

# 高速数据采集系统的数据流无缝缓存技术

*Technique of seamless cache memory of data flow of High-speed Data Acquisition System*

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 王 喆<sup>1,2</sup> 刘金国<sup>1</sup> 王亚军<sup>1,2</sup>

WANG Zhe LIU Jin-guo WANG Ya-jun

**摘要:** 对 CCD 航天相机在轨拍摄时上传图像数据进行后期处理时,首先要解决的问题是实时可靠地记录和存储数据,其中的关键技术是稳定无误地缓存高速数据流。本文介绍了一种基于“乒乓操作”思想和数据流码制转换技术的高速数据缓存系统。该系统用于空间相机地面测试系统的高速数据传输接口时,能可靠地对前级系统 CCD 上传的高速数据流进行无缝缓存。

**关键词:** 乒乓操作; 高速数据; 码制转换; 无缝缓存

**中图分类号:** TP274+.2

**文献标识码:** A

**Abstract:** When processing the images that are captured by the CCD space camera, the prominent problem is to record and store the data real-timely, and the key technique is to cache the data flow exactly. A high-speed Data Acquisition System based on Code Memory System Conversion and Ping-pong Operation was introduced. When the system was used as interface of the terra testing system of some space camera, the high speed data that came from the CCD (pre-system) can be cached seamlessly.

**Key words:** Ping-pong Operation; high speed data; Code System Conversion; seamless cache memory

## 1 引言

电荷耦合器件(CCD)是一个固体光学传感器,出现于七十年代初。由于集成度高、光敏元件间距小、几何尺寸严格,作为一种新型的 MOS 器件,它与普通 MOS 器件相比,具有更高的集成度、更低的功耗、设计简单、制造工序少等优点。因此,在航空、航天、雷达、通信、气象、电视以及军事部门得到了广泛的应用。CCD 航天相机在轨拍摄时,其数据传输量巨大,同时其图像数据输出速率很高。因此,要实现对相机上传的图像数据进行相应的后期处理,实时可靠的记录以及存储数据是必须首先解决的问题,而其中的关键技术就是如何对高速数据流进行无缝缓存。本文介绍了一种基于“乒乓操作”思想和数据流码制转换技术的高速数据缓存系统。该系统应用于空间相机地面测试系统的高速数据传输接口,能可靠的对前级系统 CCD 上传的高速数据流进行无缝缓存。

## 2 无缝缓存的概念及其实现方式

高速缓存(Cache memory)是一种具有极快的读写速度的存储芯片,它是大容量固定存储介质和外界接口之间的缓冲器。由于固定存储介质内部数据传输速度远低于空间 CCD 相机数据流传输速度,必须依靠缓存在其中起一个缓冲的作用,实现高速 CCD 数据流与低速存储介质之间的速度匹配。缓存的大小与速度直接关系到数据采集系统传输速度。

CCD 空间相机正常工作时,其图像数据是连续不间断的。缓存不及时或有间隙就会造成相机图像数据的丢失,严重时甚至会造成时钟-数据对时错乱,极大地影响了相机数据的采集存储。这就需要数据流进行顺畅不间断的缓存操作,换句话说,就是具有读/写双工能力。

构成高速缓存的方案通常有三种:

第一种是 FIFO 方式。FIFO 存储器就像数据管道一样,数据从管道的一头流入、从另一头流出,先进入的数据先流出。FIFO 具有两套数据线而无地址线,可在其一端进行写操作而在另一端进行读操作,数据在其中顺序移动,因而能够达到很高的传输速度和效率。缺点是只能顺序读写数据,不能进行随机性的访问,而且大容量的高速 FIFO 非常昂贵;

第二种是双口 RAM 方式。双口 RAM 是在一个 SRAM 存储器上具有两套完全独立的数据线、地址线、读写控制线,因而可从两个端口同时读写而互不干扰,允许两个独立的系统同时对该存储器进行随机访问。双口 RAM 也能达到很高的传输速度,并且具有随机存取的优点,缺点是大容量的高速双口 RAM 很难得且价格昂贵;

第三种是高速 SRAM 切换方式。高速 SRAM 只有一套数据、地址和控制总线,这就意味着一片 SRAM 在某一时刻只能进行读或写一种操作。但相对于同等价位的双口 RAM 和 FIFO,它的容量要大得多,对高速海量图像处理系统而言,这一特点非常有利。如果要利用 SRAM 构成无缝缓冲系统,就需要对系统进行相应的双工设计。本文通过对两片并接的同步静态随机存储芯片进行“乒乓操作”来完成数据流无缝缓存。

