

文章编号: 1000-5013(2008)04-0539-03

可扩展为多通道的胶体金测试系统的研制

王佳斌, 戴在平

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 研制对不同指标的试条进行扫描测试的胶体金测试系统. 系统采用高亮度绿色发光二极管作为光源, 高感度光纤探头作为感光元件, 使得传感器可以有效抑制被检测样本背景色对扫描过程的影响. 采用 8 通道 10 位 A/D MAX 192 两片并联的方式, 可以同时检测 10 种不同的样品进行分析, 并根据事先标定的光密度值与浓度的拟合曲线给出分析结果. 同时, 系统具有手工标定和自动标定两种方式, 提供试剂质控功能, 有效地保障试剂正常使用.

关键词: 胶体金; 多通道; 试剂标定; 试剂质量控制

中图分类号: TP 212; O 652.9

文献标识码: A

金标免疫层析试剂一般场合仅能检验 1 种指标, 其使用塑卡也只装 1 种试剂, 也就是只有 1 根金标试条. 但在某些场合, 如乙肝两对半需要同时检测 5 种指标; 判断有否吸毒的同时要检测 10 种指标; 产前筛查, 检测胎儿是否唐氏综合症(先天性痴呆)的同时, 需要检测 HCG(绒毛膜促性腺素)、AFP(甲胎蛋白)、 μE_3 (雌三醇)3 种指标. 对此, 金标试条有两种设计方法. 一种方法是在 1 根试条硝酸纤维素膜(NC 膜)上有 N 根测试线. 这种方案优点是几种指标仍用 1 根试条检测, 试条和光学探头都比较简单, 但缺点是前后测试线捕获样本中抗原(或抗体)和胶体金标志物和抗体(或抗原)的复合机会不均等, 易互相干扰, 影响准确性. 另一种设计方法是每 1 种指标独立 1 根试条, 塑卡做成排式, 互不影响, 较能保证测量准确性, 但这种排式塑卡装置要求配备有多通道光学探头及相应软硬件装置. 本文所阐述的胶体金测试系统采用的就是后一种方案.

1 传感器设计^[1]

多通道胶体金测试系统的系统框图和传感器部分结构框图, 分别如图 1, 2 所示. 传感器由光学部分和动作承载机构两部分组成. 光学部分主要完成感应并传输被检测样本的信息, 动作承载机构主要按照

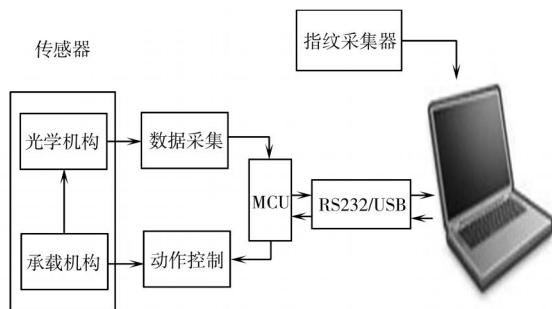


图 1 系统框图

Fig. 1 System block diagram

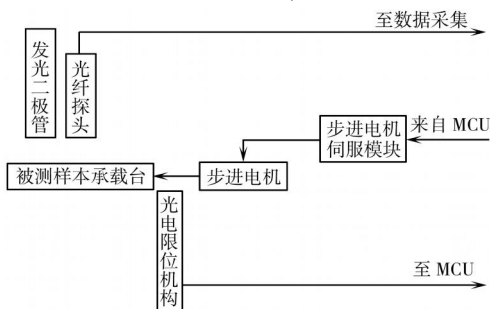


图 2 传感器框图

Fig. 2 The sensor diagram

系统数据采集要求, 控制被检测样本进行相应的移动. 传感器的设计充分考虑了对被检测样本在扫

收稿日期: 2008-02-08

作者简介: 王佳斌(1974-), 男, 讲师, 主要从事智能仪器与嵌入式系统软计算的研究. E-mail: fatwang @pub2. qz. fj. cn.

