

# 2016 年吉林省大学生电子设计竞赛

## 多电机悬吊控制系统（G 题）

### 【本科组】



2016 年 8 月 30 日

## 摘 要

悬吊控制系统以 STC15F2K60S2 单片机为核心, 采用的 LCD1602 液晶显示模块和按键模块满足在各个题目要求的切换, 便于用户选择距离和模式。用陀螺仪测量圆锥与 X、Y、Z 轴所成角, 模块 L298N 调节四个电机的转动方向和转速, 从而控制四根细绳控制圆盘到达规定的位置。对于左右移动的要求, 取多个采样点利用 MATLAB 曲线拟合的方法, 确定距离和角度的关系。对于发挥要求, 利用李萨如图形, 用 X、Y 轴运动合成的方法画直线和圆。对于画梯形的要求, 则取若干个, 采用查表的方法规定光点的位置。

**关键词:** PID 算法; 角度传感器; 超声波距离传感器; 李萨如图形

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1 系统方案 .....                 | 1  |
| 1.1、液晶显示模块的论证与选择.....        | 1  |
| 1.2、主控部件的论证与选择.....          | 1  |
| 1.3 测距模块的论证与选择.....          | 2  |
| 1.4 控制系统的论证与选择.....          | 2  |
| 2 系统理论分析与计算 .....            | 2  |
| 2.1 多电机悬吊控制系统的分析.....        | 2  |
| 2.1.1 圆板的受力分析.....           | 2  |
| 2.1.2 圆板偏移的分析.....           | 3  |
| 2.1.3 圆板画圆分析.....            | 3  |
| 2.2 圆板运动的计算.....             | 3  |
| 2.2.1 圆板左右移动的拟合.....         | 3  |
| 2.3 系统参数的计算.....             | 4  |
| 2.3.1 超声波测距模块参数计算.....       | 4  |
| 3 电路与程序设计 .....              | 4  |
| 3.1 电路的设计.....               | 4  |
| 3.1.1 系统总体框图.....            | 4  |
| 3.1.2 人机交互子系统框图与电路原理图.....   | 4  |
| 3.1.3 传感器子系统框图与电路原理图.....    | 5  |
| 3.1.4 步进电机驱动子系统框图与电路原理图..... | 5  |
| 3.1.5 单片机各引脚连接图.....         | 6  |
| 3.1.6 电源.....                | 6  |
| 3.2 程序的设计.....               | 6  |
| 3.2.1 程序功能描述与设计思路.....       | 6  |
| 3.2.2 程序流程图.....             | 6  |
| 4 测试方案与测试结果 .....            | 7  |
| 4.1 测试方案.....                | 7  |
| 4.2 测试条件与仪器.....             | 7  |
| 4.3 测试结果及分析.....             | 8  |
| 4.3.1 测试结果(数据).....          | 8  |
| 4.3.2 测试分析与结论.....           | 8  |
| 附录 1: 电路原理图 .....            | 9  |
| 附录 2: 源程序 .....              | 10 |

# 多电机悬吊控制系统（G 题）

## 【本科组】

### 1 系统方案

本系统主要由液晶显示模块、步进电机控制模块、传感器模块、电源模块组成，下面分别论证这几个模块的选择。

#### 1.1、液晶显示模块的论证与选择

方案一：采用 LCD12864 模块。

LCD 即液晶显示器，是一种数字显示技术，可以通过液晶和彩色过滤器过滤光源，在平面面板上产生图象。与传统的阴极射线管（CRT）相比，LCD 占用空间小，低功耗，低辐射，无闪烁，降低视觉疲劳。LCD12864 具有功耗低、体积小、重量轻、超薄等许多其它显示器无法比拟的优点，LCD 不仅可以显示字符、数字，还可以显示各种图形、曲线及汉字。

方案二：采用 LCD1602 模块。

LCD1602 是字符型液晶，显示字母和数字比较方便，控制简单，成本较低，且占用空间较小。

综合以上两种方案，选择方案二。

#### 1.2、主控部件的论证与选择

方案一：AT89S51。采用 AT89S52 单片机作为主控制器。AT89S52 是一个超低功耗，标准 51 系列单片机相比较具有运算速度快，抗干扰能力强，支持 ISP 在线编程，片内含 8k 空间的可反复擦写 1000 次的 Flash 只读存储器，具有 256 bytes 的随机存取数据存储器（RAM），32 个 I/O 口，2 个 16 位可编程定时计数器。其指令系统和传统的 8051 系列单片机指令系统兼容，降低了系统软件设计的难度。但是由于运行速度慢，I/O 口功能少，不符合设计要求。