## 3 乒乓操作

简述乒乓操作如下:“乒乓操作”是一个可用于数据流控制的技巧,典型的乒乓操作方法如下图所示:

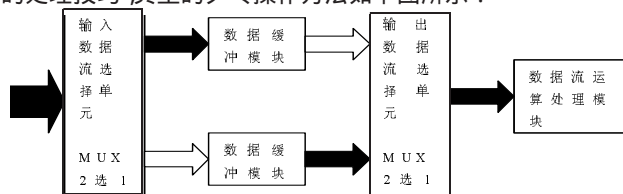


图 1 乒乓操作方法示意图

王 喆: 硕士研究生

其具体的处理流程描述如下:输入数据流通过“输入数据选择单元”等地时将数据流分配到两个数据缓冲区。数据缓冲模块可以为任何存储模块。在第一个缓冲周期,将输入的数据流缓存到“数据缓冲模块1”。在第二个缓冲周期,通过“输入数据选择单元”的切换,将输入的数据流缓存到“数据缓冲模块2”,如此同时,将“数据缓冲模块1”缓存的第一个周期的数据通过“输出数据选择单元”的选择,送到“数据流运算处理模块”被运算处理。在第三个缓冲周期,通过“输入数据选择单元”的再次切换,将输入的数据流缓存到“数据缓冲模块1”,与此同时,将“数据缓冲模块2”缓存的第二个周期的数据通过“输出数据选择单元”的选择,送到“数据流运算处理模块”被运算处理。如此循环,周而复始。

乒乓操作最大的特点是,通过“输入数据选择单元”和“输出数据选择单元”按节拍,相互配合的切换,将经过缓冲的数据流无时间停顿地送到“数据流运算处理模块”,被运算处理。把乒乓操作模块当作一个整体,站在这个模块的两端看数据,输入数据流和输出数据流都是连续不断的,没有任何停顿,因此非常适合对数据流进行流水线式处理,以完成数据流的无缝缓冲与处理,并且可以大大节省缓冲空间。

利用乒乓操作,还可以很容易地实现低速处理模块处理高速数据流的效果见图2。由图2易知,通过乒乓操作,“数据与处理模块”的时序压力减轻了,所要求的处理速率仅为输入数据速率的一半!

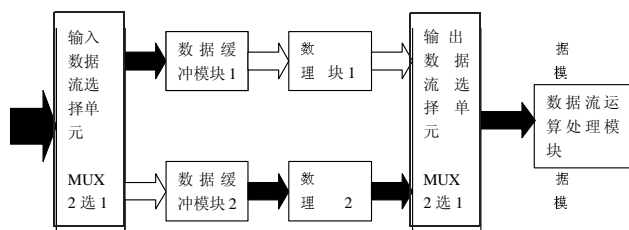


图2 低速处理模块处理高速数据流的效果图

#### 4 缓存芯片

缓存芯片采用 CYPRESS 公司的 CY7C1351F。CY7C1351F 工作电压为 3.3 V,是一种容量为 128K\*36bit 的同步直通猝发型 SRAM,数据宽度 32 位,可支持高达 133 MHz 的无延迟总线操作,其内部逻辑结构图如下。

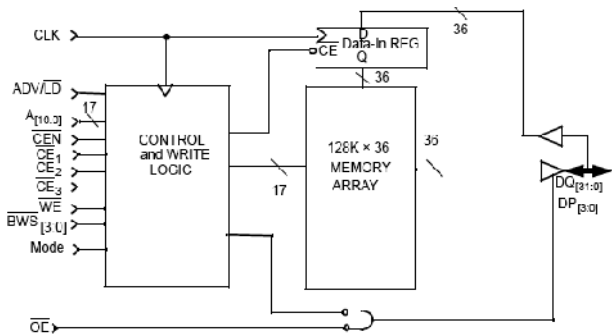


图3 CY7C1351F的内部逻辑结构图

CLK:时钟信号;A[16:0]:行列地址选择线;ADV/LD:地址步进/刷新控制信号,高电平片上地址加一,低电平载入新的地址;时钟使能信号 $\overline{CE}_1$ 、 $\overline{CE}_2$ 、 $\overline{CE}_3$ 都是片选信号,共同控制芯片工作状态; $\overline{WE}$ :读/写使能信号; $\overline{BWS}_{[3:0]}$ :数据端口选择信号,与 $\overline{WE}$ 信号共同作用; $\overline{OE}$ :输出使能信号; $DQ_{[31:0]}$ :双向数据端口。

