

文章编号 1004-924X(2000)01-0029-06

基于 PCI 总线控制器的高速大容量实时数据采集

王学良¹, 来忠信²

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021;

2. 长春邮电学院, 吉林 长春 130012)

摘要:介绍了 PCI 总线控制器专用芯片 S5933 的组成, Mailboxes, FIFO 和 Pass-Thru 的基本概念, 以及性能和使用方法, 并针对高分辨率成像光谱仪数据采集的指标要求, 提出了以 PCI 总线控制器 S5933 为核心的双路高速、大容量、实时数据采集与实时存储的实现方法, 在该方法中通过利用 PCI 总线控制器的 FIFO 工作模式以及“双路并行复用”技术, 实现了双路数据的实时采集与存储, 实验表明数据实时采集与存储速率可达 8MB/s, 完全满足指标要求, 而且具有电路简洁, 数据采集速率高和容易扩展等特点。

关键词: S5933; PCI 总线控制器; 实时数据采集

中图分类号: TQ 171.684 **文献标识码:** A

1 引言

数据采集是数字图像处理过程中非常重要的环节, 对于不同的任务, 数据采集要达到的技术指标也各不相同, 对于瞬态信号、雷达信号和图像处理等都需要几 MB/s 甚至几十 MB/s 的超高速采集速率。高分辨率成像光谱仪是新一代遥感仪器, 它对地面目标众多的反射光谱进行同时记录, 具有极高的光谱分辨率和地面空间分辨率, 数据量是非常巨大和复杂的。在高分辨率成像光谱仪的实际任务中, 需要对可见和红外光谱范围各 64 个波段的图像进行实时采集和存储, 每路数据采集率要求达到 2MB/s 以上, 传统的数据采集方法已无法满足任务要求, 为此设计了以 PCI 总线控制器为核心的高速、大容量数据实时采集和存储系统。本文以 AMCC 公司的 S5933 PCI 总线控制器为例, 简单介绍了 PCI 总线控制器的性能和使用方法, 说明双路、高速、大容量实时数据采集和实时存储系统的实现方法。

2 S5933 简介

数据采集技术经历了基于 ISA、EISA、VESA 和 PCI 总线技术的发展过程, ISA、EISA 和 VESA 总线类型的数据采集, 受到总线带宽、控制方式和实现难易程度的制约。例如, ISA 总线的数

据宽度为 16 位, 工作频率为 8MHz, 数据传输率约为 600kB/s, 限制了它在高速数据采集中的应用。所以, 基于传统总线的数据采集方式, 不能满足高速数据采集的需要, 基于 PCI 总线的数据采集成为高速数据采集的首选, PCI 总线具有如下特色^[1]:

(1) PCI 总线具有与处理器无关性, 扩展了 PCI 总线的应用范围。

(2) 支持自动配置功能, 具有广泛的标准配置功能和独特的即插即用性。

(3) PCI 总线具有重叠突发操作模式, 减少了数据传输的等待时间, 提高了数据传输率。

(4) 系统时钟高达 33MHz。

(5) PCI 总线支持彻底的多个总线主设备功能, 允许设备到设备的传输操作。

(6) PCI 总线具有三个物理寻址空间: 内存空间、I/O 空间和配置空间。

(7) PCI 总线仲裁器仲裁, 可以与数据传输重叠进行, 提高了总线的使用效率。

随着 PCI 总线的广泛应用, 其接口的开发设计显得尤为重要, 但 PCI 总线规范十分复杂, 其接口设计比较困难, 而利用 PCI 总线控制器是实现这一过程比较容易的方法。在我们的高分辨率成像光谱仪数据采集系统中, 选择了 AMCC 公司的 S5933 PCI 总线控制器作为数据采集系统的核心部件。

S5933 是 PCI 总线控制器^[2-4]专用芯片, 该芯片符合 PCI 总线规范 2.1 标准, 它具有功能强、容易扩展和支持多级别接口的特点, 在一般应用情况下, 可简单作为总线目标设备, 满足适中的数据传输任务, 在高级的应用环境下, S5933 可作为总线的主设备, 访问其他 PCI 设备, 在数据宽度为 32 位时, 可以获得高达 132M bits/s 的峰值

