

选择用于无线技术的射频片状电容

由于当前无线技术的发展，元件性能变得更加重要。本文讨论陶瓷片状电容以帮助读者了解此类元件在射频产品设计中的作用。高体积利用率（设备微型化），高可靠性和高射频性能对无线技术是绝对必须的，所以射频片状电容极为适用于无线技术。

设计标准

ATC 陶瓷片状电容在无线设计中最常用到的是多层（MLC）和单层（SLC）电容两种。MLC使用多个电极或叫叠层电极，而SLC只用由电介质隔开的两个电极。MLC和SLC按以下标准设计：

- 陶瓷电介质
- 坚固密封结构
- 优化电极形式
- 低阻电极和终端材料
- 高介质强度
- MLC电极和终端之间有阻挡层保护
- 适于直接表面安装于微带
- 温度和湿度变化时性能极为稳定
- 极高Q值
- 低损耗

选择合适的电容

为射频无线电路选择陶瓷片状电容时，首先要建立电路全面性能指标。然后，每个元件要满足它的特定应用的要求。

一个典型的电路元件性能要求清单可以包括：

- 容值（pF）
- 精度（%）
- 额定电压（WVDC, VRMS）
- 等效串联电阻（ESR）
- 温度系数（PPM/°C）
- 耗散系数（%）
- 串联谐振频率（Fsr）
- 并联谐振频率（Fpr）
- 绝缘电阻（IR）
- 介质老化效应（每十进时间内容值减少的%）

性能

理想电容器将其所有能量， $1/2CV^2$ ，储存在电介质中。而实际电容总有一些串联电阻，在设计时必须予以考虑。这些串联电阻叫做等效串联电阻（ESR），是设计射频电路时不可忽视的重要因素之一。ESR的来源是介质损耗，电极和终端金属材料的损耗。整个生产流程的每一步都要妥善控制才能达到最佳ESR性能。在几赫到几千赫的低频下，ESR主要来自介质损耗。在射频下，ESR主要来自电极和终端的金属损耗。由于金属的趋肤效应，这种损耗在射频下变得很严重，并以和频率平方根成正比的方式增长。

多数制造商在特定频率下以毫欧姆为单位表示ESR。最常用标准是EIA RS483和MIL-C-55681。ESR测量通常只在30MHz和1GHz之间的几个频率下进行，因此设计者需要考虑在自己设计频率下ESR究竟多大。例如，你设计的无线设备工作频率是900MHz，而ESR值是在150MHz下测定的，你可以这样计算900MHz下的ESR值：把150MHz下的ESR值乘以 $(900/150)^{1/2}$ ，这个ESR和频率的关系式在射频下相当准确，而且指出了趋肤效应的作用（趋肤深度和频率平方根成反比）。ESR是电容的主要损耗来源，电容的功率损耗即可由ESR确定： $P = I^2 * ESR$ 。

质量因数（Q）是一个显示性能有多优良的指标，用于量测电容在其介质中储存能量的能力。因为 $Q = Xc/ESR$ ，所以很明显低ESR可以获得高Q。因为Q和ESR一样随频率变化，Q值也必须在设计频率下计算和测定。

损耗因数（DF）也叫损耗正切，是Q的倒数，也就是说 $DF = 1/Q$ 。在理想电容情况下，电流领先电压90°。而实际电容情况下电流领先电压的角度比90°稍微小一个角度，这个角度叫做损耗角。损耗角的正切值等于损耗因数，它标明电容的电抗功率有多大部分变成热，也就是耗散损失，而浪费掉了。

