

# 电子元器件-电阻

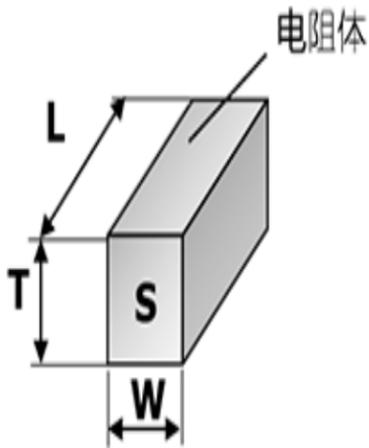
分享人：Steven Qiu

时 间：2024年7月18日

# 电阻：

1、电阻器 (Resistor) 是一个限流元件，用字母R来表示，单位为Ohm欧姆 $\Omega$ 。将电阻接在电路中后，一般电阻是两个引脚，它可限制通过它所连支路的电流大小。阻值不能改变的称为固定电阻器。阻值可变的称为电位器或可变电阻器。

2、电阻元件的电阻值大小一般与温度，材料，长度，还有横截面积有关，衡量电阻受温度影响大小的物理量是温度系数，其定义为温度每升高 $1^{\circ}\text{C}$ 时电阻值发生变化的百分数。电阻的主要物理特征是变电能热能，也可说它是一个耗能元件，电流经过它就产生内能。实际器件如灯泡，电热丝等均可表示为电阻器元件。



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

R : 电阻值( $\Omega$ )

L : 长度(cm)

W : 宽度(cm)

T : 高度/厚度(cm)

S : 截面积( $W \cdot T$ )

$\rho$  : 电阻率( $\Omega \cdot \text{cm}$ )

# 电阻：

## 3、电阻的种类

### ※固定电阻

- 碳膜电阻：由碳膜制成，广泛用于一般电路。
- 金属膜电阻：由金属膜制成，稳定性和精度较高。
- 线绕电阻：由电阻丝绕成，精度高，耐高温。

### ※可变电阻

- 电位器：通过旋转或滑动调节电阻值。
- 可调电阻：用于精细调节电路中的电阻值。

### ※特种电阻

- 热敏电阻（NTC/PTC）：电阻值随温度变化。
- 光敏电阻：电阻值随光照强度变化。

# 电阻:

## 4、电阻的公式

※欧姆定律  $U=I \cdot R$

U: 电压

I: 电流

R: 电阻

※功率公式  $P=U \cdot I$

$$P=I^2 \cdot R$$

$$P=U^2/R$$

P: 功率

※电阻串联和并联

- 串联:  $R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

- 并联:  $\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

## 电阻:

5、电阻标准由IEC(国际电工委员会)制定，标准文件为IEC60063和EN60115-2。电阻的标称阻值分为E6、E12、E24、E48、E96、E192六大系列，分别用于允许偏差为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 的电阻器。其中以E24和E96两个系列为最常用。

6、电阻值并非 $1\Omega$ 、 $2\Omega$ 、 $3\Omega$ 那样的整数，而是 $2.2\Omega$ 、 $4.7\Omega$ 那样的小数。这是因为电阻值以标准数(E系列)为准。系列的“E”是Exponent(指数)的E，后面的数字，譬如24是分割数。即E24是从1到10用等比级数(10的24次方根)分割。电阻在实际的使用中很多时候也按比或比例使用，与整数相比在大多数情况下这个标准数列化的数值更便于使用。

