,输出数据序列为 YUYV。

5.2 图像数据传输

为了满足实时图像处理中的高速数据传输要求,采用 Blackfin 的 PPI 接口与结合可完成数据的转移,节省大量的 CPU 周期。

首先设置 PPI 二维 DMA,具体程序如下所示。

```

Init_DMA( )
{ * pDMA0_START_ADDR = 0x00;
//存储空间起始地址
* pDMA0_X_MODIFY = 1280 * 1024;
//内层循环后地址增量
* pDMA0_X_COUNT
= 0x2;
//内层循环次数
* pDMA0_Y_MODIFY = 1
- (1280 * 1024);
//外层循环后地址增量
* pDMA0_Y_COUNT =
1280 * 1024;
//外层循环次数
* pDMA0_PERIPHERAL_
MAP = 0x0;

```

//开启 DMA

```
* pDMA0_CONFIG = 0x919f;
```

//使能 DMA,8 位传输,DMA 结束后产生中断

然后再设置 PPI 寄存器:设置控制寄存器 PPI_CONTROL 为 8 位数据宽度,并配置工作模式为通用输入模式;设置传输计数寄存器 PPI_COUNT 为 1280;设置每帧线路数寄存器 PPI_FRAME 为 1024;设置延迟计数寄存器 PPI_DELAY 为 18453;最后把 PPI_CONTROL 的 PORT_EN 为置位来启动 PPI。当 OV9650 的帧同步信号输出有效后,图像数据开始 DMA 传输。

6 结束语

通过 Blackfin533 对 SCCB 总线的模拟和图像传感器寄存器的设置,完成了 DSP 与 CMOS 图像传感器的直接连接,构成了一个简单的图像采集系统。采用 PPI 接口及 DMA 传输图像数据,实现了高分辨率图像的快速采集,节省了系统资源。因而设计具有结构简单、体积小、功耗低、图像分辨率高以及传输效率高等特色,适合应用于对图像质量及实时性要求较高的场合。

参考文献

- 1 王庆有,图像传感器应用技术[M],北京:电子工业出版社,2003:207-224.

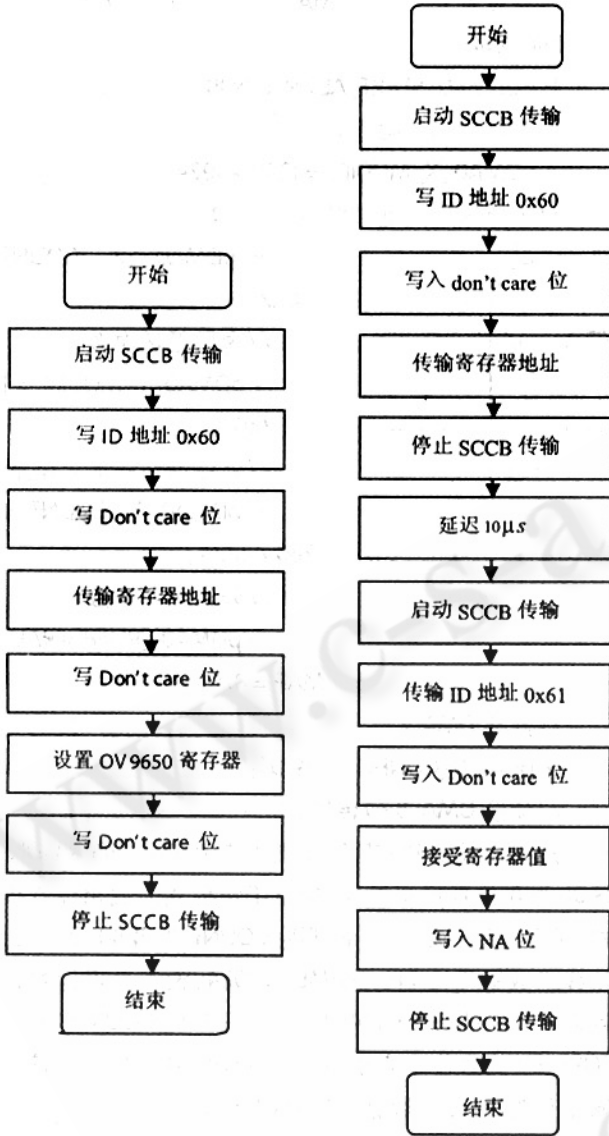


图 3(a) 写寄存器流程 (b) 读寄存器流程

6 Analog Device, Inc: Blackfin Processor Instruction Set Reference [M]. Revision 3.0, Norwood: Analog Device, Inc, June 2004.

7 罗志强、王耀南, Blackfin533 的 DMA 技术及其在图像处理中的应用[J], 国外电子元器件, 2005, (2).

8 车树良、吕英华、王海兰, 基于 S3C44B0 的图像数据采集方法[J], 计算机工程与应用 2005, (12).

2 Omnivision Corp. Public OV9650 Advanced Information Preliminary Datasheet. version 1.0, 18 May, 2004.

3 陈峰, Blackfin 系列 DSP 原理与系统设计 [M], 1 版. 北京: 电子工业出版社, 2004: 4 - 11.

4 Omnivision Corp. Serial Camera Controls Function Specification. Version 2.1, 26 February 2003.

5 Analog Device, Inc: Blackfin Processor Hardware Reference [M]. Revision 3.0, Norwood: Analog Device, Inc, June 2004.