

基于推挽式结构的开关电源设计

陈洁

(德州学院 机电工程系, 山东 德州 253023)

摘要:根据实际设计指标确定系统结构, 推导主要元件的参数计算并进行元件的选型, 设计出一个以推挽式变换器为主电路的开关电源, 并通过实验验证各项指标均已达到设计要求。

关键词:推挽式变换器; 采样; TL494; 单片机

中图分类号: TN86 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-5276(2009)04-0170-04

Design of Switching Power Based on the Push-Pull Structure

CHEN Jie

(Electromechanic Department of Dezhou University, Dezhou 253023, China)

Abstract: The system structure is build up firstly in this paper according to the design target. The calculation and selection of the main components parameters are presented. A switching power is designed, in which the push-pull converter is consider to be the main circuit. And it is proved that the indexes meet the requirements of the design.

Key words: push-pull converter; sampling; TL494; microcontroller unit(MCU)

0 引言

电源是介于市网电源与负载之间的供电设备, 从日常生活到最尖端的科技, 都离不开电源技术的参与和支持, 电源技术也正是在这种环境中一步步发展起来的。最初的电源是线性电源, 它利用有源器件导通电阻的可变性将输入电压降低至设定的输出电压, 由于线性电源能耗较大, 而且线性电源都是降压式的电源, 即输入电压必须高于所设计的输出电压, 因此线性电源在效率和功率要求不高的场合应用较多, 在大部分的应用领域线性电源正在逐步被后来发展起来的开关电源所取代, 与线性电源相比, 开关电源有许多优点, 在相同的功率容量下, 开关电源比线性电源效率更高, 体积和质量更小^[1], 开关频率也从 20 kHz 发展到兆赫级, 为高频变换提供了物质基础, 降低了原材料的消耗, 电源装置小型化, 加快了系统的动态反应, 提高了电源装置的效率, 进一步扩展了它的应用范围。

对于开关电源的设计, 一般根据输出指标及应用要求确定设计方法, 现采用模块化的设计思想, 将开关电源系统分解成多个基本功能模块, 按步骤分别进行设计, 分析各个模块的工作原理, 说明参数设计依据及元件的选型, 最后给出实验数据, 说明本设计的实用性和可靠性。

1 系统总体结构设计

1.1 设计要求

对于开关电源的设计方法及系统总体结构的确定, 取决于输入输出的现状及设计指标, 因此在设计之初应首先明确设计要求。系统要求首先将 220 V 正弦交流电压经隔离变压器降低至 18 V 交流电压(U_2), 再经整流滤波电路输

出直流电压 U_{IN} , 作为直流变换电路的输入电源, 经 DC-DC 变换与整流后输出所需直流电压 U_O , 设计指标如下:

- 1) 输入电压为市网交流电压: 220 V ($\pm 5\%$);
- 2) 输出电压可调范围: 30 V ~ 36 V, 最大输出电流 I_{Omax} : 2 A;
- 3) U_2 从 15 V 变到 21 V 时, 电压调整率 $S_U \leq 2\%$ ($I_O = 2$ A);
- 4) I_O 从 0 变到 2 A 时, 负载调整率 $S_I \leq 0.5\%$ ($U_2 = 18$ V);
- 5) 输出噪声纹波电压峰-峰值 $U_{OPP} \leq 1$ V ($U_2 = 18$ V, $U_O = 36$ V, $I_O = 2$ A);
- 6) DC-DC 变换器的效率 $\eta \geq 75\%$ ($U_2 = 18$ V, $U_O = 36$ V, $I_O = 2$ A);
- 7) 具有过流保护功能, 动作电流 $I_{O(oh)} = (2.5 \pm 0.2)$ A;
- 8) 能对输出电压进行键盘设定和步进调整, 步进值 1 V, 同时具有输出电压、电流的测量和数字显示功能。

1.2 系统总体结构的确定

根据设计要求, 系统主要包括隔离变压器、工频整流滤波、DC-DC 变换器、单片机控制及驱动等四大部分, 另外还有语音、显示、报警、键盘设置等模块, 以满足设计指标的 8 项要求, 确定系统总体结构如图 1 所示。

控制电路、驱动电路、保护电路采用集成组件, 控制电路采用全数字化, 控制手段用微处理器和单片机组成的软件控制方式, 达到了较高的智能化程度, 并且进一步提高了电源设备的可靠性。