数据传输率。S5933 提供了三个物理总线接口: PCI 总线接口、用户总线接口和一个可选的非易失存储器接口, PCI 总线 and 用户总线之间的数据传输, 可通过邮箱 (Mailboxes) 寄存器组、FIFO (First In First Out) 和直通 (Pass-Thru) 三种数据路径进行, 为数据传输提供了非常灵活的硬件环境。S5933 的组成框图如图 1 所示。

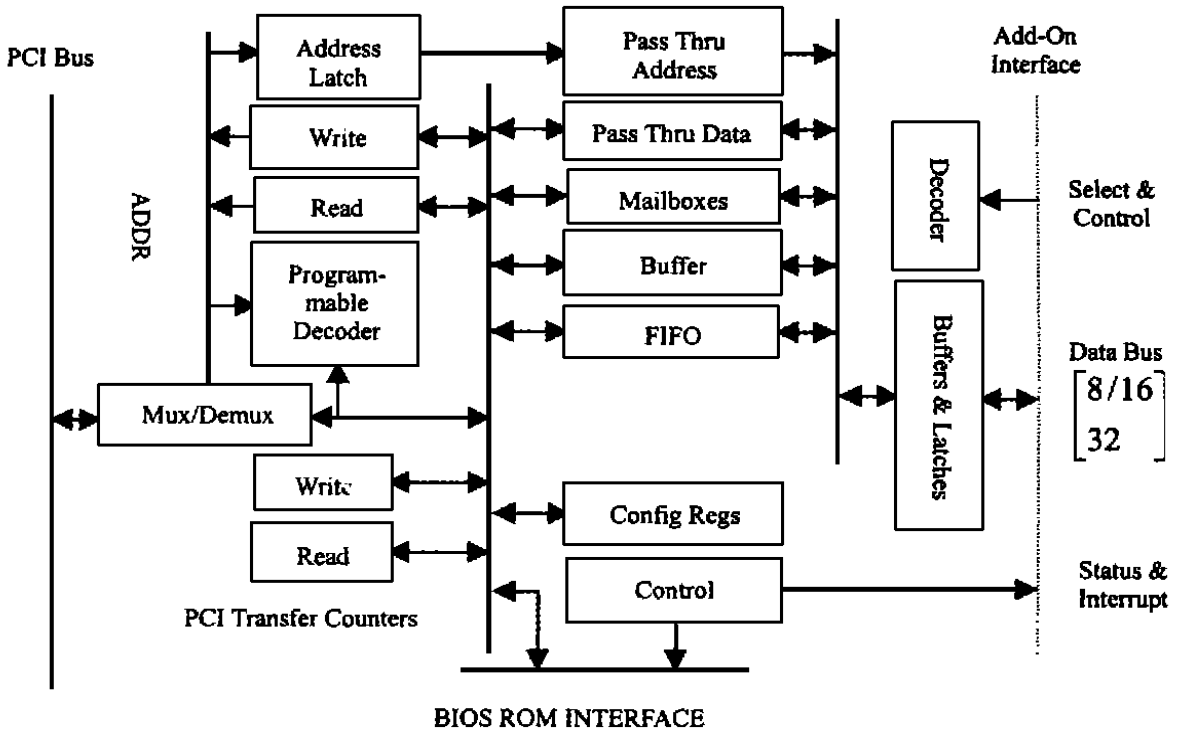


Fig 1 S5933 block diagram

(1) Mailboxes 寄存器组

Mailboxes 寄存器组, 是 S5933 内部的 8 个 32 位寄存器, 包括信箱寄存器、信箱空/满状态寄存器和中断控制/状态寄存器。Mailboxes 寄存器组提供了一个双向的数据传输路径, 实现系统与用户之间数据或控制信息的传递。其中, PCI 接口有 4 个输入 (Add-On to PCI) 和 4 个输出 (PCI to Add-On) Mailboxes 寄存器; 用户接口也各有 4 个输入输出 Mailboxes 寄存器。实际上, PCI 输入和用户输出接口, 以及 PCI 输出和用户输入接口的 Mailboxes 寄存器是公用的。Mailboxes 寄存器通常用作命令、状态和参数数据寄存器, 不支持突发传输模式, 在应用软件中, 可以自行定义它们的用途, 经常用于初始化 FIFO 或 Pass-Thru 之间的大量数据传输路径, 在需要的情况下, 可以配置基于特定 Mailboxes 寄存器事件的中断。在应用过程中, 可以利用两种方式监控 Mailboxes 寄存器组的状态, 方式之一, 是采用状态寄存器, 在

S5933 中, PCI 和用户接口各有一个状态寄存器, 以表明 Mailboxes 寄存器内部数据的空/满状态; 方式之二, 是采用中断方式, 在这种模式中, Mailboxes 寄存器可以向 PCI 和 (或) 用户接口发出中断请求, 以表明其状态, 而产生中断的条件是可以按需要配置的。

(2) FIFO s

