

农药残毒快速检测智能化系统^①

周 芸, 钟 强, 徐保国

(江南大学 物联网工程学院, 无锡 214122)

摘 要: 针对农药残毒传统检测系统体积大、灵敏度差和检测速度较慢等问题, 设计出一种基于“光转化—化学发光法”的农药残毒快速检测智能化系统。介绍了系统的整体结构、功能以及软硬件实现。系统将农药残毒的浓度转化为光强, 进而转化为电压, 通过微处理器的 A/D 转换等实现检测与显示。与目前常用的气相色谱、液相色谱等离线检测技术相比, 该系统可以对多种常见农药的种类和溶度实现快速的在线检测, 是一种全新的检测方法。

关键词: 农药残毒; 光转化; 在线检测; 单片机; 智能化

Intelligent System for Pesticide Residues Fast Detection

ZHOU Yun, ZHONG Qiang, XU Bao-Guo

(School of IoT Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Considering that the problem of the big volume of pesticide residues detection and poor sensitivity, and the slow detection speed, we design a type of intelligent system for pesticide residues rapid detection named “light conversion-chemiluminescence”. This paper mainly describes the realization on the structure of the system, function, software and hardware. The pesticide residue concentrations into light intensity, and then converted to voltage, via the microprocessor A/D conversion to realize the detection and display. Compared with the GC and liquid chromatography detection technology common used, the system can detect common type and solubility of pesticide, and it's a intelligent, clean and effective detection.

Key words: pesticide residues; light conversion; on-line detection; single chip; intelligent

在农业生产中, 农药对于防治病虫害、保证农作物产量等方面具有十分重要的作用。由于长期农药不合理的使用导致了农产品中农药残毒的超标, 从而食品安全性得不到保证, 此类问题越来越被人们所重视^[1]。目前常用的农药残毒检测方法主要有酶促反应法, 其反应体系复杂, 容易受到介质、环境温湿度、酶的活性等诸多外部环境因素影响, 所以采集的分析信号本身的可靠性和重现性存在严重不足, 由于农药残毒分析液一般需要质谱仪和色谱仪进行检测, 而质谱仪和色谱仪本身体积过于庞大, 更给检测仪的微型化带来困难, 为实现果蔬农药残毒的在线检测制造了障碍。相比而言, 利用“光转

化—化学发光法”对农药残毒进行检测具有灵敏度高、检测速度快、仪器设备简单、便携化等优点。

1 系统整体结构

农药残毒智能化检测系统主要由化学光转换和光电转换两部分组成, 前者主要采用室温离子液体作为绿色溶剂, 对样品中农药残毒组分进行高效、快速富集和萃取, 由氧化剂(N-溴代琥珀酰亚胺)引发化学发光反应; 而后者采用高精度光电倍增管把微弱化学光信号转换成电信号, 用高性能运算放大器对采集的农药残毒电信号放大, 采用高速单片机作为集成电路的微处理器, 系统中存有数十种常见农药的相关参数

^① 基金项目:国家自然科学基金(30971689);江苏省科技支撑计划(BE2010627)

收稿时间:2011-10-20;收到修改稿时间:2011-12-15

数据库，通过比对的方式智能地分析待测果蔬样品中的农药残毒种类及溶度，并将结果数据在 3.2 寸分辨率为 320*240 的高清晰度真彩屏上显示。本文主要介绍光电转化部分，即该微型化检测仪的软硬件实现，系统整体结构如图 1 所示。

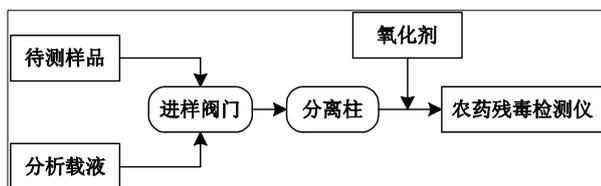


图 1 系统整体结构图

2 系统设计与实现

2.1 主控芯片

系统硬件结构如图 2 所示。系统选用宏晶科技公司的 STC12C5410AD 作为主控芯片，内部资源十分丰富，具有 SPI 模块、通用异步串行口模块、8 路高速 A/D 转换模块等，其工作频率最高可达 48 MHz，运算速度是传统 8051 单片机的 8~12 倍，具有抗干扰能力强、处理速度快、系统结构简单、功耗低等诸多优点。