2 开关电源系统的硬件设计

2.1 DC-DC 变换电路设计

DC-DC 变换电路有多种结构形式, 按开关管的连接

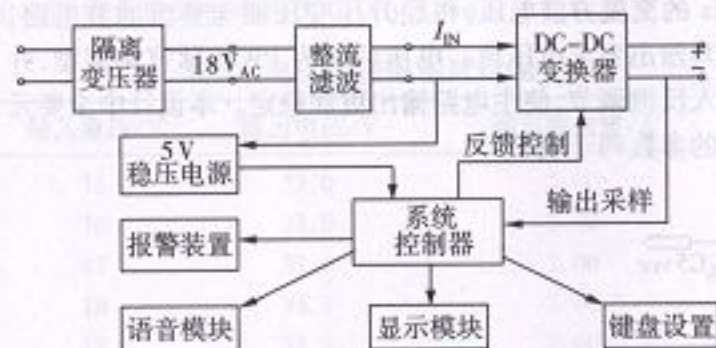


图1 系统结构框图

方式分有单端式、半桥式、全桥式和推挽式，单端式电路仅使用一个晶体管作为电路中的开关管，这种电路的特点是价格低，电路结构简单，但输出功率不高；半桥式电路使用两个开关管，将其连接成半桥形式，它的特点是适应于输入电压较高的场合；全桥式电路使用四个开关管，将其连接成全桥形式，它的特点是输出的功率比较大，但所用开关元件最多，驱动电路较复杂，其中有两个开关管需要浮地驱动，所以它的元器件成本最高。推挽式电路使用两个开关管，将其连接成推挽功率放大器形式，其电路结构如图2所示，这种电路的特点是开关变压器必须具有中心抽头，虽然有潜在的偏磁危险，但可以采用电流环或具有脉冲电流逐周期保护的电压环控制，以弥补这一缺陷，本设计采用推挽式电路结构。

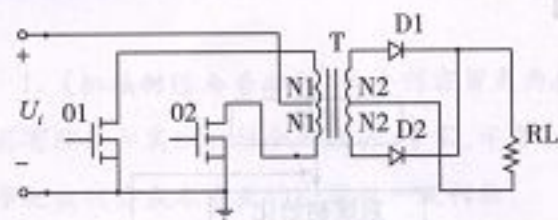


图2 推挽式变换电路

推挽式变换器电路属于双端式变换电路，适用范围比较广泛。开关管Q1、Q2由驱动电路激励交替通断，将输入直流电压 U_i 变换成高频方波交流电压。Q1导通时， U_i 通过Q1加到变压器T的初级绕组N1上。由于变压器的作用，因此将有2倍的输入电压($2U_i$)施加于截止的开关管Q2。当激励消失时，Q1、Q2管均截止。其集电极施加的电压均为输入电压 U_i 。下半个周期，Q2导通，Q1截止，Q1被施加2倍的输入电压，接着又是两管截止，下一个周期重新开始。

从上述分析可见开关管的耐压要达到2倍于直流输入电压的最大值。本系统输入电压为 $220\text{V} \pm 10\%$ 市网电压，经隔离变压器降低至 18V ，根据设计指标3的要求，需要从 15V 至 21V 可调，即隔离变压器输出电压最大为 21V ，再经单相桥整流输出直流电压约为 $21 \times 0.9 = 19\text{V}$ ，因此开关管在稳态截止时承受电压约为 $19 \times 2 = 38\text{V}$ ，加上动态过程中的尖峰电压，开关管必须要承受 42V 以上的电压。因此本设计选择开关管IRF3205，可承受 55V 电压。

2.2 主控芯片的选择

在开关电源的设计中，控制方式的确定及控制集成电

路(IC)的选择很关键，升压式拓扑通常采用电流型控制，电流型PWM控制较电压型控制有如下优点：逐周期电流保护比电压型控制更快，不会因过流而使开关管损坏，具有过载与短路的保护功能，这种保护通过电流和电流反馈来维持供给负载的恒功率；具有优良的电网电压调整率、迅捷的瞬态响应；环路稳定，易补偿；纹波比电压控制型小得多。本设计采用电流型控制芯片TL494，具有逐周过流保护功能，弥补推挽式电路潜在的偏磁缺陷，保证开关管工作在最大安全电流范围内。