在 S5933 内部有两个相互独立的 FIFO 数据存储, 每个 FIFO 有 8 个 32 位寄存器。在应用过程中, 可以通过 PCI/Add-On 操作寄存器寻址每个 FIFO, 而对哪个 FIFO 访问是由读访问和写访问来确定的。在两个 FIFO 中, 一个用于 PCI 总线至用户接口的数据传输, 另一个用于相反方向的数据传递。FIFO 可以作为 PCI 的从属设备或主设备, 当作为从属设备时, PCI 总线主设备可以访问 Add-On 的数据, 而且利用读写寄存器和数据计数寄存器, 可以进行 DMA 数据传输。FIFO 特点之一是在同一应用的不同时刻, 可以分别作

为主设备和从属设备使用; 另一个特点是可配置性, 通过配置可以支持各种不同的 Add-On 接口, 状态和控制信号可以简单地级联到外部 FIFO; 特点之三是与其相连的 Add-On 接口的数据宽度是 8 位、16 位和 32 位可任意选择的, 允许系统按照自身的数据格式进行操作, 以支持不同类型的 Add-On CPU, 扩展了应用范围。

(3) Pass-Thru

Pass-Thru 工作方式可以实现 PCI 总线接口与用户外部互联设备或存储设备间高性能突发性数据传输。在这种模式下, S5933 提供配置寄存器, 并与 PCI 标准 2.1 兼容。

Pass-Thru 逻辑由两个地址和两个数据寄存器组成, 用以定义 PCI 总线传输所需要的控制信息。S5933 提供了简单的 PCI 总线寄存器访问端口, 通过与用户接口的握手协议, PCI 总线可直接访问用户接口资源。Pass-Thru 数据传输工作模式, 在用户接口内存直接访问、外围互联设备寄存器访问方面是非常有利的, 但它需要一个外部 ROM 存储器, 来定义和配置 Pass-Thru 区域。

S5933 提供 4 个用户可配置的 Pass-Thru 区域, 每个区域与 PCI 配置基地址寄存器相对应, 每块区域代表一个地址空间(块的大小是用户可定义的), 可以映射到内存或 I/O 空间。Pass-Thru 的实质就是通过对 Pass-Thru 区域定义, 将 Add-On 上的资源映射到系统空间, PCI 总线设备便可以通过 Pass-Thru 区域来访问 Add-On 上的资源。在实模式下, 内存可映射到 MM 地址空间以下, 对于 Add-On 接口, 映射区域总线宽度可以是 8 位、16 位或 32 位, 达到与 Add-On 内存或外部互联设备相兼容。但是, 这种特点, 只有在 S5933 作为 PCI 从属设备时才能利用, Pass-Thru 工作方式支持突发性数据传输, 数据传输率只受到 PCI 主设备和 Add-On 逻辑速度的限制。

