

电路设计基础知识 (1—5)

【浩惠电子 <http://www.hheet.com/bbs> 版权所有】

电路设计基础知识 (1) ——电阻

导体对电流的阻碍作用称着电阻，用符号 R 表示，单位为欧姆、千欧、兆欧，分别用 Ω 、 $K\Omega$ 、 $M\Omega$ 表示。

一、电阻的型号命名方法：

国产电阻器的型号由四部分组成（不适用敏感电阻）

第一部分：主称，用字母表示，表示产品的名字。如 R 表示电阻，W 表示电位器。

第二部分：材料，用字母表示，表示电阻体用什么材料组成，T-碳膜、H-合成碳膜、S-有机实心、N-无机实心、J-金属膜、Y-氮化膜、C-沉积膜、I-玻璃釉膜、X-线绕。

第三部分：分类，一般用数字表示，个别类型用字母表示，表示产品属于什么类型。1-普通、2-普通、3-超高频、4-高阻、5-高温、6-精密、7-精密、8-高压、9-特殊、G-高功率、T-可调。

第四部分：序号，用数字表示，表示同类产品不同品种，以区分产品的外型尺寸和性能指标等

例如：R T 1 1 型普通碳膜电阻 a1}

二、电阻器的分类

1、线绕电阻器：通用线绕电阻器、精密线绕电阻器、大功率线绕电阻器、高频线绕电阻器。

2、薄膜电阻器：碳膜电阻器、合成碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、化学沉积膜电阻器、玻璃釉膜电阻器、金属氮化膜电阻器。

3、实心电阻器：无机合成实心碳质电阻器、有机合成实心碳质电阻器。

4、敏感电阻器：压敏电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器、力敏电阻器、气敏电阻器、湿敏电阻器。

三、主要特性参数

1、标称阻值：电阻器上面所标示的阻值。

2、允许误差：标称阻值与实际阻值的差值跟标称阻值之比的百分数称阻值偏差，它表示电阻器的精度。

允许误差与精度等级对应关系如下： $\pm 0.5\%$ -0.05、 $\pm 1\%$ -0.1(或 00)、 $\pm 2\%$ -0.2(或 0)、 $\pm 5\%$ -I 级、 $\pm 10\%$ -II 级、 $\pm 20\%$ -III 级

3、额定功率：在正常的大气压力 90-106.6KPa 及环境温度为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 的条件下，电阻器长期工作所允许耗散的最大功率。

线绕电阻器额定功率系列为 (W)：1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500

非线绕电阻器额定功率系列为 (W)：1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、5、10、25、

50、100

4、额定电压：由阻值和额定功率换算出的电压。

5、最高工作电压：允许的最大连续工作电压。在低气压工作时，最高工作电压较低。

6、温度系数：温度每变化 1℃所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小，电阻的稳定性越好。阻值随温度升高而增大的为正温度系数，反之为负温度系数。

7、老化系数：电阻器在额定功率长期负荷下，阻值相对变化的百分数，它是表示电阻器寿命长短的参数。

8、电压系数：在规定的电压范围内，电压每变化 1 伏，电阻器的相对变化量。

9、噪声：产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏，包括热噪声和电流噪声两部分，热噪声是由于导体内部不规则的电子自由运动，使导体任意两点的电压不规则变化。

四、电阻器阻值标示方法

1、直标法：用数字和单位符号在电阻器表面标出阻值，其允许误差直接用百分数表示，若电阻上未注偏差，则均为 $\pm 20\%$ 。

2、文字符号法：用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值，其允许偏差也用文字符号表示。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。

表示允许误差的文字符号

文字符号 D F G J K M

允许偏差 $\pm 0.5\%$ $\pm 1\%$ $\pm 2\%$ $\pm 5\%$ $\pm 10\%$ $\pm 20\%$

3、数码法：在电阻器上用三位数码表示标称值的标志方法。数码从左到右，第一、二位为有效值，第三位为指数，即零的个数，单位为欧。偏差通常采用文字符号表示。

4、色标法：用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。国外电阻大部分采用色标法。

黑-0、棕-1、红-2、橙-3、黄-4、绿-5、蓝-6、紫-7、灰-8、白-9、金- $\pm 5\%$ 、银- $\pm 10\%$ 、无色- $\pm 20\%$

当电阻为四环时，最后一环必为金色或银色，前两位为有效数字，第三位为乘方数，第四位为偏差。当电阻为五环时，最后一环与前面四环距离较大。前三位为有效数字，第四位为乘方数，第五位为偏差。

五、常用电阻器

1、电位器

电位器是一种机电元件，他靠电刷在电阻体上的滑动，取得与电刷位移成一定关系的输出电压。

1.1 合成碳膜电位器

电阻体是用经过研磨的碳黑，石墨，石英等材料涂敷于基体表面而成，该工艺简单，是目前应用最广泛的电位器。特点是分辨力高耐磨性好，寿命较长。缺点是电流噪声，非线性大，耐潮性以及阻值稳定性差。

1.2 有机实心电位器

有机实心电位器是一种新型电位器，它是用加热塑压的方法，将有机电阻粉压在绝缘体的凹槽内。有机实心电位器与碳膜电位器相比具有耐热性好、功率大、可靠性高、耐磨性好的优点。但温度系数大、动噪声大、耐潮性能差、制造工艺复杂、阻值精度较差。在小型化、高可靠、高耐磨性的电子设备以及交、直流电路中用作调节电压、电流。

1.3 金属玻璃铀电位器

用丝网印刷法按照一定图形，将金属玻璃铀电阻浆料涂覆在陶瓷基体上，经高温烧结而成。特点是：阻值范围宽，耐热性好，过载能力强，耐潮，耐磨等都很好，是很有前途的电位器品种，缺点是接触电阻和电流噪声大。

1.4 绕线电位器

绕线电位器是将康铜丝或镍铬合金丝作为电阻体，并把它绕在绝缘骨架上制成。绕线电位器特点是接触电阻小，精度高，温度系数小，其缺点是分辨力差，阻值偏低，高频特性差。主要用作分压器、变阻器、仪器中调零和工作点等。

1.5 金属膜电位器

金属膜电位器的电阻体可由合金膜、金属氧化膜、金属箔等分别组成。特点是分辨力高、耐高温、温度系数小、动噪声小、平滑性好。

1.6 导电塑料电位器

用特殊工艺将 DAP（邻苯二甲酸二稀丙脂）电阻浆料覆在绝缘机体上，加热聚合成电阻膜，或将 DAP 电阻粉热塑压在绝缘基体的凹槽内形成的实心体作为电阻体。特点是：平滑性好、分辨力优异、耐磨性好、寿命长、动噪声小、可靠性极高、耐化学腐蚀。用于宇宙装置、导弹、飞机雷达天线的伺服系统等。

