

文章编号:1004-9037(2007)01-0121-06

# 基于 AT89C52 的光离子化信号数据采集系统

张 骖<sup>1,2</sup> 魏庆农<sup>1</sup> 张 伟<sup>1</sup> 彭夫敏<sup>1</sup>

(1. 中国科学院安徽光学精密机械研究所环境光学与技术重点实验室,合肥,230031;

2. 炮兵学院信息工程系,合肥,230039)

**摘要:**根据微弱光离子化信号的检测需要,开发出一种光离子化信号数据采集与处理系统。利用AD7710在微小信号测试方面的优势,以AT89C52为主控对硬件系统的组成和结构进行了设计,实现了电压信号的数据采集与A/D转换、数码显示和数据串口发送。软件系统采用模块化设计,分为数据采集、数据存储和数据串口发送模块等。利用国家标准物质中心配制的标气,系统可以有效检测挥发性有机化合物浓度,检测极限达到了1 ppb。

**关键词:**数据采集;光离子化信号;信号检测;AT89C52

**中图分类号:**TP274+.2

**文献标识码:**A

## Data Acquisition and Processing System of Photoionization Signal Based on AT89C52

Zhang Fan<sup>1,2</sup>, Wei Qingnong<sup>1</sup>, Zhang Wei<sup>1</sup>, Peng Fumin<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Environmental Optics &amp; Technology, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, 230031, China;

2. Department of Information Engineering, Artillery Academy, Hefei, 230039, China)

**Abstract:** According to the detection demand of the weak photoionization signal, a new kind of data acquisition and processing system of photoionization signal is developed. Taking advantage of AD7710 predominance on the weak signal testing, the composition and the structure of the hardware system are designed based on the main control of AT89C52. It realizes the data acquisition and A/D conversion of the voltage signal, the digital display and the data sending of the serial interface. The software system is designed based on the modularization, including the modules of data acquisition, data storage and data sending by the serial interface. Using the standard gas confected by National Standard Research Center for CRM, the system can detect the concentration of volatile organic compounds and the ultra-low detection limit reaches 1 ppb.

**Key words:** data acquisition; photoionization signal; signal detection; AT89C52

光离子化检测器(Photoionization detector, PID)可以检测极低浓度的挥发性有机化合物(Volatile organic compounds, VOC)和其他有毒气体,已经成为实时痕量检测 and 环境保护等方面的强有力工具。

光离子化仪是基于PID的痕量分析仪器,是非破坏性的浓度型检测器件。但是光离子信号极其微弱,产生的微电流数量级约为 $10^{-10}$  A,加上噪声等干扰因素,常规的系统很难检测与处理。本文利用

AD7710在微小信号测试方面的优势<sup>[1]</sup>,介绍一种以AT89C52为主控的光离子化信号数据采集系统,集气体光电离检测、微弱信号收集、信号检测与数据处理等技术为一体。经过国家标准物质中心提供的标气测试,VOC的检测最低限可以达到1 ppb。

### 1 系统工作原理

光离子化仪工作原理如图1所示。气体被微型

**基金项目:**国家“八六三”前沿探索课题(2005AA641020)资助项目。

**收稿日期:**2006-02-26;**修订日期:**2006-06-04

真空泵抽入光离子化检测室,由真空紫外灯发射紫外光对气体分子进行轰击,使其中的有机物分子电离成为离子和电子,在极化极板的电场作用下向极板撞击,形成可被高灵敏度微电流放大器检测到的微弱离子电流。放大成电压信号后,在AT89C52的主控下,通过数据采集,既可将电压信号按照拟合曲线折算成对应浓度值送至显示单元,也可通过I/O接口送入计算机利用色谱工作站进行处理,主要由电离室、微电流放大器、数据采集和基本I/O等部分组成。