**E6 系列的公比为  $6\sqrt[6]{10}\approx 1.5$**

**E48系列的公比为 $48\sqrt[48]{10}\approx 1.05$**

**E12系列的公比为 $12\sqrt[12]{10}\approx 1.2$**

**E96系列的公比为 $96\sqrt[96]{10}\approx 1.02$**

**E24系列的公比为 $24\sqrt[24]{10}\approx 1.1$**

**E192系列的公比为 $192\sqrt[192]{10}\approx 1.01$**

## 电阻：

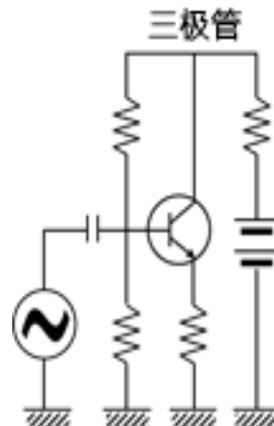
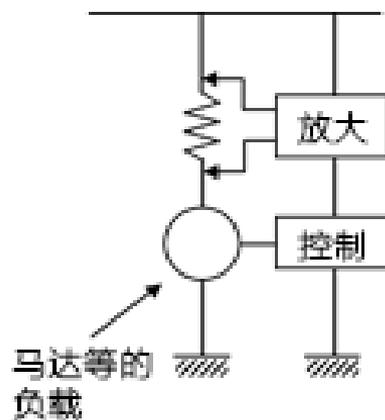
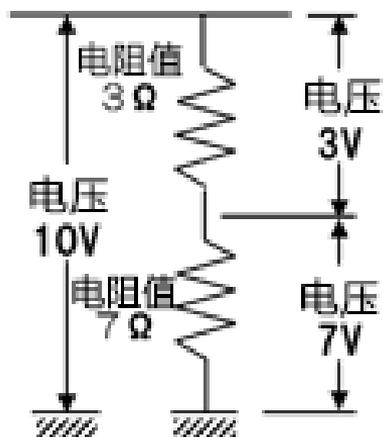
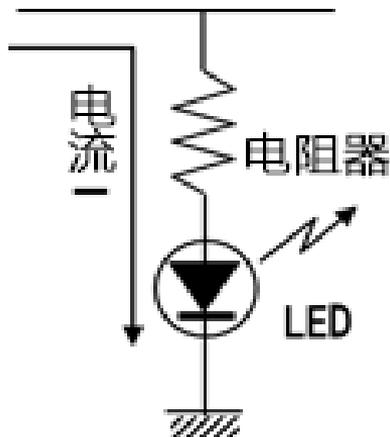
7、字母n指的是E24， E96等标准中的数值24和96， m的取值范围为0~n-1;这样， E24有24个基准值， E96有96个基准值， 这些基准值再乘以10的x次方， 就可以得到各种各样的电阻值了。

$$R = (\sqrt[n]{10})^m$$

系列	电阻值容差的大致标准	公比	电阻值(例)
E12	±10%	$^{12}\sqrt{10} \approx 1.21$	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, . . .
E24	±5%	$^{24}\sqrt{10} \approx 1.10$	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, . . .
E96	±1%	$^{96}\sqrt{10} \approx 1.02$	1.00, 1.02, 1.05, 1.07, 1.10. . . .

# 电阻:

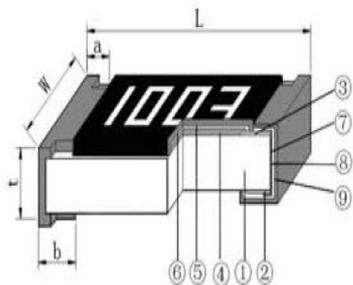
8、电阻在电路中通常起分压、分流的作用。对信号来说，交流与直流信号都可以通过电阻。电阻是具有一定阻值的被动元器件。电阻的主要作用是电流控制、分压、电流检测和偏置(提供偏压)这4项。



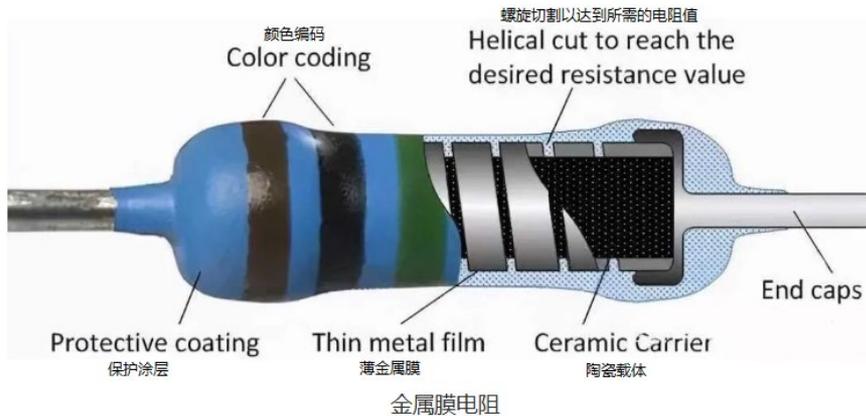
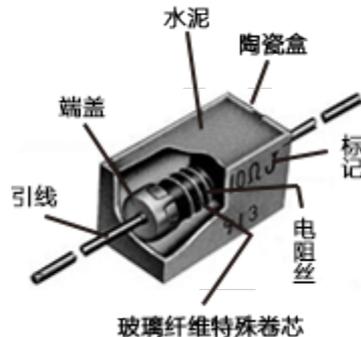
# 电阻:

## 9、电阻的结构图。

### ■ 結構 Construction



- ① 陶瓷基板 Ceramic Substrate
- ② 背電極 Bottom Electrode
- ③ 面電極 Top Electrode
- ④ 电阻體 Resistor Layer
- ⑤ 一次保護 Primary Overcoat
- ⑥ 二次保護 Secondary Overcoat
- ⑦ 端電極 Edge Electrode
- ⑧ 中間電極 Barrier Layer
- ⑨ 外部電極 External Electrode