1.7 带开关的电位器

有旋转式开关电位器、推拉式开关电位器、推推开关式电位器

1.8 预调式电位器

预调式电位器在电路中，一旦调试好，用蜡封住调节位置，在一般情况下不再调节。

1.9 直滑式电位器

采用直滑方式改变电阻值。

1.10 双连电位器

有异轴双连电位器和同轴双连电位器

1.11 无触点电位器

无触点电位器消除了机械接触，寿命长、可靠性高，分光电式电位器、磁敏式电位器等。

2、实芯碳质电阻器

用碳质颗粒导电物质、填料和粘合剂混合制成一个实体的电阻器。

特点：价格低廉，但其阻值误差、噪声电压都大，稳定性差，目前较少用。

3、绕线电阻器

用高阻合金线绕在绝缘骨架上制成，外面涂有耐热的釉绝缘层或绝缘漆。

绕线电阻具有较低的温度系数，阻值精度高，稳定性好，耐热耐腐蚀，主要做精密大功率电阻使用，缺点是高频性能差，时间常数大。

4、薄膜电阻器

用蒸发的方法将一定电阻率材料蒸镀于绝缘材料表面制成。主要如下：

4.1 碳膜电阻器

将结晶碳沉积在陶瓷棒骨架上制成。碳膜电阻器成本低、性能稳定、阻值范围宽、温度系数和电压系数低，是目前应用最广泛的电阻器。

4.2 金属膜电阻器。

用真空蒸发的方法将合金材料蒸镀于陶瓷棒骨架表面。

金属膜电阻比碳膜电阻的精度高，稳定性好，噪声，温度系数小。在仪器仪表及通讯设备中大量采用。

4.3 金属氧化膜电阻器

在绝缘棒上沉积一层金属氧化物。由于其本身即是氧化物，所以高温下稳定，耐热冲击，负载能力强。

4.4 合成膜电阻

将导电合成物悬浮液涂敷在基体上而得，因此也叫漆膜电阻。

由于其导电层呈现颗粒状结构，所以其噪声大，精度低，主要用他制造高压，高阻，小型电阻器。

5、金属玻璃铀电阻器

将金属粉和玻璃铀粉混合，采用丝网印刷法印在基板上。

耐潮湿，高温，温度系数小，主要应用于厚膜电路。

6、贴片电阻 SMT

片状电阻是金属玻璃铀电阻的一种形式，他的电阻体是高可靠的钉系列玻璃铀材料经过高温烧结而成，电极采用银钯合金浆料。体积小，精度高，稳定性好，由于其为片状元件，所以高频性能好。

7、敏感电阻

敏感电阻是指器件特性对温度，电压，湿度，光照，气体，磁场，压力等作用敏感的电阻器。

敏感电阻的符号是在普通电阻的符号中加一斜线，并在旁标注敏感电阻的类型，如：t. v 等。

7.1、压敏电阻

主要有碳化硅和氧化锌压敏电阻，氧化锌具有更多的优良特性。

7.2、湿敏电阻

由感湿层，电极，绝缘体组成，湿敏电阻主要包括氯化锂湿敏电阻，碳湿敏电阻，氧化物湿敏电阻。氯化锂湿敏电阻随湿度上升而电阻减小，缺点为测试范围小，特性重复性不好，受温度影响大。碳湿敏电阻缺点为低温灵敏度低，阻值受温度影响大，由老化特性，较少使用。

氧化物湿敏电阻性能较优越，可长期使用，温度影响小，阻值与湿度变化呈线性关系。有氧化锡，镍铁酸盐，等材料。

7.3、光敏电阻

光敏电阻是电导率随着光量力的变化而变化的电子元件，当某种物质受到光照时，载流子的浓度增加从而增加了电导率，这就是光电导效应。

7.4、气敏电阻

利用某些半导体吸收某种气体后发生氧化还原反应制成，主要成分是金属氧化物，主要品种有：金属氧化物气敏电阻、复合氧化物气敏电阻、陶瓷气敏电阻等。

7.5、力敏电阻

力敏电阻是一种阻值随压力变化而变化的电阻，国外称为压电电阻器。所谓压力电阻效应即半导体材料的电阻率随机械应力的变化而变化的效应。可制成各种力

矩计，半导体话筒，压力传感器等。主要品种有硅力敏电阻器，硒碲合金力敏电阻器，相对而言，合金电阻器具有更高灵敏度。

电路设计基础知识（2）——电容

电容是电子设备中大量使用的电子元件之一，广泛应用于隔直，耦合，旁路，滤波，调谐回路，能量转换，控制电路等方面。用C表示电容，电容单位有法拉(F)、微法拉(μF)、皮法拉(pF)， $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$

一、电容器的型号命名方法

国产电容器的型号一般由四部分组成（不适用于压敏、可变、真空电容器）。依次分别代表名称、材料、分类和序号。

第一部分：名称，用字母表示，电容器用C。

第二部分：材料，用字母表示。

第三部分：分类，一般用数字表示，个别用字母表示。

第四部分：序号，用数字表示。

用字母表示产品的材料：A-钽电解、B-聚苯乙烯等非极性薄膜、C-高频陶瓷、D-铝电解、E-其它材料电解、G-合金电解、H-复合介质、I-玻璃釉、J-金属化纸、L-涤纶等极性有机薄膜、N-铌电解、O-玻璃膜、Q-漆膜、T-低频陶瓷、V-云母纸、Y-云母、Z-纸介

二、电容器的分类

按照结构分三大类：固定电容器、可变电容器和微调电容器。

按电解质分类有：有机介质电容器、无机介质电容器、电解电容器和空气介质电容器等。

按用途分有：高频旁路、低频旁路、滤波、调谐、高频耦合、低频耦合、小型电容器。

高频旁路：陶瓷电容器、云母电容器、玻璃膜电容器、涤纶电容器、玻璃釉电容器。

低频旁路：纸介电容器、陶瓷电容器、铝电解电容器、涤纶电容器。

滤波：铝电解电容器、纸介电容器、复合纸介电容器、液体钽电容器。

调谐：陶瓷电容器、云母电容器、玻璃膜电容器、聚苯乙烯电容器。

高频耦合：陶瓷电容器、云母电容器、聚苯乙烯电容器。

低频耦合：纸介电容器、陶瓷电容器、铝电解电容器、涤纶电容器、固体钽电容器。

小型电容：金属化纸介电容器、陶瓷电容器、铝电解电容器、聚苯乙烯电容器、固体钽电容器、玻璃釉电容器、金属化涤纶电容器、聚丙烯电容器、云母电容器。

三、常用电容器

1、铝电解电容器

用浸有糊状电解质的吸水纸夹在两条铝箔中间卷绕而成，薄的氧化膜作介质的电容器。因为氧化膜有单向导电性质，所以电解电容器具有极性。容量大，能耐受大的脉动电流容量误差大，泄漏电流大；普通的不适于在高频和低温下应用，不

宜使用在 25kHz 以上频率低频旁路、信号耦合、电源滤波

2、钽电解电容器

用烧结的钽块作正极, 电解质使用固体二氧化锰温度特性、频率特性和可靠性均优于普通电解电容器, 特别是漏电流极小, 贮存性良好, 寿命长, 容量误差小, 而且体积小, 单位体积下能得到最大的电容电压乘积对脉动电流的耐受能力差, 若损坏易呈短路状态超小型高可靠机件中

