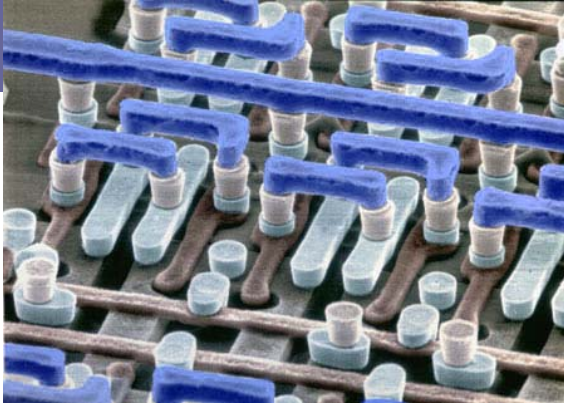




componentes

resumen y guías de ejercicios

Componentes

■ Resumen

Resistores

Caracterización:

- ▶ Componente de dos terminales
- ▶ Presenta una caída de tensión en sus bornes como función lineal de la corriente que circula
- ▶ La constante de proporcionalidad se llama resistencia y su unidad de medida es el Ohm [Ω]

Tipos:

- ▶ Según su proceso de fabricación
 - ★ Discretos
 - De alambre lineales y bobinados
 - De composición
 - De película gruesa y fina
 - ★ Integrados
- ▶ Según su valor
 - ★ Fijos
 - ★ Variables
 - ★ Dependientes
 - Tensión
 - Temperatura
 - Intensidad de luz
 - Campo magnético
 - Deformación mecánica

Especificaciones:

- ▶ Valor nominal $R[\Omega]$:

En resistores discretos se indica por código de marcas o colores de valores estandarizados en la serie de $\sqrt{10}$.

- ▶ Tolerancia $\Delta R/R$ [%]:

Máxima desviación porcentual del valor nominal.

- ▶ Disipación de potencia P_d [W] a T_a y T_s

Es la máxima potencia admisible para una dada vida a temperatura ambiente (T_a) y con una variación de R limitada a largo plazo.

- ★ Potencia

$$P_m(t) = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t)dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2(t)}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)Rdt$$

- ★ Potencia instantánea

$$P_i(t) = v(t)i(t) = \frac{v^2(t)}{R} = i^2(t)R$$

- ★ Incremento entre T de superficie y T ambiente

$$\Delta T = T_s - T_a = Z_T P_i(t) = \left(\theta_T // \frac{1}{j\omega C_T} \right) P_i(t)$$

donde Z_T es la impedancia térmica, θ_T es la resistencia térmica y C_T la capacidad térmica.

- ▶ Coeficientes de temperatura T_1 y T_2 [ppm/°C]

Es la variación de R en función de T .

$$\Delta R = R(T_1 \Delta T + T_2 \Delta T^2) 10^6$$

- ▶ Tensión máxima $V_{m\acute{a}x}$ [V]

Es función del material y la configuración física. En señales pulsantes P_m puede ser aceptable pero la tensión instantánea demasiado grande. En altas tensiones puede haber descargas superficiales.

- ▶ Vida bajo carga (estabilidad) $\Delta R/R$ [%]

Es la variación del valor nominal después de cierto tiempo de operación (1000hs) a máxima P_d y T_a especificada (70°C).

- ▶ Tensión de ruido V_n [μ V]
Ruido térmico o Jonson-Nyquist

$$\overline{V_{nj}^2} = 4kT\Delta fR$$

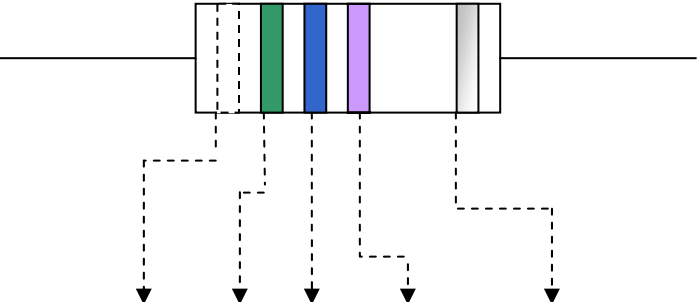
Ruido Flicker (compuestos de materiales)