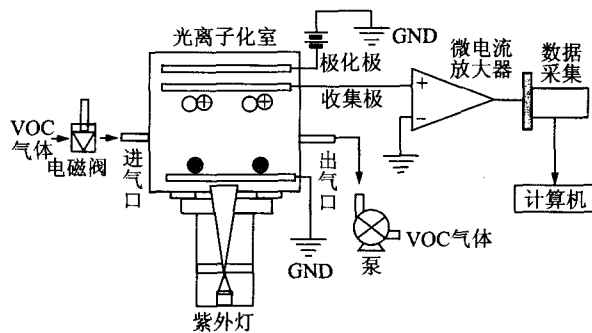


图1 光离子化仪原理图

## 2 系统硬件设计

本系统以AT89C52单片机为核心,组成了一个具备数据采集、键盘操作、对象控制和结果显示等多项功能的复合完整系统<sup>[2]</sup>,如图2所示。

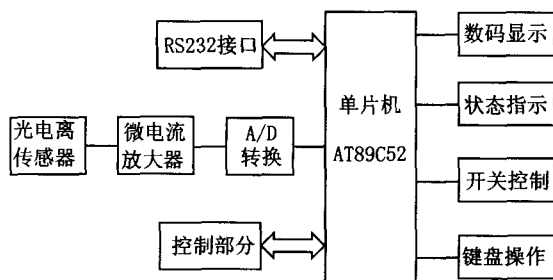


图2 光离子化检测仪的系统硬件结构

### 2.1 微处理器

本系统采用美国Atmel公司生产的40脚双列直插AT89C52芯片作为微处理器。它与Intel 80C51和80C52系列单片机完全兼容,是一种低功耗、高性能的新型电擦写8位CMOS单片机。内部有8KB可重复编程的Flash程序存储器(EEPROM),可以重复写/擦1000次,还可提供3级程序存储器加密;有256个字节8位RAM,32条可编程I/O口,3个16位定时器/计数器,8个中断源,2

个中断优先级,1个可编程全双工串行I/O口,晶振和时钟电路。

AT89C52采用静态时钟方式,可以大大节省耗电量。其内部的Flash存储器在系统开发时可以十分容易地进行程序修改,即使错误编程也不会成为废品。在系统工作中,即便突发掉电也能有效保存一些数据信息。

### 2.2 数据采集单元

数据采集主要由前端运算放大器MAX7652和A/D转换芯片AD7710完成。

#### 2.2.1 MAX7652

MAX7652是完整的12位数据采集系统,具有开关电容、脉宽调制数模转换器(DAC)、模数转换器(ADC)、3个定时/计数器,以及一个包含多种I/O外设的工业标准8051微处理器内核。其微处理器系统包括1个CPU、256字节RAM、2个8KB闪存、4个8位I/O端口、2个UART、中断控制器和1个看门狗定时器。MAX7652还可以实现真正的差分电压测量,具有12位分辨率、可编程增益,以及正输入与负输入独立的采样保持器<sup>[3]</sup>。本系统中该模块功能是电压隔离放大、滤除杂波和交流成分。

#### 2.2.2 AD7710

AD7710是美国AD公司出品的高性能24位A/D转换器,采用过取样 $\Sigma\Delta$ 工作原理以实现24位无误码,转换频率为10~1000Hz,非线性误差小( $\pm 0.0015\%$ ),具有高共模抑制比(大于90dB,四线接法),集成精度高,量化噪声小,信噪比高<sup>[4]</sup>。

AD7710内部含有低电平差动输入的双通道、多路转换器(MUX)、可编程增益放大器(PGA,  $A=1\sim 128$ )、具有截止频率等参数可编程的数字滤波器、电荷平衡A/D转换器、时钟发生器、2.5V基准参考电压源(稳定度为20ppm/ $^{\circ}\text{C}$ )、双向程控串行接口等,结构如图3所示。

#### 2.2.3 工作过程

数据采集系统电路如图4所示。光电离产生的原始光离子电流信号,经过微电流放大器放大后以电压的形式输出至IN $\oplus$ ,通过MAX7652运算放大电路把电压信号再输入到AD7710的第7脚,AD7710会自动进行模数转换。当每次转换结束时,DRDY端就会变低,当CPU的P0.5端被查询到变低时,程序就启动一次对AD7710的读数。每次读数时采用串行方式,通过AD7710的AO,SDA-TA,SCLK端来依次读入24位,一共3个字节,