3、薄膜电容器

结构与纸质电容器相似, 但用聚脂、聚苯乙烯等低损耗塑材作介质频率特性好, 介电损耗小不能做成大的容量, 耐热能力差滤波器、积分、振荡、定时电路

4、瓷介电容器

穿心式或支柱式结构瓷介电容器, 它的一个电极就是安装螺丝。引线电感极小, 频率特性好, 介电损耗小, 有温度补偿作用不能做成大的容量, 受振动会引起容量变化特别适于高频旁路

5、独石电容器

(多层陶瓷电容器)在若干片陶瓷薄膜坯上被覆以电极浆材料, 叠合后一次绕结成一块不可分割的整体, 外面再用树脂包封而成小体积、大容量、高可靠和 耐高温的新型电容器, 高介电常数的低频独石电容器也具有稳定的性能, 体积极小, Q 值高容量误差较大噪声旁路、滤波器、积分、振荡电路

6、纸质电容器

一般是用两条铝箔作为电极, 中间以厚度为 0.008~0.012mm 的电容器纸隔开重叠卷绕而成。制造工艺简单, 价格便宜, 能得到较大的电容量

一般在低频电路内, 通常不能在高于 3~4MHz 的频率上运用。油浸电容器的耐压比普通纸质电容器高, 稳定性也好, 适用于高压电路

7、微调电容器

电容量可在某一小范围内调整, 并可在调整后固定于某个电容值。

瓷介微调电容器的 Q 值高, 体积也小, 通常可分为圆管式及圆片式两种。

8、云母和聚苯乙烯介质的通常都采用弹簧式, 结构简单, 但稳定性较差。

线绕瓷介微调电容器是拆铜丝 (外电极) 来变动电容量的, 故容量只能变小, 不适合在需反复调试的场合使用

9、陶瓷电容器

用高介电常数的电容器陶瓷 (钛酸钡-氧化钛) 挤压成圆管、圆片或圆盘作为介质, 并用烧渗法将银镀在陶瓷上作为电极制成。它又分高频瓷介和低频瓷介两种。具有小的正电容温度系数的电容器, 用于高稳定振荡回路中, 作为回路电容器及垫整电容器。低频瓷介电容器限于在工作频率较低的回路中作旁路或隔直流用, 或对稳定性和损耗要求不高的场合 (包括高频在内)。这种电容器不宜使用在脉冲电路中, 因为它们易于被脉冲电压击穿。高频瓷介电容器适用于高频电路

云母电容器就结构而言, 可分为箔片式及被银式。被银式电极为直接在云母片上用真空蒸发法或烧渗法镀上银层而成, 由于消除了空气间隙, 温度系数大为下降, 电容稳定性也比箔片式高。频率特性好, Q 值高, 温度系数小不能做成大的容量广泛应用在高频电器中, 并可用作标准电容器

10、玻璃釉电容器由一种浓度适于喷涂的特殊混合物喷涂成薄膜而成, 介质再以银层电极经烧结而成“独石”结构性能可与云母电容器媲美, 能耐受各种气候环境, 一般可在 200℃或更高温度下工作, 额定工作电压可达 500V, 损耗

$\text{tg } \delta$ 0.0005~0.008

四、电容器主要特性参数:

1、标称电容量和允许偏差

标称电容量是标志在电容器上的电容量。

电容器实际电容量与标称电容量的偏差称误差，在允许的偏差范围称精度。

精度等级与允许误差对应关系: 00(01)- $\pm 1\%$ 、0(02)- $\pm 2\%$ 、I- $\pm 5\%$ 、II- $\pm 10\%$ 、III- $\pm 20\%$ 、IV- (+20%-10%)、V- (+50%-20%)、VI- (+50%-30%)

一般电容器常用 I、II、III级，电解电容器用IV、V、VI级，根据用途选取。

2、额定电压

在最低环境温度和额定环境温度下可连续加在电容器的最高直流电压有效值，一般直接标注在电容器外壳上，如果工作电压超过电容器的耐压，电容器击穿，造成不可修复的永久损坏。

3、绝缘电阻

直流电压加在电容上，并产生漏电电流，两者之比称为绝缘电阻。

当电容较小时，主要取决于电容的表面状态，容量 $> 0.1\mu\text{f}$ 时，主要取决于介质的性能，绝缘电阻越小越好。

电容的时间常数: 为恰当的评价大容量电容的绝缘情况而引入了时间常数，他等于电容的绝缘电阻与容量的乘积。

4、损耗

电容在电场作用下，在单位时间内因发热所消耗的能量叫做损耗。各类电容都规定了其在某频率范围内的损耗允许值，电容的损耗主要由介质损耗，电导损耗和电容所有金属部分的电阻所引起的。

在直流电场的作用下，电容器的损耗以漏导损耗的形式存在，一般较小，在交变电场的作用下，电容的损耗不仅与漏导有关，而且与周期性的极化建立过程有关。

5、频率特性

随着频率的上升，一般电容器的电容量呈现下降的规律。

五、电容器容量标示

1、直标法

用数字和单位符号直接标出。如 $01\mu\text{F}$ 表示 0.01 微法，有些电容用“R”表示小数点，如 R56 表示 0.56 微法。

2、文字符号法

用数字和文字符号有规律的组合来表示容量。如 p10 表示 0.1pF, 1p0 表示 1pF, 6P8 表示 6.8pF, 2u2 表示 2.2uF。

3、色标法

用色环或色点表示电容器的主要参数。电容器的色标法与电阻相同。

电容器偏差标志符号: +100%-0--H、+100%-10%--R、+50%-10%--T、+30%-10%--Q、+50%-20%--S、+80%-20%--Z。

电路设计基础知识(3)——电感线圈

电感线圈是由导线一圈靠一圈地绕在绝缘管上,导线彼此互相绝缘,而绝缘管可以是空心的,也可以包含铁芯或磁粉芯,简称电感。用L表示,单位有亨利(H)、毫亨利(mH)、微亨利(uH), $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\text{uH}$ 。