# 电阻：

## 10、阻值标识。

### ■片状电阻的表示方法

3位数表示：第1位、第2位数字表示电阻值，第3位表示倍率中含有几个0。R指小数点。L指mΩ单位的小数点。

实例

153 :  $15 \times 1000 = 15k\Omega$

1R5 :  $1.5\Omega$

2L0 :  $2m\Omega$

4位数表示：第1位、第2位、第3位数字表示电阻值，第4位表示倍率中含有几个0。R指小数点。L指mΩ单位的小数点。

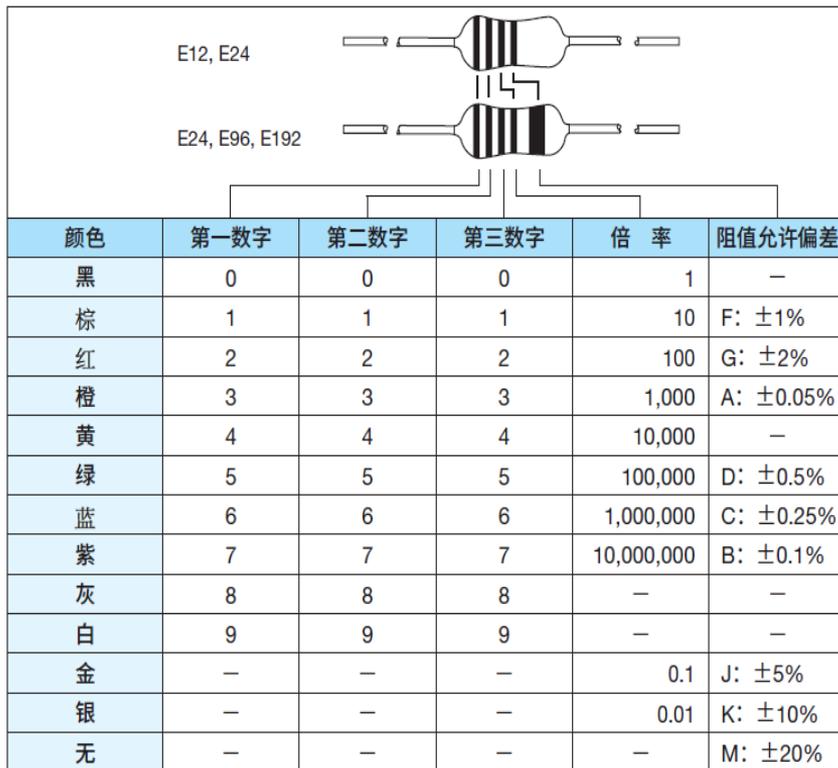
实例

1542 :  $154 \times 100 = 15.4k\Omega$

R154 :  $0.154\Omega$

2L00 :  $2m\Omega$

### ■色码电阻值和允许偏差表示



The diagram shows two types of resistors: a 3-band resistor (E12, E24) and a 4-band resistor (E24, E96, E192). The 3-band resistor has three color bands and a multiplier band. The 4-band resistor has four color bands and a multiplier band. The table below provides the color code for each band.

颜色	第一数字	第二数字	第三数字	倍率	阻值允许偏差
黑	0	0	0	1	—
棕	1	1	1	10	F: $\pm 1\%$
红	2	2	2	100	G: $\pm 2\%$
橙	3	3	3	1,000	A: $\pm 0.05\%$
黄	4	4	4	10,000	—
绿	5	5	5	100,000	D: $\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	1,000,000	C: $\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10,000,000	B: $\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	—	—
白	9	9	9	—	—
金	—	—	—	0.1	J: $\pm 5\%$
银	—	—	—	0.01	K: $\pm 10\%$
无	—	—	—	—	M: $\pm 20\%$