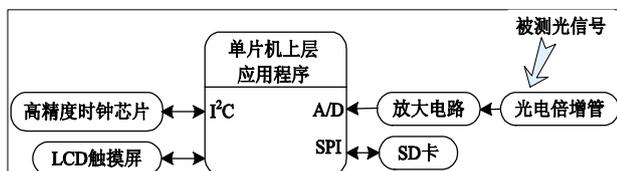


图 2 系统硬件结构图

2.2 前置电路模块

本系统采用日本进口的具有金属封装的 H9858 系列光电倍增管，其内部包含高压电源供电电路的光电传感器模块。由于本系统具有高增益、大动态范围和高速响应等特点，可使光电转换的精确度大大提高，响应时间大幅缩小。并且其功耗低、体积小，为本装置的便携式提供了可能。由于化学光的微弱性，因此在单片机采集前需要放大处理，系统采用高精度斩波稳零运算放大器 ICL7650 作为核心元件，采集的农药残毒电信号经过滤波放大后直接送到单片机 P1.0 口通过内置的 10 位 A/D 转换器进行转换，光电转换原理如图 3 所示。

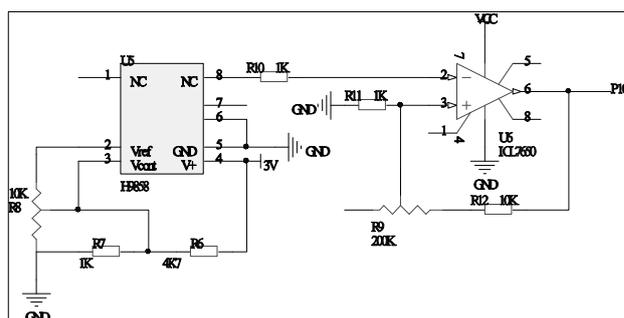


图 3 光电转换原理图

2.3 A/D 转换模块

STC12C5410AD 系列单片机中自带 A/D 转换功能，其 A/D 转换口在 P1 口，可以通过软件设置将其 8 路 10 位高速 A/D 转换器的任何一路设定为转换口，即通过配置 P1M0、P1M1 寄存器对应位将其 I/O 口模式设为开漏模式或高阻输入，否则仍可作为普通 I/O 口使用。A/D 转换控制特殊功能寄存器(ADC_CONTR)的位定义如图 4 所示。



图 4 A/D 转换特殊寄存器

在打开 ADC 电源控制位后，将 ADC_START 位置 1 即可启动 A/D 转换，待 ADC_FLAG 位被系统置 1 后，模数转换结束，此时读取 ADC_DATA、ADC_LOW2 寄存器的数值，并按以下公式计算即可得到输入电压：

$$((ADC_DATA \gg 6) * 256 + ((ADC_DATA \ll 2) | ADC_LOW2)) / 1024 * V_{cc}$$

式中：ADC_DATA 为 A/D 转换结果寄存器的高 8 位，ADC_LOW2 为 A/D 转换结果寄存器的低两位，V_{cc} 为单片机实际工作电压。

2.4 SD 卡存储模块

SD 卡具有大容量、高性价比、低功耗、非易失性、可插拔等许多优点，被广泛应用于各类便携设备的存储载体。它有 SD 和 SPI 两种工作模式，在 SD 模式下，主机使用 SD 总线方式访问卡，而通常单片机不具备 SD 总线，而且如果采用 I/O 口模拟 SD 总线，不但增

加软件开销,而且传输速度亦不理想,因此本系统主要采用 SPI 总线方式访问存储卡^[2-4]。

在 SPI 模式下,SD 卡支持单多块扇区的读写,其中单块数据读写流程图如图 5 所示,而多块数据读写过程类似,只是写入的命令不同而已。需要注意的是,在 SD 卡操作前需要先对其初始化,初始化流程图如图 6 所示。

