

常用电容，电感，功能及典型滤波电路运用

陶瓷电容，Multilayer Ceramic Capacitor (MLCC)，陶瓷电容的电介质是陶瓷，所以叫做陶瓷电容。陶瓷电容容值小、电压高、尺寸小、高频性能好、不区分正负极。强电产品上用插针式的片状陶瓷电容多一些，物联网和智能硬件类的弱电产品几乎都是用贴片陶瓷电容。

贴片电容有两种尺寸表示方法，一种是以英寸为单位来表示，一种是以毫米为单位来表示，贴片电容的系列型号有 0402、0603、0805、1206、1210、1808、1812、2010、2225、2512，这些是英寸表示法，04 表示长度是 0.04 英寸，02 表示宽度 0.02 英寸。在中高频有相当大的作为，其高 Q 值适用于带通带阻滤波，有些 I 类介质的比如 COG/ NP0/ COH 等陶瓷电容适用于精确定时，频率发生/ 补偿，温度有很大变化等场合。其体积小，耐压高，高频谐振点的 ESR 非常低（数个 $m\Omega$ ），通常用于中高频（100k- 数百 M）滤波，使用起来最好是各个谐振频段都选用，比如 102，103，104（即 1nF，10nF，100nF）等级容量的陶瓷电容并联使用。陶瓷电容的缺点是随温度变化性能变化很大

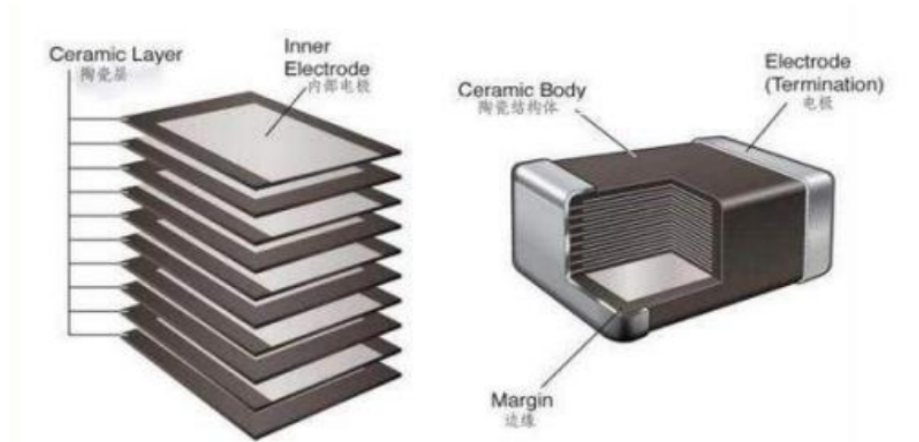


图 1.1 贴片陶瓷电容

电解电容，铝壳封装的，内部是一卷电极片，夹着一张浸泡在电解液的纸。电解质如果是液体的，就是液态电解电容，如果是固体的，就是固态电解电容。（需要注意的是只要采用电解质作为阴极的电容都是电解电容，目前应用比较广泛的是铝电解，钽电解，铌电解，还要超级电容等）具有相当巨大的容量，甚至达到法拉、数百上千法拉数量级的容量，这样就非常适用于需要储能，且需要瞬间反复释放能量的场合，比如电源的滤波，开关电源的储能（也还是滤波），作为电池的辅助能源（在现在及将来重点发展的电动车上应用、激光仪器的能量供应等），作为功率放大器的输入/ 输出耦合等等。这些电解电容通常都具有温度特性好（除了液态铝电解之外，不过固态铝电解在这方面有了极大地改进，但是耐压目前来说很少有超过 100V 的），频率范围宽，直流偏压特性优良，等效串联电阻（ESR）稳定，耐纹波电流高（相应的体积也大）的特点。电解电容的容值高、电压高、尺寸大、高频性能差、使用寿命一般、有正负极之分。通常用于电源稳压上。CPU 和 GPU 周围围绕着的电解电容，都是为了给这些耗电大户稳压用的。如果细心观察，能够看到液态电解电容头顶上有个十字形的凹槽，这是因为电解电容在高温、高压、高强度充放电的时候，可能会因为内部温度上升，电解液沸腾而爆炸。预先冲压出来的凹槽是人为制造的应力薄弱点，一旦压力上升会先把凹槽处冲开，减小内部积蓄的压力，从而不会猛烈爆炸，使之不至于伤人。固态电容里面是固体电解质，不会沸腾爆炸，因此无需防爆槽。

