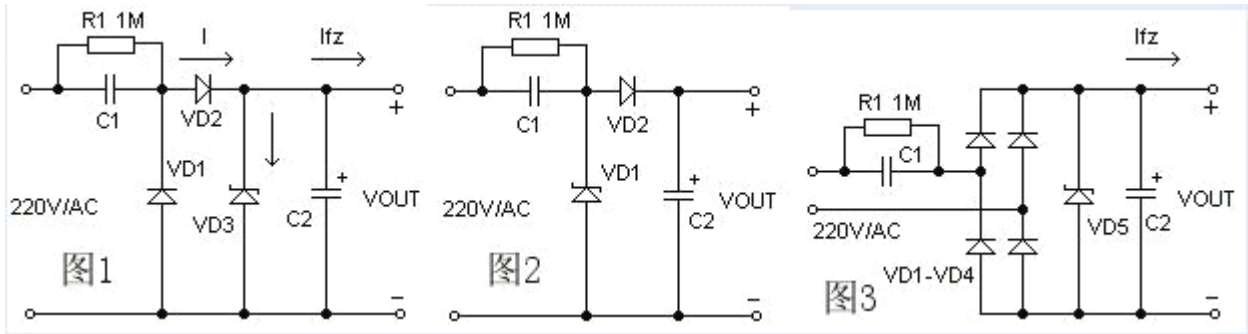


电容降压电源原理及相关计算——适用于低单价、抗干扰要求较低的电路（略有补充）

将交流市电转换为低压直流的常规方法是采用变压器降压后再整流滤波，当受体积和成本等因素的限制时，最简单实用的方法就是采用电容降压式电源。

一、电路原理



电容降压式简易电源的基本电路如图 1，C1 为降压电容器，D2 为半波整流二极管，D1 在市电的负半周时给 C1 提供放电回路，D3 是稳压二极管，R1 为关断电源后 C1 的电荷泄放电阻。在实际应用时常采用的是图 2 的所示的电路。当需要向负载提供较大的电流时，可采用图 3 所示的桥式整流电路。

整流后未经稳压的直流电压一般会高于 30 伏，并且会随负载电流的变化发生很大的波动，这是因为此类电源内阻很大的缘故所致，故不适合大电流供电的应用场合。

二、器件选择

1. 电路设计时，应先**测定负载电流的准确值**，然后参考示例来选择**降压电容器的容量**。因为通过降压电容 C1 向负载提供的电流 I_o ，实际上是流过 C1 的充放电电流 I_c 。C1 容量越大，容抗 X_c 越小，则流经 C1 的充、放电电流越大。当负载电流 I_o 小于 C1 的充放电电流时，多余的电流就会流过稳压管，若稳压管的**最大允许电流 I_{dmax} 小于 $I_c - I_o$** 时易造成稳压管烧毁。

2. 为保证 C1 可靠工作，其耐压选择应大于**两倍的电源电压**。

3. 泄放电阻 R1 的选择必须保证在要求的时间内泄放掉 C1 上的电荷。

三、设计举例

图 2 中，已知 C1 为 $0.33 \mu F$ ，交流输入为 220V/50Hz，求电路能供给负载的最大电流。

C1 在电路中的容抗 X_c 为：

$$X_c = 1 / (2 \pi f C) = 1 / (2 * 3.14 * 50 * 0.33 * 10^{-6}) = 9.65K$$

流过电容器 C1 的充电电流 (I_c) 为：

$$I_c = U / X_c = 220 / 9.65 = 22mA。 (电流的有效值)$$

通常降压电容 C1 的容量 C 与负载电流 I_o 的关系可近似认为： **$C = 14.5 I$** ，其中 C 的容量单位是 μF ， I_o 的单位是 A。

