

doi: 10.7690/bgzd.2015.08.014

一种基于双机热备系统的仲裁切换方案

秦友伦, 袁 强, 涂 炯, 徐碧辉

(中国兵器工业第五八研究所特种电子技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对高可靠性的双机热备份系统, 设计一种双机仲裁切换电路。以复杂可编程逻辑器件为核心, 通过看门狗实现对双机系统中 2 块主板的状态监测, 仲裁逻辑通过判断双机的状态实现双机间的自动切换。采用专用模拟切换开关, 保证 USB 信号、以太网信号以及视频信号等高速信号的信号质量, 并使用 VHDL 语言进行软件设计。结果表明: 该方法有效可行, 可实现主备机的状态监测及信号仲裁切换功能。该电路已成功应用于某型号系统中。

关键词: 高可靠性; 双机热备; 故障检测; 仲裁切换

中图分类号: TP311.11 **文献标志码:** A

A Solution of Arbitrary Switch-over Based on Dual-computer Hot Standby System

Qin Youlun, Yuan Qiang, Tu Jiong, Xu Bihui

(Department of Special Electronic Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

Abstract: For high reliability double-computer hot backup system, an arbitration switching circuit was designed. The circuit with complex programmable logic device (CPLD) as the core monitors the two motherboards' status of the double-computer system, through the watchdog. The arbitration logic can automatic arbitrate and switch-over by judging the status of the two motherboards. It uses dedicated analog switch in the design to ensure the quality of high-speed signal as USB, Ethernet and video signal. Use VHDL language to design software. The results show that this method is effective and feasible. It can monitor the status of the active-standby computer and automatic switch. The circuit has been successfully applied to a project.

Keywords: high reliability; hot standby; fault detection; arbitrary switch-over

0 引言

在大型工业控制、轨道交通、航空航天和军事应用领域, 对其计算机控制系统的可靠性要求很高, 目前较多采用基于冗余技术设计的双机热备份方案。在双机热备系统中, 2 台计算机同时工作, 运行相同的程序, 当一台计算机出现故障时, 自动切换到另一台计算机继续执行相同任务, 以达到在不需要人工干预的情况下, 保证系统持续正常工作。仲裁切换单元是双机热备系统中的重要组成部份, 主要作用是监测双机工作状态, 仲裁逻辑判断及双机信号切换。笔者设计一种用于双机热备份系统的仲裁切换电路, 使用复杂可编程逻辑器件 (complex programmable logic device, CPLD) 监测主、备机的心跳信号和故障报警信号, 判断主备机的工作状态, 为双机热备份系统提供可靠的仲裁切换功能。

1 双机热备简介

目前高可靠性系统大多都采用双机热备份设计, 即 2 套相同 CPU 主板同时运行, 由主机与外部通信并控制外设, 备机同步运行处于数据备份状态。由仲裁切换电路根据主备机状态自动实现主备切换, 并把外部通信、控制接口接入当前主机。

图 1 所示的是一种双机热备方式框图, 由主板产生心跳信号及故障报警信号, 由仲裁切换板上的 CPLD 实现的硬件看门狗对心跳信号及故障信号进行监测。看门狗如果没有按时接收到心跳信号或故障信号有效, 仲裁切换板则通过 Reset 对主板进行重启、通过 SW 及 INT 信号通知主板进行双机切换; 双机切换时还需通过信号切换电路把人机交互接口及通信接口接入当前主机; 两块主板间通过接口芯片或是 CPU 自带的 SM Bus、SPI、I2C、RS232 接口实现通信, 进行数据备份。

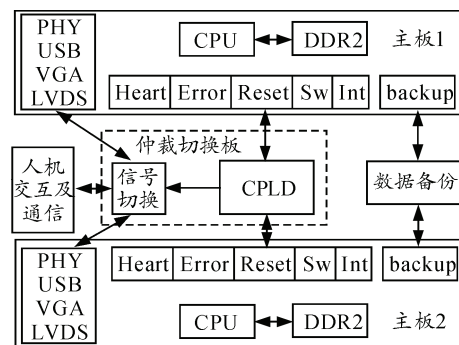


图 1 一种双机热备方式框图

2 总体设计

仲裁电路主要由 CPLD 控制单元、高速信号切

收稿日期: 2015-02-11; 修回日期: 2015-04-05

作者简介: 秦友伦(1985—), 男, 四川人, 硕士, 助工, 从事工业控制计算机和军用特种计算机研究。

换单元和人机交互接口 3 部份组成，如图 2 所示。CPLD 控制单元实现对两块主板状态的监测并输出相应的控制信号；信号切换电路则实现双机的 VGA 信号，LVDS 信号、USB 信号、以太网信号二选一选通输出；人机交互接口则提供状态显示、手动切换和手动重启等功能。

