

# LONWORKS 总线式有毒气体智能仪表的研制

史雪飞 胡纪五

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)

**摘要** 介绍了一种基于 LONWORKS 总线的有毒气体智能仪表的工作原理、硬件电路设计和软件设计。这种智能仪表不仅具有显示、报警的功能,而且可以和 LONWORKS 总线或者其他 LONWORKS 总线智能仪表进行通信。另外,该仪表还增加了用软件实现温度补偿和零点补偿的功能。

**关键词** LONWORKS 总线 神经元芯片 智能节点 有毒气体检测

## Research and development of toxic gas intelligent instrument based on LONWORKS

Shi Xuefei Hu Jiwu

(Information Engineering School, University of Science & Technology Beijing Beijing 100083)

**Abstract** To introduce a kind of toxic gas detection intelligent instrument based on LONWORKS, including its functional principle, hardware circuit and software design. This apparatus not only has display and alarm functions but also can communicate with bus or other instruments based on LONWORKS. In addition, its software adds temperature and zero drift compensation.

**Key words** LONWORKS; neuron chip; intelligent node; toxic gas detection

### 0 前言

冶金、化工、采矿等领域存在着大量的有毒气体(例如 CO 和 SO<sub>2</sub>),给人身安全和正常生产带来极大威胁,必须对其进行监测与控制。但常规气体检测仪通常只具有就地显示、越限报警的功能,不能进行远距离传送;而且大多数检测仪是基于 DCS 控制系统的配套仪表,不能用于目前发展较快的现场总线控制系统中。因此一种总线式气体检测智能仪表的研制就显得较为迫切。

现场总线控制系统是以现场总线为纽带,由挂接在总线上的相关网络仪表组成的自动化系统,能够实现基本控制、补偿计算、报警、显示等多项功能。这是一项以智能仪表、计算机、数字通信、网络为主要内容的综合技术。它打破了传统控制系统的结构形式,是目前工业控制系统发展的趋势,其中现场智能设备(即智能节点)是导致控制系统体系结构发生根本性变化的关键因素。LONWORKS 现场总线是美国 Echelon 公司推出的,因为它独具的技术特点近年来发展较为突出。神经元芯片(Neuron Chip)是它的技术核心,同时也是 LONWORKS 总线式智能仪表的心

脏。本文介绍的就是以神经元芯片为核心的总线式有毒气体检测智能仪表,其中包括智能仪表的工作原理、硬件电路设计以及软件设计。

### 1 总线式气体智能仪表的工作原理

该智能仪表主要由气体传感器、放大电路、A/D 转换和 LONWORKS 总线的技术核心——Neuron 芯片以及收发器组成。智能仪表的基本组成和工作原理如图 1 所示。

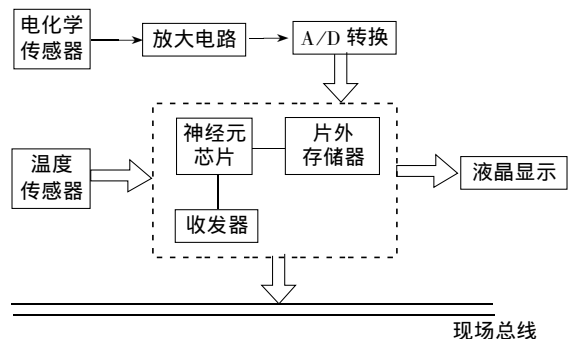


图 1 LONWORKS 气体检测智能仪表原理图

有毒气体经由电化学传感器的透气膜后,在传感器内部电解液的作用下,发生电离,产生与浓度有关的电信号,此微弱电信号经过放大电路的

处理后送给 A/D 转换器,将模拟信号转换为数字信号。经 A/D 转换后的数字信号送入芯片进行各种处理,例如,工程量转换、温度补偿、零点漂移补偿等。

由于检测气体的电化学传感器会受到温度变化的影响,因此专门设计了温度补偿的功能。对仪表的温度补偿通常有硬件补偿和软件补偿两种方法。目前大都采用软件补偿。具体办法是:在确定传感器随温度变化的特性后,通过数字式温度传感器(DS1820 芯片)采集到环境温度,它的信号输出直接为数字量,不需要进行 A/D 转换,就可以送往神经元芯片进行后续处理,即根据传感器的温度特性,用软件的方法对测量值进行修正,消除由于环境温度的变化给测量带来的误差。

