

数显直流稳压电源设计

Keil C + Proteus 8.7 + 8051

实验目的：

- 1、了解直流稳压电源的原理
- 2、掌握利用单片机进行模拟信号采集的方法
- 3、掌握利用单片机控制多位数码管动态显示的方法
- 4、熟练掌握基于Keil C和Proteus的单片机系统设计及仿真

参考书：51 单片机原理及应用：基于 KeilC 与 Proteus（第 3 版）

实验内容：

设计一个直流可调稳压电源，具体要求如下：

输出电压在 1.25V ~ 5V 可调，电压值在数码管上显示；最大输出电流 1.5A。

1. 稳压电源原理

直流稳压电源的作用是通过把 50Hz 的交流电变压、整流、滤波和稳压变成恒定的直流电压，供给负载，如图 1 所示。设计出的直流稳压电源应不随电网电压的波动和负载的变换而改变。

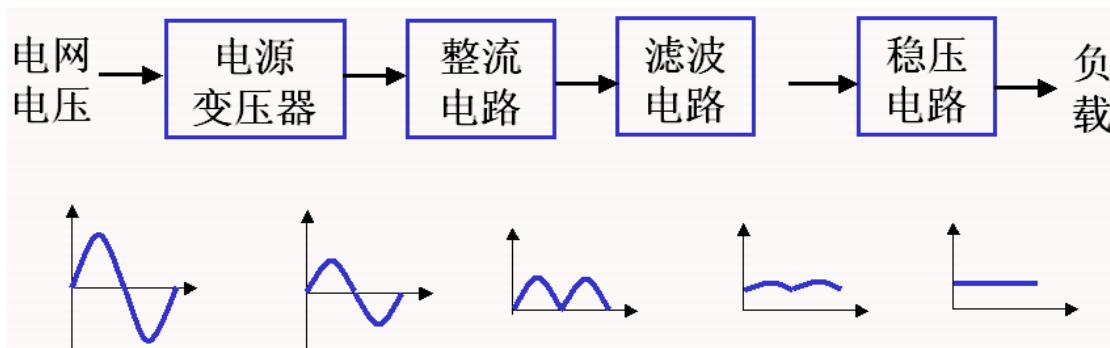


图 1

直流稳压电源的种类有很多，常用的是串联型直流稳压电源，而由于集成技术的发展，集成稳压器件方便而可靠，逐渐代替了串联直型直流稳压电源中的调整管及相关电路。

主要的集成稳压器件有：

- 固定式稳压器件 W78XX 和 W79XX；
- 可调式稳压器件 W117、W217 和 W317。

W78XX 稳压器件用来稳定正电压，而 W79XX 稳压器件用来稳定负电压。它们的输出电压各有 7 个等级，W78XX 输出电压有 5V、6V、9V、12V、15V、18V 和 24V。如 W7805 输出+5V 直流电压，W7809 输出+9V 直流电压。输出电流有三个等级，分别为 1.5A、0.5A(M) 和 0.1A(L)。如 W7805 最大输出电流为 1.5A，W78M05 最大输出电流为 0.5A，W78L05 最大输出电流为 0.1A。

可调式稳压器件 LM117/LM317 是美国国家半导体公司的三端可调正稳压器集成电路。LM117/LM317 的输出电压范围是 1.25V ~ 37V，负载电流最大为 1.5A。它的使用非常简单，仅需两个外接电阻来设置输出电压。此外，它的线性调整率和负载调整率也比标准的固定稳压器好。LM117/LM317 内置有过载保护及安全区保护等多种保护电路。调整端使用滤波电容能得到比标准三端稳压器高得多的纹波抑制比。

LM117/LM317 在 1.25V ~ 37V 之间连续可调。调整端的电流可忽略不计，因而有

$$V_O = U_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

其中， U_{REF} 是集成稳压器件调整端 ADJ 与输入端 VI 之间的电压，固定为 1.25V。如图 2 所示，改变 R2 值， V_O (R1 和 R2 两端的总电压) 值即可改变。当 R2 短路时， V_O 最小，等于 U_{REF} ，即 1.25V；当 R2 大于 0 时， V_O 都大于 U_{REF} ，最大可达 37V。

