

# 基于 C8051F 的台式高速冷冻离心机系统设计与实现\*

曾喜良, 陈丹桂

(湖南涉外经济学院, 湖南 长沙 410205)

**摘要:** 介绍了一种基于 C8051F 的台式高速冷冻离心机系统的设计。该系统以 C8051F020 单片机为核心, 设计了转速测控、温度测控、转子识别、操作显示电路及各软件控制程序。C8051F020 资源丰富, 大大简化了外围电路, 降低了开发成本。经仿真调试和在某离心机公司试用证明, 模块化设计使离心机的整体稳定性得以提高, 各项测量参数准确, 控制过程可靠。采用反射光编码技术自动识别转子, 简化了用户操作, 保证了更高的安全性。

**关键词:** C8051F020; 离心机; 电机; 转子识别

中图分类号: TP27

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)03-0020-03

## Design and implementation of table high-speed refrigerated centrifuge system based on C8051F

Zeng Xiliang, Chen Dangui

(Hunan University of International Economic, Changsha 410205, China)

**Abstract:** This paper introduces a design and implementation of table high-speed refrigerated centrifuge system based on C8051F. The system uses C8051F020 single chip as the core, designs speed monitoring and control circuit, temperature measurement and control circuit, rotor identification circuit, operation circuit, display circuit and the software control program. C8051F020 is rich in resources, greatly simplifying the external circuit, reducing development costs. Passing the simulation debugging and testing in a centrifuge company proves that modular design can increase the overall stability of the centrifuge, the various measured parameters are accurate, the control process is reliable. Using the reflected light coding technology to identify rotors automatically, which simplifies the operation and ensures higher security.

**Key words:** C8051F020; centrifuge; motor; rotor identification

离心机是集机械、电子、制冷、真空、材料等多项技术于一体的样品分析分离仪器, 广泛应用于生物医学、石油化工、农业、食品卫生等领域。它借助驱动设备使离心机转子高速旋转, 利用不同物质在水溶液中因不同的密度、大小和形状而在离心力场中沉淀速度的差异, 实现样品的分离、精制及纯化<sup>[1]</sup>。从 1878 年瑞典人 DeLaval 研制的牛奶分离器至今, 离心机历经低速、高速、超速的变迁。低速离心机最大转速不超过 6 000 r/min, 主要用于固液沉降分离, 通常直接在室温下运转; 高速离心机最高转速可以达到 20 000~25 000 r/min, 也用于固液沉降分离, 一般带有制冷系统, 转速、温度和时间都可以严格准确地控制; 超速离心机转速在 25 000 r/min 以上, 都

装有真空系统<sup>[2]</sup>。

本系统针对台式高速冷冻离心机的性能要求, 以 C8051F020 单片机作为核心处理器, 采用模块化方法对其硬件和软件进行详细设计。

### 1 系统结构

离心机整体结构由主机和附件组成。主机包括机壳、离心室、门盖、电机、驱动伺服系统、制冷系统、控制系统及操作显示部分, 附件分为转子和离心管。其逻辑功能结构如图 1 所示。

驱动伺服系统负责驱动电机运转, 控制电机的转速; 制冷系统用来降低系统的温度, 通过温度控制系统确保分离的样品在一个合适的温度环境; 操作显示部分用来设置显示系统的各项参数, 包括转子号、转速、离心

\* 基金项目: 湖南省教育厅科学研究项目(10C0914, 10C0916)

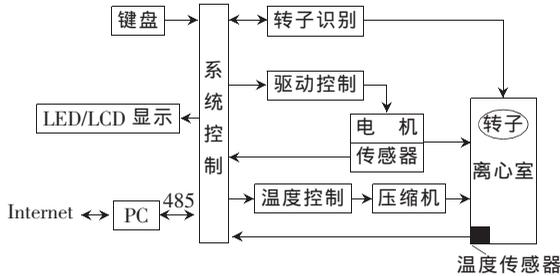


图1 离心机功能模块图

力、温度、时间及故障提示；转子识别在启动低速时识别相应转子型号，以限制其最高转速，避免因人为设定错误导致转子超速，造成转子爆炸事故，保证安全；故障检测系统是当离心机因设定错误或运行中出现故障而进行的检测提示，并为保护系统正常工作和人身安全采取相应措施；系统控制是离心机的控制中心，负责离心机的各项参数设置和功能设定，管理和控制各个系统的运行情况。

