

# 电磁炉

---

## SPMC65P2404 应用方案

V1.0 – 2005.05.13

凌阳单片机推广中心

北京海淀上地信息产业基地中黎科技园1号楼5层

TEL: 86-10-62981668 FAX: 86-10-62962425 E-mail: [mcu@sunplus.com.cn](mailto:mcu@sunplus.com.cn) [www.sunplusmcu.com](http://www.sunplusmcu.com)

## 版权声明

凌阳科技股份有限公司保留对此文件修改之权利且不另行通知。凌阳科技股份有限公司所提供之信息相信为正确且可靠之信息，但并不保证本文件中绝无错误。请于向凌阳科技股份有限公司提出订单前，自行确定所使用之相关技术文件及规格为最新之版本。若因贵公司使用本公司之文件或产品，而涉及第三人之专利或著作权等智能财产权之应用及配合时，则应由贵公司负责取得同意及授权，本公司仅单纯贩售产品，上述关于同意及授权，非属本公司应为保证之责任。又未经凌阳科技股份有限公司之正式书面许可，本公司之所有产品不得使用于医疗器材，维持生命系统及飞航等相关设备。

## 目录

1	引言.....	5
2	芯片特性简介 .....	6
3	电磁炉加热原理.....	7
4	电磁炉设计要求.....	8
5	系统硬件设计 .....	9
5.1	功率板电路分析.....	10
5.1.1	加热线圈工作电路 .....	10
5.1.2	开关电源电路部分 .....	11
5.1.3	电压值测量电路.....	12
5.1.4	温度测量 .....	12
5.1.5	IGBT 控制电路.....	13
5.2	控制板电路分析.....	14
6	系统软件设计 .....	15
6.1	程序流程分析 .....	15
6.2	中断子程序流程图.....	16
6.3	功率调节模块 .....	16
6.4	系统资源分配 .....	17
7	结语.....	18
8	参考文献.....	19

## SPMC65x 单片机在电磁炉中的应用

凌阳单片机推广中心 温元胜

**摘 要：** 本文主要介绍如何使用 SPMC65P2404 单片机设计开发电磁炉产品。

**关键词：** 电磁炉

## 1 引言

电磁灶是应用电磁感应原理进行加热工作的，是现代家庭烹饪食物的先进电子炊具。它使用起来非常方便，可用来进行煮、炸、煎、蒸、炒等各种烹调操作。特点：效率高、体积小、重量轻、噪音小、省电节能、不污染环境、安全卫生，烹饪时加热均匀、能较好地保持食物的色、香、味和营养素，是实现厨房现代化不可缺少的新型电子炊具。电磁灶的功率一般在 700--1800W 左右。

电磁炉按感应线圈中的电流频率分为低频和高频两大类，相比较高频电磁灶受热效率高，比较省电。

按样式分类，可以分以下三种。

台式电磁炉：分为单头和双头两种，具有摆放方便、可移动性强等优点。因为价格低较受欢迎。

埋入式电磁炉：是将整个电磁炉放入橱柜面内，然后在台面上挖个洞，使灶面与橱柜台面成一个平面。业内专家认为这种安装方法只求美观，但不科学，很大一部分消费群体把电磁炉当做火锅，埋入式炒菜并不方便。

嵌入式电磁炉：可适应不同锅具的需要，不再对锅具有特殊要求。

本文主要介绍利用 SPMC65P2404 芯片来实现电磁炉的设计。SPMC65P2404 是凌阳推出的一款工业控制 8 位单片机，具有很高的性价比，抗干扰能力强，非常适合应用于工业控制类、家电类产品的设计。使用 SPMC65P2404 设计的电磁炉具有如下性能：

六种加热模式：火锅、煎炸、炒菜、烧烤、蒸煮、烧焖；

一种自动工作模式：烧水；

最大 720 分钟的定时开机功能；

2 小时自动关机保护功能；

小物件检测功能，对不合适的物件不进行加热；

系统采用过流、过压、超温等多种保护措施；

采用开关电源，使系统能够在 180~250V 的电压范围内正常工作；

系统设置了故障报警功能，方便故障查找及检修；

系统含有自检程序，方便生产测试。

## 芯片特性简介

SPMC65P2404 是凌阳推出的 8 位工业控制单片机，最高工作频率为 8MHz，工作电压 2.5V~5V，有 192 字节的 RAM 和 4K 字节的 OTP ROM，有 23 个可编程 IO 口，内置上/下拉电阻，8 通道 10 位 A/D 转换器（100KHz），SPMC65P2404 其他特性包括：

◆凌阳科技 8 位单片机

- 182 条指令
- 11 种寻址模式
- 支持位操作（Set, Clear, Inverse, Test）

◆2 个 8 位可编程定时器/计数器(可自动预置初始计数值)

- 普通的定时/计数器
- 具有 8 位捕获功能
- 具有 8 位比较功能

◆2 个 16 位可编程定时器/计数器(可自动预置初始计数值)

