

应用技术

数字滤波算法在甲醛快速监测仪中的应用

张亚勇, 安 源, 赵 辉, 杨建华, 周玉成

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 在甲醛快速监测仪中, 信号的采集与处理是一个相当关键的环节。为了取得正确的检测数据和测量结果, 必须采取简单而有效的方法, 消除被测信号中的噪音和干扰。本文着重介绍单片机系统中几种实用的数字滤波算法, 并讲解甲醛快速监测仪中所采用的数字滤波算法。

关键词: 甲醛快速监测; 随机误差; 数字滤波; 算法

中图分类号: TS6; X830. 2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2006)06-0036-03

Application of Digital Filter Algorithms for a Fast Acting Formaldehyde Monitoring Device

ZHANG Ya-yong, AN Yuan, ZHAO Hui, YANG Jian-hua, ZHOU Yu-cheng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: For a quick acting formaldehyde monitoring device, signal collection and processing is a critical step in the detection system. In order to achieve accurate detection datum and results, efficient and effective methods must be adopted to eliminate noise and interference. This paper emphasizes some digital-filtering algorithms in a microchip system, and also illustrates the program applied in this quick acting formaldehyde monitoring device.

Key words: rapid monitoring of formaldehyde; random deviation; digital filter; algorithms

近年来, 人造板已成为我国主要的室内装饰装修材料之一, 而人造板大多存在游离甲醛释放问题, 因此, 加强对建筑及室内装饰材料中挥发性有害物质监测, 保障居住环境的质量尤为重要。为此, 笔者开发了基于单片机的甲醛快速监测仪, 可适用于公众场合环境(例如家庭)的实时监测, 并具有超限报警功能; 也可以用于工厂车间的实时监测, 帮助工程技术人员分析与预测产品的挥发物情况; 还可以进行系统扩展, 形成计算机网络体系。

等多项功能的完整系统。其硬件结构如图 1 所示。

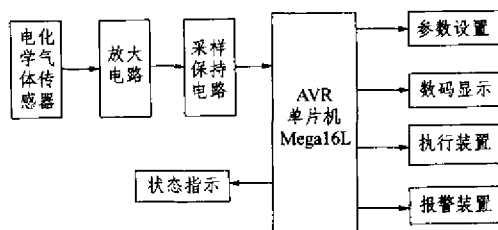


图 1 系统硬件结构框图

Fig. 1 Hardware block diagram structure for a monitoring system

1 甲醛快速监测仪的系统硬件结构

系统以 AVR 单片机 Mega16L 为核心, 组成一个具备甲醛数据采集、结果显示、报警输出、对象控制

甲醛快速监测仪的关键部分是电化学气体传感器模拟信号的采集。而模拟信号中经常含有多种随机干扰, 引起随机误差, 表现为采集数值跳动较大, 并作无规则变化而无法预测。为克服随机干扰引入的误差, 笔者采用了对原始数据进行数字滤波处理的方法, 即通过一定的计算和判别程序, 减少输入信号中

收稿日期: 2005-11-25; 修改稿: 2006-10-13

基金项目: 农业科技成果转化项目(04EFN216700338)“林产品有机挥发物检测技术示范”。

作者简介: 张亚勇(1980—), 男, 中国林科院木材工业研究所, 硕士。

的干扰成分,提高有用信号在采样值中所占比例^[1]。

2 数字滤波算法的种类及基本原理

采用数字滤波算法克服随机干扰引入的误差,具有以下优点^[2]:1) 数字滤波无需硬件,只用一个计算过程,可靠性高,不存在阻抗匹配问题;2) 数字滤波用软件算法实现,多输入通道可共用一个软件滤波器,从而降低系统开支;3) 只需适当改变软件滤波器的滤波程序或运算参数,即可方便地改变其滤波特性。常用的数字滤波器算法有如下几种。

1) 程序判断法:又称限幅滤波法,其方法是把 2 次相邻的采样值相减,求出增量(以绝对值表示),然后与 2 次采样允许的最大差值 ΔY 进行比较。若小于或等于 ΔY ,则取本次采样值;若大于 ΔY ,则取上次采样值作为本次采样值。其数学模型是:

$$|y_n - y_{n-1}| \leq \Delta Y, \text{ 则 } y_n \text{ 有效}$$

$$|y_n - y_{n-1}| > \Delta Y, \text{ 则 } y_{n-1} \text{ 有效}$$

式中: y_n —第 n 次采样值; y_{n-1} —第 $(n-1)$ 次采样值; ΔY —相邻 2 次采样值允许的最大偏差,视被测对象的具体情况而定。

2) 中值滤波法:对某一参数连续采样 N 次(一般 N 为奇数),将 N 次采样值按升序或降序排列,取中间值作为采样值。在排序时可采用冒泡算法^[3]。该法比较适于去掉由偶然因素引起的波动,或采样器不稳定而引起的脉动干扰。