方案二：AVR 单片机。AVR 单片机技术体现了单片机集多种器件(包括 FLASH 程序存储器、看门狗、EEPROM、同/异步串行口、TWI、SPI、A/D 模数转换器、定时器/计数器等)和多种功能于一身。AVR 单片机是 1997 年由 ATMEL 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC(Reduced Instruction Set CPU) 精简指令集高速 8 位单片机。可以广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通讯设备、家用电器等各个领域。但是指令系统复杂，位操作不方便。

方案三：STC15F2K60S2。不需要外部晶振和外部复位，可省掉外部 EEPROM,利用 IAP 技术，大容量 2K 字节 SPRAM，双串口技术，高速十位 A/D 转换器，8 通道。并且高

速，高通道，超低功耗并且价格便宜。

综合以上三种方案，选择方案三。

### 1.3 测距模块的论证与选择

方案一：超声测距传感器。超声波频率高于声波的机械波，此传感器具有频率高、波长短、绕射现象小、方向性好。超声测距模块具有精度高、测量周期短且使用便捷，符合题目的要求。

方案二：红外线测距传感器。优点是便宜，易制，安全，使用方便。但是精度较低，距离较近，方向性差。

综合考虑采用方案一。

### 1.4 控制系统的论证与选择

方案一：完全使用 PID 算法。按照反馈网络将设定值与实时值做比较，根据 PID 算法调节四个电机的转动。

方案二：取样拟合，部分问题采用 pid 算法。采样取多个点，拟合出当前位置坐标与标识值的关系，通过电机调节光点的位置。

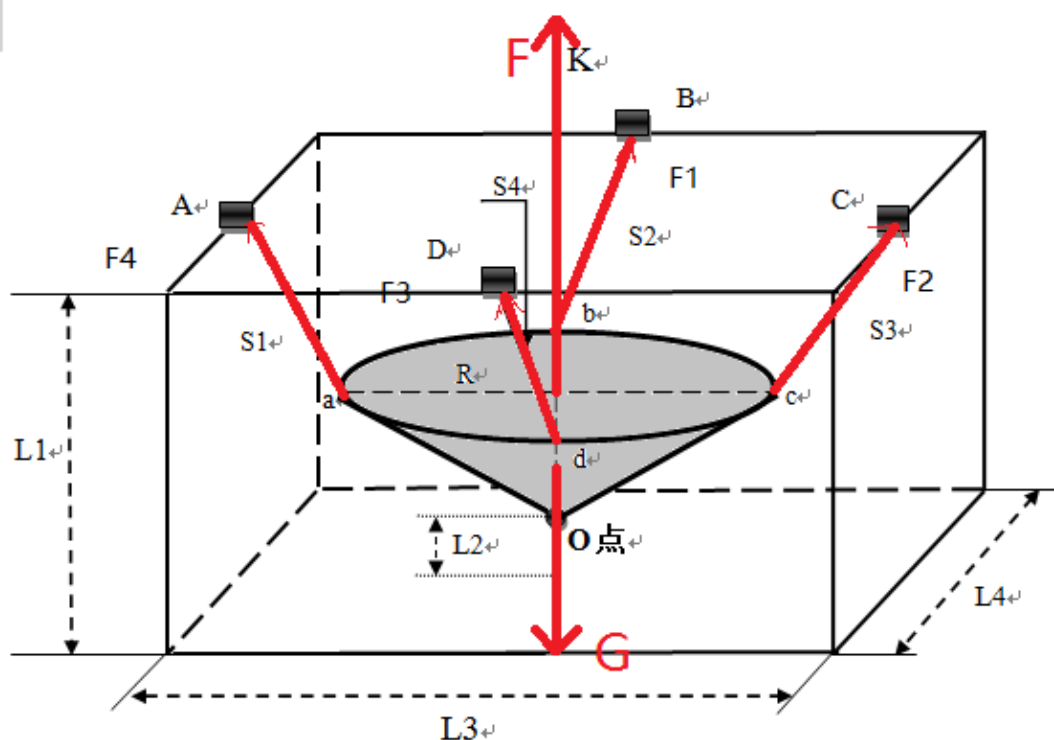
综合考虑采用方案二。

## 2 系统理论分析与计算

### 2.1 多电机悬吊控制系统的分析

#### 2.1.1 圆板的受力分析

英



### 2.1.2 圆板偏移的分析

若使圆板上下移动，使四个电机同时向上或者向下拉动绳子，到达指定的位置后停止转动电机。若使圆板左右移动，则固定前后两个电机，改变左右两个电机的转动使绳子的长短变化。