经过处理的数值既可送往液晶显示单元就地显示一定环境下的气体浓度值,也可通过通信接口转换为串行数字信号送往现场总线。当气体浓度值超过规定的安全值时,蜂鸣器立即发出报警信号。

智能仪表的核心 Neuron 芯片不仅有控制功能,而且有通信功能。它可以通过其固有的通信接口实现与外界的通信。因此基于 LONWORKS 总线的这种智能仪表可以向总线上发送测量及报警信息,收发器可以起到通信接口的作用。

## 2 硬件电路的设计

智能仪表的核心——Neuron 芯片有 11 个双向、可编程 I/O 口(管脚 IO\_0 至 IO\_10)。这些 I/O 口可根据需求不同,灵活选择接口方式,实现与外围设备的连接。另外,Neuron 芯片有 34 个预编程的操作模式(即 I/O 对象),支持电平、脉冲、频率等各种信号,可以实现有效的测量和控制。但是在实现 I/O 之前必须首先说明用以监测和控制 11 个 I/O 管脚的 I/O 对象。说明一个 I/O 对象就是定义在哪个或哪几个管脚上将实现什么类型的 I/O 对象操作。每次当 Neuron 芯片复位时,芯片内的硬件依据这些说明对 I/O 口做相应的配置。本文涉及到的 I/O 对象主要有 Neurowire I/O 对象和 Touch I/O 对象,前者主要用于传送全同步串行数据,一次传输 8 位,首先是最高有效位;后者主要用于与 Dallas 半导体公司开发的 One-Wire 协议接口,以便与触摸式存储器(Touch Memories)和相似的设备通信(本文提到的 DS1820 芯片就属于 One-Wire 设备)。正是因

为 Neuron 芯片的这些 I/O 对象,使得智能仪表的各部分硬件电路较容易实现。

### 2.1 信号转换、采集和 A/D 转换部分电路设计

智能仪表采用了国外先进的电化学传感器,这种传感器体积小、重量轻,具有较高的灵敏度,是目前比较理想的测量有毒气体的传感器。通过电化学传感器将有毒气体的浓度转换成微弱电信号,经过放大电路(主要由 MAX494 四运算放大器组成)处理送入 MAX187 A/D 转换器,转换后的数字信号送入 Neuron 芯片。

MAX187 芯片是串行 12 位模数变换器(ADC),由一个  $8.5 \mu\text{s}$  逐步逼近数模变换器(DAC)、一个快速跟踪/保持电路,以及一个在片时钟及高速 3 线串行接口组成。它可以采用外部基准电压或者内部基准电压,在这里 MAX187 采用了内部基准电压。MAX187 芯片的片选信号线接到已定义的 Neuron 位 I/O 对象 IO\_0,时钟信号线接至 Neurowire I/O 对象中的时钟输出 IO\_8 数据输出线和 Neurowire I/O 对象中的数据输入管脚 IO\_10 相连。MAX187 芯片先发最高有效位 MSB;Neuron 芯片读取 12 位数字量时要进行相应的移位处理。

### 2.2 温度补偿硬件电路设计

我们选用美国 Dallas 公司的 One-Wire 数字温度传感器 DS1820 芯片来采集环境温度,从而实现对气体浓度值的温度补偿。它可以直接把温度信号转换成 9 位数字量,温度的转换可以在 1 s 内完成,其测量范围是  $-55 \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ ,精度可以达到  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。DS1820 芯片只通过一根数据线就能实现与微处理器的通信,接至 Neuron 芯片的 IO\_3。

IO\_3 定义为 Touch I/O 对象,对于 DS1820 芯片工作时所需要的一系列初始化序列,Touch I/O 对象有相应的内部函数支持,所以使用起来非常方便。实验表明,DS1820 芯片的使用很好地完成了温度补偿的任务。

