

# 智能化压力仪设计的探讨

潘 敦 苏丽英 李炳坤

(电子工程系)

**摘要** 本智能化压力仪是以 MCS-48 系列8039 芯片为核心, 配合高精度压力传感器及适当的硬件电路、软件模块, 实现对多路流体压力量进行实时检测, 并通过键盘控制, 用户可自行设定多种检测方法, 及改变测量时间间隔, 选择压力表示单位和超界报警, 适应不同需要。

**关键词** 传感器, 智能化仪器, 多通路, 巡回检测, 键盘控制

## 0 前言

随着大规模集成电路及微处理器技术的迅速发展, 特别是单片微型计算机的出现和广泛应用, 使各种检测仪器趋向微型化和智能化。

目前, 在科学研究和工业生产中, 压力是经常需要测试和监视的参数。传统的测量方法是采用机械压力表、液柱式压力表、数字式压力表。这些传统测量方法都不能实现自动检测和自动控制, 对其改革已迫在眉睫。因此, 将单片微型计算机引入, 并配合高精度压力传感器, 设计新型的压力仪器, 实现对压力量的多路巡回检测、自检、自控、自动变换量程, 并能显示和打印实时压力值和超界自动报警。

## 1 系统的工作原理

本仪器的基本工作原理框图如图 1 所示。仪器采用电阻应变式压力传感器作为压力检测元件。压力传感器的压力感受膜, 膜片弹性体因受力的影响而发生几何变形, 粘贴在弹性体上的电阻应变片也随着发生电阻值的变化, 测量电桥并输出一个微弱的电压变化讯号。由压力传感器输出的电压信号, 经十六选一的多路转换开关 (CD4067 芯片) 后, 送入仪器放大器。当电压信号被放大到适合 A/D 转换电压量后再送 A/D 转换, 将模拟量转换成数字量, 然后由微机进行数值处理, 即线性校正和误差补偿, 以求得实时压力值; 另一方面, 用户通过键盘输入命令进行处理, 以实现多通道压力值的巡回检测, 确定通道、输出显示、打印, 以及设定各压力界限和超界报警, 同时输出各控制信号。

本文1990-09-28收到。

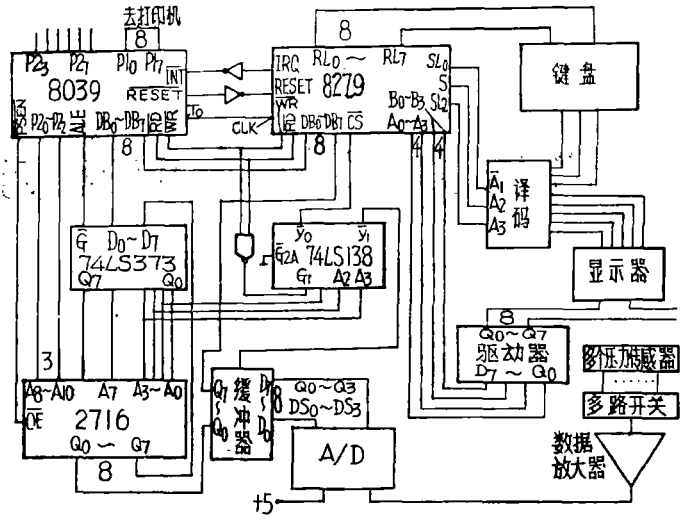


图 1 智能化压力仪原理图

2 硬件电路设计

智能化压力仪的硬件电路，按最小系统原则，尽量用软件替代硬件，同时要保证仪器的精度和灵敏度。按完成的功能可分为两大组成部分，即非数字部分和数字处理部分。整个系统的硬件电路可认为由测量和控制处理这两部分电路组成。其中，测量电路包括传感器、放大器和A/D转换器；控制处理电路包括以3039单片机为核心的主控部分，用8279芯片作为键盘/显示管理电路，以及电源和报警电路。