### 2.1.3 圆板画圆分析

李萨如图形是由在互相垂直的方向上的两个频率成简单整数比的简谐振动所合成的规律的稳定的、闭合的曲线。李萨如图形的每一个点都可以用一下的公式进行表示：

$$y(\theta) = b \sin(n\theta + \varphi) \quad x(\theta) = a \sin \theta$$

从这里看出，李萨如图形实际上是质点同时在 X 轴 Y 轴上振动形成的。但是如果振动的角频率不同，则合成曲线比较的复杂，而且轨迹不稳定。然而，如果两个振动频率成简单的角度，这样就可以合成一个稳定、闭合的曲线。当两个相位差为  $1/2 \pi$  时所称图形为圆。当两个相位角差为 0 或者  $\pi$ ，合成图形为直线。

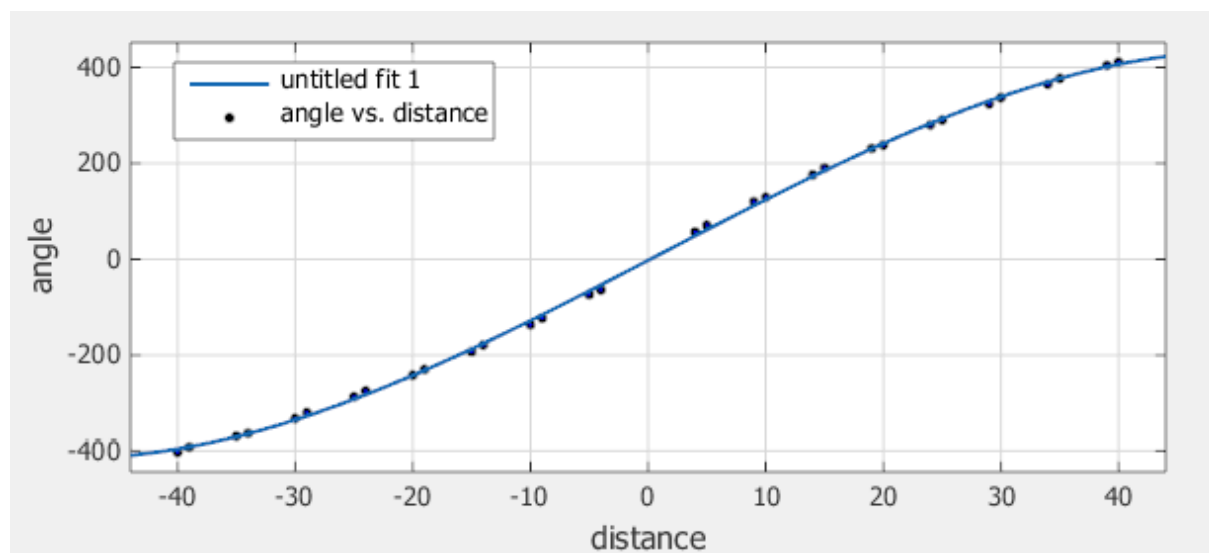


对于直线运动，根据所要行走的方向和幅度，将力分解到四个风机上，采用闭环控制使得圆板在设定的方向上运动。

## 2.2 圆板运动的计算

### 2.2.1 圆板左右移动的拟合

通过一定的间隔取点，记录角度值，通过曲线拟合，得到符合实际的曲线，得出一般的规律。



得到的最小二乘法拟合多项表达式为

$$Y = -0.001717x^3 + 0.004852x^2 + 12.77x - 2.455$$

得到标识角度和距离的关系。

2.3 系统参数的计算

2.3.1 超声波测距模块参数计算

只需要提供一个 10uS 以上脉冲触发信号，该模块内部将发出 8 个 40kHz 周期电平并检测回波。一旦检测到有回波信号则输出回响信号。回响信号的脉冲宽度与所测的距离成正比。由此通过发射信号到收到的回响信号时间间隔可以计算得到距离。