电容降压式电源是一种非隔离电源，在应用上要特别注意隔离，防止触电

电容降压电源原理和计算公式

这一类的电路通常用于低成本取得非隔离的小电流电源。它的输出电压通常可在几伏到三几

十伏，取决于所使用的齐纳稳压管。所能提供的电流大小正比于限流电容容量。采用半波整流时，每微法电容可得到**电流（平均值）**为：（国际标准单位）

$$\begin{aligned}
 I(AV) &= 0.44 \cdot V / Z_c = 0.44 \cdot 220 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \\
 &= 0.44 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot C = 30000C \\
 &= 30000 \cdot 0.000001 = 0.03A = 30mA
 \end{aligned}$$

如果采用全波整流可得到双倍的电流（平均值）为：

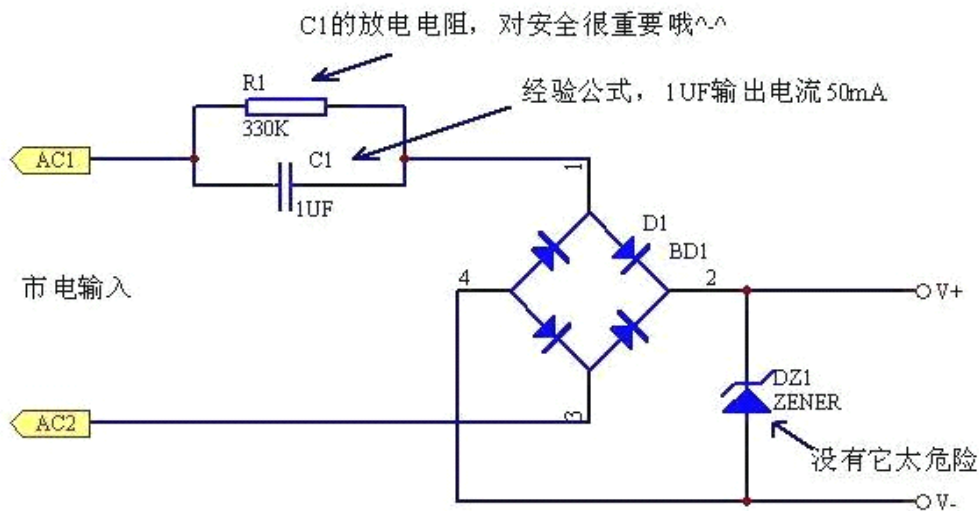
$$\begin{aligned}
 I(AV) &= 0.89 \cdot V / Z_c = 0.89 \cdot 220 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \\
 &= 0.89 \cdot 220 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot C = 60000C \\
 &= 60000 \cdot 0.000001 = 0.06A = 60mA
 \end{aligned}$$

一般地，此类电路全波整流虽电流稍大，但是因为浮地，稳定性和安全性要比半波整流型更差，所以用的更少。

使用这种电路时，需要注意以下事项：

- 1、未和 220V 交流高压隔离，请注意安全，严防触电！
- 2、限流电容须接于火线，耐压要足够大（大于 400V），并加串防浪涌冲击兼保险电阻和并放电电阻。

3、注意齐纳管功耗，严禁齐纳管断开运行。



采用电容降压电路是一种常见的小电流电源电路，由于其具有体积小、成本低、电流相对恒定等优点，也常应用于 LED 的驱动电路中。

图一为一个实际的采用电容降压的 LED 驱动电路：请注意，大部分应用电路中没有连接压敏电阻或瞬变电压抑制晶体管，建议连接上，**因压敏电阻或瞬变电压抑制晶体管能在电压突变瞬间（如雷电、大用电设备起动等）有效地将突变电流泄放，从而保护二级关和其它晶体管，它们的响应时间一般在微毫秒级。**

电路工作原理：

电容 C1 的作用为降压和限流：大家都知道，电容的特性是通交流、隔直流，当电容连接于交流电路中时，其容抗计算公式为：

$$X_C = 1 / 2 \pi f C$$

式中，XC 表示电容的容抗、f 表示输入交流电源的频率、C 表示降压电容的容量。

流过电容降压电路的电流计算公式为：

$$I = U / X_C$$

式中 I 表示流过电容的电流、U 表示电源电压、XC 表示电容的容抗
 在 220V、50Hz 的交流电路中，当负载电压远远小于 220V 时，电流与电容的关系式为：

