

# 单片机的数控开关电源设计方案

## 引言

现实的生活和实验中，常常要用到各种各样的电源，电压要求多样。如何设计一个电压稳定，输出电压精度高，并且调节范围大的电压源，成了电子技术应用的热点。在市面上，各种电源产品各式各样，有可调节的和固定的。但是普遍存在一些问题，如转换效率低，功耗大，输出精度不高，可调节范围过小，不能满足特定电压的要求，输出不够稳定，纹波电流过大，并且普遍采用可调电阻器调节，操作难度大，易磨损老化。

针对以上问题，本文采用基于 KA3525PWM 控制芯片的不对称半桥式功率变换器，并采用 16 位凌阳单片机作为数控核心，通过其内置的 D/A 输出调制 PWM, 提高了电源的输出精度和效率，并且方便使用者操作，实现了基于单片机的数控开关电源。

## 1、基于单片机的数控开关电源系统组成

本数控开关电源，采用凌阳单片机实现对基于 PWM 控制的不对称半桥式功率变换器的数字控制，实现直流输出电压 0V~40V 设定和步进值为 1 连续调整，最大输出电流为 2A. 同时实现了对输出电压和输出电流的显示等功能。系统框图如图 1 所示。系统主要包括：PWM 控制的开关电源模拟电路部分和凌阳单片机组成的数控部分。

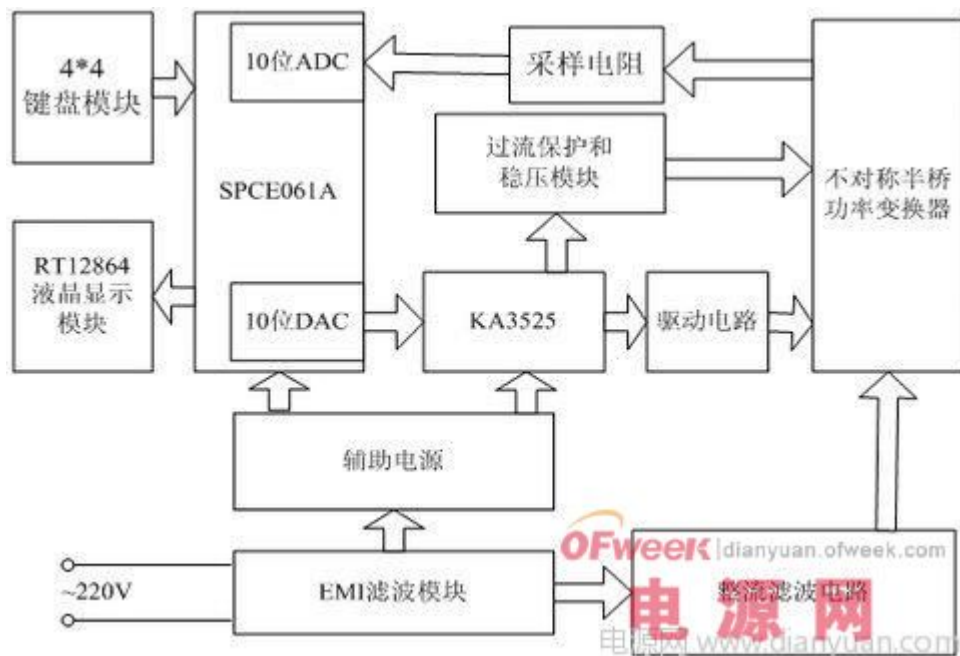


图 1 基于单片机的数控开关电源设计系统框图

## 2、基于 PWM 控制的开关电源设计

PWM 控制的开关电源电路原理如图 2 所示。主要包括 EMI 滤波电路、整流滤波电路、功率变换电路、驱动电路、输出电路、稳压电路、过流保护电路以及辅助电源电路等。

