

# 2010 年福建省大学生电子设计竞赛

## 三相正弦波变频发电模拟装置

## 摘 要

基于单片机智能化和开关电源高效率的特点,研制出一种以 STC12C5A32AD 单片机作为核心控制模块,STC12C5624AD 为从控制模块的三相正弦波变频电源。本系统利用分压的原理得到小电阻上的电压,经过 AD 转换传输给 STC12C5A32AD,单片机通过内部计算得到该电路上的电流值已经该电路的总电压,且由得到的电压换算成电流,并控制其在液晶屏上的显示。而 STC12C5624AD 的作用为产生 3 路相位相差  $120^\circ$  的 SPWM,当 STC12C5A32AD 发出产生信号时, STC12C5624AD 同时产生 SPWM,当 STC12C5A32AD 检查到过流或者欠压的情况时,发出停止产生 SPWM 信号时, STC12C5624AD 停止产生 SPWM。可以利用外部按键改变 SPWM 的频率。

关键词: 电压型逆变电路; 三相正弦波; SPWM

## 目录

1 系统方案 .....	1
1.1 SPWM 产生模块和逆变驱动模块的论证与选择.....	1
1.2 三相逆变模块的论证与选择.....	1
2 系统理论分析与计算.....	2
2.1 输出频率的的产生方法.....	2
2.2 提高效率的方法 .....	2
2.3 滤波参数计算 .....	3
3 电路与程序设计 .....	3
3.1 DC-AC 主回路与器件选择.....	3
3.2 保护电路 .....	3
3.2.1 欠压保护.....	3
3.2.2 过流保护.....	4
3.2.3 主程序流程图.....	4
4 测试方案与测试结果.....	4
4.1 测试条件与仪器 .....	4
4.2 测试方案 .....	4
4.2.1 基本测试 .....	4
4.2.2 发挥部分 .....	5
4.3 测试结果及分析 .....	5
4.3.1 测试结果:详见附件 .....	5
4.3.2 测试分析与结论.....	5
附件 1: 测试结果 .....	6
附件 1.1 相位检测 .....	6
附件 1.2 过流保护 .....	6
附件 1.3 欠压保护 .....	6
附件 1.4 频率调整 .....	6
附件 1.5 效率 .....	6
附件 1.6 设定不同的过流值.....	6
附件 1.7 提高效率 .....	6
附件 1.8 故障恢复 .....	6
附件 1.9 主要程序 .....	6
附件 1.10 主要电路原理图.....	8

# 三相正弦波变频发电模拟装置（D 题）

## 【本科组】

### 1 系统方案

本系统主要由 SPWM 产生模块和逆变驱动模块、欠压保护模块、三相逆变模块、滤波模块、电压采样模块组成。

#### 1.1 SPWM 产生模块和逆变驱动模块的论证与选择

方案一：采用 STC89C5624AD 生成 SPWM 波形。再送到 IR2111 驱动逆变电路，此方案控制电路简单，靠软件产生 SPWM 波形，成本低，有调试经验，故可取。

方案二：采用专用的 SPWM 集成模块，但通常电源电压有限制，只能调节频率，而且价格昂贵，不符合题目要求

方案三：如图 1 所示，由正弦波和三角波比较后产生 SPWM；由于三角波和正弦波焦点又任意性，脉冲中心在一个周期内不等距，从而增加了其计算的繁琐性，且调试困难。

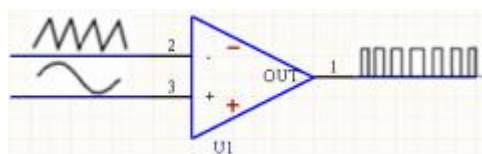


图 1.SPWM 产生电路

综合题目要求，为实现方案，我们小组讨论决定采用方案二即由软件产生 SPWM 波。

#### 1.2 三相逆变模块的论证与选择

方案一：电压型逆变。电压型三相逆变电路如图 2 所示。当 Q1 导通时，节点 a 接直流电源正端， $V_{ao}=V_d/2$ ；当 Q2 导通时，节点 a 接直流电源负端， $V_{ao}=-V_d/2$ 。同理，b 和 c 点也是根据上下管导通情况决定其电位的。负载为星形连接。