$I = 69C$ （此公式与 $C=14.5I$ 是一样的，单位不同而已） 其中电容的单位为 μF ，电流的单位为 mA

下表为在 220V、50Hz 的交流电路中，理论电流与实际测量电流的比较

电容 (μF)		0.047	0.1	0.22	0.47	1	2.2	4.7
电流 (mA)	理论值	3.2	6.9	15.2	32.4	69	152	324
	实测值	3.3	7.0	15	32.5	70	152	325

电阻 R1 为泄放电阻，其作用为：当正弦波在最大峰值时刻被切断时，电容 C1 上的残存电荷无法释放，会长久存在，在维修时如果人体接触到 C1 的金属部分，有强烈的触电可能，而电阻 R1 的存在，能将残存的电荷泄放掉，从而保证人、机安全。泄放电阻的阻值与电容的大小有关，一般电容的容量越大，残存的电荷就越多，泄放电阻阻值就要选小些。经验数据如下表，供设计时参考：

C1 取值 (μF)	0.47	0.68	1	1.5	2
R1 取值	1M	750K	510K	360K	200~300K

D1 ~ D4 的作用是整流，其作用是将交流电整流为脉动直流电压。

C2、C3 的作用为滤波，其作用是将整流后的脉动直流电压滤波成平稳直流电压

压敏电阻（或瞬变电压抑制晶体管）的作用是将输入电源中瞬间的脉冲高压电压对地泄放掉，从而保护 LED 不被瞬间高压击穿。

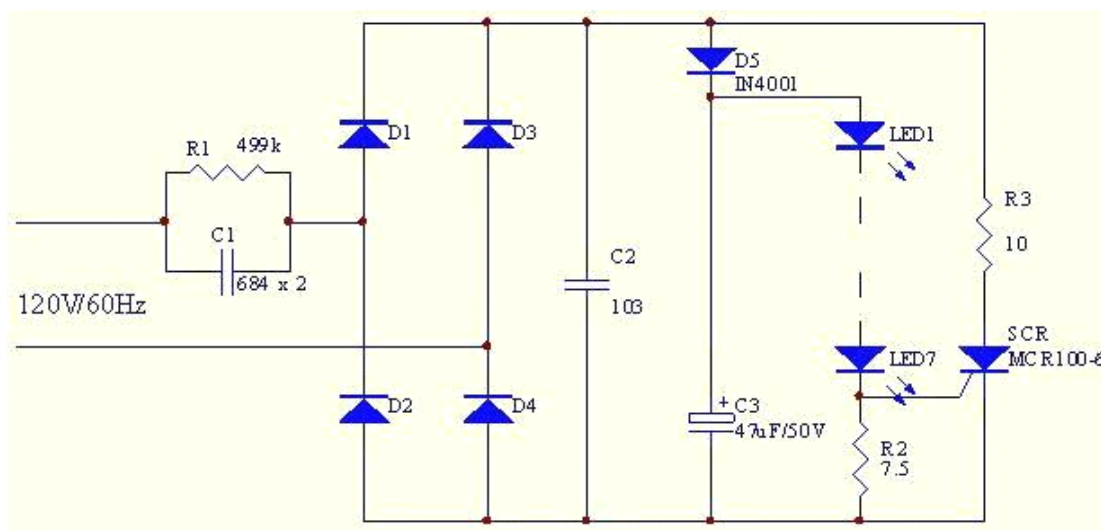
LED 串联的数量视其正向导通电压 (V_f) 而定，在 220V AC 电路中，最多可以达到 80 个左右。

