

■ INTRODUCCIÓN

Nuestra especialidad, la electrónica es árida; por eso el autor prefiere hacerla algo novelada para lograr la atención del alumno. Y una novela tiene personajes que son su alma. El alma de la electrónica y su personaje más importante es el resistor, pero no es el único personaje de nuestra novela. En efecto los personajes se diferencian en activos y pasivos y dentro de los pasivos se encuentran otros personajes que seguramente Ud. debe por lo menos conocer de nombre: el capacitor, el inductor, el transformador, el potenciómetro, etc.. Entre los activos se encuentran el diodo, el transistor, la válvula (o su versión moderna los tubos de televisión y los display termoiónicos).

Nuestro estudio recién comienza, en esta entrega vamos a hablar de la personalidad de nuestro principal actor: el resistor. El resistor es el único componente electrónico que está diseñado para “según se dice” disipar energía eléctrica. El término disipar no es realmente el más adecuado, porque como ya sabemos existe un principio fundamental en la física que dice que: “la energía no se crea ni se pierde solo se transforma”. Por lo tanto el autor prefiere decir que el resistor es el único componente que transforma energía eléctrica en energía térmica.

Como sabemos que nuestros alumnos son personas curiosas que alguna vez tocaron un transformador y observaron que estaba caliente, es que no queremos dejarlos con la duda. Si, es cierto, un transformador se calienta pero calentarse no es la función para la cual fue creado. Es una característica secundaria de su funcionamiento y totalmente indeseada; un transformador de buena calidad trabaja más frío que uno de mala calidad. Por otro lado podríamos aclarar más aun el panorama y decir que el transformador se calienta porque está construido con alambre de cobre y el alambre de cobre tiene cierta resistencia que es la que transforma energía eléctrica en calor. Si el alambre se hace más grueso tiene menos resistencia y entonces se calienta menos. En el límite si el alambre pudiera hacerse de diámetro infinito no tendría resistencia y el transformador cumpliría con su función primaria sin calentarse para nada.

Por lo tanto y parafraseando un viejo dicho criollo que dice que “todo bicho que camina va a parar al asador” podríamos decir que “toda carga que camina va a parar al resistor”.

¿Y cuánto se calienta un resistor? Esta pregunta es la razón de esta unidad didáctica. Vamos a hacer un identikit explicando algunas cosas que la mayoría de los autores dejan de lado pero que yo considero como muy importantes.

Cuando Ud. termine de leer esta unidad didáctica va a saber ¿cuántos tipos de resistores existen? ¿Cómo se identifican? ¿Por qué se calientan? y ¿cómo se elige un resistor para un determinado circuito?

■ ¿POR QUÉ SE CALIENTA UN RESISTOR?

Como a una persona, a las moléculas o a los átomos que forman a nuestro resistor no les gusta que les peguen. Cuando les pegan reaccionan calentándose. ¿Y quien les pega a las moléculas? Los electrones que circulan por el resistor saltando de átomo en átomo del material que las forma. Esto significa que cuando más electrones circulan mayor calor se produce. Para hacerlo más práctico podríamos decir que la temperatura del resistor depende de la corriente eléctrica que circula por él y para ser finos podríamos explicarlo matemáticamente diciendo que $T = f(I)$ que se lee: la temperatura es función de la corriente circulante por el resistor.

$$T = f(I)$$

Igual que cuando le pegan a una persona, no todo depende de la cantidad de golpes que le pegan en un intervalo de tiempo determinado. También depende de la velocidad de los puños a la cual se aplican esos golpes. En nuestro caso depende de la velocidad a la cual se desplazan los electrones dentro del resistor y eso depende de la diferencia de potencial o tensión aplicada al resistor. Es decir que matemáticamente podríamos decir que también $T = F(V)$. Es decir que combinando las expresiones matemáticas $T = F(I, V)$.

$$T = f(v)$$

No se maree con las formulas, ellas nos deben hacer las cosas mas sencillas sino no tiene sentido aplicarlas. Todo lo que nos dice la ultima expresión es que la temperatura del resistor depende de la corriente que circula por él y de la tensión aplicada al resistor. Los electrónicos aprendemos con ejemplos. En la figura 1 se puede observar un circuito muy sencillo en donde un resistor está conectado a una fuente de alimentación pero utilizando un amperímetro y un voltímetro para medir la tensión aplicada y la corriente que circula por el resistor. También se conecta un instrumento nuevo llamado Watímetro o medidor de potencia eléctrica cuya indicación depende tanto de la tensión aplicada como de la corriente que circula.