2.1 测量电路

由电阻应变式压力传感器将外界的流体压力变化，通过应变片转变为电阻变化，然后通过电桥转换为微弱的电压变化量，如图2(a)所示。

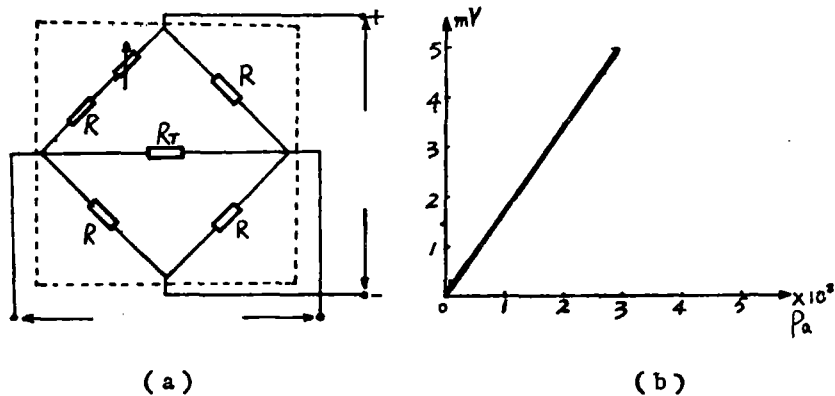


图2 压力传感器的等效电路(a)与特性(b)

为了达到多路巡回检测的目的，将此电压信号经十六选一开关送A/D转换器。而测量系

统的干扰和噪声往往又很大,因此要求生产过程检测及数据采集系统中的放大器,既能放大微弱的有用信号,又有较强的抗干扰能力。为减小串模干扰和提高共模抑制比,采用由3个 $\mu A741$ 运算放大器组成的仪器放大器,如图3所示。在理想情况下,图中 $A_1$ 和 $A_2$ 运算放大器的特性必须对称,但实际的运算放大器并非理想的,必须考虑共模信号 $\dot{U}_{cm}$ 的影响。

作为测量放大器,其主要功能是放大差模输入信号 $\dot{U}_d$ ,尽可能抑制共模信号 $\dot{U}_{cm}$ ,如图4所示,本设计令: $R_f = R_1$ ,  $\dot{U}_d$ ,  $\dot{U}_{cm}$ , 分别为输入信号和共模信号。

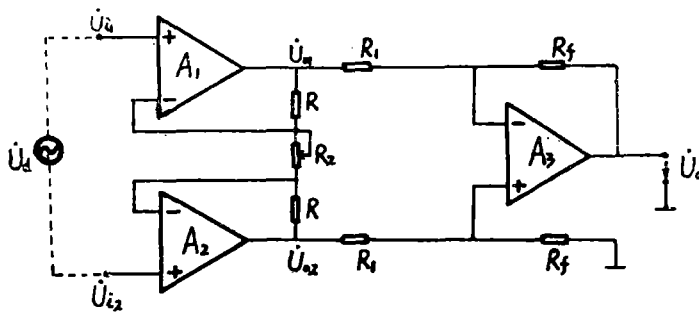


图3 对称式测量放大器 $\dot{U}_d = \dot{U}_{d1} - \dot{U}_{d2}$

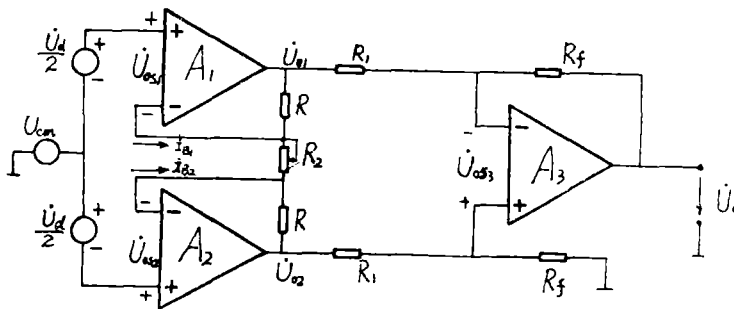


图4 考虑共模信号影响时的测量放大器

三个运算放大器不是理想的,存在失调电压、失调电流和基极电路不对称。先假设不考虑 $A_1$ - $A_3$ 运算放大器的失调电流和基极电流不对称,则由图可得

$$I_0 = \frac{\dot{U}_d - (\dot{U}_{0s1} - \dot{U}_{0s2})}{R_2} = \frac{\dot{U}_d - \Delta\dot{U}_{0s}}{R_2}, \quad (1)$$

$$\dot{U}_{01} - \dot{U}_{02} = I_0 (2R + R_2) = \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) (\dot{U}_d - \Delta\dot{U}_{0s}), \quad (2)$$