3) 算术平均滤波法:对连续取 N 次采样值进行算术平均,其数学模型是:

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

式中: $\bar{Y}$ — N 个采样值的算术平均值; y_i —第 i 个采样值; N —采样次数。

4) 加权平均滤波法:对连续 N 次采样值分别乘以不同的加权系数后,再求累加和。其数学模型是:

$$\bar{Y} = \sum_{i=0}^{N-1} C_i y_{(N-i)}$$

式中: $\bar{Y}$ — N 个采样值的加权平均值; $y_{(N-i)}$ —第 $(N-i)$ 次采样值; N —采样次数; C_i —加权系数, $0 \leq C_i \leq 1$, $\sum_{i=0}^{N-1} C_i = 1$ 。

加权系数 C_i 体现了各种采样值在平均值中所占的比例。一般来说,采样次数愈靠后,取的比例愈大,这样可增加新的采样值在平均值中的比重。各个加权系数均为 <1 的数,且满足总和 $=1$ 的条件。加权运算的累加和即为有效采样值。为方便计算,可取各

加权系数均为整数,且总和为 256,加权运算后的累加和除以 256 便是有效采样值^[4]。

5) 滑动平均滤波法:是改进型的算术平均值滤波法或加权平均值滤波法,只采样一次,将此次的采样值和过去的若干次采样值一起求平均值,得到的有效采样值即可投入使用。并且每采样一个新的数据,即将最初采样的数据丢弃,保持这 N 个数据始终最新。这种数据存放方式可以用环形队列结构实现^[5]。

6) 去极值平均滤波法:在脉冲干扰较严重的场合,如采用一般的平均值法,则干扰将会平均到结果中去,不易消除由干扰引起的误差。为此,可去掉 N 个数据中的最大值和最小值,计算 $(N-2)$ 个数据的平均值,即为去极值平均滤波法。其数学模型是:

$$\text{若 } y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_N, \text{ 其中 } 3 \leq N \leq 14$$

$$\text{则 } \bar{Y} = (y_2 + y_3 + \dots + y_{N-1}) / (N-2)$$

式中: $\bar{Y}$ — $(N-2)$ 个采样值的平均值; y_i —第 i 次采样值; N —采样次数。

7) 低通滤波法:将普通硬件 RC 低通滤波器的微分方程用差分方程来表示,便可以用软件算法来模拟硬件滤波的功能^[6]。其数学模型是:

$$Y_n = a \cdot X_n + (1-a) \cdot Y_{n-1}$$

式中: a —滤波系数,其值通常远小于 1; X_n —本次采集值; Y_{n-1} —上次的滤波输出值; Y_n —本次滤波的输出值。

3 甲醛快速检测仪中的数字滤波算法

甲醛快速检测仪采集的是室内空气中的甲醛含量,即微处理器接收电化学气体传感器发送的模拟信号,将其转化成数字量显示在显示模块上。系统设定每隔 2 min 采集一次甲醛含量。在系统没有采用数字滤波算法时,得到的系统曲线如图 2 所示,可看出系统曲线毛刺较多,随机干扰较大,故考虑对系统应用数字滤波算法。

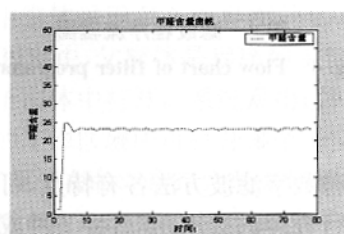


图 2 滤波前的系统曲线

Fig. 2 System curve before filtering

由于室内空气中的甲醛含量一般保持稳定,属于变化比较缓慢的数据量,比较适合采用程序判断滤波

算法和算术平均值滤波算法等多种算法。考虑到系统要求的精度和微处理器的运算能力,故采用复合滤波算法,即程序判断滤波和滑动平均滤波相结合的算法。数字滤波处理后的系统曲线如图3所示,可以看出数据精度提高,曲线变化平滑,符合系统要求。

