

电子设计大赛

设计方案

作品名称：简易逆变电源的设计

参赛编号：A 乙

题目名称：简易逆变电源的设计

摘要：

本单相正弦波逆变电源的设计，以 12V 蓄电池作为输入，输出 24V 的标准正弦波交流电。该电源采用推挽升压和全桥逆变两级变化，在控制电路上，前级推挽升压电路采用 SG3525 芯片控制，逆变部分采用驱动芯片 IR2110 进行全桥逆变，采用 stc89s52 单片机编程完成 SPWM 的调制，后级输出采用串联电阻采样形成电压反馈，增加了电源稳定性；在保护上具有过热保护和短路保护功能，增强了该电源的可靠性和安全性；输出交流电压通过 AD637 真有效值转化后，再由 stc12c5412ad 单片机片的控制进行模数转换，这种将电压值显示在数码管上。该电源基本上完成了大赛所要求的各项指标，输出功率 150W，输出 50HZ 的正弦波，效率不低于 60%。

关键词： 单项正弦波逆变 DC-AC SPWM

目录

一. 系统要求.....	- 4-
1.1 设计要求.....	- 4-
1.2 总体设计方案.....	- 5
1.2.1 设计思路.....	-5-
1.2.2 方案论证与比较.....	- 6
1.2.3 系统组成.....	- 6-
二.主要单元硬件电路设计.....	- 7-
2.1 DC-DC 电路的设计.....	- 7-
2.2 DC-AC 电路的设计.....	- 8-
2.3 SPWM 波的实现.....	- 8-
2.4 护电路的设计.....	- 9-
2.4.1 过流保护电路的设计.....	- 9-
2.4.2 空载检测电路的设计.....	- 9-
2.5 辅助电源的设计.....	- 10
三. 软件设计.....	-11-
3.1 ADC0832 的控制程序的设计.....	-11-
3.2 数码管显示电路的设计.....	-12-
四. 系统测试.....	-12-
4.1 测试使用的仪器.....	-12-
4.2 输出正弦波的测试.....	-12-
4.3 输出效率的测试.....	-13-
4.4 结果分析.....	-13-
五. 结论.....	-13-
附录.....	-14-

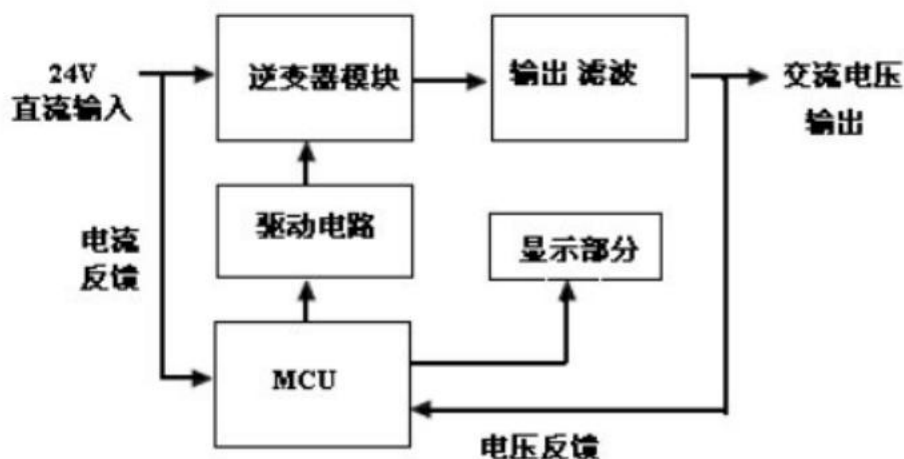
一、系统设计

1.1 设计要求

制作单相正弦波逆变电源，输入单路 12v 直流，输出 24v/50HZ.。满载时输出功率大于 150w。效率不小于 60%，具备过流保护和负载短路保护等功能。

1.2 总体设计方案

1.2 总体设计方案



系统设计总框图

1.2.1 设计思路

题目要求设计一个单相正弦波逆变电源，输出电压波形为正弦波。设计中主电路采用电气隔离，DC-DC-AC 的技术，控制部分采用 SPWM（正弦脉宽调制）技术，利用对逆变原件电力 MOSFET 的驱动脉冲控制，是输出获得交流正弦波的稳压电源。