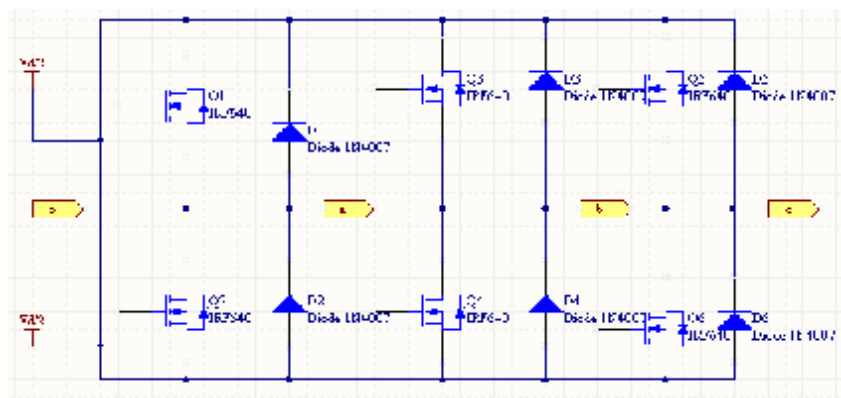


图 2：电压型三相逆变电路

方案二：电流型逆变。选用电流型三相逆变电路。电流型三相逆变电路如图 3 所示。

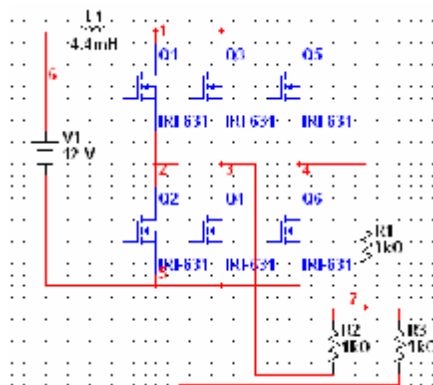


图 3：电流型三相逆变电路

比较以上两种方案，电流型逆变器适合和单机传动，加、减速频繁运行或需要经常反向的场合。电压型逆变器适合向多机供电，在可逆转动或稳速系统，以及对快速性要求不高的场合。题目中并未说明变频电源使用场合。故上述两种方案都可行。在本设计中采用的是方案一。六只开关管选用 IRF630。

经过最终讨论，我们小组最终确定方案图如图 4 所示。

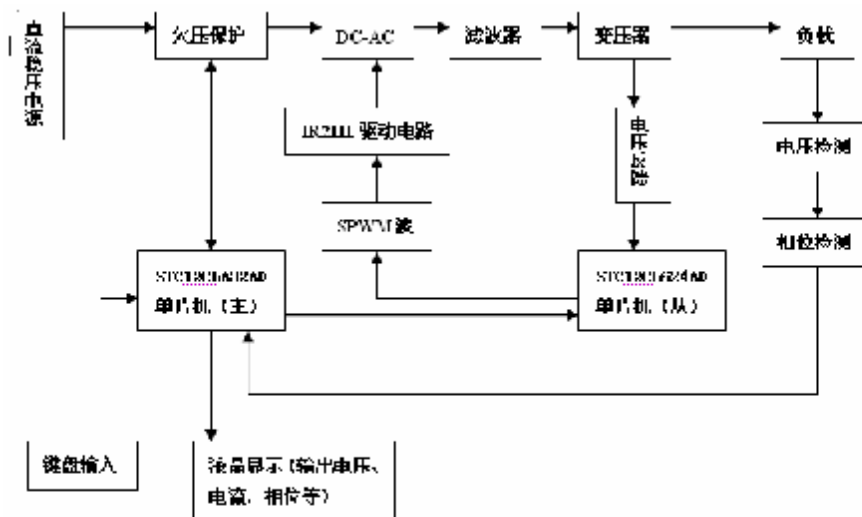


图 4：系统方框图

## 2 系统理论与计算

### 2.1 输出频率的产生方法

初始设定输出频率为 50HZ，由键盘输入加 1、减 1，单片机读键盘值来判断内部程序读取哪个正弦波表，从而进行调整输出频率的大小。这样控制的话，可以使输出频率很稳定，误差较小。

### 2.2 提高效率的方法

采用 IR2111 驱动芯片。由于 IR2111 驱动芯片驱动 MOSFET 管驱动波形的正向边缘陡直，幅度大，能减小开关管趋于导通时的上升时间，使三相逆变桥中的 MOSFET 管能够可靠的交替导通，开关损耗降低，非常有利于提高整体效率。

