

智能便携式农药残留速测系统的研制*

吕浩 李立 徐辰 方海涛 江少波
(华中科技大学电子科学与技术系 武汉 430074)

摘要 基于国家标准 GB/T 5009.199-2003 构建了多通道便携式农药残留速测系统。系统以 ATmega128 为控制核心,采用光强传感器检测溶液吸光度变化,同时集成了恒温加热、探头电机驱动、LCD 实时显示、微型打印机即时打印和 GPRS 分布式数据采集等功能,并利用 LabVIEW 对现场数据进行远程监控与处理。整个系统操作简便、检测速度快、精确度高,实现了现场快速检测与数据通信的自动化控制。

关键词 农药残留;便携式;GPRS;LabVIEW
中图分类号 TP391

Study of Intelligent Portable System for Pesticide Residue Rapid Detecting

Lui Hao Li Li Xu Chen Fang Haitao Jiang Shaobo

(Department of Electronic Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract This paper introduces a multi-channel portable system for pesticide residue rapid detecting, based on the national standard GB/T 5009.199-2003. The system, which takes ATmega128 as the control of the core, uses light-to-digital converter to detect absorbance variation of the solution, integrates a number of modules such as thermostatic module, probe motor drive module, LCD real-time display module, micro printer drive module and GPRS distributed data acquisition module, and utilizes LabVIEW to achieve the functions of data remote monitoring and processing by GPRS wireless network. The whole system is easy in operation, fast in detection with high accuracy, and realizes the automatic control of rapid detecting and data communication.

Key Words pesticide residue, portable, GPRS, LabVIEW
Class Number TP391

1 引言

农药是现代农业生产中必不可少的生产资料,对预防病虫害、保障农作物高产稳产等起到重要的作用。但是由于使用不当而引起的农药残留会造成环境污染,并将威胁人体健康。有机磷和氨基甲酸酯类农药是我国应用最为广泛的两类农药,相关的检测方法有色谱法、波谱法和酶抑制法等^[1-4],其中酶抑制法具有较高的专一性、灵敏性和准确性,应用非常广泛^[5]。传统的农药残留检测装置体积大成本高、检测费用高、且人工配制各种药剂操作复杂、准确度不高。本文基于酶抑制法研究了一套高集成化

的农药残留检测系统,具有操作简捷、检测速度快、效率高等优点,且体积轻便易于携带,并能进行分布式数据采集和远程监控,非常适合于手持式现场农药残留检测和大范围多点测量的数据统计与处理。

2 系统介绍

整个系统以 8 位高性能低功耗微处理器 ATmega128 作为控制核心,分为测量控制部分和应用组件部分,集成有农药残留检测所需的全套工具和资源,利用通用分组无线服务技术(GPRS)构建分布式的无线数据通信网络,并通过网络服务器实现数据的综合处理,如图 1 所示。测量控制部分由光

* 收稿日期:2010 年 3 月 28 日,修回日期:2010 年 4 月 26 日

作者简介:吕浩,男,研究方向:数字集成电路设计和嵌入式系统设计。李立,男,研究方向:自动化控制。徐辰,男,研究方向:虚拟仪器测试测量。方海涛,男,研究方向:电子技术应用。江少波,男,研究方向:数字信号处理。

学检测系统和恒温加热系统组成,为果蔬提取液提供反应环境并检测其农药残留含量;应用组件部分由LCD、微型打印机、GPRS模块等多个功能单元构成,形成了完整的数据显示、存储、打印、通信和

处理体系。检测得到的信息形成数据报文后,经GPRS无线通信网络传输至网络服务器,服务器通过LabVIEW程序对收到的数据报文进行合格分析、统计以及数据存储备份等。

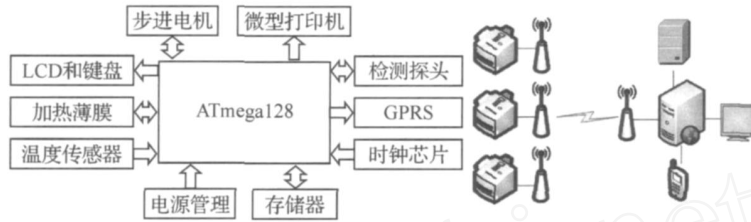


图1 系统设计总图

3 硬件设计

3.1 机体设计

机体为箱式结构,通过转轴可实现打开与闭合。光学检测系统由光电探头、驱动电机、螺纹管、隔档板和农药速测卡组成,位于机体上半部分;恒温加热系统由加热薄膜和温度传感器构成,位于机体下半部分;应用组件部分包括多个模块如LCD、微型打印机、GPRS模块等,位于机体两侧,如图2所示。光电探头套在螺纹管上,探头电机通过驱动螺纹管旋转来使探头左右运动。栅板竖直放置,由