所以低中频方面要滤波，首先要考虑电解电容。需要注意的地方是大多数的电解电容都有极性，即正负极千万不要颠倒，哪怕用普通万用表测量时极性不慎搭反，都要将该电容废

弃，即使该电容的电气性能参数依然合格！另外电解电容的故障模式基本都是短路，而短路的后果就是可能由于过热爆炸，燃烧，电解质四溅，且电解质大多都具有毒性，因此应用起来必须注意在电容的额定条件下甚至降额使用，在低阻抗场合下要降额到原来的 $1/3$ ，比如工作电压是 5V，那么电容就要至少至少选 15V 耐压，比如 16V、20V。也正由于此，你能看到几乎所有的液态铝电解电容都有安全阀刻痕（有些低压低容量的可能没有）；而钽电容在军用品上一般都带有短路熔断保险(Fuse)。

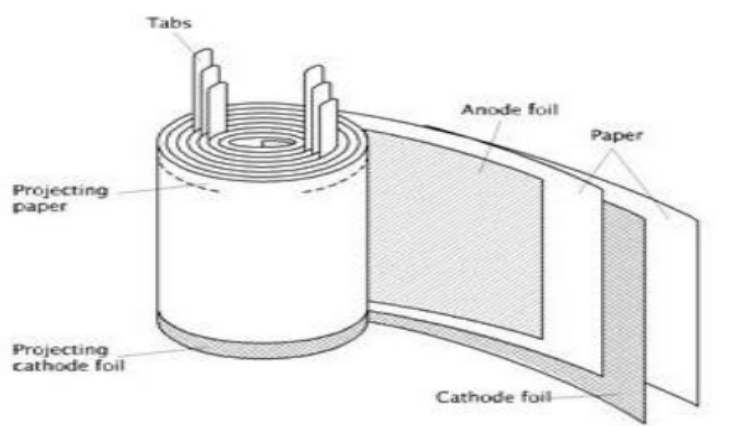


图 1.2 电解电容

钽电容。钽电容也属于电解电容的一种，使用金属钽替代了电解液，属于固态电解电容的一种。钽电容容值高、电压低、尺寸小、高温特性好、使用寿命长、有正负极之分，通常用于低电压紧凑型设备的电源滤波和音频滤波。例如手机里面就会用到一些钽电容，电脑上也有不少。钽电容最大的缺点，就是贵，比铝电解电容贵 3 倍以上。因大部分都是金黄色的，钽电容被戏称为金豆子。陶瓷电容不容易做到 100 μ F 以上的容量，因此需要用到大电容的地方，有空间就用铝电解电容，没空间就用钽电容。

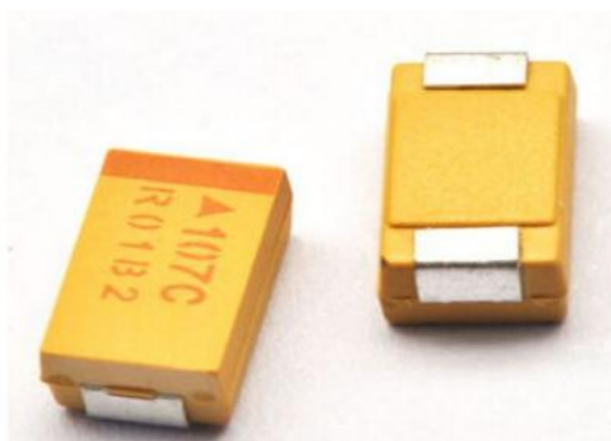


图 1.3 钽电容

电容在高频时会由于分布参数的作用，存在引线电感，而这个电感与电容就构成了串联谐振的条件。实际电容都存在某一谐振频点，在这个频率点之前，电容呈容性，而在这个频点之后，呈感性。因为存在自谐振，所以在谐振频点之前，阻抗随频率升高而降低，而在谐振频点之后，阻抗随频率升高而升高，因此，采用电容滤波时所要滤除的频点首先要在谐振频点之前，另外在谐振频点附近。实际中电容的引线电感受很多因素影响，如引脚长度，过孔，PCB 布线等。