阻值範圍:  $\geq 1 \Omega$ 

## 电阻:

12、大于等于1欧姆规格表。

型式	額定功率	最高額定電壓	最高過負荷電壓	T. C. R (ppm/°C) 溫度係數	阻值範圍					JUMPER (0 Ω)	JUMPE (0 Ω) 阻值	
					B (±0.1%) E-96	D (±0.5%) E-96	F (±1%) E-96	G (±2%) E-24	J (±5%) E-24	額定電流	J (±5%)	F (±1%)
RTT02 (0402)	$\frac{1}{16}$ W	50V	100V	+500 -200	-----	10 Ω~99 Ω	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω	1A	50m Ω MAX	35m Ω MAX
				±200	100 Ω~1M Ω	100 Ω~1M Ω	10 Ω~1M Ω	10 Ω~1M Ω	10 Ω~20M Ω			
RTT03 (0603)	$\frac{1}{10}$ W	75V	150V	±100	100 Ω~1M Ω	100 Ω~1M Ω	33 Ω~1M Ω	-----	-----	1A	50 m Ω MAX	30m Ω MAX
				±200	-----	1 Ω~99 Ω	1 Ω~32 Ω 1.1M~10M Ω	1 Ω~10M Ω	1 Ω~20M Ω			
RTT05 (0805)	$\frac{1}{8}$ W	150V	300V	±100	100 Ω~1M Ω	100 Ω~1M Ω	33 Ω~1M Ω	-----	-----	2A	50 m Ω MAX	25m Ω MAX
				±200	-----	1 Ω~99 Ω	1 Ω~32 Ω 1.1M~10M Ω	1 Ω~10M Ω	1 Ω~20M Ω			
RTT06 (1206)	$\frac{1}{4}$ W	200V	400V	±100	100 Ω~1M Ω	100 Ω~1M Ω	33 Ω~1M Ω	-----	-----	2A	50 m Ω MAX	25m Ω MAX
				±200	-----	1 Ω~99 Ω	1 Ω~32 Ω 1.1M~10M Ω	1 Ω~10M Ω	1 Ω~20M Ω			
RTT12 (1210)	$\frac{1}{2}$ W	200V	400V	±100	100 Ω~1M Ω	100 Ω~1M Ω	33 Ω~1M Ω	-----	-----	2A	50 m Ω MAX	25m Ω MAX
				±200	-----	-----	10 Ω~32 Ω 1.1M~10M Ω	10 Ω~10M Ω	10 Ω~20M Ω			
				±400	-----	-----	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω			
RTT20 (2010)	$\frac{3}{4}$ W	200V	400V	±100	-----	-----	10 Ω~1M Ω	-----	-----	2A	50 m Ω MAX	25m Ω MAX
				±200	-----	-----	-----	10 Ω~1M Ω	10 Ω~10M Ω			
				±400	-----	-----	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω			
RTT25 (2512)	1W	200V	400V	±100	-----	-----	10 Ω~1M Ω	-----	-----	2A	50 m Ω MAX	25m Ω MAX
				±200	-----	-----	-----	10 Ω~1M Ω	10 Ω~10M Ω			
				±400	-----	-----	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω	1 Ω~9.9 Ω			
使用溫度範圍				-55°C~+155°C								