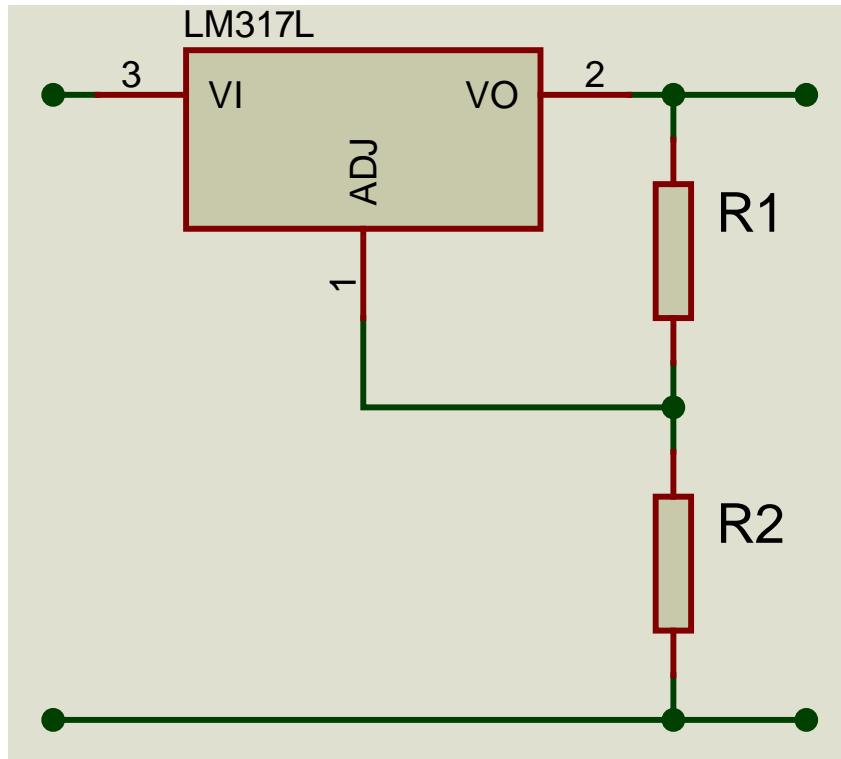


图 2 集成直流可调稳压器件的接法

2. 电路设计

根据以上分析，我们来设计一个由集成稳压器件构成的直流可调稳压电源。按照图 5-1 所示的直流稳压电源的组成，来分步设计变压、整流、滤波和稳压几部分电路。

(1) 变压电路

直流电源通常从市电取电，把 220V、50Hz 的单相交流电先降压，变成所需的交流电，然后再整流。根据桥式整流电路和电容滤波电路的输出与输入电压的比例关系，从输出电压的最大值 37V 倒推，可以算出所使用的降压变压器的二次侧电压有效值应为 29V 左右。

从 Proteus 的元件库中取变压器“TRAN-2P2S”，在一次侧接交流电源“ALTERNATOR”，一次侧和二次侧分别接交流电压表（Proteus 提供的虚拟电压表电流表的使用参见参考书 p351-p352），且变压器的一次侧和二次侧同时接地，并与后面直流部分电路共地，这一点对于变压器能否正常仿真很重要。

打开交流电源的属性对话框，把频率改为 50Hz，把幅值改为 300V 左右，运行仿真，观察一次侧交流电压表的读数，再次修改交流电源的幅值，直到一次侧电压表的读数为 220V 为止。

打开变压器属性对话框，按照变压器的变比与电压的关系 $L_1^2:L_2^2 = U_1:U_2 = n$ ，保持一次侧

电感值(Primary inductance)为 1H 不变，修改二次侧电感值(Secondary inductance)为 0.033H 左右，运行仿真，直到二次侧交流电压表的读数为 29V 左右。变压电路的仿真图如图 3 所示。

