

PCR 仪中电子系统的研制

刘小雪, 陈科, 张清跃, 张兰, 王冬, 冯继宏*
(北京工业大学生物医学工程中心, 北京 100124)

摘要: 本文简述了实时 PCR 仪中电子系统的软硬件构成以及实验结果。在实时 PCR 中, 我们采用 TI 公司的 DSP320F2812 作为微处理器控制芯片, 利用它的速度优势、数据处理功能以及强大的控制功能, 实现荧光信号的采集、温度控制以及运动控制功能。实验证明, 数据传输速度达 15MB/s、精度至少 5.23%; 温控模块中升温速率为 $\pm 3^{\circ}\text{C/s}$ 时, 温度精度为 0.2°C 。
关键词: DSP, PCR, 温度控制, 数据采集, USB2.0

Summary: In this paper, we introduce the hardware, software and experimental results of our development of the electronic system in a real-time polymerase chain reaction (PCR). In the real time PCR, we use DSP320F2812 chip from TI Company as a core microprocessor-controller for its speed advantage and data-processing ability, especially its powerful control functions to implement the fluorescence signal acquisition, temperature control and motion control. The experimental results show that the data transfer rate is upto 15MB/s with precision at least 5.23% and temperature rising rate is $\pm 3^{\circ}\text{C/s}$ with precision 0.2°C .

Keywords: DSP, PCR, temperature control, data acquisition, USB2.0

基金项目: 北京市中青年骨干教师培养计划资助项目(102(KB)00818); 北京市教委科技发展计划基金 KM200710005028; 德州仪器创新基金。

1 引言

实时 PCR 仪是最新的分子诊断工具, 由温度循环仪和荧光检测系统组成(电子系统包括荧光信号的采集、温度控制以及运动控制模块), 广泛应用于病原体测定、免疫分析、基因表达、突变和多态性、估计病毒负荷量以及评价临床治疗效果等方面。在正在开发的实时 PCR 中, 我们采用 TI 公司的 DSP320F2812 作为微处理器控制芯片, 利用它的速度优势、数据处理功能以及强大的控制功能, 实现荧光信号的采集、温度控制以及运动控制功能。实验证明, 数据传输速度达 15MB/s、精度至少 5.23%; 温控模块中升温速率为 $+3^{\circ}\text{C/s}$ 时, 温度精度 0.2°C 。

2 系统设计

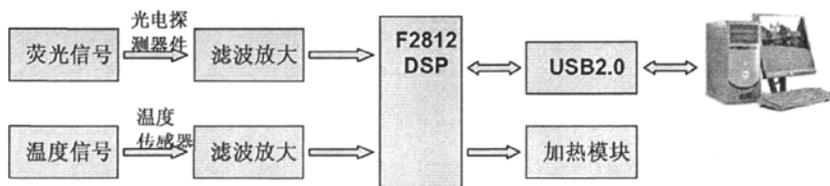


图 1 PCR 电子系统框图

实时 PCR 仪的电子系统分为数据采集系统和温度与运动控制系统, 在数据采集模块中, 荧光信号通过光电倍增管将荧光信号转换为电信号, 经过放大、滤波通过 F2812 内嵌的 ADC 模块将模拟信号转换为数字信号存入 F2812 中, 再通过 USB2.0 接口将处理过的数据传输到 PC 机上; 温度控制模块中, 温度信号通过温度传感器将温度信号转换为电信号, 经过初步的放大、滤波同样通过 F2812 内嵌的 ADC 模块将模拟信号转换为数字信号存入 F2812 中, 经过数字滤波后, 采用 PID 算法输出 PWM 波, 对热电模块升降温的精确控制。电子系统框如图 1 所示。

3 硬件电路设计

系统硬件的主要模块包括: 荧光与温度信号输入模块、F2812 处理与控制模块、外部 FLASH 和 SRAM 存储模块、USB 接口控制模块, 以及 JTAG 调试模块等。电路原理如下图 2 所示。

