

基于阻容降压的稳压电路设计

翟明静¹, 徐建刚², 刘广陵²

(1.常州工学院, 江苏 常州 213002; 2.英特曼电工(常州)有限公司, 江苏 常州 213165)

摘要: 为了解决给智能家用电器所用到的 ASIC 芯片提供稳定电源电压的问题, 设计出阻容降压的稳压电路, 该电路对市电进行阻容降压、半波整流、滤波, 在稳压电路引入深度电压负反馈使输出电压稳定, 该电路具有抗电网干扰和防浪涌功能; 经过瞬态分析后, 输出电压最终稳定在 5.085 9 V, 与实际电路测试结果 5.04 V 仅相差 0.045 9 V, 该稳压电路已成功应用于电子产品中。

关键词: 阻容降压; 整流; 负反馈; 稳压电路

中图分类号: TN702

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.2015.10.036

中文引用格式: 翟明静, 徐建刚, 刘广陵. 基于阻容降压的稳压电路设计[J]. 电子技术应用, 2015, 41(10): 133-135.

英文引用格式: Zhai Mingjing, Xu Jiangang, Liu Guangling. Design of regulator circuit based on RC power supply[J]. Application of Electronic Technique, 2015, 41(10): 133-135.

Design of regulator circuit based on RC power supply

Zhai Mingjing¹, Xu Jiangang², Liu Guangling²

(1.Changzhou Institute Technology, Changzhou 213002, China; 2.Etman Electric(Changzhou) Co., Ltd, Changzhou 213165, China)

Abstract: In order to provide the stabilizing power supply voltage for the ASIC chip used in the smart household appliances, regulator circuit based on RC power supply was designed. The circuit executed RC power supply, half wave rectification and filtering to electric city. Output voltage remained stable because of the regulator circuit with deep negative feedback. It can be effectively prevent interference about power grid and surge voltage. The output voltage was stable at 5.085 9 V after transient analysis. The test results showed output voltage was 5.04 V. The difference between the theoretical and practical values was 0.045 9 V. The regulator circuit has been applied to the electronic products successfully.

Key words: RC power supply; rectification; negative feedback; regulator circuit

0 引言

随着科技的发展, 计算机技术、数字化技术以及信息技术应用于传统家电, 使家电具备智能化和信息网络功能, 即智能家电, 智能家用电器体现了家用电器最新技术面貌。另外, 智能家电的节能和环保功能也成为了智能家电发展的一个趋势。为了实现智能家电的智能功能, 就需要用到实现这些功能的专用芯片(ASIC), 因此给这些专用集成芯片提供电源, 成为一个至关重要的问题。阻容降压稳压电源设计简单, 元件少, 制造和使用都较可靠, 在家电、照明等行业大量应用^[1,2]。

早期稳压电源电路包括: 降压变压器、整流二极管或整流桥、滤波电容及稳压环节组成^[3]。由于其消耗有色金属, 体积大, 价格高, 安装不便, 为克服这些缺陷, 出现了阻容降压稳压电路。如图 1 所示, 阻容降压稳压电路节省了大体积的变压器, 因此体积、重量及成本都大大降低。



图 1 阻容降压稳压电路系统框图

1 阻容降压稳压电路的设计与分析

1.1 阻容降压稳压电路设计

本文所设计的阻容降压稳压电路如图 2 所示, Fuse 为保险丝, 参数选取为 1 A/250 V, 当输入端流入大电流, 保险丝熔断, 从而保护阻容降压稳压电路器件不被损坏。压敏电阻 R_0 选取 14D471K, 用来防浪涌, 能够起到保护作用; 限流电阻 R_1 、泄放电阻 R_2 和限流电容 C_1 构成阻容降压电路; D_1 半波整流二极管, D_2 在市电的负半周时给 C_1 提供放电回路; D_3 、 R_6 为初级稳压电路, R_3 、 C_2 组成滤波电路, R_4 、 Q_1 、 D_4 构成串联稳压电路。