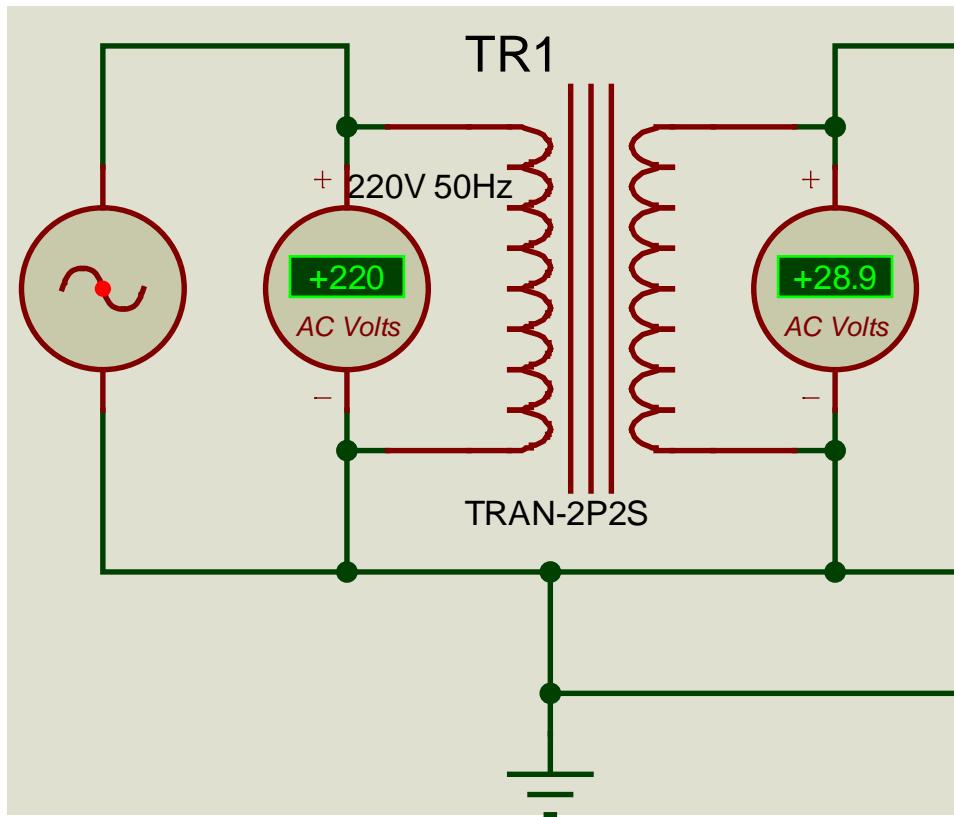


图 3

(2) 整流及滤波电路。

整流采用常用的二极管桥式整流电路。在 Proteus 的元件库中寻找“BRIDGE”，取出此通用二极管整流桥，放置在电路中，注意正确接法。

根据经验，一般滤波电路常用的滤波电容有 $2200\mu F$ 和 $1100\mu F$ 两种，但要注意它的耐压值要大于电路中所承受的电压，并注意电压极性的接法是上正下负，如图 4 所示。

