

文章编号:1006-396X(2004)02-0083-03

基于 MSP430 型单片机的智能涡街 流量计转换电路的设计

谢立平¹, 朴兴哲²

(1. 辽阳化纤公司仪表厂, 辽宁辽阳 111003; 2. 沈阳工业大学工程学院, 辽宁辽阳 111003)

摘要: 介绍了以 MSP430 型单片机为核心的智能涡街流量计转换电路的设计与开发, 涡街传感器前置放大板送出的脉冲信号进行采集处理并送 D/A 转换模块进行标准 4~40 mA 输出。重点对硬件电路设计、软件实现等内容进行了阐述。经现场考核运行表明, 技术指标达到设计要求, 工作可靠, 解决了以往转换电路存在的功耗大、性能不稳定等问题。性能接近同类进口产品的水平, 成本远低于同类型进口产品, 具有广泛的市场前景。

关键词: 单片机; 涡街流量计; 转换电路; 数据通讯

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A

Design of Conversion Circuit for Intellect Vortex Flowmeter Based on MSP430

XIE Li-ping¹, PIAO Xing-zhe²(1. Meter Factory of Liaoyang Petroleum Fiber Company, Liaoyang Liaoning 111003, China;
2. Engineering College, Shenyang University of Technology, Liaoyang Liaoning 111003, China)

Abstract: The design and development of the conversion circuit to an intelligent vortex flowmeter were introduced. The converter used MSP430 microcontroller as the main component, which collected, processed the pulse signal from the pre-amplified circuit and sent out 4~40 mA standard signal. The design of hardware circuit and implementation of software was stated. The result shows that the technology index has met the design requirement with the character of reliability, which solves the problem of the large wastage of power and low stability. Its performance can be comparable with that of the same import products. And its cost is much lower. It has a good prospect.

Key words: Microcontroller; Vortex flowmeter; Conversion circuit; Digital communication

涡街流量计是目前化工生产过程中普遍使用的流量测量仪表, 其转换电路是智能涡街流量计电路设计的关键。利用 MSP430 型单片机作为核心部件, 合理选择外围器件进行电路设计, 实现了低功耗、智能化、模块化、标准化, 并具有功能组态、参数设定、故障诊断、数据修正等功能。解决了以往流量计的功耗大、性能不稳定问题。同时, 整机成本同国外同类型产品相比有较大幅度的降低。

1 电路的功能及单片机的选择

收稿日期: 2003-12-11

作者简介: 谢立平(1969-), 女, 辽宁台安县, 工程师。

由于转换器是 2 线制 24 V(DC) 在现测量智能型仪表, 设计有 CPU、D/A 转换电路、通讯接口电路、显示电路等环节。根据石油化工生产现场提出的技术要求, 必须保证整个仪表在 4 mA 以下能够正常工作。因此, 功耗的大小是电路研制能否成功的关键。经过对目前市场上常见的低功耗单片机的筛选, 我们选择了美国德州仪器(TI)公司的 MSP430F147, 它是 16 位 RISC 结构的 FLASH 型单片机, 具有超低功耗的特性。该芯片有 48 个 I/O 端口、片内集成 16 位计时器、USART 通讯模块、模拟比较器等模块, 利用该芯片对涡街传感器前置放大板过来的信号进行脉冲测量、误差修正、各种流量、电流代码及光柱数计算, 并把这些信号送 LCD

显示及 420 mA 输出。转换器的电路功能如图 1 所示。

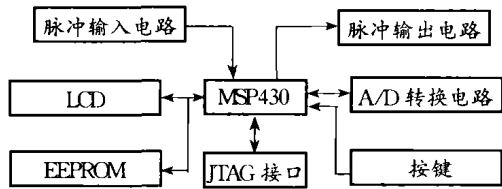


Fig. 1 The hardware function chart of converter
图 1 转换器硬件功能框图

2 硬件电路实现

2.1 系统时钟及电源

当 MSP430 的主时钟 MCLK 正常工作时,取 XT2IN 为 4 M;非正常工作时,取 DCO 为 4 M 左右,外部供电为 24 V(DC)。电源监测是本流量计电路设计的独特之处,通过 MSP430 内嵌的模拟比较器模块进行模拟信号电压的比较,实现对电源故障的监测。外部电源通过 MSP430 的 P2.3 管脚引入单片机,它同 P2.4 的 1.25 参考电压端进行比较,比较器输出端 P2.2 同 P2.1 相连,采用 MSP430 软件查询 P2.1 的电平,实现电源监控。这种利用软

