







图3 PCI9056本地连接读写时序

立信道。每条信道都有自己的数据、时钟和控制信号。MII数据接口总共需要16个信号。管理接口是个双信号接口：一个是时钟信号，另一个是数据信号。通过管理接口，上层能监视和控制PHY。本设计中采用的是双PHY芯片共用一个25MHz的外部晶振提供工作时钟，这样可以保证双冗余的PHY完全工作同步。

### CPCI接口电源电路分析

热插拔功能主要用于CPCI设备，热插拔功能允许板卡随意从设备中插拔而不影响设备操作系统的正常运行。如图2所示，LTC1643L是一个允许CPCI型设备进行安全插入和拔出的电源管理控制器，将系统的CPCI插槽电源接入到AFDX板卡，图中IRF7413是一个N型MOS管，用于控制3.3V和5V的电源供应，而-12V和+12V电源由片上开关供应，所有的电压的上升时间可以达到一个可编程的速率，同时还有电源过流故障时的短路保护。

PCI9030的引脚BD\_SEL#是CPCI接口中最小的插针之一，BD\_SEL#连接LTC1643L的使能引脚，低电平时有效开启LTC1643L工作并同时给板卡供电。R10是一个0.018欧姆，0.5W，精度为1%的精密电阻，用于过流保护的电压检测电阻。当板卡发生故障导致电流超过额定值之后，R10两端的压差将增大，SENSE引脚将此

过流信息反馈至LTC1643L电源管理器，同时切断电源供应，起到电源过流保护的功能。

### FPGA与PCI9030接口模块时序分析

在PCI9030与本地FPGA之间的通信分为直接主模式（Direct Master Mode）、直接从模式（Direct Slave Mode）和DMA模式。由于PCI通信要AFDX网络的10M/100M通讯速率，这里采用直接从模式，工作时序如图3所示，PCI9030为主，FPGA为从。LHOLD为输出，声明使用本地地址数据总线，LHOLDA为本地总线申请使用成功的返回信号。LBE[3:0]#为本地总线使能控制引脚，这里选择32位宽的数据总线。LA[31:2]为地址总线，在本地总线申请使用成功信号返回且本地总线位宽使能有效后，开始输出地址信号。ADS#为起始信号，表明地址总线有效且开始一个有效的总线访问，同时一个周期后就可以读数据或者写数据了，LW/R#低电平为读高电平为写。为了与PCI9030进行高效的数据通信，FPGA里面必须有相应的本地数据通信接口。

### WinDriver软件的驱动生产

通过PLXMON软件对PCI9056的配置芯片进行配置后，可以利用Windows操作系统中WinDriver自动生成PCI驱动程序，步骤如下：首

先启动WinDriver Wizard，从开始菜单，选择“程序 | WinDriver | Driver Wizard”；然后在Driver Wizard菜单，单击“File | New Project”菜单来新建一个工程，从即插即用列表中选择显示卡，通过生产商的名字来选定。单击“Memory”标签。该显示卡的三个内存范围显示出来。内存范围中的BAR2映射的是FPGA内的RAM缓存块和专用寄存器，根据FPGA内核对这些缓存块和寄存器的可读写定义，可以在BAR2映射的区域里进行读写，若写进去的数值跟读出来的数值一致，表面CPCI接口通信正常。最后一步为生成驱动代码：单击“Build | Generate code”菜单，Driver Wizard将产生操作硬件资源的函数，可以在用户模式下在应用程序中直接使用这些函数，这个向导还会产生一个样本程序来使用这些函数操作硬件，上层界面的开发可以直接调用这些API函数。

### 总结

本论文中设计的带有CPCI接口的AFDX终端板卡通讯模块的设计，充分利用PCI总线传输速度快和CPCI接口支持热插拔的特点，使得设计能满足双冗余AFDX的高速数据传输，使用方便和设备体积相对较小，便于携带，该板卡已经实现AFDX通信协议并批量生产销售。此论文的研究为AFDX网络交换机的研发打下了良好的基础。EW

### 参考文献：

- [1] Charara H, Scharbag J L, Ermont J, et al. Methods for Bounding End-to-end Delays on an AFDX Networks [C]// Proceedings of the 18th EuroMicro Conference on Real-time Systems. [S. l.]: IEEE Press, 2006.
- [2] LTC1643L datasheet, PCI-Bus Hot Swap Controller, LINEAR TECHNOLOGY.
- [3] PCI 9030 Data Book, PLX TECHNOLOGY.
- [4] 陈昕, 周拥军, 蒋文宝等. AFDX协议性能分析及调度算法研究[J]. 电子学报, 2009, 37(5): 1000-1005.
- [5] 张志, 崔正军, 姚方圆. 基于FPGA的AFDX端系统协议芯片的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(2): 422-424.