2015年全国大学生电子设计竞赛

双向 DC-DC 变换器（A题）

【本科组】



2015年8月13日

目 录

[第一章 方案论证 1](#_Toc21911)

[1.1 论证比较 1](#_Toc15649)

[1.1.1实验方案选择 1](#_Toc11820)

[1.1.2脉冲发生模块的选择 2](#_Toc19778)

[1.2 方案描述 3](#_Toc7631)

[第二章 电路与程序设计 3](#_Toc21873)

[2.1 系统结构框图 3](#_Toc23198)

[2.1.1主系统 3](#_Toc3851)

[2.1.2子系统与器件选择 3](#_Toc3419)

[2.2 器件选择 5](#_Toc18774)

[2.3 程序功能描述 5](#_Toc5010)

[第三章 理论分析与计算 5](#_Toc15375)

[3.1 参数的计算 5](#_Toc24552)

[3.1.1电感的计算 5](#_Toc6158)

[3.1.2开关频率的计算 5](#_Toc6845)

[3.1.3其他外围参数的选择 5](#_Toc3773)

[3.1.4输出电流设置 6](#_Toc1603)

[第四章 测试方案与测试结果 6](#_Toc12474)

[4.1 测试方案及测试条件 6](#_Toc19193)

[4.1.1测试方案 6](#_Toc21622)

[4.1.2测试条件 7](#_Toc21622)

[4.2 测试结果及其分析 7](#_Toc21622)

[4.2.1测试结果 7](#_Toc21622)

[4.2.2测试分析 8](#_Toc21622)

[附录1：电路实物图 8](#_Toc29690)

 摘 要

本系统介绍了一种双向DC-DC变换器的基本原理和实现方法。由SG3525芯片产生的PWM波经三极管传入到电路中，驱动MOSFET管，使其关断或导通，使电压升高或降低。同时，可由单片机监测相应信号经判断后控制继电器选择放电或充电的模式使电路保持在一直正常情况下运行。当充电电压超出限幅值时，单片机可自动断开主电路，以保护系统安全。此外，本系统在设计时注重了高精度的要求，使输出电流步进可控，且步进值小于0.1A。而系统中各元件的选择以低损耗为标准，提高了系统的低功耗特性，使系统的效率达到最高。本系统经过多次模拟与实验，基本完成各项要求。

关键字：DC-DC变换；低损耗；自动；可控；充电

**ABSTRACT**

This system introduces the basic principle and realization method of a kind of bidirectional DC-DC converter. The PWM wave generated by the SG3525 chip is introduced into the circuit by the transistor, driving the MOSFET tube, making it shut off or on, so that the voltage is raised or lowered. At the same time, the signal can be monitored by a single chip microcomputer to control the relay selection discharge or charging mode to keep the circuit under normal circumstances. When the charging voltage exceeds the limit, the single chip microcomputer can automatically disconnect the main circuit to protect the system security. In addition, the system is designed with high accuracy requirements, so that the output current is controlled, and the step value is less than 0.1A. In the system, the selection of the components of the system is the standard, which improves the system's low power consumption characteristics, so that the system's efficiency is the highest. The system has been simulated and the experiment, the basic completion of the requirements.

**Keyword**: DC-DC transform; Low loss; Automatic; Controllable; Charge

**双向 DC-DC 变换器（A题）**

**【本科组】**

**第一章 方案论证**

1.1论证比较

1.1.1实验方案选择

方案一：双向半桥DC-DC变换器

双向DC-DC变换器电路如图1-1所示。通过控制开关T1和T2,达到双向直流升压与降压的目的。在升压运行时，T2动作，T1截止，变换器工作在Boost状态;当T1动作，T2截止时，变换器工作在Buck状态，实现降压功能。

图1-1 双向半桥DC-DC变换器

方案二：双向反激DC-DC变换器

双向DC-DC变换器电路如图1-2所示。通过控制Q1和Q2开关，实现变换器工作模式的转换。在升压运行时，Q1导通，Q2关断，N2同名端为正极，二极管反偏截止，所以电感变压器此时作为电感运行，电能存储在N2中，由输出电容向负载供电；当Q1关断，Q2导通时，变压器各线圈感应电势反号，同名端为负，迫使二极管导通，电感能转为电场能量向负载放电和向电容充电。同理，相反步骤下为降压运行。



图1-2 双向反激DC-DC变换器

方案三：双向恒流DC-DC变换器

该变换器分为恒流源和恒压源两部分电路，由开关控制两部分的通断，来实现升压和降压的功能，最终实现DC-DC变换的目的。

经比较，方案三较为简单，易于实现，能尽量较少元器件的相互影响。故选择方案三作为本次实验方案。

1.1.2脉冲发生模块的选择

方案一：SG3525

SG3525是一种性能优良、功能齐全和通用性强的单片集成PWM控制芯片，它简单可靠及使用方便灵活，输出驱动为推拉输出形式，增加了驱动能力；内部含有欠压锁定电路、软启动控制电路、PWM锁存器，有过流保护功能，频率可调，同时能限制最大占空比。

