

文章编号:1000-582X(2005)09-0071-03

一种基于 CPLD 的压电生物传感器检测电路的设计*

刘锋伟,莫志宏

(重庆大学 化学化工学院,重庆 400030)

摘要:研究并设计了一种基于复杂可编程逻辑器件(CPLD)的压电生物传感器检测电路.该检测电路以高性能 CPLD(MAX7128)为核心,实现了对压电生物传感器 10 MHz 高频信号的测量与采集,以及所采集的频率数据动态、实时显示以及频率数据串行通信等功能.该电路体积小、集成度高,具有可靠性高、实时性高的特点.此外该系统还可以通过 RS232 串行接口与计算机连接进行数据传输和数据存储及分析.详细阐明了系统整体结构设计以及系统硬件部分的实现,并给出了 CPLD 内核仿真结果和数据采集软件实测频率曲线.

关键词:压电传感器;CPLD 设计;串行通信

中图分类号:O665; TP212

文献标识码:A

国内外基于压电石英晶体微天平技术的检测仪器大多数使用自行设计的振荡电路盒,使用高分辨的频率计数器测量频率输出,然后进行定时人工记数,仪器复杂,自动化程度低^[1].微型压电生物传感器检测电路采用当前最有发展前景的复杂可编程逻辑器件(CPLD)为核心器件设计而成.目前,CPLD 集成度可达 25 万等效门,工作速度可达 180 MHz.它借助自动化程度高的内核程序开发工具,可以大大缩短系统的设计周期,而且数据采集可以由一块 CPLD 芯片完成,整个系统的硬件规模明显减小.在系统的研制阶段,由于 CPLD 器件引脚比较灵活,又有可擦除可编程的能力,因此对原设计进行修改时,只需要修改原设计文件再对 CPLD 芯片重新编程即可,而不需要修改电路布局,更不需要重新加工印刷电路板,这就大大提高了系统的灵活性.结合压电生物传感器特性,研制一种微型化的压电传感器检测电路有十分重要的意义.

1 压电生物传感器原理

压电石英晶体频移 ΔF 与在晶体表面均匀吸附的极薄层刚性物质质量 Δm 之间存在正比关系,由 Sauerbrey 方程描述,并且对于 AT 切割的石英晶体,可得到 Sauerbrey 方程式:

$$\Delta F = -2.26 \times 10^{-6} \times \frac{F_q^2}{A} \times \Delta m,$$

式中, ΔF 、 F_q (晶体基频)、 Δm 、 A 单位分别为 Hz、Hz、 $g \cdot cm^{-2}$ 、 cm^2 .

石英晶片在气相中振荡时, Δf 与 Δm 呈简单的线性关系,因此石英晶片可用来做非常敏感的质量检测器,其检测限可以达到 ng 级($10^{-9} g \cdot cm^{-2}$),甚至 pg ($10^{-12} g \cdot cm^{-2}$)级水平^[2].

根据压电石英晶体传感器的原理设计了一种微型化的压电传感器检测电路,其检测原理为在传感器上预先固定与待测物能发生亲和反应的“探针”,检测待测物时,随着亲和反应的进行,检测电路实时跟踪反应过程,记录传感器上质量变化引起频率变化,再通过上述定量关系式计算待测物的量,其灵敏度可以达到纳克级水平,结合纳米金技术可将传感器的灵敏度提高 3~5 倍^[3].

2 电路硬件设计

微型压电传感器检测电路是经过前几代仪器的开发经验总结和改进基础上完成的.它摒弃以往 TTL 集成电路或 MCS51 单片机为核心电路波动大,稳定性差,电路板绘制复杂,不利于升级换代的缺点^[4],选择使用 ALTERA 公司生产的复杂可编程逻辑器件(CPLD)MAX7128 为核心,基于 RS232 通信方式的串行接口数据采集分析平台^[5].该系统分为 7 个模块:电源供电模块,RS232 电平转换模块,振荡电路模块,时钟模块,数码显示模块,MAX7128 内核模块.其电路板布局如图 1 所示.