一、电感的分类

按 电感形式 分类:固定电感、可变电感。

按导磁体性质分类:空芯线圈、铁氧体线圈、铁芯线圈、铜芯线圈。

按 工作性质 分类:天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈、偏转线圈。

按 绕线结构 分类:单层线圈、多层线圈、蜂房式线圈。

二、电感线圈的主要特性参数

1、电感量L

电感量L表示线圈本身固有特性,与电流大小无关。除专门的电感线圈(色码电感)外,电感量一般不专门标注在线圈上,而以特定的名称标注。

2、感抗XL

电感线圈对交流电流阻碍作用的大小称感抗XL,单位是欧姆。它与电感量L和交流电频率f的关系为 $X_L=2\pi fL$

3、品质因素Q

品质因素Q是表示线圈质量的一个物理量,Q为感抗XL与其等效的电阻的比值,即: $Q=X_L/R$

线圈的Q值愈高,回路的损耗愈小。线圈的Q值与导线的直流电阻,骨架的介质损耗,屏蔽罩或铁芯引起的损耗,高频趋肤效应的影响等因素有关。线圈的Q值通常为几十到几百。

4、分布电容

线圈的匝与匝间、线圈与屏蔽罩间、线圈与底版间存在的电容被称为分布电容。分布电容的存在使线圈的Q值减小,稳定性变差,因而线圈的分布电容越小越好。

三、常用线圈

1、单层线圈

单层线圈是用绝缘导线一圈挨一圈地绕在纸筒或胶木骨架上。如晶体管收音机中波天线线圈。

2、蜂房式线圈

如果所绕制的线圈,其平面不与旋转面平行,而是相交成一定的角度,这种线圈称为蜂房式线圈。而其旋转一周,导线来回弯折的次数,常称为折点数。蜂房式绕法的优点是体积小,分布电容小,而且电感量大。蜂房式线圈都是利用蜂房绕线机来绕制,折点越多,分布电容越小

3、铁氧体磁芯和铁粉芯线圈

线圈的电感量大小与有无磁芯有关。在空芯线圈中插入铁氧体磁芯,可增加电感量和提高线圈的品质因素。

4、铜芯线圈

铜芯线圈在超短波范围应用较多,利用旋动铜芯在线圈中的位置来改变电感量,这种调整比较方便、耐用。

5、色码电感器

色码电感器是具有固定电感量的电感器,其电感量标志方法同电阻一样以色环来

标记。

6、阻流圈（扼流圈）

限制交流电通过的线圈称阻流圈，分高频阻流圈和低频阻流圈。

7、偏转线圈

偏转线圈是电视机扫描电路输出级的负载，偏转线圈要求：偏转灵敏度高、磁场均匀、Q值高、体积小、价格低。

变压器

变压器是变换交流电压、电流和阻抗的器件，当初级线圈中通有交流电流时，铁芯（或磁芯）中便产生交流磁通，使次级线圈中感应出电压（或电流）。变压器由铁芯（或磁芯）和线圈组成，线圈有两个或两个以上的绕组，其中接电源的绕组叫初级线圈，其余的绕组叫次级线圈。

一、分类

按冷却方式分类：干式（自冷）变压器、油浸（自冷）变压器、氟化物（蒸发冷却）变压器。

按防潮方式分类：开放式变压器、灌封式变压器、密封式变压器。

按铁芯或线圈结构分类：芯式变压器（插片铁芯、C型铁芯、铁氧体铁芯）、壳式变压器（插片铁芯、C型铁芯、铁氧体铁芯）、环型变压器、金属箔变压器。

按电源相数分类：单相变压器、三相变压器、多相变压器。

按用途分类：电源变压器、调压变压器、音频变压器、中频变压器、高频变压器、脉冲变压器。

二、电源变压器的特性参数

1 工作频率

变压器铁芯损耗与频率关系很大，故应根据使用频率来设计和使用，这种频率称工作频率。

2 额定功率

在规定的频率和电压下，变压器能长期工作，而不超过规定温升的输出功率。

3 额定电压

指在变压器的线圈上所允许施加的电压，工作时不得大于规定值。

4 电压比

指变压器初级电压和次级电压的比值，有空载电压比和负载电压比的区别。

5 空载电流

变压器次级开路时，初级仍有一定的电流，这部分电流称为空载电流。空载电流由磁化电流（产生磁通）和铁损电流（由铁芯损耗引起）组成。对于50Hz电源变压器而言，空载电流基本上等于磁化电流。

6 空载损耗：指变压器次级开路时，在初级测得功率损耗。主要损耗是铁芯损耗，其次是空载电流在初级线圈铜阻上产生的损耗（铜损），这部分损耗很小。

7 效率

指次级功率 P_2 与初级功率 P_1 比值的百分比。通常变压器的额定功率愈大，效率就愈高。

8 绝缘电阻

表示变压器各线圈之间、各线圈与铁芯之间的绝缘性能。绝缘电阻的高低与所使用的绝缘材料的性能、温度高低和潮湿程度有关。

三、音频变压器和高压变压器特性参数

1 频率响应

指变压器次级输出电压随工作频率变化的特性。

2 通频带

如果变压器在中间频率的输出电压为 U_0 ，当输出电压（输入电压保持不变）下降到 $0.707U_0$ 时的频率范围，称为变压器的通频带 B。

3 初、次级阻抗比

变压器初、次级接入适当的阻抗 R_o 和 R_i ，使变压器初、次级阻抗匹配，则 R_o 和 R_i 的比值称为初、次级阻抗比。在阻抗匹配的情况下，变压器工作在最佳状态，传输效率最高。

电路设计基础知识（4）——半导体器件

一、中国半导体器件型号命名方法

半导体器件型号由五部分（场效应器件、半导体特殊器件、复合管、PIN 型管、激光器件的型号命名只有第三、四、五部分）组成。五个部分意义如下：

第一部分：用数字表示半导体器件有效电极数目。2-二极管、3-三极管

第二部分：用汉语拼音字母表示半导体器件的材料和极性。表示二极管时：A-N 型锗材料、B-P 型锗材料、C-N 型硅材料、D-P 型硅材料。表示三极管时：A-PNP 型锗材料、B-NPN 型锗材料、C-PNP 型硅材料、D-NPN 型硅材料。

第三部分：用汉语拼音字母表示半导体器件的内型。P-普通管、V-微波管、W-稳压管、C-参量管、Z-整流管、L-整流堆、S-隧道管、N-阻 尼管、U-光电器件、K-开关管、X-低频小功率管 ($f < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)、G-高频小功率管 ($f > 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)、D-低频大功率管 ($f < 3\text{MHz}$, $P_c > 1\text{W}$)、A-高频大功率管 ($f > 3\text{MHz}$, $P_c > 1\text{W}$)、T-半导体晶闸管（可控整流器）、Y-体效应器件、B-雪崩管、J-阶跃恢复管、CS-场效应管、BT-半导体特殊器件、FH-复合管、PIN-PIN 型管、JG-激光器件。

第四部分：用数字表示序号

第五部分：用汉语拼音字母表示规格号

例如：3DG18 表示 NPN 型硅材料高频三极管

日本半导体分立器件型号命名方法

二、日本生产的半导体分立器件，由五至七部分组成。通常只用到前五个部分，其各部分的符号意义如下：

第一部分：用数字表示器件有效电极数目或类型。0-光电（即光敏）二极管三极管及上述器件的组合管、1-二极管、2 三极或具有两个 pn 结的其他器件、3-具有四个有效电极或具有三个 pn 结的其他器件、-----依此类推。

第二部分：日本电子工业协会 JEIA 注册标志。S-表示已在日本电子工业协会 JEIA 注册登记的半导体分立器件。

第三部分：用字母表示器件使用材料极性和类型。A-PNP 型高频管、B-PNP 型低频管、C-NPN 型高频管、D-NPN 型低频管、F-P 控制极可控硅、G-N 控制极可控硅、H-N 基极单结晶体管、J-P 沟道场效应管、K-N 沟道场效应管、M-双向可控硅。