3 高速大容量实时数据采集的实现

在高分辨率成像光谱仪的实际数据采集任务中, 提出的指标如表 1 所示。

Table 1 The technology target of data acquisition

acquisition routes	2	Row Synchronization	38/ μ s
Frame rate	50-100Frames/s	Sampling Clock	2MHz
Frame synchronization	10-20ms	Quantity Level	10bits
Frame quantum	256 \times 64 \times 2	Store Capacity	6-12GB

由技术指标可知, 数据采集与存储的速率为 4MB/s, 因而在高分辨率成像光谱仪的数据采集需解决以下几方面问题:

- (1) 双路“高速”数据采集的技术路线;
- (2) 双路并行实时采集的硬件实现方案设计;
- (3) 高速实时采集和实时存储记录之间矛盾的解决。

针对任务指标和实现难点, 分别采用了 PCI 总线控制器、FIFO 芯片和双路并行复用技术, 满足了数据采集的指标要求, 分别介绍如下。

3.1 硬件实现

3.1.1 高速数据采集的方法

为满足任务要求, 每路数据采集速率应大于或等于 2MB/s, 由于 ISA 总线的最大传输速率仅为 600kB/s, 已无法满足要求。由于 PCI 总线具有优良的传输特性和操作特性, 而且由于 S5933 提供的 PCI 总线接口完全符合 PCI 总线规范, 用户只需考虑与 Add-On 总线接口的逻辑控制电路,

以及用于配置的外部只读存储器, 而不必顾及 PCI 总线接口的设计, 大大简化了系统设计实现的复杂度。为此设计了以 S5933 PCI 总线控制器为核心的数据采集电路。同时, 为了在满足采集速率要求的前提下, 减轻数据存储对记录设备速度方面的要求, 采用了 FIFO 存储器对数据进行缓冲, 在一定程度上降低对存储设备速度方面的要求。FIFO 存储器具有两个特点: 一是数据进出有序; 二是输入输出端口独立。灵活地使用 FIFO 芯片可以构成不同容量、不同宽度、不同工作性质的缓存系统, 而且不需要复杂的逻辑控制电路和地址发生器, 因此, 利用 FIFO 作为数据缓存器具有实现简单、电路简洁的特点, 减少了元器件数量, 提高系统的可靠性。

3.1.2 双路并行实时数据采集电路的设计

为了实现双路数据的实时采集, 设计了双路数据采集系统, 其原理框图如图 2 所示。

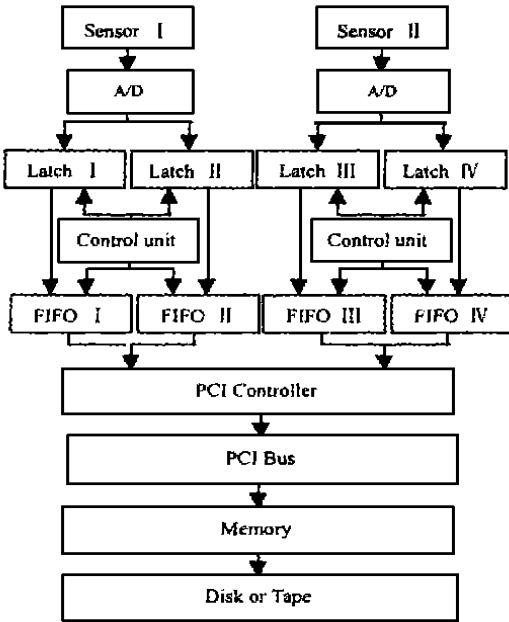


Fig 2 The diagram of data acquisition circuits
在数据采集与存储电路中, 主要由两个部分

组成, 包括两个分别对应于传感器的数据相互独立的通道和一个共同的数据通道。在两个相互独立的通道中, 虽然数据相互独立, 但在控制信号方面有主次之分, 其中通道一为主, 通道二的控制单元受到通道一控制单元的控制, 以达到双路电路的协调工作。两个通道由传感器、A/D、锁存器、控制单元和缓存器 FIFO 组成。每路传感器将接收到的光信号变换为电信号, 经过各自的 A/D 变换后, 并由各自的锁存器锁存, 在逻辑控制单元的控制下, 缓存到各自的 FIFO 内。