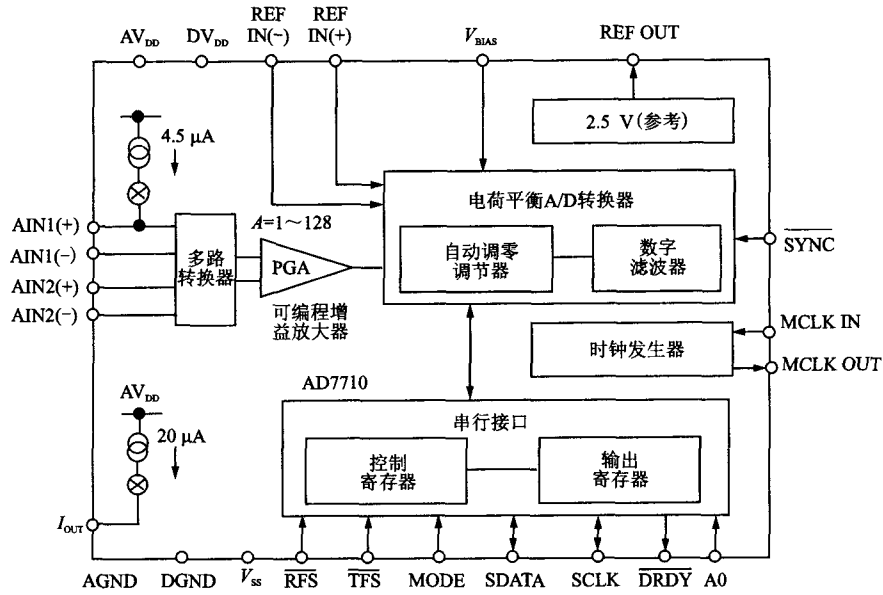


图 3 AD7710 内部结构图

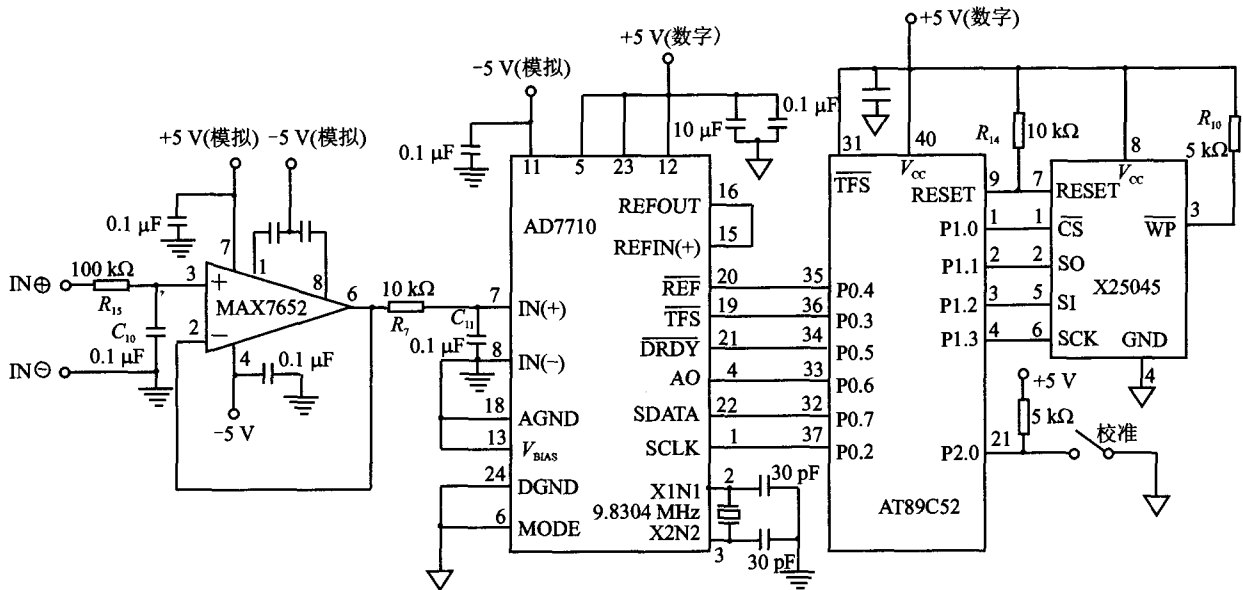


图 4 数据采集电路部分

CPU 对这 3 个字节数据进行计算后送显示。

在图 4 中,前端 IN $\oplus$ 后,由  $R_{15}$  和  $C_{10}$  组成了一个滤波电路,它的作用是把输入端带入的杂波和交流信号成分滤掉,以保证输入信号的质量。AD7710 的第 7 脚也有同样的电路(由  $R_7$  和  $C_{11}$  组成,作用同上)。AD7710 转换精度极高,所以各端要严格按照规定接线,包括第 18,13 脚要接模拟地,24,6 脚要接数字地。AD7710 的第 5,12,23 脚接到数字 +5 V,第 11 脚接到模拟 -5 V,这样就保证了本系统的可靠性,并且大大提高了采样精度以及系统的稳定性。

本系统还通过按“校准”键启动 X25045 对

AD7710 进行校准。实际校准后需要把 A/D 校准参数进行保留,此参数就存放在 X25045 的 E<sup>2</sup>PROM 中。每次开机时,程序会自动从 X25045 中读取校准参数写入 AD7710 的有关寄存器中,从而保证所要求达到的测量精度。

X25045 是美国 Xicor 公司生产的具有可编程看门狗、电压监控、串行 E<sup>2</sup>PROM 功能的高性能集成电路芯片。内部存储器采用 CMOS 工艺的 4096 位串行 E<sup>2</sup>PROM,按 512 $\times$ 8 来组织。特点是允许简单的三线总线工作的 SPI(串行外设接口)和软件协议,具有编程块锁定功能<sup>[5]</sup>。在本系统中该电路主要功能就是存储 AD7710 的校准参数及系统复位。

## 2.3 基本 I/O

基本 I/O 部分如图 5 所示,分为 RS-232 接口和数码显示部分。