组件选择：电容的耐压一般要求大于输入电源电压的峰值，在 220V, 50Hz 的交流电路中时，可以选择耐压为 400 伏以上的涤纶电容或纸介质电容。

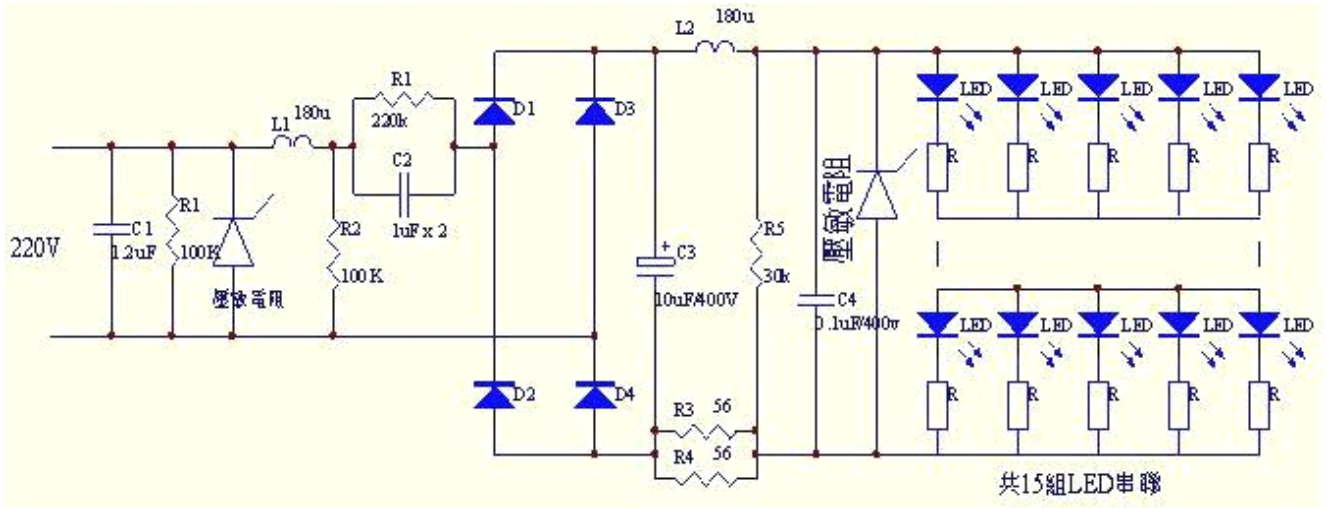
D1 ~D4 可以选择 IN4007。

滤波电容 C2、C3 的耐压根据负载电压而定，一般为负载电压的 1.2 倍。其电容容量视负载电流的大小而定。

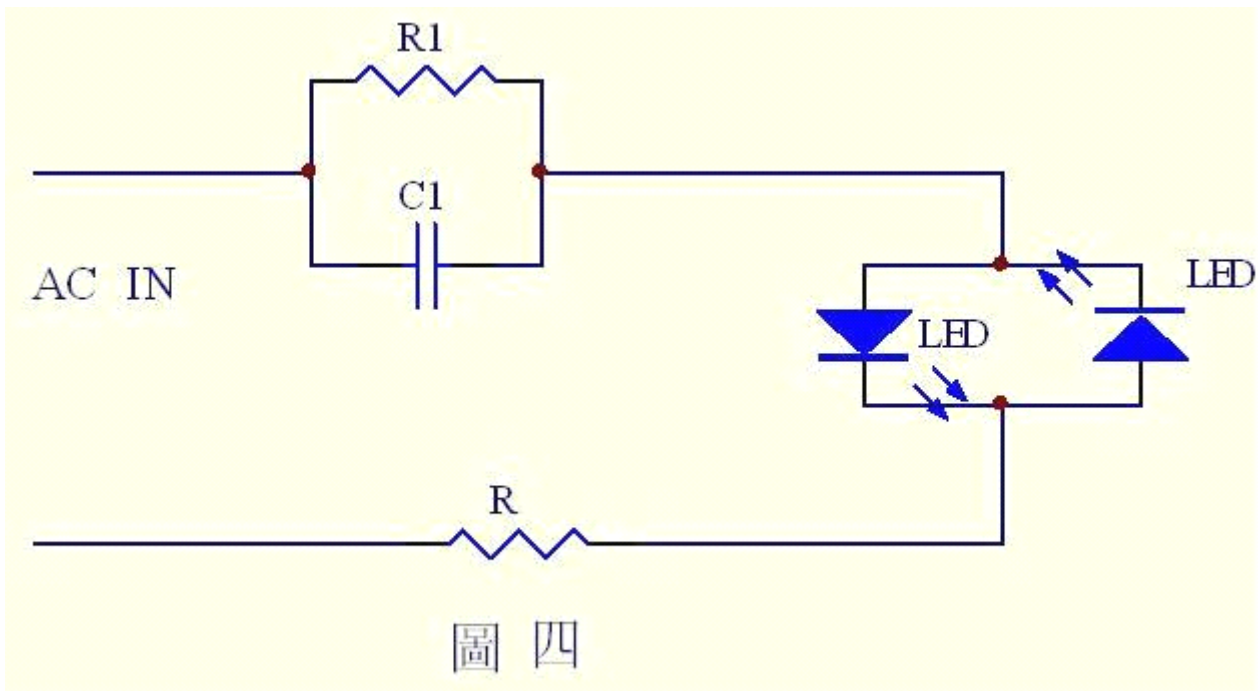
下列电路图为其其它形式的电容降压驱动电路，供设计时参考：



在图二电路中，可控硅 SCR 及 R3 组成保护电路，当流过 LED 的电流大于设定值时，SCR 导通一定的角度，从而对电路电流进行分流，使 LED 工作于恒流状态，从而避免 LED 因瞬间高压而损坏。



在图三电路中，C1、R1、压敏电阻、L1、R2 组成电源初级滤波电路，能将输入瞬间高压滤除，C2、R2 组成降压电路，C3、C4、L2、及压敏电阻组成整流后的滤波电路。此电路采用双重滤波电路，能有效地保护 LED 不被瞬间高压击穿损坏。