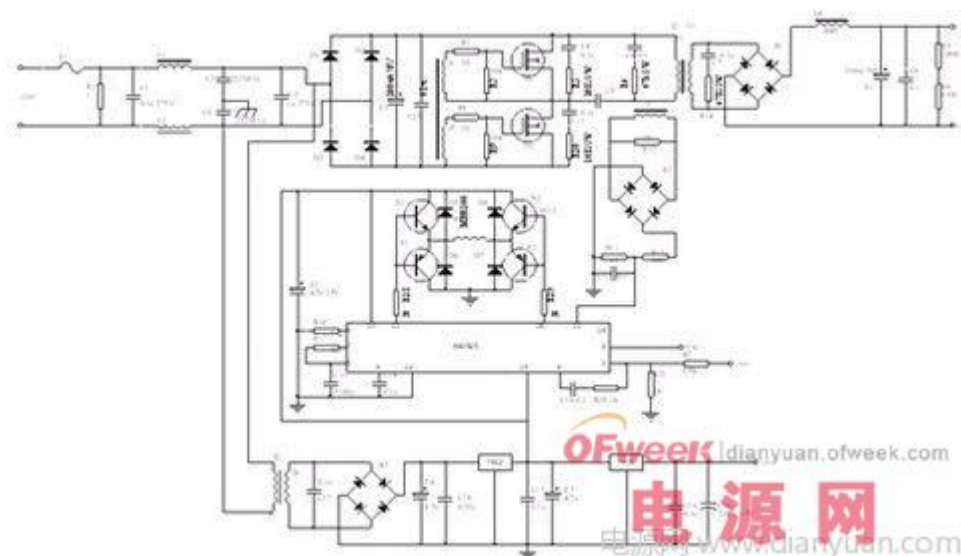


图 2 PWM 控制的开关电源原理图

## 2.1 EMI 滤波电路

EMI 滤波器如图 3 所示电路。该滤波器有两个输入端、两个输出端和一个接地端。电路包括快速保险丝 F1, 泄放电阻 R1, 共模电感 L1、L2, 滤波电容 C1、C2、C8、C9. 泄放电阻 R1 可将 C1 上积累的电荷泄放掉, 避免因电荷积累而影响滤波特性; 断电后还能使电源的进线端不带电, 保证使用的安全性。共模电感 L1-1、L1-2 对差模干扰不起作用, 对共模信号呈现很大的感抗。C1、C9 主要用来抑制差模干扰。C2、C8 跨接在输出端, 经过分压后接地, 能有效的抑制共模干扰。

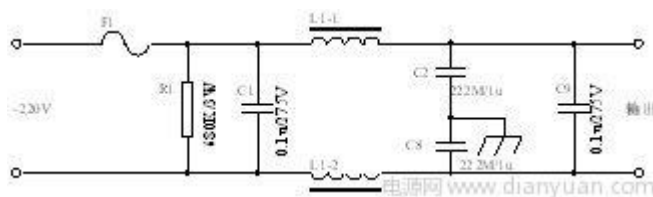


图 3 EMI 滤波电路

## 2.2 整流滤波电路

常用整流电路有半波、全波、桥式、倍压整流等形式。本文采用桥式整流电路, 电路如图 4 所示。图中 C3、C10 两个电容分别用于滤除整流后的高低频成分。

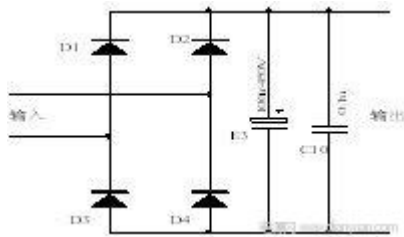
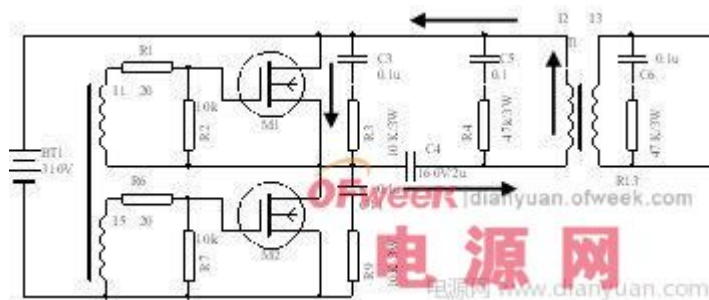


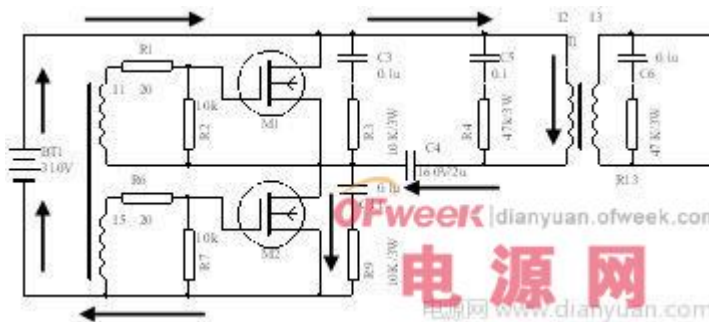
图 4 整流滤波电路

### 2.3 功率变换电路

功率变换电路采用不对称半桥功率变换器，如图 5 所示。图 5 (a) 所示电路开关管 M1 导通、M2 截止，电容 C4 放电。图 5 (b) 所示电路开关管 M2 导通、M1 截止时，电容 C4 充电。图中 R1、R2、R6、R7 在开关管关断时为泄放电阻，用来泄放开关管结电容电压。C4 为储能电容，电容容量不能低于  $2\mu\text{F}$ ，否则会降低系统带载能力。