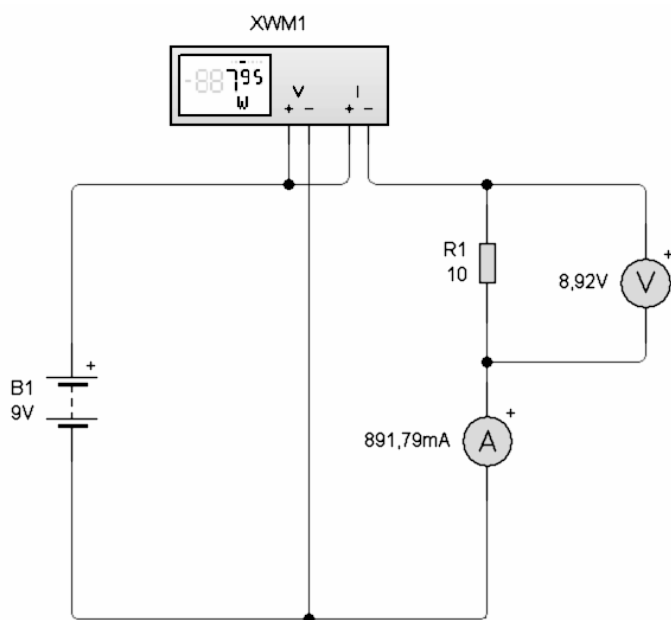


Fig.1 Medición de la potencia sobre un resistor

Primero analicemos algo extraño que no podemos dejar pasar. ¿Por qué si la fuente es de 9V al resistor solo le llegan 8,92V?. La respuesta es muy simple; porque el amperímetro tiene una resistencia interna considerable en donde se produce una caída de tensión. Esto no es un problema del laboratorio virtual sino una virtud. Los instrumentos reales también tienen resistencia interna. En el LW la resistencia interna del amperímetro no puede modificarse y es de 100 mΩ, otros laboratorios virtuales permite cambiar dicho valor. Los voltímetros también tienen una resistencia interna pero de elevado valor para que puedan ser conectados sobre la fuente sin generar elevadas corrientes. Por ejemplo en el LW un voltímetro tiene una resistencia interna de 50 MΩ.

La disposición de la figura no es la única posible para medir tensión y corriente, podría conectarse el voltímetro sobre la fuente y el amperímetro en serie con la carga. Cada una de las formas de conectar los instrumentos tienen un nombre. La primera se llama de tensión bien medida (porque se mide la tensión directamente sobre el resistor) y la segunda de corriente bien medida porque se mide correctamente la corriente circulante por el resistor.

En el mismo circuito se observa la conexión de un instrumento que posee cuatro bornes. Se trata de un vatímetro; este instrumento nos indica directamente la potencia disipada en el resistor que como podemos observar es de 7,95W.

El vatímetro no es un instrumento común. Por lo general cuando un reparador necesita conocer la potencia disipada en un resistor. Mide la corriente y la tensión y realiza el calculo de la potencia mediante la formula correspondiente que es $P = V \times I$.

$$P = V \times I$$

En nuestro caso reemplazando valores obtenemos que $8,92V \times 0,891A = 7.95W$. Como puede observar el lector, se trata de un cálculo muy sencillo que no merece poseer un instrumento especial como un vatímetro.

Ahora sabemos que potencia se desarrolla en un resistor, pero no era precisamente eso lo que buscábamos. Nosotros queremos saber cuanto se calienta un resistor. Todo lo que podemos decir hasta ahora es que el resistor se va a calentar a una temperatura que es proporcional a la potencia disipada en él. Matemáticamente $T = f(P)$.

$$T = f(P)$$

Pero esa función no es fácil de hallar porque depende de las dimensiones físicas del resistor. Como ya dijimos la función del resistor es transformar energía eléctrica en energía térmica o calor. Es decir que calienta el ambiente, el aire que lo rodea. La temperatura de su cuerpo es función de cuanto aire pueda calentar y eso es a su vez función de su superficie externa. Es decir que un resistor pequeño se va a calentar más pero va a generar menos cantidad de aire caliente. Con el tiempo el ambiente se va a calentar a la misma temperatura pero el resistor no; el resistor se calienta más y si llega a su temperatura máxima de trabajo se quema y tenemos una falla eléctrica.