$$\overline{V_{nf}^2} = \overline{V_{inf}^2} R = 2qI\Delta f \left(\frac{I}{fQ} \right)^\alpha R$$

donde T es la temperatura absoluta, k la constante de Boltzmann ($k=1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K), Δf el ancho de banda, q la carga del electrón ($q=1.6 \cdot 10^{-19}$ C), I la corriente, f frecuencia, y Q y α constantes que dependen del material y el proceso de fabricación.

Codificación de resistores de composición y película

★ Código de colores

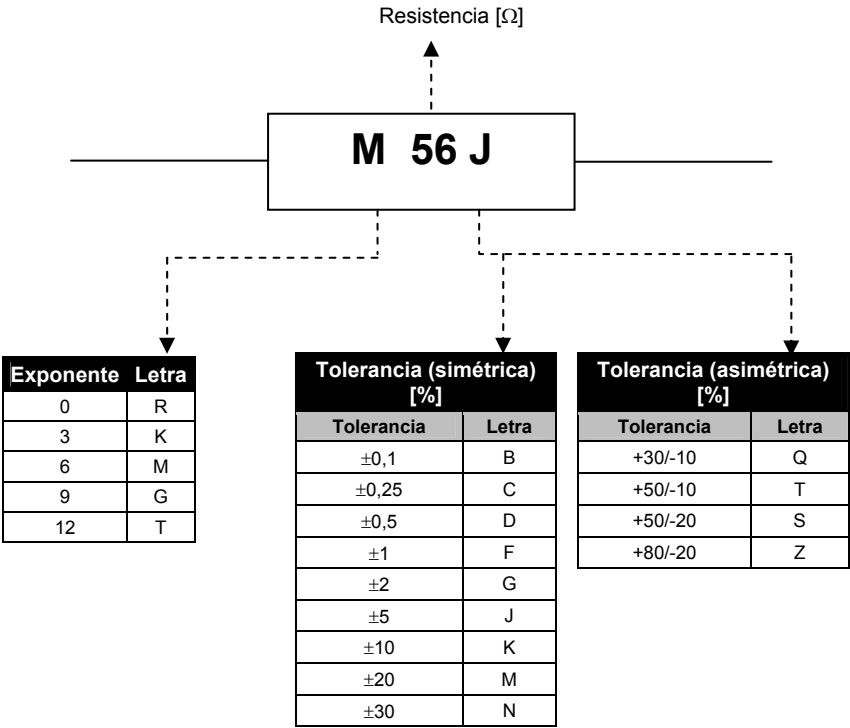


Resistencia [Ω]					
Color	3 ^{ra} cifra	2 ^{da} cifra	1 ^{ra} cifra	Exponente	Tolerancia
Transparente	0	-	-	-	±20%
Plateado	-	-	-	-2	±10%
Dorado	-	-	-	-1	±5%
Negro	-	0	0	0	-
Marrón	1	1	1	1	±1%
Rojo	2	2	2	2	±2%
Naranja	3	3	3	3	-
Amarillo	4	4	4	4	-
Verde	5	5	5	5	±0.5%
Azul	6	6	6	6	-
Violeta	7	7	7	7	-
Gris	8	8	8	8	-
Blanco	9	9	9	9	-

$$R = (3^{ra} \text{ cifra} * 100 + 2^{da} \text{ cifra} * 10 + 1^{ra} \text{ cifra}) * 10^{\text{exponente}} \left(\frac{100 \pm \text{tolerancia}}{100} \right) \Omega$$

Codificación de resistores de alambre

★ Código de marcas



$$R = \text{número} * 10^{\text{exponente}} \left(\frac{100 \pm \text{tolerancia}}{100} \right) \Omega$$