1.2.2 方案论证与比较

(1) DC-DC 变换器的方案论证与选择

方案一：推挽式 DC-DC 变换器。推挽电路是两不同级性晶体管输出电路无输出变压器（有 OTL、OCL 等）。是两个参数相同的功率 BTJ 管或 MOSFET 管，以推挽方式存在于电路中，各负责正负半周的波形放大任务。电路工作时，两只对称的功率开关管每次只有一个导通，所以导通损耗小效率高。推挽输出既可以向负载灌电流，也可以从负载抽取电流。推挽式拓补结构原理如图 1.2.1 所示

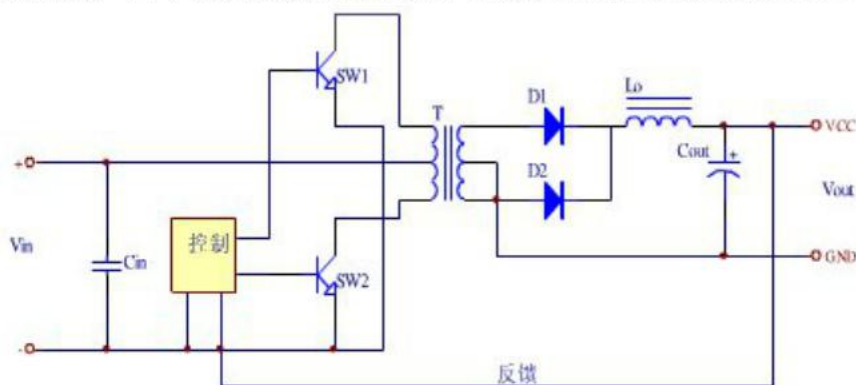


图 1.2.1 推挽式拓扑结构图

方案二：Boost 升压式 DC-DC 变换器。通过改变 PWM 控制信号的占空比可以相应实现输出电压的变化。该电路采取直接直流升压，电路结构较为简单，损耗较小，效率较高。

方案比较：两方案都适用于升压电路，推挽式 DC-DC 变换器可由高频变

压器的电压升至任何值。Boost 升压式 DC-DC 变换器不使用高频升压器，升压时 PWM 信号的占空比较低，会使 Boost 升压式 DC-DC 变换器的损耗比较大。所以采用方案一。

(2) DC-AC 变换器的方案选择

全桥 DC-AC 变换器，全桥电路中互为对角的两个开关同时导通，而同一侧半桥上下两开关交替导通，将直流电压成幅值 V_{in} 的交流电压，加在变压器一次侧，改变开关的占空比，也就改变了输出电压 V_{out} 。全桥式电路 1.2.2 所示

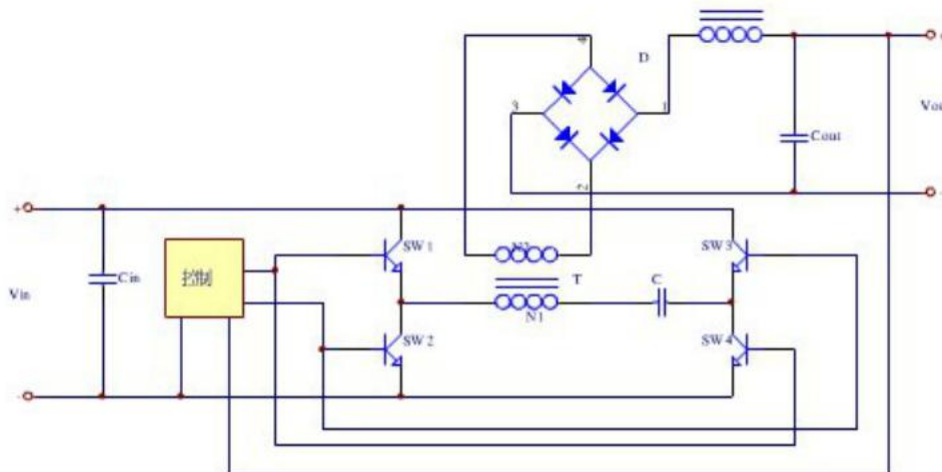


图 1.2.2 全桥式电路

(3) 辅助电源的方案论证与选择

方案一：采用线性稳压器 7805

方案二：采用 Buck 降压式 DC-DC 变换器

方案比较：方案一的优点在于可以使用很少的元器件构成辅助电源，但是效率较低。方案二的优点在于效率高达 90%，缺点是需要的元器件多，且成本较高。由于辅助电源会影响整个系统的效率，所以采用方案二。