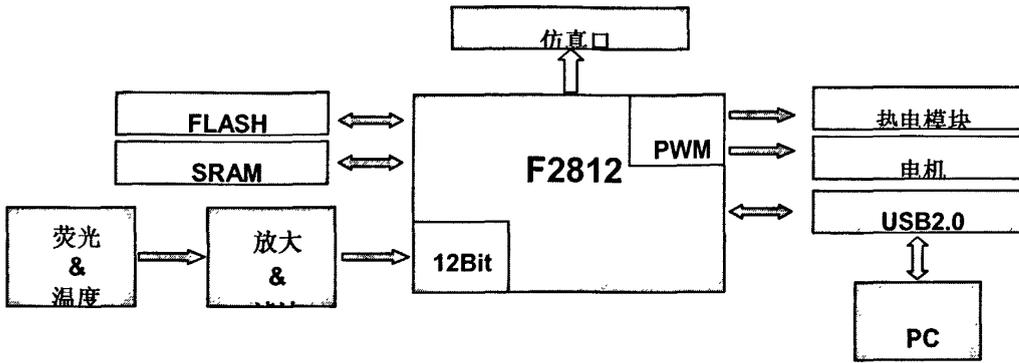


图2 系统硬件电路原理框图

TI 公司先后推出了 TMS320F2407、F2810 和 F2812 等多款经典的控制处理器,其中 F2812 处理器是 C2000 系列中性能最强大的一款 32 位 DSP 芯片,向下完全兼容 TMS320F2407,且比 F2810 具有更丰富的资源。F2812 片内有 128K 的 FLASH、18K 的 SRAM、UART、56 个 I/O 口、12 位 16 通道的模数转换单元,最高达 150MIPS 的处理速度。目前,这款处理器在工业上应用成熟,购买方便,正处在 TI 公司大力推广阶段,技术支持非常完善,在系统开发中具有很高的性价比,我们选择芯片 F2812 为核心芯片用于我们研制的实时 PCR 电子系统开发。

同时重要的芯片选择为 USB 芯片采用了 CYPRESS 公司的产品,光电转换器件采用了光电倍增管。

4 软件系统设计

系统的软件设计包括电路的接口程序设计、USB 驱动设计、数据采集设计、PID 控制算法设计以及 PWM 输出设计根据彼此的特点,软件分别采用 TMS320F2812 的汇编语言、c 语言和进行编写。

图 3 为荧光信号采集主程序流程图:首先进行系统初始化、初始化定时器、模数转换模块的中断、初始化模数转换模块、开启中断,当 PC 机给采集指令时,开始通过 adc 通道采集温度信号和荧光信号,通过的 AD 模块将模拟信号转换为数字信号并进行存储,是荧光信号则调用中断程序,通过 USB 的端口,将数据上传至 PC;而温度信号则进入温控子程序进行下一步处理,之后输出 PWM 波和将处理后的温度信号通过 USB 端口传输给 PC 机。PC 端上位机程序实现数据采集与显示功能。