基金项目: 福建省自然科学基金计划资助项目(2006J0214)

描过程中可能受到的各种干扰因素的处理,采用高亮度绿色发光二极管作为光源,高感度光纤探头作为感光元件,并设计灵敏度可调的电路作为辅助措施.这使得该传感器可以有效抑制被检测样本背景色对扫描过程的影响,接收到对比度分明的图像电压信号,供数据采集电路使用.同时,为了有效控制被测样本的运动轨迹,相应的承载机构由步进电机、伺服模块及光电限位机构组成.

2 数据采集接口^[2]

对胶体金测试及判断的关键在临界值的测量上,如被测人员服食了一些含有相同或相似成分的正常药物时,被测样本的体现将有可能出现临界值的情况.此时,被测样本的数据采集的精度就显得很重要.兼顾采集精度及生产成本的考虑,数据采集接口采用两块 10 位的 A/D 转换器 MAX 192.它具有 8 路模拟输入接口,可以无需任何其他逻辑电路而直接与具有 SPI, QSPI 和 Microwire 的设备进行 4 线制的串行连接,使用方便,转换精度高,并可以有效节省多点控制单元(MCU)的 I/O 资源.

由于 MAX 192 为 8 通道 10 位 A/D,系统采用两片并联的方式,因此实际可检测通道达到 16 路,实际产品只使用了 10 路,可以同时 10 种不同的样品进行分析.同时,为了方便检测仪与 PC 机的连接,采用 RS-232 与 USB 接口的转换模块,这样,检测仪就可以方便地实现在 PC 机上的即插即用.另外,还保留了 RS-232 的接口,使该测试仪也可和 PC 机以普通串口方式连接,提供了接口的多种选择及灵活配置^[3].

3 人机界面及数据分析^[4]

人机界面完成除传感器上被测样本承载台初始化动作以外的整个检测仪的所有事务,包括以下 4 个方面.

(1) 样本测试扫描. PC 机通过 USB 或 RS-232 接口发送控制信号,控制被测样本承载台的动作及数据采集模块的数据通信.当正确获取到扫描数据后,进行数据分析;没有样本的通道则显示“未知”(Unknow),如图 3 所示.图 3 中,扫描曲线前 1 个波峰是样本控制线,第 2 个波峰才是实际反应测试曲线.在这条曲线中,波谷并不是在零点,这是样本的水分在试纸上的底色引起的.因为样本在试纸上爬行的情况并不一致,故其吸光度值(A)的计算是在图中曲线的后半部分,分别取波峰和波谷的值,然后相减.这样做可以有效地减少水分引起的底色在测量中造成的影响,然后可以根据数据库中保存的标定曲线换算成浓度显示.

(2) 保存被测样本.当发现可疑样本时,可以对该样本进行即时的保存.输入该样本的基本信息(包括进行指纹采集),按保存键,系统将自动将该样本保存到数据库,并可以在主界面中随时查询.

(3) 通过电子邮件发送保存在数据库的数据.该功能使得本系统可以随时随地向相关部门发送可疑人员数据,以供今后处理使用.

(4) 试剂标定.系统在进行以上操作之前,必须先对相应药品进行试剂标定并保存于数据库中.该操作的目的是通过对已知药品标准品的测量,取得一定点数(起码 5 点).使用一定的数学模型进行计算^[5],从而最终获得该药品光密度值和浓度之间的关系式,存入数据库供测试时使用.综合考虑到标定曲线允许一定的误差及标定过程的快速性,取函数进行曲线拟合,即

$$y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0,$$

使用最小二乘法来拟合该曲线,则

$$M = [y - (a_2 x^2 + a_1 x + a_0)]^2.$$

$$M_{a_2}(a_2, a_1, a_0) = 0, \quad M_{a_1}(a_2, a_1, a_0) = 0, \quad M_{a_0}(a_2, a_1, a_0) = 0.$$