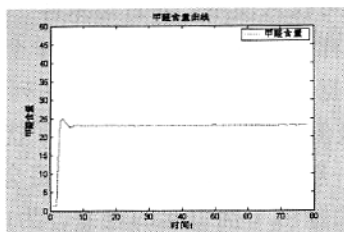


图3 滤波后的系统曲线

Fig. 3 System curve after filtering

滤波程序采用 AVR 单片机的 C 语言,在 ICC AVR 6.31A 中编写,在 AVR Studio 4.11 中仿真调试^[7-10]。在每次采集新的数据时,首先采用程序判断滤波算法得到本次采样的有效值,然后将其存放到环形队列 Value 数组中,保持 N 个最新的数据,然后再进行滑动平均滤波。滤波程序流程如图4所示。

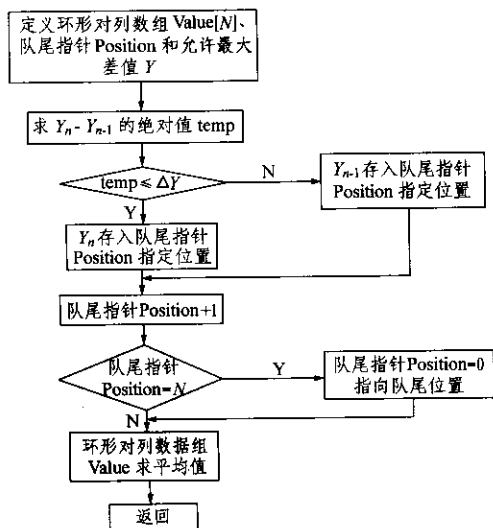


图4 滤波程序流程图

Fig. 4 Flow chart of filter programme

4 总结

以上几种数字滤波方法各有特点,可根据具体的测量参数进行合理的选用;亦可将2种或2种以上不同滤波功能的数字滤波器组合,形成复合数字滤波器,以进一步提高滤波效果。总之,用数字滤波方法实现抗干扰,需要硬件投资少,精度高,程序修改方便,通用性强,可靠性高,其优点在甲醛快速监测仪中得到了很好的体现。

参考文献:

- [1] 周玉成,程放.一类含不确定因素的非线性系统鲁棒跟踪[J].林业科学,2003,39(2):130-136.
- [2] 赵毅,牟同升,沈小丽.单片机系统中数字滤波的算法[J].电测与仪表,2001,38(426):5-8.
- [3] 何立民.单片机高级教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2000:275-278.
- [4] 何宏,童锡骏,安源.对单片机检测系统中数字滤波的研究[J].天津理工学院学报,2002,18(3):13-15.
- [5] 洪滨,周莉,陆宏东.单片机嵌入式系统软件容错设计[J].工矿自动化,2002(1):29-31.
- [6] 黄文兰,迟鲲,周细.单片机应用系统的软件抗干扰技术[J].计算机应用,1994(1):20-22.
- [7] Atmel Technology. AVR atmega16/16L datasheet[Z]. Atmel Corporation,2004.
- [8] Atmel Technology. AVR instruction set[Z]. Atmel Corporation,1999.
- [9] 吴双力,崔剑,王伯岭. AVR-GCC 与 AVR 单片机 C 语言开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004:10.
- [10] Atmel Technology. ATMEL development tools user guide[Z]. Atmel Corporation,1998.

(责任编辑 向 琴)

学会简讯

征 文

著名木材工业专家,我国木材工业主要奠基人、开拓者之一,王恺老先生与世长辞了。他把毕生的精力都献给了我国的木材工业事业,他热爱祖国、热爱科学、献身林业、奋斗不息的精神,以及对科学的执著追求、严谨的治学态度和一丝不苟、注重实践的工作作风,永远是我们学习的楷模。

中国林学会木材工业分会现征集回忆王恺先生的文章,以及王恺先生生前的照片、讲话录音等各种资料,我们将整理后适时编辑发表,以缅怀王恺先生为我国木材工业奋斗的一生,并激励本行业广大科技工作者为开创我国的木材工业而努力奋斗、拼搏。

来稿请寄:

地址: 北京颐和园后中国林科院木材所 517 室
中国林学会木材工业分会秘书处

邮编: 100091

Email: mgxh@caf. ac. cn

电话/传真: 010-62889018