

# 基于 MSP430 光栅编码器信号处理的实现

## An Implementation of Signal Process for Grating Encoder Based on MSP430

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 姬琪 王红园  
JI Qi WANG Hong-yuan

**摘要:** 本文以实际应用为例,给出了一种光栅编码器信号采集处理的方法。详细介绍了该光栅编码器的工作原理及接口电路,并采用 TI 公司的 MSP430 单片机实现了该光栅编码器信号的采集处理、方向判别、串口通信等工作。在实际应用领域取得不错的应用价值。

**关键词:** 光栅编码器; MSP430; 信号处理

**中图分类号:** TP368.1 **文献标识码:** A

**Abstract:** The article gives an example how the signal of a sort of grating encoders is collected. And it explains the principle of the encoder and interface circuit. Using MSP430 MCU of TI Corporation, we achieve collecting encoder signals, distinguishing direction and communicating. It has good value in application field.

**Key words:** Grating encoder; MSP430; Signal process

### 1 引言

光栅编码器由于精度高,被广泛应用于各种高精度测量领域。常用的光栅编码器有长光栅和圆光栅,其输出信号一般为增量式脉冲串。在实际应用中需要将编码器的脉冲信号采集、计数来确定当前编码器的位置,以此来达到精确定位、测量等目的。文本以 Renisaw 圆光栅为例,应用 MSP430 单片机采集处理信号,达到了实际目的。

### 2 光栅编码器工作原理

Renisaw 圆编码器由圆光栅码盘、读数头、细分盒组成,外接+5V电压。通过轴旋转,编码器内部电路可产生A相、B相、Z相脉冲信号。A相和B相为正交编码器计数脉冲,相位差为90度。Z相为归零信号脉冲,它决定了编码器转动的起始点。光栅围绕旋转轴旋转一周,A、B相输出同样数量的脉冲,Z相输出一个脉冲,如图1所示。A、B相脉冲的个数和电机旋转角度、运行距离成正比关系,因此通过计算脉冲数就能计算出电机在实际运行中所运行的距离。而通过检测A、B相脉冲哪一个先到可检测出圆光栅的旋转方向。

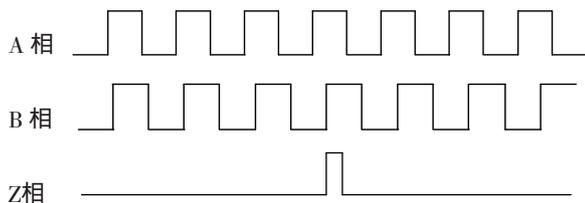


图1 编码器脉冲图

圆光栅连接关系见图2所示,读数头窗口安装在紧贴码盘位置,用来产生位置脉冲信号。细分盒可对脉冲信号进行细分,得到精度更高的400倍频脉冲,细分处理后的信号为差分信号,经数据线传给用户。用户需将信号进行提取、鉴相,转换成所需

姬琪;助研

的角度信息和方向信息。

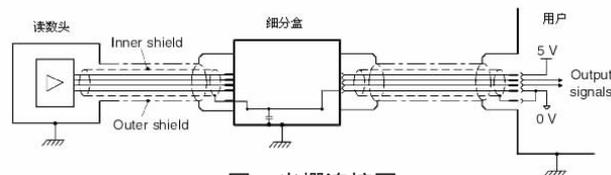


图2 光栅连接图

### 3 系统硬件设计

系统以单片机MSP430F149为核心,功能设计包括一下几个方面:数字量信号采集模块、串口通信模块和电源供电及复位模块等。下面详细介绍一下各单元硬件设计电路和实现功能,结构框图如图3所示。

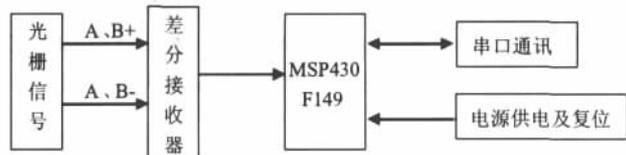


图3 系统框图

#### 3.1 主控芯片及外围电路

MSP430F149是TI公司生产的MSP430系列中一个功能很强大的单片机,内部采用冯·诺依曼体系,RISC指令结构,运算器宽度16位。片内集成了60KB的FLASH程序存储器,2KB的SRAM数据存储器,多个16位定时/捕获/比较器,2个串行口,12位模拟数字转换器,ITAG程序下载/在线调试接口,看门狗定时器等。采用64引脚封装,48个IO多功能引出线,其中P1口和P2口具有位中断功能。具有指令执行速度快、外部电路简单、功耗低、节电管理方式完善、定位于嵌入式系统应用等特点。

