

基于 SoPC 的节流控制系统研究*

何志敏, 梅大成, 郑巧

(西南石油大学 计算机科学学院, 四川 成都 610500)

摘要: 基于 SoPC 的节流控制系统为压井远程智能监控系统的一部分。该系统采用了在 FPGA 中加入 NIOS II 嵌入式软核 CPU 的 SoPC 技术, 可实现压井过程中对多级节流管汇的控制。论述了液动平板阀和节流阀的控制原理, 控制电路的设计方法和控制流程。该系统运行可靠, 控制灵敏性高, 与以往的控制系统相比, 体积更小, 功耗更低, 具有较好的应用前景。

关键词: SoPC; 压井; 平板阀; 节流阀

中图分类号: TP399

文献标识码: A

Research of throttle control system based on SoPC

HE Zhi Min, MEI Da Cheng, ZHENG Qiao

(Dept. of Computer Science, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: The throttle control system based on SoPC discussed in this paper is a part of the remote intelligent monitoring system for killing. SoPC technology is applied in the PPGA which adds NIOS II embedded soft-core CPU. This system can realize control of multi-stage throttle manifold in the killing. This article discusses the control principle of hydraulic throttle and flat valve, the design method of circuit and control flow. This system is reliable and sensitive. It is smaller and lower power compared with the previous system, and has good application prospects.

Key words: SoPC; killing; flat valve; throttle

在高压油气井的钻井过程中,当地层压力大于钻井液柱压力时,地层流体有可能进入井眼环空中,导致溢流,甚至井喷等事故,所以需要及时进行压井控制。目前,国内外大多采用单级节流管汇,这种管汇结构简单,但在使用中存在问题:一是节流阀的压降大,阀芯、阀座损坏严重,寿命极短;二是节流阀都是手动操作,工人的劳动强度大,压力控制精度低,容易诱发潜在的不安全因素。因此本系统采用了多级节流管汇,在其中,有 2 个液动节流阀,5 个液动平板阀^[1-2]。常用的节控箱只能控制 1 个液动节流阀,而且需要手动调节液动节流阀的开度,这显然已不能满足多级节流控制的要求,必须设计一个全新的控制系统。压井远程智能监控系统正是为了解决上述问题而研制的系统。该系统主要包括井控施工、施工过程监测及计算机控制、关井决策 3 个部分。其中施工过程监测及计算机控制部分能够对套管压力、

立管压力、节流阀开度和排量进行实时监测,并根据计算得到的理想压力,参考节流阀的开度,对节流阀实施自动调节,从而使实际压力和要求的压力保持一致。本文论述的基于 SoPC 的节流控制系统实现了压井远程智能监控系统对节流阀和平板阀的控制功能^[3]。

1 系统整体设计

在基于 SoPC 的节流控制系统中,选用了 FPGA 芯片 EP2C35F672C8N 作为控制核心,并在其中嵌入了 NIOS II 软核 CPU,这种软硬结合的方式,使得用户可以根据设计的要求,对 NIOS II 及其外围设备进行构建,使该嵌入式系统在硬件结构、功能特点、资源占用等方面全面满足用户系统设计的要求^[4]。采用 SoPC 技术,可以极大地提高系统的性能。基于 SoPC 的节流控制系统整体结构图如图 1 所示。

系统上电后,先由静态存储器 EPCS4 自动将配置数据载入 FPGA 的 SRAM 之中,即将固化在其中的数字逻辑电路映射到 FPGA 器件中,完成系统的初始化。上位

* 基金项目:西南石油大学校级自然科学基金项目(项目编号 2007XJZ066);四川省科技厅应用技术研究与开发基金项目(项目编号 2008JY0114)