Capacitores

Caracterización:

- ▶ Componente de dos terminales
- ▶ Presenta una caída de tensión en sus bornes proporcional a la integral de la corriente que circula
- ▶ La constante de proporcionalidad se llama capacidad y su unidad de medida es el Farad [F]

Tipos:

- ▶ Según su proceso de fabricación
- ★ Discretos
 - Electrodo
 - De hoja o lámina entrelazada al dieléctrico
 - Metal vaporizado sobre el dieléctrico
 - Dieléctrico
 - Vacío: Para alta frecuencia o alta tensión
 - Gases: Aire o gas inerte
 - Líquidos: Aceites
 - Sólidos: Óxidos (electrolitos de aluminio o tantalio), papel, plásticos, mica, vidrio y cerámica.
- ★ Integrados
- ▶ Según su valor
- ★ Fijos
- ★ Variables

Especificaciones:

- ▶ Geometría:
- ★ Placas paralelas

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{e}$$

- ★ Cilindros coaxiales

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln\left(\frac{\phi_1}{\phi_2}\right)}$$

donde ϵ_0 y ϵ_r son la permitividad del vacío y la permitividad relativa del dieléctrico, A el área de las placas, e el espesor del dieléctrico, l la longitud de los cilindros y ϕ_1 y ϕ_2 los diámetros de los cilindros.

- ▶ Valor nominal C[F]:

En capacitores discretos se indica por código marcas o colores con valores estandarizados en la serie de $\sqrt{10}$.

- ▶ Tolerancia $\Delta C/C$ [%]:

Máxima desviación porcentual del valor nominal.

- ▶ Tensiones máximas $V_{\text{máx}}$ y $v_{\text{máx}}$ [V]

- ★ Tensión de aislación: Tensión continua admisible por el dieléctrico antes de que ocurra la ruptura (en sólidos implica la pérdida de propiedades).

- ★ Tensión alterna: Además de la corriente capacitiva i_C , la tensión alterna genera una corriente i_R en fase con ella, por las corrientes de fuga y las pérdidas por histéresis dieléctrica. El producto de i_R por v es la potencia generada.

- ▶ Corriente máxima $i_{\text{máx}}$ [A]

Es la corriente máxima relacionada con la máxima tensión alterna.

- ▶ Resistencia de aislación R [Ω]

Es la medida de la conducción del dieléctrico a una tensión y temperatura especificada.

- ▶ Coeficientes de temperatura T_1 y T_2 [ppm/°C]

Es la variación de C en función de T.

$$\Delta C = C(T_1 \Delta T + T_2 \Delta T^2) 10^6$$

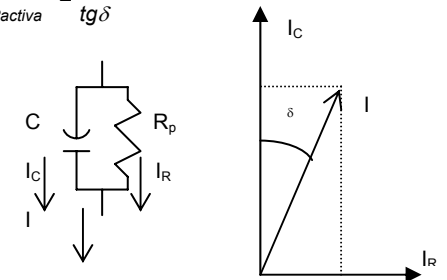
- ▶ Resistencia equivalente serie R_s [Ω]

En el modelo equivalente de un capacitor real, es la resistencia que representa la pérdida de energía.

- ▶ Factor de mérito

Es un valor que mide la pérdida de energía en el capacitor por la existencia de resistencias distribuidas, caracterizada por el desfase entre la corriente capacitiva y la corriente en la resistencia que representa la pérdida de energía.

