

## 1. 前言

近年，以智能手机为代表的小型移动设备中除电话功能外，还增加了数码相机、游戏、浏览网页、音乐播放等多项功能，可以设想今后还将会搭载越来越多的功能。此外，LTE 等高速数据通信功能今后也将普及，视屏等大容量数据的转换也会不断增加。（请参照图 1）

随着采用高速化的 CPU 以及 LTE 通信导致耗电量不断增加，由于电池容量的提高，搭载了电子元器件的主板体积出现减小的倾向。

另外，伴随着高性能化，安装在主板上的电子元器件数目也有不断增加的趋势。

特别是处理大容量数据的被称为应用处理器的 IC 电源中，平均一个 IC 使用了大约数十个 MLCC(Multi-Layer Ceramic Capacitor)。

在上述背景及智能手机技术趋势下，IC 电源所使用的 MLCC 要求具有以下特点。

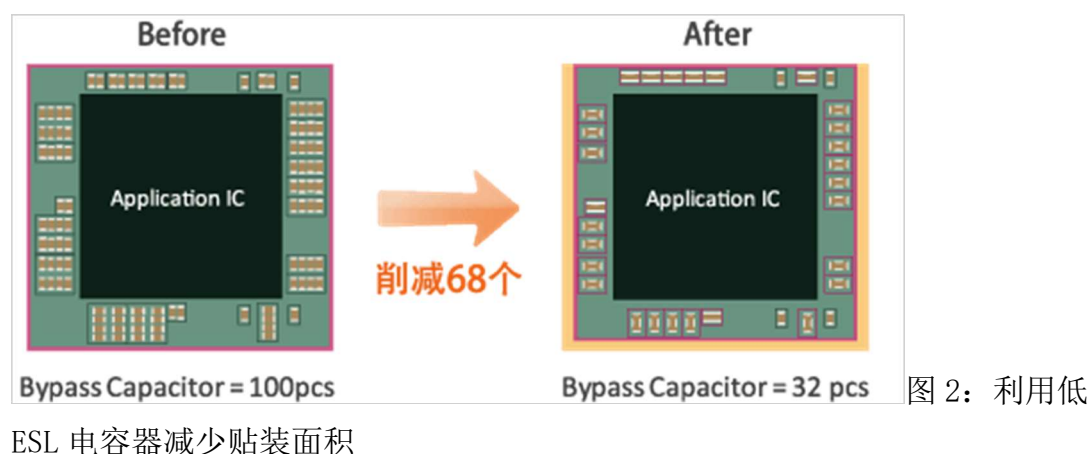
- 小型、大容量
- 低阻抗



图 1: 智能手机的未来

## 2. 利用低 ESL 电容器减少贴装面积

作为 IC 电源用的 MLCC 来说如果正确用于小型大容量的低 ESL 电容器中的话，可以减少图 2 中 MLCC 的 1/2 的使用量，同时也大幅度减少了 MLCC 所占据的使用面积。



## 3. 低 ESL 电容器的种类及优势

图 3 为所示的是 IC/LSI 的电源线与所使用的 MLCC 的连接方式。

IC/LSI 开关速度的高速化使 IC/LSI 本身很容易变成噪声源，为了解决这种高频噪声和抑制电源电压波动，如图 3 所示，很多 MLCC 将被当做旁路电容来使用。

在图 3 中，从 IC/LSI 的 HOT 端子开始，途径 MLCC，直至 IC/LSI 的 GND 端子，电流回路所产生的阻抗我们在此称为回路阻抗。IC/LSI 的 HOT-GND 之间所产生的电源电压波动依赖于此回路阻抗的大小。为此，为了控制电源电压波动，首先需要降低回路阻抗。此时，MLCC 的阻抗就成为回路阻抗的一部分。为减小回路阻抗，通常需要将多个 MLCC 并列连接，根据并联效果减小总阻

抗。此次所使用的 MLCC 其构造及等效回路如图 3 右下角所示，虽为电容器，等效串联电阻： $ESR$ ，等效串联电感：也有  $ESL$ ，而这其中的  $ESL$  是增大高频回路电感的主要原因。

