

基于 C8051F020 多通道食品安全速测仪设计

郑添义^{1*}, 汤新华², 陈文芎^{1**}

(1. 厦门大学机电工程系, 福建 厦门 361005; 2. 厦门斯坦道生物科技有限公司, 福建 厦门 361009)

摘要: 为能快速筛选出市场上有害食品, 本文研发了一种基于 C8051F020 单片机的多通道食品安全速测仪. 采用定波长光源替代分光方法, 与固化在仪器中的标准曲线比对, 从而实现各检测项的定量与定性检测. 系统成功实现了在线滤波、有线与无线的数据传输、检测数据及相关检测信息的打印等功能. 检测结果表明, 该仪器检测精度较高、响应快, 各个检测项在检测范围内, $RSD < 2.5\%$, 检测分析时间不超过 5 s.

关键词: C8051F020 单片机; 食品安全; 速测仪

中图分类号: TS 653

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2007)05-0653-04

随着生活水平的提高, 食品安全已经是我们生活中的一个主要问题. 目前我国每年有 20 多万 t、1 000 多种农药施用于农作物, 有些甚至是违禁药物. 随着食品毒理学和分析化学的发展, 一些原来认为无害的食品添加剂, 近年来已发现存在慢性毒性或致癌、致畸作用, 如色素、奶油黄、甜味剂、甘素等已被禁止使用. 这些添加剂与一些化学物质或者食品中的正常成分可发生相互作用形成致癌物, 如亚硝酸盐, 而这些化学污染物, 一旦进入食物链将很难消除. 特别是近几年, 农药残留事件^[1]、瘦肉精事件、食品中毒事件的不断发生, 在社会上造成不良影响. 政府的相关部门对食品安全的监管是一项长期的、艰巨的和细致的系统工程, 特别是各级工商管理局承担着举足轻重的职责. 当前针对于食品安全方面的检测设备较少, 而且大部分是面向实验室及专业的实验人员, 一般只能检测单项或根据所测的数据画出曲线计算^[2], 对实验的环境和操作人员的专业性的要求也较高, 检测程序较为烦琐, 不利于有害物质的快速筛选和方法推广. 因此需要一些现场快速检测设备, 对于市场上种类繁多的食品进行快速筛选, 将一些可疑的或明显超标的食品送到法定的鉴定部门进行鉴定. 目前的食品安全快速检测大部分是采用比色卡比对方法, 只能粗筛可疑的有害食品, 较易产生假阳性. 多通道食品安全速测仪能筛选出目前常见的几种有害物质^[3], 为工商、海关、军队、监狱等执法部门要求快速实时监控提供保障.

1 食品安全速测仪的工作原理

利用残留于食品中有害成分, 在一定条件下经提取, 并按一定的倍数稀释后, 与速测盒的相应成分在催化剂或缓冲液的条件下可发生特异性反应并生成不同深度的某种有色产物, 该产物颜色的深浅与提取液中该物质的浓度成线性关系, 符合“朗伯比耳”定律, 通过与标准曲线对比计算, 从而快速得出样品中是否含该成分的定性及定量结果^[4].

2 系统软硬件设计

仪器采用的是 Cygnal 的 C8051F020 单片机, C8051F020 系列单片机是集成在一块芯片上的混合信号系统级单片机. C8051F020 系列器件使用 Cygnal 的专利 CIP-51 微控制器内核. CIP-51 与 MSC-51 (UPTM) 指令集完全兼容, 可以使用标准 803x/805x 的汇编器和编译器进行软件开发. C8051F020 芯片上有 64 位数字 I/O 口(引脚). C8051F020 单片机具有如下特点: (1) 25 MIPS 高速流水线式 8051 微控制器内核; (2) 全速、非插入式在系统调试接口; (3) 真正 12 位 100 ksp/s、8 通道带可编程增益放大器的 ADC; (4) 真正 8 位 500 ksp/s、带可编程增益放大器的 ADC; (5) 双 12 位可控更新的 DAC; (6) 64 kB 在系统可编程 FLASH 存储器; (7) 4352(4096+256) 片内 RAM; (8) 64 kB 地址的外部存储器接口; (9) 各自独立的 SPI, SMBus/I²C 和 UART(两路)串行接口; (10) 5 个 16 位通用定时器; (11) 具有 5 个捕捉/比较模块的可编程计数/定时器阵列; (12) 片内看门狗定时器、VDD 监视器和温度传感器. 片内 JTAG 调试电路允许使用安装

