

基于 USB 的有机磷农药检测系统设计^①

孙毅 刘敬彪 周巧娣 (杭州电子科技大学 电子信息学院 浙江 杭州 310018)

摘要: 为实现在农业生产中对有机磷农药的残留量进行快速有效地检测,设计了一种基于 USB 的有机磷农药检测系统。首先简单介绍了有机磷农药检测系统的工作原理,然后利用 ARM 微控制器实现数据采集,并通过 USB 与上位机 PC 机通信,实现下位机与上位机数据的实时传输,最终实现有机磷农药检测系统的功能,该系统可以有准确有效地检测出溶液中有有机磷农药的残留量。

关键词: 有机磷农药检测; ARM; I/V 变换放大电路; USB; 驱动程序

Design of a Detection System for Organophosphorus Pesticides Based on USB

SUN Yi, LIU Jing-Biao, ZHOU Qiao-Di

(School of Electronics and Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To make a quick and effective organic phosphorus pesticide detection in the agricultural production, a detection system for Organophosphorus Pesticides based on USB is designed in the paper. Firstly, the theory of organic phosphorus pesticide detection system is briefly introduced. Then ARM microcontroller is used to finish the data acquisition, and it communicates with the computer by USB to comply real-time transmission of data between the master computer and the slaver computer. And finally the function of the detection system for Organophosphorus Pesticides is realized.

Keywords: organophosphorus pesticides detection; ARM; I/V conversion and amplifier circuit; USB; driver

1 引言

随着科技的发展,检测仪器的智能化和自动化程度日益提高,为有机磷农药残留量的有效检测提供了多种十分方便的检测方法。本文设计的有机磷农药检测系统是由上位机 PC 机控制的全自动检测系统。相对于手动的检测设备,本系统功能更强大,使用更方便,检测精度更高。工作时,有机磷农药检测系统可以自动实时采集电压信号,并把采集到的信号经 ARM 微处理器处理后,再发送到上位机 PC 机。同时,还开发了上位机上的数据采集控制和数据处理软件,可以对原始数据进行精确地计算分析,从而得到溶液中有有机磷农药含量。

由 PC 机控制的系统中,经常会采用通用串行总线(USB)进行通信。因为基于 USB 总线的检测系统能够自动识别和自动安装驱动程序、数据传输速率快,

功能稳定可靠、抗干扰能力强、支持热插拔,易于与 PC 接口等优点,它已经在现代数据传输中广泛应用。

为此,本文设计的有机磷农药检测系统采用了 NXP 公司推出的 ARM 处理器 LPC2210 和符合 USB1.1 规范的 USB 接口芯片 PIDUSB12,在本系统中,它们分别承担着数据采集、控制任务和 USB 数据通信任务。

2 硬件系统的设计

2.1 有机磷农药检测系统的工作原理

利用有机磷农药对酶的抑制作用和电流型电化学酶传感器,通过过氧化氢电极输出的电流变化进行检测。电化学酶传感器主要有 3 个电极(集电极、参比电极和工作电极)构成。当把一定的电压施加给电化学酶传感器处于溶液中的电极时,被测溶液中会发生一

^① 基金项目:浙江省重点科技计划(2006C23069)

收稿时间:2009-08-28;收到修改稿时间:2009-10-30

定的氧化还原反应而产生电流，并通过电化学酶传感器输出，根据溶液产生的电流而采集到的数据可以准确计算出被测溶液中有机磷农药的含量^[1]。具体数据采集和数据处理过程如下：由电化学酶传感器产生的微弱电流信号(通常为几 nA 到几 mA)经微电流检测电路放大滤波，再经 AD 转换电路采集到数字信号，接着把数字信号输入到 ARM 嵌入式控制电路处理^[2]，最后通过 USB 通信电路把数据发送到上位机 PC 机中，同时上位机可以通过 USB 通信电路控制下位机的数据采集。整个系统结构如图 1 所示。