在输出端得输出电压

$$\dot{U}_0 = -(\dot{U}_{01} - \dot{U}_{02}) + 2\dot{U}_{0s3}, \quad (3)$$

将式(2)代入式(3),可得

$$\dot{U}_0 = -\left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) (\dot{U}_d - \Delta\dot{U}_{0s}) + 2\Delta\dot{U}_{0s3}. \quad (4)$$

实际运算放大器 $I_B$ 和 $I_{0s}$ 均不等于零。特别是输入级 $A_1$ 和 $A_2$ 的 $I_B$ 和 $I_{0s}$ 的存在会使电路工作产生误差。考虑了 $I_B$ 和 $I_{0s}$ 的影响,由图4可得

$$\begin{cases} I_{B1} = I_B + \Delta I_B, \\ I_{B2} = I_B - \Delta I_B, \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $I_B = (I_{B1} + I_{B2})/2$ ,  $\Delta I_B = (I_{B1} - I_{B2})/2$ .

虽然  $I_{B1}$  和  $I_{B2}$  存在, 但  $I_0$  不变,  $\dot{U}_{01}$  和  $\dot{U}_{02}$  之差为

$$\dot{U}_{01} - \dot{U}_{02} = 2R(\dot{I}_0 - \Delta \dot{I}_B) - \Delta \dot{U}_{0s} + \dot{U}_d, \quad (6)$$

输出电压为

$$\begin{aligned} \dot{U}_0 &= -(\dot{U}_{01} - \dot{U}_{02}) + 2\dot{U}_{0s3} \\ &= -(1 + \frac{2R}{R_2})(\dot{U}_d - \Delta \dot{U}_{0s}) + 2R\Delta \dot{I}_B + 2\dot{U}_{0s3} \end{aligned} \quad (7)$$

闭环差模增益  $K_f$  为

$$K_f = \frac{\partial \dot{U}_0}{\partial \dot{U}_d} = -(1 + \frac{2R}{R_2}). \quad (8)$$

由式(7)求得折算到输入端的温漂

$$\frac{1}{K_f} \frac{\partial \dot{U}_0}{\partial T} = -\frac{\partial \Delta \dot{U}_{0s}}{\partial T} + \frac{2R}{K_f} \frac{\partial \Delta \dot{I}_B}{\partial T}. \quad (9)$$

为了减小输入漂移电压, 选择元件应考虑: (1) 选择运算放大器  $A_1$  和  $A_2$  的特性应尽量接近, 并使  $\dot{U}_{0s1}$  和  $\dot{U}_{0s2}$  尽可能小,  $I_{B1}$  接近  $I_{B2}$ . (2) 可调电阻  $R_2$  尽量小, 以达到最大限度减小漂移电压.

考虑传感器厂家提供的传感器带有放大电路, 本仪器所采用的仪器放大器, 着重提高共模抑制比和减小温漂, 所采用电路实际调试得到零漂为  $-200\mu V$ .

流体压力变化是一个缓慢变化量, 本系统选用双积分式的  $3\frac{1}{2}$  A/D 转换器 (5G14433), 该片的基准电压

值为 2V 或 200mV. 电压量程为 1.999V 和 199.9mV 两档, 量程扩展通道外加控制电路实现. 它具有自动极性转换、超量程范围溢出信, 输出为 BCD 码. 根据 A/D (5G14433) 的特性, 在实际调试中, 使其输出长 2V.

## 2.2 控制与处理电路

如图 1 所示, 为缩小仪器的体积, 尽量减小硬件, 仪器的主控部分选用 MCS—48 系列的 8039 芯片, 其内部有 8 位的 cpu, 128 字节 RAM 一个定时器, 27 根 I/O 接口引线. 8039 片内不带程序存储器, 需要外接程序在存储器 EPROM2716, 它具有 2k 字节的存储容量. 如图 1 所示, 它是由 8039 的 BUS 总线, 通过 74LS373 锁存器进行分时控制. 74LS373 是边沿触发锁存器, BUS 总线传送的是 8 位地址信息和数据信息, 当 8039 的地址锁存允许信号 ALE 下跳沿时把 BUS 总线 8 位信息输入 74LS373 地址锁存器中, 74LS373 的输出端接至 EPROM2716 的  $A_0-A_7$ , 提

