

基于 ATmega128 单片机的自动投切开关电源设计

电源技术的发展方向之一是并联运行分布电源系统，以便通过 N+1 冗余获得故障容错及冗余功率，并且建立模块式分布电源系统，以增大总负载电流。采用双端驱动集成芯片 TL494 输出 PWM 脉冲控制主开关的导通来控制电压输出，以 ATmega128 单片机为核心，实现大电流时自动由单电源供电投切到双电源并联均流供电，增强了开关电源的带负载能力和提高电源的供电效率。

模块化是开关电源发展的总体趋势，可以采用模块化电源组成分布式电源系统，可以设计成 N+1 冗余电源系统，并实现并联方式的容量扩展，使整个电源体积重量下降，模块中半导体器件的电流应力小，提高了系统的可靠性。本研究的开关电源在带小负载时为单电源供电，带大负载时（电流超过 1.7A）自动投切为双电源并联供电，采用外特性下垂方法实现各电源均流，增强了开关电源的带负载能力和提高电源的供电效率。

1 系统设计

1.1 DC-DC 变换器电路拓扑结构

本设计选择了升压斩波电路，其电路原理图如图 1 所示。选择升压斩波电路作为 DC-DC 变换的主拓扑结构。

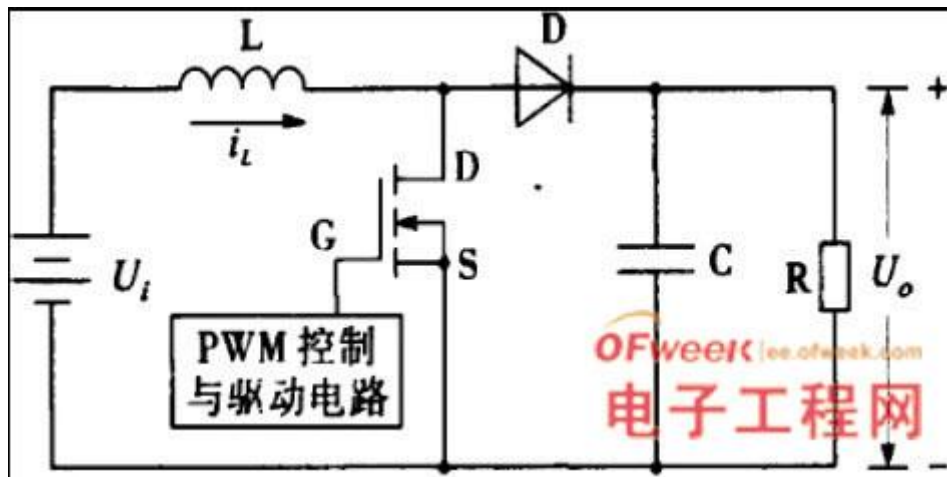


图 1 升压斩波电路原理

1.2 系统性能指标

本设计采用双端驱动集成芯片 TL494 输出 PWM 脉冲控制主开关的导通来控制电压输出，以 ATmega128 单片机为核心，实现大电流时自动由单电源供电投切到双电源并联均流供电，增强了开关电源的带负载能力和提高电源的供电效率。系统硬件主要由单片机最小系统，PWM 控制芯片 TL494，开关电源升压主电路，电流检测回路，D/A 转换电路组成。系统输出直流电压 18~45V 可调，可通过键

盘设定调整, 最大输出电流达到 4A, 能对输出电压和输出电流进行测量和显示, 具有调节速度快、电压调整率低、负载调整率低、效率高, 输出纹波小等优点。

1.3 系统实现结构框图

综合方案比较, 最终选择以 ATmega128 为主控芯片, 经 D/A 转换后提供参考电压, 与输出反馈电压进行比较, 使 TL494 产生相应 PWM 方波, 采用图腾柱驱动对 Boost 升压电路进行控制, 实现输出电压可调。利用 INA169 进行电流采样、光耦和 IRF9540 组成自动投切电路。系统设计总框图如图 2。

