

# SPI 串行总线与单片机系统的优化设计

邓素萍, 吴方

(南京化工职业技术学院, 210048, 南京)

[摘要] 分析了单片机系统并行扩展的缺点, 提出用串行扩展来优化单片机系统. 讨论了 SPI 串行总线的组成, 以此为基础, 给出了在 89C51 单片机上利用 I/O 线实现 SPI 串行总线, 构造一个实际应用的优化单片机系统.

[关键词] SPI 串行总线, 优化设计, 89C51

[中图分类号] TP368.1; [文献标识码] B; [文章编号] 1672-1292(2002)03-0050-04

## 0 概述

单片机自诞生以来, 就在工业、民用、军用等领域得到了广泛的应用. 随着电子信息技术的发展, 单片机应用领域不断地扩大, 在电子产品市场竞争的愈演愈烈的今天就如何设计出一个体积小、性能价格比高、工作可靠性好的单片机优化系统, 已成为单片机控制系统开发工作者所面临的紧迫任务.

传统的单片机系统设计广泛采用由中央处理器 CPU (如: Intel 8031)、程序存储器 ROM (如: 62256)、数据存储器 RAM (如: 27265)、输入输出电路, 外加逻辑译码电路(如: 74LS138)、以及并行扩展外部器件电路(如: ADC0809)等等组成. 这种设计, 芯片间连线十分复杂, 系统工作可靠性不高, 已越来越不适应单片机系统集成化、小型化的发展要求. 特别是系统的外部器件并行扩展, 其缺点十分明显

- (1) 连线太多, 系统连线复杂, 印制板布线不方便;
- (2) 外部器件与 RAM 混合编址, 独立性差, 系统的操作和编程都不方便;
- (3) 并行总线上挂靠的器件太多, 系统工作的稳定性和可靠性低;
- (4) 体积较大, 集成度不高.

正是由于上述原因, 近年来, 各厂家相继开发出各种串行接口芯片, 并形成了串行总线的概念. 比如: Motorola 公司的 SPI 总线、NS 公司的 Microwire 总线、以及 Philips 公司的 I<sup>2</sup>C 总线等等. 其中, Motorola 公司的 SPI (Serial Peripheral Interface) 总线应用较广. 支持这种总线的器件也很多, 包括: I/O 扩展、E<sup>2</sup>PROM、A/D、D/A、时钟, 以及 LCD 驱动器件等等.

## 1 SPI 串行总线

SPI 总线是 Motorola 公司提出的一个同步串行外设接口, 容许 CPU 与各种外围接口器件(包括模数转换器(A/D)、数模转换器(D/A)、液晶显示(LCD)驱动器等等)以串行方式进行通讯、交换信息. 它使用 4 条线: 串行时钟线(SCK)、主机输入/从机输出线(MISO)、主机输出/从机输入线(MOSI)、低电平有效的使能信号线( $\overline{CS}$ ). 如图 1 所示. 这样, 仅需 3~4 根数据线和控制线即可扩展具有 SPI 接口的各种 I/O 器件. 其典型结构如图 1.

它的主要特征是:

- (1) 串行数据同时输入和输出;
- (2) 同步工作;
- (3) 提供频率可编程时钟;
- (4) 数据传送结束标志.

收稿日期: 2001-03-09

作者简介: 邓素萍, 女, 1957-, 南京化工职业技术学院副教授, 主要从事自动控制的教学与研究

显然, 这种总线扩展方法与并行扩展相比有着不可比拟的优点:

(1) 连线较少, 简化电路设计. 并行总线扩展方法通常需要 8 根数据线、8~16 根地址线、2~3 根控制线. 而这种设计, 仅需 4 根数据和控制线即可完成并行扩展所实现的功能; (2) 器件统一编址, 并与系统地址无关, 操作独立性好; (3) 器件操作遵循统一的规范, 使系统软硬件具有良好的通用性; (4) 非常适合光电隔离设计, 使系统工作可靠性增加.

在实际的应用中, 各 I/O 芯片只能在其使能端收到 CPU 发出的命令后, 才能向 CPU 传送数据或从 CPU 接收数据, 并遵循 高位(MSB) 在前, 低位(LSB) 在后的数据传输格式. 典型的时序图如图 2 所示.