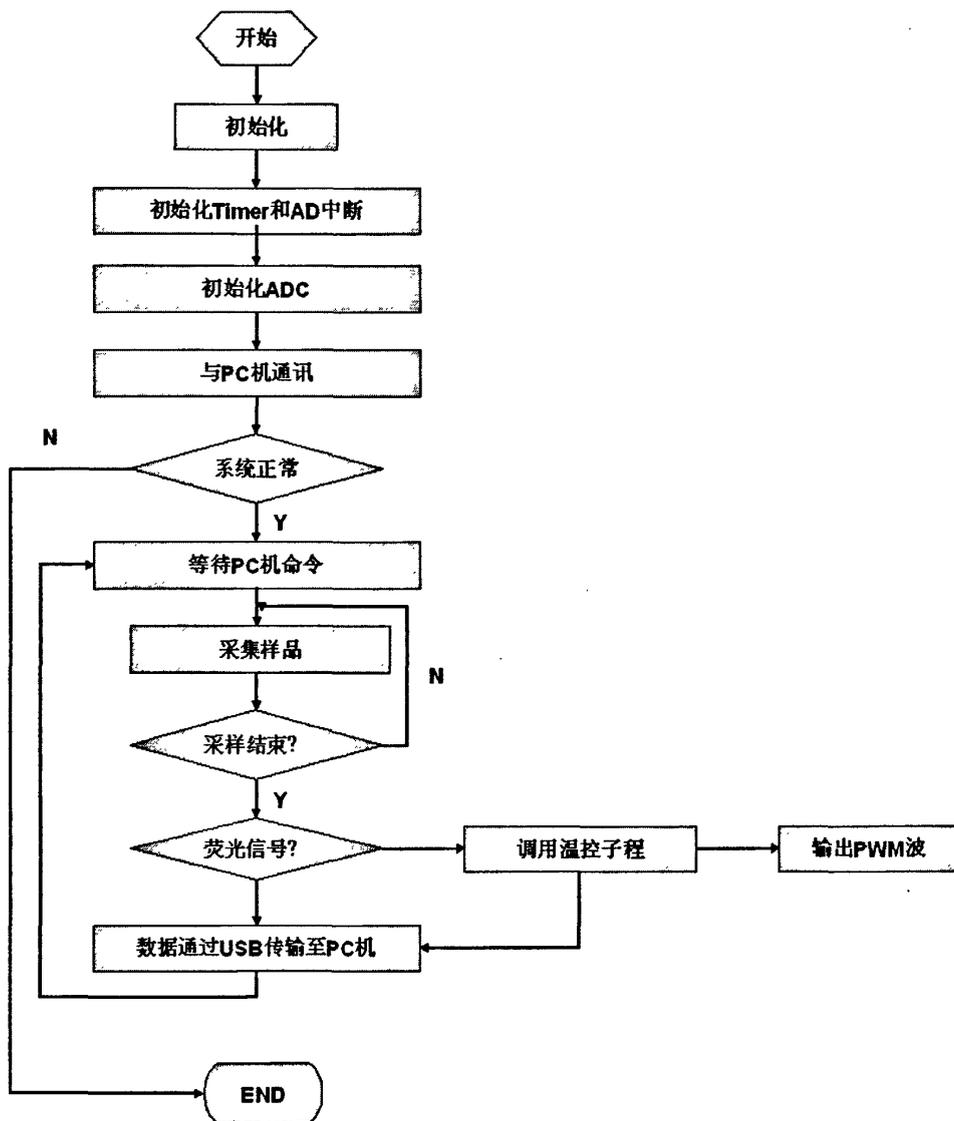


图3 软件系统流程图

5. 实验测试

5.1 模数转换

在 CCS 软件环境下，编写程序并调试 F2812，实现系统实现数据采集与传输的功能。在 F2812 模块的模拟信号输入端输入电压，经过 F2812 芯片内嵌的 ADC 模块模数转换，将模拟信号输入端输入电压（转化为 10 进制数字信号，看成理论数值）与实际转化后采集信号比较，得出误差值，如表 1 所示。分析表格 1 中数据，表明经过 F2812 芯片内嵌的 ADC 模块模数转换，误差率最大为 5.23%。

表 1 数据采集结果

输入电压 / V	AdcRegs RESULT	理论计算结果	误差 (%)
2.859	64560	62440	3.28377
2.653	60320	57941	3.94397
2.441	55280	53311	3.56187
2.225	50352	48594	3.49142
1.985	45216	43352	4.12243
1.662	37728	36298	3.79029
1.355	30928	29593	4.31648
1.165	26848	25443	5.23316
0.981	22176	21425	3.38654

5.2 温度数据采集

我们已经设计并且实现升降温电路,采用移相全桥开关电路设计加热制冷的高频开关电源,选用半导体加热制冷方式搭建 PCR 加热与制冷系统;选择高敏感度的温度传感器检测温度信号。采用 PWM 脉宽调制对热电模块控制, PWM 控制方式突出特点是既能提高控制精度,又能缩短控制时间,很好地解决了控制精度和控制时间的矛盾,所以适用于 PCR 反应控制。

表格 2 给出了温度测量情况。实际温度是指利用温度计测量的值,测试温度是指利用传感器得到的电流或电压还算成温度,可以看出温度较低时,误差值较小 0.10,而温度升高时,误差值较大 0.43。进一步工作将是选择更好的传感器以及优化温度线性算法提高精度。

表 2 温度测试结果

实际温度/°C	测试温度/°C	误差 (0~100°C) (%)
21	21.10	0.10
30	30.14	0.14
41	41.25	0.25
51	51.27	0.27
63	63.33	0.33
72	72.34	0.34
81	81.40	0.40
90	90.36	0.36
97	97.43	0.43

6 结束语

完成了 PCR 仪中电子系统的构建,包括荧光和温度信号采集、USB 接口和温度控制模块。测试数据传输速度达 15MB/s、精度至少 5.23%;温度采集精度可以控制在 0.5°C 内。

参考文献

- [1] 苏奎峰,吕强,耿庆锋等. TMS320F2812 原理与开发[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [2] 王尔申,张淑芳. 基于 DSP 的 PID 高精度温度控制系统的设计[J]. 仪表技术与传感器,2007, 6:69-71
- [3] 韩安太等. DSP 控制器原理及其在运动控制中的应用[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 胡林艳,唐小萍. 用 DSP 控制单元实现 PCR 温度控制的方法[J]. 维纳电子技术,2004, 8: 46-47

作者简介

刘小雪(1985-),女,研究生。

研究方向:便携式医疗设备开发;温度控制系统研究。

作者单位:北京工业大学生物医学工程中心(100124)

邮箱: nanyurui@emails.bjut.edu.cn

*:通讯作者:冯继宏,副研究员;

Email: jhfeng@bjut.edu.cn

电话:010-67392172

通信地址:北京市朝阳区平乐园 100 号,北京工业大学生命科学院

听诊器的测试

胡济民

(江苏省医疗器械检验所 210013)

听诊器是每个医生必备的医疗器械,随着人民生活水平的提高,听诊器作为家庭保健品也大量进入家庭。江苏省有十几家生产听诊器的企业,产品不仅畅销全国,而且还远销世界各地。在听诊器的检验中,我省对听诊器的声学特性还无法测试。完善检测手段,提高监督的效率是迫在眉睫的事情。所部决定建立听诊器的声学性能测试设备。

1 听诊器的工作原理

我们在日常生活中经常见到的鼓,鼓被敲打后,鼓面发生振动,发出咚咚的声音。听诊器也是一样,