

# TEMA 1: Componentes Pasivos

## Componentes y Circuitos Electrónicos

### Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación



Francisco Jiménez Molinos, Carlos Sampedro Matarín

---

Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores  
Universidad de Granada



# CONTENIDOS

---

- 1 Introducción
- 2 Resistencias
- 3 Condensadores
- 4 Bobinas
- 5 Bibliografía



# Introducción

---

- En otras asignaturas se han estudiado componentes pasivos ideales
- Aquí veremos como están realizados en la práctica, cómo identificarlos y las limitaciones que poseen
- También repasaremos algunas no idealidades de estos componentes, presentando el circuito equivalente que las reproduce



# CONTENIDOS

---

1 Introducción

2 Resistencias

3 Condensadores

4 Bobinas

5 Bibliografía



# Resistencias

## Introducción

---

- Valor de la resistencia de un material:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

- $\rho \equiv$  resistividad (representa las propiedades eléctricas del material)
- $L \equiv$  longitud
- $S \equiv$  superficie
- Controlando estos tres parámetros, podemos conseguir el valor deseado de la resistencia
- A la hora de elegir una resistencia comercial, debemos fijarnos en tres características principalmente: tolerancia, potencia y deriva térmica



## Tolerancia

Error relativo máximo sobre el valor nominal de la resistencia. Se expresa en tanto por ciento

## Potencia

Es la máxima potencia que puede disipar la resistencia sin destruirse

## Deriva térmica

Al variar la temperatura de un material, se pueden modificar sus propiedades eléctricas. Se define un coeficiente de temperatura ( $\alpha$ ) que da cuenta de la dependencia de la resistencia con la temperatura:

$$R_H = R_L [1 + \alpha(T_H - T_L)]$$

Otros aspectos a tener en cuenta son: tensión máxima, estabilidad y ruido.



# Tipos de resistencias

## Clasificación



### Según la aplicación

- Uso general
- Potencia
- Precisión

### Según la constitución

- Hilo arrollado
- Carbón
- Película metálica



## Hilo arrollado (wire bound)

- Hilo metálico arrollado en torno a un soporte aislante y resistente a la temperatura
- Se varía la longitud y la sección del hilo para conseguir la resistencia y la potencia máxima adecuadas
- Baja deriva térmica
- Pueden conseguirse resistencias muy precisas (tolerancias 0.05%)
- Disponibles para aplicaciones de potencia (1/5 a 150 W)
- Problema: mala respuesta en frecuencia (aplicaciones hasta 50 KHz) debido a la inductancia parásita





## Resistencias de carbón

- Dos tipos:
  - Película de carbón depositada sobre un sustrato aislante. Se traza una espiral para ajustar el valor.
  - De composición. Cilindro de carbón mezclado con un aglomerante en el cual se embuten los terminales de conexión. La proporción entre carbón y aglomerante determina la resistividad del material.
- Mayor deriva térmica que otros tipos
- Mínima tolerancia: 2 %
- Potencia: 1/8 W a 2 W
- Efectos capacitivos en alta frecuencia (esp. los de composición)
- Baratas





## Resistencias de película metálica

- Lámina de metal sobre substrato (normalmente cilíndrico, aunque a veces plano) aislante. La resistencia se ajusta delimitando el camino resistivo
- Menor deriva térmica que las de carbón
- Buena estabilidad
- Introducen menos ruido eléctrico que las de carbón
- Se pueden conseguir bajas tolerancias (hasta 0.01 %)
- Principal inconveniente: no soportan altas tensiones ni potencias elevadas



# Valores normalizados.

## Identificación de resistencias

### Series de resistencias

- ¿Por qué usar valores normalizados? Para unificar criterios, facilitar el diseño de circuitos y la sustitución de componentes
- Hay varias series de valores normalizados. Se nombran con una E seguida del número de valores diferentes en una década: E12, E24, E96 y E192
- Los valores ( $E_n$ ) correspondientes a la serie S se calculan según la siguiente fórmula:

$$E_n(S) = 10^{\frac{n-1}{S}}$$

- El resultado se redondea por exceso. Las series E12 y E24 tiene dos dígitos significativos, mientras que las series E96 y E192 tienen tres dígitos significativos



## Valores normalizados. Identificación de resistencias

- Las tolerancias asociadas a cada serie son menores cuanto más valores tenga la serie:

Serie	Tolerancias
E6	20%
E12	10%
E24	2%, 5%
E96	1%
E192	0.1%, 0.25%, 0.5%



# Valores normalizados.

## Identificación de resistencias

### Identificación de resistencias

Existen varias formas de designar el valor de una resistencia:

#### Sistema RKM

Consiste en sustituir los puntos decimales o las comas separadoras de millar o millón por sus equivalentes: R (unidad), K (kilo) y M (mega). Este sistema se suele emplear en los esquemas de circuitos, en las inscripciones de las resistencias de hilo y en las resistencias de montaje superficial. Las tolerancias también se indican mediante letras:

Letra	F	G	J	K	M
Tolerancia	1%	2%	5%	10%	20%



# Valores normalizados. Identificación de resistencias

Ejemplos:

Valor ( $\Omega$ )	RKM
0.47	0R47 ó R47
47	47R
100	100R
4700	4K7
5360	5K36
1270000	1M27
6800 $\pm$ 2%	6K8G
12000 $\pm$ 10%	12KK

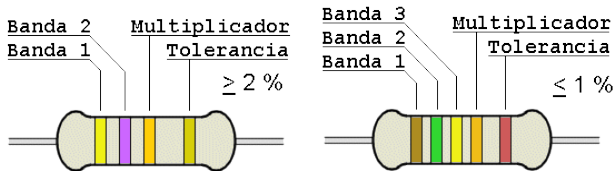


# Valores normalizados.

## Identificación de resistencias

### Código de colores

El valor de la resistencia se indica mediante unas bandas de colores, cada una correspondiente a cada uno de los dígitos. Además, hay una banda correspondiente al factor de multiplicación y una banda adicional que indica la tolerancia de la resistencia. Según el número de dígitos significativos, tendremos en total 4 ó 5 bandas de colores.





## Valores normalizados.

Color	1ª banda	2ª banda	3ª banda	Mult.	Tol.
Negro	0	0	0	1	
Marrón	1	1	1	10	1%
Rojo	2	2	2	100	2%
Naranja	3	3	3	1K	
Amarillo	4	4	4	10K	
Verde	5	5	5	100K	0.5%
Azul	6	6	6	1M	0.25%
Violeta	7	7	7	10M	0.1%
Gris	8	8	8		0.05%
Blanco	9	9	9		
Oro				0.10	5%
Plata				0.01	10%





# Valores normalizados. Identificación de resistencias

## Resistencias de montaje superficial (SMD)

Estas resistencias suelen llevar inscrito su valor en formato RKM o bien mediante tres números. Los dos primeros indican el valor, y el tercero la potencia de 10 por la que se multiplica.

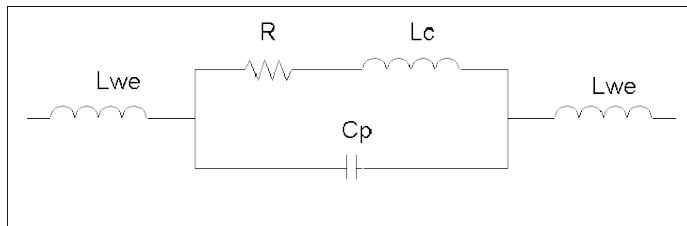


Por ejemplo, esta resistencia tiene un valor de  $1.2\text{ K}\Omega$ .



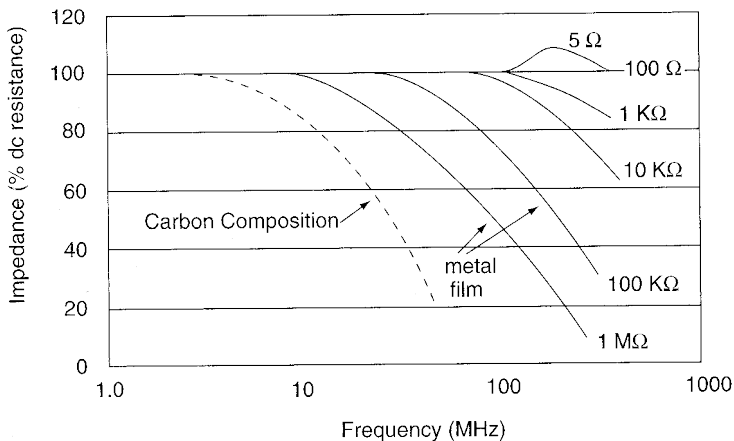
## Modelo lineal dependiente de la frecuencia