件代替硬件的设计方法,既降低了整机电路的功耗又降低了硬件成本,同时也提高了仪表的稳定性。

2.2 D/A 转换电路

MSP430 输出的数字信号送 D/A 转换模块转换,变成 4~20 mA 输出。D/A 转换模块采用美国 Analog Device 公司的 AD421 转换元件,它同 MSP430 采用 SPI 模式通讯,采用三线制主工作模式。

2.3 脉冲输出电路

抗干扰能力是考核仪表的一项主要参数。为了减少脉冲输出信号受外界干扰,脉冲输出电路采用日本 NEC 公司的 PS2932 光耦隔离电路。MSP430 对脉冲输出进行控制。MSP430 的 P4.3 为脉冲输出选择位,低为允许系统自检脉冲输出,高为允许原始脉冲频率输出。P4.2 为系统自检脉冲输出及原始频率输出控制,低为不允许原始频率输出,高为允许。通讯时脉冲输出禁止,默认输出原始脉冲。这种设计是本电路的又一与众不同之处,使整机稳定性明显高于同类其他产品。脉冲输出电路原理如图 2 所示。

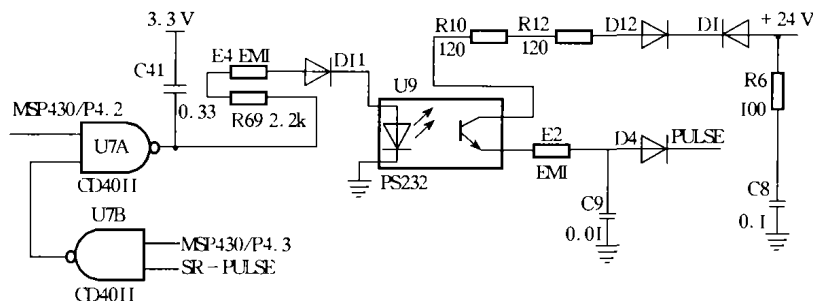


Fig. 2 The schematic diagram of output pulse circuit
图 2 脉冲输出电路原理图

2.4 显示及按键电路

按键及显示器是实现人机对话的媒介。显示电路采用段式液晶显示 LCD,内置的液晶驱动器 PCF8576 同主 MSP430 采用 IIC 模式通讯。IIC 总线采用单主模式控制 LCD 显示,其时钟和数据传送的速度小于 100 kHz。键盘采用 4 按键制,分别是 LEFT 键、RIGHT 键、+ 键及 - 键,LEFT 按键中断进入菜单,在菜单中定时查询键值,所有按键均为低电平有效。

3 软件实现

全部软件采用 C 语言编程,正常工作时为低功耗状态,采用 Timerb 捕获中断方式进行实时测量,Timerb 的定时中断用于控制流量计算、电流输出及

累积量存贮时间间隔,不断监控键盘中断,随时进行菜单操作。程序流程如图 3 所示。

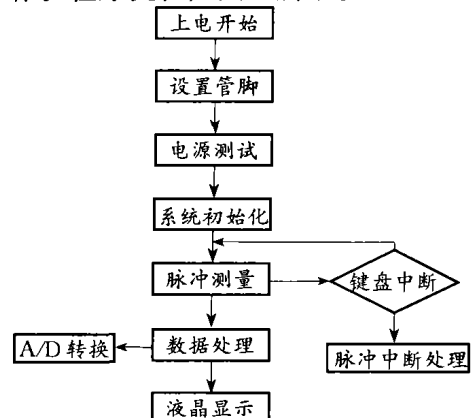


Fig. 3 The main flow - chart scheme
图 3 主程序流程图

3.1 初始化

初始化分为两部分, (1) 上电初始化, 完成初始化硬件、系统自检及时钟设定; (2) 功能软件应用初始化, 主要为调用相关功能软件时对相应寄存器或要应用到的硬件进行初始化。