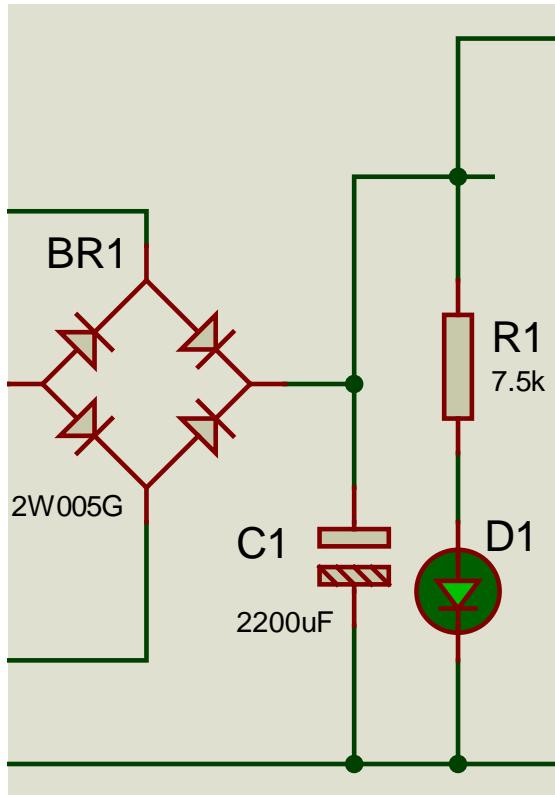


图 4

一般来说，全波整流之后的电压平均值为前面变压器副边电压有效值的 1.35 倍；滤波之后的电压平均值为全波整流电压平均值的 1.2 倍。

注意在图 4 中，还要在滤波电容两端并联一电源指示电路，即一个电阻串联一个发光二极管。电路调试时，如果发光二极管亮，则说明滤波之前的电路无故障；否则可判断出前面电路有问题。

现在来计算一下与发光二极管串联的电阻值。发光二极管要想点亮都有一个最小电流，一般为几毫安，这里取值为 6mA。发光二极管导通时两端的管压降为 2V 左右。而滤波之后的电压为

$$V = 1.35 \times 1.2 \times 29 \approx 47V$$

电阻就等于其两端的电压除以流过它的电流，即

$$R = \frac{47 - 2}{6} = 7.5k\Omega$$

(3) 集成稳压电路。

集成稳压电路的核心器件是 LM317L，在实际应用中要注意加装散热片。为了保护集成器件在接反的状态下不被烧毁，在输入、输出端之间以及输出与调节端之间分别接反向保护二极管 1N4003 D2 和 D3，如图 5 所示。