- 普通的定时/计数器
- 具有 8 或 16 位捕获功能
- 具有 16 位比较功能
- 12 位 PWM 输出

◆中断方式

- 支持 IRQ 和 NMI 中断
- 4 种外部中断
- 11 种内部中断

◆5 种复位功能：上电复位、低电压复位、看门狗复位、外部复位及错误地址复位

◆支持 3 种时钟电路：晶体振荡器、RC 振荡、外部信号

◆2 种低功耗模式：Halt 模式和 Stop 模式

◆低电压监测(LVD)功能

◆一个蜂鸣器驱动输出口

◆具有 SPI 总线

利用 SPMC65P2404 的这些资源，能够方便的实现电磁炉的功能。

### 3 电磁炉加热原理

电磁炉是应用电磁感应原理对食品进行加热的。电磁炉的炉面是耐热陶瓷板，交变电流通过陶瓷板下方的线圈产生磁场，磁场内的磁力线穿过铁锅、不锈钢锅等底部时，产生涡流，令锅底迅速发热，达到加热食品的目的。

电磁炉加热原理如图 3-1 所示，灶台台面是一块高强度、耐冲击的陶瓷平板（结晶玻璃），台面下边装有高频感应加热线圈（即励磁线圈）、高频电力转换装置及相应的控制系统，台面的上面放有平底烹饪锅。

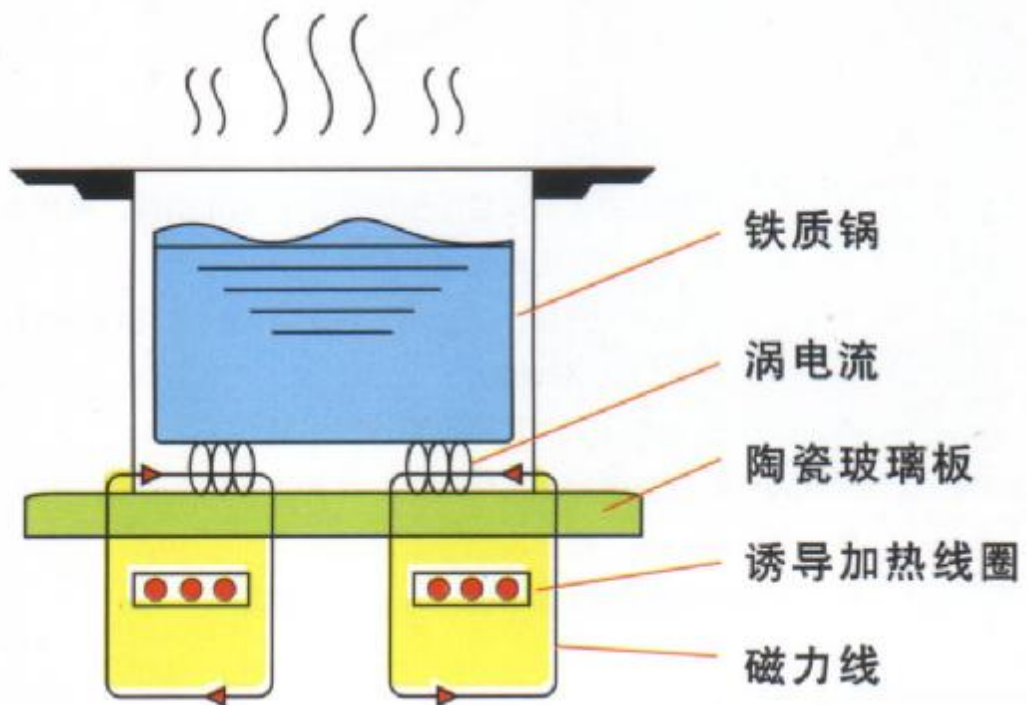


图 0-1 电磁炉加热原理

其工作过程如下：电流电压经过整流器转换为直流电，又经高频电力转换装置使直流电变为超过音频的高频交流电，将高频交流电加在扁平空心螺旋状的感应加热线圈上，由此产生高频交变磁场。其磁力线穿透灶台的陶瓷台板而作用于金属锅。在烹饪锅体内因电磁感应就有强大的涡流产生。涡流克服锅体的内阻流动时完成电能向热能的转换，所产生的焦耳热就是烹调的热源。

## 电磁炉设计要求

电磁炉作为一种普遍的家用品，除了要具有基本的加热功能外，它的安全性能及稳定性能是设计的关键。

电磁炉设有多种保护装置，包括小物件检测、过热自动停机保护、过压或欠压自动停机保护、空烧自动停止加热保护、2 小时断电保护、1~2 分钟自动停机保护以及声光报警显示等。

综合起来，电磁炉可由下述技术特性参数考核：

(1) 自身保护特性。输出开关管是电磁炉的关键元件，工作于高电压、大功率状态，受成本和器件参数限制，设计时不可能有很大的富裕量，故在工作过程中，若电源电压过高、工作状态切换时产生瞬间冲击、电流增大、机内温升过高、铁锅挪离灶板或空载，开关管都可能损坏。因此，应保证过压、过流、过温、锅检测等保护装置正常；

(2) 锅底温度控制特征。锅底发热直接传至灶板（陶瓷玻璃），灶板是导热材料，故一般都将热敏元件安装在灶板底部，探测锅底的温度；

(3) 功率稳定性。电磁炉应具有输出功率自动调整功能，以改善电源适应性和负载适应性；

(4) 电磁兼容性。该性能涉及对其余家电的干扰和对人体的危害。电磁炉均在电源回路中设有 LC 滤波电路并用金属围框吸收漏磁通，同时采用脉冲方式，使平均辐射功率控制在最小限度；