3.2 数据采集及处理

测量中断由 timer-b 捕获/比较器 0 的捕获中断实现, 其内部不再嵌套任何中断。定时中断由 timer-b 16 位计数器溢出中断产生, 其内部只嵌套测量中断和 SPI 中断。在中断竞争时, 测量中断比 SPI 中断优先级高, 而 SPI 中断时间保持在 200 μ s 以内时, 不影响测量。测量和定时中断是本设备工作的基础和关键, 二者的中断优先级在中断向量中除电源监控和看门狗中断外级别最高。在定时中断中, 系统实现了传感器监测、计算、输出、存储、键盘中断判断等功能。

3.3 IIC 通讯

Microchip 公司的 24LC02B 型 EEPROM 具有掉电保护功能。EEPROM 主要用于存储累积量、管道直径及流体种类等仪表参数。每次掉电 MSP430 都从 EEPROM 中读入各种仪表参数, 每当修改完菜单参数后, 存储到 EEPROM 中, 同时以一定的时间间隔向 EEPROM 存入累计量数值。MSP430 同 EEPROM 及 D/A 模块 AD421 采用 IIC 模式通讯。因 MSP430 本身不具有 IIC 总线接口, 故需软硬件模拟实现。模拟 IIC 通讯接口是本软件设计的主要任务之一。硬件模拟: ① P3.7: SCL (SDCLK), 小于 100 kHz; P3.6: SDA (P3.5: EEPROM 写禁止, 低有效) ② I/O 口管脚方向寄存器 PnDIR 复位, 通过设置管脚方向, 可以实现 IIC 总线所需的输出电平。当管脚方向为 input 时, 相当于输出高电平; 当管脚方向为 output 时, 相当于输出低电平, 实现了 open-drain 输出功能。软件模拟: 数据传送的开始和结束、应答位、传送数据格式及传送模式按照 IIC 通讯

模式进行。软件模拟数据传送的开始程序如下:

```
void START( void )
{ P3DIR &= ~SDA;    //SDA=1
  -NOP();
  -NOP();
  -NOP();
  -NOP();
  P3DIR &= ~SCL;    //SCL=1
  -NOP();
  -NOP();
  -NOP();
  while( (P3IN & SCL) != SCL ); //wait for
  slaver release the clock line
  IIC-delay();
  P3DIR |= SDA;     //SDA=0
  IIC-delay();
  P3DIR |= SCL;     //SCL=0
  -NOP();
  -NOP();
  -NOP();
  -NOP();
} /* end START */
```

4 结束语

本设计方案中硬件电路以 MSP430 作为核心部件, 适当扩展外围电路组成, 并巧妙地利用了软件代替硬件技术, 简化了硬件结构, 降低了成本, 同时提高了仪表的智能化程度、稳定性和可靠性。通过中国石油化工集团公司辽化分公司仪表厂试验并经聚脂一厂、尼龙厂现场考核运行表明, 本产品技术指标达到设计要求, 接近进口同类产品的水平。智能涡街流量计开发研制的成功, 填补了中油集团该仪表产品的空白。由于生产成本远低于同类型进口产品, 因此具有很强的竞争优势和广泛的市场前景。

参 考 文 献

- [1] HU Da-ke(胡大可). MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [2] LI Qiang(李强), CHEN Yao(陈瑶). Application embedded RTOS on the MSP430 microcontroller(嵌入 RTOS 在 MSP430 单片机上的实现)[J]. Microcontrollers & embedded systems(单片机与嵌入式系统应用), 2002, (7): 52-56.
- [3] HU Da-ke(胡大可). MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [4] CHEN Ming-liang(陈明亮), 等. General datd collector systems of microcontroller based on microcomputer communication(基于微机控制通信的单片机通用数据采集系统)[J]. Microcontrollers & embedded systems(单片机与嵌入式系统应用), 2002, (1): 34-36.
- [5] HE Li-min(何立民). 单片机应用技术选编(4)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1997.