第四部分：用数字表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号。两位以上的整数-从“11”开始，表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号；不同公司的性能相同的器件可以使用同一顺序号；数字越大，越是近期产品。

第五部分：用字母表示同一型号的改进型产品标志。A、B、C、D、E、F 表示这一器件是原型号产品的改进产品。

美国半导体分立器件型号命名方法

三、美国晶体管或其他半导体器件的命名法较混乱。美国电子工业协会半导体分立器件命名方法如下：

第一部分：用符号表示器件用途的类型。JAN-军级、JANTX-特军级、JANTXV-超特军级、JANS-宇航级、（无）-非军用品。

第二部分：用数字表示 pn 结数目。1-二极管、2-三极管、3-三个 pn 结器件、n-n 个 pn 结器件。

第三部分：美国电子工业协会（EIA）注册标志。N-该器件已在美国电子工业协会（EIA）注册登记。

第四部分：美国电子工业协会登记顺序号。多位数字-该器件在美国电子工业协会登记的顺序号。

第五部分：用字母表示器件分档。A、B、C、D、-----同一型号器件的不同档别。如：JAN2N3251A 表示 PNP 硅高频小功率开关三极管，JAN-军级、2-三极管、N-EIA 注册标志、3251-EIA 登记顺序号、A-2N3251A 档。

四、国际电子联合会半导体器件型号命名方法

德国、法国、意大利、荷兰、比利时等欧洲国家以及匈牙利、罗马尼亚、南斯拉夫、波兰等东欧国家，大都采用国际电子联合会半导体分立器件型号命名方法。这种命名方法由四个基本部分组成，各部分的符号及意义如下：

第一部分：用字母表示器件使用的材料。A-器件使用材料的禁带宽度

$E_g=0.6\sim 1.0\text{eV}$ 如锗、B-器件使用材料的 $E_g=1.0\sim 1.3\text{eV}$ 如硅、C-器件使用材料的 $E_g>1.3\text{eV}$ 如砷化镓、D-器件使用材料的 $E_g<0.6\text{eV}$ 如锑化铟、E-器件使用复合材料及光电池使用的材料

第二部分：用字母表示器件的类型及主要特征。A-检波开关混频二极管、B-变容二极管、C-低频小功率三极管、D-低频大功率三极管、E-隧道二极管、F-高频小功率三极管、G-复合器件及其他器件、H-磁敏二极管、K-开放磁路中的霍尔元件、L-高频大功率三极管、M-封闭磁路中的霍尔元件、P-光敏器件、Q-发光器件、R-小功率晶闸管、S-小功率开关管、T-大功率晶闸管、U-大功率开关管、X-倍增二极管、Y-整流二极管、Z-稳压二极管。

第三部分：用数字或字母加数字表示登记号。三位数字-代表通用半导体器件的登记序号、一个字母加二位数字-表示专用半导体器件的登记序号。

第四部分：用字母对同一类型号器件进行分档。A、B、C、D、E-----表示同一型号的器件按某一参数进行分档的标志。

除四个基本部分外，有时还加后缀，以区别特性或进一步分类。常见后缀如下：

1、稳压二极管型号的后缀。其后缀的第一部分是一个字母，表示稳定电压值的容许误差范围，字母 A、B、C、D、E 分别表示容许误差为 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 15\%$ ；其后缀第二部分是数字，表示标称稳定电压的整数数值；后缀的第三部分是字母 V，代表小数点，字母 V 之后的数字为稳压管 标称稳定电压的小数值。

2、整流二极管后缀是数字，表示器件的最大反向峰值耐压值，单位是伏特。

3、晶闸管型号的后缀也是数字，通常标出最大反向峰值耐压值和最大反向关断

电压中数值较小的那个电压值。

如：BDX51-表示 NPN 硅低频大功率三极管，AF239S-表示 PNP 锗高频小功率三极管。

五、欧洲早期半导体分立器件型号命名法

欧洲有些国家，如德国、荷兰采用如下命名方法。

第一部分：0-表示半导体器件

第二部分：A-二极管、C-三极管、AP-光电二极管、CP-光电三极管、AZ-稳压管、RP-光电器件。

第三部分：多位数字-表示器件的登记序号。

第四部分：A、B、C-----表示同一型号器件的变型产品。

俄罗斯半导体器件型号命名法由于使用少，在此不介绍。

一、半导体二极管参数符号及其意义

CT---势垒电容

Cj---结（极间）电容，表示在二极管两端加规定偏压下，锗检波二极管的总电容

Cjv---偏压结电容

Co---零偏压电容

Cjo---零偏压结电容

Cjo/Cjn---结电容变化

Cs---管壳电容或封装电容

Ct---总电容

CTV---电压温度系数。在测试电流下，稳定电压的相对变化与环境温度的绝对变化之比

CTC---电容温度系数

Cvn---标称电容

IF---正向直流电流（正向测试电流）。锗检波二极管在规定的正向电压 V_F 下，通过极间的电流；硅整流管、硅堆在规定的使用条件下，在正弦半波中允许连续通过的最大工作电流（平均值），硅开关二极管在额定功率下允许通过的最大正向直流电流；测稳压二极管正向电参数时给定的电流