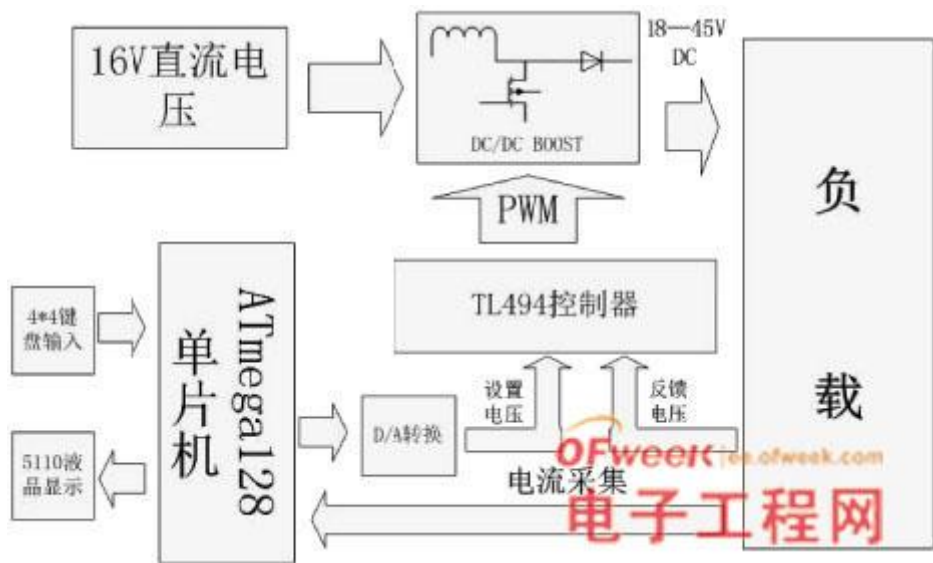


图 2 系统设计结构框图

2 理论分析与计算

2.1 储能元件电感的选择

计算出正确的电感值对选用合适的电感和输出电容以获得最小的输出电压纹波而言非常重要。本设计采用的电感是铁硅铝双线绕电感, 它的磁芯损耗远低于铁粉芯及高磁通, 具有低磁致伸缩 (低噪音) 的特点, 是低成本的储能材料, 在高温下性能稳定。

2.2 开关管的选择

本课题设计系统选用 MOSFET 的型号是 IRF540, 使用沟渠工艺封装的 N 通道增强型场效应功率晶体管, 常用于 DC 到 DC 转换器、开关电源、电视及电脑显示器电源等领域中, 具有低导通内阻、快速开关、低热敏电阻等显着优点, 其漏源电压 V_{DSS} 最大可达 100V, 导通电流 I_D 最大可达 23A, 其导通电阻 $R_{DS(on)}$ $< 77m\Omega$, 允许最大管耗 PCM 可达 50W, 满足电路要求。

2.3 续流二极管的选择

开关电源输出整流二极管通常采用肖特基二极管或者快速恢复二极管。因为它正向压降低，又几乎没有反向恢复时间，所以在本设计中选用的整流二极管是SS35，是低功耗肖特基二极管，其反向电压达到50V，正向压降只有0.6V左右，具有高浪涌电流能力。

2.4 PWM 脉宽调制电路

PWM 控制器电路其核心采用专用集成电路 TL494，通过适当的外接电路，不但可以产生 PWM 信号输出，而且还有多种保护功能。TL494 含有振荡器、误差放大器、PWM 比较器及输出级电路等部分。本设计外接电路如图 3 所示。