整个系统采用3.3V供电,考虑到硬件系统对电源要求具有稳压功能和纹波小等特点,另外也考虑到硬件系统的低功耗等特点,因此该硬件系统的电源部分采用TI公司的TPS76033芯片实现。为了使输出电源的纹波小,在输出部分用了一个2.2μF

和  $0.1\mu\text{F}$  的电容, 另外在芯片的输入端也放置一个  $0.1\mu\text{F}$  的滤波电容, 减小输入端受到的干扰。

复位电路采用复位芯片实现, 保证复位电路的可靠性。该系统复位芯片采用 MAX809 芯片。为了减小电源的干扰, 还需要在复位芯片的电源输入管脚加一个  $0.1\mu\text{F}$  的电容来实现滤波, 以减小输入端受到的干扰。

### 3.2 脉冲信号处理电路

经细分盒处理后可得到 A 相、B 相和 Z 相信号, 且均为差分信号, 可适宜长距离传输。系统采用 Max3097 差分信号接收器, 终端加电阻避免长线传输反射波干扰。Max3097 是高速差分信号接收器, 可将差分信号转换成 MSP430 可以处理的单脉冲信号。下面给出该芯片电路图, 如图 4 所示。

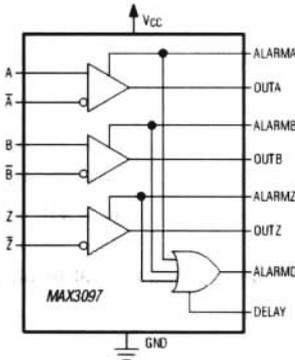


图 4 Max3097

Max3097 输出 A、B 相脉冲信号后, 还需经鉴相电路检测 A、B 相脉冲那个先到, 才可以判断出旋转方向。鉴相电路如图 5 所示。R1、C1 将 A 相脉冲的前沿微分, 微分尖脉冲同时加到 IC1B 和 IC1C, 而它们分别由 B 和  $\bar{B}$  来选通。当 A 相超前 B 相脉冲时, IC1C 产生负脉冲, 则 XA 为 1。当 B 相脉冲超前 A 相脉冲时, IC1B 产生负脉冲, 则 XB 为 1。判断 XA 和 XB 之值, 可以确定出旋转的方向。CP 无论正转还是反转, 都有脉冲信号, 可作为计数脉冲。利用单片机的中断来进行计数。将 CP 信号与 MSP430F149 的 P1.0 连接, 作为中断触发信号, XA 与 P1.1 连接, XB 与 P1.2 连接。设置 MSP430F149 中断上升沿触发有效, 当中断产生时, 读取 P1.1 和 P1.2 端口的信号, 据此计数器进行加/减计数。

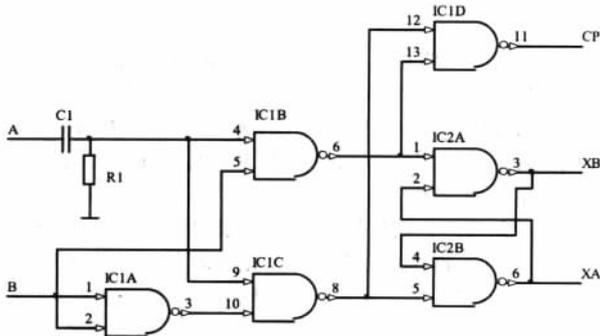


图 5 鉴相电路

### 3.3 串口通信电路部分设计

该系统实现串口模块主要是与上位机进行通信, 单片机系统将采集到的数据送到上位机进行处理, 从而减轻单片机系统的处理负担。由于单片机与上位机进行通信时接口电平不同, 因此需要进行接口转换, 这里采用 SP3220 芯片来完成接口电平的

