

陶瓷电容的选用及注意事项

1. 电容的分类

电容有很多种类型。如图 1 所示，电容按照生产材料可划分为陶瓷电容、钽电解电容、铝电解电容等。多层陶瓷电容，具有体积小、电容量大，经常被用于去耦合、电源滤波等各种电路中，成了提升电子电路性能所不可缺少的元件。

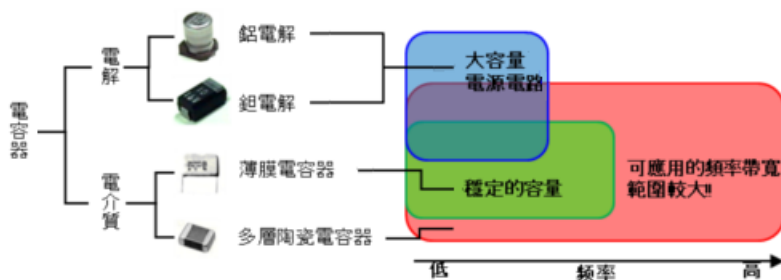


图 1— 电容的分类和特性

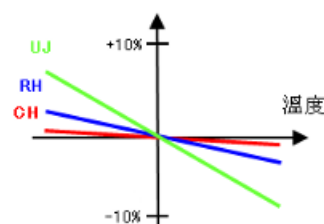
2. 多层陶瓷电容的特性

● 温度特性

陶瓷电容如图 2 所示，可分为温度补偿型与高介电常数型。由于各种温度条件下的电荷容量变化情况各不相同，因此需要根据电容的特点来确定其用途。日本采用的是 JIS 规格，欧洲采用的是 EIA 规格。

温度补偿型的容量变化示例

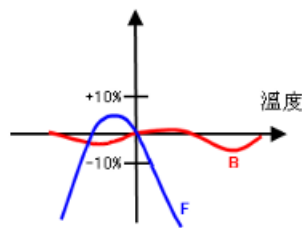
静电容量变化率变化率



特点：直線形的變化

高誘電型的容量变化示例

静电容量变化率变化率



特点：變化幅度大於溫度補償型

分類	規格	特性記號	溫度範圍	容量變化率
溫度補償型	JIS	CH	-25~85°C	0 ± 60ppm/°C
		RH	-25~85°C	-220 ± 60ppm/°C
		UJ	-25~85°C	-750 ± 60ppm/°C
	EIA	C0G	-55~125°C	0 ± 30ppm/°C
高誘電型	JIS	B	-25~85°C	± 10%
		F	-25~85°C	+30%、-80%
	EIA	X5R	-55~85°C	± 15%
		X7R	-55~125°C	± 15%

图 2— 陶瓷电容的温度特性与规格

● 温度补偿型

如韵电子 CONSONANCE

陶瓷电容的选用及注意事项

温度变化所造成的电荷容量变化率较小，主要用于滤波、高频电路的去耦合。当线圈与电容结合使用时，线圈的电感会随着温度的上升而增加，这是可以利用负温度系数电容来进行修正。

● 高介电常数型

是一种采用了介电常数较高材料的电容，具有电荷容量较高的特点。主要作为电源电路的去耦合和滤波使用。与温度补偿型电容相比，由于温度能够造成的电荷容量变化较大，因此当用于滤波器等信号电路中时要十分注意。

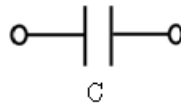
● 低 ESR、低 ESL

多层陶瓷电容具有良好的高频特性。与其他电容相比，具有较低的电阻①及较低的寄生电感②，因此在高频条件下也能保证电容的工作。图 3、图 4 所示为等效电路与电感的特性。由于铝电解电容及钽电解电容的 ESR 较高，因此阻抗也就较高。但陶瓷电容是频率越高，阻抗越低，这对于去耦合来说非常有效，并能够发挥高性能的滤波能力。