在实现以上电磁炉的性能规格的基础上，我们设计的电磁炉还具有以下的功能规格：

手动控制火力，从 300W~1600W 的范围，共分为 14 档火力，每档均有稳定的功率；

手动定温选择，从 70~240℃的范围，共分为 6 档定温选择，每档都能达到精确定温；

自动烹调功能，内部自带 1 自动烹调功能：烧水。

6 种自选功能：火锅，炒菜，蒸煮，炖焖，煎炸，烧烤，其中火锅，炒菜可以调节不同的火力档位；蒸煮，炖焖，煎炸，烧烤 4 种功能可以选择不同的温度。

可以实现 1~720 分钟预约开机功能，1~180 分钟的定时关机功能。

系统提供 2 小时自动关机的保护功能。



### 系统硬件设计

系统采用 SPMC65P2404 作为主控 MCU，主要模式有：键盘扫描，锅体温度检测，IGBT 温度检测，电流过流检测，超压欠压检测，振荡信号检测，风扇控制，数码管显示控制，LED 控制，蜂鸣器控制，系统启动控制。

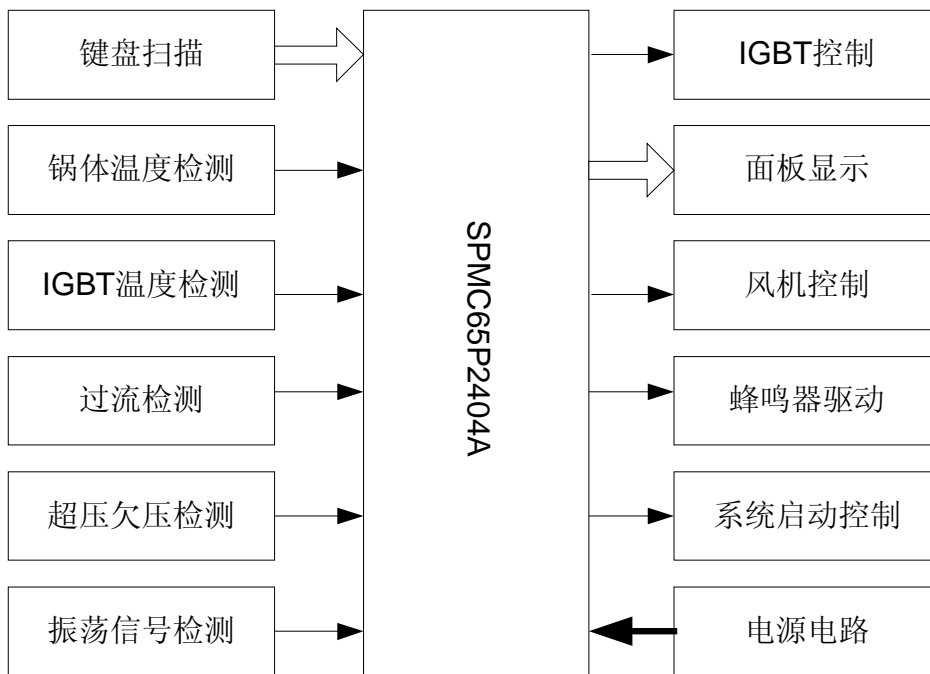


图 0-1 系统框图

### 1.1 功率板电路分析

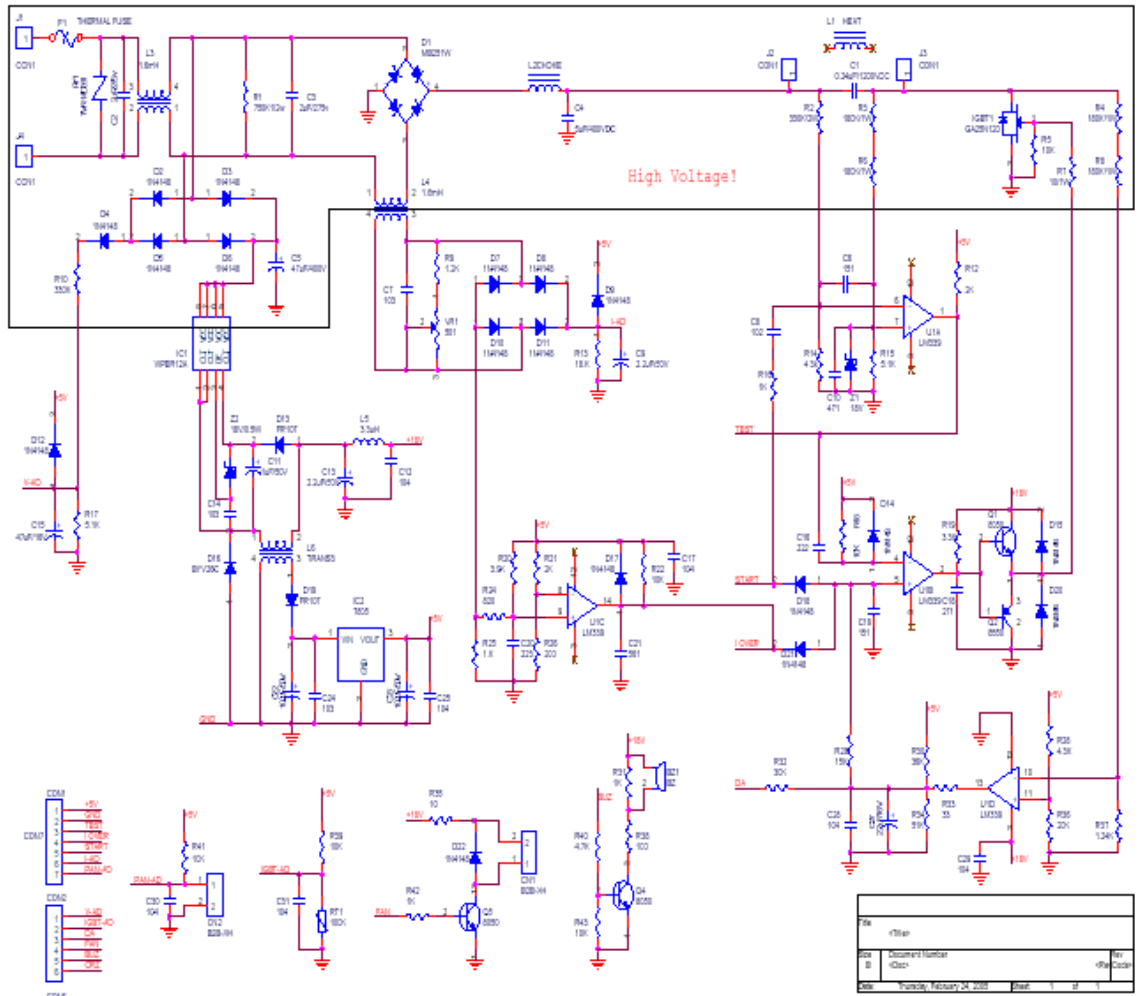
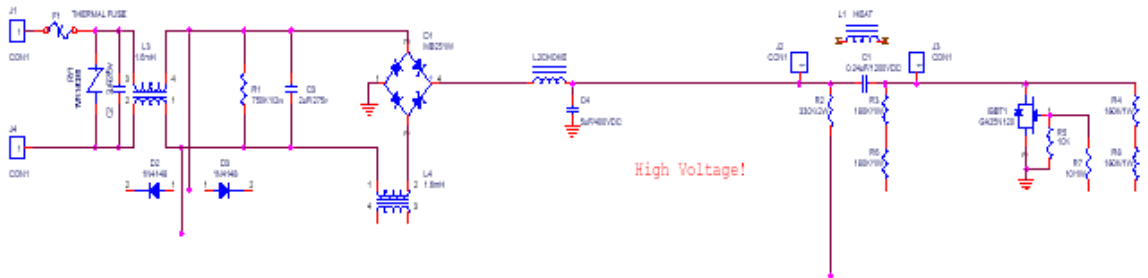