公式：距离=高电平时间\*声速（340M/S）/2；

3 电路与程序设计

3.1 电路的设计

3.1.1 系统总体框图

系统总体框图如图 3.1.1 所示

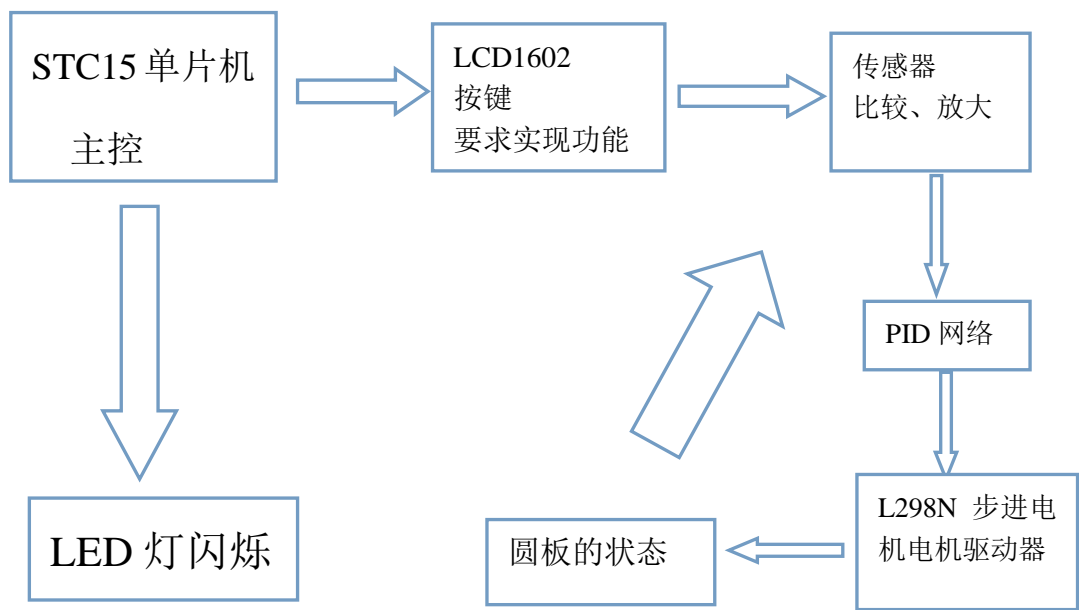


图 3.1.1 系统总体框图

3.1.2 人机交互子系统框图与电路原理图

1、液晶显示子系统框图

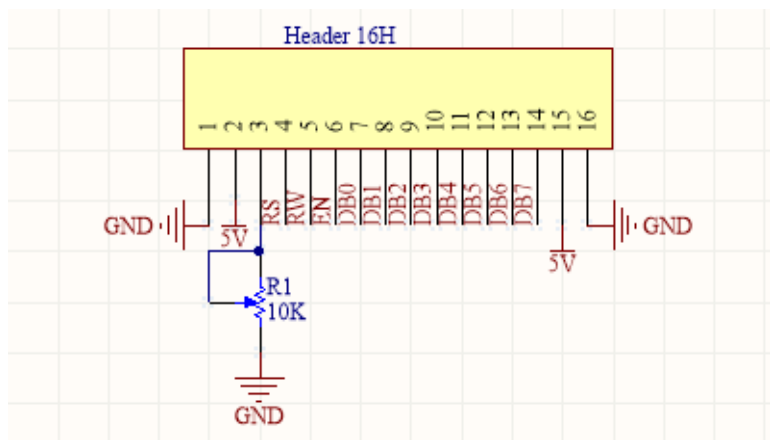


图 3.1.2.1 液晶显示子系统框图

2、按键子系统电路

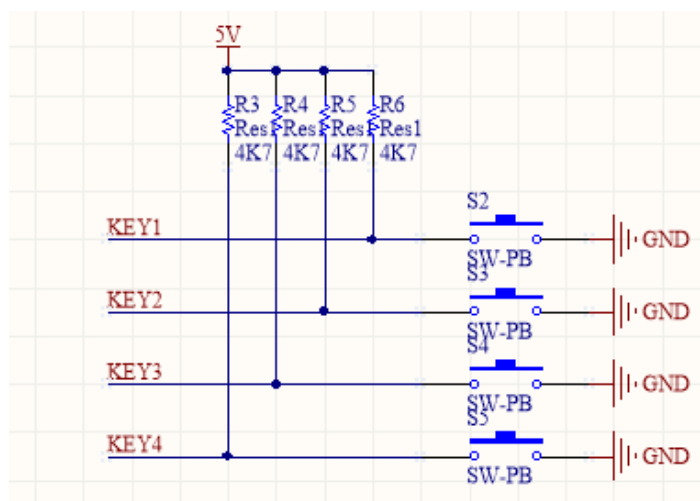


图 3.2.1.2. 按键子系统电路

### 3.1.3 传感器子系统框图与电路原理图

#### 1、超声波测距传感器子系统框图

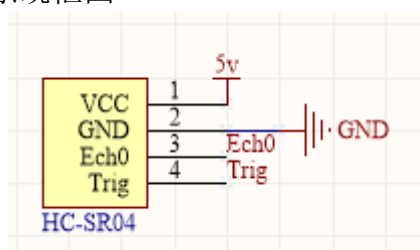