① ESR：Equivalent Series Resistance（等效串联电阻）

② ESL：Equivalent Series Inductance（等效串联电感）

理想的電容器



實際的電容器

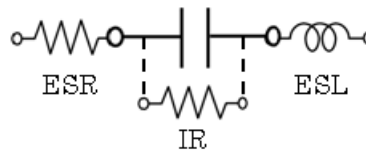


圖 3—电容的等效电路

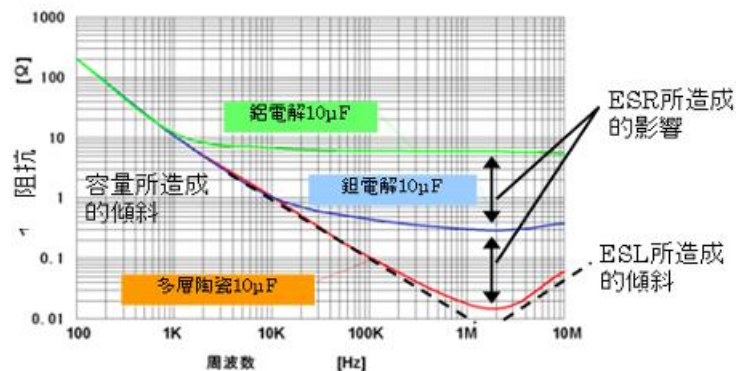


图 4—阻抗特性

3. 电容的电压特性

电容的实际电荷容量值随着直流（DC）与交流（AC）电压变化而变化的现象叫做电压特性。

该变化幅度越小，说明电压特性越好，幅度越大，说明电压特性越差。以消除电源纹波为目的的电容，必须考虑电容的电压特性进行设计。

请参考图 5 所示，假设额定电压为 6.3V，电荷容量为 100uF 的高介电常数片状多层陶瓷电容上施加了 1.8V 的直流电压。此时，温度特性为 X5R 的产品，电荷容量减小约 10%，实际电荷容量值变成 90uF。而 Y5V 的产品，电荷容量减少约 40%，实际电荷容量变成 60uF。若使用 COG 的产品，电荷容量的变化是极少。

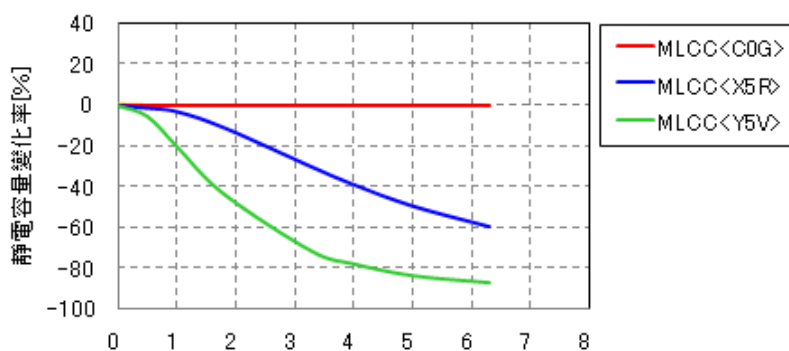


图 5—各种电容的电荷容量变化率（直流偏置特性）

因此，在选择多层陶瓷电容时，请不要完全按照产品目录上的电荷容量值进行选择。必须考虑电源（信号）施加直流电压成分，测定电荷容量，掌握实际电荷容量值的情况。但是，这种直流偏置特性施加的直流电压成分越低，电荷容量减少值越小。最近市面上出现了以突破 1V 的电源电压工作的 FPGA 和 ASIC 等半导体芯片。如把多层陶瓷电容（X5R/Y5V）使用在这种芯片的电源上时，不会出现很明显的直流偏置特性问题。

4. 输入电容的瞬态特性

请参考图 6 所示，在一般电路设计时，会把多层陶瓷电容使用在各芯片的电源上，由于它的 ESR 和 ESL 都比较低，用于去耦合、电源电压的滤波等。图中的电感 L_{IN} 是电源线极各种电路中的等效电感，电容 C_{IN} 是输入滤波电容，而 SW 是电源开关或电源插头。