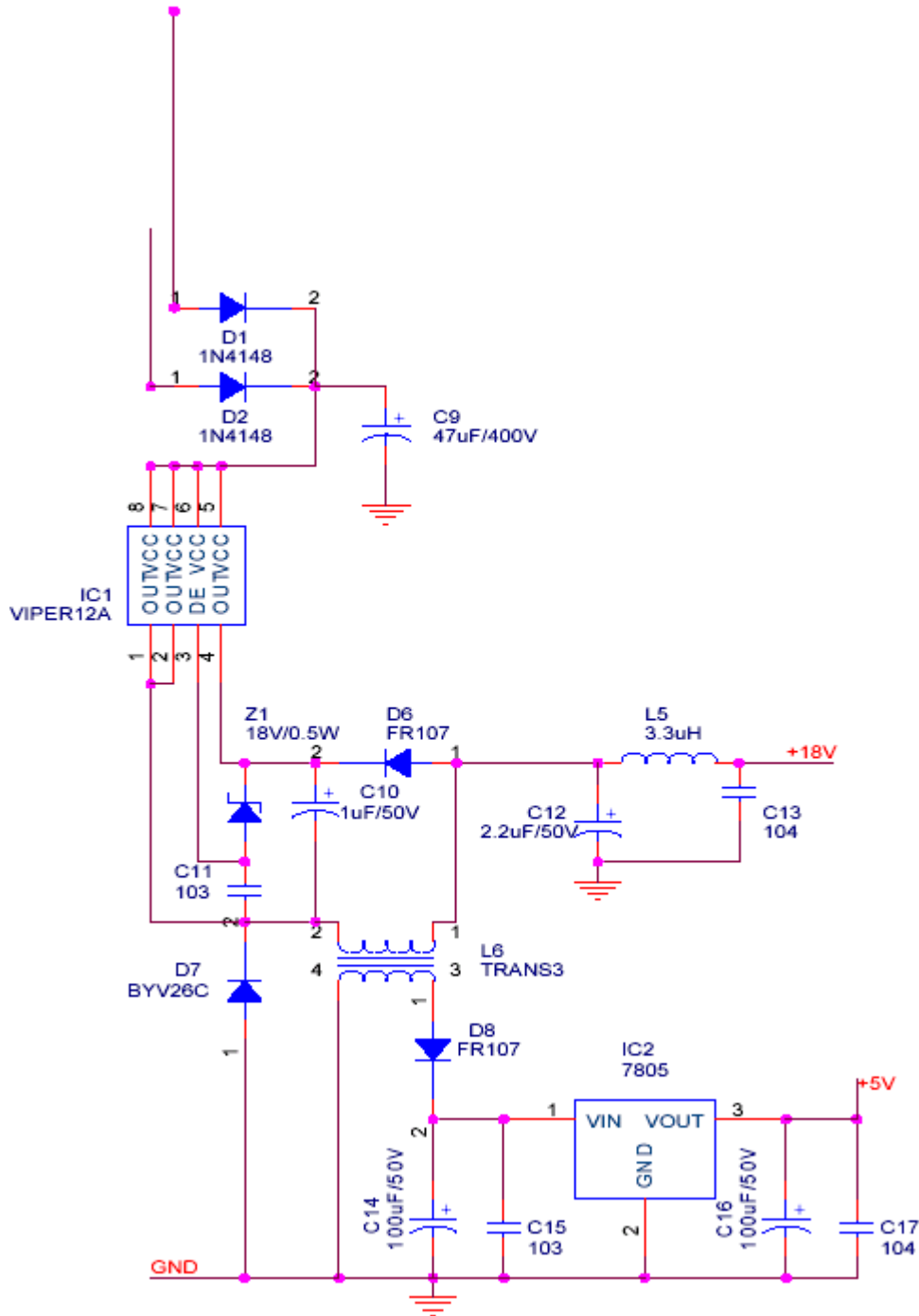
图 0-2 功率板电路图

#### 1.1.1 加热线圈工作电路



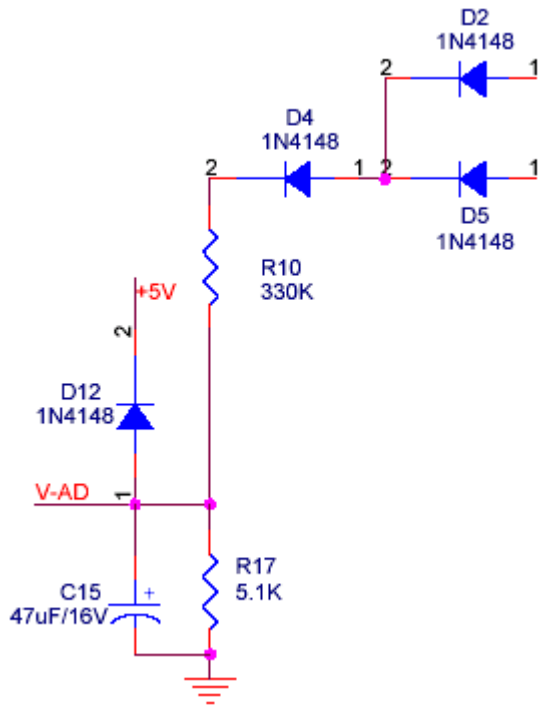
交流电 220V 经过前端滤波处理，通过整流桥，变成大约 310v 左右的直流电，通过 MCU 控制 IGBT 的导通和关闭，来控制加热线圈的工作状态。

## 1.1.2 开关电源电路部分



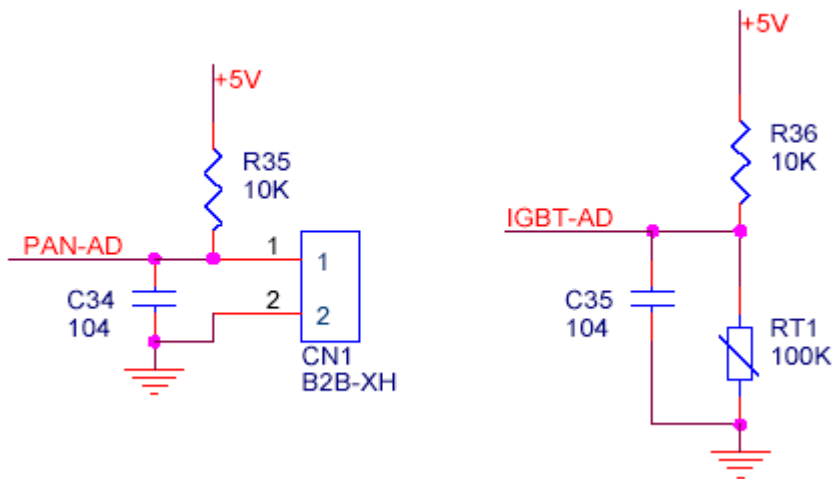
开关电源部分采用 TI 公司最新推出的集成电路 VIPer12A，来实现不同电压的输出，AC 接入后经过半波整流，接到 VIPer12A 的电压输入脚，输出端通过稳压变压的方式来得到 18V 和 5V 直流电，为 IC 和其他外围元件提供电源。