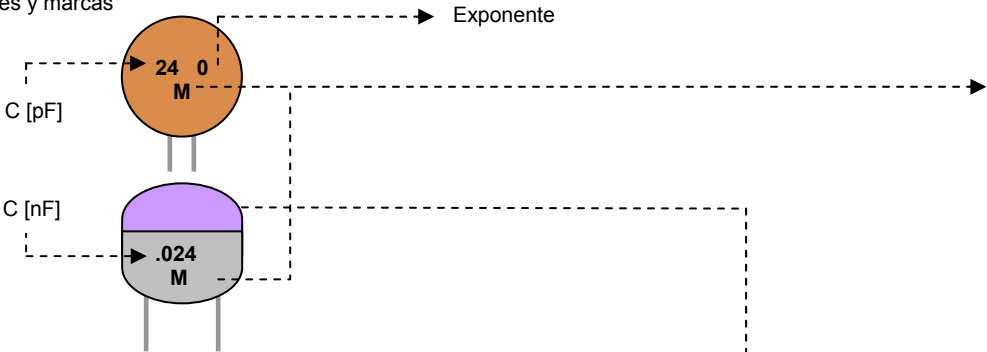
$$Q = \frac{P_{\text{reactiva}}}{P_{\text{activa}}} = \frac{1}{\tan \delta}$$



Modelo equivalente de un capacitor real

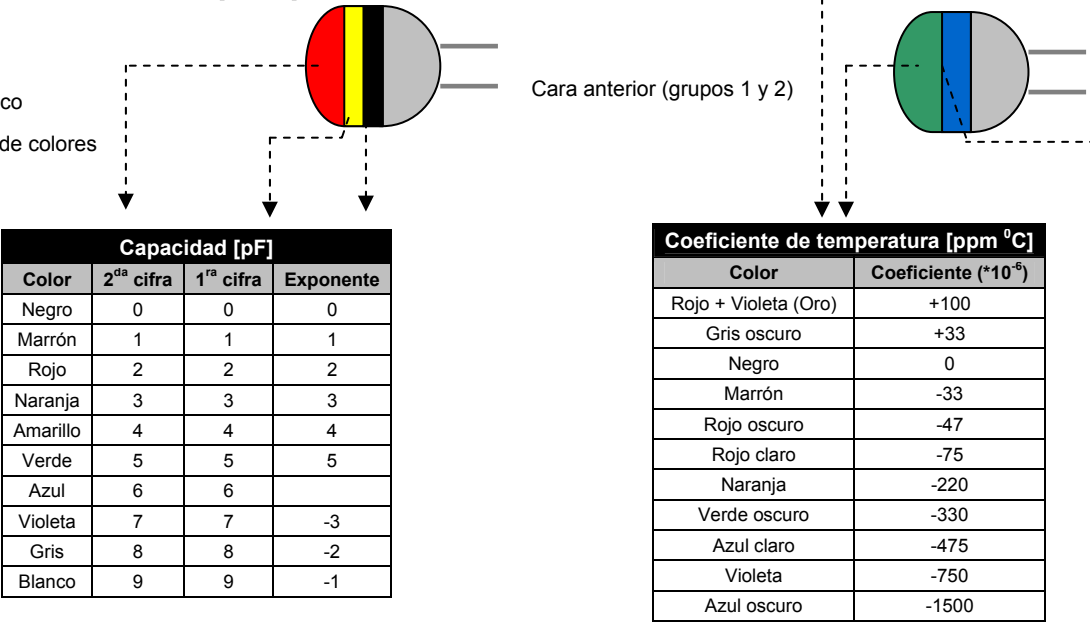
Codificación de capacitores cerámicos tipo 1 y 2

- Tipo placa y tipo disco
- ★ Código de colores y marcas



Tolerancia													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C<10pF [±pF]	0,1	0,25	0,5	1	2								
C≥10pF [±%]			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 / +100	-20 / +30	-20 / +50	-20 / +80

- Tipo disco
- ★ Código de colores



Capacidad [pF]			
Color	2 ^{da} cifra	1 ^{ra} cifra	Exponente
Negro	0	0	0
Marrón	1	1	1
Rojo	2	2	2
Naranja	3	3	3
Amarillo	4	4	4
Verde	5	5	5
Azul	6	6	
Violeta	7	7	-3
Gris	8	8	-2
Blanco	9	9	-1