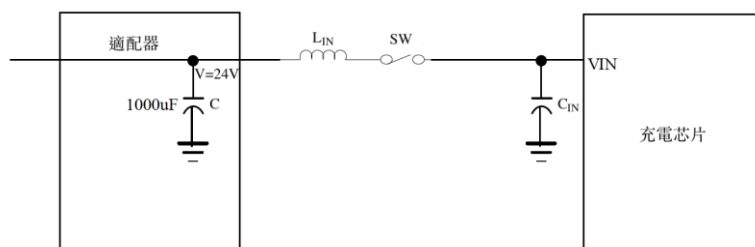


图 6—电路设计

在 SW 为接通前，输出电容(C)的电压为 24V，输出多层陶瓷电容 (C_{IN}) 的电压为 0V。当 SW 接通后，电流会流过 L_{IN} 并把 C_{IN} 充电， C_{IN} 的电压将上升至输出电压或 24V。由于储存在 L_{IN} 的能量将继续提高 C_{IN} 的电压至 24V 以上，最终 C_{IN} 的电压会达到峰值，然后再回落到 24V。其实， C_{IN} 的电压会在 24V 附近震荡一段时间。实际波形取决于电路元件。

图 7 是实际测试的 C_{IN} 值为 10uF 和 22uF 及 L_{IN} 值为 1uH 和 10uH。最顶部波形显示最坏的情况，当

如韵电子 CONSONANCE

陶瓷电容的选用及注意事项

C_{IN} 值为 10 μ F 及 L_{IN} 值 1 μ H, C_{IN} 的电压峰值为 57.2V, 24V 输入的芯片是无法反复承受 57.2V 的电压, 芯片极有可能损坏。

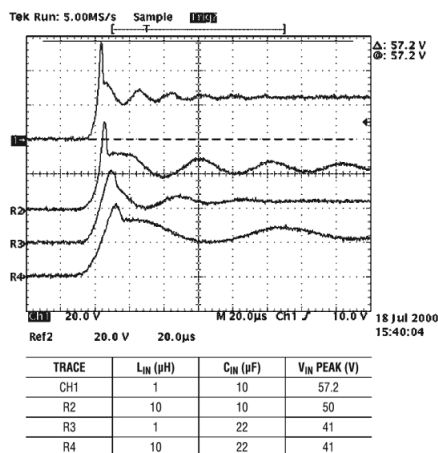


图 7—多层陶瓷电容的电压瞬态特性

为了保持较小的输入滤波器设计, 需要使用多层陶瓷电容。开始设计前, 先确定输入电容的最小值。此示例选用多层陶瓷电容 35V 22 μ F, 该电容产生的输入电压瞬态变化如图 4 的最顶部波形 (R1) 所示。此波形的电压峰值为 40.8V, 它一定对 24V 输入的芯片产生负面影响。在 R2 显示, 若多层陶瓷电容和一个 0.5 欧姆的电阻串联, 电压突变会大大减小, 震荡也差不多消失。类似的结果 (R3) 也可以从使用高 ESR 的电容来实现。最底部波形 (ch1) 是理想的结果, 它使用的铝电解电容 35V 47 μ F (Sanyo 35CV47AXA), ESR 值为 0.44 欧姆。

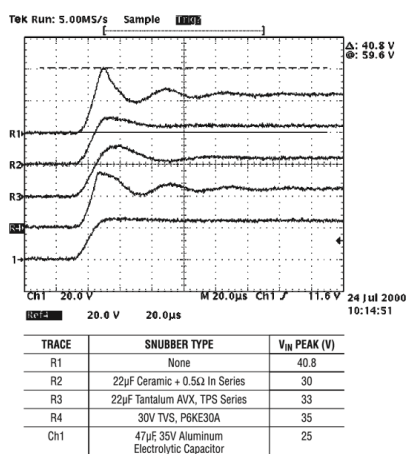


图 8—优化电路设计方案

出处:

“电容基础 【第 2 讲】电容具有哪些特性?” from “<https://www.murata.com/zh-cn/products/emiconfun-tw/capacitor/2011/04/14/tw-20110414-p1>”

“电荷容量的电压特性” from “<https://www.murata.com/zh-cn/products/emiconfun-tw/capacitor/2012/11/28/tw-20121128-p1>”

“Ceramic Input Capacitors Can Cause Overvoltage Transients” by Goran Perica, Linear Technology