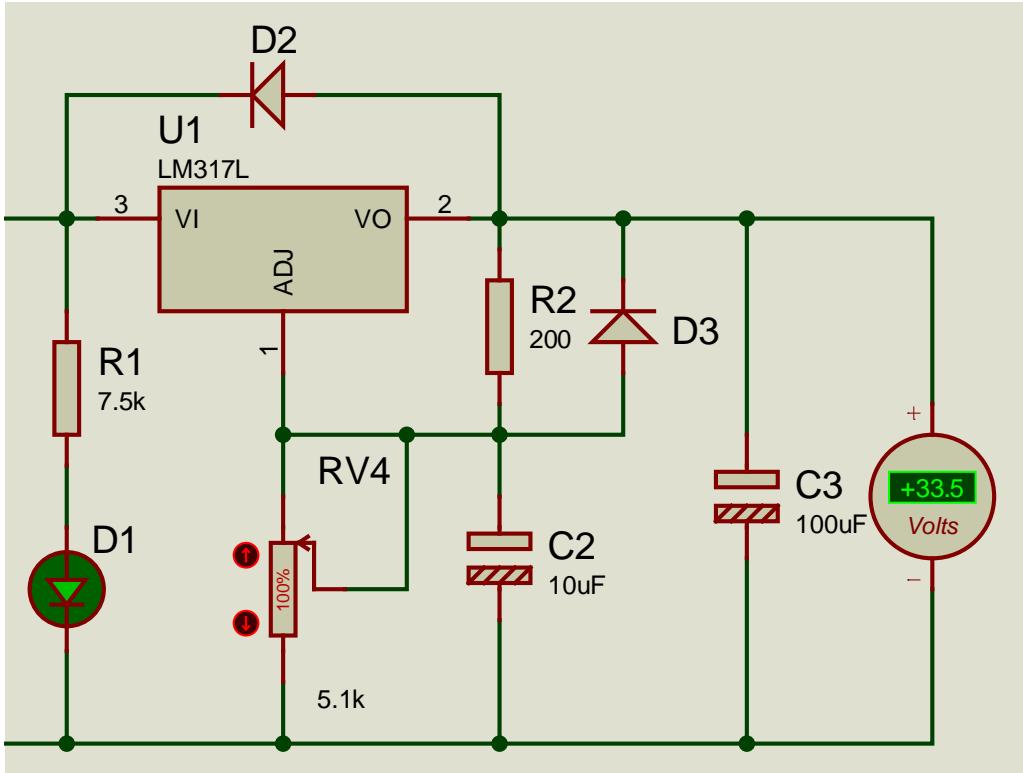


图 5 集成稳压电路

关键是对输出端和调节端以及调节端与地之间的两个外接电阻的计算,就像前面图 2 中介绍的一样。由于调节端的输出电流仅为 100mA,可以忽略不计。即认为图 5 中的电阻 R2 和 RV4 是串联关系。而 LM317L 的输出端 2 和调节端 1 之间的输出电压已知为 1.25V, 电路的最大输出电压为 37V, 所以滑动变阻器的最大值可以算出。一般设 R2 为 100~200Ω, 典型值为 120Ω, 这里我们设为 200Ω。在实际接线时,这个电阻应尽可能地靠近 LM317L 元件来接,因为它本应是 LM317L 的内部电阻。

$$\frac{R\ 2}{R\ V\ 4} = \frac{200}{R\ V\ 4} = \frac{1.25}{37}$$

由上面的公式算出滑动变阻器的最大值为 5.92kΩ, 取典型值 4.1kΩ, 这样最大值达不到 37V, 理论上只有 32V 左右, 仿真时显示为 33.5V, 有些误差, 并且最小值也比 1.25V 小。

另外, 在图 5 中, 电容 C2 和 C3 分别为去抖和滤波作用。C2 并联在滑动变阻器两端, 可防止滑动变阻器在调节过程中由于抖动而产生的谐波, 一般经验值为 10μF。C3 为输出侧二次滤波, 其目的是去掉输出电压波形中细小的波纹。C1 与 C3 的关系一般为 22 倍。

Proteus 中直流可调稳压电源的完整电路如图 6 所示。

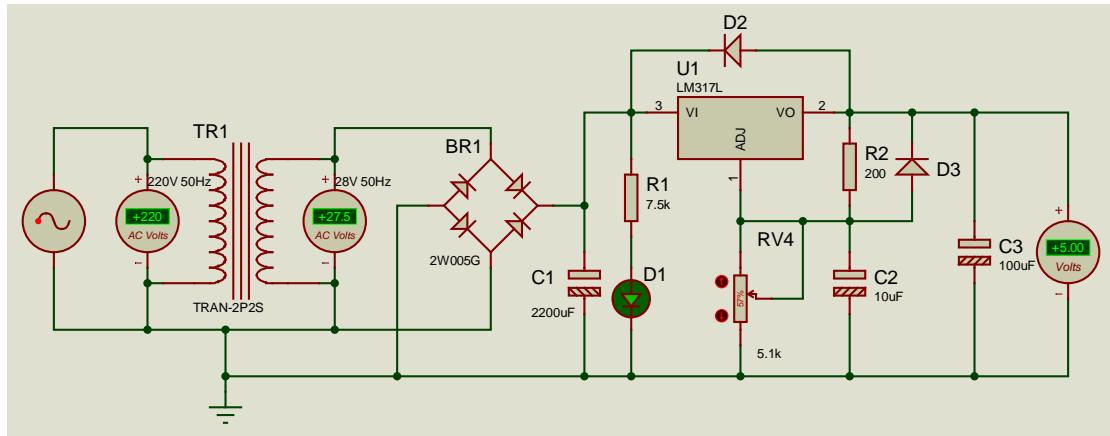


图 6

(4) 基于单片机的电压测量及显示电路

以 8051 单片机为核心, 设计模拟电压信号采集及显示电路 (可参考书 P221-P224, 11.6 节), 显示的测量结果与图 6 中的电压表测得电压进行对比。由于能采集的模拟电压信号范围为 0-5V, 所以需要把滑动变阻器的阻值设为一个合适值, 使稳压电源最大输出电压不超过 5V。