栅板电机驱动。农药速测卡^[6]的一端固定着胆碱酯酶片,另一端的小圆凹槽用于盛样品溶液,凹槽端放在检测通道上,与酶片端垂直。为提高检测效率,设有10路检测通道,通道0上的速测卡凹槽端滴加纯净水,做空白对照,通道1~9为果蔬提取液检测通道,可同时滴加9组提取液。检测通道下铺有加热薄膜,用以提供提取液和酶片在37℃恒温下反应的环境。具体实验操作过程可参见国标GB/T 5009.199-2003《蔬菜中有机磷和氨基甲酸酯类农药残留量的快速检测》^[7]。

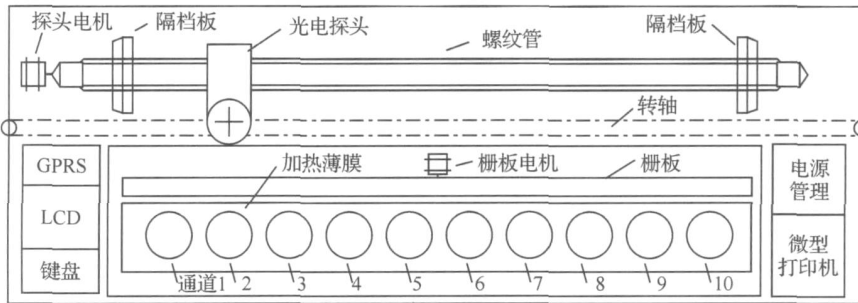


图2 机体设计图

3.2 光学检测系统

3.2.1 光电探头

LED和数字光强传感器TSL2561构成盒状的光电探头。检测过程中机体处于密闭环境,探头位于速测卡凹槽端的正上方。LED发出的光射入凹槽端中的溶液,未被溶液吸收的光射入TSL2561的光敏单元,从而可得到未被吸收光的光强值。

设 I_0 为入射光强, I 为透射光强,则由比尔-朗伯(Beer-Lambert)光吸收定律得吸光度为:

$$A = \log \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

设 A_0 和 A_t 分别为空白对照液和果蔬提取液在反应3min前后吸光度的变化值,则根据国标GB/T 5009.199-2003可知,果蔬提取液对酶的抑

制率为:

$$Y = [(A_0 - A_t) / A_0] \times 100\% \quad (2)$$

因此, A_0 和 A_t 只与透射光强在3min前后的比值有关,农药对酶的抑制率可由 A_0 和 A_t 计算得到,且抑制率与农药的浓度呈正相关。通过光强传感器测量空白对照液和果蔬提取液3min前后的透射光强,计算出相应的抑制率,从而得到提取液中农药的浓度。

3.2.2 步进电机驱动

以专用驱动芯片L298设计了两路步进电机的驱动电路,一路驱动光电探头,结合螺纹管两侧的带触发开关的隔档板,实现了探头在10个通道之间的区域内往复运动;另一路驱动栅板,使农药速测卡的酶片端与凹槽端相互接触以完成酶催化反应。

在非超载的情况下,步进电机的转速、位移只取决于脉冲信号的频率和脉冲数。因此,通过施加适量的脉冲数可以非常精确地调控步进电机转动的角度和位移。经测试,施加约 90 个脉冲可使电机转动 360°,故应对栅板电机施加 23 个脉冲以使速测卡的两端充分接触;施加 100 个脉冲可使电机驱动探头前进 3.3mm,而相邻两通道的间距约为 29.7mm,故在每次更换通道时对探头电机施加 900 个脉冲,使得探头能准确地位于下一通道的正上方。