### 1.1.3 电压值测量电路



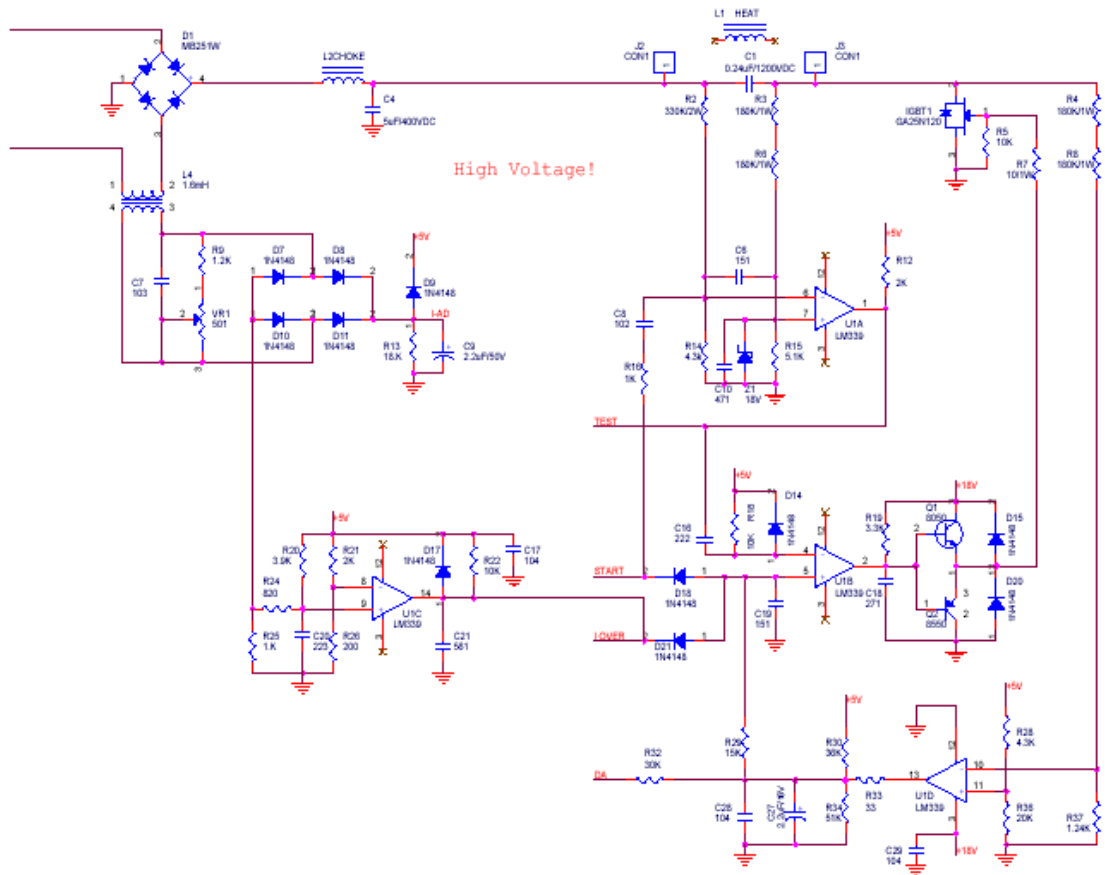
AC 接入后，经过半波整流，由 R10 和 R17 产生分压，对电路的电压进行比例式测量，以判断电路电压是否超过或者不足。

### 1.1.4 温度测量



通过两个热敏电阻分别来测试 IGBT 和瓷砖底面的温度，以此来保护 IGBT，和对系统进行温度控制时提供参考。

1.1.5 IGBT 控制电路



电路中包含有电流检测部分，通过电流互感器将总回路的电流按比较缩小后，通过整流，变成直流，连接电阻到地，系统通过检查电阻端的电压来判断回路的电流大小。同时回路电流若超过一定值后，通过另一端的保护信号反馈到 IGBT 的控制端，将控制信号拉低，使 IGBT 停止工作，同时送到 MCU，让系统停止工作，并产生报警信号。