本次所介绍的低  $ESL$  电容器如后面所述，是为降低  $ESL$  而制成的 MLCC 的一种。通过将低  $ESR$  电容器作为旁路电容器来使用从而减小回路阻抗。此外，MLCC 被  $ESR$  电容器替换后可以减少并联使用数目，从而大幅减少数量以及贴装面积。

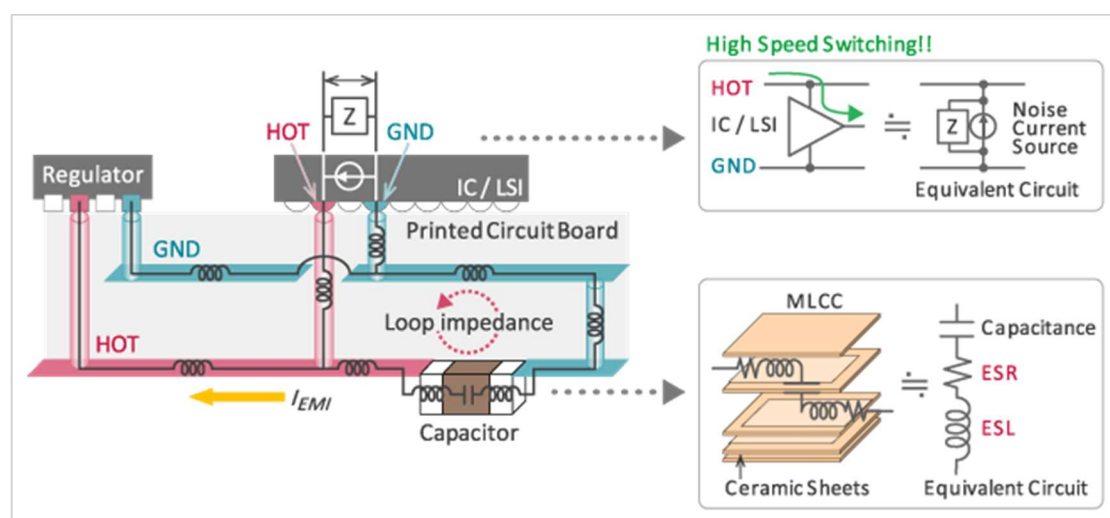


图 3：IC/LSI 电源线与 MLCC 的链接

接着就低  $ESL$  电容器的构造及优势进行说明。低  $ESL$  电容器有 2 种，即长宽逆转电容器和 3 端子电容器。

长宽逆转电容器的结构如图 4 中间部分所示。与一般型号的电容器的  $L$  纵向、 $W$  宽度方向相反，在纵向方向有外部电极。

通常情况下 MLCC 的  $ESL$  随着电流流动距离长度的加长而增加，宽幅增大时减小，因此在长宽逆转电容器的构造中通过缩短电流距离、增大走线宽度来实现低  $ESL$ 。

接下来就 3 端子电容器的构造进行说明（图 4 最下方）。在 3 端子电容器内部电极构造中， $HOT$  贯通电极与  $GND$  贯通电极相互交替叠加。因此，当电流朝绕行方向流动时，电流距离缩短，走线幅度增长，从而实现了低  $ESL$ 。此外，3 端子电容器的电流流动路线由 4 条构成，通过并列效果，更进一步实现了低