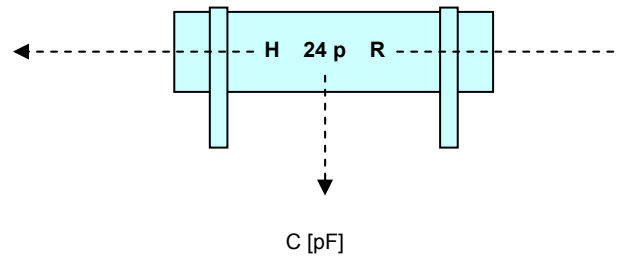
Coeficiente de temperatura [ppm °C]	
Color	Coeficiente (*10 ⁻⁶)
Rojo + Violeta (Oro)	+100
Gris oscuro	+33
Negro	0
Marrón	-33
Rojo oscuro	-47
Rojo claro	-75
Naranja	-220
Verde oscuro	-330
Azul claro	-475
Violeta	-750
Azul oscuro	-1500

Tolerancia		
Color	C<10pF [±pF]	C≥10pF [±%]
Negro	20	2
Marrón	1	0,01
Rojo	2	
Naranja	3	
Verde	5	0,1
Gris		0,25
Blanco	10	1

Codificación de capacitores cerámicos tubulares

★ Código de marcas

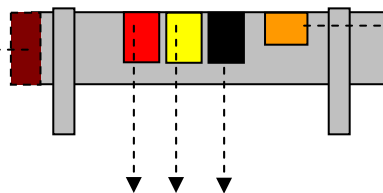
Coeficiente de temperatura [ppm °C]	
Letra	Coeficiente (*10 ⁻⁶)
A	+100
C	0
H	-33
L	-75
P	-150
R	-220
S	-330
T	-475
U	-750
W	-1500



Tolerancia													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C<10pF [±pF]	0,1	0,25	0,5	1	2								
C≥10pF [±%]			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 / +100	-20 / +30	-20 / +50	-20 / +80

★ Código de colores

Coeficiente de temperatura [ppm °C]	
Color	Coeficiente (*10 ⁻⁶)
Rojo + Violeta (Oro)	+100
Gris oscuro	+33
Negro	0
Marrón	-33
Rojo oscuro	-47
Rojo claro	-75
Naranja	-220
Verde oscuro	-330
Azul claro	-475
Violeta	-750
Azul oscuro	-1500

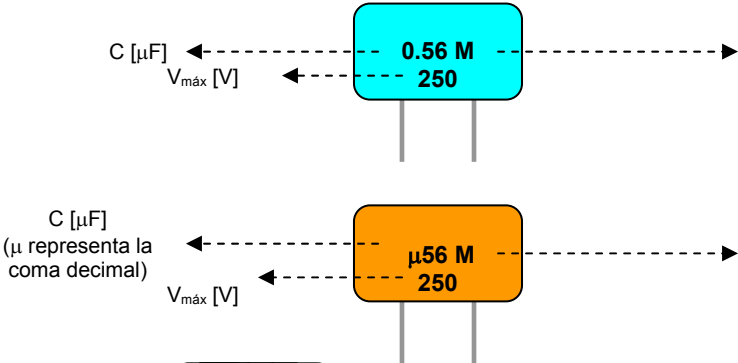


Capacidad [pF]			
Color	2 ^a cifra	1 ^{ra} cifra	Exponente
Negro	0	0	0
Marrón	1	1	1
Rojo	2	2	2
Naranja	3	3	3
Amarillo	4	4	4
Verde	5	5	5
Azul	6	6	
Violeta	7	7	-3
Gris	8	8	-2
Blanco	9	9	-1

Tolerancia		
Color	C<10pF [±pF]	C≥10pF [±%]
Negro	20	2
Marrón	1	0,01
Rojo	2	
Naranja	3	
Verde	5	0,1
Gris		0,25
Blanco	10	1