2.3 电流采样设计

为保证输出电量的稳定，必须引入反馈调节，反馈采样元件选用康锰铜电阻丝，这是电流测量中常用的取样电阻，其特点在于温度漂移量非常小。经过测试，在 1Ω 的康锰铜电阻丝上通过约 2A 电流，由于产生的热量引起的升温，只会引起 0.02Ω 左右的阻值变化，对电流的稳定起了很重要的作用。另一方面， 1Ω 的康锰铜电阻丝约长 1m ，由于和外界接触面积大，即使通过大电流也能很快的散热，进一步的减小温度漂移带来的影响。

2.4 控制方案的选择

本电源系统采用SPCE061A单片机进行控制，所设计单片机电路板如图3所示。SPCE061A凌阳单片机具有功能强大的16位微控制器，它内部集成7路10位ADC和2通道10位DAC，可以直接用于电流电压采集，以及数字控制输出；且其存储空间大，能配合LCD液晶显示的字模数据存储及语音的存储。采用SPCE061A单片机，能将相当一部分外围器件结合到一起，使用方便，抗干扰性能提高。

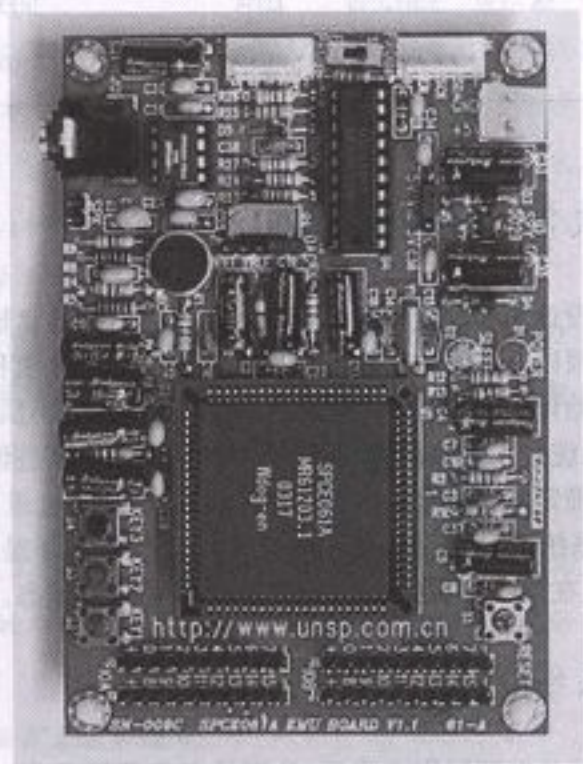


图3 单片机电路板

2.5 系统硬件电路设计

开关电源硬件电路如图4所示。电源主电路工作原理， 220V 市网电压首先进入 150VA 变压器，实现强电与

弱电、高频与工频的电气隔离,获得降低之后 18 V 的交流输出,经过大功率整流桥整流,后又经三个 4 700 μF 的电容并联滤波,输出大功率直流电压,通过推挽式直流变换电路,采用 TL494 作为 PWM 控制芯片,产生频率为 196

kHz 的交流方波电压,再经升压变压器与整流滤波电路,使其输出要求电压值。电压调节为 PWM 脉宽调制型,并引入反馈调节,使主电路输出更加稳定。本设计中主要元件的参数列于表 1。