ESL。还有，电流沿着 GND 方向、画面的上下方向流动。通过电流产生的相互电感可进一步获得低 ESL 效果。

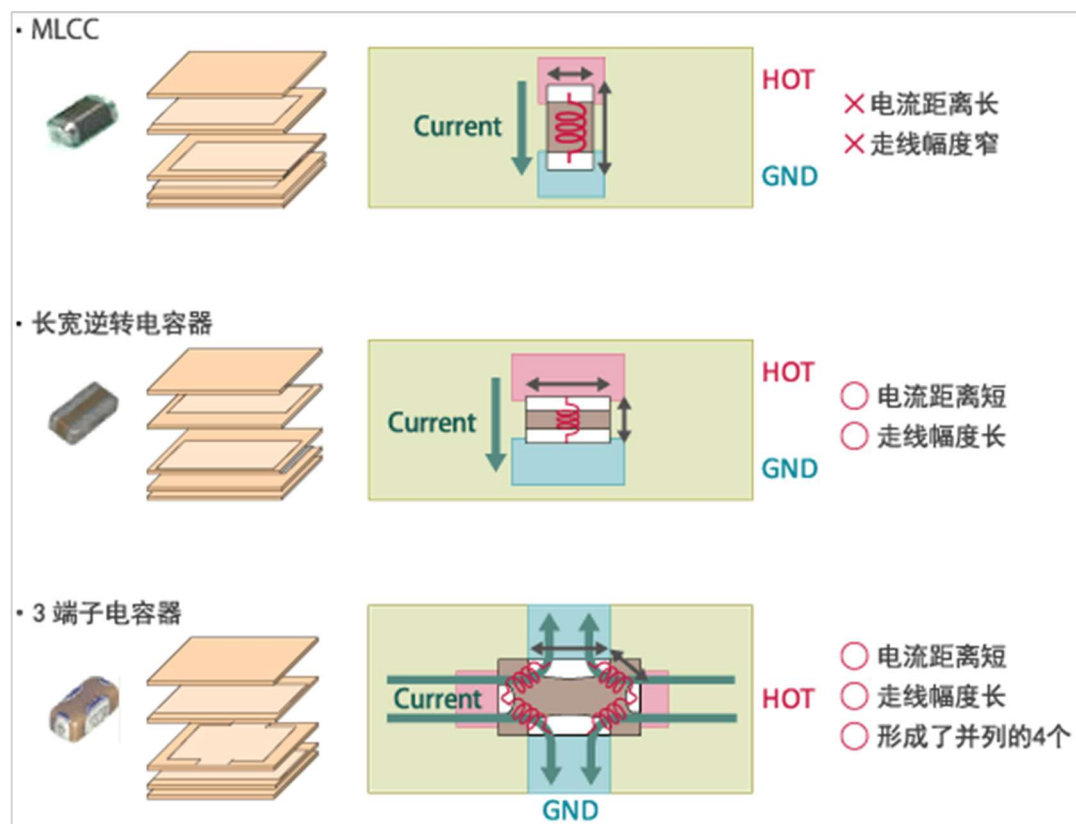


图 4：低 ESL 电容器的种类及优势

图 5 为普通的 MLCC 与低 ESL 电容器的长宽逆转电容器、3 端子电容器的频率-阻抗特性比较。不论种类，其静电容量都为  $1\mu\text{F}$ ，因此，共振点以下的频带内其几乎显现出相同的特性，但共振点以上的频带内由于 ESL 的不同而显现出很大差异。

如图 5 所示，长宽逆转电容器的 ESL 为普通 MLCC 的  $1/3$ ，3 端子电容器的 ESL 为普通 MLCC  $1/10$  左右。但需要注意的是这是电容器本身的性能比较，然而实际情况下，是贴装在主板上使用，所以除电容器的 ESL 以外，还要考虑主板和组合的电感成分。