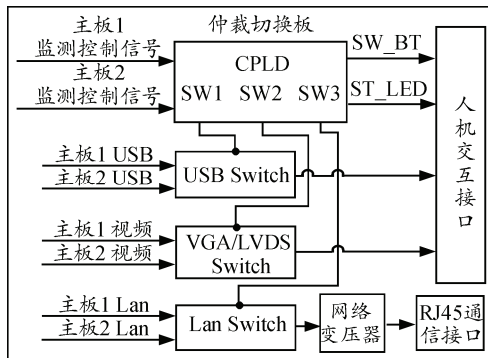


图 2 仲裁切换板框图

3 硬件设计

3.1 CPLD 控制单元设计

CPLD 控制单元主要是由 Xilinx 公司提供的 CPLD 组成，实现主板心跳信号、故障信号检测、仲裁判断、信号切换和状态显示等功能。

CPLD 控制单元通过检测心跳信号及故障报告信号来判断主备机的状态。心跳信号为周期信号，是仲裁逻辑判别主备机是否处于正常工作的主要依据，但从故障发生到仲裁逻辑检测到“心跳”超时，至少会等 1 个喂狗周期，因此在系统设计上设计故障报警信号，该信号可在主板检测到故障后立即向仲裁切换板发出故障报警，缩短从发生故障到切换的时间，提高仲裁切换效率。

CPLD 检测到主机故障后，相应的控制信号通知备机进行切换，并控制高速信号切换芯片的切换信号，使接口信号连接到当前工作主机。CPLD 根据情况对故障机进行重启操作，使其恢复正常工作。如果仍不能恢复正常工作，则控制主板指示灯状态实现状态提示，提示灯常亮表示工作正常，闪烁表示主板出现故障。

另外 CPLD 还提供手动重启及切换信号，以便用户进行强制手工操作。

3.2 高速信号切换电路设计

此双机热备份系统中有 2 块同时进行的 CPU 主板，而与远程监控中心进行通信及人机交互接口只有一套，所以设计信号切换电路，配合仲裁逻辑实现通信信号及交互接口信号切换到相应的工作主机。网络通信信号、用于人机交互接口的 USB 信号

和 VGA/LVDS 显示信号为高速差分信号，为保证高速信号质量的质量，切换开关元件选用专用的模拟开关芯片。

3.2.1 视频信号切换设计

在本设计中有 2 种视频信号，即 VGA 信号与 LVDS 信号，VGA 用于外接显示器，LVDS 信号用于监控设备上的液晶显示屏。对于 VGA 信号采用 Maxim 公司的 MAX4885AE 视频 2:1 复用器，其工作温度范围为 -40~85℃。该器件能够将两路 VGA 信号切换至单路连接器，器件切换采用无脉冲干扰切换设计，高频电路、低频电路独立切换方式，避免了信号串扰，在带宽高达 900 MHz 的应用中可保持极低的 5.5 pF 导通电容，另外该器件还集成 ±15 kV 和 ±8 kV 的 ESD 保护。其电路结构如图 3 所示。

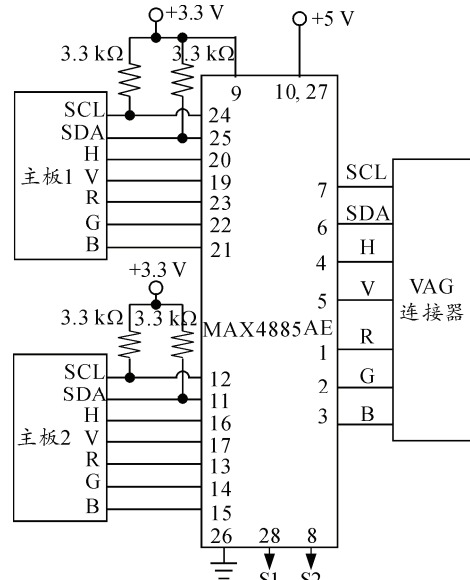


图 3 VGA 切换单元原理框图

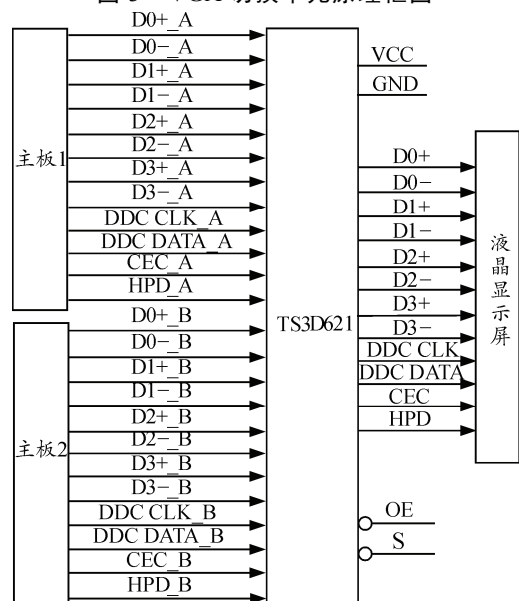


图 4 LVDS 切换单元原理框图

对于 LVDS 信号,笔者采用 TI 公司的 TS3DV621,其工作温度范围为-40~85 ℃。该器件是具有 4 个集成边频带控制通道(DDC, AUX, CEC 或者 HPD)信号转换开关的双向复用器,能提供很低的接通电阻以及低 I/O 电容,40 ps 传输延时,位到位失真 6 ps,典型带宽达 2.2 GHz。该器件采用单电源 3.3 V 供电,另外该器件还集成 2 kV(HBM)和 1 kV(充电器件模型)的 ESD 保护,可减少保护电路的设计。其电路逻辑如图 4 所示。

