

基于单片机和 FPGA 的舞台吊杆监控系统

官正清 丁庆生 电子科技大学(610054)

Abstract

This distributed system of stage suspender control is contacted with serial port communication of several subsystems, furthermore, ATMEGA SCM and FPGA is the system's kernel. The proposed approach not only realizes the function of the data's acquisition, analysis and processing cling to the correspondence between the main board and subsystem, but also provides a solution for complicated data display and key switch by using an appropriate chip to extend SCM's I/O port.

Keywords: stage suspenders, ATMEGA, FPGA

摘要

文章介绍了针对舞台吊杆监控的系统方案。该分布式监控系统利用多机串口通讯组建,以 ATMEGA 单片机、FPGA 为核心。该方案不仅确保了由主机协调多个子系统共同完成信号的采集、分析、处理;而且利用专用芯片扩展单片机的端口,解决了繁多的数据显示和按键的问题。

关键词:舞台吊杆, ATMEGA, FPGA

舞台机械的控制系统是工业控制的一个组成部分;而舞台吊杆(悬挂在舞台上,用作升降舞台布景、灯光设备)是其主要的控制对象。因为舞台吊杆要求定位精度较高,启动、停止响应较快,而且要求运行可靠、操作灵活;所以简单的继电器、按键、开关组合电路难以胜任。我国长期依赖进口 PLC、工控机组成监控系统,价格昂贵,制约了需求。本系统采用了 ATMEGA 单片机和 FPGA 作为控制中心,在降低成本的同时,又达到高端产品的性能,具有极高的性价比,顺应了国内市场需求。

1 工作原理

舞台吊杆控制系统的组成框图如图 1 所示。

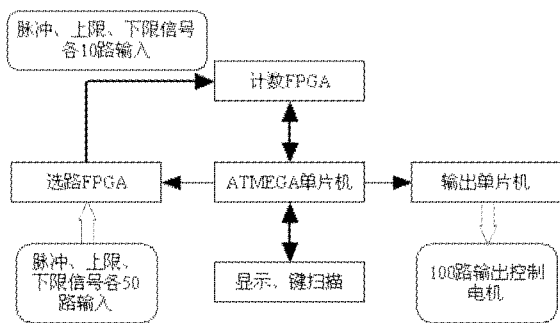


图 1 舞台吊杆控制系统组成框图

整个舞台控制系统由主机单元及外围电路组成。硬件部分以 ATMEGA 单片机和 FPGA 作为控制中心,其外围部件从功能上可以划分为输入选路部分,显示、键扫描部分,控制电机输出的三大部分。

本系统控制对象众多,100 路输出驱动 50 台电机的正反转、停(对应于吊杆的升、降、停);而输入的需处理的 50 路脉冲信号对应吊杆升降的距离,由电机输出的控制部分产生;上限、下限各 50 路信号由控制吊杆运行的行程开关产生。众多对象仅靠单机系统难以胜任,所以选用分布式控制系统。为减少系统之间的连线,子系统以串口通信方式同主机传递信息。因为相对于 RS-232 通信,RS-485 通讯信号传输距离较远,能够避免共模信号在通讯中的干扰,所以本系统选用 RS-485 通信,符合工业控制的实际需求。主机、分机(选路和输出)的信息传递由在主机上的 ATMEGA128 与分机上的 AT89C52 串口通讯完成,通信

网络为总线方式。在本项目中,将分布式系统建立在一个以单片机串口构成的局部通信网上,并制定专门通信协议予以实施,大大减少了各功能模块间的接线,安装、调试得到了简化;并且系统功能强、扩展性好,实现了舞台设备模块化——任意添加功能而不影响现有的设备,仅需了解通信协议和增加通信协议内容。

2 系统硬件设计

(1)信号输入部分

本数控吊杆系统,对吊杆升降高度的计算由光码盘信号通过计数器实现。控制吊杆升降的电机所带的光码盘每转过 1mm,对应吊杆的升降距离是 1mm,光电式传感器会使传感头发出一个脉冲作为计数器输入,通过选路 FPGA 输入到计数 FPGA 的计数器端口。虽然系统可操作 50 路吊杆,但在实际舞台演出中同时运行的吊杆数量不会超过 10 杆。所以本系统采用 ALTERA 10K20 作为选路模块,由主机控制,将 50 路脉冲信号中要用的 10 路脉冲输出到计数模块。上限、下限信号是控制吊杆所能到达的最高或最低位置的开关信号,当吊杆到达上限或下限位置接触到行程开关时,由行程开关改变输出电平,通知主机,并由主机通知输出停止吊杆运行。本系统采用了施奈德的 XCK-P118 行程开关作为限位保护。上限、下限的选路同脉冲信号,所以本系统使用了两片 ALTERA 10K20 用作选路。基于选路模块与主机的计数模块在实际舞台系统中位置的距离一般较远(几米到十几米),所以将上述信号的输入进行 150 选 30 的筛选,从而大大减少了连线的数量。