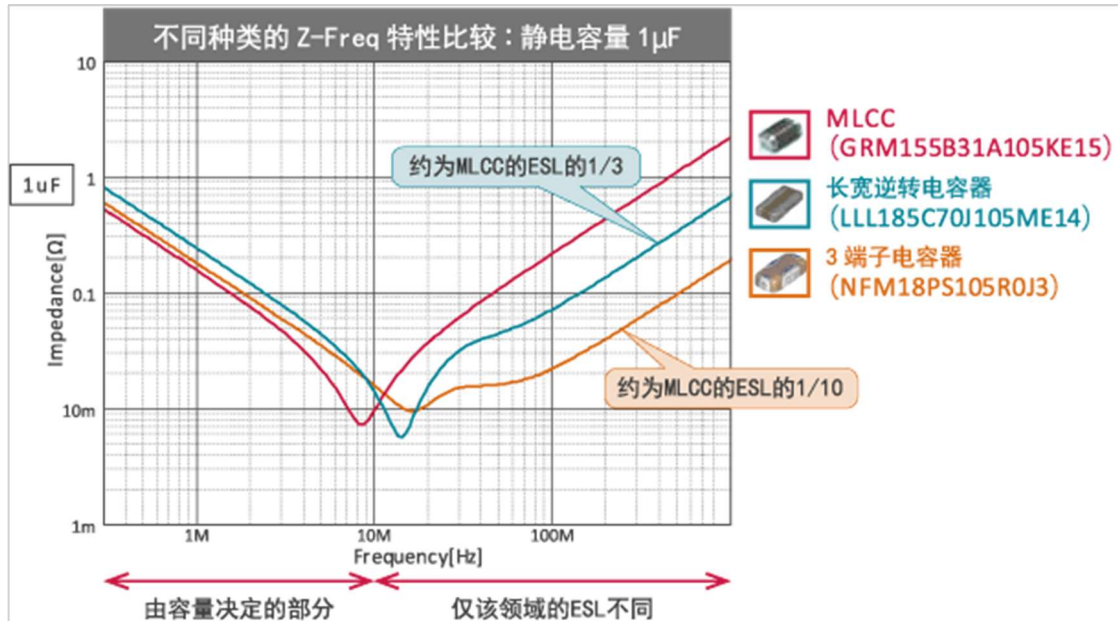


图 5：不同种类的阻抗频率特性

## 4. 减少元件的方法

图 6 为小型大容量的低 ESL 电容器与 MLCC 阻抗频率特性比较。长宽逆转电容器（1.0 $\times$ 0.6mm 尺寸、4.3 $\mu$ F）高频情况下的阻抗与 2 个 MLCC

（0.6 $\times$ 0.3mm、1 $\mu$ F）阻抗相同，因此 2 个 MLCC 可以用 1 个长宽逆转电容器替换。

3 端子电容器（1.0 $\times$ 0.5mm 尺寸、4.3 $\mu$ F）高频情况下的阻抗与 4 个以上的 MLCC 阻抗相同，因此从理论上来说，4 个以上的 MLCC 可以用 1 个 3 端子电容器替换。

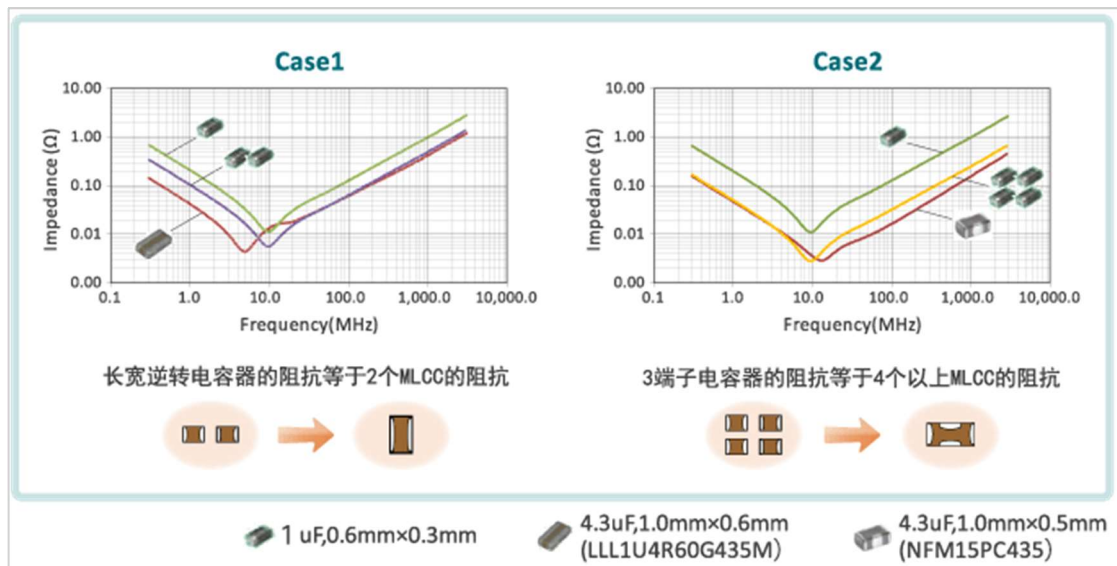


图 6：减少元件的方法

图 7 就使用 3 端子电容导致的 MLCC 削减的原理进行说明。

为方便起见，在此我们只考虑过孔、走线及电容器的简单结构。

(1) 旁路电容中使用 MLCC 的事例。此时的回路阻抗会根据过孔和走线以及 MLCC 的电感成分达到阻抗的总值。

(2) 为用 1 个 MLCC 来替换一个 3 端子电容器。3 端子电容器比 MLCC 的 ESL 低，所以回路阻抗的总值也会减少。因此，可以抑制因回路阻抗导致的电压的变动。