- Resistencias ideales: comportamiento independiente de la frecuencia
- Resistencias reales: se observa dependencia con la frecuencia.
  - R: resistencia
  - Lc: inductancia del arrollamiento (Valor típico para pel. metálica:  $0.035 \mu\text{H}$ )
  - Lwe: inductancia de las patillas
  - Cp: capacidad parásita (Valor típico para pel. metálica: 1 pf)





# Modelo lineal dependiente de la frecuencia





# CONTENIDOS

---

- 1 Introducción
- 2 Resistencias
- 3 Condensadores**
- 4 Bobinas
- 5 Bibliografía



# Condensadores

## Introducción

---

- Los Condensadores son elementos capaces de almacenar carga eléctrica
- La capacidad de un condensador de láminas paralelas viene dada por:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

con:

- $\epsilon$ : constante dieléctrica del material entre las placas metálicas
- $A$ : área de las placas
- $d$ : distancia entre las placas
- Variando estos parámetros podemos conseguir la capacidad deseada
- A la hora de elegir el condensador adecuado para una determinada aplicación se deben tener diferentes aspectos.



# Condensadores

## Características

---

### Tolerancia

Se define como el máximo error relativo de la capacidad respecto del valor nominal

### Polaridad

Algunos condensadores (electrolíticos) deben colocarse de forma que una de las patillas (terminal positivo) debe tener siempre tensión positiva respecto de la otra (terminal negativo)

### Tensión máxima

Es la máxima tensión que puede soportar el condensador entre sus terminales

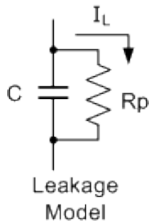


# Condensadores

## Características

### Corriente de fuga (leakage)

El dieléctrico puede no ser totalmente aislante (contener cargas libres) y tener una resistencia muy alta pero finita, de forma que circule una pequeña corriente que puede descargar el condensador. Esta magnitud se refiere a la operación en DC.





# Condensadores

## Características

---

### Pérdidas (losses)

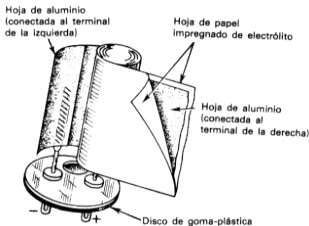
- Las pérdidas están referidas a operación en AC.
- Idealmente, el condensador no disipa potencia porque su impedancia no tiene componente real ( $V$  e  $I$  están desfasadas  $90^\circ$ ).
- En la práctica, existe un desfase ligeramente diferente de  $90^\circ$  entre  $V$  e  $I$ .
- Si llamamos  $\delta$  a esta diferencia, se denomina factor de pérdidas  $D$  a  $\tan(\delta)$ .
- Valores buenos son del orden de  $10^{-4}$  y regulares en torno a  $10^{-2}$ .





## Electrolíticos

- El dieléctrico es papel impregnado en un electrólito entre dos láminas de metal enrolladas:



- Tienen polaridad
- Capacidad  $> 0.47 \mu\text{F}$
- Alta corriente de fuga. No son buenos para almacenar carga
- $\text{Tan}(\delta)$  elevado



## Electrolíticos de tántalo (de gota)

- Emplean como dieléctrico óxido de tántalo amorfo, que tiene una  $\epsilon$  mucho mayor  $\Rightarrow$  con menor área pueden conseguirse capacidades altas
- Tienen polaridad
- Capacidad  $> 0.1 \mu\text{F}$
- Alta corriente de pérdidas
- $\text{Tan}(\delta)$  elevado



## Plástico

- Emplean diferentes plásticos como aislantes. El material concreto determina sus propiedades (estabilidad, fugas, ...). Entre los de mejores prestaciones están los de teflón y los de policarbonato.
- Los más comunes y baratos son los de poliéster. Características:
- Apariencia paralelepípedo



- Capacidades inferiores a  $1 \mu\text{F}$
- Se forman enrollando láminas de poliéster recubiertas de un depósito metálico
- Inconveniente: relativamente grandes



## Cerámicos (lenteja)

- Valores de capacidad entre 0.5 pF y 47 nF
- El dieléctrico en concreto que se use determina sus propiedades pero, en general, son intermedias entre las de los electrolíticos y los de plástico.
- Baratos