## 2 硬件设计

台式高速冷冻离心机的性能要求为：最高转速为 25 000 r/min，转速控制精度为 $\pm 50$  r/min；时间可选择 0~99 min；温度控制范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，控制精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；可自动识别转子号，实现 1~9 挡升/降速方式。根据这些要求，系统选择 C8051F020 单片机为核心处理器，外围元件包括带霍尔传感器的三相无刷直流电机、功率驱动模块 IGBT(FSBS15CH60F)，温度传感器 DS18B20、可控硅 BT136、霍尔传感器 A3144、液晶显示屏 CA240128A、OMRON 轻触开关及 MAX485 通信模块。

### 2.1 C8051F020

C8051F020 单片机是美国 Cygnal 公司 Silicon Labs 推出的完全集成的混合信号系统级 MCU 芯片，具有与 MCS-51 指令完全兼容的高速、流水线结构的 CIP-51 内核。它在一个芯片内集成了构成一个单片机数据采集或控制系统所需要的几乎所有模拟和数字外设及其他功能部件。这些外设部件的高度集成为设计小体积、低功耗、高可靠性和高性能的应用系统提供了方便，也可使系统的整体成本大大降低。JTAG 调试和边界扫描接口可实现全速、非侵入式的系统实时动态调试<sup>[3]</sup>。

### 2.2 转速测量与控制

离心机的分离品质由离心场力直接决定，其动力通常由电动机提供，在转子不变的情况下可通过调节电动机转速来控制离心力大小。实际中常用相对离心力 RCF (Relative Centrifugal Force) 即地心引力的倍数表示<sup>[4]</sup>：

$$RCF = \frac{F}{mg} = \frac{m\omega^2 R}{mg} = \frac{\left(\frac{n}{60}\right)^2 R}{g} = 1.118 \times 10^{-5} n^2 R \quad (1)$$

其中， $\omega$  为角速度； $n$  为转速，单位为 r/min； $R$  为离心半径，单位为 cm； $RCF$  为离心力(场)，单位为 g； $g$  为重力加速度  $9.8 \text{ m/s}^2$ 。

转速调节部分是离心机的核心，主要由控制、功率驱动和电机三大要素组成。本系统采用 IGBT 模块 FSBS15CH60F 实现电机功率驱动，外部一端与单片机的 PWM (Pulse Width Modulation) 信号口相连，通过调节占空比来改变传输给电机的有效电压，实现电机速度控制以及 9 挡升降速；另一端 U、V、W 引脚与三相电机相连。电路如图 2 所示。