### 2.3 显示单元硬件电路设计

显示单元采用了液晶显示模块 LCM103。LCM103 为 10 位多功能 8 段式液晶显示模块,内含看门狗/时钟发生器,两种频率的蜂鸣驱动电路,具有低功耗特性。这部分同样使用了 Neurowire I/O 对象,LCM103 模块的 /WR 管脚和 Neurowire I/O 的时钟信号 IO\_8 相连,DATA

管脚与 Neurowire I/O 对象中的数据输出线 IO\_9 连接,IO\_1 是位 I/O 对象,作为 LCM 103 模块的片选信号。模块还接有蜂鸣器,可以实现报警功能。

### 3 软件设计

Neuron 芯片的编程语言为 Neuron C 语言。它是从 ANSI C 中派生出来的,并对 ANSI C 进行了删减和增补,例如,Neuron C 是由事件的发生来驱动任务的执行;Neuron 芯片提供了两种类型的软件计时器,毫秒和秒计时器。气体检测智能仪表的软件包括主程序及 A/D 转换子程序、工程量转换子程序、温度补偿子程序、零点漂移子程序、显示子程序等。

#### 3.1 主程序设计

主程序流程图如图 2 所示。它主要完成的任务有:首先是对 I/O 对象和软件计时器的定义以及设置软件计时器初始值(A/D 转换、工程量转换等一系列子程序的运行周期),并启动计时器开

始计时;当计时器终止时,Neuron 芯片接受 MAX187 的数字信号,对它进行工程量转换,这时启动 DS1820 芯片开始工作,并保存所测得的环境温度,根据温度修正公式对浓度值进行温度补偿;扣除零对应的输出值之后,将浓度值赋予程序中已定义的网络变量,由网络变量把浓度值送往总线;同时对浓度值进行判断,若大于安全设定值,智能仪表发出报警信号,按下“关蜂鸣”键,即可消除报警信号。

#### 3.2 温度补偿软件设计

温度补偿子程序的流程图如图 3 所示。这部分完成温度的检测和对浓度值的相应修正。首先根据厂家在传感器出厂前标定的温度特性实验数据,用最小二乘法拟合出 CO 电化学传感器的温度特性——一个近似的多项式:

$$Y = -0.000\ 088 X^2 + 0.009\ 612X + 0.835\ 393$$

式中  $X$  为环境温度值; $Y$  为该环境温度下浓度测量值与 20℃时浓度值的百分比。然后在测得环境温度后,根据这个多项式对测量值进行修正,即

温度补偿后的显示值 = 测量值/Y。

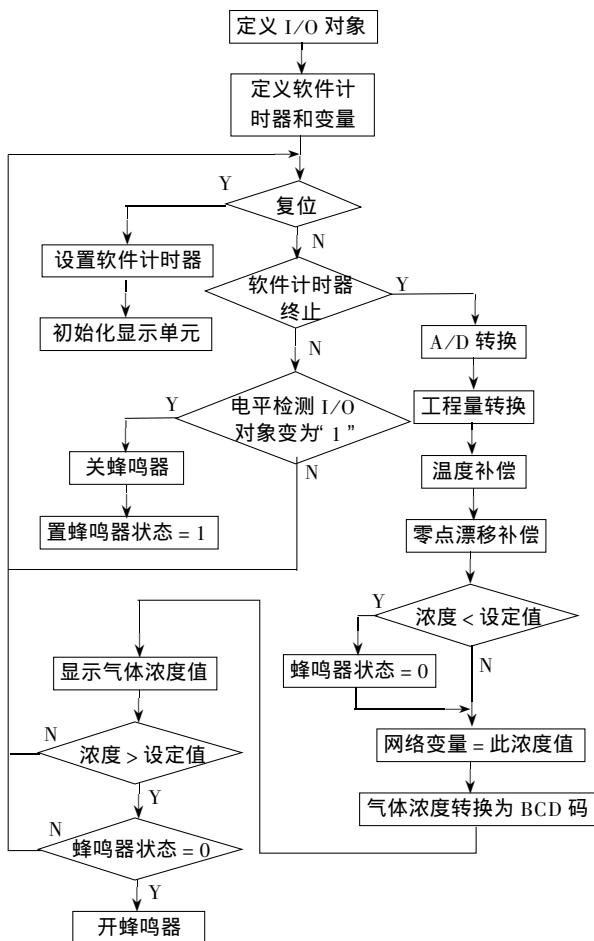


图 2 主程序流程图

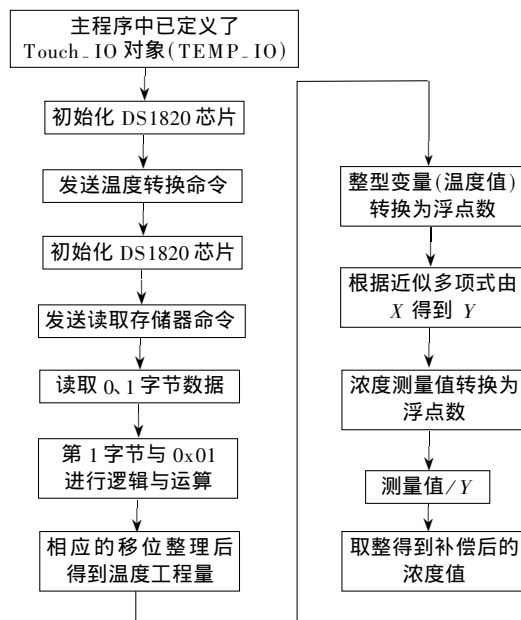


图 3 温度补偿流程图

### 4 硬件和软件调试运行及实验测试结果

应用 LONWORKS 节点开发工具 Node-Builder 进行硬件和软件联调,并在实验室和现场进行多次测试,仪表运行可靠,达到设计要求。其中温度补偿和仪表总体性能的实验测试结果如表

1、2 所示。

表 1 温度补偿实验测试结果 (浓度为  $200 \times 10^{-6}$ )

环境温度/ ℃	未补偿的 显示值/ $\times 10^{-6}$	未补偿 的误差	补偿后的 显示值/ $\times 10^{-6}$	补偿后 的误差
0	167	16.4%	198	1%
10	184	8.2%	197	1.5%
20	199	0.5%	201	0.5%
30	209	4.5%	198	1%
40	215	7.3%	197	1.5%
50	220	10%	199	0.5%

注 本实验直接采用电化学传感器标准浓度对应的模拟输出信号,故表中的实验数据不包含传感器除温度误差外的其他误差。

从表 1 可以看出,未进行温度补偿时的最大误差为 16.4%,补偿后的最大误差为 1.5%,由此可见用软件进行温度补偿的效果良好。

表 2 仪表总体性能实验测试结果  
(报警设定值为  $50 \times 10^{-6}$ )

测量次数	标准气体浓度/ $\times 10^{-6}$	仪表显示值/ $\times 10^{-6}$	响应时间/s
1	117	112	36
2	117	114	37
3	305	299	41
4	305	293	40
5	956	980	48
6	956	986	49

由表 2 可以得到仪表的最大测量误差为  $\frac{986-956}{1000-0} \times 100\% = 3\%$ ,符合国家标准 ( $< 10\%$ ),最大响应时间为 49 s(国家标准为  $< 60$  s)。另外,它可实现零点漂移补偿、毒气浓度超限报警及数据通信等功能。

## 5 结束语

研究证明 LONWORKS 总线式气体智能仪表不仅可以就地显示有毒气体的浓度值,用软件实现温度补偿和零点漂移补偿等功能,还可以与现场总线控制系统配套使用,向总线上发送气体浓度测量数据和报警信息,这样就能够远距离、更好地监测危险场所,做到防患于未然。

## 参 考 文 献

- 1 陈润泰,许 琨.检测技术与智能仪表.长沙:中南工业大学出版社,1995.93~108
- 2 徐昌荣.现场总线控制系统体系结构及功能描述.自动化博览,1999,16(4):3~6
- 3 陆 阳,韩江洪.关于总线式智能传感器的研究.仪表技术与传感器,1997,(3):16~19
- 4 阳宪惠.现场总线技术及其应用.北京:清华大学出版社,1999.198~212

(编辑 魏衡江)