### 2.3.1 RS-232 接口部分

串口设计部分主要采用 AT89C52 的第 10 脚 RXD 即接收端,用来接收从外部传来的数据式命令,第 11 脚 TXD 即发送端,用于把测量数据式命令输出给计算机。其中通过 6N138 光耦与外界隔离,主要作用是把外层与内层隔离,以保证数据的可靠性。

与计算机相连采用了 MAX202 串行口转换器,MAX202 具有高速传输功能,主要由 3 部分组成:电压倍增器、RS-232 发送器和 RS-232 接收器。其作用是把 TTL 电平转换成 RS232 口所需电平,提供的数据速率最高为 120 KB/s<sup>[6]</sup>。

AT89C52 具有强大的串行口工作方式,共有 4 种工作方式,本系统采用工作方式 1,即串行口为 8 位异步通讯,一帧信息为 10 位,1 位起始位,8 位数据位和 1 位停止位,波特率为 9 600。串行口发送时,数据由 TXD 输出,CPU 执行一条写入串口数据缓冲器 SBUF 的指令就启动串行口发送。发送完一帧信息时,发送中断标志置“1”,表示发送完毕。接收数据时,当 CPU 查询到串口控制寄存器的 RI 位置为“1”时,就执行一条读出指令,从 SBUF 读出一个字节,并清零 RI 位,这样数据就可以从 RXD 端接收到 CPU 的寄存器中。MAX202 的外围共接有 5 个 0.1  $\mu$ F 的电容,这 5 个电容分别接在 1 和 3 脚之间、4 和 5 脚之间,第 6、第 2 和第 16 脚,另外,第 15 脚接外层地,第 16 脚接外层 +5 V。

### 2.3.2 数码显示部分

显示部分采用了 MAX7219 来驱动 LED 数码管。MAX7219 为 MAXIM 公司出品的串行输入输出、共阴极、8 位数字 LED 显示驱动器,只须一个外部电阻就可以为所有的 LED 段电流进行设置,简化了电路设计,提高了系统的可靠性。AT89C52 与其连接只需要用 3 条 I/O 线即可完成,各个数字均可被寻址和更新,而不需要重写整个显示器<sup>[7]</sup>。