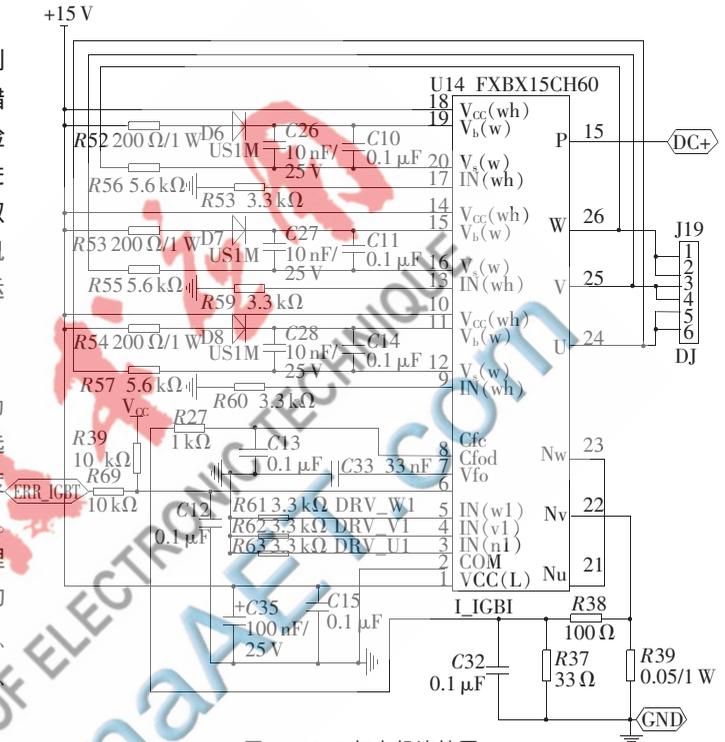


图2 IGBT与电机连接图

三相无刷直流电机的 3 个霍尔传感器以  $120^{\circ}$  的电角度分布，单片机通过计算 1 s 内传来的脉冲个数  $p$  整除 3 即得到当前电机转子的转速<sup>[5]</sup>：

$$n = \frac{p}{3} \times 60 = 20p \text{ (r/min)} \quad (2)$$

### 2.3 温度测量与控制

单片机将温度传感器 DS18B20 测得的值与设定值比较后，控制可控硅 BT136 的导通，进而调节电磁阀的开关量，影响压缩机的制冷度，实现对温度的控制。电路连接如图 3 所示。其中的 MOC3041 为一种带有光耦合的双向可控硅驱动电路，由输入和输出两部分组成，其内部集成了发光二极管、双向可控硅和过零触发电路等器件。当单片机的 WD\_KZ 输出低电平时，MOC3041 输入部分的发光二极管导通，发出足够强度的红外光触发输出部分以控制可控硅的导通。

### 2.4 转子识别

本系统采用反射光编码识别转子号<sup>[6]</sup>。在离心机转子底部装上编码盘，根据转子编号规则交错涂上浅色和深色条纹，在其下方对应位置安装一个光电检测装置，通过对不同编码盘上浅、深色条纹的识别判别不同的转

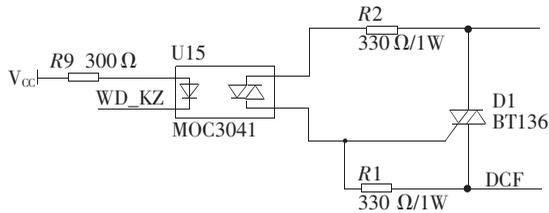


图3 温度控制电路图

子,并以此判别所适应的最大转速。

反射光编码识别示意图如图4所示。其中,1为转子,2为编码盘,3为光电检测装置,4为发射管,5为接收管,6为驱动机构。在转子底部安装一编码盘,编码盘上交错涂有浅色和深色条纹,可与光电检测装置所发出的信号相对应。工作时,光电检测装置上的发射管不停地发射光线,当光线遇到编码盘的浅色区域会产生反射,接收管接收该反射信号后导通,给与其相接的单片机输出低电平;当光线遇到编码盘的深色区域时,光线被吸收,接收管不导通,则给单片机输出高电平。这样,通过采集编码盘反射回来的光电信号转换成相应的脉冲信号,只要计算当转子转一圈时的脉冲个数,就可识别不同的转子。

