

# Condensadores multicapa de bajas pérdidas para aplicaciones en RF y microondas

Por Miquel Llobera. Director Comercial de Giza Technologies S.A.

Artículo original:  
Dielectric Laboratories  
Traducción:  
Miquel Llobera

*No todos los condensadores que presentan bajas resistencias equivalentes serie (ESR) se fabrican de la misma forma. Dielectric Laboratories, Inc. (DLI) presenta una nueva familia de productos con valores de ESR excepcionalmente bajos que conforman un nuevo estándar para aplicaciones de microondas donde se requieren pérdidas muy bajas.*

Figura 2. Comparando con los mejores predecesores: a) condensador RF de 11 pF de la nueva serie C06UL de DLI con resistencia de pérdidas ultra reducida. b) Condensador RF de 11 pF de la nueva serie C11UL de DLI con resistencia de pérdidas ultra reducida

Se consiguen valores de ESR que son la mitad de la de sus predecesores. Esta serie, designada como "UL" (*Ultra Low*) presenta en la actualidad los encapsulados 0603 y 0505, tal y como se puede ver en la fig.1 En el futuro se presentarán en otros encapsulados.



Figura 1. Series C06UL y C11UL de condensadores para RF de bajas pérdidas de Dielectric Laboratories.

La resistencia equivalente serie (ESR) es un modelo circuital que representa las pérdidas totales de un condensador, tanto las del dieléctrico como las del metal. A frecuencias de RF y Microondas las pérdidas en el metal dominan. Los beneficios de este nuevo material "UL" aumentan con la frecuencia, debido al perfeccionamiento en la tecnología del electrodo. La diferencia es sorprendente. Para aplicaciones de alta potencia, por ejemplo en redes de adaptación para amplificadores de potencia, el impacto de valores muy bajos de ESR es especialmente significativo ya que mejora la ganancia, potencia, eficiencia y reduce la potencia disipada en forma de calor:

$$P_{dis} = I_{rms}^2 \times ESR$$

Menos calor permite más potencia a

la salida del amplificador.

Valores de ESR bajos mejoran el rendimiento en aplicaciones diversas:

- Transmisores con mayor ganancia, potencia de salida y eficiencia.
- Mayor Fiabilidad.
- Receptores con menor figura de ruido.
- Pérdidas menores en la red de adaptación de antena.
- Pérdidas menores en conmutadores T/R.
- Mayor alcance en Comunicaciones Inalámbricas y RADAR.
- Comportamiento de los circuitos más cercanos al ideal.
- Filtros con menores pérdidas y factor de forma mejorado.
- Osciladores con ruido de fase menores.

Sucintamente, podemos decir que a medida que el ESR se acerca a cero ohmios, el condensador se aproxima al comportamiento ideal, proporcionando importantes mejoras en todas las aplicaciones sensibles a las pérdidas.

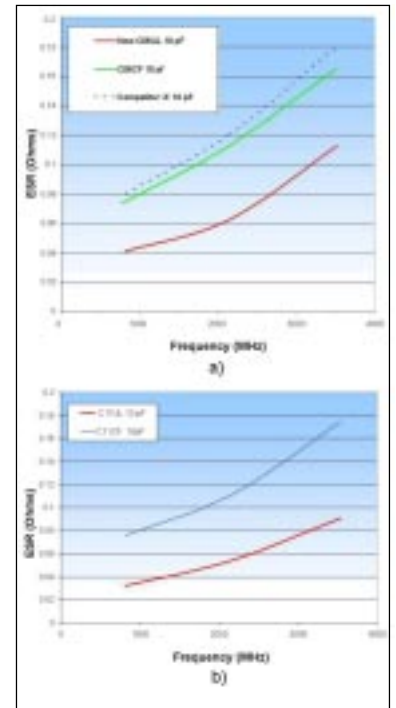
Existen fundamentalmente 4 métodos para evaluar un condensador de bajo ESR. Los resultados de tres de ellos se presentan a continuación.

## Método 1: Test de línea de transmisión resonante

Desde el punto de vista metrológico este método proporciona la mejor exactitud cuantitativa y constituye un estándar.

El condensador se sitúa en una línea de transmisión coaxial formando un circuito resonante de alto Q cuyo ancho de banda se compara con el de una línea de transmisión resonante sola. Así se determina el valor del ESR.

La Figura 2a muestra la dependencia con la frecuencia del ESR del nuevo producto UL de DLI comparado con el dieléctrico tradicional CF,



y con una solución "Ultra Low ESR" de un fabricante de la competencia. Todos los componentes se presentaron el encapsulado 0603 y capacidad 10 pF. La ventaja de la solución UL con respecto a los otros componentes está clara; UL presenta una reducción típica de ESR del 50%.