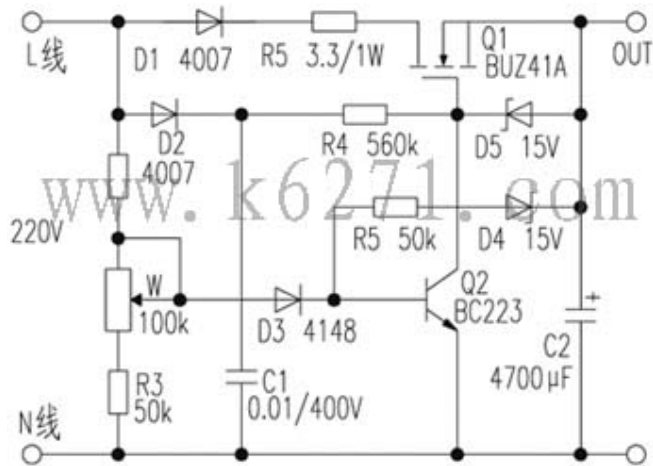


采用变压器的供电电源体积较大，在一些要求小体积的制作中难以使用。本文介绍的小型无变压器电源，能提供 3 ~ 1.5 V 的电压，最大电流 1.50 mA，可满足小型电子设备的供电需要。

电路如图所示，220 V 经 D2 整流 C1 滤波，作为 Q1 的导电驱动电压，当 220 V 正半周开始、但 W 滑动端上电压尚未足够大时，Q2 处于截止状态，C1 上的电压经 R4 加在 Q1 的栅极使 Q1 导通，220 V 正半周经 D1、R5、Q1 对电容 C2 快速充电。当 W 滑动端的电压升到足以使 D3 和 Q2 导通时，Q1 栅极失去电压而截止。调节 W 即可调节对 C2 的充电时间，也就调节了输出电压。由于 Q1 的导通时间极短，因此 C2 选用了大容量电容，以保证有较平滑的输出电压。