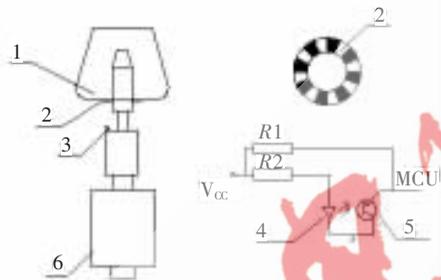


图4 反射光编码识别示意图

此外,单片机通过轻触开关及LCD连接实现操作与显示控制;还可通过RS-485与PC连接,实现相应的数据输出和监控管理。

### 3 软件设计

本系统操作系统选用RTX51,集成开发环境选择Keil 8.02,结合wave仿真器在线模拟调试。软件采用模块化设计,主要包括主循环模块、中断服务模块、键盘扫描模块、显示模块、电机调速模块、温度控制模块、转子识别及故障检测模块,主控流程如图5所示。开机时进行系统初始化,包括定时器、I/O口、中断、变量等的初始化,当有按键按下时,键盘扫描模块判断键值,并转入键值对应的处理模块;运行过程中若有超温、超速或故障则报警停机。部分程序代码如下:

```
//系统主程序
void main(void)
{
    sysInit(); //系统硬件初始化
    glbInit(); //全局变量初始化
    fnDispWelcom(); //显示欢迎界面
    SysMenu(); //显示系统菜单
}
```

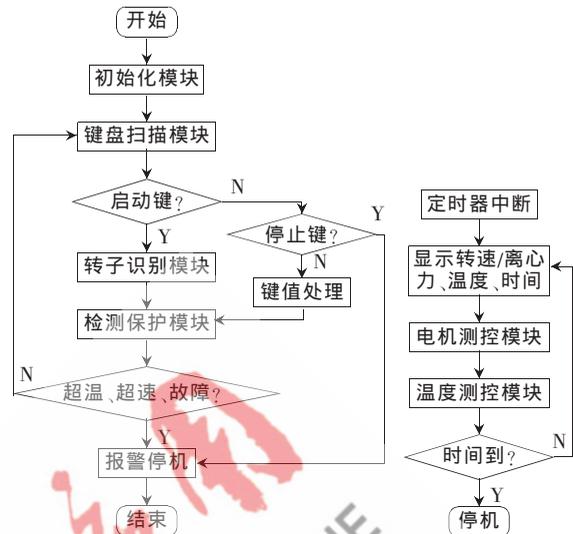


图5 主控流程图

```
bT0=0;
while(1)
{
    if(bT0==1)
    {
        bT0=0;
        gucInputKey=ReadKey(); //读按键
        if(gucInputKey!=0)
        DealKey(gucInputKey); //按键处理
        DealTime(); //时间处理
        Display(); //显示函数
    }
    else
        PCON|=0x01;
}
//系统硬件初始化
void sysInit(void)
{
    uint i;
    P2=0x1f; //P2.7,P2.6,P2.5全部清零,让IGBT上桥 //臂关断
    P4=0xfb;
    for(i=4000;i>0;i--) //延时让CPU可靠复位
        P4=0xff;
    Init_Device(); //初始化020CPU
    for(i=4000;i>0;i--)
        fnLCMInit(); //初始化液晶屏
}
```

本系统选择片上资源丰富、功能强大的C8051F020单片机,大大简化了外围电路,降低了开发成本。经仿真调试及在某离心机公司的试用证明,模块化的软硬件设计使离心机的整体稳定性得以提高,各项测量参数准

确,控制过程可靠。采用反射光编码技术自动识别转子,简化了用户操作,确保了更高的安全性。

参考文献

- [1] 杨云,金绿松,郭文军,等.离心机驱动结构回顾与展望[J].机械设计与制造工程,2000(9).
- [2] 金绿松,王家龙.我国实验室离心机的现状与展望[J].中国仪器仪表,2008(5).
- [3] 潘琢金.C8051F020/1/2/3 混合信号 ISP FLASH 微控制器数据手册[Z].2005.
- [4] 高速冷冻离心机型号标准[S].YZB/湘(长)98-2005
- [5] 徐猛,刘波峰,马建林,等.基于智能功率模块的台式离

心机电控系统[J].仪表技术与传感器,2008(12).

- [6] 朱先德,吴汉炯,朱明轩,等.医用离心机转子识别机构[P].中国.CN 2489873Y.2002.05.08.

(收稿日期:2011-09-03)

作者简介:

曾喜良,女,1979年生,硕士,讲师,主要研究方向:嵌入式系统。

陈丹桂,女,1983年生,硕士,讲师,主要研究方向:数字图像。