(a)



(b)

图 5 不对称半桥功率变换器电流流向图

### 2.4 驱动电路

PWM 信号产生芯片采用 KA3525，它是一个典型的性能优良的开关电源控制芯片。其内部包括误差放大器、比较器、振荡器、触发器、输出逻辑控制电路和输

出三极管等环节。KA3525 的 1 和 2 脚是内部运算放大器的输入端，系统中单片机的 D/A 转换接口的一个引脚与 KA3525 的 2 脚连接，实现 KA3525 的数字控制与步进调整。11 和 14 脚输出交替的两路控制信号，经驱动电路与功率开关管的门极相连接。本文采用的驱动电路如图 6 所示。当 11 脚输出高电平、14 脚输出低电平时，N1、P2 导通，耦合变压器原边电流流向如图 6 (a) 所示。当 14 脚输出高电平、11 脚输出低电平时，N2、P1 导通，耦合变压器原边电流流向如图 6 (b) 所示。图 7 为驱动电路耦合变压器的输出波形。

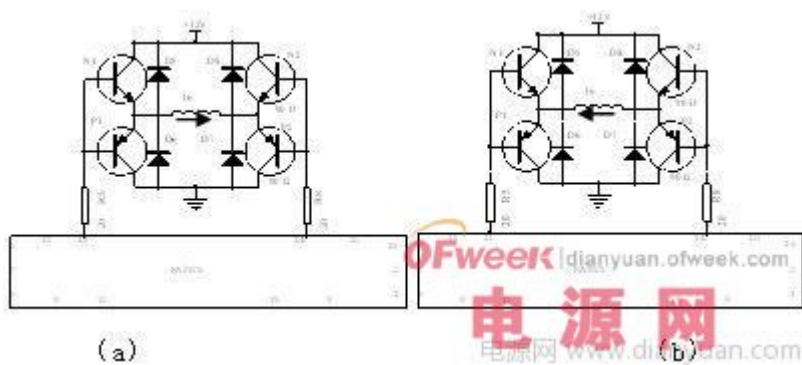


图 6 不对称半桥驱动电路电流流向图



图 7 驱动电路耦合变压器的输出波形

## 2.5 输出电路

图 8 即为 LC 滤波电路。电路中电感 L4 使电流波形变得平滑，电容则起到稳压的作用。其中电容 C1 为低频滤波，电容 C7 为高频滤波。

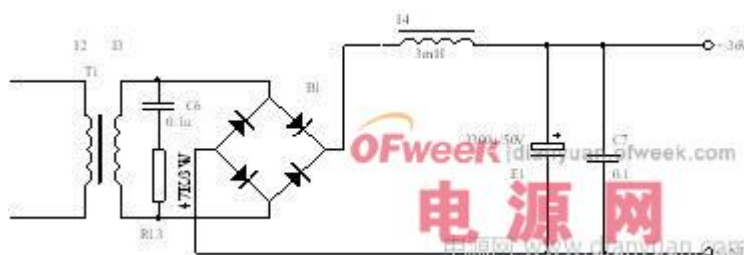


图 8 LC 滤波电路

## 2.6 稳压电路

如上图 2 所示，输出电压经采样电阻采样调整后输入 KA3525 的 1 脚，与单片机设定的 KA3525 的 2 脚电压进行比较，以实现稳定输出电压。若输出电压升高，则采样电压大于 2 脚给定电压，KA3525 输出的脉宽变窄，反之变宽。

## 2.7 辅助电源电路

由于本电路中 KA3525 芯片和单片机分别需要 12V 和 5V 的直流电压，故须设计辅助电源，其电路如图 9 所示。辅助电源输出采用三端稳压器 7812 和 7805 实现 12V 和 5V 的直流电压。

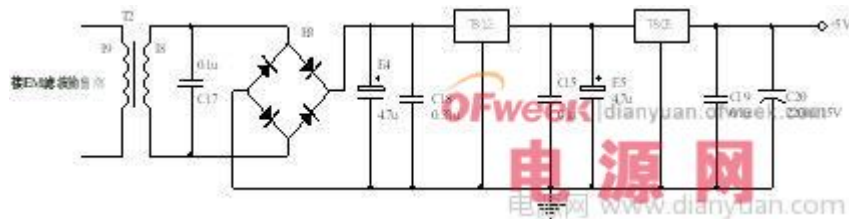


图 9 辅助电源电路

## 3、基于凌阳单片机开关电源的数控设计

本文数控部分采用凌阳公司的 SPCE061A 进行控制。SPCE061A 主要包括输入/输出端口、定时器/计数器、数/模转换、模/数转换、串行设备输入输出、通用异步串行接口、低电压监测和复位等部分。SPCE061A 单片机应用领域非常广泛。