3.2.2 USB 信号切换设计

每个主板对外提供 4 路 USB 接口,供 USB 鼠标、键盘以及其他 USB 设备使用。由仲裁切换控制逻辑控制切换电路实现 4 路 USB 接口始终与主机相连。本设计中选用 4 片 TI 公司 TS3USB30E 专用高速 USB2.0 多路复用器,其工作温度范围为-40~85 ℃,具有 ESD 保护功能。该器件提供低且平的接通状态电阻以及低 I/O 电容,具有最小边沿和相位失真的 900 MHz 带宽,满足调整 USB 传输速率达 480 Mbit/s 的要求。其电路逻辑如图 5 所示。

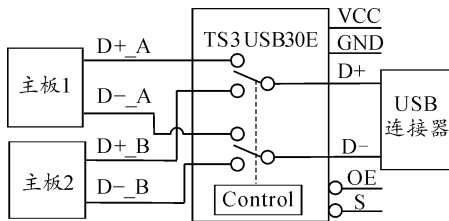


图 5 USB 切换单元原理框图

3.2.3 LAN 信号切换电路设计

以太网口作为与监控中心通信的唯一通道,其稳定性、可靠性设计至关重要。在本设计中采用 TI 公司的四路 SPDT 宽带 10/100Base-T 局域网开关差动 8 到 4 多路复用器 TS3L110,该器件带宽高达 500 MHz,双向数据流,其传输延时接近于 0。器件提供低且平的接通状态电阻以适用于 10/100Base-T 的以太网应用。

该芯片虽然集成 2 kV(HBM)和 1 kV(充电器件模型)的 ESD 保护,可直接与 RJ45 接口相连接,但这种连接方式的抗干扰能力不强,如电磁兼容性试验 CS115 项(电缆束注入脉冲激励传导敏感度)的连续脉冲的干扰可能会使该芯片失效,所以设计时把此芯片的输入端与主板的 PHY 芯片输出信号相连接,其输出信号通过网络变压器后再与 RJ45 接口相连接,这样会显著增强 LAN 口的抗干扰能力,顺利通过电磁兼容性试验。

4 软件设计

使用 VHDL 语言进行软件设计,把当前主板运

行状态分为上电开机状态、正常运行状态、初级故障状态、故障恢复状态和故障状态 5 种状态,其状态关系如图 6 所示。上电开机时延时 40 s 内不进行故障判断,这段时间用于主板的启动,此时默认主板 1 为主机,把所有接口信号都接入主板 1,此时主板 1 的状态指示灯常亮,主板 2 的状态指示灯不亮;40 s 后 CPLD 开始检测,把先有心跳信号,故障信号无效的主板设置为当前主机,主机进入正常工作状态。此时无故障的备机处于正常备份状态。若处于正常工作状态的主机出现心跳异常或故障信号有效,此时备机工作正常,则发生主备机切换,故障机进入初级故障状态,仲裁逻辑延时一定时间等待故障机自我恢复,若故障仍存在,则重启故障机,故障机进入故障恢复状态;重启后若故障依然存在,则进入故障状态,此时状态指示灯一直闪烁,以提示操作人员排除故障,或手动重启该故障机。

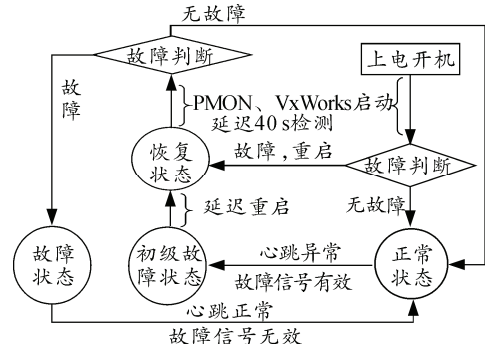


图 6 主板运行状态图

5 结束语

笔者针对双机热备份系统设计了仲裁切换电路及仲裁控制逻辑,使用看门狗监测主板心跳信号,配合故障报警信号,提高了故障检测度及切换效率;采用专用高速信号切换芯片,保证了信号传输质量。该仲裁切换电路已经成功应用于某型号双机热备份系统中。实际应用结果及测试结果表明,该仲裁切换电路工作正常、可靠。

参考文献:

- [1] 贾文涛. 高可靠星载双机备份系统的设计与评估[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010: 19-29.
- [2] 匡莉娟, 施洪昌. 高可靠性交流不间断供电系统[J]. 兵工自动化, 2008, 27(4): 85-87.
- [3] 冯明琴, 吴刚, 张靖. 主备式发射机的高可靠分布式控制系统[J]. 兵工自动化, 2003, 22(3): 48.
- [4] 沈浩. 基于双机热备的控制计算机系统研究与实现[J]. 工业控制计算机, 2011, 24(4): 29-30.
- [5] 杨国先, 陶霞, 王子菡, 等. 基于双 CPU 的切换及控制系统设计[J]. 单片机开发与应用, 2006, 22 (10-2): 268-269.