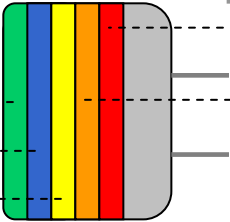
Codificación de capacitores de poliéster

★ Código de marcas



Tolerancia													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C<10pF [±pF]	0,1	0,25	0,5	1	2								
C≥10pF [±%]			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 / +100	-20 / +30	-20 / +50	-20 / +80

★ Código de colores



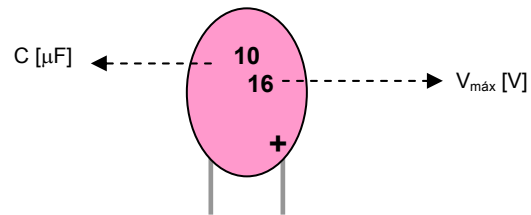
Capacidad [pF]			
Color	2 ^{da} cifra	1 ^{ra} cifra	Exponente
Negro	0	0	0
Marrón	1	1	1
Rojo	2	2	2
Naranja	3	3	3
Amarillo	4	4	4
Verde	5	5	5
Azul	6	6	
Violeta	7	7	-3
Gris	8	8	-2
Blanco	9	9	-1

Tolerancia		
Color	C<10pF [±pF]	C≥10pF [±%]
Negro	20	2
Marrón	1	0,01
Rojo	2	
Naranja	3	
Verde	5	0,1
Gris		0,25
Blanco	10	1

Tensión máxima [V]	
Color	Tensión
Rojo	250
Amarillo	400
Azul	530

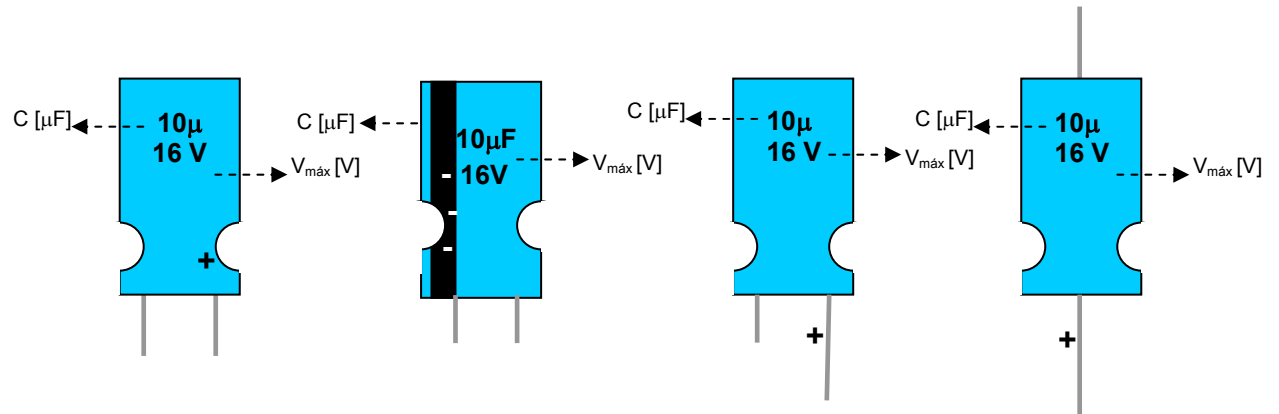
Codificación de capacitores de tantalio

★ Código de marcas



Codificación de capacitores electrolíticos

★ Código de marcas



Valores comerciales de componentes

★ Resistores y capacitores sin polaridad

10	11	12	13	15	16	18
20	22	24	27			
30	33	36	39			
43	47					
51	56					
62	68					
75						
82						
91						

★ Capacitores con polaridad

10	15	20	22	33	47	68
----	----	----	----	----	----	----

Inductores

Caracterización:

- ▶ Componente de dos terminales
- ▶ Presenta una caída de tensión en sus bornes proporcional a la derivada de la corriente que circula
- ▶ La constante de proporcionalidad se llama inductancia y su unidad de medida es el Henry [Hy]

Tipos:

- ▶ Según su proceso de fabricación
- ★ Discretos
 - Geometría
 - Núcleo de aire:
 - Toroidal
 - Cilíndrica a espiras juntas
 - Cilíndrica a espiras espaciadas
 - Cilíndricas de múltiples capas
 - Núcleo ferromagnético:
 - Toroidal
 - Cazoleta o pote
 - C
 - E
 - Núcleo mixto:
 - Cilíndricos de capa simple o múltiples capas con núcleo cilíndrico o barra

Especificaciones:

- ▶ Resistencia equivalente serie R_s [Ω]

En el modelo equivalente de un inductor real, representa la pérdida de energía por la resistencia distribuida por los conductores del bobinado.

- ▶ Capacidad paralela C_p [F]

En el modelo equivalente de un inductor real, es la capacidad parásita distribuida por la proximidad de los conductores que forman el arrollamiento.

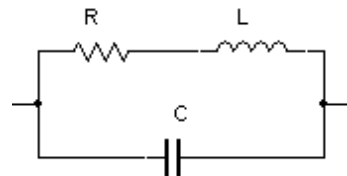
- ▶ Factor de mérito

Es un valor que mide la pérdida de energía en el inductor por la existencia de resistencias distribuidas y capacidades que se genera en las espiras. Está caracterizada por la relación entre la potencia reactiva puesta en juego y la potencia activa disipada.

$$Q = \frac{P_{\text{reactiva}}}{P_{\text{activa}}} = \frac{1}{\tan \delta}$$

El inductor resuena a una frecuencia de autorresonancia

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Modelo equivalente de un inductor real

- ▶ Pérdidas introducidas por el material magnético

Debido a las pérdidas por histéresis y por corrientes parásitas, la presencia de un material magnético en un inductor agrega una contribución adicional a las pérdidas introducidas por el conductor. Para caracterizarla, se considera un inductor ideal, sin pérdidas donde la inductancia con núcleo de aire le da una impedancia.

$$Z_0 = j\omega L_0$$

Con material magnético se tiene

$$Z = R_m + j\omega L_s$$

donde R_m representa las pérdidas del material magnético y L_s la inductancia con núcleo magnético. La razón entre Z y Z_0 es

$$\frac{Z}{Z_0} = \frac{L_s}{L_0} - j \frac{R_m}{\omega L_0} = \mu' - j\mu''$$

donde μ es la permeabilidad compleja, con parte real μ' (que da cuenta del incremento de inductancia) y parte imaginaria μ'' (que da cuenta de las pérdidas introducidas por el material magnético). Estos valores son provistos por los fabricantes en gráficas en función de la frecuencia. Por otra parte, el factor de mérito obtenible, para el caso de que el arrollamiento no tuviera resistencia y en caso de que el conductor tuviera una resistencia equivalente R_s , sería

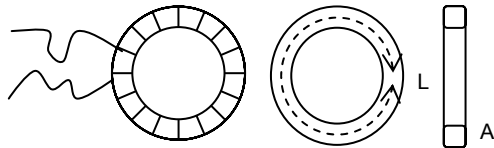
$$Q = \frac{\omega L_s}{R_m} = \frac{\mu'}{\mu''} \quad Q_{\text{real}} = \frac{\omega L_s}{R_m + R_s}$$

Inductores con núcleo de aire

Toroidal

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

donde μ_0 es la permeabilidad del vacío, A la sección transversal, l la longitud del camino magnético medio y N el número de espiras.