# Identificación de condensadores

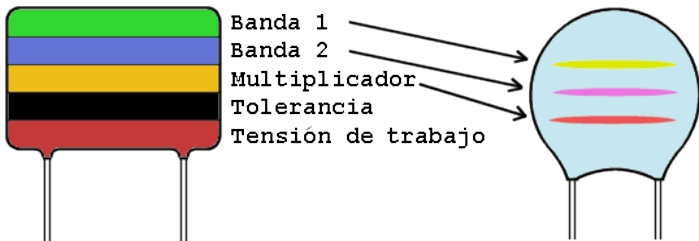
- Existen varios códigos para identificar a los condensadores de poliéster y cerámicos.
- No obstante, no todos los fabricantes se ajustan a estos códigos.
- Valores comerciales estándar:

Toler. 20%	10	15	22	33	47	68						
Toler. 10%	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
Toler. 5%	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	33
	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91		



## Identificación de condensadores

- Se imprimen bandas de colores sobre el cuerpo del condensador.
- Si aparecen tres bandas, éstas significan primera cifra, segunda cifra y multiplicador.
- Si aparecen 5 bandas, la cuarta indica la tolerancia y la quinta la tensión máxima de trabajo.
- La unidad es el picofaradio (pF,  $10^{-12}$  F)





# Identificación de condensadores

El código de los colores es:

Color	1ª banda	2ª banda	Multiplicador	Tensión (V)
Negro	0	0	1	
Marrón	1	1	10	100
Rojo	2	2	100	250
Naranja	3	3	1K	
Amarillo	4	4	10K	400
Verde	5	5	100K	
Azul	6	6	1M	630
Violeta	7	7		
Gris	8	8		
Blanco	9	9		



# Identificación de condensadores

Y para las tolerancias:

Color	Tolerancia ( $C > 10 \text{ pF}$ )	Tolerancia ( $C < 10 \text{ pF}$ )
Negro	$\pm 20\%$	$\pm 1 \text{ pF}$
Blanco	$\pm 10\%$	$\pm 1 \text{ pF}$
Verde	$\pm 5\%$	$\pm 0.5 \text{ pF}$
Rojo	$\pm 2\%$	$\pm 0.25 \text{ pF}$
Marrón	$\pm 1\%$	$\pm 0.1 \text{ pF}$





# Identificación de condensadores

## Codificación 101

Es similar a la de colores, pero se emplean números en lugar de colores. Se imprimen tres cifras, las dos primeras son las significativas y la tercera es la potencia de diez por la que se multiplica. La unidad es también el pF. Ejemplo:

$$403 = 40 \text{ nF}$$

Esta codificación se suele emplear en los condensadores de lenteja

## Codificación mediante letras

Se imprime el valor, usando como separador decimal la unidad en la que se expresa. Si se usa una coma, la unidad es el  $\mu\text{F}$ . Si aparece una letra, ésta indica la tolerancia.



# Identificación de condensadores

Código:

Letra	D	F	G	H	J
Toler.	$\pm 0.5\text{pF}$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$
Letra	K	M	P	Z	
Toler.	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$+100\%, -0\%$	$+80\%, -20\%$	

Ejemplos:

$0,068 \text{ J} = 68 \text{ nF}$  y 5% de tolerancia

$\text{n}47 = 470 \text{ pF}$

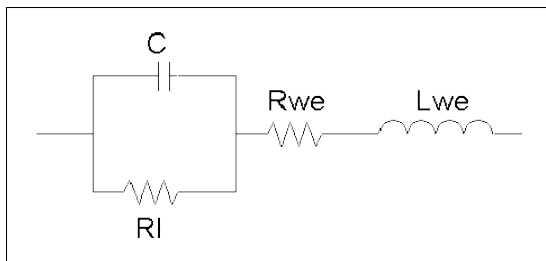
$22 \text{ J} = 22 \text{ pF}$  y 5% de tolerancia

Si aparece una cifra adicional, ésta indica la tensión máxima que soporta



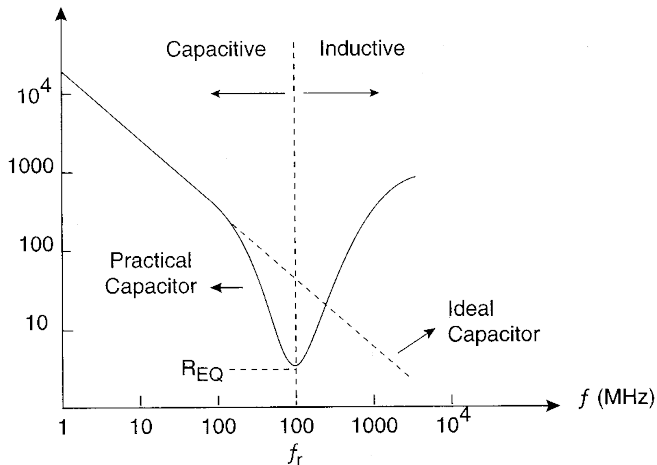
## Modelo lineal dependiente de la frecuencia