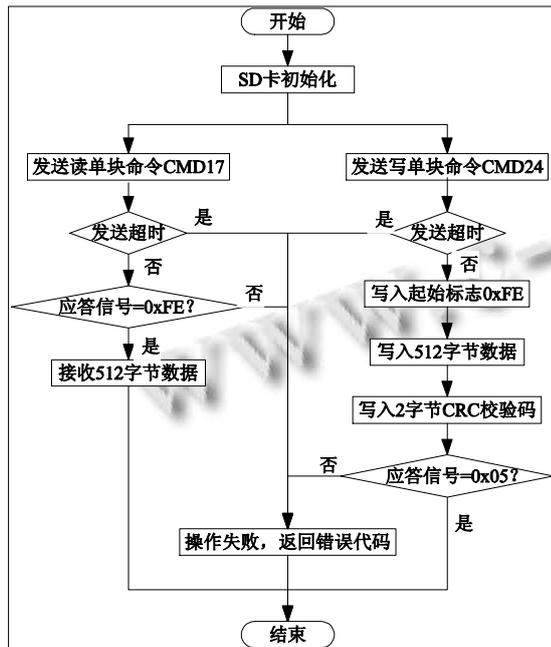


图 5 SD 卡单块数据读写流程图

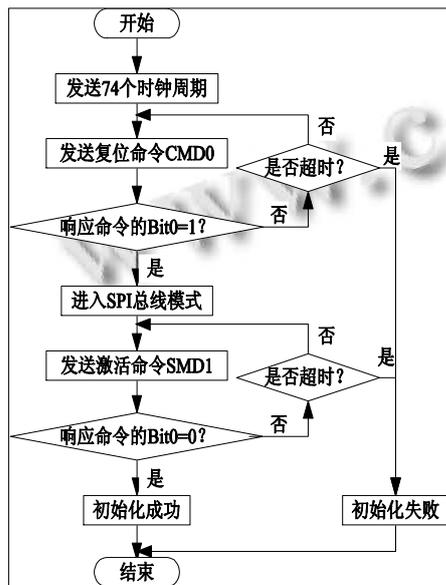


图 6 SD 卡初始化流程图

2.5 LCD 触摸屏模块

本系统液晶显示模块选用 240×320 分辨率,32 位色 3.2 寸 TFT 触摸屏,其驱动芯片为台湾奕力科技的 ILI9325 驱动器,支持 16 位并行传输模式。彩屏自带 4 线电阻采样端,由触摸屏芯片 ADS7843 驱动,而该触摸屏芯片亦采用 SPI 总线模式,因此可与 SD 卡共用部分 I/O 口,端口为触摸感应信号,程序中只需判断该引脚为低电平时触发中断以处理触摸事件即可^[5-7]。系统采用 8050 三极管驱动彩屏的 5 个背光 LED 灯,使其受控于单片机 I/O 口,并可通过软件实现一段时间内未触屏熄灭液晶所有 LED 灯,以降低功耗。另外,由于单片机 I/O 口有限,系统采用 74HC573 锁存器实现 8 路 I/O 口分 2 次完成 16 位并行输入。

3 软件设计

系统软件设计主要包括 DS1302 驱动程序、触摸屏驱动程序、SD 卡驱动程序以及主程序等^[8]。其中主程序首先对 CPU、触摸屏、时钟芯片、SD 卡等进行初始化,之后就循环等待用户操作命令,并进入相应模块处理子程序,包括调零、校准、检测,以及历史数据查询、清除、系统设置等功能,具体如图 7 所示。

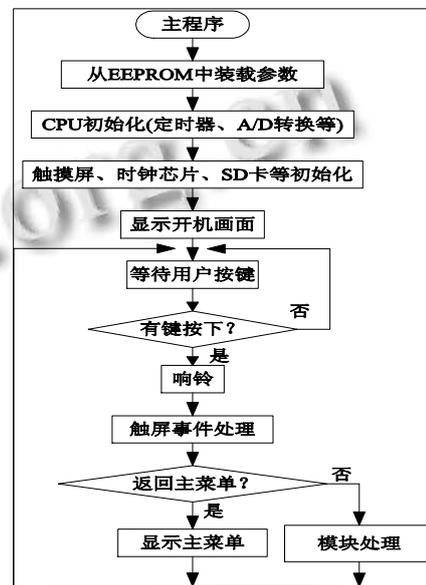


图 7 主程序流程图

4 农药残毒检测的实验研究

被检测的有机磷农药为敌百虫,将农药配备成不同浓度的敌百虫工作液(0mg/L, 0.05mg/L, 0.07mg/L, 0.09mg/L, 0.15mg/L, 0.25mg/L, 0.30mg/L, 0.35mg/L),