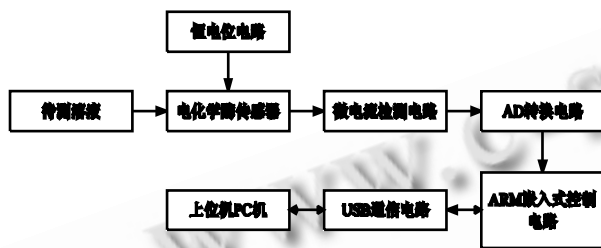


图 1 系统结构

2.2 恒电位电路设计

电化学酶传感器在工作过程中，需要恒电位电路提供稳定的电压信号。恒电位主要包括 D/A 转换电路和三电极电路两部分，D/A 转换电路主要按照系统的要求输出一定的电压信号，不同的电压信号加到电化学酶传感器上时可以检测不同的溶液特性；三电极电路主要保持参比电极和工作电极之间电压的稳定。使之恒定等于 D/A 输出的电压信号，不因溶液的变化而变化，其中 DAC 电路采用的 D/A 芯片是 BB 公司的 12 位电压输出型 DA 转换芯片 DAC7615P，具有 20mW 的低功耗，四路输出，DAC7615P 是串行数据输入模数转换器，内部实现串并转换。恒电位电路结构如图 2 所示。

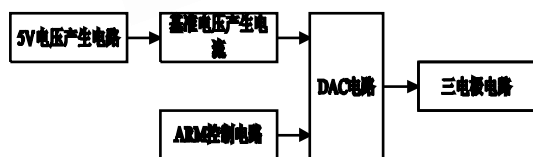


图 2 恒电位电路结构

2.3 I/V 变换放大电路设计

电化学酶传感器与待检测溶液发生化学反应后经

过一定时间，电化学酶传感器会输出待检测的微弱电流信号。此微弱信号需要经过 I/V 变换放大后转变成是 -10V~10V 的电压信号，最后被送到 A/D 转换器进行 A/D 转换。在微电流检测电路中以 I/V 变换放大电路部分为核心，由于 I/V 变换放大电路容易引入外界干扰和噪声，对整个系统性能产生不良影响，为避免这种情况，对 I/V 变换放大电路的运放必须满足：(1)输入阻抗 $R_i \gg$ 反馈电阻 R_f ；(2)偏置电流 $I_B \ll$ 被测电流 I_i ；(3)失调电压和漂移小；(4)增益与共模抑制比高；(5)噪声小。这里采用 OP227 作为 I/V 变换放大电路的运放，I/V 变换放大电路采用 T 型网络结构，如图 3 所示。

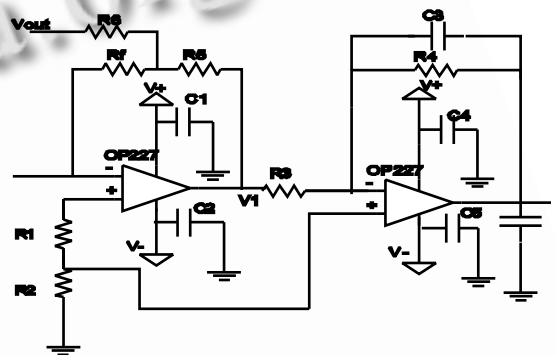


图 3 I/V 变换放大电路

2.4 AD 转换电路和 USB 通信电路设计

电化学酶传感器输出的微电流经过放大转换后输出一个范围在(-10V~10V)的电压信号，要取得准确的电流信号就要对这一电压信号进行采样。基于对采样精度和采样速率的特殊要求，采用 BB 公司的 AD976 高速率 16 位 A/D 转换芯片进行采样，AD 转换电路和 USB 通信电路结构如图 3 所示。输入信号通过外接 200Ω 电阻输入到 AD976 的信号输入端。转换后的 16 位数字量并行输出，在工作过程中只需给整块芯片提供 5V 的电源，参考电压由芯片内部产生。通过嵌入式控制系统控制相应的采样控制时序获得采样数据。选用的 USB 接口芯片是 PHILIPS 公司成熟且价格低廉的 PDIUSB12。