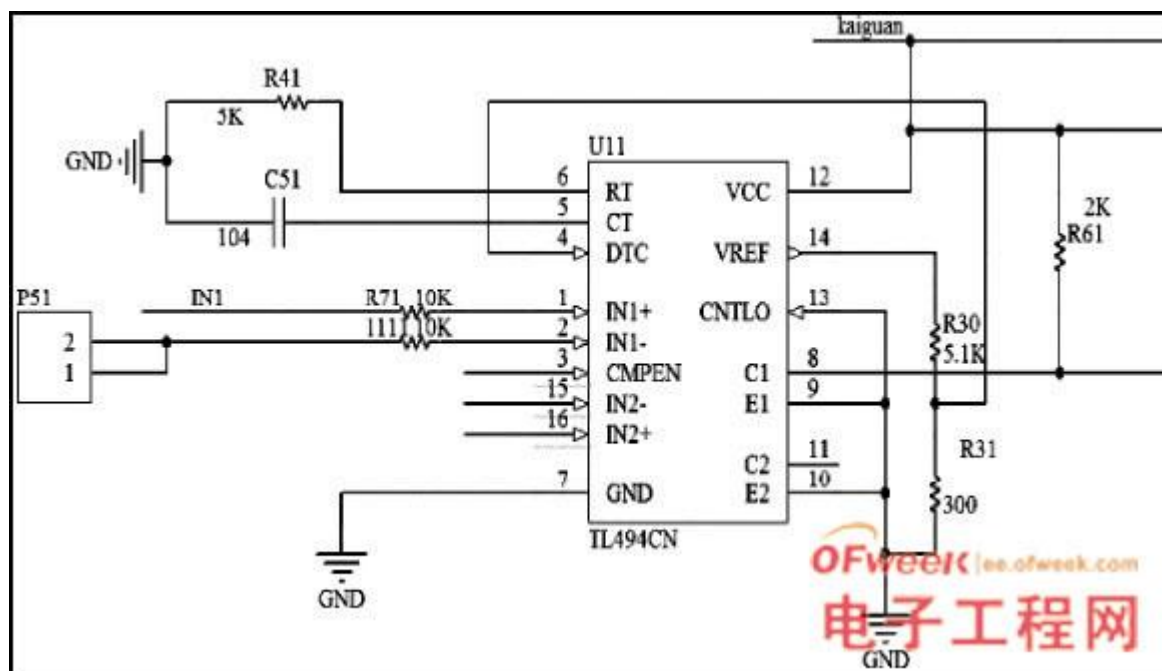


图 3 TL494 外接电路

TL494 引脚 1、2 脚是误差放大器 1 的同相和反相输入端，1 接输出电压反馈端 IN1，引脚 2 接 D/A 端口，反馈信号与预设信号经误差放大器进行比较放大，控制脉冲宽度，由 8 脚输出，再经图腾柱电路，控制开关管 IRF540 导通。为保护 TL494 的输出三极管，经 R30 和 R31 分压，在 4 脚加接近 0.3V 的间歇调整电压，整机电源取 16V 单电源。

2.5 MOSFET 驱动电路

系统中开关管选用 N 沟道 MOSFET 型号为 IRF540N，其开启电压为 2~4V。但为了保证它的充分导通，一般要提供 10V 左右的栅极电压。为此，本设计采用一个

简单可靠、成本低廉的图腾柱电路作为 MOSFET 的驱动电路（如图 4 所示）。PWM 信号经过第一个三极管 9014 放大，再经后级 NPN 型三极管 9014 和 PNP 型三极管 9015 组成的互补电路保持后可给 MOS 管的栅极 G 极提供 11V 左右电压。该电路在开关管的导通和关断期间有较好的性能：能快速可靠开通，且不存在上升沿的高频振荡；在关断瞬间，驱动电路能提供一个低阻抗的通路供 MOSFET 栅源极间电容电压的快速泄放。该电路输入和输出刚好反向。即当 PWM 为低电平时，栅极得到高电压，MOS 管充分导通；当 PWM 为高电平时，栅极电压几乎为 0，MOS 管关断。