图 3.1.3.1 超声波测距子系统框图

#### 2、角度传感器 GY-25 子系统电路

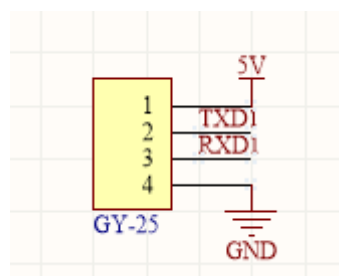


图 3.1.3.2 角度传感器子系统电路

### 3.1.4 步进电机驱动子系统框图与电路原理图

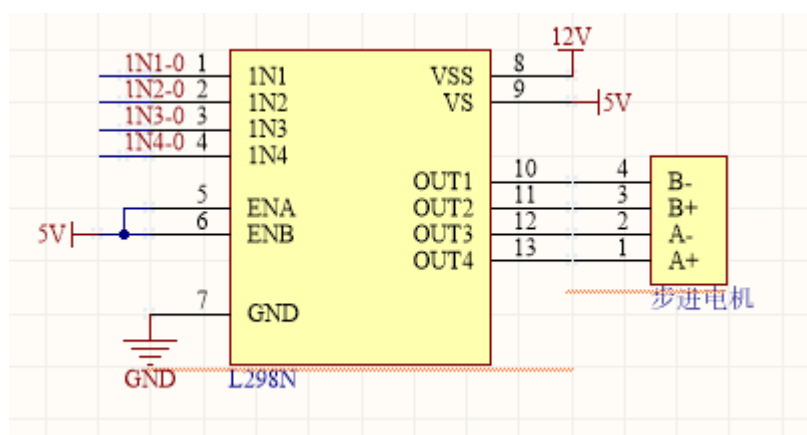


图 3.1.4 步进电机驱动子系统电路



3.1.5 单片机各引脚连接图

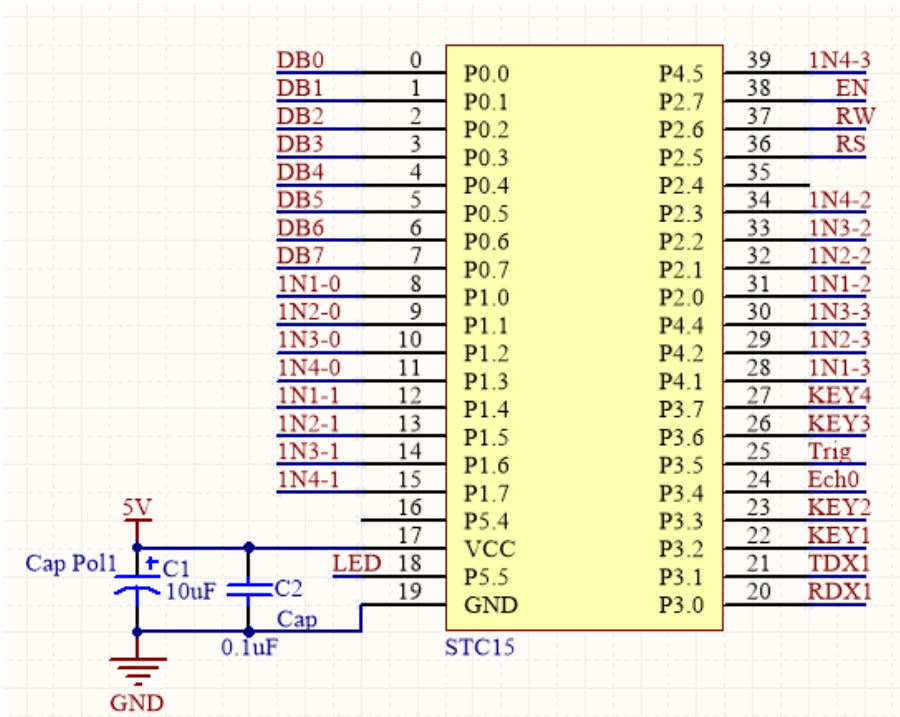


图 3.1.5 单片机各引脚系统电路

3.1.6 电源

电源由变压部分、滤波部分、稳压部分组成。为整个系统提供  $\pm 5V$  或者  $\pm 12V$  电压，确保电路的正常稳定工作。这部分电路比较简单，都采用三端稳压管实现，故不作详述。