En realidad al diseñador de un circuito no le interesa saber a que temperatura se calienta un resistor; lo que le interesa es saber que resistor debe colocar en una determinada parte del circuito para que no se queme. Por esa razón cuando Ud. va a comprar un resistor de por ejemplo 1K el vendedor le pregunta de que potencia? En efecto, él seguramente tiene resistores de 1K desde 0,125W hasta 50W. Los de 0,125W (1/8 de W) son muy pequeños y de carbón y los de 50W son muy grandes y de alambre.

■ RESISTORES DE CARBÓN DEPOSITADO

Un resistor de carbón depositado se fabrica depositando carbón sobre un cilindro de material cerámico. Luego se agregan casquillos metálicos con terminales de alambre sobre sus puntas y por último se cubren de una pintura epoxi y se pintan las bandas de color que indican sus características.

En realidad con este método solo se fabrican algunos valores de resistencia como por ejemplo 1Ω, 10Ω, 100Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1 MΩ y 10 MΩ que se suelen llamar cabezas de serie y que se diferencian en la cantidad de carbón depositado sobre los cilindros cerámicos (el espesor y tipo de grafito).

El resto de los valores se realizan por torneado de esos cilindros con un torno que hace un canal helicoidal en el carbón, al mismo tiempo que mide la resistencia y detiene el torneado cuando el resistor tiene el valor deseado.

En La figura 2 podemos observar una fotografía de los resistores mas comunes utilizados en la electrónica; los resistores de carbón depositado que se fabrican en varias potencias diferentes y en una amplia gama de resistencias. Como trabajo práctico le recomendamos al alumno que tome un resistor de este tipo y le saque la pintura externa para observar su construcción.



Fig.2 Resistores de carbón depositado

En la fotografía no se pueden apreciar las dimensiones de los resistores, por eso le damos una tabla de valores con todos los resistores que normalmente se fabrican y su modelo que es algo uniformado para todos los fabricantes.

Tipo	L (longitud)	D (diámetro)	H (largo terminales)	d (diámetro terminales)
R16	3,2 máx.	$1,8 \pm 0,25$	28 ± 1	0,5
R25	$6,2 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,25$	28 ± 1	0,6
R50	$6,5 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,25$	28 ± 1	0,6
R100	$15 \pm 0,5$	$6 \pm 0,4$	30 ± 3	0,8

Fig.3 Tabla de resistores de carbón depositado (dimensiones en mm)

Las especificaciones más importantes de estos resistores se pueden observar en la tabla de la fig.4.

Tipo	Potencia de disipación nominal	Tensión máx. de trabajo	Tensión máx. de sobrecarga	Rango de resistencia		Temperatura ambiente
				G=2%	J=5%	
R 16	0,16w	250v	400v	10Ω - 220kΩ	1Ω - 10MΩ	70°
R 25	0,25w	300v	600v	10Ω - 510kΩ	1Ω - 10MΩ	70°
R 50	0.50w	350v	700v	10w - 1MΩ	1Ω - 10MΩ	70°
R 100	1w	500v	1000v			70°

Valores de resistencia mayores a 4.7m la tolerancia es $\pm 10\%$

Fig.4 Tabla de características de los resistores de carbón depositado

La primera columna es la disipación del resistor que se debe entender del siguiente modo: La temperatura de un resistor depende de la potencia disipada pero no es independiente de la temperatura ambiente dentro del equipo. Por esa razón, en la columna final indica que todos los valores anteriores son para una temperatura ambiente máxima de 70°C. A esa temperatura si a un resistor modelo R16 se le hace disipar 0,16W el mismo llega a la temperatura máxima de trabajo.

Pero los resistores tienen una limitación más. Aunque no se halla llegado al valor máximo de potencia disipable por el resistor si la tensión supera un determinado valor el resistor se daña porque se perfora dieléctricamente el surco del grafito. Esa tensión se encuentra en la tercera columna que indica la tensión máxima de trabajo a la cual pueden funcionar permanentemente los resistores. En la cuarta columna hay otro valor de tensión que está indicado como "Tensión máxima de sobrecarga". Este valor indica que en forma esporádica y por corto tiempo sobre el resistor se puede aplicar una tensión mayor a la de trabajo.

Además la columna está desdoblada en otras dos con las letras G y J que indican la tolerancia de los resistores. A continuación le explicamos que se entiende como tolerancia.