## 1.2 控制板电路分析

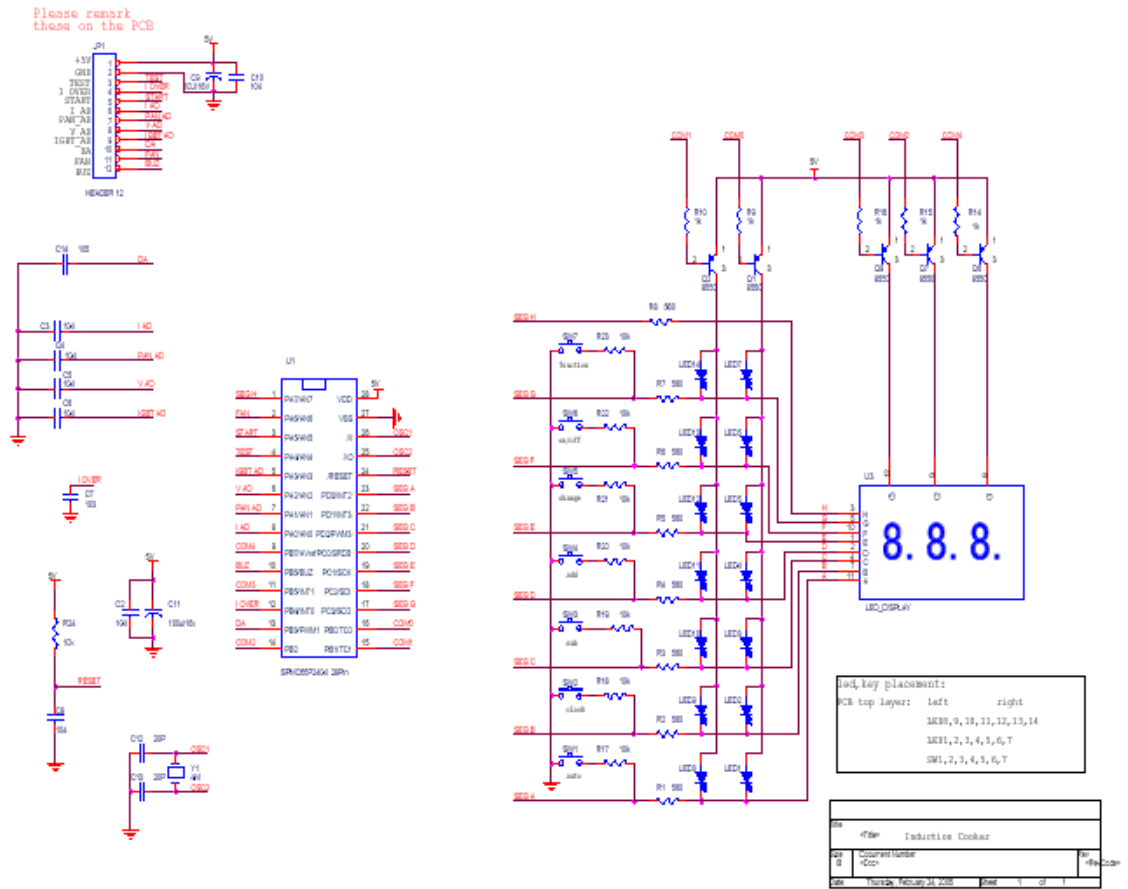


图 0-3 主控板电路图

主控板中主要由 MCU，数码管，发光二极管，按键，复位电路组成，数码管采用共阳型的，发光二极管驱动方法为动态扫描，按键与 SEG 线复用，控制 COM 口，回读 SEG 数据的 I/O 来扫描按键。复位电路为低电压复位电路，当电压低于 2.6V 时，系统产生复位。