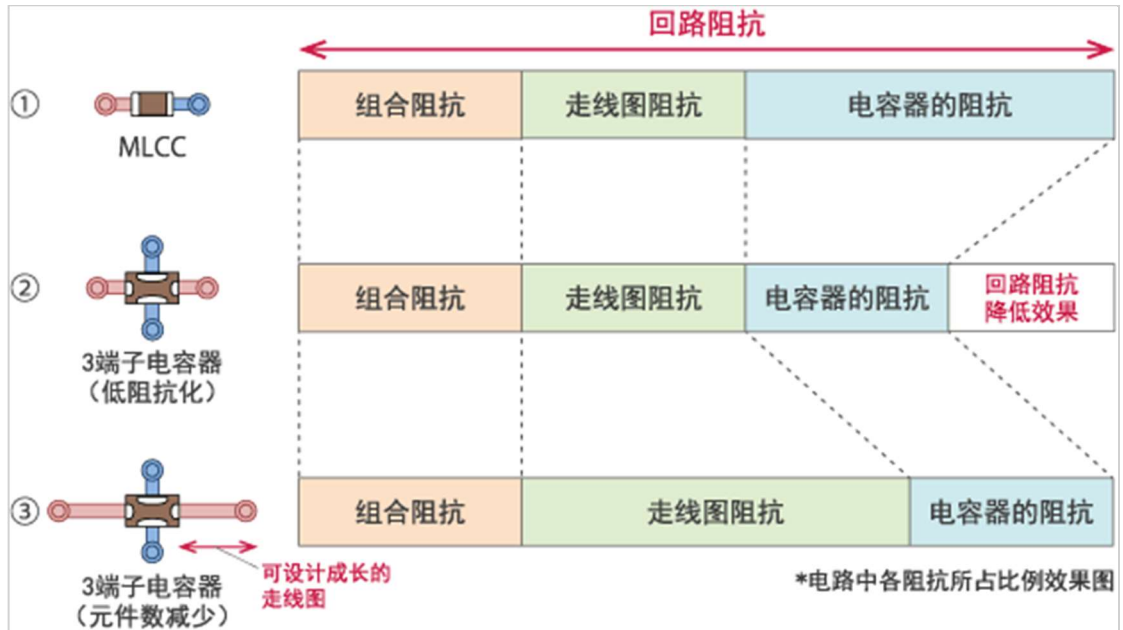


图 7：回路阻抗的比较

图 8 为 3 端子电容器的另一使用方法。

假设将旁路电容器换成 3 端子电容器，此时，如果可以与 MLCC 同等的回路阻抗（电压波动水平相等）的话，则可仅仅将电容器的电感的差分、走线设计得长点，增加阻抗。当利用这一线路的长度，可以用 1 个 3 端子电容器将多个电源端子覆盖。这样，如图 8 所示，可通过 3 端子电容器将数个旁路电容器汇集以减少元件数。此时，线路长度增长，线路部位的电感增大，但电容器变小，所以总阻抗并没有发生变化。

不过，走线宽度如果过细或过长，超过电容器 ESL 成分的话，则效果全无。为此，为降低走线的电感成分，建议加宽走线的宽度或者在旁路电容器贴装面上与电源组合，提高并列效果。