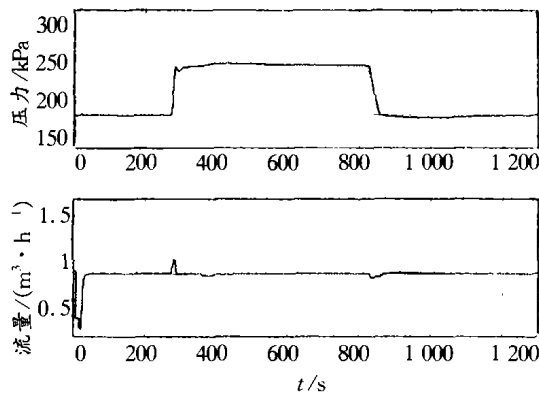


Fig. 5 Control for changing the set - point of pressure and flowrate

图 5 压力和流量设定值变化的控制

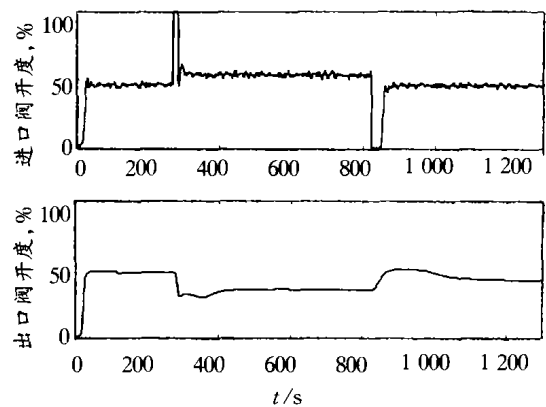


Fig. 6 Relationship for opening of valves with changing the set - point of pressure and flowrate

图 6 阀开度随压力和流量设定值变化关系

参 考 文 献

- [1] Kravaris C, Kantor J C. Geometric methods for nonlinear process control[J]. I and II. ind. engng. chem. res., **1990**, **29**: 2295 - 2303.
- [2] Patwardhan A A, Rawlings J B, Edgar T F. Nonlinear model predictive control[J]. Chem. eng. comm., **1990**, **87**:123 - 128.
- [3] Lee P L, Sullivan G R. Generic model control (GMC)[J]. Comput. chem. engng., **1988**, **12**:573 - 584.
- [4] Henson M A, Seborg D E. Adaptive nonlinear control of a pH neutralization process[J]. IEEE trans. on control systems tech., **1994**, **2**(3):169 - 175.
- [5] Clarke P T, MacGregor J F. Nonlinear adaptive temperature control of multi - product, semi - batch polymerization reactors [J]. Computers chem. engng., **1997**, **21**(12):1395 - 1404.
- [6] Hua X, Jutan A. Nonlinear inferential cascade control of exothermic fixed - bed reactors[J]. AIChE journal, **2000**, **46**(5):980 - 995.
- [7] Farza M, Busawon K, Hammour H. Simple nonlinear observers for on - line estimation of kinetics rates in bioreactors[J]. Automatica, **1998**, **34**(3):301 - 303.
- [8] Yamuna K R, Gangiah K. Adaptive generic model control: dual composition control of distillation[J]. AIChE journal, **1991**, **37**(11):1634 - 1642.
- [9] Zhu Z X, Jutan A. Model identification and optimal stochastic control of a multivariable pressure tank system[J]. Transaction of institution of chemical engineers, **1994**, **72**(A):64 - 77.

(Ed.: WYX, W)

(上接第 85 页)

- [6] Brian M. I2C Interfacing of the MSP430 to a 24xx series EEPROM[R]. Texas, U. S. A.: texas instruments incorporated, **2000**, **12**: 5 - 7.
- [7] WANG Shao - qing(王少卿), WANG Ren - huang(汪仁煌). Logic interface technic of low - loss microcontroller MSP430 about 3 V and 5 V hybrid system(低功耗 MSP430 单片机在 3 V 与 5 V 混合系统中的逻辑接口技术)[J]. Application of electronic technique(电子技术应用), **2002**, (10):16 - 17.
- [8] ZHANG Hong - run(张洪润), YI Tao(易涛). 单片机应用技术教程[M]. 北京:清华大学出版社, **2003**.

(Ed.: WYX, W)