CY7C1351F 的无总线延迟特性很有特点,不同于一般 SRAM,它在读/写操作切换时不存在等待状态,非常适用于读写操作切换频繁的情况,很好地满足了项目需求。

#### 5 系统实现

前级电路传来三路 40Mbit/s 的高速数据流,每路数据宽度为 5bit,由 FPGA 充当逻辑控制选择单元,将数据流开关在两片 SRAM 之间来回切换,并控制 CY7C1351F 的读/写转换操作,从而完成数据无缝缓存。

本文中 FPGA 选用 Xilinx 公司的 Spartan-II15 万门 FPGA:XC2S150。值得一提的是,由于本文下传的数据总线为 PCI 总线,其数据带宽为 32 位,而前级电路输入数据为 5 位带宽。为了充分利用 PCI 总线宽度,提高总线利用率,达到更好的传输效果,在进行乒乓缓存之前,先在 FPGA 中对数据流进行了码制重组的编程操作,将每路数据带宽转为 10 位,三路总共 30 位,低两位补零,结果转换为 32 位带宽进行缓存和下传。实验表明,码制重组后,经由 PCI 总线下传的数据流速度得到了显著的提高,达到了 77Mbit/s,见图4。

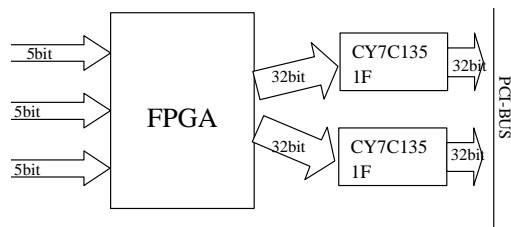


图4 系统实现示意图

#### 6 结论

上述系统采用了无总线延迟 SRAM 存储器芯片与 FPGA 逻辑芯片构成了高速数据无缝缓存系统,具有电路结构简单、性能可靠等优点,可满足 CCD 空间相机高速图像信号采集的要求,在实用中取得了很好的效果。

本文创新点:不同于一般 CCD 相机,多源 CCD 空间相机在项目实际中有 5 个独立高速数据源,数据流十分庞大。本文巧妙利用基于以面积换效率的“乒乓操作”技术,并合理转换了数据流码制,大大提高了总线利用率,实现了多源高速数据流的无缝缓存和实时存储。

#### 参考文献

- [1]沈兰荪.高速数据采集系统[M].合肥:中国科技大学出版社,1992.
  - [2]苏海冰,吴钦章.用 SDRAM 在高速数据采集和存储系统中实现海量缓存[J].光学精密工程,2002,10-5:462-465.
  - [3]郑绍蓉,戴胜华.便携式微机故障监测系统中数据流程的研究及实现[J].微计算机信息,2004,20-8:68-69,38.
  - [4]王珊珊,赵荣彩.数组数据流分析技术的研究[J].微计算机信息,2005,21-11x:182-183.
  - [5]万峰,范世福.以 c8051F020 为核心的 CCD 驱动与采集系统的设计[J].光学精密工程,2005,13-增:179-182.
- 作者简介:王喆(1981-),男,河南郑州人,中科院长春光学精密机械与物理研究所硕士研究生,主要从事空间 CCD 相机高速多源数据流实时存储技术方面的研究;刘金国(1968-),男,吉林人,中科院长春光学精密机械与物理研究所空间部副主任,研究员,空间相机总工程师,长期从事空间立体测绘相机领域的研究工作,取得显著成就,历获国家科学技术二等奖,国防科学技术一等奖,全军武器装备一等奖。

(下转第 110 页)

```

{amin=a1;
amin=(amin<a2)?amin:a2;
amin=(amin<a3)?amin:a3;
amin=(amin<a4)?amin:a4;
amin=(amin<a5)?amin:a5;}
a=(a1+a2+a3+a4+a5-amax-amin)/3;
return(a);}

```

#### 4.3 共用 RAM 的控制问题

在双 CPU 的设计中,需要一个 RAM 作为两个 CPU 的桥梁,为了降低硬件成本,本系统的设计中没有采用双口 RAM,而是采用价格比较低廉的 6264,通过 I/O 口的握手判定协议来解决双 CPU 共同使用 RAM 产生冲突的问题。

AT89C52 和 AT89C55 对 6264 的控制原则是片选谁用谁选通,自己不用就置高。AT89C52 通过 P30 口来实现对 6264 的控制,将 AT89C52 的 P30 与 6264 的片选端 CS 相连并与 AT89C55 的 P12 相接,同时将 AT89C52 的 P35、P31 分别与 AT89C55 的 P10、P11 相接,作为各自 CPU 通知对方自己是否占用 6264 使用权的通路,具体来说,当 AT89C55 不使用 6264 时,将 P11 口置高,而 P11 口又与 AT89C52 的 P31 口相连,所以 AT89C52 通过判断 P31 口的高低,可以判断 6264 是否被占用,AT89C55 用 P12 作为 6264 的控制端口,与 AT89C52 对 6264 的控制方式相同。

