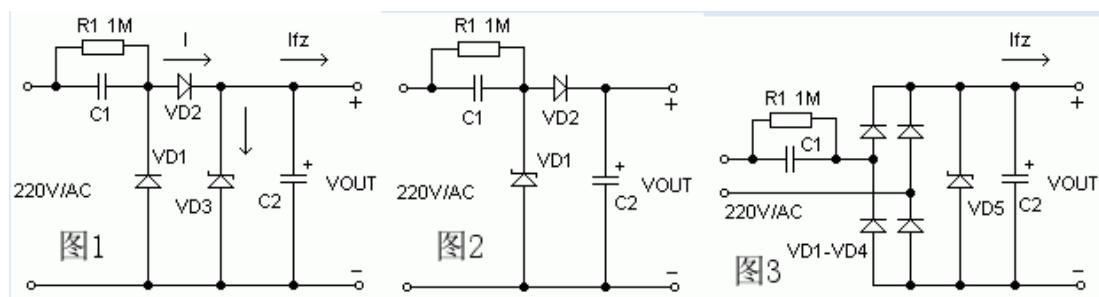


# 电容降压式电源原理及电路

## 电容降压式电源

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  $0.33\mu\text{F}$ ，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：

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

流过电容器 C1 的充电电流 (Ic) 为:

$$I_c = U / X_c = 220 / 9.65 = 22\text{mA}。$$

通常降压电容 C1 的容量 C 与负载电流 I<sub>o</sub> 的关系可近似认为:  $C=14.5 I$ , 其中 C 的容量单位是  $\mu\text{F}$ , I<sub>o</sub> 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三十几伏, 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)

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

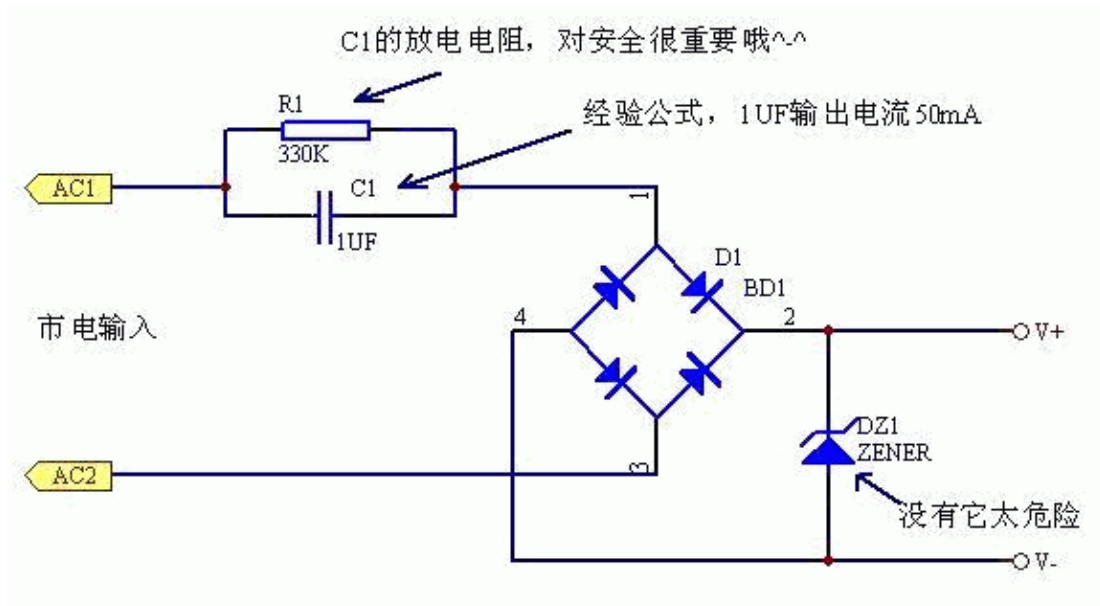
如果采用全波整流可得到双倍的电流 (平均值) 为:

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

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。

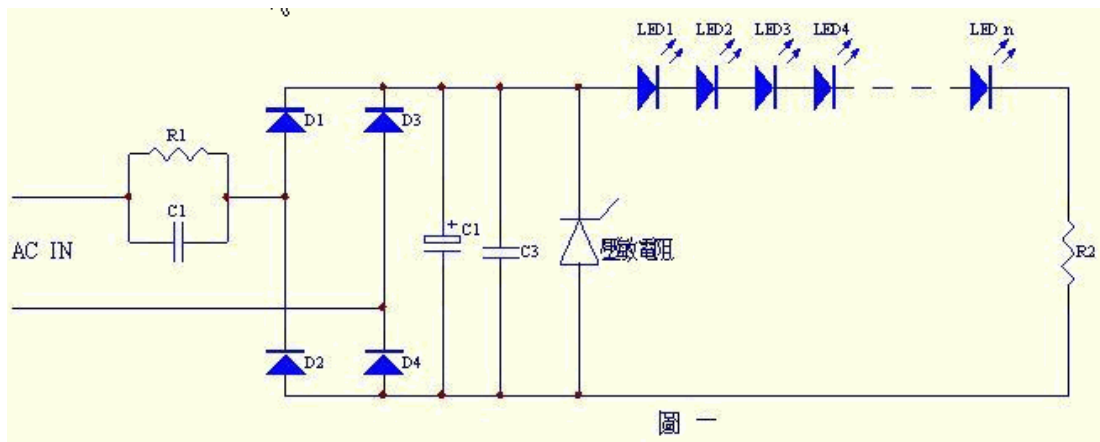
使用这种电路时, 需要注意以下事项:

- 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，从而保护二级管和它晶体管，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， $X_C$  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：

$$I = U/XC$$

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：

$$I = 69C \quad \text{其中电容的单位为 } \mu\text{F}，\text{电流的单位为 mA}$$

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 (uF)		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 (uF)	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。

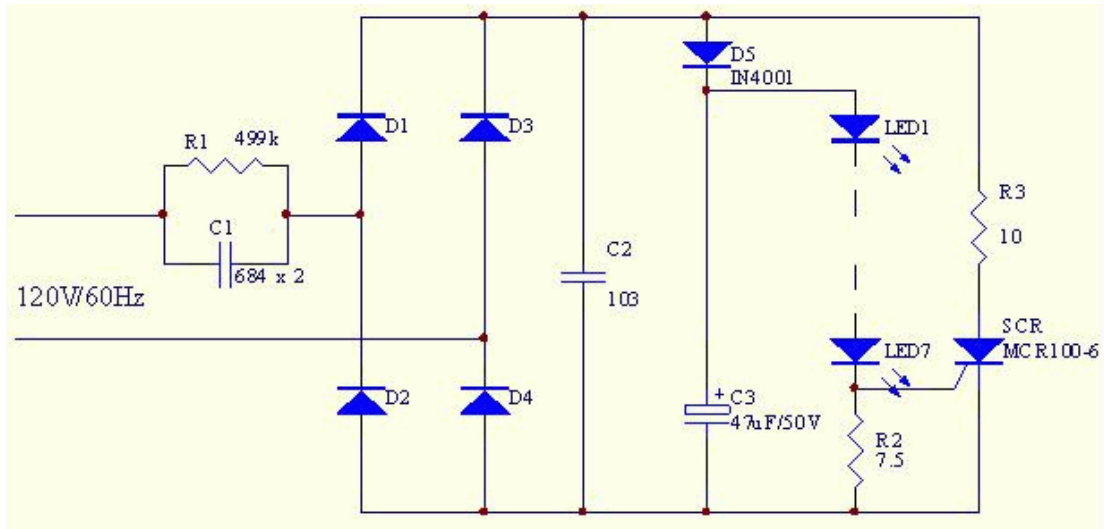
LED 串联的数量视其正向导通电压(Vf)而定，在 220V AC 电路中，最多可以达到 80 个左右。

