

基于 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的尿液分析仪的设计与实现

Design and Implementation of Urine Analyzer Based on $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$

郝卫东 陈 亮 李 静 (桂林电子科技大学 机电工程学院 广西 桂林 541004)

摘要: 尿液分析仪是医疗卫生部门临床生化分析的重要仪器。本文介绍了一种基于 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的新型全自动尿液分析仪的设计与实现。本项目开发基于双波长反射原理,采用 80C552 单片机为控制核心,配用液晶触摸显示屏进行全屏图形显示,使用微型热敏打印机和外接通用打印机打印测试结果,并配备 USB 和 RS232 接口以方便进行数据传送和远程故障诊断。本系统检测速度较高,每小时可分析 500 个样本。本仪器的人机交互简便,操作可靠灵活,具有抗干扰能力强、运行稳定等特点。

关键词: 尿液分析仪 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 80C552 单片机

1 引言

尿液分析仪是临床生化分析必不可少的自动化仪器,它通过分析尿液物理性状和化学成分的变化,可以对肾脏和尿路是否存在疾病,以及疾病严重程度做出判断,它广泛地应用于各医疗卫生部门。测量精度是衡量医疗仪器的主要指标,在设计中主要从硬件软件两方面解决了尿液浓度、光线、温度等因素对测量精度的影响。系统硬件设计上,采用了先进的超高亮度冷光源测试技术,提高了光学系统的分辨能力和稳定性,降低了环境光对测试结果的影响。重点研究了如何获取传感器的微弱信号,并对其进行消除干扰噪声等处理,保证步进电机准确地定位到相关的测试点上。在软件部分,采用 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 实时操作系统,根据要求把用户系统任务设计大体分为三个部分,并设定了每个任务的优先级,与硬件配合实现了对环境温度、环境光和尿色等因素的自动补偿。最后完成仪器的定标工作,即如何将频率带进行准确的分割,使试纸反应所显示的不同颜色对应不同的频率范围。

本文所介绍的尿液分析仪与尿试纸配套使用,可以方便、准确、快速地测出人体尿液中的白细胞、酮体、亚硝酸盐、尿胆原、蛋白质、葡萄糖、尿比重、隐血、PH 值、维生素 C 等十一项物质的含量。设计中考虑到人性化因素,仪器所带的触摸液晶屏可显示中文引导菜单、操作提示信息和测试结果;能够自动感应试纸是否放置,并可将试纸条自动推到废物收集槽中;具有与

PC 机方便通信的功能以实现了远程故障检测。

2 尿液分析仪工作原理

尿液分析仪采用球面积分仪接受双波长反射光的方式测定试纸上的颜色变化进行半定量测定。仪器使用专用的试剂条,其上排列有若干试剂块,每个试剂块涂有不同的化学试剂,当把试纸条浸入尿液后,试剂区由于化学反应而发生颜色变化。试剂块的颜色深浅与光的吸收和反射程度有关,而颜色的深浅又与尿液中的各种成分的浓度成比例关系。所以只要测得光的反射率即可以求得尿液中各种成分浓度。

将吸附有尿液的试纸放在仪器测试槽内,试纸上已生化反应的各种试剂块被光源照射,其反射光被球面积分仪接收,球面积分仪的光电管被反射的特定波长的光照射,本仪器使用的波长为 550nm、620nm、720nm,其结构示意图见图 1。

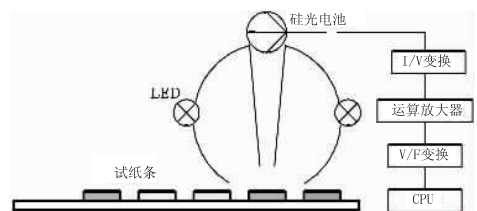


图 1 尿液分析仪结构示意图

仪器按下列公式自动计算出反射率,转换成相应的频率值,可自动打印各种成分的测试结果,尿液中种

成分含量高,其相应试剂垫的反射光较暗,否则较强。反射比公式如下:

$$R(\%) = (T_m * C_s) / (T_s * C_m) * 100\%$$

其中 R 为反射率, T_m 为试剂块对测定波长的反射强度, T_s 为试剂块对参考波长的反射强度, C_m 为参考块对测定波长的反射强度, C_s 为参考块对参考波长的反射强度。