而共同的数据通道由 PCI 总线控制器、PCI 总线、主机内存和硬盘或磁带机组成, 负责将两路采集到的数据进行合并, 然后在控制信号的控制下, 经 PCI 总线控制器和 PCI 总线传输至内存, 再由主机对数据进行存储到磁盘或磁带机, 实现双路数据的实时采集与实时存储。

3 1 3 采用“双路并行复用”技术解决高速采集与实时存储之间的矛盾

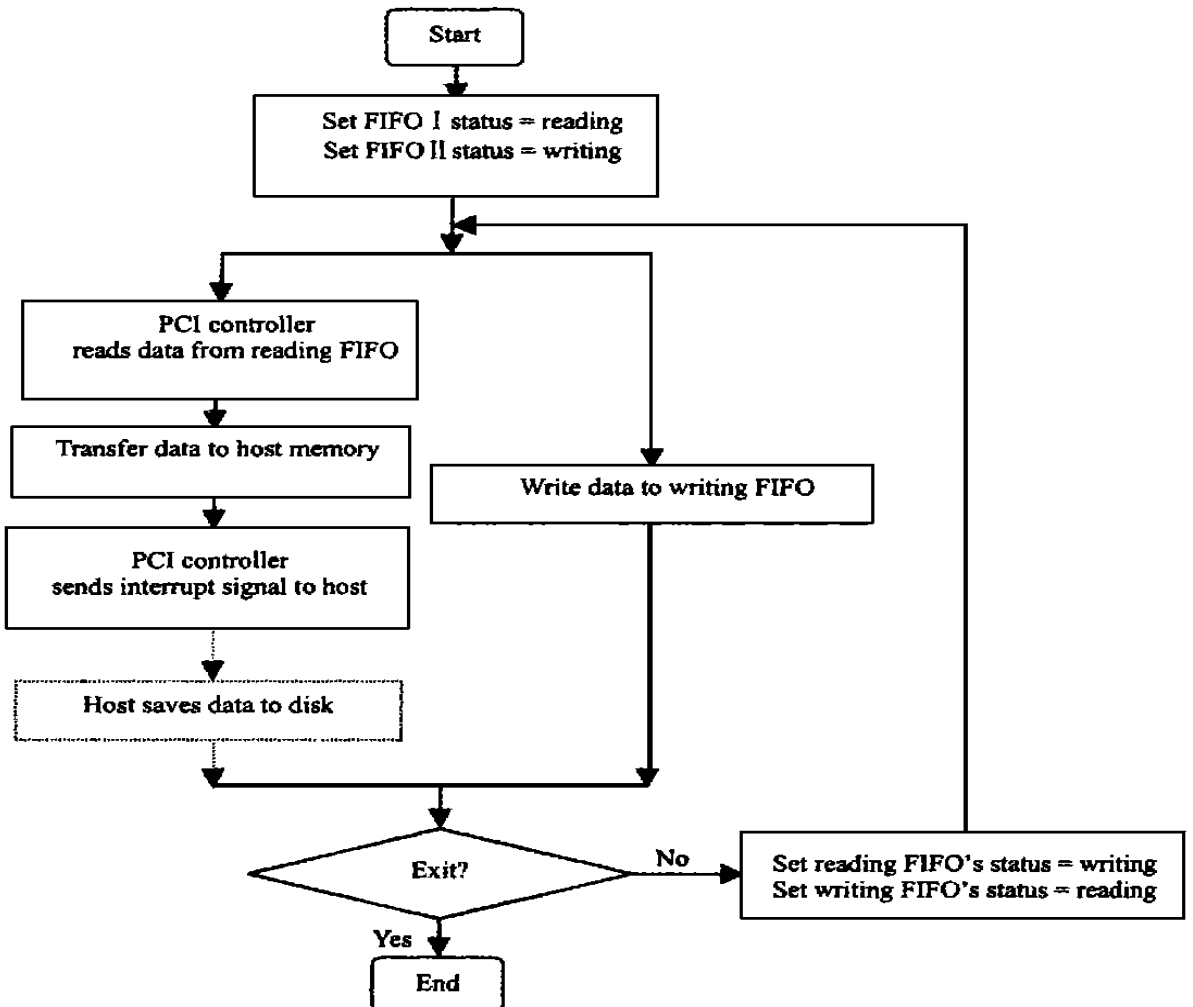


Fig 3 The flow chart of double routes parallel data acquisition

所谓“双路并行复用”，是由于每路数据采集电路采用了两个 FIFO 作为数据缓存器，在控制逻辑单元的控制下，交替地对两个 FIFO 进行读写数据操作，即若 FIFO I 处于数据写状态时，FIFO II 则处于数据读状态，PCI 控制器将缓存在 FIFO II 中的数据传输至计算机内存后，发出中断信号，主机的中断处理程序将内存中的数据进行记录，实现数据的存储，同时 FIFO II 状态转换为数据写状态，在数据存储过程结束后，FIFO I 进入数据读状态，其中的数据经过与 FIFO II 中的数据相同的路径进行存储。就这样 FIFO I 和 FIFO II 在控制逻辑单元的控制下，周而复始地进行读写状态转换，实现数据的采集与存储同步进行。而另一路的数据采集与存储过程与此相同，为了提高采集速度，将两路的输出合并后同时进入计算机内存同时进行记录存储，同时由于两路的数据采集与缓存是由硬件电路自动进行的，而主机只负责数据的存储工作，因而数据采集和存储可以同时进行，实现了双路的并行复用，解决了高速采集与实时存储之间的矛盾。