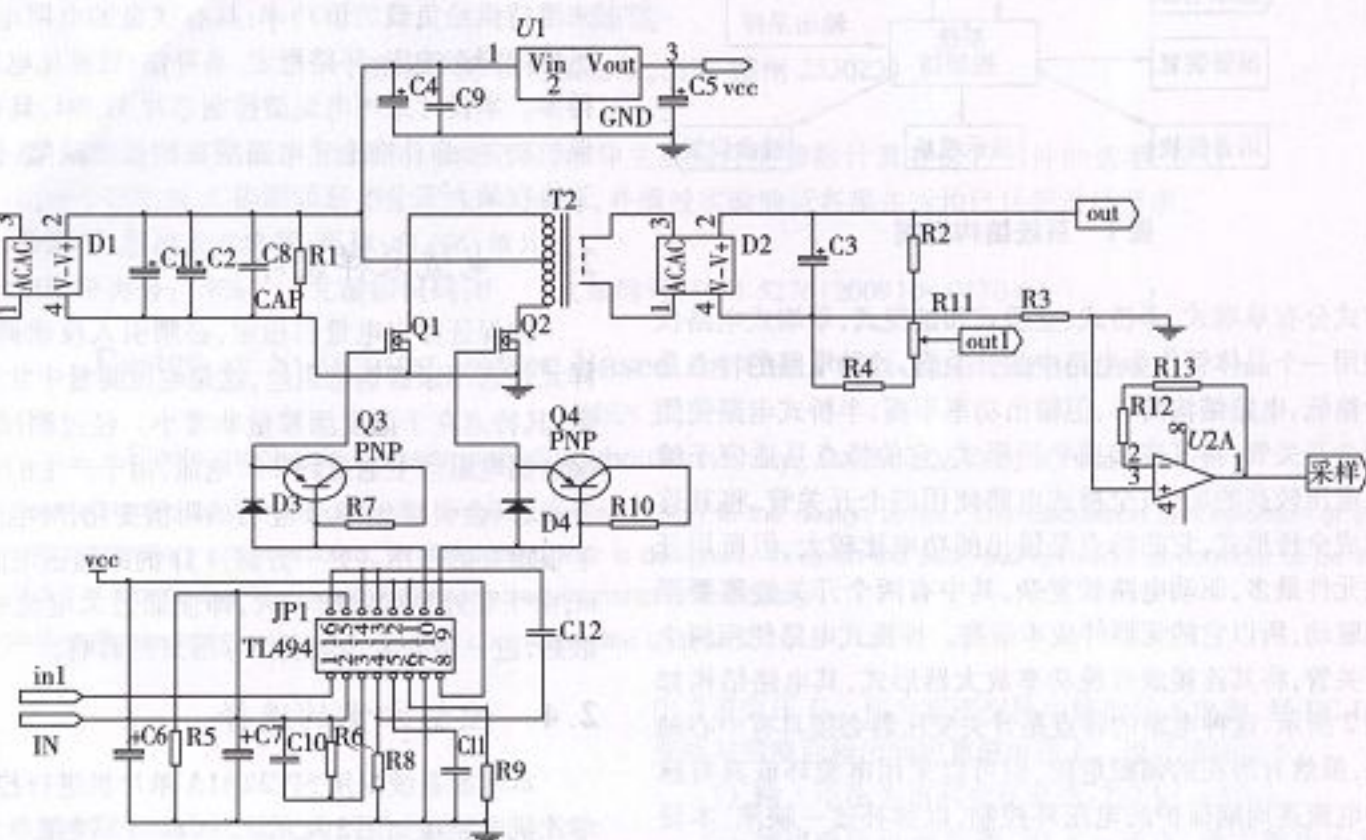


图 4 开关电源电路图

表 1 参数列表

器件名称	隔离变压器	整流桥模块	电解滤波电容	滑动变阻器	开关管
器件型号	BK-150	KBPC3510	J2354		IRF3205
功率参数	150 VA		4 700 μF (三个并联)		100 Ω

3 软件部分设计

本设计需要通过软件资源完成数控部分、键盘输入、语音播报以及显示输出功能。图 5 为系统主程序流程图。系统初始化后,通过上下调整键,步进 1 V 调整;当预设键按下,系统进入预设调整,通过上下调整键 1 V 步进调整,完成按确定键,系统输出预设值;当系统输出电流达到 2.5 A,系统自动断开输出,进行保护动作及语音提示报警,并且在排除过流保护后,电源自动恢复正常状态。

4 系统测试及结果分析

该开关电源制作完成后,分别进行负载调整率、电压调整率、输出纹波及电源效率的测试,测试过程及测试结果如下。

首先进行负载调整率的测试,通过一个大功率可调电阻及数字万用表将输入电压调节到 18 V,改变功率电阻的阻值测量输出端电压,测得数据如表 2 所示。可算出电源的电压调整率约为 0.015,基本符合设计要求。

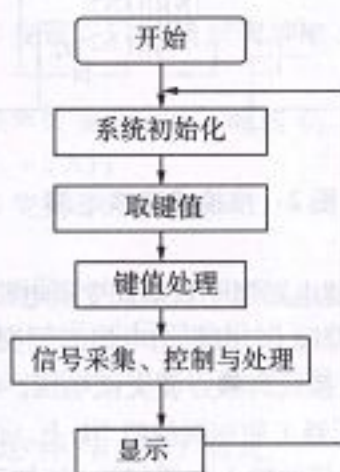


图 5 主程序流程

表 2 负载调整率测试结果

负载电阻	输出电压/V	输出电流/A
70	33.0	0.47
50	33.0	0.65
40	32.8	0.82
35	33.0	0.95
28	33.1	1.18
18	32.5	1.81
16	32.4	2.02