(4) 单片机的比较与选择

方案一：采用 MCS-51 系列单片机。传统的 51 单片机具有价格低廉，使用简单等特点，但其运算速度低，功能单一，RAM、ROM 空间小等特点。

方案二：STC12C5412AD 工作频率高，程序存储空间大，具有片内 PWM、A/D、D/A 等功能。

鉴于 STC12C5412AD 的以上优点，采用方案二

1.2.3 系统组成

系统框图 1.2.3 所示，输出电压反馈采用调节 SPWM 信号脉宽的方式，该系统采用两组相互隔离的辅助电源供电。一组供给 SPWM 信号控制器使用，另外一组供给输出电压，电流测量电路使用，这样避免了交流输出的浮地和蓄电池的地不能共地问题。因为 SPWM 控制器输出的 SPWM 信号不含死区时间，所以增加了死区时间控制电路和逆变桥驱动电路。空载检测电路使得当没有负载接入时，让系统进入待机模式，当有负载接入时才进行逆变工作模式。同时，空载检测电路也作为过流保护的采样点。输出电流检测使用电流互感器和真有效值转换芯片 AD637 实现。输出电压也采用 AD637 进行转换后，由 ADC 采样后分析，在数码管上显示。

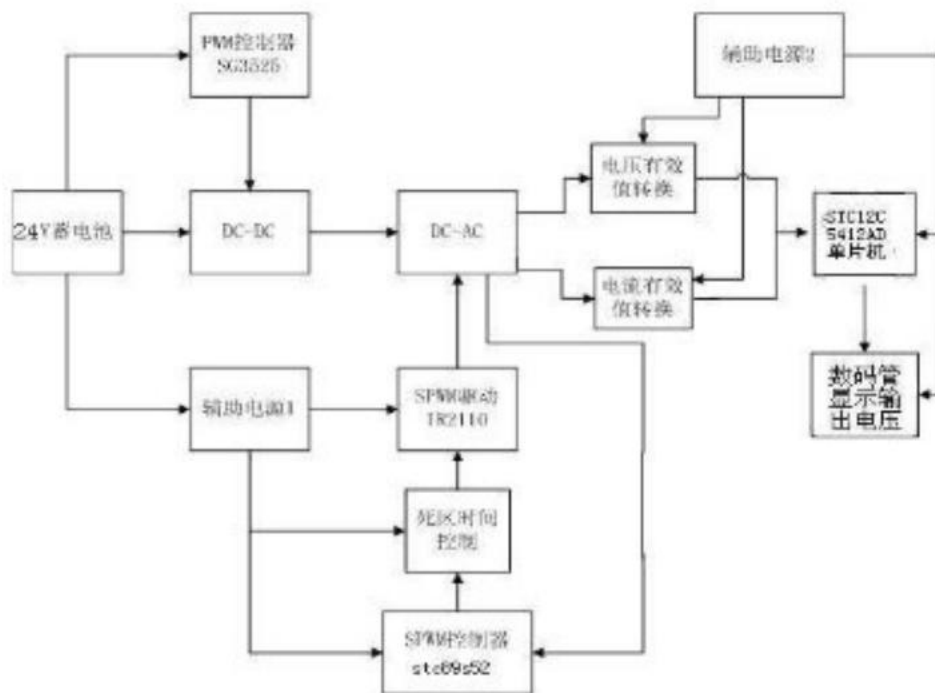


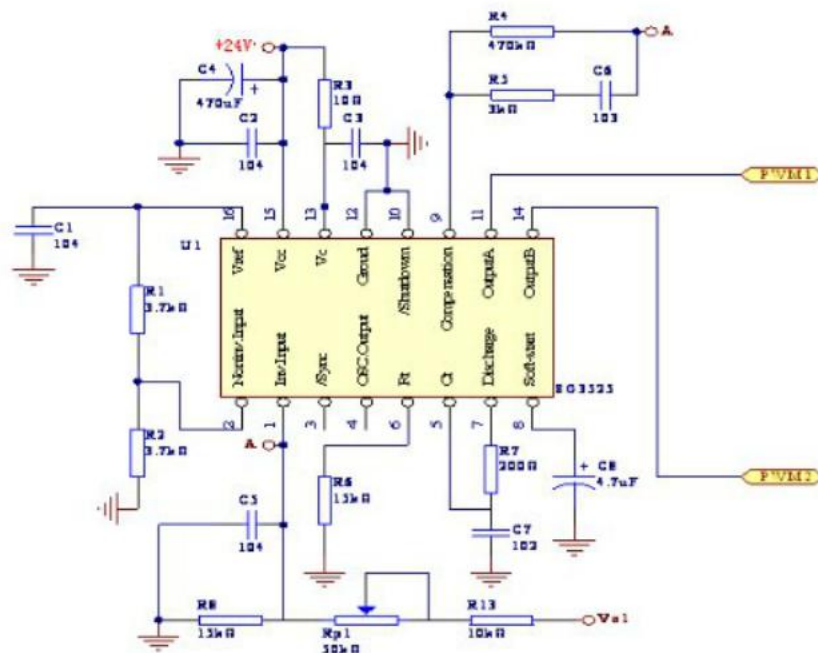
图 1.2.3 系统方框图

二、主要单元硬件电路设计

2.1 DC-DC 电路的设计

DC-DC 变换器控制电路如图 2.1.1 所示。SG3525 是电流控制型 PWM 控制器，所谓电流控制器型脉宽调制器是按照接反馈电流来调节脉宽的。