采用的试剂为鲁米诺-过氧化氢体系。乙烯胆碱酯酶对鲁米诺-过氧化氢化学发光体系具有催化作用，经由敌百虫等有机磷农药抑制后会导致鲁米诺-过氧化氢-乙烯胆碱酯酶化学发光体系产生的光信号降低。基于上述原理可以对有机磷农药进行检测。

在实验开始前，由于环境温度、热辐射和其他因素的影响，光电倍增管上电后会产生暗电流，需要对其进行电压调零以消除暗电流的干扰。调零完成后，将配备好的不同浓度的敌百虫溶液 2mL 通过分离柱，取鲁米诺-过氧化氢体系 3mL 与分离后的敌百虫溶液混合，测出光强变化，其测量结果如表 1 所示。

表 1 样品浓度与光强(电压)

样品浓度(mg/L)	0	0.05	0.07	0.09	0.15	0.25	0.30	0.35
电压(V)	1.19	1.19	1.18	1.04	0.84	0.50	0.29	0.06

根据测得的数据，用最小二乘法进行处理，得到输入—输出的关系趋势图如图 8 所示。从图中可以看出，曲线在 0.07mg/L 处的电压信号有明显变化，故最低检出限为 0.07mg/L；曲线在 0.09mg/L-0.35mg/L 区间内呈明显的线性关系。根据表 1 的数据可得拟合曲线关系为 $y = -3.4568x + 1.3307$ 。

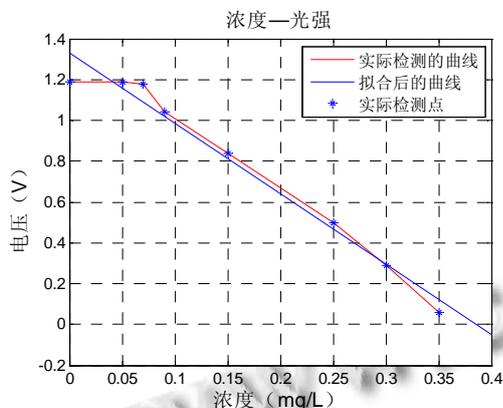


图 8 浓度—电压趋势图

假设试剂测得值为 y ，其平均值为 y_1 ，根据拟合曲线所求的理论值为 y_2 ，则可得误差平方和为 $\sum(y - y_2)^2$ ，均方差为 $\sum(y - y_1)^2$ ，由此可定义相关指

数 R^2 ，其计算公式为：

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y - y_2)^2}{\sum(y - y_1)^2}$$

根据前面检测的数据和所得的拟合曲线，可求出 R^2 为 0.9749，说明此曲线的拟合度较佳。

5 结语

本系统通过综合运用化学发光技术、光电转换技术和单片机技术，不仅可以建立快速检测农药残毒的新方法，同时将为研制微型化仪器提供理论依据。所设计的检测仪具有质量轻、体积小、检测时间短、精度高、数据显示直观易懂等特点，可随时随地实现对蔬菜、水果或其他农副产品中有机磷和氨基甲酸酯类农药残毒含量进行检测。本研究涉及化学、农药学、食品科学及计算机领域的知识和研究手段，是一项跨学科的应用理论课题，具有重要的理论意义和实际应用价值。

参考文献

- 杜习光. 农药残留光电快速检测系统研究[硕士学位论文]. 重庆:西南大学,2010.
- 张志伟. 一种远程矿井瓦斯浓度检测仪的设计. 煤矿安全, 2011,42(2):78-80.
- 张玉杰,宋孟华. OLED 光电性能综合测试系统的设计. 液晶与显示,2011,26(1):64-67.
- 许燕,胡莎莎,马孝义,等. SD 卡在温室湿度采集器中的应用. 农机化研究,2010,(9):197-200.
- 郭本振,李声晋,卢刚,等. 基于 DSP 和 LCD 触摸屏的车载信息系统设计. 液晶与显示,2011,26(1):83-87.
- 王宾,杨岸. 基于 DSP 的触摸式 MP3 的设计. 电子技术应用,2010,7(10):81-83.
- 许思达. 基于 51 单片机的 TFT 液晶显示设计. 电子元器件应用,2010,12(10):38-44.
- 郭天祥. 51 单片机 C 语言教程. 北京:电子工业出版社,2009.