上述过程用流程图描述如图 3 所示。

3.2 软件实现

在简要地介绍了硬件实现之后，下面介绍一下数据采集与存储系统中的软件部分。S5933 具有三种工作模式：邮箱方式、FIFO 方式和直通方式。在三种工作方式中，直通模式速度最快，FIFO 模式速度居中，而邮箱模式速度最慢。虽然直通模式的数据传输速度最快，但它需要外部非易失存储器进行设备配置，在满足数据传输率的情况下，采用了 FIFO 工作模式，它具有设置简单，电路简洁的特点。

在数据采集与存储系统中，数据的实时采集由硬件电路在控制单元的控制下自动进行，这就为数据存储提供了有利条件，使主机在对 PCI 总线控制器进行必要的初始化后，只进行数据存储工作，提高了数据实时采集与实时存储的速度。在数据存储软件的实现中，采用了 DMA 工作方式。具体工作过程为：当系统启动后，首先对采集卡进行检测，如采集卡存在则申请系统资源，如内存、中断和 DMA 资源等，初始化 PCI 控制器为总线的主设备，并设置相关参数（如定义中断号、复位 FIFO 标志、FIFO 管理方式、DMA 传输源地址和目的地址以及传输字节数、总线主设备使能等）。在该程序中，以中断方式进行工作，即当 DMA 将 PCI 总线控制器 FIFO 中的数据传输至主机内存

中，当传输达到预定量时，PCI 总线控制器向主机发送中断信号，主机中的中断处理程序将内存中的数据存储到磁盘或磁带机中，实现数据的实时存储功能，程序流程图如图 4 所示。

