

基于MSP430单片机和神经网络的气体浓度检测仪

李广义, 张伟, 李民强, 刘锦淮

(中国科学院合肥智能机械研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要:研制出基于MSP430F149单片机和BP神经网络的新型便携式气体浓度检测仪。该仪器首次将单片机与人工神经网络相结合用于气体浓度检测,综合了单片机和人工神经网络的优点,克服了传统仪器气体传感器输出与气体浓度难以线性化等缺点。该仪器具有两种显示模式、声光报警、电压监测、LCD数字显示等功能,具有体积小、灵敏度高、响应时间短、便携、低功耗等特点,能方便实时地检测出现场气体浓度,具有很强的实用性。

关键词:MSP430 单片机;人工神经网络;便携式;浓度检测

中图分类号:TP216 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-1841(2006)02-0019-02

Gas Quantitative Detector Based on MSP430 and Artificial Neural Network

LI Guang-yi, ZHANG Wei, LI Min-qiang, LIU Jin-huai

(Hefei Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: A new portable gas quantitative detector is designed. The detector first combines the technology of single chip with the technology of artificial neural network, colligates the strongpoint of single chip and artificial neural network, overcomes the difficulty of linearization between gas sensor output and gas concentration. The detector has the functions of two display mode, sound and light alarm, inspect voltage, LCD display and the features of small size, high sensibility, short response, portable, low power etc. It can detect the gas concentration conveniently and in real time. It has high practicality.

Key words: MSP430 single chip; artificial neural network; portable; quantitative detection

0 引言

气体浓度检测仪的种类很多,一般利用传感器对已知气体浓度的线性响应进行定量分析^[1]。新型便携式气体浓度检测仪是将单片机技术与人工神经网络技术相结合用于对已知气体进行浓度检测。由于使用神经网络对传感器输出与气体浓度曲线进行训练,因而,无需线性化就可以更加真实准确地反映出气体浓度。该检测仪响应时间短,气体浓度分辨率可达到 1×10^{-6} ,体积小,重量轻,便于携带。

1 工作原理

系统采用MSP430F149单片机与BP人工神经网络相结合的方法对气体浓度进行检测。所用传感器为非加热型半导体气体传感器。由于单片机运算速度及存储空间限制,人工神经网络的学习、训练、识别等全过程不可能全在单片机中运行。因而,将传感器对气体浓度的响应曲线用BP神经网络在PC机中由Matlab软件进行训练。其中,BP神经网络采用1-3-1结构。一个输入层,用以输入传感器对气体浓度的响应电压值;隐层3个神经元,根据经验及内存空间选取合适值;一个输出层,用以输出被测气体的浓度值。隐层激活函数采用tansig,输出层激活函数采用purelin。训练结束后,将得到如下信息:

W1[3]—输入层到隐含层神经元的连接权值;W2[3]—隐含层到输出层神经元的连接权值;b1[3]—隐含层偏置;b2—输出层偏置。

基金项目:国家863计划资助项目(2004AA302030);国家十五科技攻关计划项目资助

收稿日期:2005-08-23 **收修改稿日期:**2005-09-15

在得到以上神经网络的重要参数后,就可以编写神经网络计算软件并将其嵌入到MSP430单片机中。在编写神经网络计算软件中,需要用到以下公式:^[2-3]

$$a_1[i] = f_1(W_1[i] \cdot x + b_1[i]) \quad (1)$$

$$a_2 = f_2\left(\sum_{i=1}^3 W_2[i] \cdot a[i] + b_2\right) \quad (2)$$

式中: $a_1[i]$ 为隐含层神经元输出; x 为输入电压值; a_2 为神经网络输出,即气体浓度值;函数 $f_1(\quad)$ 、 $f_2(\quad)$ 分别为隐含层激活函数tansig: $a = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1$ 和输出层激活函数purelin: $a = n$ 。

通过以上方法,就可以将单片机与神经网络结合在一起。MSP430单片机通过内部A/D转换模块将气体传感器输出的电压值送入神经网络计算子程序即可得到对应的气体浓度值。最终可将气体浓度值以两种模式($\times 10^{-6}$ 或百分比)显示在6位LCD显示屏上。当浓度超过设定值时,即可启动声光报警功能。当电池电压不足时将启动电压不足报警功能。

2 系统结构及硬件设计

2.1 系统结构

系统以MSP430F149单片机为核心,由非加热型半导体气体传感器模块、电源模块、电压监测模块、液晶显示模块、键盘模块、声光报警模块及JTAG等组成。系统结构框图如图1所示。

2.2 各模块原理及硬件实现

MSP430F149单片机为16位RISC结构;具有60K ROM,2K RAM;有多种节能模式,丰富的片内外围模块,灵活的时钟系统等诸多优点。^[4]采用4MHz的时钟晶振,片内外围模块使用了16位定时器Timer-A、模数转换器ADC12、比较器Comparator-A等。

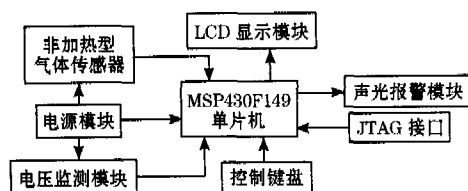


图1 系统构成示意图

液晶显示部分采用 LCM06XK 液晶模块,可显示 6 位数字。其中,最后一位用作显示模式位。当显示浓度为 $\times 10^{-6}$ 方式时,最后一位显示 P;当显示浓度为百分比方式时,最后一位显示 b。液晶模块的数据输入/输出、数据/指令写入控制、片选 3 个引脚分别由单片机的 P3.5、P3.6、P3.7 控制。