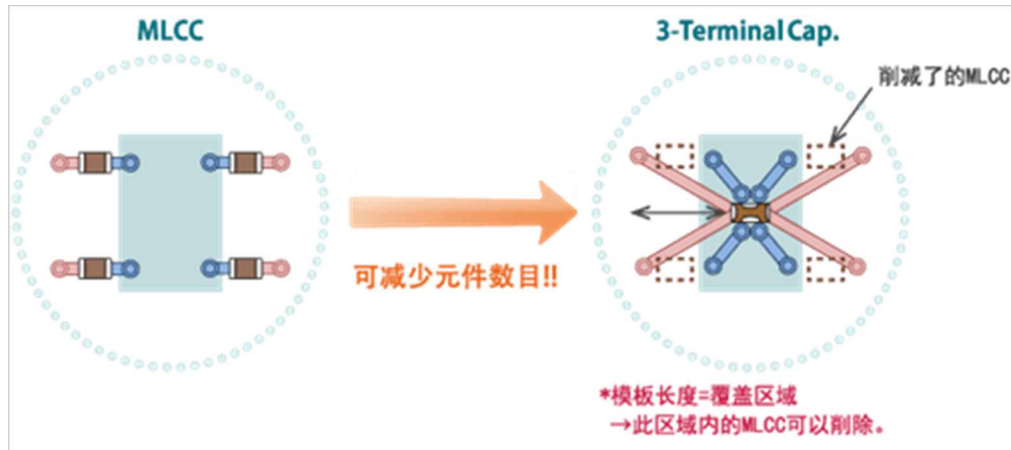


图 8:

通过使用 3 端子电容器来减少 MLCC 个数的示意图

## 5. 电容器元件数目的减少案例

如今，在面向一部分智能手机的应用 IC 的参考设计中，据载有 100 个以上的 0603 尺寸、1 $\mu$ F 的 MLCC 用于电源的旁路电容器。

其中，在核心电源线路上并联使用了 10 个以上的旁路电容器。此外，在许多电源线路上也推荐 2、3 个电容器的并联使用。

图 9 所示是把这些电容器从 MLCC 转换为低 ESL 电容器，减少原件数目的例子。从图 9 中我们可以得知，通过使用低 ESL 电容器，可在维持同等回路阻抗的同时，使原设计中 MLCC 的元件数目从 100 个减少至 32 个。也就是说，总共可能削减 68 个 MLCC。另外，通过转换为低 ESL 电容器，可以把应用 IC 与其周围的电容器所占面积减少约 35m<sup>2</sup>。



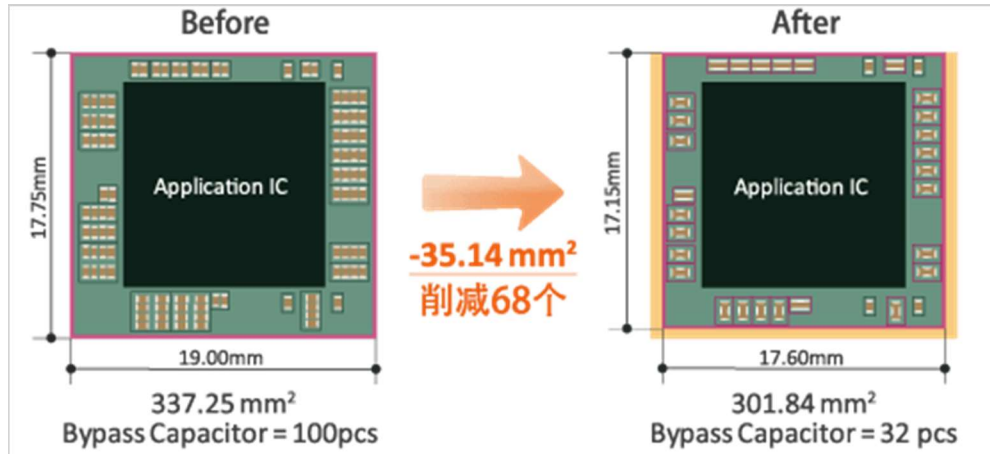


图 9:

元件数目削减与实际安装面积削减

## 6. 结语

最合理地使用很新的小型大容量低 ESL 电容器，不但能把使用 IC 电源的 MLCC 元件数目减少至 1/2 以下，还能大幅度削减 MLCC 所占的实际安装面积。今后我们也将继续推进小型大容量低 ESL 电容器的商品化，不断为元件数目的削减和实际安装面积削减贡献力量。

作者：株式会社福井村田制作所第 2 电容器商品开发部加藤一喜