利用光电池检测把反射光的强度换成电信号, 放大后再经数据处理, 然后存储、显示、打印。

3 硬件系统结构设计

3.1 硬件系统总体结构

本系统利用 80C552 单片机控制光源, 提供含有波长为 550nm、620nm、720nm 的可见光, 并控制步进电机带动试纸条运动, 实现对试剂块的逐项光照扫描, 按照双波长反射原理, 通过光电池, 不同强弱的反射光产生相应的电压信号, 滤波整形后送至 A/D 转换器 (80C552 自带 8 路 10 位 A/D 通道), 经单片机进行数据采集处理, 计算出每个试剂块的反射率并与其浓度值一一对应后, 把测试结果送到液晶显示屏上进行打印及存储。同时微处理器还负责处理触摸液晶屏的输入信号以及通过 RS232 接口与上位机进行数据传输和远程故障的检测。

根据实际需要, 设计的尿液分析仪系统主要由 CPU (PHILIPS 80C552)、存储器、键盘、LCD 显示器、步进电机、打印机、信号处理电路等主要部件构成。系统的总体设计框图如图 2 所示:

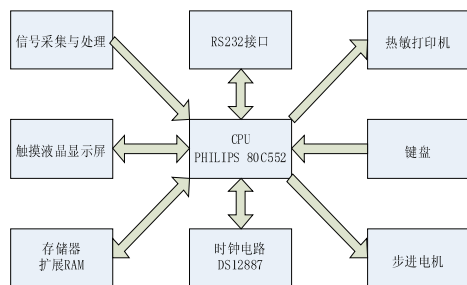


图 2 系统总体设计框图

3.2 光源与信号处理模块

在本系统中采用高亮度的单色发光二极管 (LED) 来取代以往的热源性光源或单色仪。高性能的 LED 不仅具有较好的单色性, 而且是固体冷光源, 具有使用寿命

长, 发光强度高且稳定, 发热量小、体积小、耐机械冲击和抗震动等特点。每个测试项目都有一个最佳的测试光来区分其不同的浓度。本光源模块中使用波长为 550nm、620nm 和 720nm 三种单色光进行检测, 并采用了硅光电池作为光电转换器件来设计 I/V 变换电路。硅光电池又叫光伏电池, 是一种把光能转换成电能的半导体光电器件, 其工作原理基于光生伏特效应。

当模拟信号送到 V/F 变换电路时, 常用通过改变放大器增益的方法来实现不同幅度信号的放大。在信号处理模块中, 系统利用 CPU 采用软件的办法来实现增益的自动变换, 具有这种功能的放大器就是程控增益放大器。程控增益放大器采用多路模拟开关与不同的反馈电阻相配合来实现。配合一定的软件, 很容易实现输出信号的增益控制。实现的最简单易行的方法是将运放的反馈电阻换成可编程的数字电位器, 通过 CPU 来控制数字电位器电阻的阻值来实现程控增益放大。采用这种方法的电路结构简单, 容易控制, 并且可以得到近似连续的增益控制, 用在测量仪器中, 还可降低系统的成本和提高可操作性, 综合考虑, 在本系统中采用了数字电位器来进行程控增益放大。

3.3 触摸液晶显示模块

为了更方便的进行人机交互, 简化操作流程, 提高使用效率, 采用了触摸液晶屏来进行数据显示和操作指令的输入。考虑到仪器的便携性及成本因素, 系统采用中等规模的液晶显示屏 MG320240。MG320240 型液晶是一种中等显示规模的黑白液晶显示模块, 320 点 × 240 行, 像点细腻, 显示屏面积适中且很薄, 适宜于需要显示比较丰富的图形与文字的产品, 其模块框图如图 3 所示:

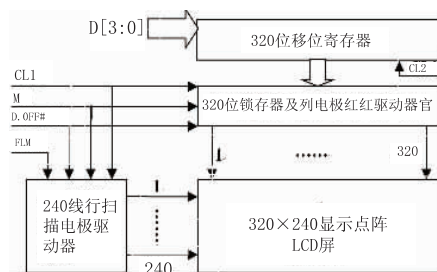


图 3 触摸液晶显示 MG320240 模块框图

3.4 数据存储电路

本仪器需要存储大量的尿液分析数据, 因此需要

存储芯片以实现尿液分析结果的长时间存储。考虑到数据的传输速度和存储容量,本系统采用了一片非易失静态 RAM DS1230 及两片外部 RAM62552 进行存储。DS1230 是美国 DALLAS 公司推出的非易失静态 RAM,其内部集成有掉电保护电路,锂电池和 32K 字节静态 RAM,在系统电压低于 4.5V 或断电时自动对静态 RAM 中的数据进行保存,其管脚与普通静态 RAM62256 完全兼容。图 4 为存储芯片与单片机的接口电路框图。