3.3 恒温加热系统

根据国标 GB/T 5009.199-2003,果蔬提取液的预反应及其与胆碱酯酶的反应均需在 37℃ 恒温下进行,故设计了恒温加热系统来提供该反应环境。通过数字温度传感器 DS18B20 读取薄膜的温度,并结合 PWM 和线性升降温技术实现对薄膜升温与降温过程的控制,原理分析如下:

$$D = P(37^\circ) - P(T) \tag{3}$$

$$P(t) = P(T) + m \times D / M, m = 1, 2, \dots, M \tag{4}$$

$$D = P(T) - P(37^\circ) \tag{5}$$

$$P(t) = P(T) - m \times D / M, m = 1, 2, \dots, M \tag{6}$$

式中, $P(T)$ 为将薄膜加热到 T 温度需设定的 PWM 值。当 DS18B20 测得的温度 T 小于 37℃ 时, $P(T) < P(37^\circ)$, 将两者的差值 D 分成 M 份,在 $P(T)$ 基础上累加 M 次使 PWM 值达到 $P(37^\circ)$;同理,当 T 大于 37℃ 时,将 PWM 值从 $P(T)$ 缓慢累减至 $P(37^\circ)$ 。考虑到升温与降温过程的灵敏度和平缓度,在 T 与 37℃ 相差 3℃ 以上时取 $M = 2$,相差 3℃ 以下取 $M = 6$ 。经试验,在速测卡凹槽上滴加 0.5ml 的水后,温度重新回到 37℃ 只需半分钟,且温度基本维持在 37℃ ~ 38℃,说明该恒温加热系统实现的效果较好。

3.4 应用组件

3.4.1 LCD 与键盘

显示器采用 ZYMGI2864 型点阵 LCD,能显示字符、曲线、图形及汉字等,便于直观地进行信息设置和给出测量结果。4 × 4 电容式键盘通过列扫描来获取键值,实现相应的功能,如打印、检测、设置、通信等。时钟芯片 DS1302 对年、月、日、周、时、分、秒进行计时,配以纽扣电池并设好初始时间后,可准确显示当前测量时间。

LCD 与键盘相互配合,实现功能如下:在检测前通过数字键设置基本信息,如市场编号、摊位编号、样品编号等;开始检测后 LCD 显示时间、薄膜温度、市场编号、摊位号等信息,此时按下开始键即可启动检测过程;检测完毕后 LCD 除显示基本信息外还显示 9 组检测结果,通过翻页键可查看全部实验结果,此时若按下打印键则将本次检测的 9 组数据打印出来,若按下发送键则将数据通过 GPRS 发送到网络服务器,若按下设置键则可对之前设置的基本信息进行修改,如更新样品编号、修正显示的时间等。

可启动检测过程;检测完毕后 LCD 除显示基本信息外还显示 9 组检测结果,通过翻页键可查看全部实验结果,此时若按下打印键则将本次检测的 9 组数据打印出来,若按下发送键则将数据通过 GPRS 发送到网络服务器,若按下设置键则可对之前设置的基本信息进行修改,如更新样品编号、修正显示的时间等。

3.4.2 微型打印机

为保证打印单据可以长时间保存,本系统采用了以 EPSON M-192G 为机芯的迅普 SP-M 系列微型针式打印机。该打印机集成有 ESC 命令集和 FS 汉字打印命令集,提供了近 40 条打印命令,包括选择字符类别和字符集、定义格式、放大或缩小字符、打印汉字、打印点阵图形和定义用户可定义字符等。同时该打印机自带国际一二级硬汉字库,根据双字节标准机内码可调用库中全部汉字和西文文字、图符。打印命令由一字节控制码或 ESC 控制码序列组成,通过串口可以直接对微型打印机发送打印命令。根据实际需要,可打印出检测日期、市场编号、检测结果等信息,便于检测员在农贸市场、超市等果蔬消费地点对检测结果的即时打印。设计打印单据如图 3 所示。

智能便携式农药残留速测系统

| 检测日期:2010年00月00日 00时00分 | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|----------|------|-----|
| 市场号 | 摊位号 | 样品号 | 样品品种 | 检测结果 | |
| 1 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 2 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 3 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 4 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 5 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 6 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 7 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 8 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 9 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |
| 食品编号: 000 | | | 检测员: 000 | | |

图 3 单据打印格式

3.4.3 GPRS 无线通信

无线网络非常适合用来实现远程的数据通信,GPRS 网络具有接入速度快、与现有数据网无缝连接、永远在线、高速传输等技术优点。本系统采用西门子 GSM/GPRS 模块 MC55,内嵌 TCP/IP 协议栈,支持 TCP、UDP、HTTP、FTP 等协议,可实现语音、短信、数据等信息的高速传输。其硬件实现为:将 SIM 卡插入 MC55 的 SIM 卡支架,再用串口与 ATmega128 相连即可。在对 RS232 串口进行波特率、校验方式等基本设置后,ATmega128 利用串口通信对 MC55 发送 AT 指令使之与固定 IP