IF(AV)---正向平均电流

IFM(IM)---正向峰值电流（正向最大电流）。在额定功率下，允许通过二极管的最大正向脉冲电流。发光二极管极限电流。

IH---恒定电流、维持电流。

Ii---发光二极管起辉电流

IFRM---正向重复峰值电流

IFSM---正向不重复峰值电流（浪涌电流）

Io---整流电流。在特定线路中规定频率和规定电压条件下所通过的工作电流

IF(ov)---正向过载电流

IL---光电流或稳流二极管极限电流

ID---暗电流

IB2---单晶体管中的基极调制电流

IEM---发射极峰值电流

IEB10---双基极单晶体管中发射极与第一基极间反向电流
IEB20---双基极单晶体管中发射极向电流
ICM---最大输出平均电流
IFMP---正向脉冲电流
IP---峰点电流
IV---谷点电流
IGT---晶闸管控制极触发电流
IGD---晶闸管控制极不触发电流
IGFM---控制极正向峰值电流
IR (AV) ---反向平均电流
IR (In) ---反向直流电流（反向漏电流）。在测反向特性时，给定的反向电流；硅堆在正弦半波电阻性负载电路中，加反向电压规定值时，所通过的电流；硅开关二极管两端加反向工作电压 VR 时所通过的电流；稳压二极管在反向电压下，产生的漏电流；整流管在正弦半波最高反向工作电压下的漏电流。
IRM---反向峰值电流
IRR---晶闸管反向重复平均电流
IDR---晶闸管断态平均重复电流
IRRM---反向重复峰值电流
IRSM---反向不重复峰值电流（反向浪涌电流）
Irp---反向恢复电流
Iz---稳定电压电流（反向测试电流）。测试反向电参数时，给定的反向电流
Izk---稳压管膝点电流
IOM---最大正向（整流）电流。在规定条件下，能承受的正向最大瞬时电流；在电阻性负荷的正弦半波整流电路中允许连续通过锗检波二极管的最大工作电流
IZSM---稳压二极管浪涌电流
IZM---最大稳压电流。在最大耗散功率下稳压二极管允许通过的电流
iF---正向总瞬时电流
iR---反向总瞬时电流
ir---反向恢复电流
Iop---工作电流
Is---稳流二极管稳定电流
f---频率
n---电容变化指数；电容比
Q---优值（品质因素）
 δv_z ---稳压管电压漂移
 di/dt ---通态电流临界上升率
 dv/dt ---通态电压临界上升率
PB---承受脉冲烧毁功率
PFT (AV) ---正向导通平均耗散功率
PFTM---正向峰值耗散功率
PFT---正向导通总瞬时耗散功率
Pd---耗散功率
PG---门极平均功率
PGM---门极峰值功率

PC---控制极平均功率或集电极耗散功率
Pi---输入功率
PK---最大开关功率
PM---额定功率。硅二极管结温不高于 150 度所能承受的最大功率
PMP---最大漏过脉冲功率
PMS---最大承受脉冲功率
Po---输出功率
PR---反向浪涌功率
Ptot---总耗散功率
Pomax---最大输出功率
Psc---连续输出功率
PSM---不重复浪涌功率
PZM---最大耗散功率。在给定使用条件下，稳压二极管允许承受的最大功率
RF (r) ---正向微分电阻。在正向导通时，电流随电压指数的增加，呈现明显的非线性特性。在某一正向电压下，电压增加微小量 ΔV ，正向电流相应增加 ΔI ，则 $\Delta V/\Delta I$ 称微分电阻
RBB---双基极晶体管的基极间电阻
RE---射频电阻
RL---负载电阻
Rs (rs)----串联电阻
Rth----热阻
R(th) ja----结到环境的热阻
Rz (ru)---动态电阻
R(th) jc---结到壳的热阻
r δ ---衰减电阻
r (th)---瞬态电阻
Ta---环境温度
Tc---壳温
td---延迟时间
tf---下降时间
tfr---正向恢复时间
tg---电路换向关断时间
tgt---门极控制极开通时间
Tj---结温
Tjm---最高结温
ton---开通时间
toff---关断时间
tr---上升时间
trr---反向恢复时间
ts---存储时间
tstg---温度补偿二极管的贮存温度
a---温度系数
 λp ---发光峰值波长
 $\Delta \lambda$ ---光谱半宽度

η ---单晶体管分压比或效率
VB---反向峰值击穿电压
Vc---整流输入电压
VB2B1---基极间电压
VBE10---发射极与第一基极反向电压
VEB---饱和压降
VFM---最大正向压降（正向峰值电压）
VF---正向压降（正向直流电压）
 ΔVF ---正向压降差
VDRM---断态重复峰值电压
VGT---门极触发电压
VGD---门极不触发电压
VGFM---门极正向峰值电压
VGRM---门极反向峰值电压
VF (AV) ---正向平均电压
Vo---交流输入电压
VOM---最大输出平均电压
Vop---工作电压
Vn---中心电压
Vp---峰点电压
VR---反向工作电压（反向直流电压）
VRM---反向峰值电压（最高测试电压）
V (BR) ---击穿电压
Vth---阀电压（门限电压）
VRRM---反向重复峰值电压（反向浪涌电压）
VRWM---反向工作峰值电压
V v---谷点电压
Vz---稳定电压
 ΔVz ---稳压范围电压增量
Vs---通向电压（信号电压）或稳流管稳定电流电压
av---电压温度系数
Vk---膝点电压（稳流二极管）
VL ---极限电压

二、双极型晶体管参数符号及其意义

Cc---集电极电容
Ccb---集电极与基极间电容
Cce---发射极接地输出电容
Ci---输入电容
Cib---共基极输入电容
Cie---共发射极输入电容
Cies---共发射极短路输入电容
Cieo---共发射极开路输入电容
Cn---中和电容（外电路参数）
Co---输出电容

Cob---共基极输出电容。在基极电路中，集电极与基极间输出电容
Coe---共发射极输出电容
Coeo---共发射极开路输出电容
Cre---共发射极反馈电容
Cic---集电结势垒电容
CL---负载电容（外电路参数）
Cp---并联电容（外电路参数）
BVcbo---发射极开路，集电极与基极间击穿电压
BVceo---基极开路，CE 结击穿电压
BVebo---集电极开路 EB 结击穿电压
BVces---基极与发射极短路 CE 结击穿电压
BV cer---基极与发射极串接一电阻，CE 结击穿电压
D---占空比
fT---特征频率
fmax---最高振荡频率。当三极管功率增益等于 1 时的工作频率
hFE---共发射极静态电流放大系数
hIE---共发射极静态输入阻抗
hOE---共发射极静态输出电导
h RE---共发射极静态电压反馈系数
hie---共发射极小信号短路输入阻抗
hre---共发射极小信号开路电压反馈系数
hfe---共发射极小信号短路电压放大系数
hoe---共发射极小信号开路输出导纳
IB---基极直流电流或交流电流的平均值
Ic---集电极直流电流或交流电流的平均值
IE---发射极直流电流或交流电流的平均值
Icbo---基极接地，发射极对地开路，在规定的 VCB 反向电压条件下的集电极与基极之间的反向截止电流
Iceo---发射极接地，基极对地开路，在规定的反向电压 VCE 条件下，集电极与发射极之间的反向截止电流
Iebo---基极接地，集电极对地开路，在规定的反向电压 VEB 条件下，发射极与基极之间的反向截止电流
Icer---基极与发射极间串联电阻 R，集电极与发射极间的电压 VCE 为规定值时，集电极与发射极之间的反向截止电流
Ices---发射极接地，基极对地短路，在规定的反向电压 VCE 条件下，集电极与发射极之间的反向截止电流
Icex---发射极接地，基极与发射极间加指定偏压，在规定的反向偏压 VCE 下，集电极与发射极之间的反向截止电流
ICM---集电极最大允许电流或交流电流的最大平均值。
IBM---在集电极允许耗散功率的范围内，能连续地通过基极的直流电流的最大值，或交流电流的最大平均值
ICMP---集电极最大允许脉冲电流
ISB---二次击穿电流
IAGC---正向自动控制电流