## 2.3 滤波参数计算

由于三相逆变桥 SPWM 波形工作，输出滤波器的作用是滤出高次谐波分量，使输出波形接近与正弦波，滤波器的设计应使输出电压谐波少，阻频特性好，滤波功耗小。我们选用常见的 LC 滤波电路，此处滤波电路如图 5 所示。

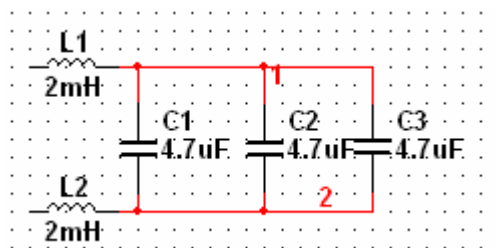


图 5: LC 滤波

## 3 电路与程序设计

### 3.1 DC-AC 主回路与器件选择

DC-AC 逆变电路如图 6 所示。DC-AC 逆变是本设计的核心，STC12C5A32AD 单片机输出的是高频的 SPWM 波，由于其 IO 驱动功能不足，不能直接驱动由 6 个 MOSFET 管组成的三相逆变桥，所以电路中加入 IR2111 驱动芯片，该芯片驱动电路简单，成本低，最重要的就是驱动波形好，有利于提高电源效率。

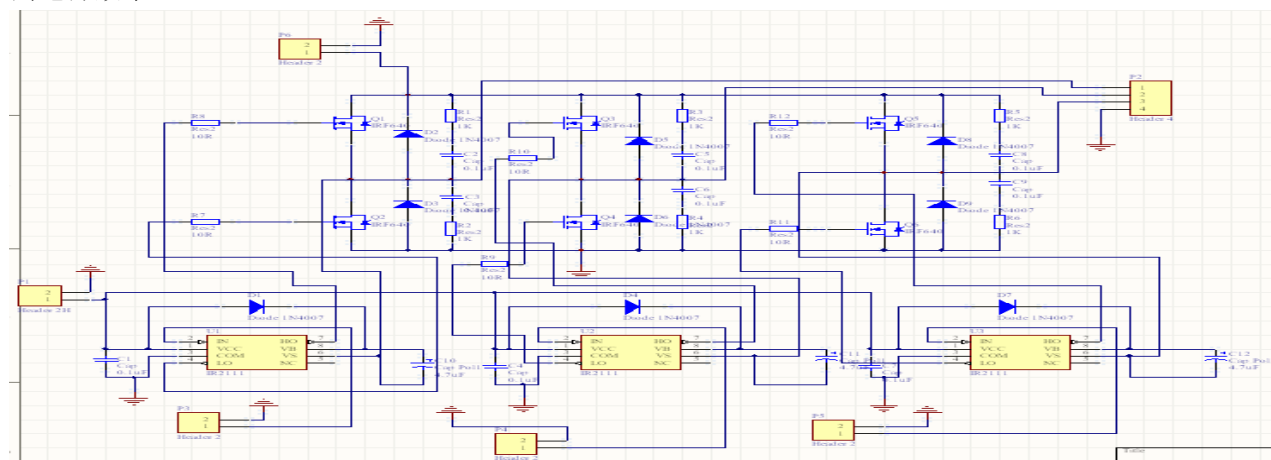


图 7:DC-AC 逆变电路

### 3.2 保护电路

#### 3.2.1 欠压保护

如图 8 所示，检测到输入电压为单片机设定的动作电压时，由继电器动作关断 DC-AC 的开关管电压。利用分压原理，当单片机检测到的电压经过 AD 变换后传输给单片机，单片机进行计算此时的总电压值，当此时的电压值低于\*\*\*\*V 时，单片机驱动继电器断开后级电路，蜂鸣器报警，起到欠压保护作用。