TOLERANCIA DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Si yo digo que la electrónica es una ciencia muy inexacta seguramente Ud. se va a sorprender. Sin embargo es así ya que los componentes pasivos se utilizan con tolerancias del 5%. Un resistor especial de precisión puede tener una tolerancia del 2%. Se imagina si la tolerancia de una pieza mecánica común como un tornillo y una tuerca se fabricaran con una tolerancia del 5%. Seguramente no habría modo de colocar una tuerca en un tornillo que tuviera un +5% de tolerancia si la tuerca tuviera un -5% de tolerancia. Si por ejemplo el tornillo fuera de 3 mm, ese 5% implica que podría llegar a tener 3,15 mm y la tuerca tendría 2,85 mm.

La ciencia electrónica es en realidad muy exacta; ya que el diseño de los circuitos está realizado de modo tal que absorbe dichas tolerancias a pesar de usar componentes individuales muy poco exactos. Inclusive más adelante vamos a analizar componentes que tienen una tolerancia mayor. Por ejemplo de -20 +50%.

Los valores de los componentes están uniformados para todos los fabricantes en algo que se llama "serie". Por ejemplo la serie del 20% está compuesta del siguiente modo:

1 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 3,3 | 3,9 | 4,7 | 5,6 | 6,8 | 8,2 | 10

Esto significa que solo existen resistores de 1Ω 1,2Ω, 1,5Ω etc. hasta llegar a 10Ω. Luego seguirán resistores de 12Ω, 15Ω 18Ω, etc y al llegar a 100Ω la serie salta a 120Ω y así sucesivamente. Esta no es la única serie que existe. Los resistores de carbón se fabrican también según la serie del 10% y del 5% existiendo por último resistores de la serie del 1% fabricados para instrumentos de precisión.

RESISTORES ESPECIALES

Hasta ahora vimos los resistores de uso más común en electrónica. Pero estos están muy lejos de ser los únicos que se fabrican. Es muy común por ejemplo que se recurra a resistores de potencia mayor a 1W. En ese caso un resistor de carbón resultaría muy voluminoso porque el carbón solo soporta temperaturas del orden de los 250°C. Inclusive se debe considerar que están soldados con aleaciones de estaño plomo cuya temperatura de fusión es de 180°C. Si llegamos a 250 °C de temperatura sobre el casquillo del resistor es posible que este no se queme pero se desuelda. Por esa razón en muchos casos los resistores se colocan alejados de la plaqueta (por ejemplo a 10 mm de altura) de modo que no transmitan el calor directamente a la soldadura.

Por arriba de 1 W se suele recurrir a resistores de alambre o a resistores de metal depositado en donde en lugar de depositar carbón sobre un cilindro cerámico, se deposita un metal que soporta mayor temperatura. Por lo demás estos resistores se fabrican de modo similar a los de carbón y llegan hasta potencias del orden de 3 a 5 W.

Los resistores de alambre pueden tener diferentes formas de acuerdo a su potencia. Es muy difícil que un equipo moderno utilice resistores de mas de 10W porque esos significaría un diseño poco logrado y sobre todo poco ecológico, ya que si un dispositivo cualquiera irradia calor al ambiente como efecto secundario, significa que hay un consumo de energía eléctrica mayor que se debe pagar todos los meses cuando llega la cuenta de energía eléctrica.

Otros resistores especiales están contruidos, no para disipar mas potencia, sino para soportar una mayor tensión aplicada sobre ellos. En los comercios se los conoce por su nombre en Ingles "metal glazed" que no tiene una traducción precisa. Su tamaño suele ser el correspondiente al modelo R25 pero soportan una tensión de trabajo de 1KV.

■ CÓDIGO DE COLORES DE RESISTORES

Los resistores se identifican por un código de colores pintado en forma de barras sobre su cuerpo. Los de una precisión del 5% poseen cuatro bandas de colores, que comienzan sobre uno de los casquillos y terminan a mitad del cuerpo aproximadamente. Para leer un resistor, Ud. debe anotar en un papel el número equivalente a la banda mas externa, luego la siguiente y por último agregar tantos ceros como lo indique la tercer banda. La última banda tiene un color especial que indica la tolerancia. Si es dorada significa que tiene una tolerancia del 5%, si es plateada que su tolerancia es del 10% y si no tiene banda del 20%. En equipos modernos solo existen resistores con una banda dorada porque ya no se fabrican resistores del 10 o el 20%.