3.2 程序的设计

3.2.1 程序功能描述与设计思路

1、程序功能描述

根据题目要求软件部分主要实现键盘的设置和显示。

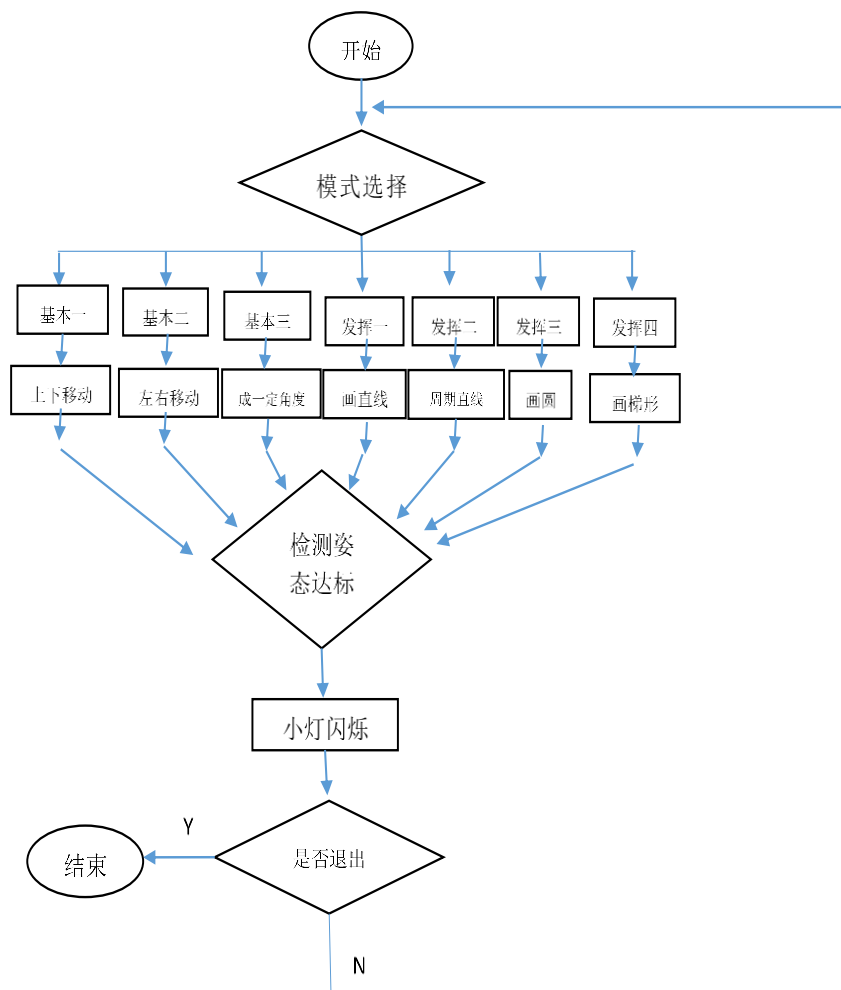
- 1) 键盘实现功能：模式的选择，不同模式下角度或者距离的选择。
- 2) 显示部分：显示当前的角度，当前的距地面的距离。

2、程序设计思路

用 GY-25，超声波测距传感器通过串口显示在液晶屏幕上，根据不同的要求设计不同的算法，通过测试得到最佳的方法。

3.2.2 程序流程图

1、主程序流程图



## 4 测试方案与测试结果

### 4.1 测试方案

#### 1、硬软件的联调

调试时，下载线连接单片机，以便程序执行后实时观测控制算法中的多个变量，如圆板的角速度、距离地面的高度等。通过独立按键来控制不同的程序，以实现不同的功能之间没有干扰。记录下每次实现不同功能的性能指标。

### 4.2 测试条件与仪器

测试条件：检查多次，仿真电路和硬件电路必须与系统原理图完全相同，并且检查无误，硬件电路保证无虚焊。

测试仪器：电源，刻度尺，圆板装置，环形靶

### 4.3 测试结果及分析

#### 4.3.1 测试结果(数据)

| 测试次数 | 一次                 | 两次                  | 三次                |
|------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 基本一  | 预定：上 5             | 预定：下 5              | 预定：上 15           |
|      | 4/5s               | 5/3.13s             | 14/6.69s          |
| 基本二  | 预定：左 25            | 预定：右 25             | 预定：左 35           |
|      | 24.8/6.2s          | 23/6.02s            | 34.5/7.7s         |
| 基本三  | 预定：左 10 度          | 预定：右 10 度           | 预定：左 20 度         |
|      | 10.2/3.56s         | 11.4/2.49s          | 19/3.76s          |
| 发挥一  | 预定：0               | 预定：45               | 预定：80             |
|      | 0/7.17s            | 43/11.44s           | 83/12.78s         |
| 发挥二  | 预定：90（270）         | XX                  | XX                |
|      | 基本满足要求             | XX                  | XX                |
| 发挥三  | 预定直径：30            | 预定直径：40             | 预定直径：30           |
|      | 较圆（ $\pm 3$ ）/58s  | 较圆（ $\pm 0.5$ ）/47s | 较圆（ $\pm 3$ ）/58s |
| 发挥四  | 画规定梯形              | XX                  | XX                |
|      | ( $\pm 1$ )/40.90s | XX                  | XX                |