转换。SP3220 芯片与一般的 RS232 芯片在使用上基本相同, 下面给出该芯片的电路设计图, 图 6 为串口通信的电路图。

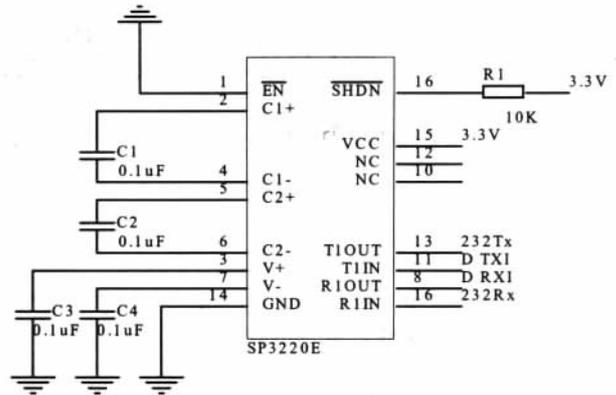


图 6 串口通信电路图

由图可以看出, 通过一个上拉电阻将  $\overline{\text{SHDN}}$  管脚拉高, 使该芯片一直处于工作状态, 如果系统需要处于低功耗状态, 也可以通过单片机来控制该管脚, 工作的时候将该管脚设置为低电平, 需要处于低功耗的时候将该管脚设置为高电平, 这样很容易实现控制。在管脚 C1+、C1-、C2+、C2-、V+ 和 V- 分别放置  $0.1\mu\text{F}$  的电容实现充电作用, 满足相应的充电泵的要求。管脚 T1OUT、T1IN、R1OUT 和 R1IN 分别是 232 转换的输入输出脚, 实现单片机的 TTL 电平与上位机的接口电平的转换。考虑到减小电源的干扰, 还需要在芯片的电源输入管脚加一个  $0.1\mu\text{F}$  的电容来实现滤波, 以减小输入端受到的干扰。

## 4 系统软件设计

本系统软件采用 C 语言进行程序设计, 主要包括串口数据传送模块、编码器脉冲信号处理模块及主程序模块。串口数据传送是通过定时器定时来控制发送的频率。编码器脉冲处理主要在中断中进行。中断信号产生后, 进入中断程序, 通过鉴相来对计数器进行加/减计数。再将数据处理转换成角度值, 由串口通信传给上位机进行操作。软件设计流程图见图 7 所示。

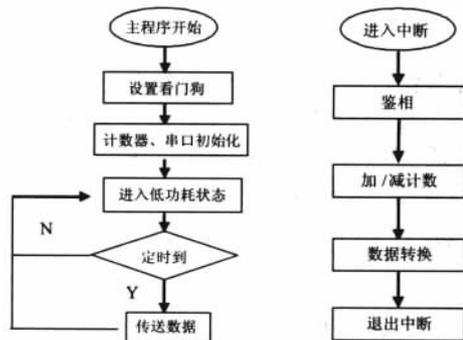
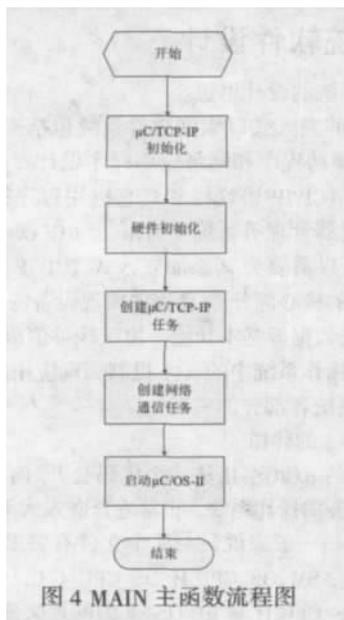


图 7 主程序及中断程序流程图

## 5 结束语

本文充分利用了 MSP430 单片机控制的优点, 结合光栅编码器使用中需要对编码器进行采集处理的需求, 设计了整个系统。此外, 由于 MSP430 单片机功能强大, 外围芯片数少, 而且所有的元器件均选用贴片式封装, 从而大大减少了电路板的面积, 提升了系统的可靠性和稳定性。该系统目前在实际测量中工作稳定, 具有很好的实用价值。

(下转第 94 页)



## 5 系统的测试及结果

系统完成后,编译程序并下载到目标板的 FLASH 中。用网线将主机和目标板的网络接口相连。目标板为网络通信服务端,主机作为客户端。使用 ping 命令去测试二者能否通信。