其次进行电压调整率的测试,用大功率可调电阻将输入 15 V 的电源所输出的电流调至 2 A,再调节输入电压,用数字万用表测得输出端的电压,测得数据如表 3。可算

出电源的负载调整率约为 0.003, 达到设计指标要求。

表 3 电压调整率测试数据

输入电压/V	输出电压/V	输出端电流/A
15	33.0	2.00
16	33.0	2.00
17	33.0	2.00
18	33.1	2.00
19	33.1	2.00
20	33.1	2.01
21	33.1	2.01

然后进行输出纹波的测量, 将输出端的信号输入 DS5102CA 型数字示波器可以直接读到纹波的大小, 本设计测得纹波峰峰值为 600 mV, 足以满足题目纹波不大于 1 V 的要求。

最后进行电源效率的测量, 测量 DC-DC 输入端电压和电流, 从而得到输入功率; 在电源的输出端接一大功率滑动变阻器, 测得其输出的电流、电压值, 从而得到电源的效率。通过这种方法测得该电源的效率在 85% 左右。

4 结论

通过上述测试数据, 说明本设计各项指标均能达到设计要求, 但由于时间紧张, 制作过程比较粗糙, 这对测试结果有一定影响, 因此可以通过改进制作工艺, 进一步提高开关电源的工作可靠性及其稳定性, 满足更多领域的实用要求。

参考文献:

- [1] 徐德鸿, 等. 开关电源设计指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 闫之峰, 等. 双管正激电路的 ZVT 技术研究[J]. 电力电子技术, 2008(6): 33-35.
- [3] 岳云涛, 等. 一种新型高功率因数软开关电源[J]. 电力自动化设备, 2008(5): 87-90.

收稿日期: 2009-01-06

《机械制造与自动化》征稿说明

1. 《机械制造与自动化》的办刊宗旨是为机电行业服务。本刊编委凝聚了从事生产管理、教学和科研工作的具有理论和实践相结合的院士、专家、学者、教授和高级工程师等, 技术力量雄厚; 愿与作者、读者共同努力, 力争把该刊办成本专业的全国性一流刊物。

2. 《机械制造与自动化》以机电一体化为特色, 突出行业导向性、实用性、前瞻性和编排规范性。主要栏目有: 综述与展望、机械制造研究、电气技术与自动化、信息技术、技术讲座、消息与动态等。行业范围涉及机械与仪表, 机床与工具, 石化、通用机械, 农用机械, 重矿、工程机械, 发电及输变电设备, 热工设备与工业炉窑, 电工器材, 汽车与配件, 环保净化设备, 基础件与元器件等。主要对象: 机电制造企业、科研设计院所、大专院校, 从事机电产品设计、科研开发、制造工艺、经营管理、市场营销和教学等专业人士。

3. 《机械制造与自动化》按照科技论文标准格式有关规定编排; “量和单位”应贯彻 GB 3100~3102-93 的规定; 文后参考文献的著录格式基本上按 GB 7714-87 的规定, 著录项目(主要责任者姓名, 文献题名, 刊登的期刊名称, 年、卷、期号和起止页码及下转页码, 或图书的出版地、出版社名称和出版年份等)必须齐全。

4. 投稿注意事项和基本要求

4.1 论文应力求完整性; 主要包括文章题名、全部作者姓名、工作单位所在省市名称、邮政编码、摘要(50~200字)、关键词(3~8个)、正文部分和参考文献。要求提供作者姓名的汉语拼音以及作者单位、题名、摘要和关键词的中英文对照。

4.2 论文如系某研究基金资助或课题奖励项目时, 请注明项目名称和编号。

4.3 请通过电子信箱投稿。本刊地址: 南京市珠江路 280 号 1903 室, 邮编: 210018。电子信箱(E-mail): editor@njmes.org。联系电话: 025-84207048, 84217296; 传真: 025-84207048。

请勿一稿多投。凡投寄本刊的稿件, 请作者自留底稿, 恕不退稿。

《机械制造与自动化》编辑部