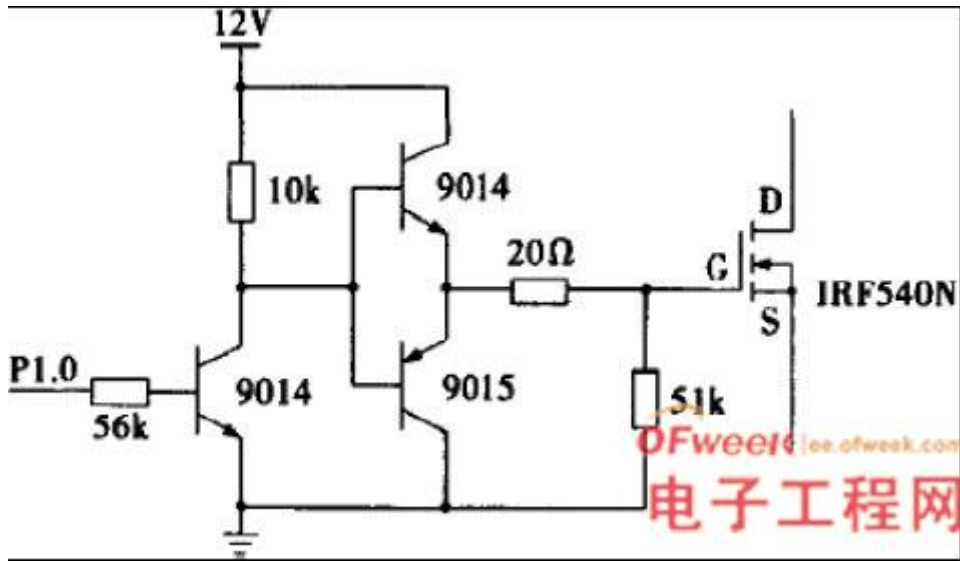


图 4 图腾柱驱动电路

2.6 电源投切开关电路

电路如图 5 所示，Q5 型号为 IRF9540，是 P 沟道 MOSFET，U2 为光耦，型号为 P521。当光耦不工作时，Q5 的源极电位比栅极电位高，Q5 导通，电源导通；当光耦工作时，源极的电位拉到了栅极，Q5 截止，电源截止。光耦不仅起到开关的作用，而且其光电隔离的特性能够很好地保护单片机的 IO 端口。