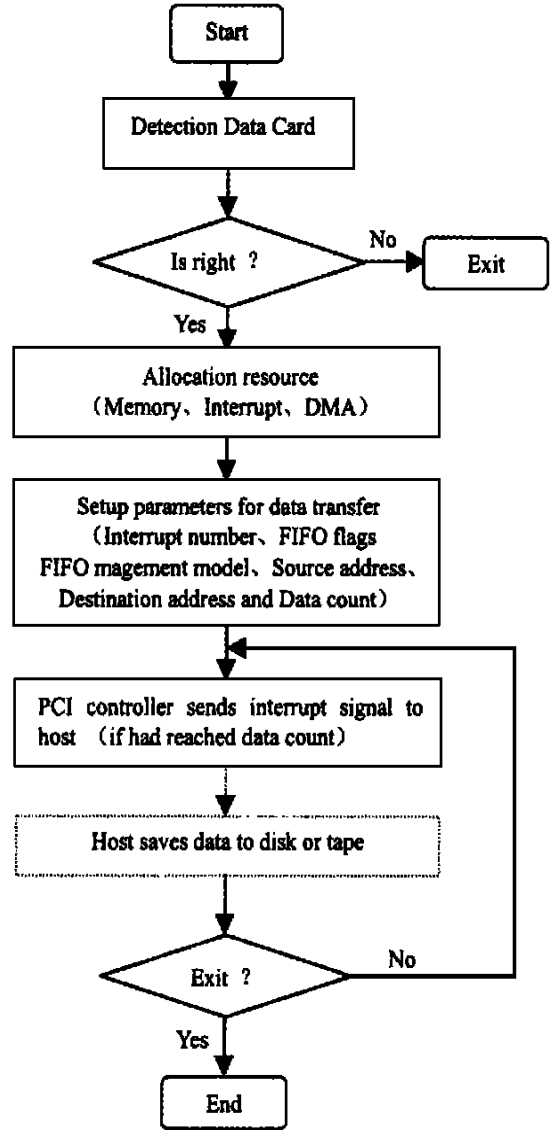


Fig 4 The flow chart of the software

4 结论与探讨

我们以 PCI 总线控制器 S5933、FIFO 为核心，设计了高分辨率成像光谱仪数据实时采集与实时存储系统，实验表明在数据宽度为 16 位时，数据采集存储速率可达 8MB/s，完全满足任务指标要求，系统经长时间测试，运行稳定可靠。

为了进一步提高数据采集和存储速率可以采用以下几种方法：

- (1) 采用 Pass-Thru 工作模式。Pass-Thru 工作方式可以实现 PCI 总线接口与用户外部互联

设备或存储设备间高性能突发式数据传输, 达到更高采集速率情况下的实时采集和实时存储。

(2) 提高用户接口数据总线的宽度, 在系统工作时钟不变的情况下, 可以进一步提高数据采集

与存储速率。

(3) 采用高速外围存储设备, 如采用大规模固态存储器作为存储设备, 消除存储设备对数据采集速率的限制, 提高数据采集和存储速率。

参考文献:

- [1] 姚国清等译 Window sNT 设备驱动程序设计指南[M] 北京: 机械工业出版社
- [2] AM CC S5933 PC Imatchmaker controller data book U SA: Applied Micro Circuits Corporation.
- [3] 寇小明等 S5933 PCI总线控制器及其应用 电子技术应用, 1998, (12): 57~ 60
- [4] 班荣峰等 基于专用控制芯片 S5933 的 PCI总线接口设计[J] 电子技术应用, 1998, (11): 55~ 57.
- [5] 金明等 FIFO 芯片在高速系统中的应用[J] 电子技术应用, 1998, (3): 61~ 62

High speed huge capacity and real time data acquisition method based on PCI controller

WANG Xue-liang

*(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)*

Abstract: The constitution of PCI controller S5933 is introduced. The concepts, performances and applied methods of Mailboxes, FIFO and Pass-Thru are described. By using S5933 PCI controller as a basic component, a method for obtaining double-route high speed, huge capacity and real time data acquisition for high resolution imaging spectrometer is presented. In this method, PCI controller s FIFO working model and double-route parallel technique are adopted to achieve real time data acquisition and storage. Experiments prove that the speed can reach to 8MB/s, meeting the demand completely. This method has the features of simple circuit, high speed and easy extending.

Key words: S5933; PCI controller; real-time data acquisition

作者简介: 王学良(1969-)男, 1992年7月毕业于长春光学精密机械学院电子工程系, 1995年攻读长春光学精密机械研究所硕士学位, 并于1997年提前攻读博士学位, 主要从事于计算机图像处理方面的研究工作。