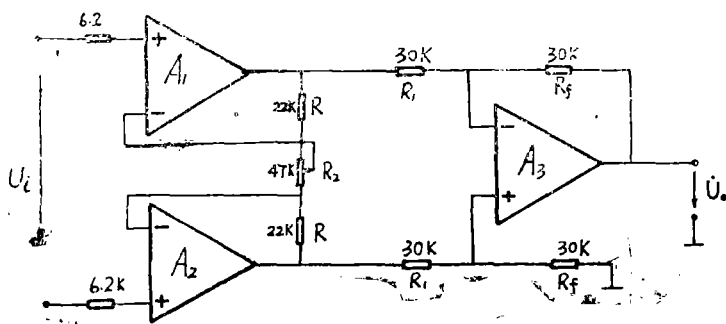


图5 测量放大器

供低8位的地址;另由P2口的P2<sub>9-2</sub>的信号线接2716的A<sub>8</sub>—A<sub>10</sub>,形成高三位的地址信息。8039的PSEN和2716的OE相连;当PSEN为低时送通并控制2716的信息输出,从而实现向程序存储器取信息。P2<sub>4</sub>为控制报警电路,P2<sub>5</sub>和P2<sub>6</sub>为选择单位的控制信号。8039的RD,WR,MT,TO,RESET信号线分别接至键盘/显示芯片8279的RD,WR,IRQ,CLK线。8279的时钟信号由MCS—8039的TO供给。其它各信号线不一一叙述。8039的DB<sub>0</sub>—DB<sub>7</sub>八条数据线分别接至74LS373的D<sub>0</sub>—D<sub>7</sub>和8279的DB<sub>0</sub>—DB<sub>7</sub>,以发送数据(或指令)给8279或接收8279和A/D转换器送来的数据。8039的P1<sub>0</sub>—P1<sub>7</sub>用于控制打印机。

### 2.3 键盘/显示部分

键盘/显示部分在智能化仪器中是人机对话的主要部分,要求能清楚地输出各种结果,并能随时可以更改执行任务,以及提出各种不同的要求。如果采用软件扫描法,则硬件可以简化到最小程度,但cpu的大部分时间浪费在显示和扫描键盘上。若cpu需要处理大量的数据时,就无法保证键盘和显示的功能。本仪器设计时考虑到需要多路巡回监测,必须进行大量的数据处理,所以就借助硬件电路来实现键盘的扫描译码和数据的输出显示,而使CPU有较多的时间去进行数据处理。选用8279可编程键盘/显示接口,它具有扫描键盘、消除抖动、按键互锁、键译码等功能,还有8个键码FIFO堆栈,供CPU读出,当有键按下时发出IRQ信号。可以扫描八个或十六个显示器,CPU可以一次写入所要显示的字符,然后由8279轮流扫描显示,这些功能均可由程序设定。本仪器设置0—9等十个数字键和十四个功能键,以便于用户根据不同条件提出不同的要求和不同的检测方法。

本仪器的测重范围为:0—300×10<sup>6</sup>P<sub>a</sub>。

## 3 软件功能及框图

在软件系统的设计中,首先要解决的是数据处理问题;一是传感器存在非线性问题的处理,另一问题是显示转换的数据处理。另外,还有电路漂移基数的扣除均通过软件实现数据处理来解决。

### 3.1 数据处理算法

(1)传感器的非线性数据处理:非线性的修正法,常用查表法及非线性特性逐段性拟合来解决。我们采用非线性逐段拟合方法、因为所采用的压阻式传感器非线性不是太大,可以用一个三次多项式来拟合。非线性修正公式为

$$P = K_1 U + K_2 U^2 + K_3 U^3, \quad (10)$$

式中, $U$ 为传感器的输出电压, $P$ 为被测压力; $K_1$ , $K_2$ 和 $K_3$ 为特性系数,根据标定数据用最小二乘法拟合而获得。

由传感器的输出电压,据式(10)可算出被测压力值。然而,直接利用式(10)在计算机内进行定点整数运算是不可行的,把式(10)改为

$$P = K_1 U \times 2^{m1}/2^{16} + K_2 (U \times U/2^{16}) \times 2^{m2}/2^{16} + K_3 \{ U [U \times U/2^{16}] (1/2^{16}) \} 2^{m3}/2^{16}, \quad (11)$$