* 收稿日期:2005-03-10

基金项目:科技部中小企业创新基金项目(03C26215100252)

作者简介:刘锋伟(1978-),男,河南荥阳人,重庆大学硕士研究生,主要从事生物传感器研究.

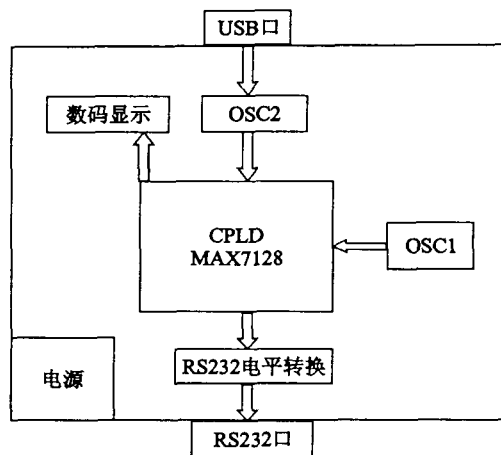


图1 硬件结构图

图1中,USB口为压电生物传感器与检测电路相连接的接口;RS232口为与计算机相连接的接口,将数字化的传感器信号(频率值)上传到计算机,由计算机(PC机)实现传感器信号的实时采集和显示,采集数据程序由VC++6.0编写^[6];OSC1为提供系统工作时钟振荡电路,由TTL芯片和12MHz标准晶振组成,产生1s脉冲信号,作为CPLD工作时钟输入、RS232通信时序脉冲以及数码管动态显示时序脉冲,准确度高、且精确;OSC2为传感器振荡电路,经过几代反复改良,在气相、液相均能够正常振荡且波形正常,将传感器表面生物反应信号转化成脉冲信号,输入CPLD进行信号数据采集;数码显示采用共阴极8×8段数码管,动态扫描显示当前传感器信号值和简单数据分析判断结果;电源给系统提供直流5V工作电压,含有直流6~15V变成5V稳压电路;RS232电平转换电路将从CPLD输出的CMOS电平转化为计算机所接受的TTL电平,而且可增加数据传输距离。

作为系统内核的CPLD,采用Verilog HDL硬件设计语言、MAX+plusII 10.1编译系统编写基于Altera公司CPLD(MAX7128)器件的内核程序,设计实现了秒时钟定时、10MHz频率测量、RS232通信时序发生器、RS232协议数据通信、频率数据判断简单分析以及数码管动态扫描显示控制等综合功能,其原理如图2所示。

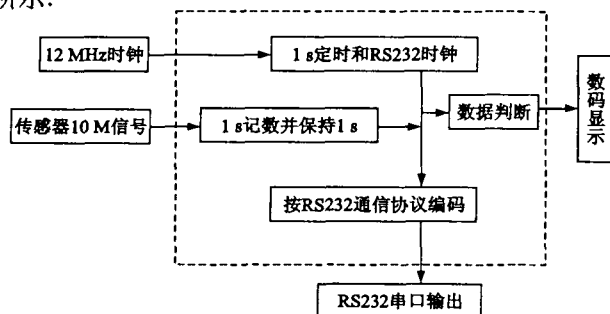


图2 CPLD内核原理图

3 系统仿真及实测结果

系统仿真结果:为了便于观察,将秒时钟计数判断设置为66C0,得到内核模块的仿真图,如图3所示.仿真图给出了频率采集细节,数码管显示控制以及串行通信控制。

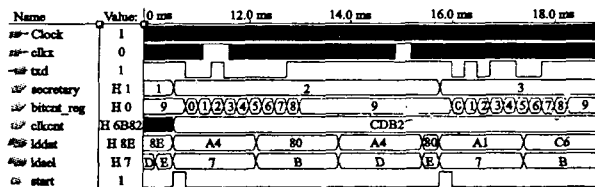


图3 CPLD内核仿真图

仿真结果吻合了设计思路,把内核程序下载到CPLD(MAX7128)器件中,实际测试过程中,数码管可以正确显示当前传感器的响应信号,使用自己开发的采集程序通过计算机串行通信采集数据数据曲线如图4所示.所采集的数据与仿真情况一致,更进一步验证了设计思路的成功。