# 电阻:

## 13、小于1欧姆规格表。

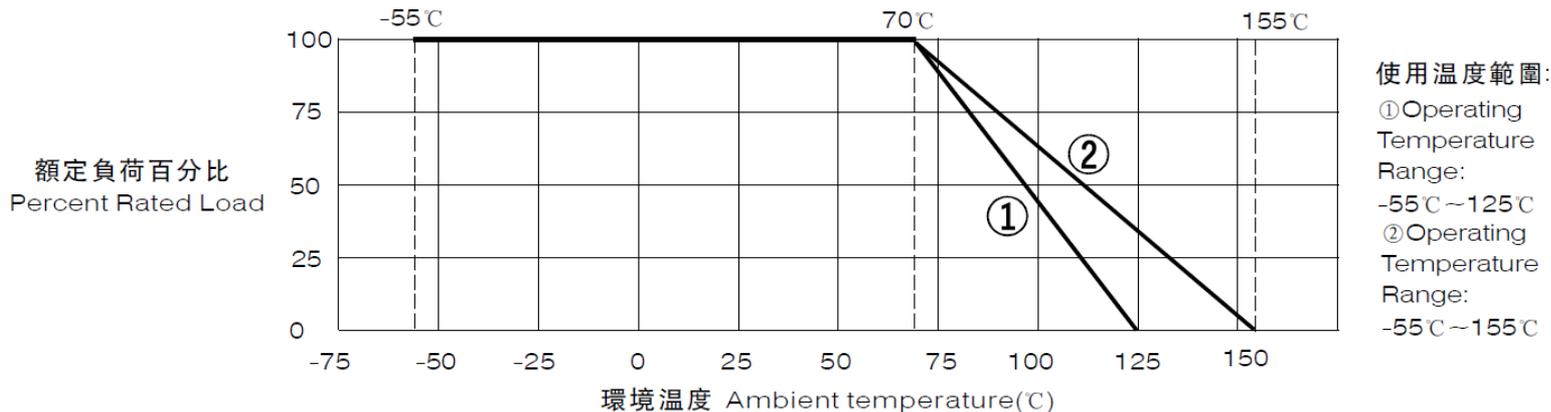
阻值範圍: <1 Ω

型式	額定功率	最高額定電流	最高過負荷電流	T. C. R (ppm/°C) 溫度係數	阻值範圍	
					F (±1%) E-96	G (±2%) J (±5%) E-24
RTT02 (0402)	$\frac{1}{16}$ W	0.79A	1.98A	±600	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
				±300	200 <sup>~</sup> 399mΩ	200 <sup>~</sup> 399mΩ
				±250	400 <sup>~</sup> 599 mΩ	400 <sup>~</sup> 599 mΩ
				±200	600 <sup>~</sup> 976mΩ	600 <sup>~</sup> 910mΩ
RTT03 (0603)	$\frac{1}{10}$ W	1.41A	3.52A	±600	50 <sup>~</sup> 99mΩ	50Ω <sup>~</sup> 99mΩ
				±300	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
				±600	200 <sup>~</sup> 499 mΩ	200 <sup>~</sup> 499 mΩ
				±400	500 <sup>~</sup> 976mΩ	500 <sup>~</sup> 910mΩ
RTT05 (0805)	$\frac{1}{8}$ W	1.94A	4.85A	±800	33 <sup>~</sup> 49mΩ	33Ω <sup>~</sup> 49mΩ
				±600	50 <sup>~</sup> 99mΩ	50Ω <sup>~</sup> 99mΩ
				±300	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
				±500	200 <sup>~</sup> 499 mΩ	200 <sup>~</sup> 499 mΩ
RTT06 (1206)	$\frac{1}{3}$ W	3.65A	9.12A	±400	500 <sup>~</sup> 976mΩ	500 <sup>~</sup> 910mΩ
				±1000	25 <sup>~</sup> 49mΩ	25Ω <sup>~</sup> 49mΩ
				±600	50 <sup>~</sup> 99mΩ	50Ω <sup>~</sup> 99mΩ
				±300	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
RTT12 (1210)	$\frac{1}{2}$ W	4.47A	11.18A	±400	200 <sup>~</sup> 499 mΩ	200 <sup>~</sup> 499 mΩ
				±700	25 <sup>~</sup> 49mΩ	25Ω <sup>~</sup> 49mΩ
				±400	50 <sup>~</sup> 99mΩ	50Ω <sup>~</sup> 99mΩ
				±200	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
RTT20 (2010)	$\frac{1}{2}$ W	4.47A	11.17A	±400	500 <sup>~</sup> 976mΩ	500 <sup>~</sup> 910mΩ
				±900	25 <sup>~</sup> 49mΩ	25Ω <sup>~</sup> 49mΩ
				±500	50 <sup>~</sup> 99mΩ	50Ω <sup>~</sup> 99mΩ
				±300	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
RTT25 (2512)	1W	6.32A	15.80A	±400	500 <sup>~</sup> 976mΩ	500 <sup>~</sup> 910mΩ
				±900	25 <sup>~</sup> 49mΩ	25Ω <sup>~</sup> 49mΩ
				±500	50 <sup>~</sup> 99mΩ	50Ω <sup>~</sup> 99mΩ
				±300	100 <sup>~</sup> 199mΩ	100 <sup>~</sup> 199mΩ
使用溫度範圍				-55°C~+155°C		