(2)主机控制系统

采用 ATMEGA128 单片机作为控制器。它具有高性能低功耗 8 位 AVR 结构,4K 内部 SRAM,自带 4K 字节的 EEPROM、看门狗,是一款功能较强的单片机。其中 4K 内部 SRAM 满足了系统大量数据的缓存。4K 字节的 EEPROM 方便了最终数据的存储,而且与外联存储器相比,大大减少单片机程序花费在存取、取数上的时间。在本系统中,单片机存储了 50 根吊杆的实际值、50 个场次的吊杆预置值。在操作过程中,单片机接收到按键信号,先通知选路 FPGA 选通有效脉冲、上限、下限信号输入到计数 FPGA,再通知输出部分驱动电机,并及时将计数 FPGA 上的数据传给显示模块。

(3)计数部分

在 FPGA EP1K50 中开辟了 10 个计数模块, 对应 10 个输入脉冲。EP1K50 与主机 ATMEGA128 连接有 8 根数据线用于传送吊杆的当前实际位置值、吊杆所要到达的预置位置; 6 根地址线用于确定读写实际值、预置值(各为三个字节)对应缓存的位置; 1 根读写线用于控制 EP1K50 中数据的读写; 启/停线 10 根(控制线高为启动, 低为停止), 分别对应控制 10 个计数模块的开闭; 总的启/停线一根控制整个计数器的开关。在吊杆运行过程中, FPGA 启动 10 个计数模块, 并行计数, 并且及时将数值传给单片机; 当吊杆运行到位或上、下限位信号到达时, FPGA 关闭该计数器, 将对应的启/停线拉低, 通知单片机关闭输出。

(4)显示、键扫描部分

本系统的人机界面是一个控制台, 可通过按键进行吊杆分组、预先置入吊杆所要到达的位置、吊杆启动、停止等操作, 并通过数码管反映出有效的吊杆号数、当前位置、预置位置。由于本系统要显示的数据众多(上百个 LED 数码管), 按键也很多(80 多个按键), 所以单片机常见的输入、输出扩展芯片难以胜任。经多方面比较, 本系统选用了一款专用于显示和键扫描的芯片 CH451。一片 CH451 通过 4 根信号线(串行数据输入线 DIN、串行数据时钟线 DCLK、串行数据加载线 LOAD、串行数据输出线 DOUT, 其中 DIN、DOUT、DCLK 可多片复用)与单片机连接, 即可控制 8 个 7 段 LED 的显示, 或是 8x8 矩阵的按键扫描。CH451 内部具有 8 个 8 位的数据寄存器, 用于保存 8 个字节数据, 分别对应于 CH451 所驱动的 8 个数码管或者 8x8 矩阵的按键。本系统共用了 16 片 CH451(14 片用于显示, 2 片用于按键扫描), 单片机使用 4 个 I/O 口控制 14 个显示的片选信号, 2 个 I/O 口用作按键的输入口, 连接 DIN、DCLK 各用一个 I/O 口。上百个 LED 数码管的显示, 80 多个按键的扫描, 仅仅占用了 8 个单片机 I/O 口, 大大节约了单片机的端口资源。

(5)输出部分

主机 ATMEGA128 依靠 RS-485 通讯连接输出单片机 89C52, 89C52 通过连接三态输出触发器 74LS574 及光电隔离电路控制 100 路继电器的开合, 从而控制 50 路吊杆的运行。输出是干扰源进入系统的主要通道, 监控系统是弱电控制强电, 被控电机运转时, 常常产生很强的电磁干扰, 如输出口不加以隔离, 干扰就会进入系统控制部分, 造成系统异常, 甚至不能使用。本系统在光耦隔离后, 再加一级继电器隔离输出, 如图 2 所示。