0	0	x 1
1	1	x 10
2	2	x 100
3	3	x 1000
4	4	x 10.000
5	5	x 500.000
6	6	x 1.000.000
7	7	x 10.000.000
8	8	10%
9	9	100%

± 1%
± 2%
± 5%
± 10%

TOLERANCIA

Fig. 5 Código de resistores

RESISTORES DE MONTAJE SUPERFICIAL

Los equipos mas modernos poseen resistores de montaje superficial que no tiene terminales o alambres de conexión. Por lo tanto solo se pueden conectar al circuito impreso por el lado de la impresión de cobre. El circuito impreso posee una extensión en donde apoya el resistor SMD que tiene forma de paralelepípedo (cubo alargado) con dos cabezas metalizas para su soldadura.

En la figura 6 se puede observar diferentes resistores SMD con su notación característica.

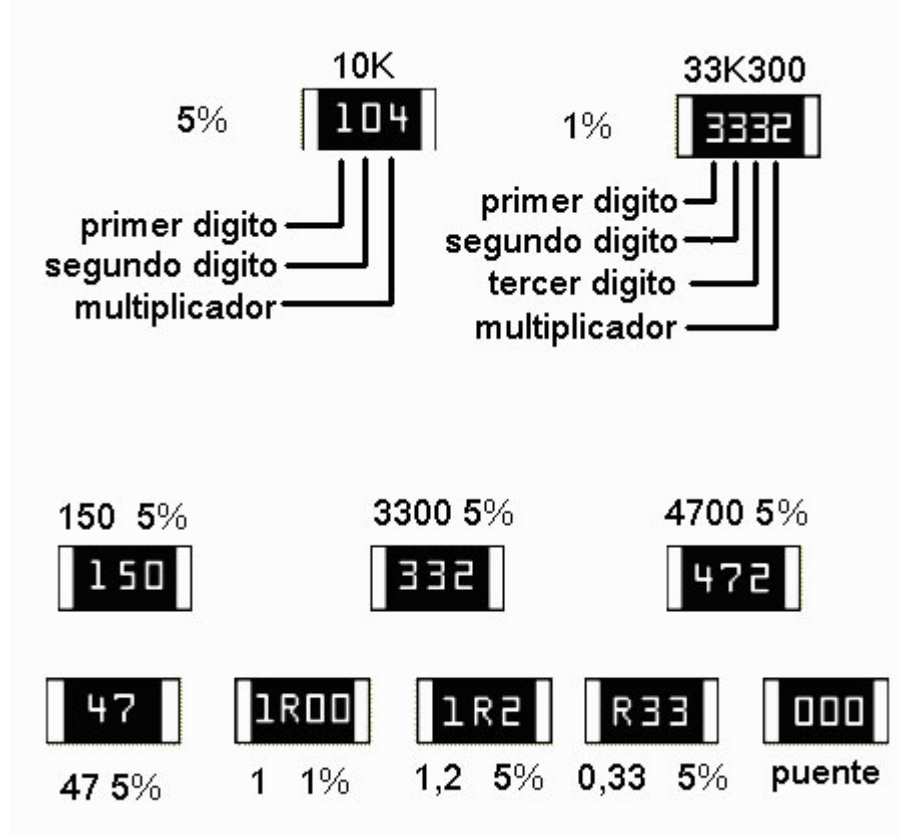


Fig.6 Marcación de los componentes SMD

Identificar el valor de un resistor SMD es más sencillo que hacerlo en un resistor convencional, ya que las bandas de colores son reemplazadas por sus equivalentes numéricos y así se estampan en la superficie del resistor, la banda indicadora de tolerancia desaparece y se la "presupone" en base al número de dígitos alfanuméricos que se indican, es decir: un número de tres dígitos nos indica con esos tres dígitos el valor del resistor, y la ausencia de otra indicación nos dice que se trata de un resistor con una tolerancia del 5%. Un número de cuatro dígitos indica con los cuatro dígitos alfanuméricos su valor y nos dice que se trata de un resistor con una tolerancia de error del 1%.

La potencia o modelo del resistor solo se puede determinar en función del tamaño del mismo. Pero los fabricantes uniformaron su criterio de modo que los resistores se individualiza por su largo y su ancho. En la fotografía de la figura 7 se pueden observar un resistor cuyas medidas reales son de 12 mm de largo por 6 de ancho y un espesor o altura de 1 mm.



Fig.7 Resistor SMD tipo 1206 de 10K

■ CONCLUSIONES

Así estudiamos a uno de los personajes mas conocidos de la electrónica: el resistor y lo hicimos con lujo de detalles para que el alumno no dude cuando deba identificarlo en un circuito.

En la próxima entrega, vamos a presentar a un personaje también muy conocido que es el capacitor y veremos que en realidad, del mismo modo que el resistor, se trata de una familia completa, porque los hay de diferentes tipos y materiales.