Resultados similares se muestran en la Figwra 2b, en este caso para el encapsulado estándar de RF y Microondas 0505 (referencia C11 de DLI). Aquí se compara el nuevo C11UL con el tradicional C11CF, comprobándose de nuevo que existe una reducción significativa del ESR. Desafortunadamente no se pudo disponer de unidades de la competencia para realizar este test comparativo.

Debido a que el valor del ESR depende de la composición interna del electrodo se espera obtener diferencias en el comportamiento en función del valor de la capacidad. Esto se muestra en la Figura 3, donde las relaciones entre el ESR, la frecuencia y la capacidad se dan para los modelos UL: a) 0603 y b) 0505.

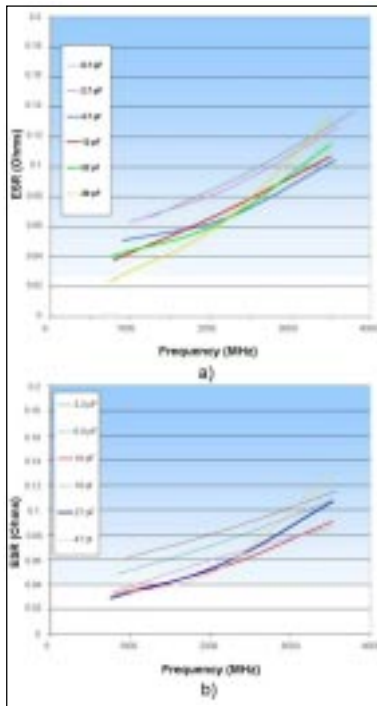


Figura 3. ESR en función de la frecuencia y la capacidad para las series a) C06UL b) C11UL

En ambos componentes se constatan de inmediato dos tendencias: 1) El ESR se reduce a medida que aumenta el valor de la capacidad, consistente con el contenido conductor del componente. 2) El grupo de gráficas ESR tienen una característica común nunca vista, valores bajos de ESR.

### Método 2: Medida de la pérdida de inserción mediante analizador de redes

Este es el método más asequible para ingenieros de diseño y ofrece buenos resultados comparativos en la evaluación de las pérdidas, pero con algunas restricciones.

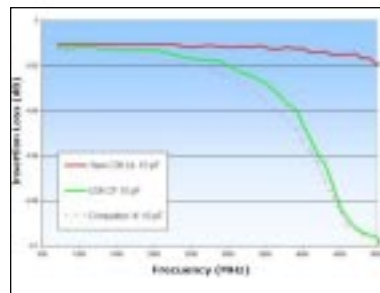
Los condicionantes que se enumeran a continuación se deben considerar para que la comparación sea fiable:

1) Es necesaria una herramienta de fijación de baja reflexión con parámetros S, presentando repetitividad de una medida a otra.

2) Los componentes deben tener valores similares de capacitancia y encapsulado, ya que el ancho del componente y la reactancia neta contribuyen a diferencias en las pérdidas por reflexión que pueden distorsionar una simple comparación.

3) Debe realizarse la medición de los componentes en la proximidad de la resonancia serie donde las pérdidas por reflexión son muy bajas.

La Figura 4 compara la pérdida de inserción respecto a la frecuencia para 3 condensadores 0603 de bajo ESR y 10pF: el nuevo C06UL de DLI, el C06CF de DLI, y uno de la competencia "A".



Una vez más la ventaja del C06UL se hace patente, particularmente a frecuencias altas. Incluso pérdidas bajas (medidas con un equipo de test de 50 ohmios) son muy importantes en diseños de amplificadores de alta potencia. Ello es debido a varios factores:

- Altas corrientes de RF asociadas a niveles de adaptación de impedancia bajos para los transistores de potencia pueden incrementar las pérdidas en un factor de 10 o más cuando se compara con las pérdidas a 50 ohmios.
- Los condensadores *shunt* cercanos a los transistores de potencia pueden presentar corrientes armónicas muy altas, sujetas a los valores mayores de ESR que corresponden al armónico.
- Los condensadores sometidos a la mayor disipación de potencia se hallan próximos a la mayor fuente de

calor, el transistor de potencia, y por lo tanto las condiciones ambientales de operación empeoran.

- La alta resistencia térmica de algunos materiales (ej. PCBs) típicamente utilizados en amplificadores de potencia son la causa de que la temperatura del condensador aumente.

El impacto de todos estos factores se reduce utilizando los nuevos productos UL.