地址和端口号的网络服务器建立 TCP 连接,以 C/S 模式将现场检测结果形成的数据报文经 GPRS 无线通信网络以透明传输方式发送到服务器上以供记录和分析,在数据报文发送完后断开连接并关闭 TCP 传输通道。另外,当发生紧急的情况时,可通过 MC55 的短信功能将情况通知相关负责人。

4 软件设计

4.1 通信设计

为实现大范围多点的农药残留检测与数据采集、满足通信和存储等需要以及便于标准化管理,应对数据信息进行统一的结构设计,并保证 GPRS 发送端与数据接收端建立可靠的通信连接。

4.1.1 数据报文

设计数据报文格式如图 4 所示,每个提取液的信息包括八类:检测日期、市场编号、摊位编号、样品编号、样品品种、检测结果、仪器编号和检测员。每类数据均为十进制格式,对于由偶数个十进制位组成的数据,每 2 位用一个字节表示;由奇数个十进制位组成的数据,第一位用一个字节表示,后两位用一个字节表示。例如,检测日期由 12 个十进制位组成,100415131423 表示 2010 年 04 月 15 日 13 时 14 分 23 秒,共 6 个字节;市场编号由 3 个十进制位表示,101 表示第 101 号果蔬市场,共 2 个字节。因此,数据报文的总字节数为 $6 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 = 20$ 。

数据报文由 64 K 位串行 E² PROM 24C64 存储,存储空间为 8192 个字节,可存储 400 多个数据报文。通过设置 24C64 器件地址输入端可实现最多 8 个 24C64 器件连接到 I²C 总线上,故最大存储空间可达 64 K 字节。

| 检测日期 | 市场编号 | 摊位编号 | 样品编号 | 样品品种 | 检测结果 | 仪器编号 | 检测员 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 000000000000 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 | 000 |

图 4 数据报文格式

4.1.2 服务器程序

LabVIEW 广泛应用于数据采集与控制、信号处理以及数据表达等方面,并提供了多种网络通信方式,如共享变量、DataSocket、TCP/IP、UDP、远程面板调用等^[8]。对于 LabVIEW 之间现场数据的网络传输,共享变量和 DataSocket 已经足够胜任且实现起来非常简便,而当 LabVIEW 与其他编程语言(如 C 语言)编写的程序进行网络通信时,则需要更基本更流行的网络协议,如 TCP 和 UDP。

LabVIEW 中提供了封装好的 TCP 模块,因此通过调用相应的 VI 函数可以非常方便地建立基于无线网络的可靠的数据通信。LabVIEW 还提供有 Microsoft Excel 11.0 Object Library,利用 Excel ActiveX 自动化对象可实现对 Office Excel 的操作。本系统在网络服务器上通过 LabVIEW2009 建立通信应用程序,接收多个 GPRS 模块发送的数据包,形成分布式的数据采集系统。

在服务器通信程序中,首先通过 TCP Listen 函数在指定端口 3412 监听是否有 GPRS 模块请求连接,如有请求则建立点对点的连接,然后进入循环利用 TCP Read 接收数据。由于 TCP 传输的数据没有结束符,因此数据报文的设计使得服务器接收数据十分方便。服务器在接受到 20 个字节(即一个数据报文)后,将其按报文格式分出各个类型的数据,进行分类显示和分析。不同检测地点的 GPRS 模块均需将数据发送到服务器,因此通信模式为多对一,在通信程序中添加一个监听连接的循环,当有 GPRS 模块请求连接时则服务器与其建立连接,并将其放入队列中,然后利用循环对队列中的连接按顺序逐个进行数据接收。通过 Excel ActiveX 自动化对象打开 Excel 并新建一个工作簿,选择工作表 Sheet1,然后选择单元格将各个类型的数据依次写入,从而实现了数据的统计、合格分析、以及存储备份。最后利用 LabVIEW2009 的生成独立可执行应用程序功能生成 EXE 文件,形成较好的可视化界面,如图 5 所示。



图 5 数据中心界面

4.2 检测流程

系统的运行流程可分为信息设置、样品检测和数据处理三个部分。首先,系统进行初始化,启动时钟芯片、温度传感器、加热薄膜等,并对光强传感器、步进电机、LCD 以及与微型打印机和 GPRS 模块相连的串口进行功能初始设置。然后系统进入主显示