# 电阻:

## 14、降额曲线。

### • 负荷下降曲线 Derating Curve



注1: 當電阻使用的環境溫度超過70°C時, 其額定負荷(額定功率)按上述曲線下降。

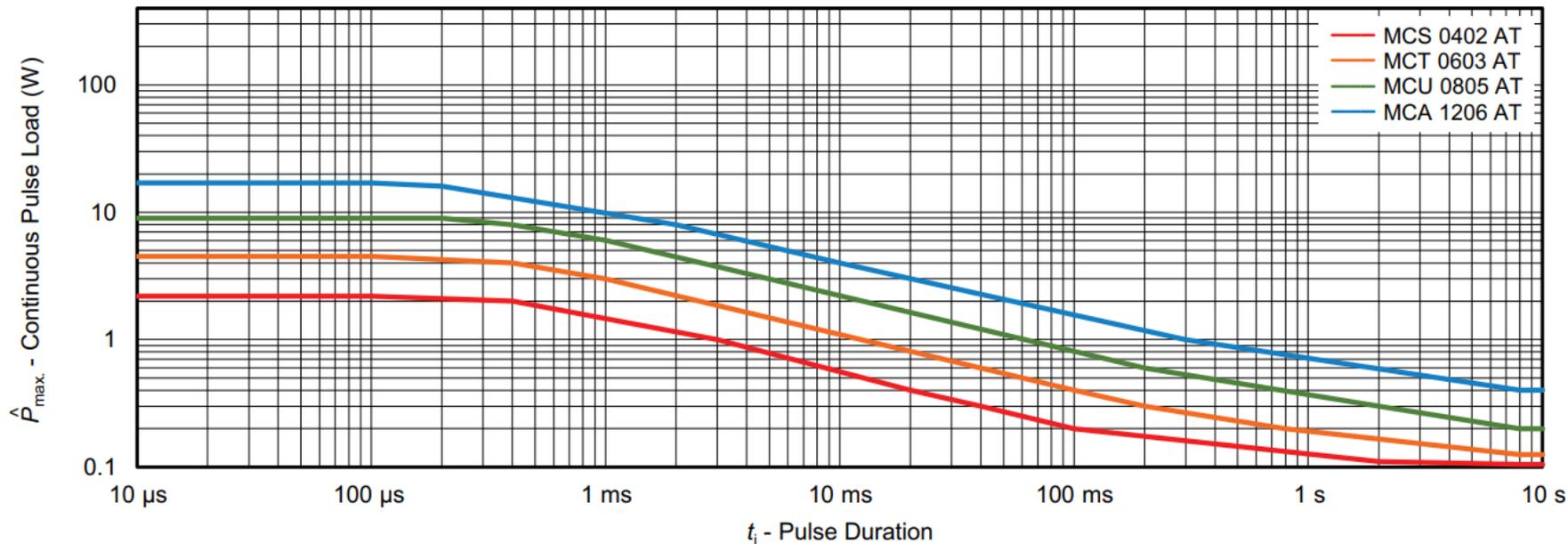
Note 1: For resistors operated in ambient over 70°C, rated load (rated power) shall be derated in accordance with the above figure.

注2: 曲線①適用於0201產品; 曲線②適用於0402、0603、0805、1206、1210、2010、2512產品。

Note 2: 0201 product be the same with curve ①; 0402、0603、0805、1206、1210、2010、2512 be the same with curve ②.

# 电阻:

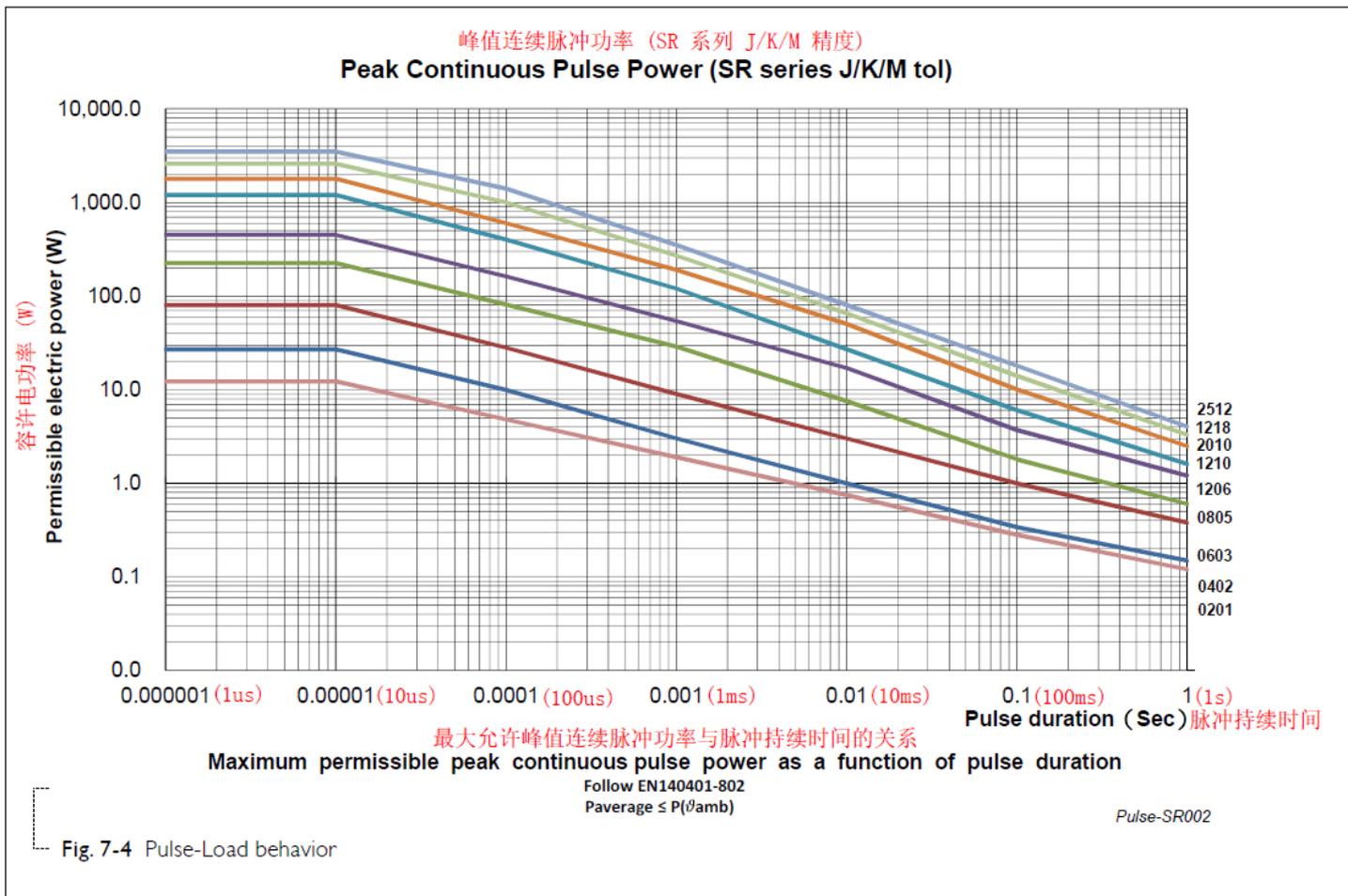
15、最大允许峰值连续脉冲功率与脉冲持续时间  
-VISHAY High Stability Thin Film Flat Chip Resistors  
威世高稳定性薄膜扁平贴片电阻器。