## 3 系统软件设计

### 3.1 软件总体流程图

本系统是在 ICEplorer 单片机仿真器上开发完成的。软件部分采用了 MCS-51 系列汇编语言进行设计,采用了模块化程序结构,系统由主程序、键盘服务、串口中断、数据采集、数据处理、输出控制和数码显示模块等模块组成。主程序模块简洁明了,核心部分为读键、键解释、查询 A/D 变换器端口完成状态,进而转向完成各子程序模块。这样设计使得程序总体结构紧凑、简洁、易懂,并且易于设计、调试维护和移植<sup>[8]</sup>,软件流程图如图 6 所示。

### 3.2 各子程序模块功能

系统的初始化模块主要进行对 CPU 的某些寄存器置初值、定义标志位、确定 AD7710 的工作方式、向 AD7710 发送控制字、使显示器全亮并点亮相应指示灯等工作。

主程序模块是本软件的核心,主要包括键查询、AD7710 转换完成查询等功能,当查询到某个有效时,就会转到相应的子程序进行处理。在主程

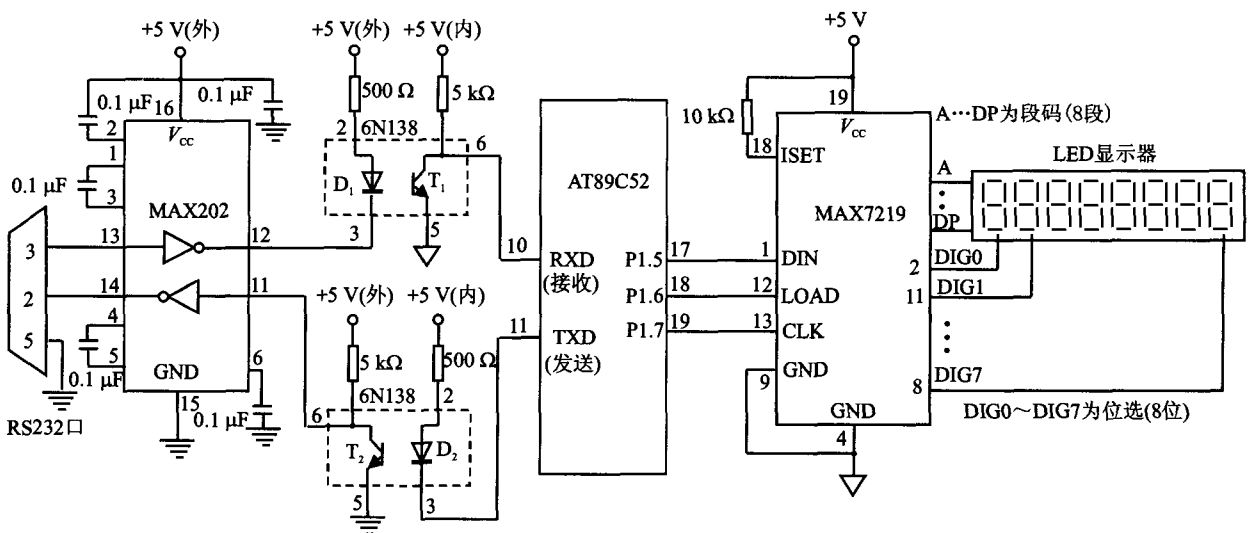


图 5 基本 I/O 部分的电路图

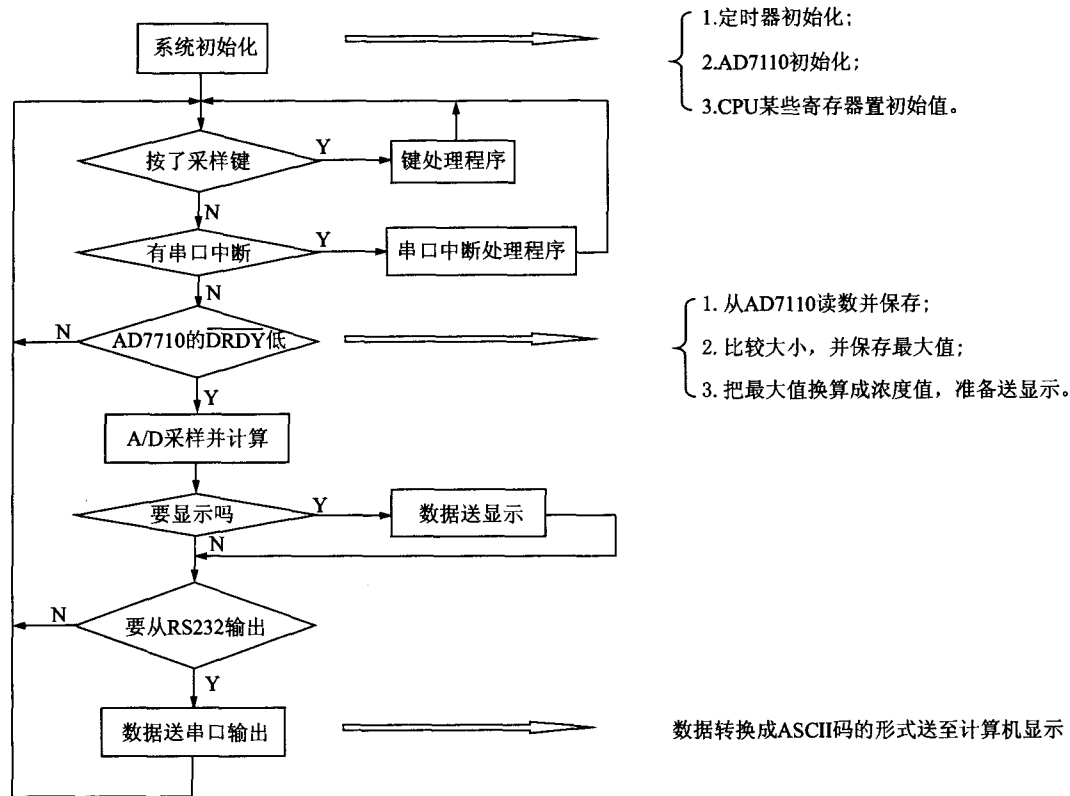


图6 软件总体流程图

序中一个重要的工作就是要不断地判断 AD7710 转换是否完成,然后对 AD7710 进行读数采样。即当 CPU 查询到 AD7710 的  $(\overline{DRDY})$  端变低时,就启动一次 AD7710 读程序。