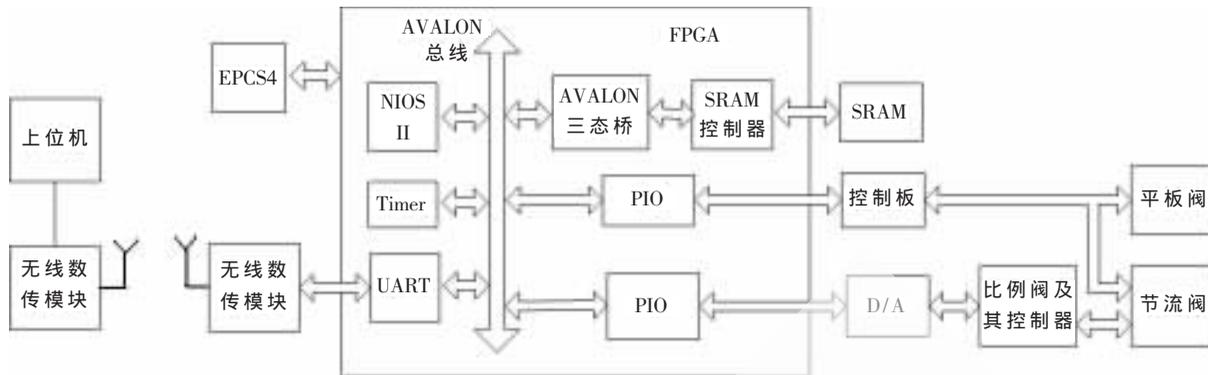


图 1 系统结构图

机通过前端的数据采集系统对相关物理量进行采集,采集到的数据经过处理后由无线数传模块发送给 SoPC。SoPC 接收到上位机发送的命令和数据后,先将其存入片外 SRAM 中,再从 SRAM 中取出,经 PIO 口送出。PIO 送出的一部分数据经自制的控制板处理后,用于控制液动平板阀和节流阀的打开和关闭;另一部分经 D/A 转换成电压信号,经放大电路放大后,用于控制比例阀,再由比例阀控制液动节流阀的开度。

在 SoPC Builder 中添加整个系统需要用到的各个模块,最后生成整个 SoPC 系统。在 Quartus II 中的顶层模块如图 2 所示。

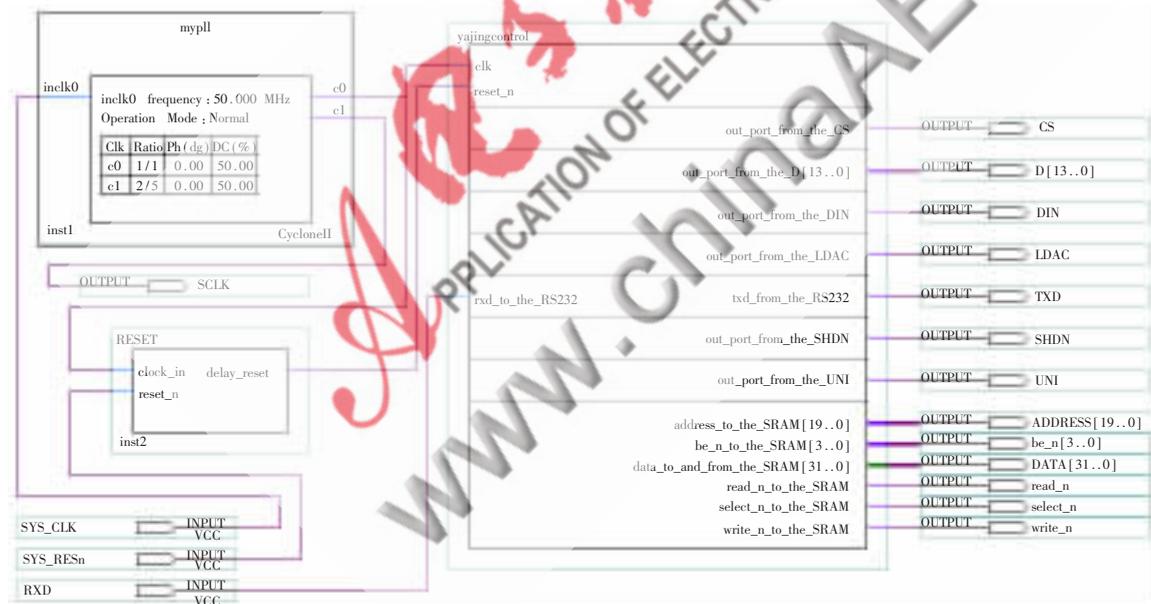


图 2 SoPC 顶层模块图

2 液动平板阀的控制

液动平板阀由电动换向阀改变液控油的流向来实现打开和关闭。电动换向阀由左右 3 个电磁铁的通断电控制,图 3 为液动平板阀的控制原理图。

当磁铁 A 通电而磁铁 B 断电时,电动换向阀右移,左侧接通,液动平板阀的一侧流入液体后,推动活塞由 D 到 C 移动,液动平板阀打开。当磁铁 A 断电,磁铁 B 通电时,电动换向阀左移,右侧接通,液控油流向改变,