1.2 阻容降压及整流电路原理及分析

虽然利用变压器降压, 可以得到稳定的电压与较高的效率, 由于变压器包含绕制线圈, 会占用很大的空间, 在实际布线与安装时就会造成一定的困难; 另一方面, 对于企业来说, 利用变压器降压, 成本也会增加; 阻容降压的核心元件是一个电阻和电容并联, 实际上就是利用容抗限流。而电容器起到一个限制电流和动态分配电容器和负载两端电压的角色, 限流(降压)电容器 C_1 一定

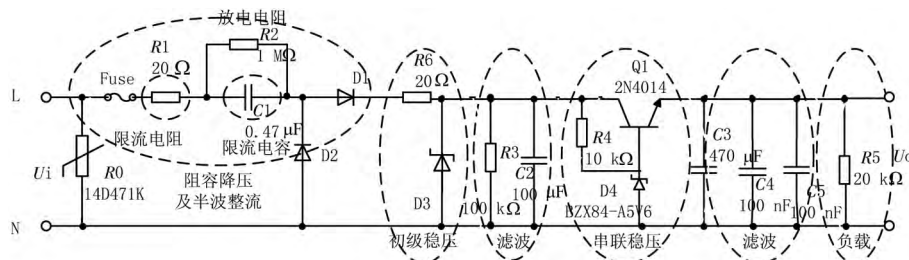


图2 阻容降压稳压电路

要选择耐压高的,通常要大于两倍的电源电压,因为当阻容降压电路空载时,输出电压只有三十多伏,市电220 V电压大部分都加到电容C1上。

电容C1的取值,取决于通过的电流,当电容连接到交流电路中,电容C1的容抗为:

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C1} = \frac{1}{2\pi f C1} \quad (1)$$

式中, X_{C1} 为电容的容抗, f 为交流电源的频率,C1为电容的容量。因此流过阻容降压电路的电流为:

$$I_{AV} = \frac{U_i}{X_{C1}} = 2\pi f C1 U_i \quad (2)$$

当采用半波整流时,由于只有交流电的半个周期通过,所以有:

$$U_{D1(AV)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} U_i \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_i \approx 0.45 U_i \quad (3)$$

$$I_{D1} = 0.45 \cdot I_{AV} = 0.45 \cdot 2\pi f C1 U_i \quad (4)$$

因此在市电220 V电压下,每微法的电容得到的电流大小为:

$$I = 0.45 \cdot I_{AV} = 0.45 \cdot 2\pi f C1 U_i = 0.45 \times 2\pi \times 50 \times 10^{-6} \times 220 \approx 30 \text{ mA} \quad (5)$$

本文电容C1大小为0.47 μF,因此电路中电流的大小为14.1 mA。

R2为泄放电阻,当正弦波在最大峰值时刻被切断时,电容C1上残存电荷无法释放,会长久存在,如果人体接触到C1的金属部分,就会有强烈的触电可能,而电阻R2的存在,能够将残存的电荷泄放掉,从而保证人、机安全。泄放电阻的阻值和电容的大小有关,一般电容的容量越大,残存的电荷越多,泄放电阻的阻值就要选小一些的。经验数据如表1所示。

表1 泄放电阻经验取值

C1/μF	0.47	0.68	1	1.5	2
R1/kΩ	1 000	750	510	360	200~300

D1为半波整流二极管,虽然半波整流效率仅是全波整流的一半,但不推荐使用桥式整流,因为在电路中总希望整个电路只有一个公共参考点即接地点。当采用阻容降压方式进行交直流转换时,如果采用桥式整流,在交流端和直流端不可能只有一个公共参考点,当交流端的零线和火线反接时,直流端的参考点可能会带电,因此这种做法不安全。当采用半波整流时,可以保证交直