在脉宽比较器的输入端直接用流过输出电感线圈的信号与误差放大器输出信号进行比较，从而调节占空比使输出的电感峰值电流跟随误差电压变化而变化。



2.2 DC-AC 电路的设计

全桥逆变电路采用两个半桥驱动芯片 IR2110 分别驱动全桥的两边场效应管 IRF840 按驱动信号 SPWM 波交替导通，输出功率较大的 SPWM 波。

2.3 SPWM 波的原理

(1) SPWM 波的原理

在进行脉宽调制时，使脉冲系列占空比按正弦规律来安排。当正弦值最大是，脉冲的宽度也很大，而脉冲间的间隔则最小，反之，当正弦值较小时，脉冲的宽度也较小，而脉冲的间隔则较大，这样的电压脉冲系列可以使负载电流中的高次谐波成分大为减小，称为正弦波脉宽调制。与正弦波等效的矩形脉冲序列波形如图 2.3.1 所示。

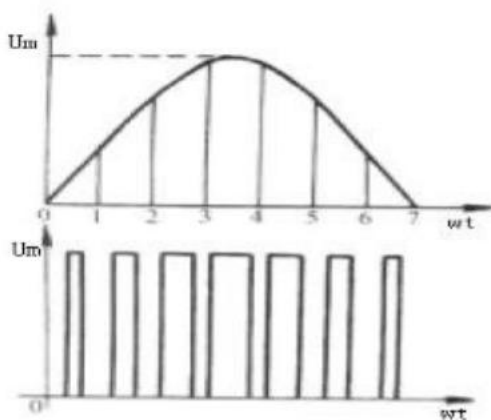
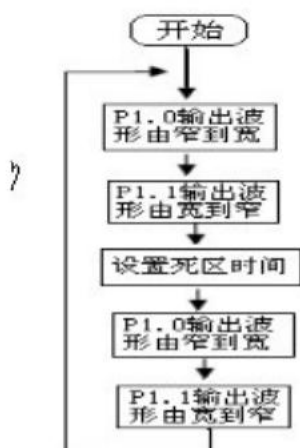


图2.3.1 与正弦波等效的矩形脉冲序列波形

(2) 实现方法



2.4 保护电路的设计

2.4.1 过流保护电路的设计

过流保护电路的设计如图 2.4.1 所示。此电路是过流保护电路，其中 100 千欧电阻用来限流，通过比较器 LM311 对电流互感器采样转化的电压进行比较，LM311 的 3 脚接一 10 千欧的电位器来调比较子准电压，输出后接一 100 欧的电阻限流它与后面的 220uF 的电容形成保护时间控制。当电流过流是比较器输出是高电平产生保护，使 SPWM 不输出，控制场效应管关闭，等故障消除，比较器输出低电平，逆变器又自动恢复工作。