3 软件系统的设计

该有机磷农药检测系统 USB 通信软件主要包括固件程序、驱动程序和终端应用程序。

3.1 固件程序

编写固件程序是为了让上位机 PC 机(即 USB 主

机)可以检测和识别设备,同时,它还完成数据的采集传输和根据不同的需求而进行一些控制和处理的任任务,本系统采用的 PIDUSB12 固件程序实现了以下两个功能^[3]:

(1) 及时响应上位机 PC 的 USB 请求,获取系统配置信息,实现有机磷农药检测系统与主机之间的即插即用功能;

(2) 通过 USB 接口芯片,设置以 200 次/s 的采样频率对电化学酶传感器的输出的微弱电流进行 I/V 转换后的电压信号进行采样,并把采样得到的信号传送给上位机 PC 机。在 USB 控制传输中用到了控制端口 0、IN 端口 1 和 OUT 端口 2,其中,控制端口 0 通过接受和发送 SETUP 包来完成响应 USB 标准请求的功能,IN 端口 1 用于把采集到的数据传送给上位机 PC 机,OUT 端口 2 接收上位机 PC 机发送的控制命令^[4]。具体的软件设计流程图见图 4。

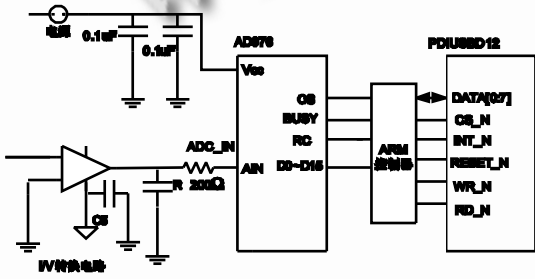


图 4 AD 转换电路和 USB 通信电路结构

通过 USB 上位机对下位机进行数据采集控制传输时, PIDUSB12 的固件程序设计包括三个部分:

(1) USB 设备枚举以完成对 USB 标准请求的响应。PC 机通过发送 USB 标准请求来获取 USB 设备配置和设备信息,并根据这些信息分配 USB 的资源。

(2) 数据采集。

(3) 响应设备请求,即响应设备的读写请求,PC 机通过 IN 端口 1 向有机磷农药检测系统发送数据采集控制的指令,并通过 OUT 端口 2 接收 USB 设备发送的数据。

3.2 USB 驱动程序

常用的 Windows 系统 USB 驱动程序设计软件有 DDK、DriverStudios 和 WINDRIVER 等。本文采用了开发相对灵活的 DriverStudios 来开发 USB 的 WDM 驱动, WDM 是微软公司全新的驱动程序模式,

支持即插即用、电源管理和 WMI 技术。利用 DriverStudios 的开发包 DriverWorks 生成的驱动程序架中添加所要实现的 USB 端口 1 和端口 2 的读写功能代码^[7],并通过修改、安装 INF 文件,就可以完成驱动程序的开发。注意在开发 USB 驱动程序时,必须明确本系统用到了三个 USB 端口:控制端口 0、IN 端口 1 以及 OUT 端口 2;还有在本系统中,USB 驱动程序主要作用是对两个端口的读写。

3.3 上位机 PC 机的应用程序

该应用程序在 VC++6.0 编译器中进行编程开发的,当下位机上电并与 PC 机连接之后,应用程序首先要判断上位机是否和 PC 机成功连接。若连接有问题就要求系统重新进行连接,直到检测到设备与 PC 机能够正常通信。该应用程序的界面操作不受后台数据处理的影响,具体过程为:首先查找 USB 设备,获得农药检测系统的设备句柄,封装对 USB 设备操作的动态链接库,最后对采集的数据进行处理和显示,应用程序设计流程见图 5 所示。应用程序和下位机之间的通信通过命令解析协议进行。这些操作实际上是向缓冲区读写数据的过程。根据通信协议,该过程中每一种命令都有其对应的转义字符。为实现系统数据实时采集和实时显示的功能,系统使用了 WM_TIMER 消息触发设置定时器事件^[5],从而实现有机磷农药检测系统 0.5s 采集 100 组电压信号的数据。在利用这些数据进行实时绘图显示时,由于系统不断更新屏幕,会出现视图闪烁的情况。为了解决屏幕闪烁问题,可以用常见的方法就是采用双缓存的绘图方法^[6]。