界面,此时可设置检测样品的基本信息,如市场编号、摊位编号、样品编号、样品品种等,同时还可对时间进行修正。设置好基本信息后即可在速测卡上放入10组样品即1组空白对照液和9组果蔬提取液,闭合仪器,启动定时器设定在37保温10分钟。然后启动探头电机进行检测过程:开始时探头位于通道0正上方,延时6s用于检测,再施加900个脉冲驱动探头电机使探头位于通道1正上方,重复上述过程,直至探头位于通道9正上方并检测完毕。此后启动栅板电机,栅板旋转90使农药速测卡的酶片端与凹槽端相接触发生催化反应,并保温3分钟。再次启动栅板电机回旋90使酶片端与凹槽端脱离接触,并驱动探头电机使探头从通道9到通道0依次检测。这样10组样品各有两个监测数据,利用公式(2)即可计算出9组提取液相应的酶抑制率。最后对得到的数据按定义的结构形成9个数据报文,将数据报文存入存储器,并选择是否需要现场打印和发送该9个数据报文。网络服务器对接收到的数据报文进行数据综合处理。

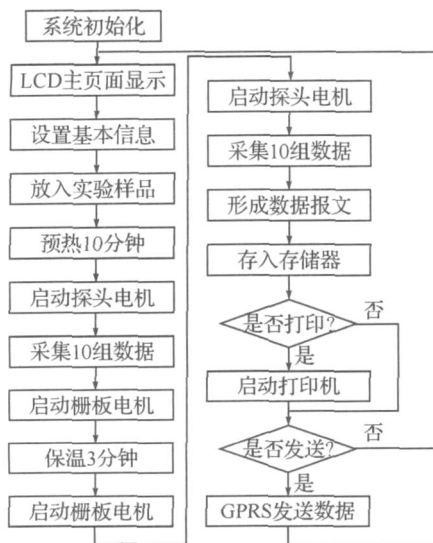


图6 检测流程图

当应用于市级等大范围的农药残留检测时,需在全市各个果蔬市场设立监测点,建立统一的市场编号、果蔬品种编号等,并确定基本信息的设置方式。为使设置流程简单快捷,特定义如下:每个

摊位测量果蔬提取液的组数均为9的倍数,这样每次启动系统只需对摊位编号设置一次而不用对每个通道依次设置;通道1的样品编号初始为001,通道2~9依次自加生成编号为002~009,故样品编号也只需设置一次;将市场的各种果蔬进行统一编号,设定每三个通道检测一个果蔬品种,同理,也只需设置一次;每个市场监测点配备一套本系统,并由检测员负责,因而仪器编号和检测员编号只需进行初始设置即可。这样定义之后,大大简化了基本信息的输入过程,同时也使整个检测流程更加规范。

5 结语

本文介绍的多通道农药残留速测系统相对于人工操作节省了大量的时间,且有效地消除了人为因素引起的误差,提高了检测的精确性和高效性。标准的机体设计、集成的恒温加热系统和基于GPRS构建的无线通信网络使得系统具有很强的便携性和很高的应用价值,特别适合监测人员在果蔬市场等地点的一线检测,实现了现场快速检测和远程数据通信。

参考文献

- [1] 陈俊兰. 有机磷农药快速检测方法研究进展[J]. 科技资讯, 2009(6): 71
- [2] 苏明伟. 果蔬中农药残留快速测定方法的研究[D]. 武汉: 华中科技大学环境科学与工程学院, 2005
- [3] 孙宏伟, 李玉珍. 农产品质量和农药残留的检测技术[J]. 现代仪器, 2006(2): 6~10
- [4] 王晓飞, 周启星. 蔬菜中农药残留检测技术研究进展[J]. 生态科学, 2004(4): 356~361
- [5] 林春绵, 胡晓燕, 张安平. 酶抑制法快速检测有机磷农药残留的研究进展[J]. 浙江工业大学学报, 2009(4): 386~391
- [6] 陈胜, 刘立群, 周辉棠. 农药速测卡的研制与应用[J]. 检验检疫科学, 2000(2): 1~3
- [7] 中华人民共和国卫生部、中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.199-2003. 蔬菜中有机磷和氨基甲酸酯类农药残留量的快速检测[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003
- [8] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007, 7

(上接第80页)

- [3] 王庆, 王铮, 汪定伟. Web挖掘在电子商务货源搜索中的应用[J]. 计算机工程, 2008, 34(11): 197~199
- [4] John Hant, Chris Loftus. Guide to J2EE: Enterprise Jowa[M]. 周立斌, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004

- [5] Paul J Perrone. J2EE 构建企业系统专家解决方案[M]. 张志伟, 译. 北京: 清华大学出版社, 2001
- [6] 杨佳明. 基于开源J2EE框架的电子商务实验平台研究[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(10): 17~20