传感器是决定检测仪精度的关键元件。传感器的选择主要依据工作环境、测量精度、线性度、互换性、灵敏度、响应速度、稳定性、功耗、体积大小以及易于与 MCU 接口等。选用的传感器为非加热半导体气体传感器,是近年来出现的新型传感器。它采用纳米级 SnO_2 进行合理的半导体掺杂,以微珠结构制成的非加热、低功耗、高度灵敏的可燃气体传感器。其最突出的特点是不用加热,因此具有功耗小、工艺结构简单、成本低、灵敏度稳定、寿命长、应用电路简单等优点。^[5]该传感器工作电压为 6V,传感器的输出 V_o 与单片机的模数转换器 ADC12 模拟输入通道 A0 相连,由于传感器的输出电压为 0~4V,因此不需要放大电路。其测试电路如图 2 所示。

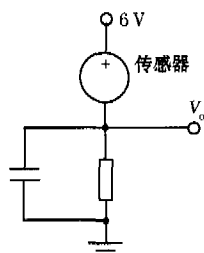


图2 非加热半导体传感器测试电路

电源模块由 9V 转 3.3V 和 9V 转 6V 两部分组成。仪器由直流 9V 电池供电。直流 3.3V 电源由 TPS76333 芯片完成,为单片机、液晶显示、键盘、声光报警、JTAG 等模块供电;直流 6V 电源由 L7806CV 芯片完成,作为传感器的工作电压。

键盘模块由 4 个键组成,采用独立按键式键盘。^[6]其中 3 个键分别与单片机的 P1.0、P1.1、P1.2 引脚相连,软件采用中断方式。其功能分别为浓度显示模式转换、关闭声光报警、上电清除复位(PUC)。另一按键作为电源开关。

电压监测模块用来监测 9V 电源电压。其原理是将 9V 电压分压后与 MSP430 单片机的 P2.3 比较器 Comparator-A 输入脚相连。当电源电压低于设定电压时,将启动电源电压不足报警功能。该仪器设定电压为 6.6V。

声光报警部分包括气体浓度报警和电源电压不足报警。JTAG 接口用来对单片机进行在线编程。

3 系统软件设计

3.1 软件程序设计

系统软件由主控程序,5 个初始化子程序,10 个功能子程序组成。5 个初始化子程序分别是:单片机时钟初始化子程序、单片机 I/O 端口初始化子程序、单片机模数转换器 ADC12 初始

化子程序、单片机比较器 A 初始化子程序和液晶显示模块初始化子程序。10 个功能子程序分别是:BP 神经网络计算子程序、浓度报警子程序、电压不足报警子程序、判键子程序、查键子程序、键盘处理子程序、延时子程序、LCD 写命令子程序、LCD 写数据子程序(2 个)和 LCD 显示子程序。软件中多数功能子程序采用中断处理方式。主控程序流程图如图 3 所示。

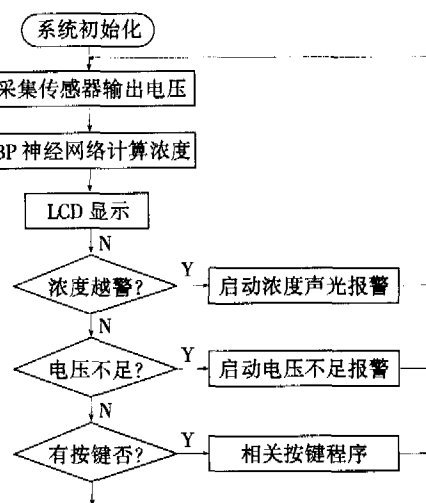


图3 系统主控程序流程图

3.2 软件特点

系统软件采用模块化结构程序设计方法设计,充分发挥了 MSP430 单片机丰富的片内外围模块的特点,使仪器的硬件电路大大简化。因而,仪器的稳定性和灵活性更强。

系统全部程序采用 C 语言编写,易于调试和维护,且具有运行速度快、执行效率高、便于移植等特点。软件的开发环境为 IAR Embedded Workbench v3.10A。

4 结束语

便携式气体浓度检测仪具有电路简单、精度高、体积小(8cm×6cm)、响应时间短、性能稳定等特点。经过对乙醇气体实验测试,仪器的平均测量误差小于 4%。该仪器在工业安全、环境保护等各行业有很高的实用价值。

参考文献:

- [1] 沈悦,梁坚,胡真,等.智能气体识别仪的研究.仪器仪表学报,1998,19(1):41-44.
- [2] 丛爽.面向 MATLAB 工具箱的神经网络理论与应用.合肥:中国科学技术大学出版社,1998.
- [3] 楼顺天,施阳.基于 MATLAB 的系统分析与设计——神经网络.西安:西安电子科技大学出版社,1998.
- [4] 胡大可.MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机.北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [5] 吉学文.新型非加热半导体甲烷传感器——TP-1.1A.今日电子,2003(6):46-46.
- [6] 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.

作者简介:李广义,(1980—),研究生,主要研究方向为检测技术及自动化装置。