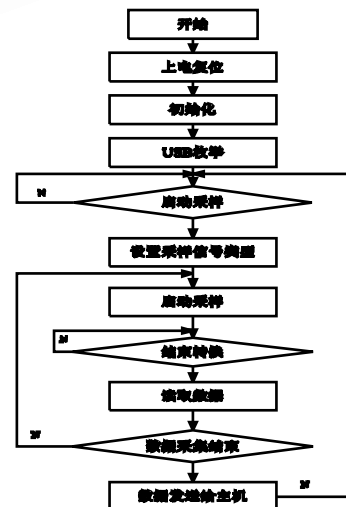


图 5 软件设计流程

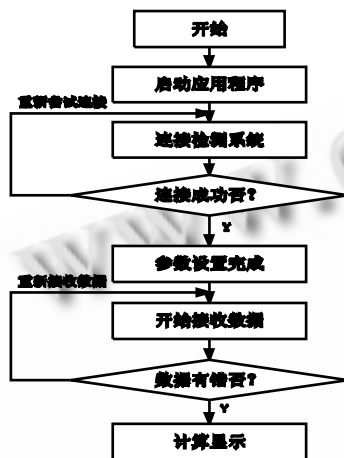


图6 应用程序流程图

4 系统测试

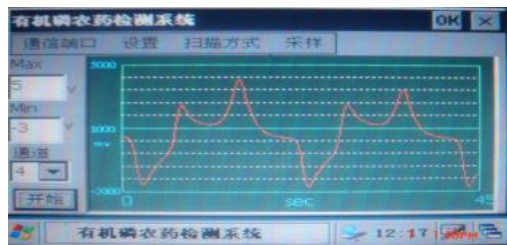


图7 检测结果波形显示

系统测试时,采用的是铁氰化钾(KClAg/AgCl) 0.6 mol 溶于 0.5 mol 的 KNO₃。三电极分别是,工

作电极: 2 mm Au 电极; 参比电极: SCE 3M KCl 电极对电极: Pt 电极,极化电压 0.2V。采用恒定电位为 0.3V 扫描 5 倍稀释溶液。

实验过程中采用的电流量程适合检测的电流 -100nA~100 nA, 农药检测系统检测得到检测结果波形如图 6 所示,取第 1540~1710 数据进行处理分析,均方差 0.07651nA,误差范围为(-0.2495~0.2502)nA,则检测精度为 0.2497%。参比电极在 25℃标准电位是 0.3V,由于存在环境温度的差异,还需要对其进行温度补偿。因此,在实验条件为 10℃时,铁氰化钾/亚铁氰化钾是一对照的氧化还原对。

参考文献

- 1 胡茵,葛思擘,王伊卿,等.电化学气敏传感器的原理及其应用.仪表技术与传感器,2007,(5):77-79.
- 2 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程.北京:北京航空航天大学出版社,2005.362-411.
- 3 周立功. PDIUSB12 USB 固件编程与驱动开发.北京:北京航空航天大学出版社,2003.82-123.
- 4 常丹华,王军波.基于 DSP 和 USB 的高速数据采集与处理系统设计.电子技术应用,2006,(11):103-104.
- 5 王星,蔡廷文.基于 VC++的数据采集系统.计算机应用技术,2006,33(11):42-43.
- 6 孙鑫,余安平. VC++深入详解.北京:电子工业出版社,2005.156-175.
- 7 武安河. Windows 2000/XP WDM 设备驱动程序开发.北京:电子工业出版社,2005.242-261.