其中

$$P = Q_p P, \quad U = Q_u U,$$

$$K_1 = 2^{16-m1} \times \frac{a_p}{a_u} k_1,$$

$$K_2 = 2^{32-m_2} \times \frac{a_p}{a_u} k_2,$$

$$K_3 = 2^{48-m_3} \times \frac{a_p}{a_u} k_3.$$

都是数字化以后的整数量,  $a_p$ 和 $a_u$ 为设计时确定的系数。 $m_1$ ,  $m_2$ 和 $m_3$ 是整数、并假设所有数字量都是双字节。这样处理后, 不存在连乘溢出问题, 拟合过程完全可以用定点运算, 运算速度较快, 其结果仍为双字节。

(2) 显示单位转换: 显示单位改变时, 显示的数值也随之变化。这是单位之间存在换算系数。这种数值上的变换通过微机来实现。

### 3.2 仪器的软件程序

为使仪器能正常地工作, 不仅硬件设计要合理且组成最小系统, 另一方面软件优化, 可以根据不同要求, 发出不同命令, 以达到各种控制的目的。本仪器的软件分为:

(1) 主监控程序: 监视整个系统的总流程, 具有总体协调的功能。包括初始化程序块、键分析, 处理程序块, 执行用户程序块、数据采集和数据处理程序块, 输出程序块。(2) 几个供调用的子程序: 包括调零子程序、自检子、程序、显示子程序、超限处理子程序、单位转换子程序、时间处理子程序、巡回检测或定通道检测子程序、自动或手动子程序等。

本系统软件的总流程框图如图6所示。

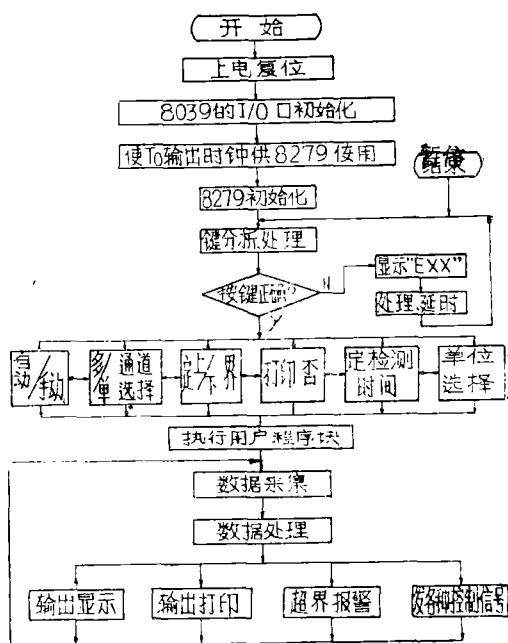


图6 智能化压力仪总流程图

## 4 结束语

本文对智能压力仪的机理及整机的硬件电路做了较详细的论述, 并对系统软件的主要功能模块作了简要说明, 经实际调试证明是可行的。但由于采用 $\mu A741$ 运算放大器组成的仪器放大器, 对零漂的抑制尚不够理想, 若改用高精度低零漂的FC72运算放大器代替之, 则抑制零漂的效果更好, 这有待于进一步改进和提高。

## 参 考 文 献

- [1] 侯伯文, 单片微型计算机原理及应用, 机械工业出版社, (1985)。
- [2] 徐爱卿等, 单片微型计算机及应用, 北京航空学院出版社, (1985)。
- [3] 姚志石等, MCS-48单片微机计算机实用子程序, 复旦大学出版社, (1986)。
- [4] 杨祥伦, 对数运算电路特性分析在“光洁度测量仪”中的应用, 自动化与仪器仪表, 4(1984)。
- [5] 许宜生, 自动检测仪表电子电路设计, 原子能出版社, (1986)。

## On the Design of an Intelligent Pressure Instrument

Pan Dun    Su Liying    Li Bingkun

( *Department of Electronic Engineering* )

**Abstract** The authors present an intelligent pressure instrument. It is composed of 8039 chip belonged to MCS-48 family as its kernel, a precision pressure sensor, a proper circuit, and software module. Real time detection on multipath fluid power quantities can be realized by this instrument. The users may design multiple detection methods, change time interval of detection, select units to denote pressure, and give transmarginal alarm for themselves by keyboard control.

**Key words** sensors, intelligent instrument, multipath, data logging, keyboard control