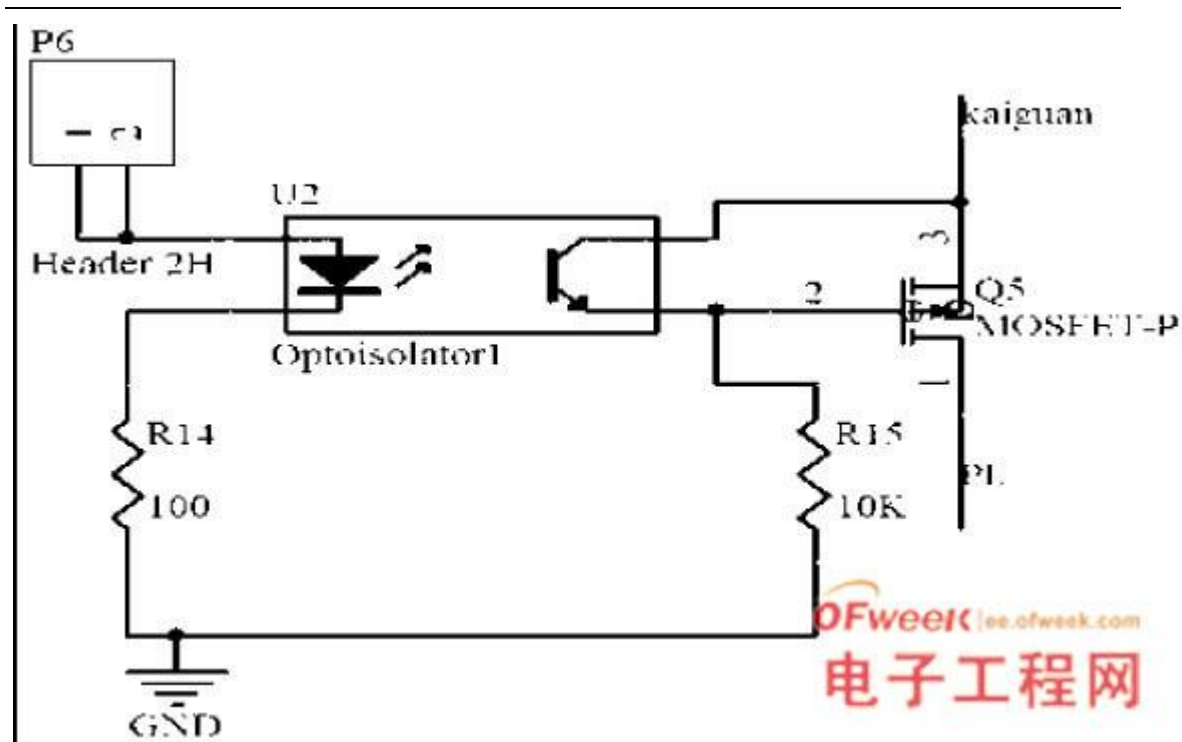


图 5 投切开关电路

3 软件设计及其功能

ATmega128 单片机能够根据键盘的输入值而输送不同的 D/A 值给 TL494 控制芯片，以实现键盘控制电源系统输出电压的大小；对输出电流进行 A/D 采集，并且能够根据电流的大小判断是否投切为双电源供电和显示相应的工作状态；在液晶 5110 上显示输出电压和输出电流。具体软件流程图如图 6 所示。