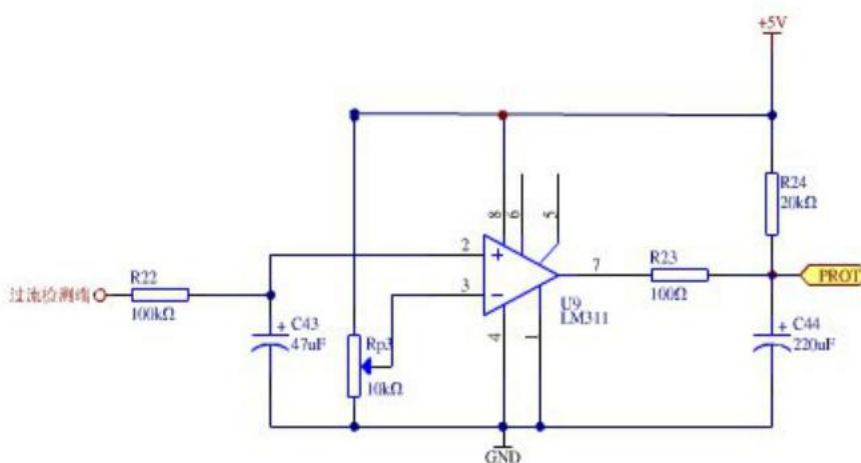


图 2.4.1 过流保护电路图

2.4.2 空载检测电路的设计

空载检测电路如图 2.4.2 所示。使用电流互感器检验电流输出，当没有电流输出时，是三极管 9014 截止，从而使 RS-CK 为高电平，停止输出 SPWM 波。8s 之后，再输出一组 SPWM，若仍为空载，则继续上诉过程。若有电流输出，是 9014 导通，从而使 RS-CK 为低电平，连续输出 SPWM 的波形，逆变器正常工作。

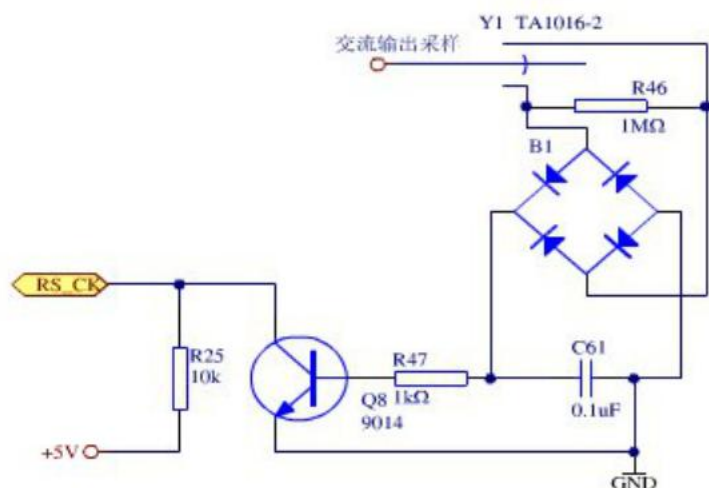
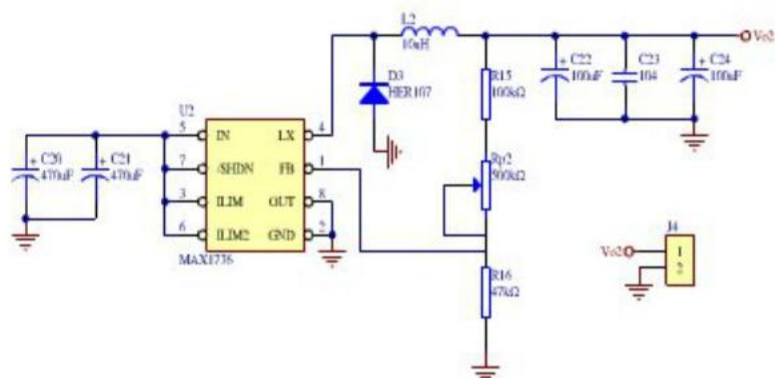


图 2.4.2 空载检测电路图

2.5 辅助电源的设计

(1) 辅助电源一的设计

图是辅助电源一的电路图，由前级 24V 蓄电池直接供电，采用 Buck 电路拓扑结构的开关电源，使用的是 MAX1776 电源管理芯片，它是集成 PWM 产生电路和场效应管于一体的电源芯片，电路中调节电位器可调节反馈，从而控制输出。它的效率高达 95%符合节能的要求，最高工作频率是 200KHz。