P_c ---集电极耗散功率
 PCM ---集电极最大允许耗散功率
 P_i ---输入功率
 P_o ---输出功率
 P_{osc} ---振荡功率
 P_n ---噪声功率
 P_{tot} ---总耗散功率
 ESB ---二次击穿能量
 r_{bb}' ---基区扩展电阻（基区本征电阻）
 $r_{bb}' C_c$ ---基极-集电极时间常数，即基极扩展电阻与集电结电容量的乘积
 r_{ie} ---发射极接地，交流输出短路时的输入电阻
 r_{oe} ---发射极接地，在规定 V_{CE} 、 I_c 或 I_E 、频率条件下测定的交流输入短路时的输出电阻
 R_E ---外接发射极电阻（外电路参数）
 R_B ---外接基极电阻（外电路参数）
 R_c ---外接集电极电阻（外电路参数）
 R_{BE} ---外接基极-发射极间电阻（外电路参数）
 R_L ---负载电阻（外电路参数）
 R_G ---信号源内阻
 R_{th} ---热阻
 T_a ---环境温度
 T_c ---管壳温度
 T_s ---结温
 T_{jm} ---最大允许结温
 T_{stg} ---贮存温度
 t_d ---延迟时间
 t_r ---上升时间
 t_s ---存贮时间
 t_f ---下降时间
 t_{on} ---开通时间
 t_{off} ---关断时间
 V_{CB} ---集电极-基极（直流）电压
 V_{CE} ---集电极-发射极（直流）电压
 V_{BE} ---基极-发射极（直流）电压
 V_{CB0} ---基极接地，发射极对地开路，集电极与基极之间在指定条件下的最高耐压
 V_{EB0} ---基极接地，集电极对地开路，发射极与基极之间在指定条件下的最高耐压
 V_{CE0} ---发射极接地，基极对地开路，集电极与发射极之间在指定条件下的最高耐压
 V_{CER} ---发射极接地，基极与发射极间串接电阻 R ，集电极与发射极间在指定条件下的最高耐压
 V_{CES} ---发射极接地，基极对地短路，集电极与发射极之间在指定条件下的最高耐压

VCEX---发射极接地，基极与发射极之间加规定的偏压，集电极与发射极之间在
规定条件下的最高耐压

V_p---穿通电压。

V_{SB}---二次击穿电压

V_{BB}---基极（直流）电源电压（外电路参数）

V_{CC}---集电极（直流）电源电压（外电路参数）

V_{EE}---发射极（直流）电源电压（外电路参数）

VCE(sat)---发射极接地，规定 I_c、I_B 条件下的集电极-发射极间饱和压降

VBE(sat)---发射极接地，规定 I_c、I_B 条件下，基极-发射极饱和压降（前向压
降）

V_{AGC}---正向自动增益控制电压

V_{n(p-p)}---输入端等效噪声电压峰值

V_n---噪声电压

C_j---结（极间）电容，表示在二极管两端加规定偏压下，锗检波二极管的总电
容

C_{JV}---偏压结电容

C₀---零偏压电容

C_{JO}---零偏压结电容

C_{JO}/C_{JN}---结电容变化

C_s---管壳电容或封装电容

C_t---总电容

CTV---电压温度系数。在测试电流下，稳定电压的相对变化与环境温度的绝对变
化之比

CTC---电容温度系数

C_{VN}---标称电容

I_F---正向直流电流（正向测试电流）。锗检波二极管在规定的正向电压 V_F 下，
通过极间的电流；硅整流管、硅堆在规定的使用条件下，在正弦半波 中允许连
续通过的最大工作电流（平均值），硅开关二极管在额定功率下允许通过的最大
正向直流电流；测稳压二极管正向电参数时给定的电流

I_{F(AV)}---正向平均电流

I_{FM}(I_M)---正向峰值电流（正向最大电流）。在额定功率下，允许通过二极管
的最大正向脉冲电流。发光二极管极限电流。

I_H---恒定电流、维持电流。

I_i--- 发光二极管起辉电流

I_{FRM}---正向重复峰值电流

I_{FSM}---正向不重复峰值电流（浪涌电流）

I_o---整流电流。在特定线路中规定频率和规定电压条件下所通过的工作电流

I_{F(OV)}---正向过载电流

I_L---光电流或稳流二极管极限电流

I_D---暗电流

I_{B2}---单晶体管中的基极调制电流

I_{EM}---发射极峰值电流

I_{EB10}---双基极单晶体管中发射极与第一基极间反向电流

I_{EB20}---双基极单晶体管中发射极向电流

ICM---最大输出平均电流
IFMP---正向脉冲电流
IP---峰点电流
IV---谷点电流
IGT---晶闸管控制极触发电流
IGD---晶闸管控制极不触发电流
IGFM---控制极正向峰值电流
IR (AV) ---反向平均电流
IR (In) ---反向直流电流（反向漏电流）。在测反向特性时，给定的反向电流；硅堆在正弦半波电阻性负载电路中，加反向电压规定值时，所通过的电流；硅开关二极管两端加反向工作电压 VR 时所通过的电流；稳压二极管在反向电压下，产生的漏电流；整流管在正弦半波最高反向工作电压下的漏电流。
IRM---反向峰值电流
IRR---晶闸管反向重复平均电流
IDR---晶闸管断态平均重复电流
IRRM---反向重复峰值电流
IRSM---反向不重复峰值电流（反向浪涌电流）
Irp---反向恢复电流
Iz---稳定电压电流（反向测试电流）。测试反向电参数时，给定的反向电流
Izk---稳压管膝点电流
IOM---最大正向（整流）电流。在规定条件下，能承受的正向最大瞬时电流；在电阻性负荷的正弦半波整流电路中允许连续通过锗检波二极管的最大工作电流
IZSM---稳压二极管浪涌电流
IZM---最大稳压电流。在最大耗散功率下稳压二极管允许通过的电流
iF---正向总瞬时电流
iR---反向总瞬时电流
ir---反向恢复电流
Iop---工作电流
Is---稳流二极管稳定电流
f---频率
n---电容变化指数；电容比
Q---优值（品质因素）
 δv_z ---稳压管电压漂移
di/dt---通态电流临界上升率
dv/dt---通态电压临界上升率
PB---承受脉冲烧毁功率
PFT (AV) ---正向导通平均耗散功率
PFTM---正向峰值耗散功率
PFT---正向导通总瞬时耗散功率
Pd---耗散功率
PG---门极平均功率
PGM---门极峰值功率
PC---控制极平均功率或集电极耗散功率
Pi---输入功率

PK---最大开关功率
PM---额定功率。硅二极管结温不高于 150 度所能承受的最大功率
PMP---最大漏过脉冲功率
PMS---最大承受脉冲功率
Po---输出功率
PR---反向浪涌功率
Ptot---总耗散功率
Pomax---最大输出功率
Psc---连续输出功率
PSM---不重复浪涌功率
PZM---最大耗散功率。在给定使用条件下，稳压二极管允许承受的最大功率
RF (r) ---正向微分电阻。在正向导通时，电流随电压指数的增加，呈现明显的非线性特性。在某一正向电压下，电压增加微小量 ΔV ，正向电流相应增加 ΔI ，则 $\Delta V/\Delta I$ 称微分电阻
RBB---双基极晶体管的基极间电阻
RE---射频电阻
RL---负载电阻
Rs (rs) ---串联电阻
Rth---热阻
R(th) ja---结到环境的热阻
Rz (ru) ---动态电阻
R(th) jc---结到壳的热阻
r δ ---衰减电阻
r (th) ---瞬态电阻
Ta---环境温度
Tc---壳温
td---延迟时间
tf---下降时间
tfr---正向恢复时间
tg---电路换向关断时间
tgt---门极控制极开通时间
Tj---结温
Tjm---最高结温
ton---开通时间
toff---关断时间
tr---上升时间
trr---反向恢复时间
ts---存储时间
tstg---温度补偿二极管的贮存温度
a---温度系数
 λ_p ---发光峰值波长
 $\Delta \lambda$ ---光谱半宽度
 η ---单结晶体管分压比或效率
VB---反向峰值击穿电压