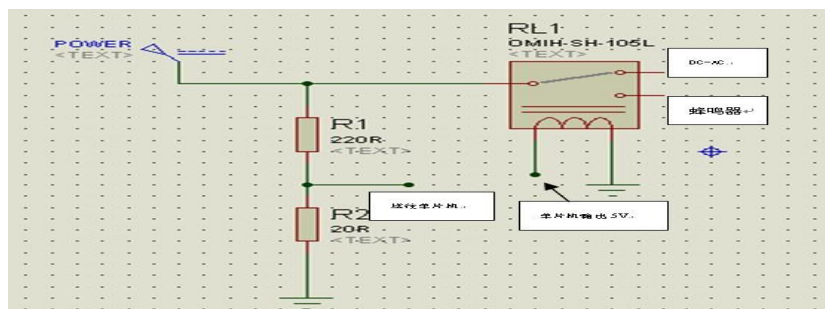
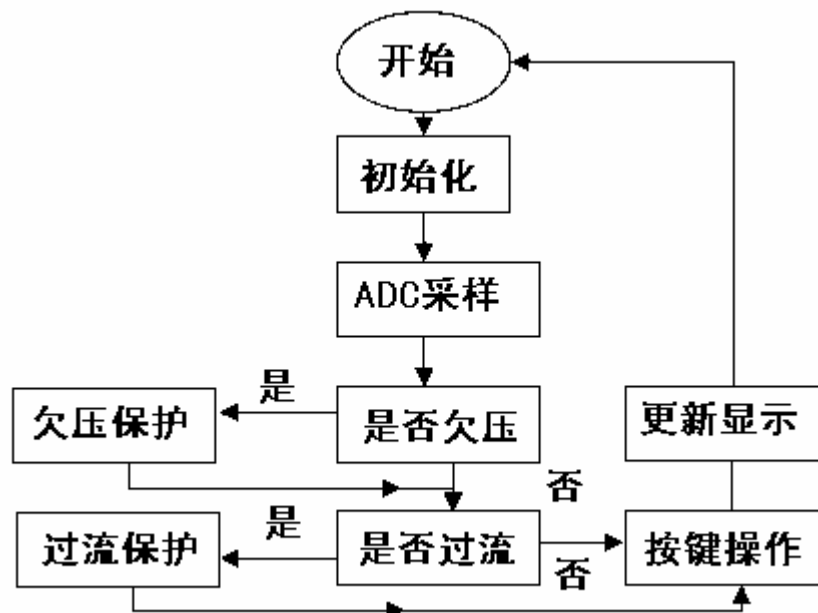


图 8: 欠压保护

### 3.2.2 过流保护

由每相输出电压分别分压得到一个小电压，经过 3 片 MAX1241 进行 AD 转换分别送往单片机，由单片机计算得到输出电流的大小，跟 0.3A 进行对比，若得到的电流大于 0.3A 或者三相电流中任意两相电流之差大于 0.05A 时，由单片机关断 SPWM 波的输出。

### 3.2.3 主程序流程图



## 4 测试方案与测试结果

### 4.1 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：模拟示波器 1 台，数字示波器 1 台，数字万用表 1 个，直流稳压电源 1 台。

### 4.2 测试方案

#### 4.2.1 基本测试

- (1) 相位检测：详见附件 1.1
- (2) 过流保护：动作电流=0.3A，或者任意两相之间的电流之差大于 0.05A。详见附件 1.2
- (3) 欠压保护：动作电压为输入电压的 20%。详见附件 1.3

- (4) 频率调整：详见附件 1.4
- (5) 本装置的效率 $h \geq 50\%$ ：详见附件 1.5

#### 4.2.2 发挥部分

- (1) 可以设定不同的过流值：详见附件 1.6
- (2) 提高负载电流值，使装置的效率 $h \geq 60\%$ ：详见附件 1.7
- (3) 需设置手动恢复按键，过流、欠压故障排除后，手动恢复正常工作。详见附件 1.8
- (4) 实现三相相位数据、电压、电流等数据数显指示的功能，电压、电流误差不大于 1%。

### 4.3 测试结果及分析

#### 4.3.1 测试结果:详见附件

#### 4.3.2 测试分析与结论

根据上述测试数据，XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX，由此可以得出以下结论：

- 1、
- 2、
- 3、

综上所述，本设计达到设计要求。



## 附件 1：测试结果

### 附件 1.1 相位检测

<b>频率</b>	<b>40HZ</b>	<b>45HZ</b>	<b>50HZ</b>	<b>55HZ</b>	<b>60HZ</b>
<b>输出端</b>					
<b>A</b>					
<b>B</b>					
<b>C</b>					

### 附件 1.2 过流保护

经过反复检测，动作电流为

### 附件 1.3 欠压保护

经过反复检测，当输入电压为\*\*\*\*V 时，动作电压为\*\*\*\*V，动作电压为输入电压的

### 附件 1.4 频率调整

<b>输入频率</b>	<b>40HZ</b>	<b>45HZ</b>	<b>50HZ</b>	<b>55HZ</b>	<b>60HZ</b>
<b>输出端口</b>					
<b>A</b>					
<b>B</b>					
<b>C</b>					