## 系统软件设计

### 1.3 程序流程分析

主流程采用分时结构，在每个不同的时间片进行不同的工作，时间片可以对动态扫描的 LED 进行定时刷新和扫描，方便程序控制。

工作时采用时间轮循的方式，能有效的利用时间资源。过程中主要通过标志的方式将信息传递到其他模块。

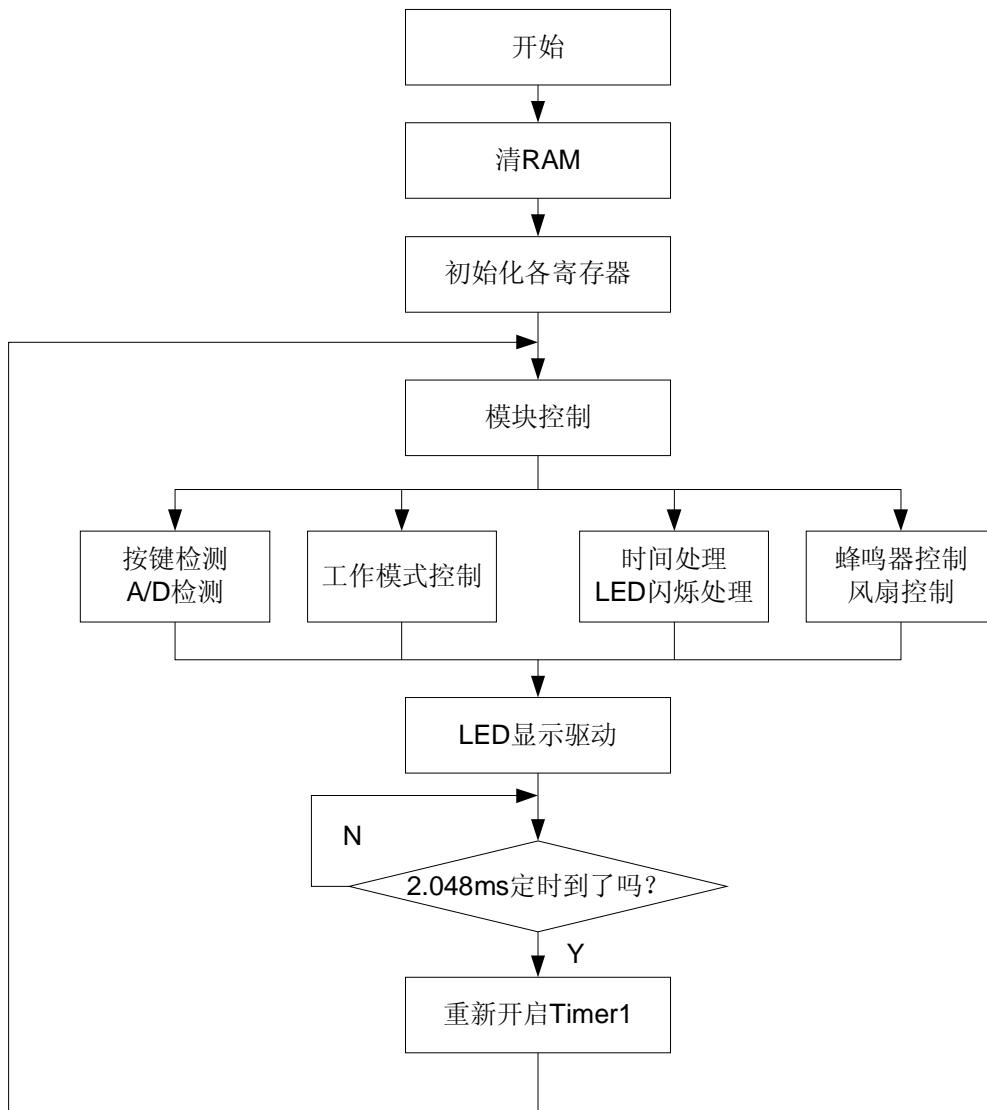


图 0-1 主程序流程图

#### 1.4 中断子程序流程图

电流过流中断是整个系统唯一的中断，当产生中断时，系统马上停止控制信号，然后置电流过流标志，让系统在其他地方检测过流的状态是否持续 3 秒，若是，则产生电流过流的报警信号，系统停止工作。

#### 1.5 功率调节模块

系统需要根据外部电压和电流的大小，来计算是否已经达到了设定的功率值，通过比较后的功率大小关系来调整 PWM 值，以输出比较恒定的功率。

假设外部电压为 V1，

MCU 检测到的电压值 V2，根据电路计算得：

$$V2=5.1*V1/(330+5.1)$$

得到的 A/D 值 DATA 为：

$$DATA=V2*256/5$$

外部电流和 MCU 通过转换的电压的测试值的关系为：

$$\text{外部电流值/转换后的电压}=2.4$$

根据上述关系来换算功率值的大小：

$$P=V*I=0.06*AD(V)*AD(I)$$

$$\text{推出：} AD(I) = 100 * P / (6 * AD(V))$$

确定 AD(I) 后，再通过调整 PWM 值，以使 AD(I) 达到计算的值。



## 1.6 系统资源分配

Function	MCU Hardware Resource	System Demand	Resource Divided	Description
IBGT 控制	PWM	1	PB3	接电容到地，产生不同的电压，与参考电压通过 LM339 比较，产生 PWM 波形，控制 IGBT。
风扇电机控制	GPIO	1	PA6	接三极管 C3205 直接控制风扇电机
蜂鸣器	BZO	1	PB6	PB6 输出 PWM 驱动蜂鸣器
电流过流报警	IRQ	1	PB4	发生此现象，就会产生中断