在 AT89C52 的 RAM 区中留有 3 个字节定义为  $ADBU_1, ADBU_2, ADBU_3$  的存储单元,这 3 个寄存器用来存放从 AD7710 读出的采样数据,共 24 位。等采样完成后,采样计算软件程序就把存放在  $ADBU_1, ADBU_2, ADBU_3$  中的数据读出来进行处理、计算并准备送显示。

A/D 采样计算模块首先把  $ADBU_1, ADBU_2, ADBU_3$  三个单元数据读入。此 3 个字节每一位所代表的是 AD7710 从输入端读入电压的权码,当输入电压为 1 V 且输入电压为单极性时,这 24 位每一位代表的权电压就是输入电压的  $1/2^{24}$ 。此时要把 24 位电压转换成要计算的十进制数,然后转换成浓度值,再比较大小,最后送显示。

数据送显示模块主要为 7219 置工作方式,并把已准备好的显示数据送显示。数据送串口输出模块把要显示的数据,即存放在  $DISP_1, \dots, DISP_8$  中的数据,通过 RS232 口,即从 CPU 的 RXD 端送出,并清标志位 T1。

#### 4 实测效果

预热使仪器达到基线稳定后,进样阀以恒定抽

速进样。首先测定高纯氮气 ( $N_2$ ),再采用国家标准物质中心提供的 5 种浓度分别为 1, 10,  $10^2, 10^3, 10^4$  ppb 的 1,3-丁二烯标气进行测定,每种取连续 7 个样本数值进行计算,结果参见表 1。