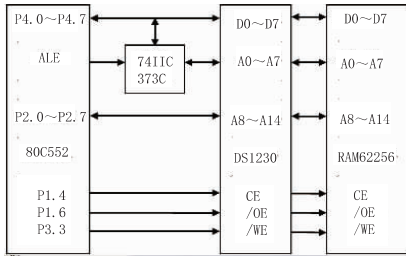


图 4 单片机与存储芯片接口电路框图

3.5 通信接口电路

为了方便仪器与上位机进行数据传送以及进行远程故障诊断维修,本系统配备了 RS232 接口与 PC 机相连。80C552 单片机本身具有一个全双工的串行口 UART,利用其 RXD 和 TXD 与外界进行通信,其内部有 2 个物理上完全独立的接受、发送缓冲器 SBUF,可同时发送和接收数据。因此只要配以电平转换的驱动电路、隔离电路就可组成一个简单可行的通信接口。PC 机有两个标准的 RS-232 串行口,其电平采用的是 EIA 电平,而单片机的电平是 TTL 电平,为使它们能够可靠地进行串行通信,本系统采用了 MAXIM 公司生产的 MAX232 专用芯片实现单片机与微机之间的硬件接口。

除了配备了 RS232 接口外,仪器还配有 USB 接口与 PC 机相连。本系统利用 USB 转 UART 桥接芯片 CP2102 完成 USB 的接口设计,实现与上位机的通信。CP2102 中的 USB 功能控制器是一个符合 USB2.0 的全速器件,集成了收发器和片内相应的上拉电阻。USB 功能控制器管理 USB 与 UART 间的所有数据传输、USB 主控制器发出的请求命令以及用于控制 UART 功能的命令。CP2102 的 UART 接口包括 TXD、RXD 数据信号,也可通过编程使 UART 支持各种数据格式和波特率。CP2102 与单片机接口是标准 UART 电平,与计算机的 USB 端口连接是 USB 标准电路,因此,与单片机连接不需电平转换。

3.6 时钟信号产生电路

本仪器需要精确控制尿液与试剂反应的时间以及存储分析的历史数据,所以设计了时钟信号发生电路。本系统选用时钟芯片 DS12887 来提供时基。采用 DS12887 芯片设计的时钟电路不需任何外围电路和器件,并具有良好的微机接口。程序能通过读写获得和修改时间,并能编程任意设定闹钟中断。

4 软件系统结构设计

4.1 $\mu C/OS-II$ 实时多任务的嵌入式操作系统

本系统的软件设计基于 $\mu C/OS-II$ 嵌入式操作系统。 $\mu C/OS-II$ 是一个源码公开的嵌入式多任务实时操作系统内核,其核心代码短小精炼,稳定可靠,可读性好,移植性强,非常适用于嵌入式实时控制系统。基于 $\mu C/OS-II$ 实时操作系统结构,应用程序(任务)处于整个系统的顶层,所有任务都有优先级,每个任务都可以认为自己独占 CPU,因此可以设计成一个无限循环。 $\mu C/OS-II$ 提供了实时内核、任务管理、时间管理、任务间通信同步和内存管理等功能。

4.2 用户任务设计

基于 $\mu C/OS-II$ 实时操作系统,根据要求把用户系统任务设计大体分为三个部分,并设定了每个任务的优先级。第一部分任务为测试部分,主要功能是实现仪器的自检及完成试剂条的检测工作,可实现对某一个测试样本进行插入重新测试的功能;第二部分任务为查询部分,可对检测得到的测试样本结果根据时间、号码或者范围进行选择查询而得到相应的样本信息;第三部分任务是设置部分,可对仪器进行日期时间设置、打印间距设置、光路校正、触摸屏校正以及密码安全设置等。这三大部分最终在触摸液晶屏上显示,极大的方便了操作者进行使用,简化了操作流程,提高了人机交互能力。