LED	GPIO	9	PD0-2, PB0-1, PC0-3	PD0-2, PC0-3 与按键，数码管复用，PB0-1 为控制口
数码管	GPIO	14	PD0-2, PC0-3, PA7, PB2, 5, 7	PD0-2, PC0-3 与按键，LED 复用，PB2, 5, 7 为控制口
按键	GPIO	7	PD0-2, PC0-3	与 LED，数码管复用
复位电路	RESET	1	/RESET	外部复位功能
温度检测	AD	2	PA1, PA3	AD 测量电压值，计算温度
电源电压检测	AD	1	PA2	AD 测量电压值，
电流过流检测	AD	1	PA0	通过检测电压来判断电流是否过流
看门狗	Watch Dog	—	内部 Register	溢出时间=RTI×8，定时清除
LVR Reset	—	—	Inner Reset	当 VDD 低于 2.4V，MCU 产生复位
RAM	—	192 bytes	—	—
ROM	—	4K bytes	—	—

## 7 结语

电磁炉的优势首先表现在它的热效率极高。作为倡导“绿色厨房文化”的高科技产品，电磁炉的应用原理是电流通过线圈产生磁场，磁场内的磁力线通过含铁物质（铁锅、不锈钢锅、搪瓷锅等）的底部时，促使铁分子高速运动，产生无数小涡流，因此热效率高。

卫生、清洁，环保是电磁炉的另一个优越性，铁物质利用磁场感应加热，不释放任何物质，无火、无烟、无味，也不升高室温，真正实现了清洁厨房，保护环境。

基于以上优点，电磁炉在家庭生活中得到越来越广泛的应用，现在许多家庭都在使用电磁炉作为他们的必备炊具之一，而且市场的容量还在不断壮大。

SPMC65P2404 芯片非常适合设计电磁炉产品。它具有的丰富资源能够设计出一款功能丰富、使用简易方便的电磁炉产品。而 SPMC65P2404 具备很强的抗干扰能力，使得设计出的产品具有很高的稳定性和安全性。

## 8 参考文献

[1] 肖健华, 经顺林. 模糊控制在家电产品中的应用与展望. 五邑大学学报(自然科学版),2001

[2] 张 超, 孙志锋, 金高先. 电磁炉主谐振电路研究与功率控制. 电源技术应用, 2004.

本文章由 凌阳科技 教育推广中心 沈哲提供 由 中国工控信息网([www.7613.com](http://www.7613.com))制作