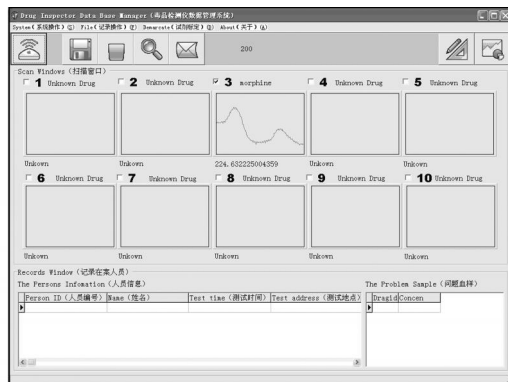


图 3 被测样本扫描界面

Fig. 3 The scanning interface of the tested sample

分别对上式的 a_2 , a_1 , a_0 求偏微分,然后对方程组进行求解得出 a_2 , a_1 , a_0 的值.这就是最终拟合的二次曲线的系数,存储于数据库中,在进行测试时就可以使用了.

这是本系统提供的手工标定方式,这种方式允许操作人员任意选择是同时标定多种标准品或是快速标定单种标准品.同时标定多种标准品需要多次扫描,而快速标定单种标准品则只须一次扫描,但不管使用哪种方式,都可以在扫描结束后一次性获得标定曲线,并提供是否覆盖原有标定数据的选择.因此,本系统在标准品快速标定的问题上可以有很好的表现.系统还同时提供自动标定方式,即随本系统配套一张事先标定好的常用标准品标定曲线.用户可以在主菜单中选择自动标定,因为标定操作一般操作人员,不能随便使用,因此需要权限验证.

4 试剂的质控

试剂(试纸)会因为存放时间长而产生衰减或失效问题,这时如果直接使用该试剂进行测试,会引起测试结果偏差大,甚至出现错误测试结果.因此,在一定时期需要对试剂进行质控操作,具体方法如下:取标准品的中、低浓度的样品进行测试,每种浓度测2次,得实际测得的浓度值.取平均值并求其与标准品浓度的误差,按照如下3种情况区别处理:(1)如果误差小于 $\pm 20\%$,显示“OK”,说明系统可正常使用.(2)如果误差大于 $\pm 40\%$,显示“Bad!”,则应提示用户暂停使用,需要分析原因.(3)如果误差在 $\pm 20\% \sim \pm 40\%$,系统允许对其进行数学模型的调整.系统提供直接通过点击相应按钮平移标定曲线的方法来进行数学模型的调整,操作直观方便.

5 结束语

由于本系统在人机界面设计和传感器数据采集接口设计上配合密切,优势互补,使得胶体金测试系统在兼顾测量速度与测量精度上及操作方便上达到一个良好的结合,质控功能的设计保障了试剂使用的可靠性.同时,系统具有手工标定和自动标定两种方式,在通信方面可以兼容 RS-232 和 USB 两种方式,用户在使用本系统时有不同选择的余地.

参考文献:

- [1] 杜民,方志成.金标试条定量测试仪的研究[J].仪器仪表学报,2001,22(6):12.
- [2] 谢瑞和.串行技术大全[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [3] 王佳斌,戴在平.模拟 I²C 总线从器件的一种方法[J].华侨大学学报:自然科学版,2004,25(2):206-209.
- [4] 黄军,熊勇,刘燕,等. Delphi 串口通信编程[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [5] 王佳斌,戴在平.温补晶振的一种实现方式[J].华侨大学学报:自然科学版,2007,28(4):376-378.

The Research of Multi-Channels Colloidal-Gold Strips Detecting System

WANG Jia-bin, DAI Zai-ping

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: To develop a colloidal-gold strips detecting system which can scan and analyze different strips at the same time. Use high-light green light emitting diode (LED) as the light-source, high-sensibility optical fiber as light sensor to suppress the background noise of the test sample. Use two pieces of MAX192 work in parallel as A/D, it can analyze 10 different samples at the same time, and give the result by the curve-fitting according the light density and concentration. The system has two calibrations name the manual calibration and auto calibration, which provide a way to calibrate the strips, and protect the strips those can be used effective.

Keywords: colloidal-gold strips; multi-channels; strips calibrate; strips quality control

(责任编辑:黄仲一 英文审校:吴逢铁)