本文利用 SPCE061A 单片机内部 10 位的 A/D、D/A 实现对输出电压的步进控制和测量以及输出电压和电流的显示功能。采用 RT12864 液晶显示，与单片机相连接，单片机的 IOB0~IOB7 的数据口与 LCD 的 DB0~DB7 相连接，IOB8 为 RS，IOB9 为 R/W，IOB10 为 E，IOB11 为 RST。连接方式如图 10 所示：

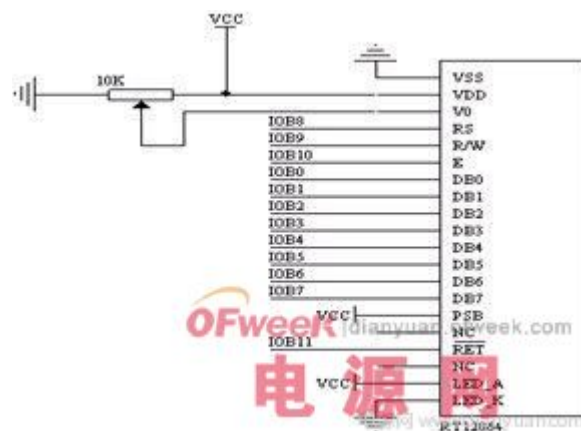


图 10 RT12864 与 SPCE061 的连接

输入键盘控制电路采用 4×4 矩阵式非编码键盘电路，与单片机进行连接。单片机的 IOA8~IOA11 做键盘的行扫描输出口，IOA12~IOA15 做键盘的列扫描输入口。如图 11 所示：

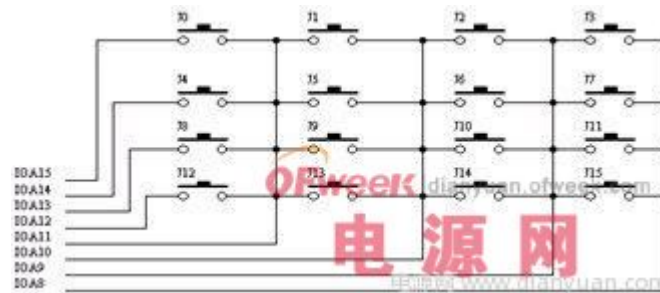


图 11 4×4 矩阵键盘

KA3525 的 2 脚是一个控制 PWM 波占空比的引脚，与 SPCE061A 单片机 DAC1/DAC2 引脚链接，利用集成的其中 1 个 10 位的 D/A 转换器，给 2 脚提供精确的给定电压，给 2 脚的电压越高，KA3525 输出的 PWM 波的占空比就越大，开关管导通的时间就越长，稳压源输出电压就越高，反之电压降低。从而可根据需要通过程序实现对输出电压的数字给定和步进调整，达到数控的目的。

#### 4、试验验证

为了验证设计的可行性，进行了硬件实验和程序调试。稳压源的输出电压由 KA3525 芯片 2 脚的电压决定。试验中发现 KA3525 的 2 脚电压与输出电压成非线性关系，因此需要多次调试确定 2 脚电压与输出电压的值以实现单片机的数字给定和步进调整，本文给出了部分 KA3525 的 2 脚输入电压与输出端电压对应值。对应关系如表 1 所示。

稳压源输出电压(V)	10	15	20	25	30	35	40
2脚电压(V)	1.26	1.92	2.56	3.22	3.87	4.51	5.17

表 1 KA3525 的 2 脚输入电压与稳压源输出电压的关系

#### 5、结论

经过计算 KA3525 的 2 脚所需要输入的电压并将其转化成单片机所需要的 10 位数字量，最后 SPCE061A 单片机将 10 位数字量左移 6 位写入 P\_DAC1 单元的高 10 位，进行 D/A 转换成相应的 3525 芯片 2 脚给定电压，实现对开关电源的步进调整。采样电压经 A./D 转换后送 LCD 显示，显示精度可达 0.01V。经多次测试，本电源输出电压可以 0V~40V 连续调整，步进值 0.1V，最大输出电流可达 IOMAX=2.5A，电压调整率 Su=0.1%，负载调整率 SI=0.2%，效率  $\eta=90\%$ ，试验结果表

明本文所设计的数控开关电源方案切实可行。