设定主机和目标板的 IP 地址分别为 192.168.135.108 和 192.168.135.103。在主机下打开终端:ping 192.168.135.3。如图 5 所示:从主机发送 19 个数据包,返回 19 个数据包,丢包率为 0%。说明 μC/TCP-IP 协议栈能正常工作。至此基于 μC/OS-II 的嵌入式以太网已经在 OR1200 平台上实现。

```

[enbos@EDA DE2_OR1200_S0C4]$ ping 192.168.135.3
PING 192.168.135.3 (192.168.135.3): 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.99 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.204 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.225 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.260 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.781 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.795 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.955 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.892 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.849 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.922 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.843 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.224 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.248 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.217 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.923 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.759 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.800 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.960 ms
64 bytes from 192.168.135.3: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.960 ms

--- 192.168.135.3 ping statistics ---
19 packets transmitted, 19 received, 0% packet loss, time 18029ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.204/0.716/1.992/0.419 ms, pipe 2
[enbos@EDA DE2_OR1200_S0C4]$
  
```

图 5 网络测试结果

## 6 总结与展望

本文介绍了一种基于 OR1200 微处理器的嵌入式以太网设计。该系统经过测试,网络通信运行稳定,无丢包率、可靠性高、安全性好。另外本系统通过 Wishbone 总线接口可方便地扩展外围设备,具有很强的通用性和扩展性。本设计已应用于青岛市重点科研项目“基于 OR1200 嵌入式 SoC 网关集成电路的设计及 AVS 实现”,该项研究成果应用广泛,不但可以应用于网络路由器,信息家电网关,也可以用于交换机、机顶盒、智能交通等场合。

本文作者创新点:

1、首次构建了以开源的 32 位 OR1200 处理器为核心的硬件平台并运行了 μC/OS-II 操作系统,添加了 μC/TCP-IP 协议

栈,实现了系统的网络化。

2、系统采用的微处理器、互联总线标准、实时操作系统和 TCP-IP 协议栈都是开源的,能有效地降低系统成本,更主要的是具有自主知识产权和自主创新。

(项目经济效益 100 万元)

参考文献

[1]刘映杰,马义德,李升刚,夏春水.嵌入式设备与以太网互连系统的设计[J].微计算机信息,2008,3-2:8-10.

[2]陈冬发,朱宁西.基于 ARM-LPC2368 的网络接口的设计与实现[J].微计算机信息,2008,5-2:119-121.

[3]Damjan Lampret.OpenRISC 1200 IP Core Specification.

作者简介:焦汉明(1984-),男,山东省济宁市人,硕士研究生,山东科技大学信息学院,主要研究方向:嵌入式系统及应用;陈新华(1950-),山东泰安人,山东科技大学信息学院,教授,硕士生导师,电子信息系主任,嵌入式与集成电路设计研究所所长;张德学(1977-),男,山东烟台人,山东科技大学信息学院,副教授,嵌入式与集成电路设计研究所副所长。

**Biography:**JIAO Han-ming,(1984.10-),male ,Jining Shan Dong Province, graduate student in Shan Dong University of science and technology; Research direction: embedded systems and applications.

(266510 青岛 山东科技大学信息学院) 焦汉明 陈新华 张德学  
通讯地址:(266510 山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号 山东科技大学研究生院 07-3) 焦汉明

(收稿日期:2008.12.10)(修稿日期:2009.03.10)

(上接第 107 页)

本文作者创新点:采用 MSP430 来处理光栅编码器信号,给出了一种信号处理的方法,从硬件和软件上综合考虑使系统功耗降至最低,外围电路简单,通用性很强。

参考文献

[1]魏小龙.MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例.北京:北京航空航天大学出版社,2002

[2]胡大可.MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发.北京:北京航空航天大学出版社,2003

[3]秦龙等.MSP430 单片机应用系统开发典型实例.北京:中国电力出版社,2005

[4]崔光照,曹祥红,张华.基于 MSP430 单片机的智能型复费率单相电能表设计.微计算机信息,2006,2-2:21-23

作者简介:姬琪,1978 年 5 月,汉族,中科院长春光学精密机械与物理研究所助研,研究方向:计算机通信与应用;王红园,1980 年 6 月,汉族,中科院长春光学精密机械与物理研究所助研,研究方向:嵌入式软件测试。

**Biography:**Ji Qi, male, May 23, 1978, the Han nationality, associate researcher of ChangChun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Major in the Communication and Application of Computer.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 姬琪 王红园

(ChangChun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Changchun Jilin 130033, China)  
JI Qi WANG Hong-yuan

通讯地址:(130033 长春市东南湖大路 16 号长春光学精密机械与物理研究所检测中心) 姬琪

(收稿日期:2008.11.22)(修稿日期:2009.02.22)