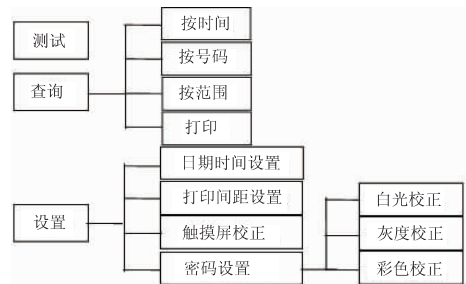


图 5 软件系统用户任务结构框图

基于 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的任务管理机制,根据系统的功能要求,划分了 7 个系统任务,并设置每个任务的优先级如表 1 所示:

表 1 系统任务划分

任务名	任务说明	优先级
Start_Task	操作系统建立任务	2
Test_Task	测试驱动任务	4
Result_Number_Task	按序号查询测试结果任务	6
Result_Time_Task	按时间查询测试结果任务	8
Result_Range_Task	按范围查询测试结果任务	10
Print_Task	打印测试结果任务	12
GUI_Updata_Task	界面窗口回调信息任务	14

Start_Task 是 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 初始化后运行的首要任务,它用于建立系统的所有其他任务,该任务执行一次后删除任务本身,不再执行;Test_Task 是测试任务,完成样本的测试工作;Result_Number_Task,Result_Time_Task,Result_Range_Task 三个任务是查询测试结果任务,负责完成按需查询;Print_Task 是打印任务,主要负责测试结果的打印;GUI_Updata_Task 是界面窗口回调信息更新任务,负责界面的实时显示。

为了便于系统升级,将所有任务的优先级编号设置为偶数,若需要在系统中加入其他功能,就可以在此基础上直接插入优先级编号为奇数的其他任务,而不需要改变原先任务的优先级,由此简化了新任务的添加,提高了系统的开发性和扩展性。

4.3 数据传输及远程故障检测软件

为了方便的与 PC 上位机通信及进行远程故障检测,降低服务成本,本项目基于 VB6.0 和 ACCESS 数据库开发出专用的数据传输及检测分析软件。该软件在 Windows 环境下运行,通过串口或者 USB 口可以方便的与本仪器进行通讯,实现参数修改、数据读取、故障诊断、时间设置等功能。通过仪器与 PC 机系统的相连进行通讯,加快了故障诊断的速度,大大降低了服务成本,节省了修理时间,更大程度上的保障了用户的利益。

5 试验结果

为检验仪器测试结果的准确性,用标准浓度的质控液对每个测试项目的不同的梯度分别进行了测试,同时给出每个项目的测试精度,所得测试精度如下:

表 2 尿液测试结果分析

项目	测试结果(准确度的百分比%)					准确度
	-	+ -	1+	2+	3+	
KET	95	96	94	96	93	94.5%
URO	97	93	93	98	91	94.4%
BIL	94	94	96		93	94.4%
LEU	93	94	94	97	93	95.5%
GLU	94	94	93	95	95	94.17%
NIT	92		94	93	97	93.4%
BLD	98	95	94	98	97	95.8%
VC	96	96	95	96	94	95.25%

在医学上,采用加号系统表示病情。“-”表示阴性,即被测试者健康,“+”表示阳性,即被测试者有疾病,加号越多,表示病情越严重。可以看出,在实验室条件下,与标准浓度相比较,测试的准确度达到 93.4% 以上,符合设计要求。

6 结论

本文讨论了基于 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的新型尿液分析仪的设计与实现。本仪器可以方便、准确、快速地测出人体尿液中的 11 项物质的含量;测试速度为 500 - 600 个标本/h,可存储 1000 份测试结果;配有自动修正感应试纸状态功能;采用了先进的触摸液晶显示屏技术简化了操作过程;具有与 PC 机方便通信的功能以实现了远程故障检测。

在医院中实际测试运用后证明,本仪器的人机交互简便,操作可靠灵活,具有抗干扰能力强、运行稳定等特点,具有良好的推广前景。

参考文献

- 1 Yantasee W, Timchalk C. Microanalyzer for biomonitoring lead (Pb) in blood and urine. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2006, (11).
- 2 JLABROSSE J. $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ The Real Time Kernel. New York: CMP media Inc, 1996.
- 3 何立民. 单片机高级教程. 北京: 航空航天大学出版社, 2000.
- 4 Labrosse J J. 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 第 2 版. 邵贝贝译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- 5 杨军, 龚雪容, 徐廷. 嵌入式系统中的液晶显示屏及其控制. 信息工程大学学报, 2005, (12): 55 - 58.
- 6 谭浩强. VisualBasic 程序设计教程(第二版). 北京: 清华大学出版社, 2003.