电感。如果按照工作性质来分，有高频电感，一般用作天线，低频电感，一般是滤波线圈。按照封装电感，包括色环电感、贴片电感、环氧树脂电感等。

电感的大小与线圈的大小及内芯的材料有关。实际电感的特性不仅仅有电感的作用，还有其他因素，如：

- 绕制线圈的导线不是理想导体，存在一定的电阻；
- 电感的磁芯存在一定的热损耗；
- 电感内部的导体之间存在着分布电容。

因此，需要用一个较为复杂的模型来表示实际电感，常用的等效模型如下：

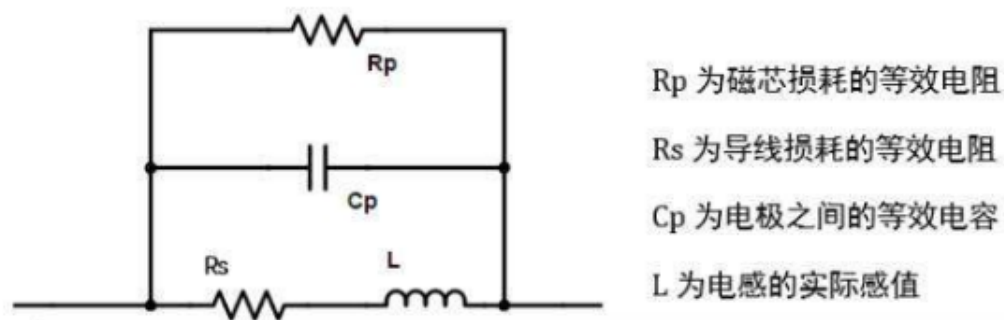


图 1.4 实际电感等效电路

等效模型形式可由上图可以知道，若电感器工作与直流和低频条件下，制约导线本身的电阻不会太大， R 可以忽略不计， C 也因为其容抗极小而忽略，因此实际电感器大体上可以看成是一个理想的电感器。当工作频率提高后， R 和 C 的作用逐步明显起来，因此才能够构成上图所示的组合电路。由于电感和电容具有相反的特性，当工作频率提高到某一数值时，容抗与感抗在数值上达到相等，将会出现谐振现象。这时的工作频率称为电感线圈的固有频率。此时若再升高工作频率，其分布电容的作用就彰显出来了，这时的电感相当于一个小电容。所以电感器只有在固有频率以下的频率上工作时才具有电感的特性不同。

自谐振频率(Self- Resonance Frequency)

由于 C_p 的存在，与 L 一起构成了一个谐振电路，其谐振频率便是电感的自谐振频率。在自谐振频率前，电感的阻抗随着频率增加而变大；在自谐振频率后，电感的阻抗随着频率增加而变小，就呈现容性。

品质因素(Quality Factor)

也就是电感的 Q 值，电感储存功率与损耗功率的比， Q 值越高，电感的损耗越低，和电感的直流阻抗直接相关的参数。

自谐振频率和 Q 值是高频电感的关键参数

电感和磁珠的联系与区别

- 1、电感是储能元件，而磁珠是能量转换（消耗）器件；
- 2、电感多用于电源滤波回路，磁珠多用于信号回路，用于 EMC 对策；
- 3、磁珠主要用于抑制电磁辐射干扰，而电感用于这方面则侧重于抑制传导性干扰，两者都可用于处理 EMC、EM 问题；EM 的两个途径，即：辐射和传导，不同的途径采用不同的抑制方法，前者用磁珠，后者用电感；
- 4、磁珠是用来吸收超高频信号，像一些 RF 电路，PLL，振荡电路，含超高频存储器电路（DDRSDRAM，RAMBUS 等）都需要在电源输入部分加磁珠，而电感是一种蓄能元件，用在 LC 振荡电路，中低频的滤波电路等，其应用频率范围很少超过 50MHz；
- 5、电感一般用于电路的匹配和信号质量的控制上，一般地的连接和电源的连接。在模拟地

和数字地结合的地方用磁珠。对信号线也采用磁珠。

磁珠的大小（确切的说应该是磁珠的特性曲线）取决于需要磁珠吸收的干扰波的频率。磁珠就是阻高频，对直流电阻低，对高频电阻高。因为磁珠的单位是按照它在某一频率产生的阻抗来标称的，阻抗的单位也是欧姆。磁珠的 *datasheet* 上一般会附有频率和阻抗的特性曲线图。一般以 100MHz 为标准，比如 2012B601，就是指在 100MHz 的时候磁珠的 Impedance 为 600 欧姆。

典型滤波硬件电路分类及运用

一、电容滤波

在输出端并联一个电容，这种电路较为简单，只有一个一般比较大的电解电容，输出电压随着输出电流变化而变化，外特性比较软，输出特性很差，因此适用于负载电流变化不大的电路，同时负载电流不是很大的场合；为了减少脉动成分，有时候会并联一大一小的电容，也就是我们在设计电路的时候，在所有供电电源输入的地方都应该加一颗滤波电容，即 0.1 μ F。并联的大电容一般是 10 μ F。至于电容选钽电容，或者陶瓷电容，或者电解电容，就看具体的需求了。一般没有特殊需求的话，就选陶瓷电容。

二、电阻滤波

其实电阻滤波，就是把尖峰脉冲，通过变成电阻电压的形式，消耗掉。也就是，信号中的杂波会加载到电阻上，而剩下的波就比较平滑的。电阻其实就是一个阻尼器，会抑制一些高频脉冲。所以我们设计电路时，在信号采集的地方，比如 ADC 检测，都不会直接接入芯片的 ADC 引脚，还需要串两颗电阻进行分压，输入处并一颗 0.1 μ F 电容。