方案二：TL494

TL494是一种固定频率脉宽调制电路，它包含了开关电源控制所需的全部功能，广泛应用于单端正激双管式、半桥式、全桥式开关电源。

经比较，SG3525能满足本次实验的所需功能且较TL494稳定、简单，故选择SG3525作为本次实验的PWM控制芯片。

1.2方案描述

经过论证，本次实验采用SM2535芯片产生PWM来供给DC-DC模块来控制输出电压的高低，并由STM32单片机检测所需检测的电压电流，进而控制DC-DC模块的工作模式，实现比赛所要求的各项目的。

第二章 电路与程序设计

2.1系统结构框图

2.1.1主系统



图2-1 系统结构框图

2.1.2子系统与器件选择

（1）升压电路模块



图2-2 XL6009BOOST电路

（2）基于VAS1210降压电路模块

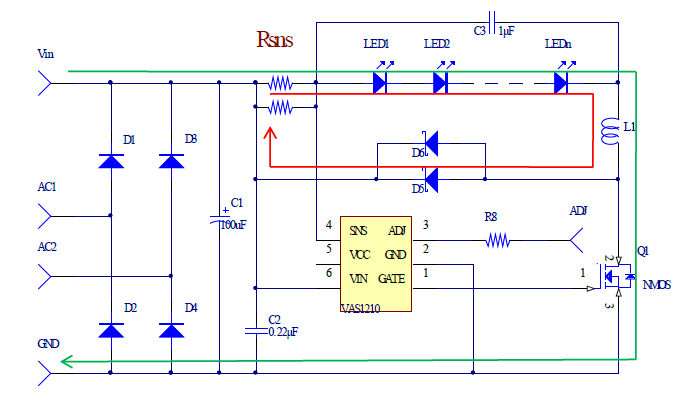


图2-3 VAS1210原理图

（功率路径： MOS闭合时， 绿线表示；MOS断开时， 红线表示。）

2.2器件选择

（1）电容的选择

输入电容：22uF 或者更大。

（2）肖特基二极管的选择

肖特基二极管：电流能力须大于输出电流，且反向击穿电压要大于输入电压。

2.3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：设置电流的比例

（2）显示部分：显示电压值和电流值

（3）程序设计思路

在系统中，软件的主要作用是完成命令输入、输出采样、软件过流保护和结果显示等功能，设计相对简单。

**第三章 理论分析与计算**

3.1参数的计算

3.1.1电感的计算

电感量的选择直接关系到系统的工作频率，电感量大则工作频率低，电感量小则工作频率高。大的感量可降低频率从而减小NMOS上的开关损耗，但对于相同体积电感，感量越大电感的绕线电阻也越大，则电感上的损耗也越大。

系统工作频率的计算：



3.1.2开关频率的计算

开关频率和MOS管的功耗有很大的关系，频率越高，产生的损耗越大。较低的电路工作频率可以降低MOS管的开关损耗，但输出电压脉动会增大，因此应在允许的频率范围内选择较低的频率。合适的开关频率大致处于20KHz与60KHz之间，本系统选取开关频率为30KHz，可以降低损耗。

3.1.3其他外围参数选择

外置增强型N-MOSFET：芯片Gate驱动电压为10V，要选取栅耐压>10V的MOS管，且VDS击穿电压要大于输入电压，饱和电流要大于输出电流，导通电阻关系到工作效率问题，MOS管消耗功率为：



3.1.4输出电流设置

芯片输出电流大小可通过选择检测电阻RSNS来设置，输出平均电流大小与RSNS关系为：



芯片输入电流、电压与输出电流、工作效率关系可表示如下：



第四章 测试方案与测试结果

4.1测试方案及测试条件

4.1.1测试方案

（1）硬件测试

首先，将硬件主电路分成两个模块分开测试，测试输入电压、电流与输出电压、电流之间的关系。经测试各模块符合要求后，加入控制模块进行测试，最后将各个模块合并再次进行测试，分别以此测试所要求项目。

1. 软件仿真测试

BOOST升压电路仿真



4.1.2测试条件

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：高精度的数字毫伏表，数字示波器，数字万用表。

4.2测试结果及其分析

4.2.1测试结果

当电压U2不变时，测量改变占空比对充电电流I1幅值的影响过程。

U2=30V

| 占空比α（%） | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | 52 | 54 | 56 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电流I1（A） | 1.24 | 1.28 | 1.32 | 1.36 | 1.39 | 1.43 | 1.47 | 1.50 | 1.53 |
| 占空比α（%） | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 |
| 电流I1（A） | 1.58 | 1.61 | 1.65 | 1.70 | 1.73 | 1.77 | 1.80 | 1.83 | 1.86 |

调整电压U2的幅值，观察充电电流I1的变化过程。

| 电压U2**（V）** | **25.6** | **26.2** | **27.1** | **28.9** | **29.8** | **31.2** | **32.5.** | **33.1** | **34.9** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电流I1（A） | 2.00 | 1.99 | 1.99 | 2.01 | 2.00 | 2.01 | 2.00 | 2.00 | 2.01 |

4.2.2测试分析

根据上述测试数据，由此可以得出以下结论：

（1）当U2=30V条件下，实现对电池恒流充电。充电电流I1在1～2A范围内步进可调，步进值不大于0.1A，电流控制精度不低于5%。

（2）设定I1=2A，调整直流稳压电源输出电压，使U2在24～36V范围内变化时，充电电流 I1的变化率不大于1%。

综上所述，本设计达到设计要求。

附录1：作品展示