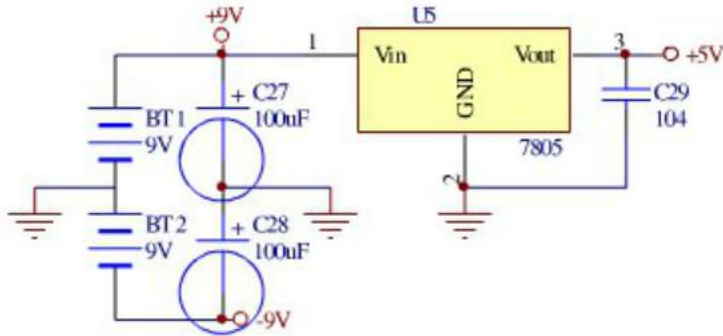


2.5.1 辅助电源一电路图

(2) 辅助电源二的设计

辅助电源二的硬件电路图如图 2.5.2 所示，采用两节 9V 电池串联后，中间

抽头作为地，经两个电容滤波后可获得+9V 的电压输出，给 AD637 供电，+9 电压处再添加一个 7805 稳压电路，可获得+5V 电压输出，给单片机 ADC 供电。



2. 5. 2 辅助电源二电路图

2.6 高频变压器的绕制

根据设计要求，依次计算参数

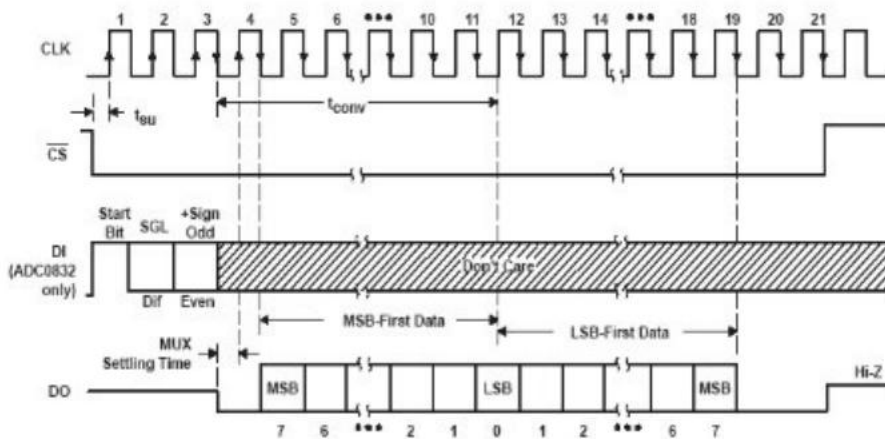
- (1) 计算峰值磁通
- (2) 计算每伏最佳匝数
- (3) 计算原边绕组匝数
- (4) 计算副边绕组
- (5) 选择导线尺寸和线圈布局

初级采用 1mm 直径的漆包线 8 线并绕 10 匝，次级采用 0.8mm 直径的漆包线 2 线并绕 30 匝

三. 软件设计

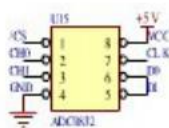
3.1 ADC0832 的控制程序的设计

ADC0832 是美国国家半导体公司生产的一种 8 位分辨率，双通道 A/D 转换芯片。它体积小，兼容性强，性价比高。ADC0832 工作时序图及应用原理图如下所示。



3. 1. 1 ADC0832工作时序图

ADC0832 的应用原理如图所示。ADC0832 的接线图比较简单，将 DO 和 DI 短接，CLX,CS 和 DO 分别与 STC89C52 单片机的端口连接。CHO 和 CHI 分别为电压输入通道 0 和通道 1，此处用到通道 0 来测量逆变电源输出的电压。



3.1.2 ADC0832 应用原理图

3.2 数码管显示驱动的设计

开发仿真软件使用 Keil uVision2.C 语言编程。该部分利用 STC89C52 单片机来控制数码管显示输出电压。程序流程图如图 3.2.1 所示

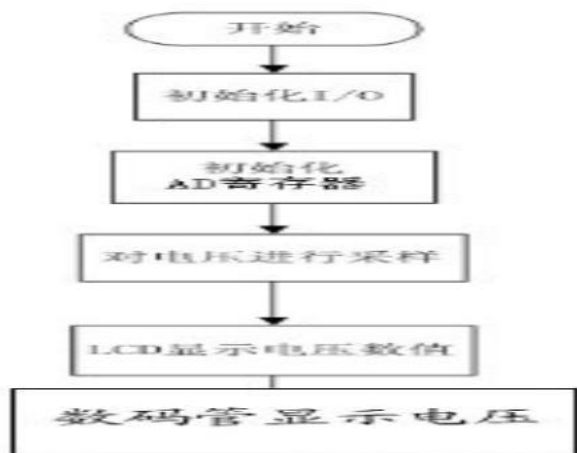


图 3.2.1 程序流程图

四. 系统测试

4.1 输出正弦波的测试

将示波器表笔接到输出端，可以观察到 50 赫兹的正弦波波形，无明显失真。

4.2 输出效率的测试

效率测试结果

	电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)
输入	24	9.33	220
输出	50	3	150