三、电感滤波

电感滤波就是接入一个电感，由于电感有自感效应，当通过电流时候，电感两端会产生电动势来阻值电流的变化，因而能够起到起到滤波作用，随着电流的增加，一部分将储存在电感当中使电流缓慢增加；与此同时，当电流减小的时候，反向电动势又反过来阻碍它的减小，最终的结果是得到比较平滑的直流电，同时它的外特性也比较硬，因此适用于大电流的负载

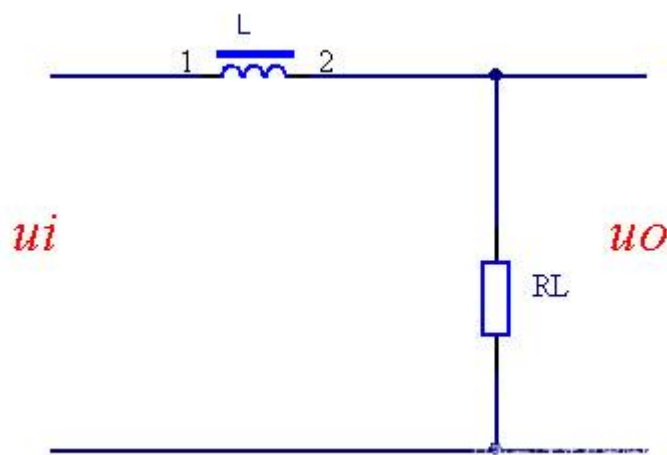


图 2.1 电感滤波

四、复式滤波

1、LC型滤波（倒 L 滤波）

LC 滤波就是由电感和电容组成，为了减小纹波电压，通常加一个负载与电容并联接入电路当中，这样经过电感、电容滤波后再输出负载端得到一个平滑的直流电，这种滤波在电流变化波动变化时候也能起到很好的滤波效果

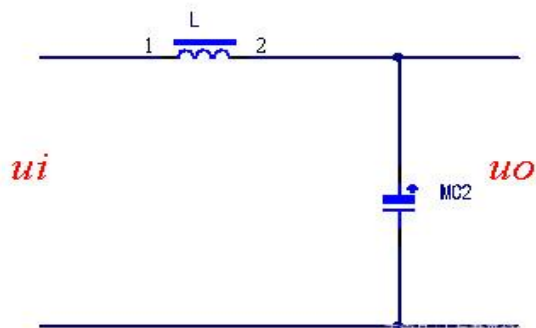


图 2.2 LC 滤波

2、LG- π 型滤波

这种滤波在 LC 型滤波基础上再加一个电容，因此对输出电压的脉动更小，它的滤波效果比 LC 型滤波效果更好，但与此同时整流二极管的冲击电流也就更大

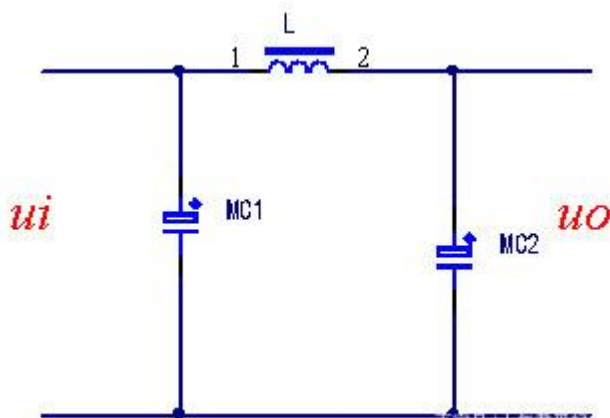


图 2.3 LG- π 型滤波

3、RG- π 型滤波

这种滤波与 LG- π 型滤波类似，只不过是用电阻代替了电感，由于电阻对电压具有降压作用，，与电容组合在一起时候使得较多的脉动的交流成分降在电阻上，减少对负载的影响，最终实现滤波。这种电路适合负载电流较小同时输出电压脉动不是很高场合

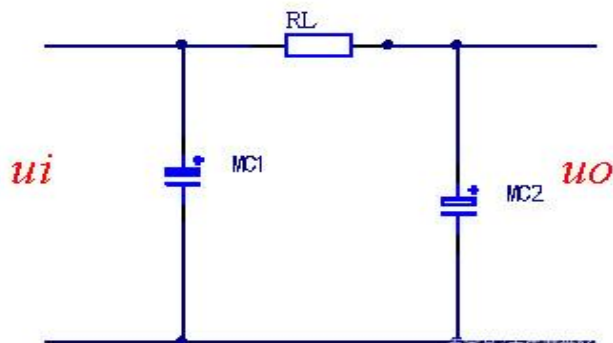


图 2.4 RG- π 型滤波