Maximum pulse load, continuous pulses; applicable if  $\bar{P} \leq P(\vartheta_{amb})$  and  $\hat{U} \leq \hat{U}_{max}$ ;  
for permissible resistance change equivalent to 8000 h operation in standard operation mode

# 电阻:

16、最大允许峰值连续脉冲功率与脉冲持续时间之间的关系-国巨耐浪涌厚膜贴片电阻器。



# 电阻:

## 17、E96标记规则。

Table 2 EIA-96 marking rule

| CODE VALUE |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 01         | 100        | 13         | 133        | 25         | 178        | 37         | 237        | 49         | 316        | 61         | 422        | 73         | 562        | 85         | 750        |
| 02         | 102        | 14         | 137        | 26         | 182        | 38         | 243        | 50         | 324        | 62         | 432        | 74         | 576        | 86         | 768        |
| 03         | 105        | 15         | 140        | 27         | 187        | 39         | 249        | 51         | 332        | 63         | 442        | 75         | 590        | 87         | 787        |
| 04         | 107        | 16         | 143        | 28         | 191        | 40         | 255        | 52         | 340        | 64         | 453        | 76         | 604        | 88         | 806        |
| 05         | 110        | 17         | 147        | 29         | 196        | 41         | 261        | 53         | 348        | 65         | 464        | 77         | 619        | 89         | 825        |
| 06         | 113        | 18         | 150        | 30         | 200        | 42         | 267        | 54         | 357        | 66         | 475        | 78         | 634        | 90         | 845        |
| 07         | 115        | 19         | 154        | 31         | 205        | 43         | 274        | 55         | 365        | 67         | 487        | 79         | 649        | 91         | 866        |
| 08         | 118        | 20         | 158        | 32         | 210        | 44         | 280        | 56         | 374        | 68         | 499        | 80         | 665        | 92         | 887        |
| 09         | 121        | 21         | 162        | 33         | 215        | 45         | 287        | 57         | 383        | 69         | 511        | 81         | 681        | 93         | 909        |
| 10         | 124        | 22         | 165        | 34         | 221        | 46         | 294        | 58         | 392        | 70         | 523        | 82         | 698        | 94         | 931        |
| 11         | 127        | 23         | 169        | 35         | 226        | 47         | 301        | 59         | 402        | 71         | 536        | 83         | 715        | 95         | 953        |
| 12         | 130        | 24         | 174        | 36         | 232        | 48         | 309        | 60         | 412        | 72         | 549        | 84         | 732        | 96         | 976        |

Table 2. shows the first two digits of the three-digit EIA-96 part-marking scheme.

The third character is a letter multiplier:

$X = 10^{-1}$ ,  $Y = 10^{-2}$ ,  $A = 10^0$ ,  $B = 10^1$ ,  $C = 10^2$ ,  $D = 10^3$ ,  $E = 10^4$ ,  $F = 10^5$

# 电阻:

## 18、乘数代码。

Multiplier code:

Code	A	B	C	D	E	F	G	H	X	Y	Z
Multiplier	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$

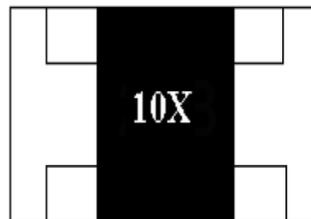
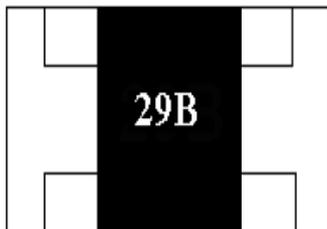
Coding formula