收稿日期: 2007-01-08

基金项目: 福建省重大科技项目(2006Y023)资助

* 现工作单位: 集美大学机械工程学院

** 通讯作者: wxchen@xmu.edu.cn

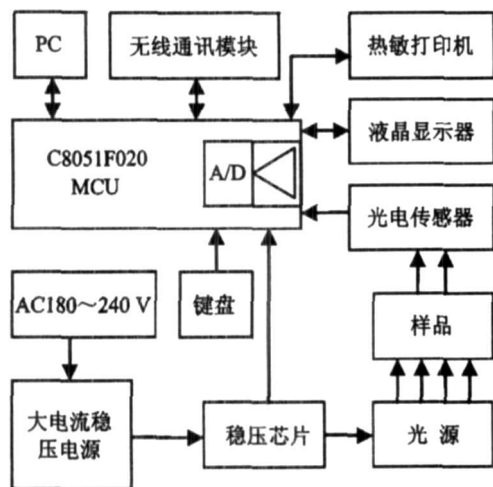


图1 食品安全检测仪系统原理

Fig.1 System elements picture of food safety checkout instrument

在最终应用系统上的产品 MCU 进行非法侵入式(不占用片内资源)、全速、在系统调试. 该调试系统支持观察和修改存储器和寄存器, 支持断点、观察点、单步及运行和停机命令. 在使用 JTAG 调试时, 所有的模拟和数字外设都可全功能运行. 每个 MCU 都可在工业温度范围(- 45~ + 85℃)内用 2. 7~ 3. 6 V 的电压工作. 端口 I/O、/RST 和 JTAG 引脚都容许 5 V 输入信号电压^[5].

2. 1 系统原理

系统原理框图见图 1 所示.

仪器系统硬件是由电源、光源、控制系统、无线通讯模块部分组成, 其中光源由固体光源及其稳压电路组成, 无线通讯模块采用 GSM 通信方式发送至服务器. 检测时, 按照所开发的快速检测方法进行样品提取, 再在提取液中依次加入快速检测试剂, 倒入比色皿中, 光源经过定距定径产生检测光束, 通过比色皿, 由光电传感器接收, 转换为电信号. 控制系统主要包括信息处理、检测结果显示及打印等. C8051F020 中的运算放大器将光电传感器所获得的模拟信号进行放大, 然后再通过它自身模数转换器转换成数字信号, 与标准曲线对比算出浓度由显示屏或打印机显示出检测结果, 结果也可由 RS232 传至 PC 机或无线通讯模块^[6].

2. 2 电源及光源筛选

测量仪器对电源的要求比较高, 在设计初期时大

STD-6G 食品安全速测仪			
**市工商行政管理局			
通道检测项	样品种类	浓度	结果
1 农药残留			
2 甲醛含量			
3 亚硝酸盐	根茎类	79.83 mg/kg	超标
4 二氧化硫			
5 吊白块			
6 重金属铅			
开始检测			
保存数据			
菜单: 设置 发送 检测 打印 浏览 删除			

图2 仪器的操作界面

Fig.2 Operation interface of instrument

部分是围绕电源进行的. 电源是整个仪器检测性能的核心, 对它的要求主要有两个: (1) 能提供较大的电流供给热敏打印机用; (2) 能提供较平整的电压给光源用. 光源电压的稳定性, 将直接影响到固体光源的发光强度, 从而影响检测结果, 所以在设计时采用多级直流稳压稳压处理, 同时在两端用电感电容滤波: 去掉高频低频干扰脉冲. A/D 转换时使用隔离放大器, 同时, 由于传感器输出的信号十分微弱, 采用了高输入阻抗, 低漂移、低噪声的前置放大器以满足抗同相共模干扰的要求^[7].

各个检测项目采用的二极管波长如表 1 所示.

光源采用窄带高亮固体发光二极管, 其波长误差为 $\lambda \pm 5$ nm, 到专门厂家订制并检测. 由于各个检测项目对不同波长光源的吸收程度是不一样的, 经过对实验数据分析计算, 得出表 1 各个检测项目光源采用的最佳波长.