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。

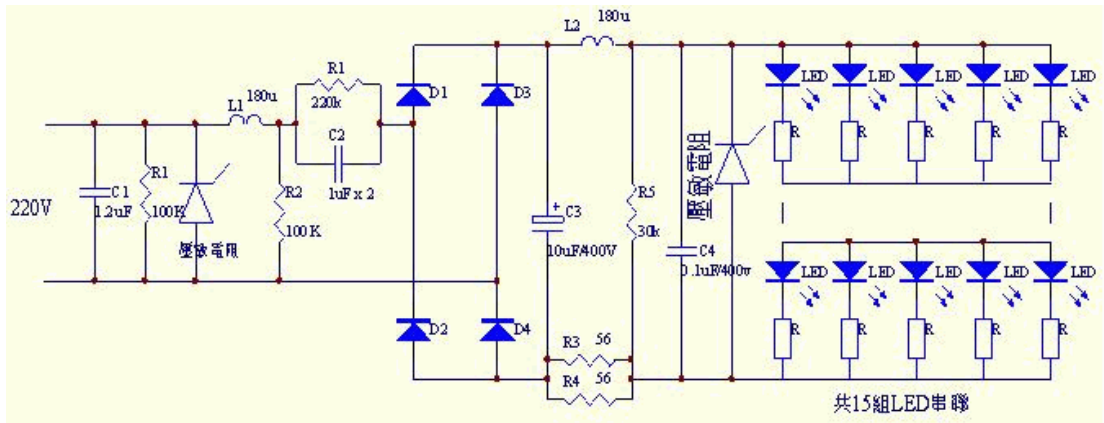
D1 ~D4 可以选择 IN4007。

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。

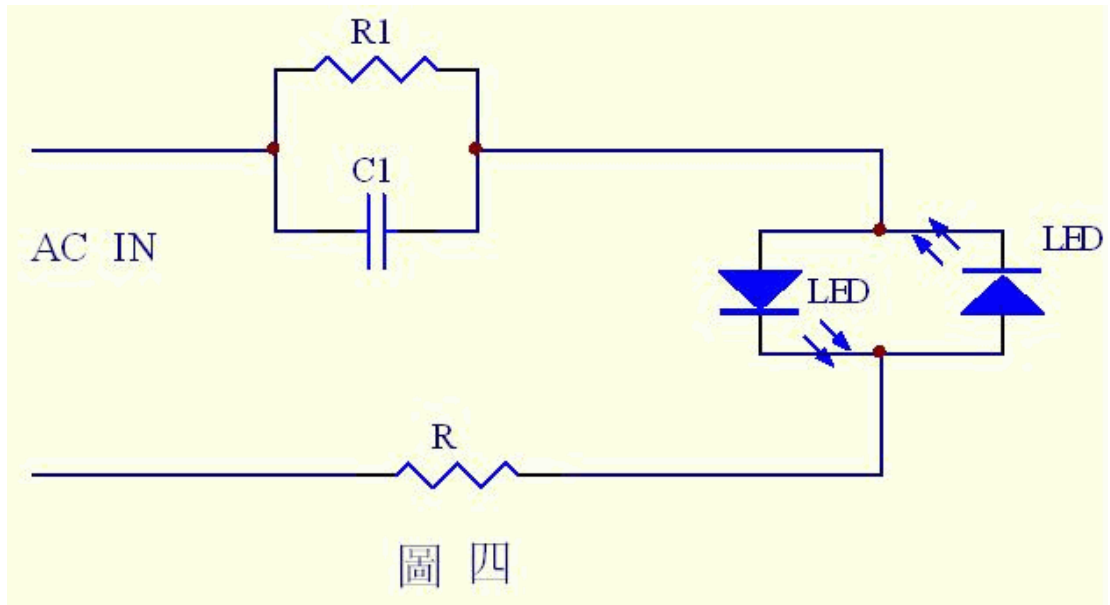


圖 四

图四 是一个最简单的电容降压应用电路，电路中利用两只反并联的 LED 对降压后的交流电压进行整流，可以广泛应用于夜光灯、按钮指示灯，要求不高的位置指示灯等场合。