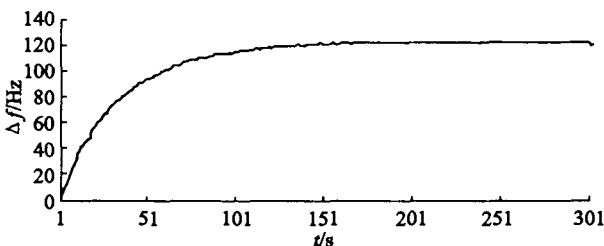


图4 采集程序实测频率数据曲线

4 结语

压电生物传感器检测电路可扩展为单通道微型压电生物分析仪器,它可以基于核酸杂交的特异性,在医学临床研究领域用于疾病诊断或者基于抗原/抗体之间的特异性结合反应,用于生物样品分析。该仪器灵敏度高,特异性强,若采用CPLD升级为大容量FPGA后,可以方便升级为多通道生物分析系统,应用于生物分析检测各个领域。

参考文献:

- [1] 王存嫦,王桦,吴朝阳,等. 纳米金自组装膜的IgM压电免疫传感器的研究[J]. 化学学报, 2003, 61(4): 608-613.
- [2] 姚守拙. 压电化学与生物传感[M]. 长沙:湖南师范大学出版社, 1997.
- [3] 谭碧生,曹晓红,莫志宏. 金纳米粒子的制备方法及在DNA检测中的应用[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2003, 26(4): 58-62.
- [4] 王磊磊,方晖,曾庆音,等. 基于压电晶体传感器阵列技

- 术的智能分析仪[J]. 分析科学学报, 2001, 17(3): 235-238.
- [5] 周立功,夏宇闻. 单片机与CPLD综合应用技术[M]. 北

京:北京航空航天大学出版社, 2003.

- [6] GREGORY KATA. Visual C++ 6.0 开发使用手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.

Circuit Design of Piezoelectric Biosensor Based on CPLD

LIU Feng-wei, MO Zhi-hong

(College of Chemistry & Chemical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: A kind of sampling circuits of piezoelectric biosensor is designed based on the CPLD devices. It is realized that 10 MHz high frequency signal measure and sampling, data display and data serial communication etc. The system has been proved to have high reliability, good real-time performance. The system architecture are discussed in detail including hardware and software, and the implementation. The simulation result of CPLD kernel and the frequency curve by sample soft are shown.

Key words: piezoelectric sensor; CPLD design; serial communication

(编辑 吕赛英)

(上接第67页)

Matter-element Evaluation Model on the Personal Credit of University Students Loan and It's Application

SHI Wei-ren¹, LIN Yin-hua¹, ZHANG Wan-li¹, ZHANG Li²

(1. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. College of Computer and Information Engineering, Chongqing 400037, China)

Abstract: This paper analyzes the current situation of university students' credit evaluation and set up an evaluation index system of university students' credit to compensate a loan. Based on this index system, this paper sets up a matter-element evaluation model on the individual credit of university students loan by means of extensible engineering method. The grade of individual credit and the index for evaluating the level of individual credit are made as matter-element, meanwhile, the classical field, the segment field, the weight coefficient are obtained. Dependence function is established based on the grade of individual credit and then the grade is judged by calculating the synthetic dependence degree. Finally, this paper presents the evaluation method by giving an example. This method is simple in calculation, reasonable in evaluation with high applicability.

Key words: personal credit; evaluation index system; matter-element; evaluation model; dependence function

(编辑 吕赛英)