2. 3 软件设计

仪器的控制系统软件采用菜单模块化程序结构设计, 提供多种使用功能, 操作方便、性能更可靠, 整个系统软件主要包括液晶显示、无线驱动、信息打印、串口通讯、模数转换、键盘扫描等, 操作界面见图 2. 可以通过上下左右键来选择当前的操作项, 同时也提供多个快捷键方便实验人员操作.

仪器仪表采集的信息常会受到干扰. 为了提高采样的可帮性, 减小虚假信息的影响, 在硬件电路设计采

表 1 各个项目采用的检测波长

Tab.1 Checkout wavelength of every item

项目名称	农药残留	甲醛含量	亚硝酸盐	二氧化硫	吊白块	重金属铅
λ (nm)	410	520	540	540	520	520

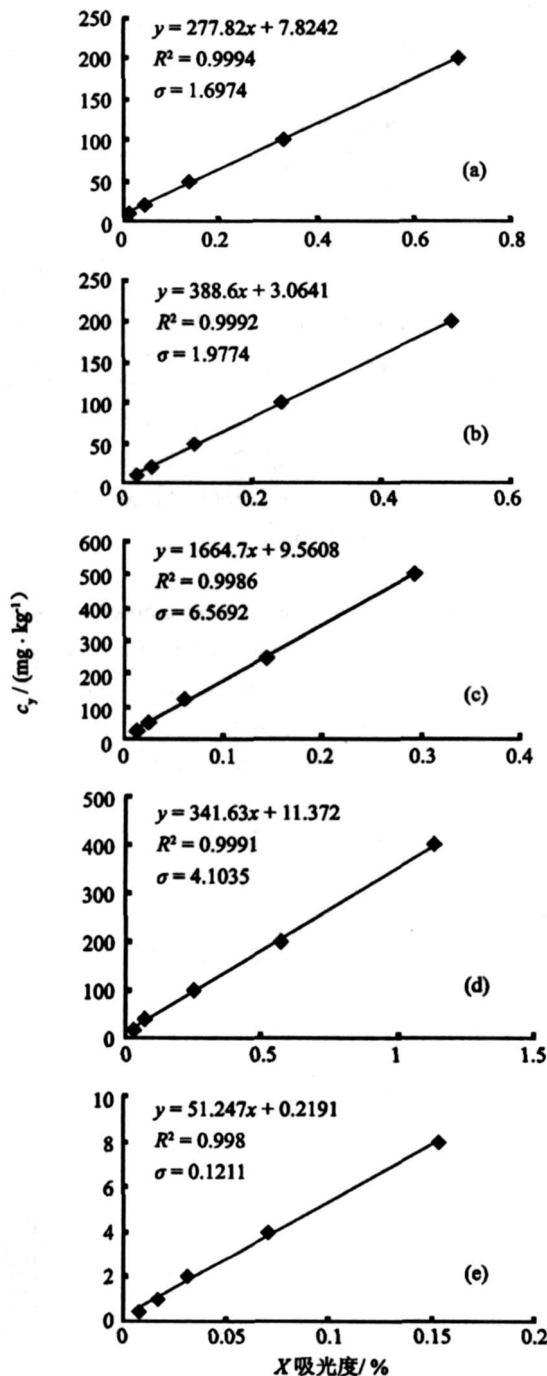


图 3 各个检测项的校正曲线

(a) 甲醛; (b) 亚硝酸盐; (c) 二氧化硫; (d) 吊白块;
(e) 重金属铅

Fig. 3 Emendation curve of checkout item

取一定措施, 同时在软件中采用了数字滤波, 它与模拟滤波器相比具以下优点: (1) 数字滤波是用程序实现的, 不需要增加任何设备, 也不存在阻抗匹配问题, 可以多个通道共用, 不但可以节约投资, 还可提高可靠性, 稳定性. (2) 可以对频率很低的信号实现滤波, 而模拟滤波器由于受电容容量影响, 频率不能太低. (3) 灵活性好, 可以用不同的滤波程序实现不同的滤波方

法^[8]. 为了提高仪器的检测精度及充分利用 12 位的 AD 转换器, 在仪器的控制软件中采取以下措施: (1) 采用多达上千次的测量, 后用算术平均值作为测量结果判断值, 滤掉随机误差的干扰; (2) 对零点漂移进行跟踪, 在测量时测出零点漂移量予以剔除; (3) 利用单片机的控制器, 采用左对起方式多次测量平均提高 AD 的转换精度; (4) 利用与多次测量平均值的差值大小, 与阈值大小的比较来消除脉冲干扰.