流端的参考点都接到交流端的零线上,在电路调试时可以保证相对安全一些,这非常重要,因此使用半波整流电路。

对于半波整流二极管的选择,因为要考虑到电网电压有正负10%的波动,因此整流二极管的最大平均电流 I_F 和最高反向工作电压 U_{RM} 也应至

少保留10%的余地,从而保证二极管安全工作,即选取:

$$I_F \geq (1+10\%) I_D = 1.1 \times \frac{\sqrt{2} U_i}{\pi R_L} = 1.1 \times 0.45 \times \frac{U}{R_L} \quad (6)$$

$$U_{RM} \geq 1.1 \times \sqrt{2} U \quad (7)$$

其中 U 和 R_L 为阻容降压后的输出电压和电路负载。

1.3 稳压电路分析

本文所设计的初级稳压电路模型如图3所示,在图3中, R 为限流电阻, r_z 为稳压管的内阻, R_L 为等效负载。

在初级稳压电路中,利用稳压管的电流调节作用,通过限流电阻 R 上电压或电流的变化进行补偿,达到稳压的目的。该电路的稳压系数 S_r 。当 R_L 为常数时。

$$S_r = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} = \frac{U_i}{U_o} \cdot \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} \quad (8)$$

$$\frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} = \frac{r_z // R_L}{R + r_z // R_L} \quad (9)$$

通常, $R_L \gg r_z$, $R \gg r_z$,所以有, $\frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} \approx \frac{r_z}{R + r_z} \approx \frac{r_z}{R}$,因此:

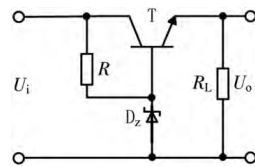
$$S_r = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} = \frac{U_i}{U_o} \cdot \frac{r_z}{R} \quad (10)$$

为使 S_r 数值小,需增大 R ;但在 U_o 和负载电流确定的情况下,若 R 的取值大,则 U_i 的取值也会变大,这样导致 S_r 变大。因此初级稳压电路的 S_r 值一般在0.01左右,初级稳压后输出电压的纹波系数比较大,因此初级稳压性能较差。

初级稳压后输出的纹波系数较大,不能满足后级芯片输入电压的要求,引入串联稳压电路,如图4所示,该电路中引入深度电压负反馈使输出电压稳定,达到输出电压 U_o 。在 U_i 变化或负载电阻 R_L 变化时,输出电压基本不变。

对于图4所示的串联稳压电路,当电网电压波动引起 U_i 增大,或负载电阻 R_L 增大时,输出电压 U_o 将随着增大,晶体管T发射极电位 U_E 升高;由于稳压管 D_z 端电压保持不变,晶体管T的 U_{BE} 减小,晶体管基极电流 I_b 减小,发射极电流 I_e 也减小,从而使 U_o 减小;当电网电压波动引起 U_i 减小,或负载电阻 R_L 减小时,输出电压 U_o 将随着

图4 串联稳压电路



减小,晶体管T发射极电位 U_E 降低;由于稳压管 D_Z 端电压保持不变,晶体管T的 U_{BE} 增加,晶体管基极电流 I_b 增大,发射极电流 I_e 也增大,从而使 U_o 增大;因此可以保持输出电压 U_o 保持不变。

2 电路仿真和测试

本文采用NI公司的Multisim软件对阻容降压的稳压电路进行设计和仿真。图5~图7为整个阻容降压稳压电路的瞬态分析仿真结果,瞬态分析扫描时间为1.5s。图5为市电220V经阻容降压和半波整流后的输出电压仿真波形,可以看出输出电压的纹波比较大,交流分量较大(即脉动大);并且会随负载电流的变化发生很大的波动,因此只适用于对脉动要求不高的场合。图6为初级稳压输出的仿真图,可以看出,经过初级稳压后,电压纹波变小,但稳压系数仍较大,电压稳定在24V左右,仅能满足对稳压性能要求不高的场合。图7为阻容降压稳压电路最终输出电压仿真情况,稳压电路输出电压纹波消失,输出电压最终稳定在5.0859V,同时该阻容降压稳压电路的从上电到稳压的时间约为241.7062ms,满足高性能电路的稳压需要。