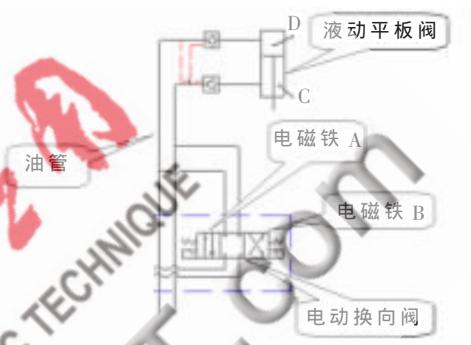


图 3 液动平板阀控制原理图

活塞由 C 向 D 移动,平板阀关闭。

电磁铁的通断电由固态继电器来实现。一般在驱动大型设备时,需要利用继电器作为测控系统的第一级执行机构,通过第一级继电器的输出,可完成从低压直流到高压交流的承接控制。在本系统中,选用的是阳明继电器厂生产的直流固态继电器

JGX-1FA。为了便于更好地控制,本系统设计了 1 块控制电路板,用于连接 SoPC 与平板阀。该电路板包括总线隔离、信号锁存和继电器控制。其电路如图 4 所示。

每个继电器控制 1 个电磁铁的通断,本系统的多级节流管汇有 5 个平板阀和 2 个节流阀,每个平板阀由 2 个电磁铁控制,因此需要 14 个继电器,图 4 只给出了部分电路。SoPC 从 PIO 口输出控制信号,当输出 1 个高电

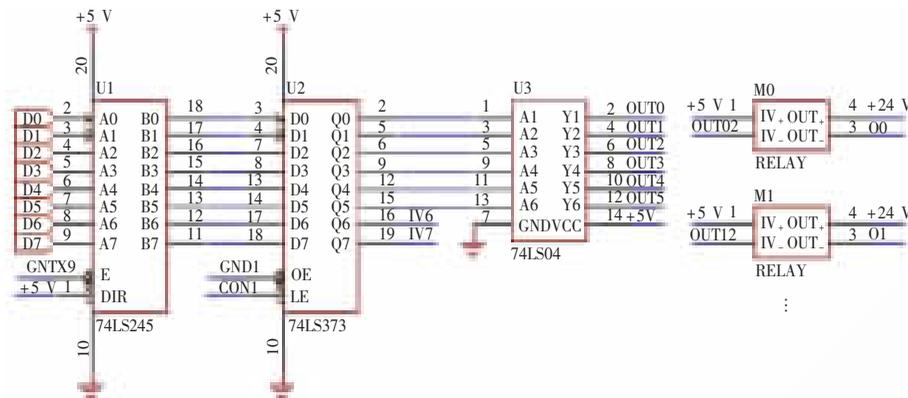


图4 控制板电路图

位信号时, 固态继电器接通, 将 1 个+24 V 的电压加在电磁铁上, 电磁铁吸合; 当输出 1 个低电位信号时, 固态继电器断开, 电磁铁断电。经现场实验, 该电路板控制开关速度快, 抗干扰能力强。

3 液动节流阀的控制

液动节流阀的控制包括其开、关以及开度的调节。图 5 为液动节流阀的控制原理图。当需要调节节流阀 J1 时, 首先令电磁铁 C1、C2 接通, C3、C4 断开, 形成左路液控油通路。当需要调节节流阀 J4b 时, 则需令电磁铁 C3、C4 接通, C1、C2 断开, 形成右路液控油通路。而液控油的流向和流量则由比例阀控制。