3 食品安全速测仪的应用分析

图 3 为各个项目的检测校正曲线, 线性其相关系数和标准偏差.

从各个项目的检测数据分析, 其校正曲线线性相关程度较好, 标准偏差也符合仪器速测要求. 二氧化硫与吊白块的标准偏差比较大, 其原因有 4 点: (1) 标准品的配制误差所造成的; (2) 暴露在空气中的样品处理液很容易受周围环境的影响, 如二氧化硫与重金属铅, 将影响仪器的灵敏度; (3) 采用固体光源虽给仪器在设计及使用带来方便, 但其波长不够准确, 不能处于最佳的吸收波长, 造成整个系统的吸光度降低, 如二氧化硫与重金属铅, 将影响仪器的灵敏度; (4) 仪器本身的硬件特性造成在检测浓度结果较小时不够灵敏. 从各个项目的线性方程来看, 理论上都应过原点, 但由于仪器的发光器件和光电传感器本身特性的影响, 实测可能会过原点.

4 结 论

本仪器能同时检测多项目前常见有害物质的含量. 采用了 12 位 AD 的 C8051F020 芯片及响应频率达 10 kHz 的光电传感器, 能较好满足仪器在不同检测场合的需要. 仪器的检测速度快, 精度高, 食品安全速测仪为政府部门迅速、及时筛选危害物超标的食品提供可能. 在仪器控制系统的开发时, 充分考虑仪器的扩展性能, 可用无线模块与服务器连接, 也可直接把数据传输到计算机, 将所检测的食品信息发布于政府部门相关网站上. 在结构设计方面充分考虑其抗振性, 本仪器能适用于检测车系统或应用于实验室.

参考文献:

- [1] 杨银贤, 方凯, 黄迎华, 等. 农药残留毒性快速检测技术及其产品开发[J]. 工业仪表与自动化装置, 2006(1): 50-53.
- [2] 张亚勇, 安源, 赵辉, 等. 一种新型甲醛快速监测仪的设计与开发[J]. 中国人造板, 2006(2): 29-31.
- [3] 刘东辉, 孙晓云, 何品纯, 等. 多通道数字滤波及陷波器在

- 信号检测中的应用[J]. 机床与液压, 2002(1): 88– 89.
- [4] 陈焕文, 徐抒平, 李双峰, 等. 余氯、总氯现场快速测定仪的研制和应用[J]. 分析化学, 2003(11): 1399– 1402.
- [5] 潘琢金, 译. C8051F020 混合信号 ISP FLASH 微控制器数据手册[M/OL]. 2004. www. Laogu. com.
- [6] 郭澄, 卢新花, 王涛. 数字技术在检测中的应用[J]. 仪器仪表用户, 2002(9): 35– 36.
- [7] 郑伟. 单片机抗干扰及可靠性设计[J]. 电脑开发与应用, 2006(1): 56– 58.
- [8] 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(9): 13– 15.

A Design of Multi-channel Food Safety Equipment for Rapid Detection Based on C8051F020 MCU

ZHENG Tiarr yi^{1*}, TANG Xirr hua², CHEN Werr xiang^{1**}

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. The Xiamen Standards Biotechnology Ltd., Xiamen 361009, China)

Abstract: In order to screening the harmful food rapidly, a multi-channel food safety rapid detection equipment is developed based on C8051F020 MCU. Furthermore, an alternative light source wavelength spectrophotometer method, curing equipment with the standard curve in order to achieve the detection of items than the quantitative and qualitative detection, will be used in this paper. Several functions such as online digital filter, data transmission by cable and wireless and data or testing information printing, etc. are well achieved. The experimental results show that this equipment has a high measuring accuracy and fast response. In the detection range, its RSD was less 2.5%, the range time of analysis was 5 seconds.

Key words: C8051F020 MCU; food safety; rapid detection equipment