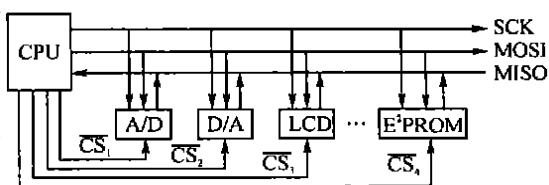


图 1 SPI 串行总线的典型结构

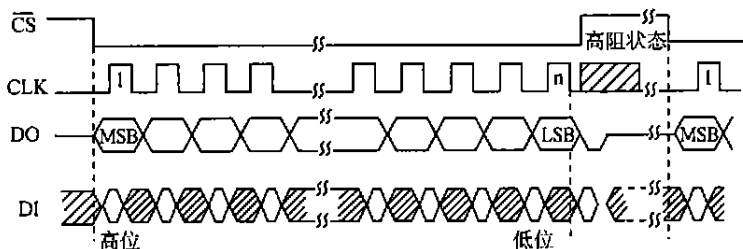


图 2 SPI 串行总线典型时序图

这种串行总线设计要求串行 I/O 芯片具有三态控制端, 即: 在芯片不工作时(片选使用能端  $\overline{CS}=1$ ), 输出端处于高阻状态, 如图 2 所示. 否则 CPU 的 MISO 端只能连接一个 I/O 芯片.

## 2 一个优化系统的设计

根据上述 SPI 串行总线的原理, 作者开发了液压挖掘机分工况控制系统. 整个系统的硬件接口电路见图 3 所示.

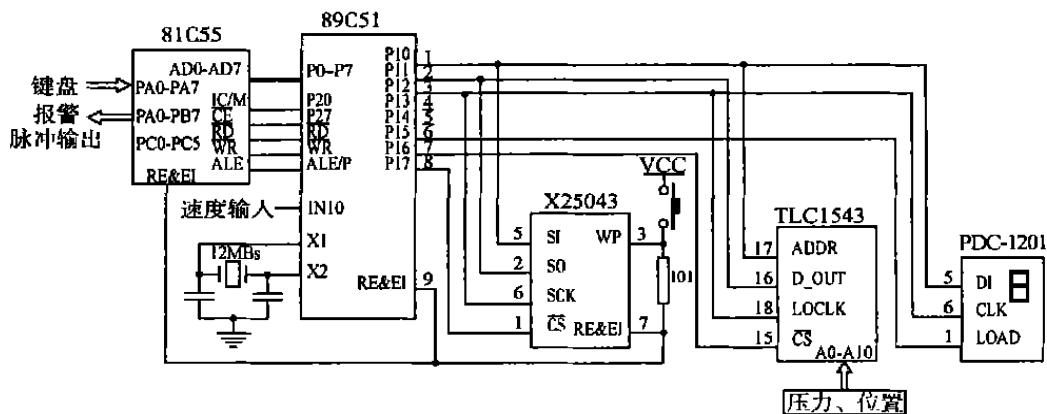


图 3 控制系统接口电路图

本控制系统采用负荷传感, 即以液压系统的压力为判断信号, 判断挖掘机的工作状态, 由微机根据挖掘机所处的不同工作状态, 通过控制步进电机的输出, 进而控制发动机的油门, 使发动机稳定在要求的转速附近, 以达到挖掘机的分工况控制, 实现节能.

### 2.1 系统设计分析

在设计时, 采用 Atmel 公司生产的 8 位单片机芯片 89C51, 它与 Intel 公司的 8031 完全兼容, 而且

还拥有 4K 的 EPROM 和 128 字节的 RAM. 因此, 对于小型计算机控制系统而言, 它无须扩展程序存储器 and 数据存储器, 简化电路设计, 使系统的工作可靠性增加. 另外, 其价格低廉(1999 年 89C51 的市场价位人民币 10.50 元左右), 是优化单片机系统设计一个很好的方案.

系统工作时, 需要采样液压系统的两路压力和油门位置, 因此, 设计了 A/D 转换电路, 选用 TI 公司的具有 SPI 串行接口模数转换芯片 TLC1543, 它是 10 位 ADC, 使用开关电容逐次逼近技术, 具有 11 路输入端, 带串行控制(TLC1543 的详细情况请参见参考文献 2), 能满足系统的要求. 而且, 它与 CPU 的连线少, 便于光电隔离设计.

液压挖掘机通常在野外工作, 工作环境恶劣, 常常会受到不可预测的因素干扰而出现故障. 为了保证系统工作的可靠性, 设计了 P 监控和 Watchdog 电路, 选用 TI 公司的 X25043 芯片(X25043 的详细情况请参见参考文献 3), 它集 P 监控、看门狗定时器、E<sup>2</sup>PROM 于一体, 降低了系统的成本, 并减少了对电路板的空间要求, 优化了系统设计.

为了帮助操作人员了解挖掘机的工作情况, 方便其操作, 设计了液晶显示电路、简易键盘输入电路和报警输出电路等等. 其中, 显示电路选用集驱动器与液晶显示屏于一体的模块 PDG-1201, 它仅有 3 端接口: 使能端 LOAD(高电平有效)、时钟端 CLK 和数据输入端 IN. 很方便于 CPU 连接, 与传统的 LED 并行接口驱动显示电路相比, 减少了繁琐的接线, 工作可靠性大大增加. 另外, 由于液晶显示器本身不发光, 而是靠调制外界光进行显示, 很适合野外操作.