电路中R5是限流电阻，可减小对C2充电电流的峰值。稳压管D5是为了防止Q1因栅极电压过高损坏而设。D4用作输出保护，当C2两端电压过高时D4、Q2导通，使Q1截止。因在市电的负半周时电路不工作，为了加大输出电流，可在输入端加接一整流桥，使市电的正负半周都能得到利用，这样可使输出电流增加80mA，同时还能改善输出电压的平滑度。在实际应用时可将电位器W、R3用一个固定电阻代替。在输出电压稳定度要求高时，可加接三端稳压IC。

此电路简单，只要焊接无误即可工作。该电路无隔离措施，使用时电源的L线、N线不要接错。



1. 稳压系数	2. 调整率	3. 纹波系数	4. 效率	5. 输出电压	6. 输出电流
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

三、直流稳压电源

17. 采用稳压管的稳压电源

(1) 最简单的稳压电源

用硅稳压管作调整管和负载并联所组成的稳压电源是最简单的并联式稳压电源，如图 25 所示。

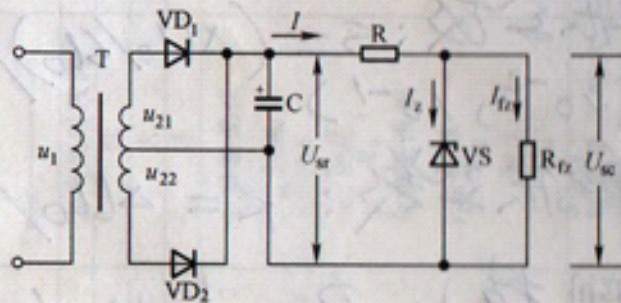


图 25 最简单的稳压电源

工作原理：当输出电压 U_{sc} 增加(或减少)时，会引起硅稳压管反向电阻的减小(或增大)，即流过硅稳压管的电流 I_z 的增大(或减小)，从而升高(或降低)在降压电阻 R 两端的电压来抵偿 U_{sc} 的变化，使输出电压稳定。输入电压取 $U_{sr} = (2 \sim 3) U_{sc}$ 。

元件选择：

① 按稳压管稳定值 $V_z = U_{sc}$, 稳定电流 $I_z \approx I_{fzmax}$ 或 $I_{zmax} = (2 \sim 3)I_{fzmax}$ 选择稳压管。

② 按 $\frac{U_{srmax} - U_{sc}}{I_{zmax}} < R < \frac{U_{srmin} - U_{sc}}{I_z + I_{fzmax}}$ 和 $P \geq \frac{(U_{srmax} - V_z)^2}{R}$ 选取降压电阻 R 的阻值和功率。

③ 按以下公式校验:

a. 当输入电压最大而负载开路时, 流过稳压管的电流不超过稳压管的最大稳定电流 I_{zm} , 即

$$\frac{U_{srmax} - U_{sc}}{R} \leq I_{zm}$$

b. 当输入电压最小而负载最大时, 尚能起稳压作用, 即

$$U_{srmin} - (I_z + I_{fzmax})R \geq V_z$$

否则, 稳压管不进入击穿区, 不起稳压作用。式中, I_{fzmax} 为最大负载电流。

硅稳压管稳压电路的优点是简单、经济。其缺点是: 输出电压不可调, 稳定度较低, 输出电流受稳压管允许电流限制, 空载时还有较大的电流通过限流电阻和稳压管, 故空载损耗大。因此通常只用于一般小功率、稳定度要求不高的场合。

硅稳压管稳压电路输出电压波动的原因有: ①电源电压波动; ②负载变动; ③温度对稳压值的影响。抑制前两项的影响, 主要靠限流电阻 R 和稳压管动态电阻 R_z 的适当配合。对于第③项, 主要靠温度补偿。

(2) 稳压电源的温度补偿电路

① 采用具有正温度系数的电阻补偿。

a. 当稳压管具有正温度系数时, 可采用如图 26 所示的电

低于 5.6V 温度系数为负
高于 5.6V 温度系数为正