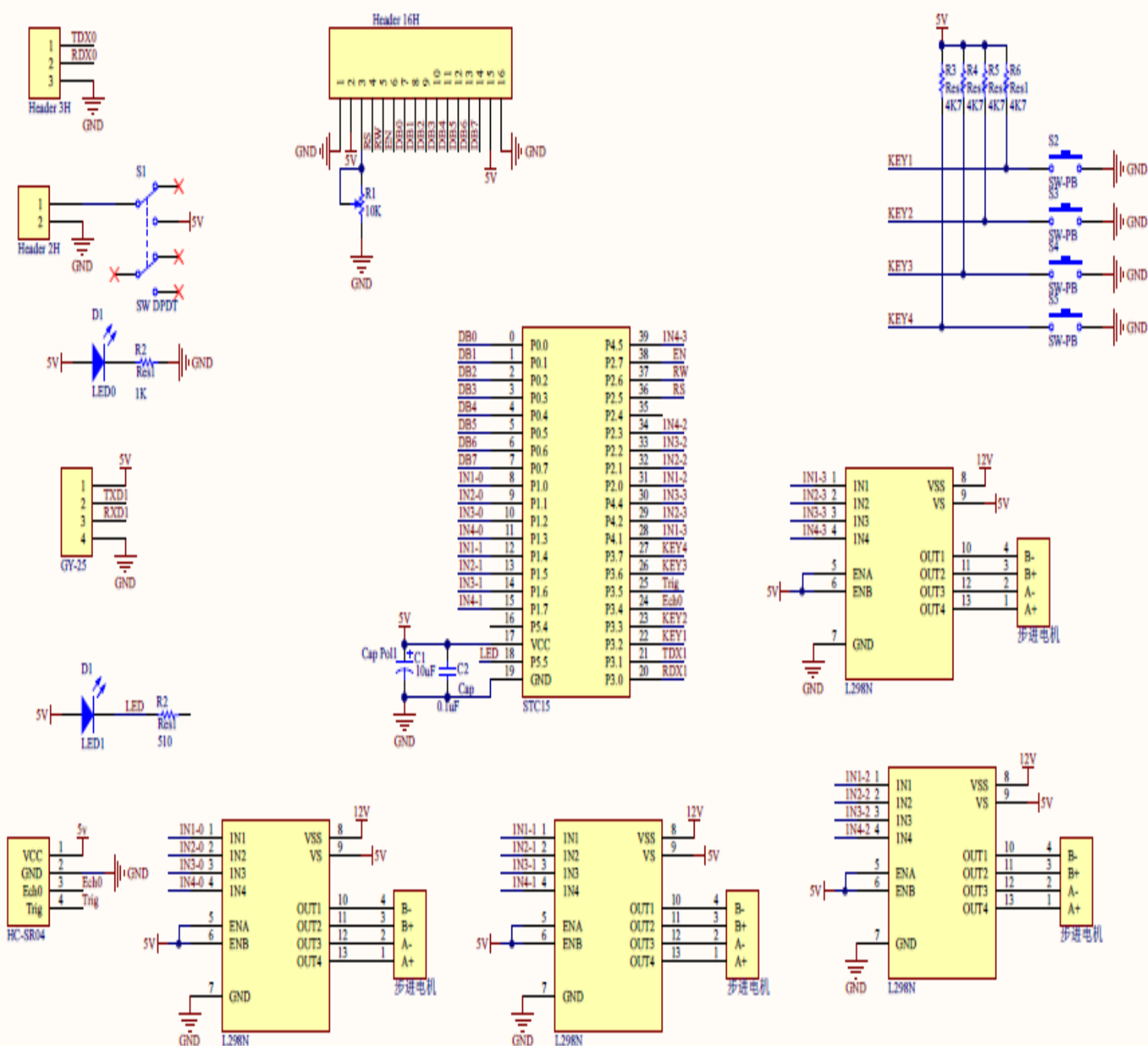
#### 4.3.2 测试分析与结论

根据 27 上述测试数据，对于基本要求，此系统很好的满足了要求；对于发挥要求有偏差但基本满足，由此可以得出以下结论：

- 1、此系统存在偏差，但是基本上符合题目的要求。
- 2、此系统存在较大的改进和提升的空间。

综上所述，本设计达到设计要求。

## 附录 1: 电路原理图



## 附录 2：源程序

```
void main()
{
while(1)
{
if(Read_KEY1()) //设置模式
{
WriteCommandLCM(0x01, 1); //显示清屏
DisplayListChar(0, 0, "set mode", 8);
while(model)
{
if(Read_KEY1()) key_count1++;
if(key_count1>8) key_count1=1;
lcd_printf(dis, key_count1);
DisplayListChar(9, 0, dis, 4);
if(Read_KEY4()) model=0;
Delay(3);
}
model=1;
Delay(6);
if(key_count1==6)
{
while(Flag_time_set--)
{
SeriPushSend(0XA5);
SeriPushSend(0X51); //发送 1 帧读取命令，连续读取
Display();
Angle_y = ((YPR[2]-8830)%10000/10);

lcd_printf(dis, Angle_y); //转换数据显示
DisplayListChar(6, 0, dis, 4);
while(!((-17 <= ((YPR[2]-8830)%10000/100)) && (((YPR[2]-8830)%10000/100) <= -15)))
{
SeriPushSend(0XA5);
SeriPushSend(0X51); //发送 1 帧读取命令，连续读取
Display();
Run_y1();
}
Stop_toger();
Delay(44);
while(!((15 <= ((YPR[2]-8830)%10000/100)) && (((YPR[2]-8830)%10000/100) <= 17)))
{
SeriPushSend(0XA5);
```

```

SeriPushSend(0X51);
Display();
Run_y2();
}
Stop_toger();
Delay(44);
LED1 = 0;
Delay(44);
LED1 = 1;
}
Flag_time_set = 5;
}
Delay(6);
if(key_count1==5)
{
WriteCommandLCM(0x01, 1);
DisplayListChar(0, 0, "set:", 4);
while(angle1)
{
if(Read_KEY2()) key_count3++;
if(Read_KEY3()) key_count3--;
if(key_count3>=360) key_count3=0;
Delay(3);
lcd_printf(dis, key_count3);
DisplayListChar(5, 0, dis, 4);
if(Read_KEY4()) angle1=0;
}
angle1=1;
Delay(6);
Enable_Timer2_INT();