- En los condensadores reales la impedancia no es igual a  $1/j\omega C$  en todo el rango de frecuencias
- Para incluir este hecho, se emplea el modelo lineal de la figura, donde:
  - $R_l$ : resistencia de pérdidas
  - $R_{we}$ : resistencia de los conectores
  - $L_{we}$ : inductancia interna y de los conectores
- A altas frecuencias puede tener un comportamiento inductivo





# Modelo lineal dependiente de la frecuencia





## Modelo lineal dependiente de la frecuencia

Se observan diferentes rangos de frecuencia para cada tipo de condensador

Tipo	Frecuencia
Cerámico	1 GHz
Electrolítico tántalo	1 KHz
Electrolítico de gran capacidad	1 KHz
Poliéster	1 GHz

Valores típicos de  $L_{we}$  son 1.4 nH para un condensador cerámico y 120 nH para un electrolítico



# CONTENIDOS

---

1 Introducción

2 Resistencias

3 Condensadores

4 Bobinas

5 Bibliografía



# Bobinas

## Introducción

---

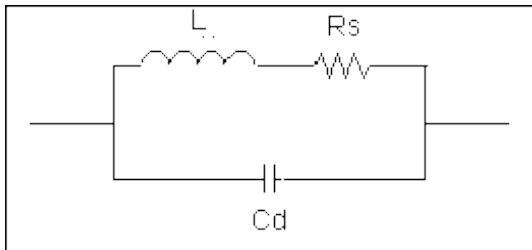
- A diferencia de resistencias y condensadores, las bobinas a menudo se fabrican por el propio diseñador o se solicitan de forma personalizada.
- La inductancia de una bobina depende del material del núcleo (permeabilidad magnética) y de la geometría del arrollamiento: radio del bobinado, número de vueltas, grosor del hilo y número de capas
- Existen varias expresiones que a partir de estos parámetros determinan la inductancia de una bobina.
- También hay disponibles bobinas axiales comerciales, con una presentación similar a la de las resistencias y con un código de colores para indicar su valor (unidad:  $\mu\text{H}$ )



# Bobinas

## Modelo dependiente de la frecuencia

- $R_s$  es la resistencia debida al hilo conductor que forma el arrollamiento
- $C_d$  es la capacidad parásita entre espiras
- Para disminuir los efectos parásitos conviene:
  - aumentar el grosor de las espiras (disminuye  $R_s$ )
  - espaciar las espiras (para disminuir  $C_d$ )
  - aumentar la permeabilidad magnética, para tener igual inductancia con menos espiras

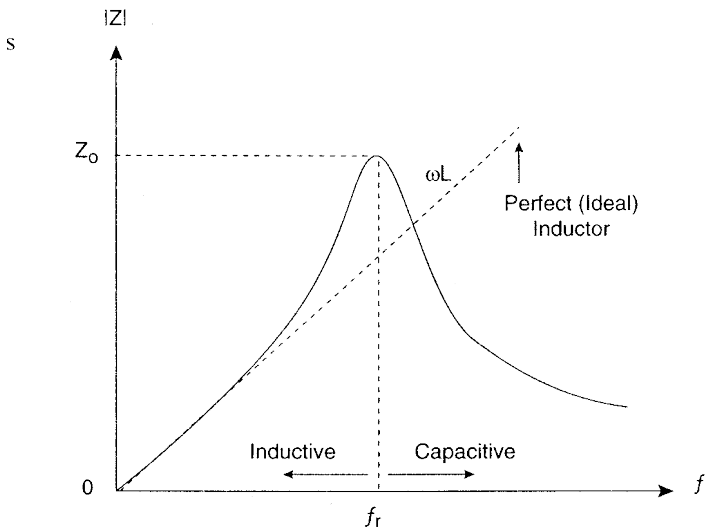






# Bobinas

## Modelo dependiente de la frecuencia





## Bibliografía

---

- Componentes Electrónicos Pasivos, J. Sangrador García y otros. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.
- Passive Electronic Component Handbook, Charles A. Harper. McGraw-Hill, 1997. La versión electrónica se puede consultar en <http://site.ebrary.com>.