## 5 影响测量精度的因素及解决办法

### 5.1 电极的极化现象

在测量溶液的电导时会有一定的电流通过溶液,使液体产生极化现象。电极两端加直流电时极化现象严重,为消除极化影响(一般来讲,供电频率越高越好)。本仪器采用了交流供电方式,比较好地消除了电极极化现象对测量精度的影响。

### 5.2 温度对测量精度的影响

温度直接影响溶液中电解质的电离度、溶解度、离子迁移速度、溶液的粘度和溶液的膨胀等,从而影响了溶液电导率的准确测量。在本设计中,采用软件温度补偿的方法解决这一问题。

所设计的双处理器电导盐密测量仪是针对电力系统防污闪检测而研制的用于测量绝缘子等值盐密和溶液的电导率的专用测量仪器。能够实现温度、电导和盐密多个参数的测量,仪器在用于污秽溶液盐密测试的同时,也可作为智能电导率测试仪使用,内部存储了国内外大多数瓷瓶的型号和表面积,使用者不必查询任何资料就可完成测量工作。目前,该设计已经形成产品,实际使用证明,该仪器使用方便,操作简单,测量精度高,达到设计的目标。

本文作者创新点:

1. 采用 AT89C52 和 AT89C55 双 CPU,增强了系统的数据处理能力,从而提高了测量精度。
2. 采用价格低廉的 RAM6264,代替价格比较高的双口 RAM,降低了硬件成本。
3. 软件设计上,数据的前期处理用汇编语言实现,数据的计算、显示和打印用 C51 完成,两部分软件分别烧录到自己的单片机内,分工明确,协调工作,实现了系统功能。
4. 在软件的具体设计中采用精细分段、逐次比较式测量方法,采用中位值平均滤波法的数字平滑滤波克服脉冲干扰。

经济效益:本设计已经形成产品,并投放市场,已经取得了

几十万元的经济效益。

#### 参考文献

- [1]王勇,殷蔚民.基于 AT89S51 的电计量系统[J].微计算机信息,2006,10-2:232-234.
- [2]任海鹏,刘丁,李琦,郑岗.变电站绝缘子污秽闪络在线检测技术[J].电工技术学报,2002,17(3):77-81.
- [3]刘德.等值盐密测量在输电线路防污闪工作中的应用[J].电工技术,2005(9):12-14.
- [4]周凤臣,王宪伟.智能盐密测试仪的研制[J].吉林工程技术师范学院学报,2004,20(12):59-61.
- [5]霍万龙.绝缘子污秽等级测量方法选择[J].东北电力技术,2002(3):23-25.
- [6]江秀臣,安玲,韩振东.等值盐密现场测量方法的研究[J].中国电机工程学报,2000,20(4):40-45.

作者简介:王丽霞(1974-),女(汉),吉林省长春市人,桂林工学院硕士研究生,工程师,主要从事嵌入式系统研究;程小辉(1961-),男(汉),江西樟树人,教授,硕士研究生导师,研究方向:嵌入式系统,计算机网络;龚幼民(1939-),男(汉),教授,博士生导师,研究方向:自动控制

**Biography:** WANG Li-xia (1974-), female(han), Changchun city of Jilin province, postgraduate student of Guilin University of Technology, Engineer, research direction: Embedded System Application

(541004 广西 桂林 桂林工学院电子与计算机系)王丽霞 程小辉 (200072 上海 上海大学机电工程与自动化学院)程小辉 龚幼民 (Department of Electronics and Computer Science, Guilin University of Technology, Guilin, 541004, China) WANG Li-xia CHENG Xiao-hui

(College of Mechatronics Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China) CHENG Xiao-hui GONG You-min

通讯地址:(541004 桂林工学院 554# 信箱)王丽霞

(收稿日期:2008.9.15)(修稿日期:2008.10.25)

#### (上接第 94 页)

**Biography:** WANG Zhe (1981-), man (Mongolia), Zhengzhou, studying in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, postgraduate, Optics Engineer, major in dealing with the technique of data flow storing of CCD camera high speed and complex source.

(130033 吉林 长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所)王 喆 刘金国 王亚军

(100039 北京 中国科学院 研究生院)王 喆 王亚军

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China) WANG Zhe LIU Jin-guo WANG Ya-jun

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 10039, China) WANG Zhe WANG Ya-jun

通讯地址:(130033 长春市营口路 20 号长春光机所研究生公寓 C 座 402 室)王 喆

(收稿日期:2008.9.15)(修稿日期:2008.10.25)