First two digits-----Resistance code

Third digit-----Multiplier code

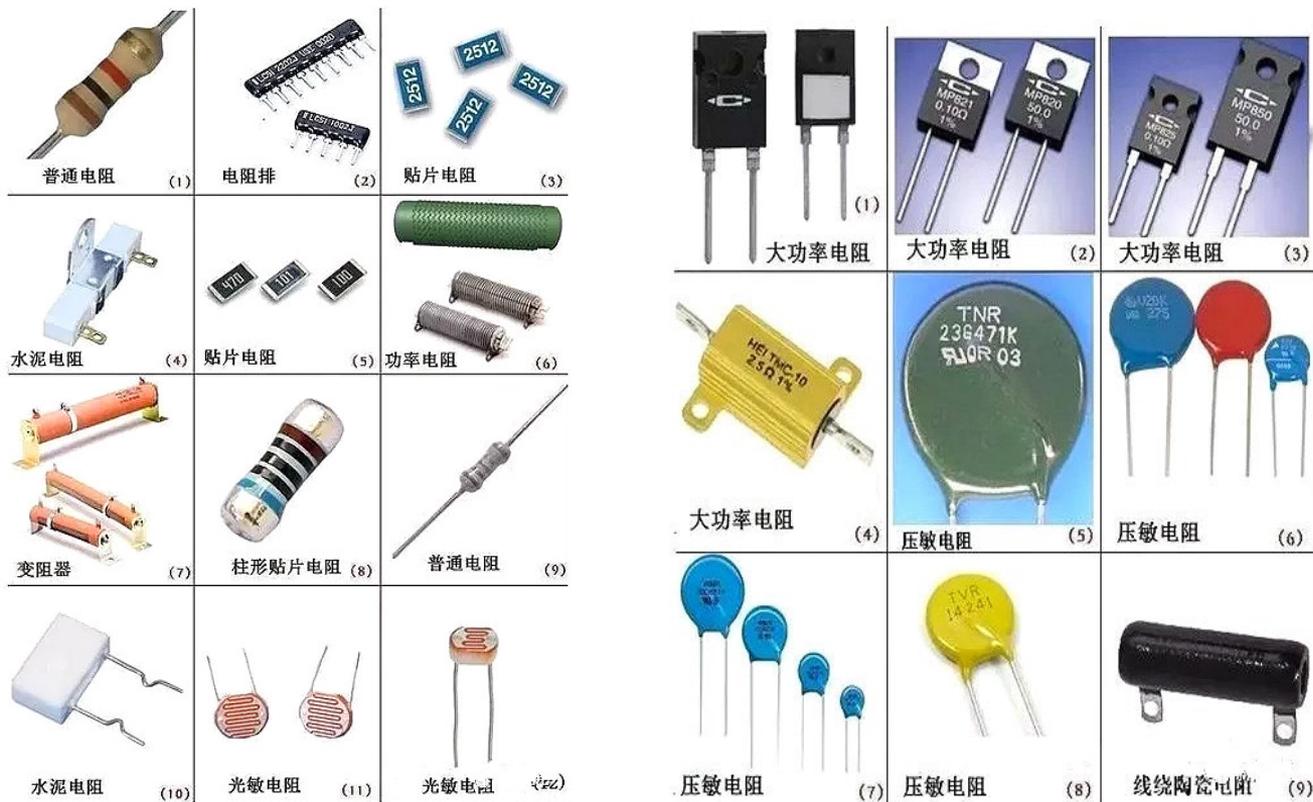
EXAMPLE:  $1.96\text{K}\Omega = 196 \times 10^1 \Omega$ -----29B

$12.4\Omega = 124 \times 10^{-1} \Omega$ -----10X



# 电阻:

## 19、电阻种类图片。



# 电阻：

20、可调电阻/微调电阻，可调电阻按照电阻值的大小、调节的范围、调节形式、制作工艺、制作材料、体积大小等等可分为许多不同的型号和类型，分为：电子元器件可调电阻，瓷盘可调电阻，贴片可调电阻，线绕可调电阻等等。



# 电阻：

21、电位器 (Potentiometer) 是具有三个引出端、阻值可按某种变化规律调节的电阻元件。电位器通常由电阻体和可移动的电刷组成。当电刷沿电阻体移动时，在输出端即获得与位移量成一定关系的电阻值或电压。

电位器既可作三端元件使用也可作二端元件使用。后者可视作一可变电阻器，由于它在电路中的作用是获得与输入电压（外加电压）成一定关系得输出电压，因此称之为电位器。

图1、2、4、6、7、8、11、12基本旋转电位器↓



THANKS

谢 谢