### Método 3: Medida del aumento de temperatura en una prueba de alta potencia de RF

Mediante esta técnica la pérdida relativa de un condensador se determina por su aumento en temperatura. El aumento de temperatura se mide comúnmente con un sistema de imágenes de IR para evitar afectar al circuito. Conocemos los conceptos básicos:

$$P_{dis} = I_{rms}^2 \times ESR$$

la potencia disipada es proporcional al ESR,

$$\Delta T = \Theta_{jc} \times P_{dis}$$

el aumento de temperatura es proporcional a potencia disipada,

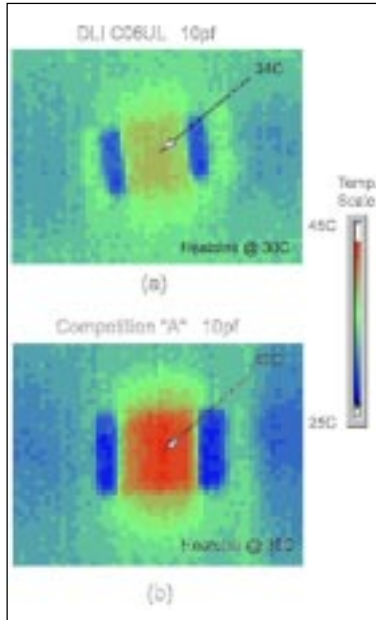
$$\Delta T = \Theta_{jc} \times I_{rms}^2 \times ESR$$

el aumento de temperatura es proporcional al ESR, siendo  $\Theta_{jc}$  es la resistencia térmica del condensador

Este método cuenta con variantes, incluyendo la solución obvia de medir el componente en el mismo circuito. Éste tiene limitaciones de tipo metrológico. Las limitaciones son: dificultad en determinar la corriente eficaz RF del condensador, junto con el predominio del calor disipado por el cercano transistor de potencia que enmascara una buena resolución en la medida de las pérdidas del condensador. El método de medida de DLI evita estos problemas metrológicos realizando las medidas en un sistema bien adaptado a 50 ohm donde la potencia incidente puede ser medida de forma precisa

Figura 4. Medida de las pérdidas de inserción respecto a la potencia. La ESR ultra-reducida permite pérdidas de inserción del mismo orden de magnitud.

Figura 5. Comparación de las temperaturas medidas para el nuevo C06UL de DLI y un 0603 Ultra Low ESR de la competencia.



que el método del incremento en temperatura constituye una excelente medida de la pérdida de RF relativa (ESR) de los condensadores.

La Figura 5 muestra una comparación de las temperaturas medidas para el nuevo C06UL de DLI y otro 0603 Ultra Low ESR de la competencia "A". El aumento de temperatura para la muestra de C06UL es 4°C y el aumento en temperatura para el componente de la competencia es 12°C. Se ve claramente que la pérdida para los condensadores de DLI del tipo UL es menor que la mitad de los de la competencia.

CHARACTERISTIC	C06UL	C11UL
Capacitance range (pF)	0.1 - 47	0.1 - 100
DF (%)	0.05	0.05
ESR @ 2GHz ( $\Omega$ )	-0.06	-0.05
IR (M $\Omega$ )	>10 <sup>5</sup>	>10 <sup>5</sup>
TCC (ppm/°C)	±30	±30
Voltage rating (WVDC)	250	150

Ambos componentes eran de 10 pF y se probaron con una potencia incidente CW de RF de 200W (doscientos vatios !!!) a 1.8 GHz. La medida mediante imágenes de IR se efectuó transcurridos 15 minutos, tiempos suficiente para que tenga

lugar el equilibrio térmico. La escala de color correspondiente a la temperatura es la misma en ambos componentes.

## Conclusión

El valor del ESR en condensadores de RF y Microondas es un factor importante a tener en cuenta en términos del comportamiento y fiabilidad.

Constituye un factor determinante en la pérdida energética, capacidad de potencia, comportamiento de la relación señal / ruido y comportamiento circuital.

Se ha demostrado claramente la superioridad de los condensadores UL mediante 3 métodos diferentes. La Tabla 1 resume las características principales de las series C06UL y C11UL, Ultra Low ESR. El cuarto método se lo dejamos al diseñador ya que la validación final la encontrará en su circuito. Probar la nueva serie UL es la mejor forma de comprobar la diferencia.

Puede obtener más información en la website de Dielectric Labs. En [www.dielabs.com](http://www.dielabs.com) o en e-mail de Giza: [gizaeurope@gizatech.com](mailto:gizaeurope@gizatech.com). □

Tabla 1. Resumen de las características de las series C06UL y C11UL

con instrumentos estándares.

El componente a probar se monta sobre un *microstrip* de 50 ohm fabricado a base de alúmina gruesa de 50 mil, que se suelda a la herramienta de test con conectores. Este tipo de configuración proporciona un entorno de test de bajas pérdidas libre de otras fuentes de calor, por lo