例如：损耗角 = 3度，因而 $DF = \tan 3 = 0.05$ 或5%。这意味着电容总功率的5%作为热损耗掉了。见图1。



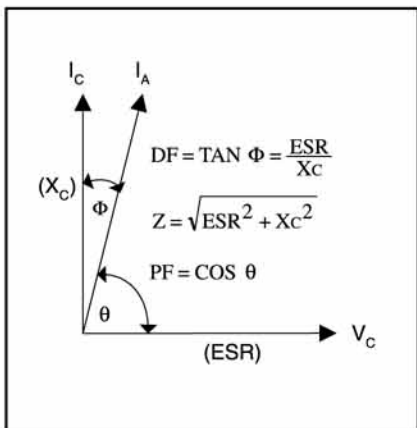


图1 损耗系数

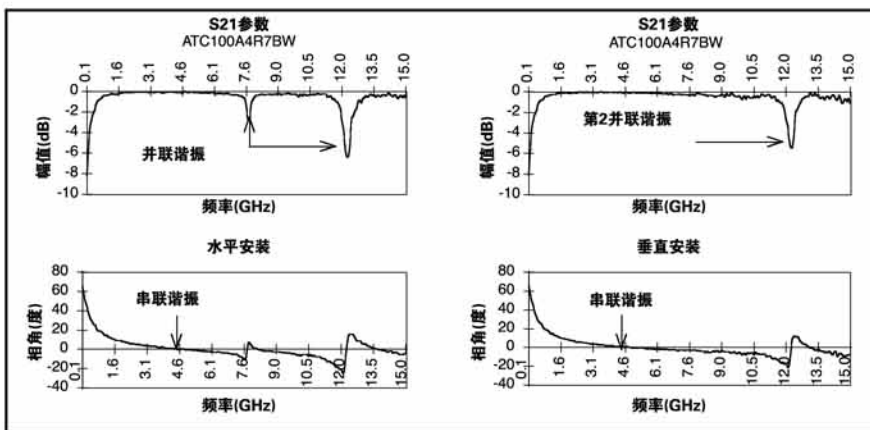


图3 比较电容水平和垂直安装的S参数曲线

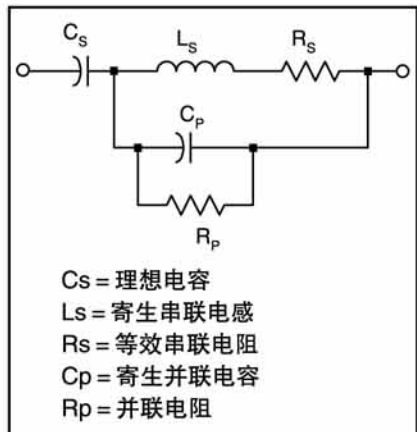


图2 等效电路模型

ATC100系列陶瓷片状电容的损耗正切小于0.0001，因此Q值大于10000。这时耗散损失小于0.01%，对射频电路达到最佳性能十分有利。使用高Q，低ESR(DF)电容能显著提高有效增益。使用低损耗电容也能大大提高便携设备的

上述级间耦合电容例子中，必须分析电容的S参数性能。如果该电容在工作频带附近发生并联谐振，它将衰减射频能量，而不起设计者希望的耦合作用。S参数数据展示各种特性，例如并联谐振，串联谐振，插入损耗，插入相位，折返损耗的幅度和相位。全套S参数可与设计模拟软件合用，通常表示为一个两端口系统的前向和反向测量结果，称为S2P文件。

电池寿命。ESR，DF和Q可以用以下关系式很容易地联系起来：

$$ESR = X_C DF = X_C / Q$$

$$DF = ESR / X_C$$

$$Q = X_C / ESR$$

元件取向

片状电容常以表面安装方法安装于微带线上。安装方式可以是电极平面平行或垂直于微带平面。在上述电容耦合例子中，确保并联谐振不在工作频带附近发生至关重要。将电容垂直安装，即电极平面与微带平面垂直，可消除第一并联谐振，从而显著扩大可用通带带宽。图3对比了同一电容型号水平和垂直安装时的不同S参数。

寄生参数的影响

无线技术设计应用需要注意的另一点是电抗元件寄生参数的作用。用等效电路的元件可以模拟电容，并解释其寄生效应。图2是电容的集总元件模型，可以用于无线设计中的片式电容。使用这一模型可以帮助设计者确定诸如串联谐振频率（F_{sr}），等效串联电感（ESL）和传输函数等特性。

S21的相位为零时的频率就是串联谐振频率。在此频率下S21幅值最小，等于ESR。

设计者需要分别考虑电容不同的功能应用，例如耦合，旁路和定时等，然后决定电容在电路中的接法。例如，某种应用中需要电容作级间耦合。考察散射参数能更深入地了解寄生效应。ATC为自己的电容测定了S参数数据，以软盘方式提供。

并联谐振表现为S21幅值猛烈衰减，S21相位迅速经过零度。这时的频率就是每个并联谐振的频率。垂直安装优化了并联谐振性能。

以50欧姆向量网络分析仪测量未知电容的S21幅值，当改变频率使S21幅值降到峰值的一半（即3dB点）时，电容容值可以下式计算：

$$C = 0.159 / 100 (F) \quad F \text{ 为频率。}$$

Richard Fiore 是ATC 射频应用技术部主任

Reprinted with permission from **Wireless Design & Development**



American Technical Ceramics • One Norden Lane, Huntington Station, N.Y. 11746-2142
 phone: 631-622-4700 • fax: 631-622-4748 • e-mail: sales@atceramics.com • http://www.atceramics.com

ATC 001-821
 Rev. C; 2/01