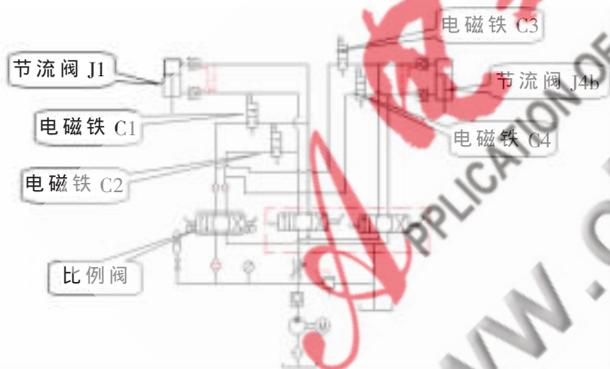


图5 液动节流阀控制原理图

电磁铁的接通和断开由前面所述的继电器控制板控制, 在此不再累述。而比例阀则由 SoPC 输出的数据经 D/A 转换成 -10 V~+10 V 的电压。控制。当输出电压为 0 V~+10 V 时, 节流阀打开; 输出电压为 -10 V~0 V 时, 节流阀关闭。开度改变的多少与电压大小成正比。从图 5 可知, 需要控制的节流阀共有 2 个, 但每次只控制其中 1 个, 所以只需要 1 路 D/A。本系统选用了 12 位串行数模转换器 MAX5312 作为 D/A 转换芯片, 使用它的双极性方式, 双电源电压为 +15 V, 使其能提供 -10 V~+10 V 的输出。D/A 转换的电路图如图 6 所示, 为了获得精确稳定的 +5 V 参考电压, 选用 MAX6005 作为基准电压源。

本系统采用的比例阀为带阀芯位置反馈的直动式比例方向控制阀 4 WRE 6, 为了实现对比例阀的控制, 在 D/A 转换输出电压 V_o 之后, 还选用了北京华德液压工业集团有限责任公司有限责任的 VT5005 电气放大器来控制比例阀。

基于 SoPC 的节流控制系统设计完成后, 通过了在自制的 SoPC 实验平台上的调试, 还分别进行了固态继电器过载实验、输出控制模拟实验和液动阀的室内实验。实验结果表明系统工作正常, 控制可靠。该系统已用于压井远程智能监控系统中。经过反复的室内和现场试验, 压井远程智能监控系统已在塔里木油田康村二井投入使用。运用情况表明, 基于 SoPC 的节流控制系统与以往的控制相比, 体积更小、功耗更低、运行可靠、控制灵敏, 具有较好的应用前景。

基于 SoPC 的节流控制系统设计完成后, 通过了在自制的 SoPC 实验平台上的调试, 还分别进行了固态继电器过载实验、输出控制模拟实验和液动阀的室内实验。实验结果表明系统工作正常, 控制可靠。该系统已用于压井远程智能监控系统中。经过反复的室内和现场试验, 压井远程智能监控系统已在塔里木油田康村二井投入使用。运用情况表明, 基于 SoPC 的节流控制系统与以往的控制相比, 体积更小、功耗更低、运行可靠、控制灵敏, 具有较好的应用前景。

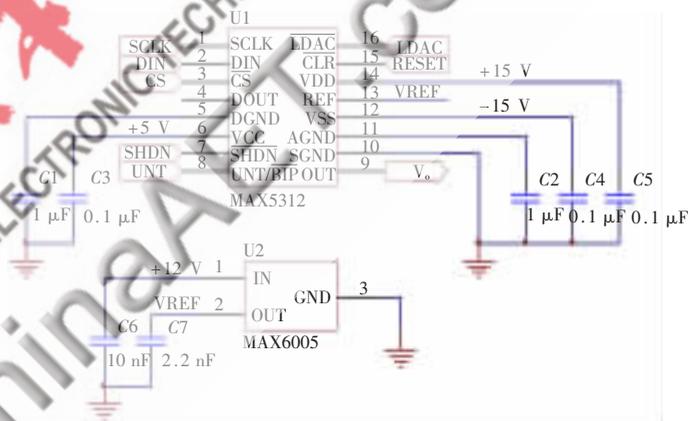


图6 D/A 转换电路图

参考文献

- [1] 梅大成, 王德玉, 谢冲, 等. 多级节流计算机控制系统研究[J]. 计算机测量与控制, 2007(9).
- [2] 刘绘新, 孟英峰, 唐继平, 等. 油气井多级节流压井系统研究[J]. 天然气工业, 2007(8).
- [3] 潘松, 黄继业. SoPC 技术实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] 周立功. SoPC 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.

(收稿日期: 2009-09-14)

作者简介:

何志敏, 女, 1979 年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 计算机监测与控制。

梅大成, 男, 1965 年生, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 计算机测量与控制。

郑巧, 男, 1975 年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 嵌入式系统。