## 2.2 系统 SPI 串行总线实现方法

通过上述分析可知, 整个系统都是采用 SPI 串行总线进行设计的. 但是, Atmel 公司的 89C51 单片微处理器, 与 Motorola 公司的 68H05 系列的 CPU 相比: 具有专用的 SPI 接口, 可与各种具有 SPI 接口的器件直接相连. 它本身不具有这种专用 SPI 接口, 为了实现和各种具有 SPI 接口的器件相连, 可用软件来模拟 SPI 的操作, 实现串行时钟、数据的输入和输出.

对于不同的串行接口芯片, 它们的时钟时序是不同的, 有的是在时钟 SCK 的上升沿接收数据, 在下降沿发送数据, 而有的器件则相反, 因此, 需要参考具体器件的数据手册. 下面介绍用 89C51 的汇编语言编写本系统模数转换器 TLC1543 的数据输入/输出程序, 说明用软件实现 SPI 操作的方法. 这种软件模拟 SPI 方法同样也适用于 X25043、PDG-1201.

\*\*\*\*\* 模拟 SPI 串行输入/输出程序 \*\*\*\*\*

; 功能: 按 TLC1543 的时钟时序从 89C51 接收通道地址, 并将 A/D 转换结果送到 CPU

; 入口参数: R1= 通道地址

; 出口参数: R2R3= 转换结果

;

```
START: MOV    A,  R1      ; 将下一次 A/D 转换的通道地址送到 A
        CLR    P1.6       ; 置 CS 为低, 选择 TLC1543
        MOV    R5,  # 10  ; 将时钟 I/O CLOCK 的脉冲次数放入 R5
LOOP1: LCALL   DELY       ; 延时
        MOV    C,  P1.1    ; 读转换数据到 C
        RLC    A          ; 转换数据移到 A 的最低位, 通道地址移入 C
        MOV    P1.0,  C    ; 写入通道地址
        LCALL   DELY       ; 延时
        SETB   P1.2       ; 置时钟 I/O CLOCK 为高
        LCALL   DELY       ; 延时
        CLR    P1.2       ; 置时钟 I/O CLOCK 为低
        CJNZ   R5,  # 02H, LOOP2; 判断 8 个数据是否送完? 未完, 则跳转
```

```
MOV R2, A ; 转换结果高 8 位放入 A
LOOP2: DJNZ R5, LOOP1 ; 10 个脉冲是否结束? 没有, 则 跳转
;
DATA: MOV R3, A ; 转换结果的低 8 字节放入寄存器 R3
MOV A, R2 ; 读转换结果的高 8 字节到 A
RL A ; 取高两位
RL A
ANL A, # 03H
MOV R2, A ; 转换结果的高 2 位放入 R2
RET 返回
```

程序说明:

- (1) DELY 延时时间的长短由 CPU 的晶振频率和芯片的转换时间确定, 同理, 其他芯片也是这样.
- (2) 寄存器 R5 中存放的时钟数由各个不同芯片的具体工作时序确定. 本例中, 由于 TLC1543 是 10 位的 A/D 转换器, 因此需要 10 个时钟信号.

基于单片机系统优化设计的思想, 本文分析了串行扩展 SPI 总线的优越性, 并设计了一个实际应用的单片机控制系统, 用软件模拟 SPI 串行数据输入/输出. 在所有功能得以实现的情况下, 这种设计方法使系统的成本大大降低, 电路板布线变得简单, 系统的体积减小, 工作可靠性也得以提高.

经实际使用表明: 本系统运行可靠, 达到预期的结果.

[参考文献]

[1] P&S 武汉力源电子股份有限公司. TLC1542, TLC1543 带串行控制和 11 个输入端的模数转换器数据手册[S]. 1998, 3.

[2] P&S 武汉力源电子股份有限公司. X25043/45 可编程看门狗监控 EEPROM 数据手册[S]. 1998, 3.

SPI Serial Bus and Optimized Design of Microprocessor

Deng Subin, Wu Fang

Nanjing Vocational College of Chemical Technology, 210048, Nanjing, PRC)

**Abstract:** This paper analyzes shortcoming of microprocessor's parallel extension and advances serial extension to optimize the system design. Based on the discussion of SPI serial bus's construction, the I/O of 89C51 is utilized to build SPI serial bus and a practicable optimized system is designed.

**Key words:** SPI serial bus, optimized design, 89C51

[责任编辑: 刘健]