表 1 不同浓度的 1,3-丁二烯标气测量数据

浓度/ppb	分项	平均值 (n=7)	SD	RSD/%
$N_2$ (参考值)		118 838	7 944	6.68
1	面积	221 959	7 201	3.24
10		239 436	8 495	3.55
$10^2$		272 388	7 294	2.68
$10^3$		320 212	10 007	2.47
$10^4$		499 417	9 293	1.86
$N_2$ (参考值)		2 873	89	3.09
1	峰高	6 155	127	2.06
10		6 763	204	3.02
$10^2$		7 277	120	1.66
$10^3$		8 143	136	1.67
$10^4$		13 739	249	1.82

注:面积和峰高分别是 7 次测量值的平均值,SD 和 RSD 分别表示标准偏差和相对标准偏差。

再利用 PID 检测结果,作出不同浓度峰高与峰面积的趋势图,如图 7 所示。由图可以看出,在不同的分段区间,信号的线性度良好,可以用 Origin 中

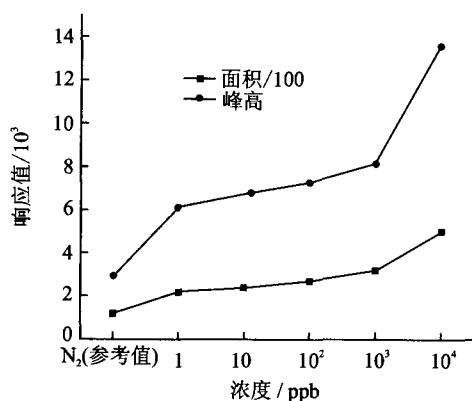


图 7 不同浓度峰高与面积的趋势图

的最小二乘法分段拟合线性。得出工作特性曲线后,将拟合好的斜率和截距写入仪器的单片机,电路即可工作。

PID 适用于快速检测等场合,检测原则是“有”和“无”的问题,而不是具体多少含量的问题(具体定量分析要连上色谱)。低浓度的气体还可以继续稀释进行检测,但是意义不大,1 ppb 的检测浓度已经足够。

## 5 结束语

本数据采集系统自动化程度高,人机界面友好,易于操作、存取数据。采用了合适的新型芯片,使得系统整体结构可靠性好、精度高,实际测试中效果良好。

## 参考文献:

- [1] 左勇,孙颖,韩佳雨. AD7710 在小信号测试系统中的作用[J]. 电子产品世界,2005,24:86-87.
- [2] 郭众宝,孙远翔,唐永刚. 基于单片机 AT89C52 的漏磁检测实验系统开发[J]. 机电产品开发与创新,2005,18(1):98-100.
- [3] Maxim 公司. MAX7652 闪存、可编程、12 位集成数据采集系统 [EB/OL]. [http://www.maxim-ic.com.cn/quick-view2.cfm/qv\\_pk/3073](http://www.maxim-ic.com.cn/quick-view2.cfm/qv_pk/3073),2003-06-02.
- [4] 纪宗南. 具有信号调理功能的模数变换器 AD7710 [J]. 国外电子元件,1997,7:10-13.
- [5] 史延龄,邹来智,王正兰. X25045 与单片机的接口及编程[J]. 仪器仪表用户杂志,2002,9(1):42-45.
- [6] 朱节中,朱节云. 开关磁阻式电动机模拟调速系统的研制[J]. 南京工程学院学报:自然科学版,2004,2(2):38-42.
- [7] 胥勇军,黄国荣. 基于并口连接串行显示驱动器 MAX7219 下数据通信的软件实现[J]. 现代电子技术,2004,10:68-70.
- [8] 曾学明,徐龙祥,刘正坝. 磁悬浮轴承同步数据采集与实时处理系统[J]. 数据采集与处理,2002,17(4):472-474.

**作者简介:**张颀(1974-),男,博士研究生,讲师,研究方向:光电综合仪器分析与研制,E-mail:salas0527@163.com;魏庆农(1961-),男,研究员,研究方向:环境光学;张伟(1952-),男,高级工程师,研究方向:光学遥感辐射定标;彭夫敏(1979-),女,博士研究生,研究方向:环境分析监测。