由上表可计算得 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = 68\%$

4.3 过流保护的测试

(1) 定义：当输出电流大于设定保护值是，系统自动关闭输出，形成过流保护。当输出电流低于设定保护值，系统自行恢复正常状态。

(2) 测试方法：测试方法如图 4.2.3 所示。在输出端介入 3 个串联的 10 欧的电阻作为负载。在心痛正常工作之后，短路其中一的或两个电阻来模拟过流状态的发生。观察系统是否进行过流保护。

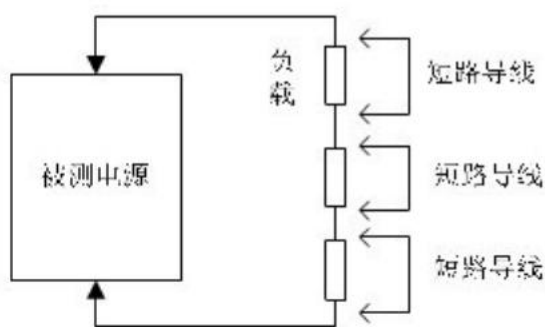


图 4.2.3 过流保护测试框图

4.4 结果分析

经过测试后，题目的基本要求都已经完成，各项指标都基本完成。在输出功率为 150W 的情况下，效率达到了 70%。同时该电源还具有短路保护，过流保护的功能。在所测试的项目中，电流显示的功能没有成功，原因是 AD637 部分输入与输出不成比例关系，而电流互感器输出是正确的。而电压显示部分，因为 AD637 的输入信号较大，所以输入输出基本成线性比例。在重载输出的时候，输出波形失真较严重，原因是前级输出功率不足，又因为在效率测试的时候，效率较高，功率器件均无发热的现象，所以判断是变压器的匝比低了。只要提高变压器的匝比就可以解决了。

五、结论

该单相正弦波逆变电源的输入为 12VDC 输出为 24V/50HZ 交流电，该设计基本完成了各项要求，输出功率大于 30W，效率高达 70%，同时该电源具有输出短路保护，过热保护，过载保护的功能，增强了电源的安全性和稳定性，设计中还具有过压保护和欠压保护报警等功能。

参考文献

1. 胡彦如，模拟电子技术【M】北京。高等教育出版社
2. 康华光。电子技术基础模拟部分【M】北京。高等教育出版社
3. 徐德宏 开关电源设计指南【M】北京。机械工业出版社
4. 刘胜力 现代高频开关电源实用技术【M】
5. 王兆安 黄俊 电力电子技术【M】北京。机械工业出版社
6. 郭天祥 51 单片机 C 语言教程【M】北京。电子工业出版社
7. 黄亚平 高频电子技术【M】北京。机械工业出版社

附录 1，使用说明

(1) 输入端接入 12V 的蓄电池后，蜂鸣器短鸣一声，若电源未接入负载，则系统会自动进入待机状态，此时红色工作指示灯闪烁。若接入了负载，系统进入逆变工作状态，红色指示灯长亮。

(2) 负载不可低于 10 欧姆

附录 2. 主要原器件清单

序号	名称	型号	数量
1	单片机	STC89S52	2
2	模数转换器	ADC0832	2
3	真有效值转换芯片	AD637	2
4	电源管理芯片	SG3525	1
5	与门	74HC08	1
6	非门	74HC14	1
7	比较器	LM311	1
8	场效应管驱动芯片	IR2110	2
9	整流桥	DB107G	2
10	数码管	WLGD5011A	2
11	场效应管	IRF840	1
12	场效应管	IRF3205	1
13	三极管	9014	1
14	三极管	8050	1
15	二极管	IN4007	1
16	二极管	IN4148	1
17	二极管	HER107	3
18	发光二极管	红色	1
19	蜂鸣器	蓝色	1
20	精密电位器	20 千欧、10 千欧	各 1 个