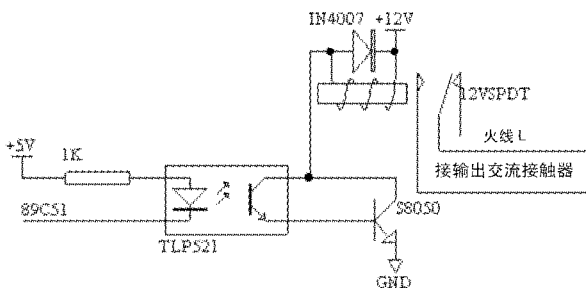


图 2 输出接口原理图

3 系统软件设计

软件系统中主要部分是 ATMEGA 单片机程序和计数部分 FPGA 程序。单片机按照功能划分, 将程序分为向 FPGA 读数、取数, 控制 CH451 显示, 在 EEPROM 中存数等几个模块, 在 AVR 单片机系列专用的 ICCAVR 编译平台下用 C 语言编程调试通过; 再加入单片机主程序中, 按功能调用模块。而对于 FPGA, 使用 VHDL 语言编程, 其中 FPGA 的一个计数模块的程序

流程如图 3 所示。

输出部分的单片机将每根吊杆的上升、下降状态对应到 RAM 中的可寻址位, 将 RAM 的内容从 P0 口输出, 通过连接三态输出触发器 74LS574 将信号锁存。在现场调试中发现, 干扰可能窜入输出控制线, 引起吊杆的误动, 所以在程序中启用定时器, 定时将 RAM 的内容从 P0 口输出, 从而刷新触发器输出, 使干扰信号还未引起误动, 就被消除。此外, 还将同一吊杆的上升、下降两种状态的输出进行互锁, 避免了用户误操作可能引起的事故。

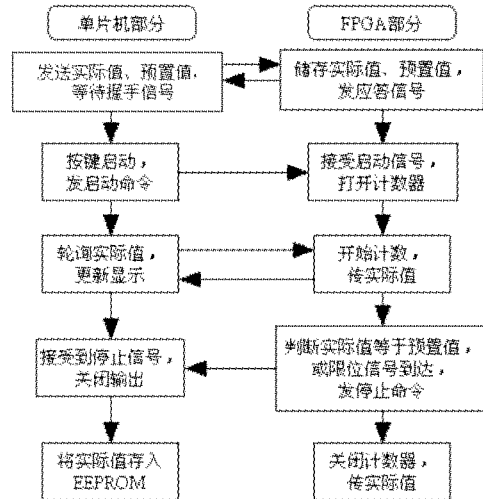


图 3 计数模块的程序流程图

4 系统设计中几个注意的问题

在舞台系统工作环境中的干扰源种类较多, 其中继电器的开合造成的瞬间电流即 di/dt 较大, 产生电火花, 形成干扰源。由于主机与控制继电器的输出部分是采用 RS-485 通讯, 时常受到干扰。当在继电器接点两端并接上火花抑制电路(本系统采用 RC 串联电路, 电阻选为 10K, 电容选为 0.01μF), 明显减小了电火花影响; 但当启动的继电器较多时, 会偶尔干扰到通讯。因此又在单片机软件上完善, 将同时启动多个继电器改为依次启动, 相隔延时 10ms, 削减了干扰的峰值, 进而确保了通讯的正常。

在本系统中, 单片机所接的 CH451 较多, 所以在驱动 DIN、DCLK、LOAD 控制线的单片机端口输出连接了达林顿晶体管, 以提高端口的驱动能力。在系统调试过程中, 发现 CH451 上的显示有时会出错。将 CH451 几个重要引脚的进行波形测试后, 发现当串行数据加载线 LOAD 有一干扰脉冲进入后, CH451 敏感得误判干扰脉冲为串行数据加载信号, 将一串随机数作为要显示的输入数据。后来, 将 CH451 的 LOAD 引脚加上滤波电容后, 发现显示正常可靠。

5 结束语

通过本项目的研究, 作者找到了将控制对象繁多、连接分散的舞台设备组成监控系统的方法; 采用 CH451 芯片解决了显示、键扫描的技术; 给出了抗干扰问题的解决方案。

本系统投入某军医大学的新建舞台现场运行, 经考核该系统操作简便, 工作可靠, 定位准确(停止误差 2mm), 达到了用户预期的效果。

参考文献

1 ATMEGA128 Data Sheet Complete. Atmel Corporation, 2004 [收稿日期: 2004.9.13]