### 附件 1.5 效率

	<b>电压</b>	<b>电流</b>	<b>功率</b>
<b>输入</b>			
<b>输出</b>			
<b>效率</b>			

### 附件 1.6 设定不同的过流值

过流值可以由键盘输入。每次按一下按键，过流值就会加、减 50mA

### 附件 1.7 提高效率

	<b>电压</b>	<b>电流</b>	<b>功率</b>
<b>输入</b>			
<b>输出</b>			
<b>效率</b>			

### 附件 1.8 故障恢复

电路在故障排除后，能自动恢复到正常状态。

### 附件 1.9 主要程序

屏幕显示：

```
void MainPage(void) //主屏幕
{
    FontSet(1,1);
    PutString(0,0,"A.U");
    PutString(0,11,"B.U");
    PutString(0,22,"C.U");
    PutString(0,33,"A.x");
    PutString(0,44,"B.x");
    PutString(0,55,"C.x");
}
```

```
PutString(68,0,"A.I");
PutString(68,11,"B.I");
PutString(68,22,"C.I");
PutString(68,33,"Fi");
PutString(68,44,"Fo");
PutString(68,55,"Over");
PutString(50,0,"V");
PutString(50,11,"V");
PutString(50,22,"V");
PutString(50,33,".");
PutString(50,44,".");
PutString(50,55,".");
PutString(115,0,"mA");
PutString(115,11,"mA");
PutString(115,22,"mA");
PutString(115,33,"Hz");
PutString(115,44,"Hz");
PutString(115,55,"mA");
```

```
Show_Short(22,0,AU,1);
Show_Short(22,11,BU,1);
Show_Short(22,22,CU,1);
Show_Short(22,33,xwei_A,1);
Show_Short(22,44,xwei_B,1);
Show_Short(22,55,xwei_C,1);
Show_Short(90,0,AI,1);
Show_Short(90,11,BI,1);
Show_Short(90,22,CI,1);
Show_Short(90,33,pinlv_i,1);
Show_Short(90,44,pinlv_o,1);
Show_Short(92,55,guo,1);
```

```
}
```

**SPWM 发生模块:**

**欠压保护模块:**

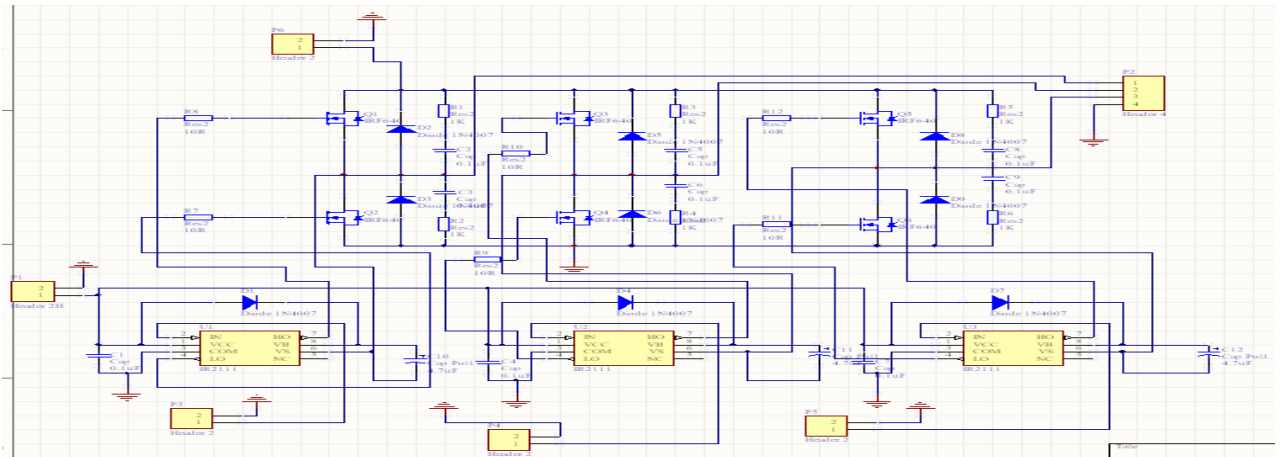
```
void Relay() //欠压保护模块
{
    if ( ad_data_Q < 26) {
        RL_C=1; //启动继电器
        PutString_cn(32,8,"警告!! ");
        PutString_cn(32,40,"欠压保护");
    }

    else RL_C=0; //关闭继电器
```

}  
过流保护:

### 附件 1.10 主要电路原理图

#### (1) DC-AC 逆变电路



#### (2) 欠压保护