while(Flag_angle1_set)
{
if(0<=key_count3 && key_count3<90)
{
Stepa=10;
Stepb=0;
if(key_count3>=85) Run_y1();
else
{
Hudu = (key_count3*3.14)/180;
Stepb = tan(Hudu)*Stepa;
run_0_90();
}
}
}

```

//发送 1 帧读取命令，连续读取

```

if(90<=key_count3 && key_count3<180)
{
Stepa=10;
Stepb=0;
key_count32 = key_count3-90;
if(key_count32>=85) Run_x2();
else
{
Hudu = (key_count32*3.14)/180;
Stepb = tan(Hudu)*Stepa;
run_90_180();
}
}
if(180<=key_count3 && key_count3<270)
{
Stepa=10;
Stepb=0;
key_count33 = key_count3-180;
if(key_count33>=85) Run_y2();
else
{
Hudu = (key_count33*3.14)/180;
Stepb = tan(Hudu)*Stepa;
run_180_270();
}
}
if(270<=key_count3 && key_count3<360)
{
Stepa=10;
Stepb=0;
key_count34 = key_count3-270;
if(key_count34>=85) Run_x1();
else
{
Hudu = (key_count34*3.14)/180;
Stepb = tan(Hudu)*Stepa;
run_270_360();
}
}
if(Timer_motor>=5000)
{
Disable_Timer2_INT();
Timer_motor = 0;
Stop_toger();
}

```

```

Delay(44);
Enable_Timer2_INT();
while(Flag_angle2_set)
{
if(0<=key_count3 && key_count3<90)
{
Stepa=10;
Stepb=0;
if(key_count3>=85) Run_y1();
else
{
Hudu = (key_count3*3.14)/180;
Stepb = tan(Hudu)*Stepa;
run_180_270();
}
}

if(270<=key_count3 && key_count3<360)
{
Stepa=10;
Stepb=0;
key_count34 = key_count3-270;
if(key_count34>=85) Run_x1();
else
{
Hudu = (key_count34*3.14)/180;
Stepb = tan(Hudu)*Stepa;
run_90_180();
}
}

if(Timer_motor>=5000)
{
Disable_Timer2_INT();
Timer_motor = 0;
Stop_toger();
Flag_angle2_set = 0;
Flag_angle1_set = 0;
modle_1();
LED1 = 0;
Delay(44);
LED1 = 1;
}
}

```