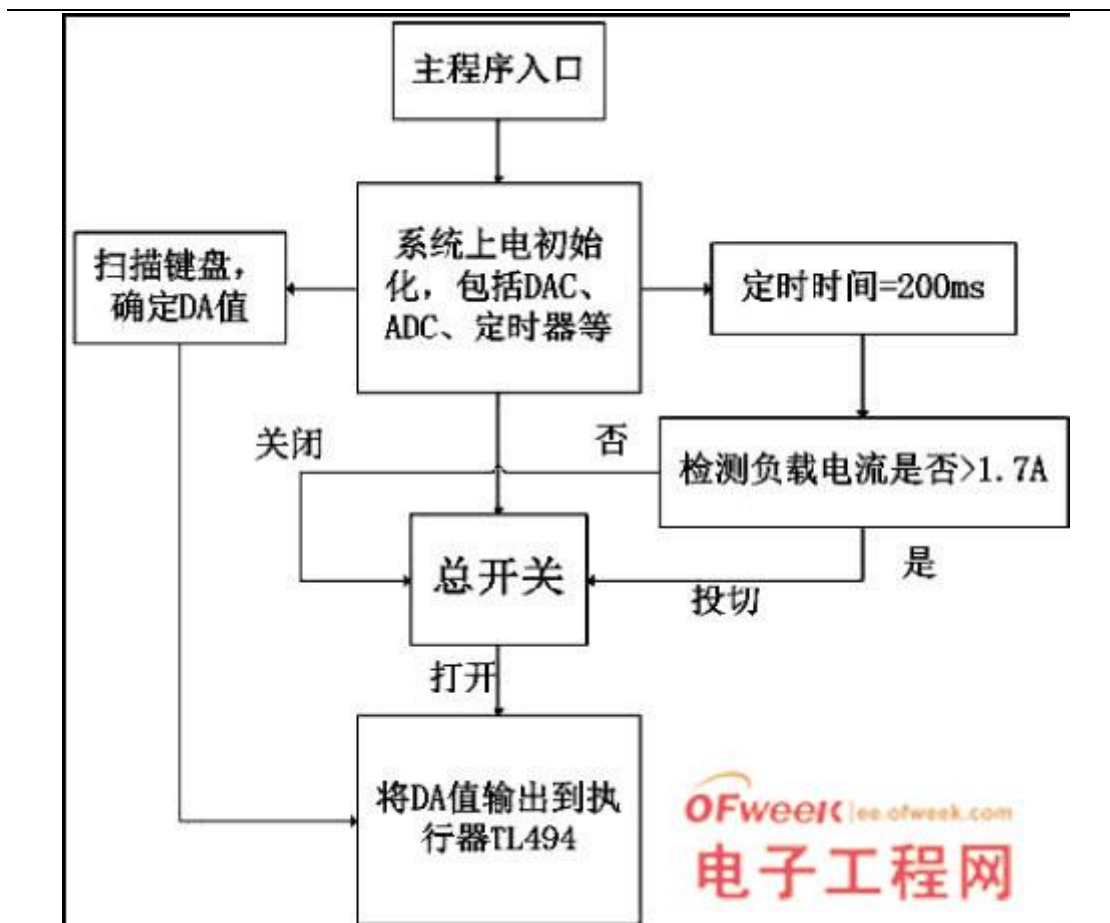


图 6 软件流程图

4 实验数据测试及分析

测试电路接法如图 7 所示。

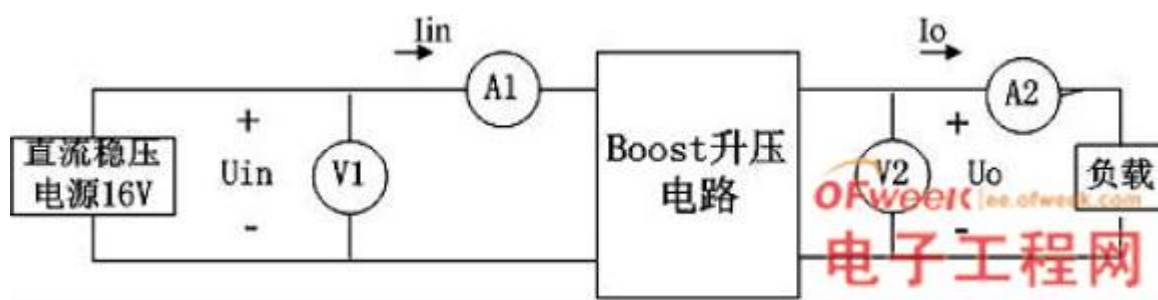


图 7 测试电路图

4.1 效率及负载调整率测试 (单电源供电)

当 $U_{in}=16V$ 时, 改变负载, 测量输出电流 I_o , 输出电压 U_o , 输入电流 I_{in} , 输入电压 U_{in} . 计算其效率 η , 负载调整率 SI .

由表 1 数据可以计算出负载调整率为： $SI = (20.00 - 19.27) / 20.00 * 100\% = 2.65\%$ ，电源具有比较强的带负载能力，最大电流接近 2A，具有较高的转换效率，平均效率达到 84.34%。

Io	0	0.54	0.6	0.77
Uo	20.0	20.0	20.0	20.0
Iin	0.00	0.79	0.92	1.14
Uin	16.0	16.0	16.0	16.0
效率%	/	85.44	81.52	84.43
Io	0.88	1.28	1.61	1.97
Uo	19.95	19.73	19.53	19.47
Iin	1.31	1.89	1.89	2.8
Uin	16.0	15.9	15.9	15.8
效率%	83.76	84.04	84.04	85.81

表 1 效率及负载调整率测试（单电源）

4.2 双电源供电效率测试（负载 10Ω）

由表 2 的数据可以看出，并联供电时电源的转换效率得到了明显的提高，功率也达到了 92W，大大地提高了电源的供电能力。

I总	0	1.93	2.13	2.28
I1	0	0.96	1.13	1.4
I2	0	0.97	1.00	0.88
预置 Uo	20.0	25	28	30
实际 Uo	20.0	24.0	26.4	28
Iin	0.00	3.28	4.1	4.64
Uin	16.0	15.7	15.6	15.5
效率%	/	89.95	87.92	92.35

表 2 双电源供电效率测试（负载 10Ω）