Cilíndricas a espiras juntas

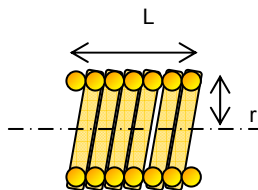
Expresión empírica de Wheeler:

$$L = \frac{10 \mu_0 \pi r^2 N^2}{9r + 10l}$$

Expresión empírica de Nagaoka:

$$L = \frac{\mu_0 \pi r^2 N^2 K}{l}$$

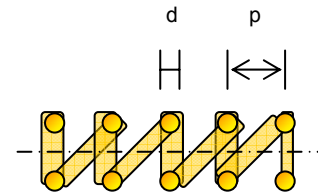
donde K es una constante tabulada y r el radio del cilindro de aire.



Cilíndrica a espiras espaciadas

$$L_0 = L - 8.10rN(A + B)$$

donde L_0 y L son las inductancias a espiras separadas y a espiras juntas respectivamente, r el radio del cilindro, A es una constante dependiente de la relación d/p con d diámetro del conductor y p el paso entre espiras, y B es una constante dependiente del número de espiras.

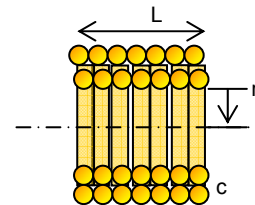


Cilíndrica de múltiples capas

Expresión empírica de Wheeler:

$$L = \frac{8 \mu_0 \pi r^2 N^2}{6r + 9l + 10c}$$

donde r es el radio medio, c la altura de la totalidad de las capas y l la longitud del bobinado.



Inductores con núcleo ferromagnético

Toroidal

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l}$$

donde μ_r es la permeabilidad del material ferromagnético, A la sección transversal, l la longitud del camino magnético medio y N el número de espiras.

Cilíndricas a espiras juntas

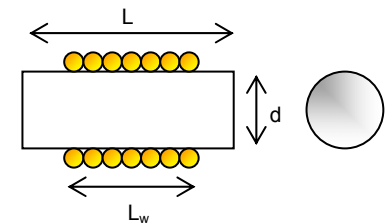
$$L = \frac{4 \pi N^2 A K_{mr}}{l}$$

donde K_{mr} es la relación entre la inducción B_a en el arrollamiento en presencia de núcleo y B_0 con núcleo de aire, A la sección transversal del núcleo, l su longitud y N el número de espiras.

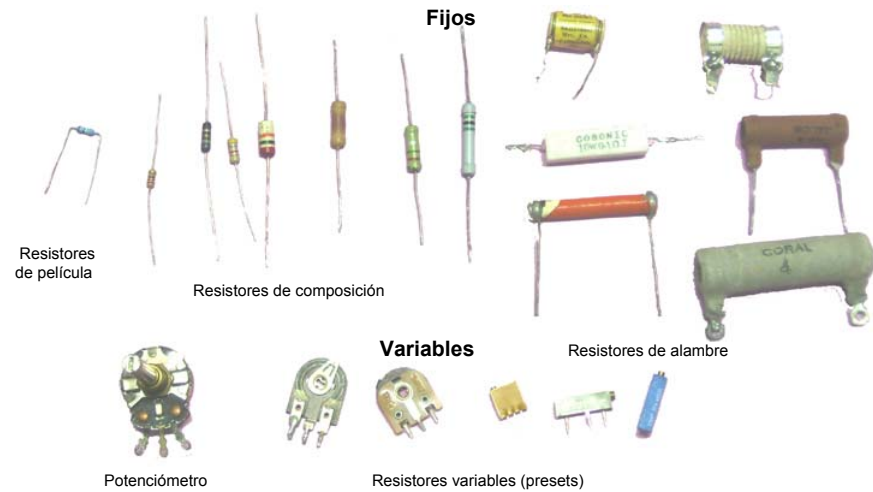
Cilíndrica a espiras espaciadas

$$L = \frac{4 \pi N^2 A K_{mr} 10^{-7} K}{l}$$

donde K es una constante tabulada en gráficos que corrige la relación entre la longitud del arrollamiento l_w la cual es menor que la longitud del núcleo l.



RESISTORES



CAPACITORES



INDUCTORES