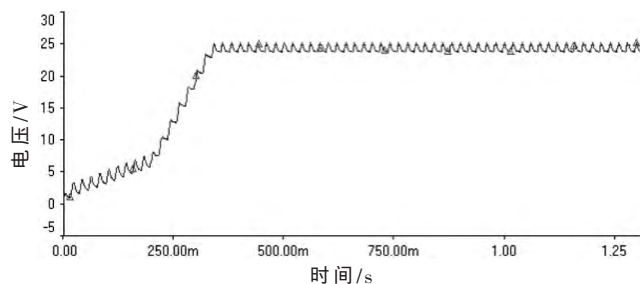


图5 阻容降压整流仿真结果

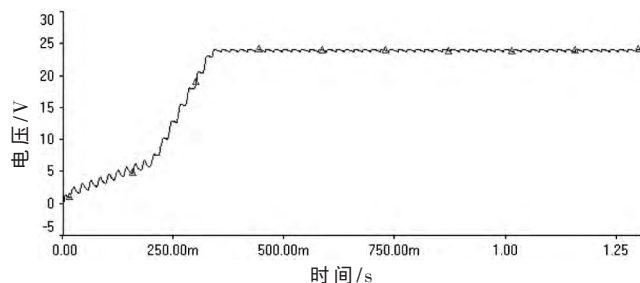


图6 初级稳压仿真结果

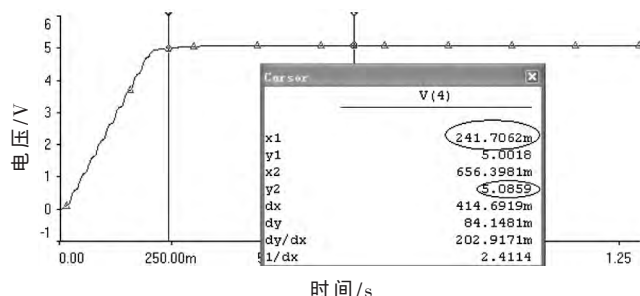
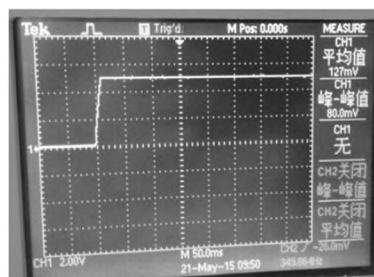
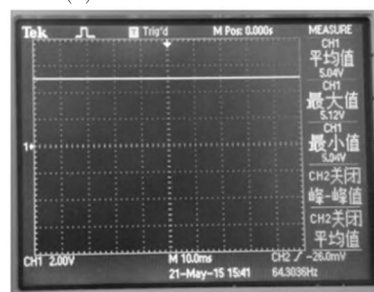


图7 串联稳压输出仿真结果

根据阻容降压稳压电路的原理图2,实际的阻容降压稳压电路的测试结果如图8所示,图8(a)为电路上电



(a) 上电瞬间稳压输出波形



(b) 最终稳压输出波形

图8 阻容降压稳压电路测试结果

瞬间的输出波形,由于电路从上电到稳压的时间很短,所以波形很陡。图8(b)为最终稳压电路的输出电压,输出稳压的平均值为5.04V,最大值为5.12V,最小值为4.96V,与稳压电路仿真结果5.0859V仅相差0.0459V,因此稳压性能很好,满足对输入电压为5V专用芯片(ASIC)供电要求。

3 结论

本文介绍阻容降压稳压电路的基本原理,设计出实用的稳压电路,通过具体的仿真分析和对实际电路的测试,结果表明该阻容降压稳压电路能够输出稳定电压为5.04V;与仿真分析的理想数值仅相差0.0459V,同时,该电路结构简单,制造成本比较低,工作性能良好,可靠性高,在输入电压、负载、环境温度等参数发生变化时仍能保持输出电压恒定,能为ASIC芯片提供稳定电源电压,目前该阻容降压稳压电路已经广泛应用于具体电子产品中。

参考文献

- [1] 戴修敏.阻容降压电源的起火分析与改进[J].电子技术应用,2015,41(1):142-144.
- [2] 钱江山.智能家电控制技术研究[D].杭州:浙江大学,2007.
- [3] 童诗白,华成英.模拟电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2011.

(收稿日期:2015-06-12)

作者简介:

翟明静(1985-),男,硕士研究生,讲师,主要研究方向:模拟电路及系统设计。

徐建刚(1964-),男,硕士研究生,主要研究方向:系统电路设计。

刘广陵(1987-),男,本科,主要研究方向:家用电器电路设计。