V_c---整流输入电压
V_{B2B1}---基极间电压
V_{BE10}---发射极与第一基极反向电压
V_{EB}---饱和压降
V_{FM}---最大正向压降（正向峰值电压）
V_F---正向压降（正向直流电压）
△V_F---正向压降差
V_{DRM}---断态重复峰值电压
V_{GT}---门极触发电压
V_{GD}---门极不触发电压
V_{GFM}---门极正向峰值电压
V_{GRM}---门极反向峰值电压
V_{F(AV)}---正向平均电压
V_o---交流输入电压
V_{OM}---最大输出平均电压
V_{op}---工作电压
V_n---中心电压
V_p---峰点电压
V_R---反向工作电压（反向直流电压）
V_{RM}---反向峰值电压（最高测试电压）
V(BR)---击穿电压
V_{th}---阀电压（门限电压）
V_{RRM}---反向重复峰值电压（反向浪涌电压）
V_{RWM}---反向工作峰值电压
V_v---谷点电压
V_z---稳定电压
△V_z---稳压范围电压增量
V_s---通向电压（信号电压）或稳流管稳定电流电压
a_v---电压温度系数
V_k---膝点电压（稳流二极管）
V_L---极限电压

三、场效应管参数符号意义

C_{ds}---漏-源电容
C_{du}---漏-衬底电容
C_{gd}---栅-源电容
C_{gs}---漏-源电容
C_{iss}---栅短路共源输入电容
C_{oss}---栅短路共源输出电容
C_{rss}---栅短路共源反向传输电容
D---占空比（占空系数，外电路参数）
di/dt---电流上升率（外电路参数）
dv/dt---电压上升率（外电路参数）
I_D---漏极电流（直流）
I_{DM}---漏极脉冲电流

ID(on)---通态漏极电流
IDQ---静态漏极电流（射频功率管）
IDS---漏源电流
IDSM---最大漏源电流
IDSS---栅-源短路时，漏极电流
IDS(sat)---沟道饱和电流（漏源饱和电流）
IG---栅极电流（直流）
IGF---正向栅电流
IGR---反向栅电流
IGD0---源极开路时，截止栅电流
IGS0---漏极开路时，截止栅电流
IGM---栅极脉冲电流
IGP---栅极峰值电流
IF---二极管正向电流
IGSS---漏极短路时截止栅电流
IDSS1---对管第一管漏源饱和电流
IDSS2---对管第二管漏源饱和电流
Iu---衬底电流
Ipr---电流脉冲峰值（外电路参数）
gfs---正向跨导
Gp---功率增益
Gps---共源极中和高频功率增益
GpG---共栅极中和高频功率增益
GPD---共漏极中和高频功率增益
ggd---栅漏电导
gds---漏源电导
K---失调电压温度系数
Ku---传输系数
L---负载电感（外电路参数）
LD---漏极电感
Ls---源极电感
rDS---漏源电阻
rDS(on)---漏源通态电阻
rDS(of)---漏源断态电阻
rGD---栅漏电阻
rGS---栅源电阻
Rg---栅极外接电阻（外电路参数）
RL---负载电阻（外电路参数）
R(th)jc---结壳热阻
R(th)ja---结环热阻
PD---漏极耗散功率
PDM---漏极最大允许耗散功率
PIN---输入功率
POUT---输出功率

PPK---脉冲功率峰值（外电路参数）
to(on)---开通延迟时间
td(off)---关断延迟时间
ti---上升时间
ton---开通时间
toff---关断时间
tf---下降时间
trr---反向恢复时间
Tj---结温
Tjm---最大允许结温
Ta---环境温度
Tc---管壳温度
Tstg---贮存温度
VDS---漏源电压（直流）
VGS---栅源电压（直流）
VGSF---正向栅源电压（直流）
VGSR---反向栅源电压（直流）
VDD---漏极（直流）电源电压（外电路参数）
VGG---栅极（直流）电源电压（外电路参数）
Vss---源极（直流）电源电压（外电路参数）
VGS(th)---开启电压或阈电压
V(BR)DSS---漏源击穿电压
V(BR)GSS---漏源短路时栅源击穿电压
VDS(on)---漏源通态电压
VDS(sat)---漏源饱和电压
VGD---栅漏电压（直流）
Vsu---源衬底电压（直流）
VDu---漏衬底电压（直流）
VGu---栅衬底电压（直流）
Zo---驱动源内阻
 η ---漏极效率（射频功率管）
Vn---噪声电压
aID---漏极电流温度系数
ards---漏源电阻温度系数

电路设计基础知识（5）——继电器

一、继电器的工作原理和特性

继电器是一种电子控制器件，它具有控制系统（又称输入回路）和被控制系统（又称输出回路），通常应用于自动控制电路中，它实际上是用较小的电流去控制较大电流的一种“自动开关”。故在电路中起着自动调节、安全保护、转换电路等作用。

1、电磁继电器的工作原理和特性

电磁式继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成的。只要在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯，从而带动衔铁的动触点与静触点（常开触点）吸合。当线圈断电后，电磁的吸力也随之消失，衔铁就会在弹簧的反作用力返回原来的位置，使动触点与原来的静触点（常闭触点）吸合。这样吸合、释放，从而达到了在电路中的导通、切断的目的。对于继电器的“常开、常闭”触点，可以这样来区分：继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点，称为“常开触点”；处于接通状态的静触点称为“常闭触点”。

2、热敏干簧继电器的工作原理和特性

热敏干簧继电器是一种利用热敏磁性材料检测和控制温度的新型热敏开关。它由感温磁环、恒磁环、干簧管、导热安装片、塑料衬底及其他一些附件组成。热敏干簧继电器不用线圈励磁，而由恒磁环产生的磁力驱动开关动作。恒磁环能否向干簧管提供磁力是由感温磁环的温控特性决定的。

3、固态继电器（SSR）的工作原理和特性

固态继电器是一种两个接线端为输入端，另两个接线端为输出端的四端器件，中间采用隔离器件实现输入输出的电隔离。

固态继电器按负载电源类型可分为交流型和直流型。按开关型式可分为常开型和常闭型。按隔离型式可分为混合型、变压器隔离型和光电隔离型，以光电隔离型为最多。

二、继电器主要产品技术参数

1、额定工作电压

是指继电器正常工作时线圈所需要的电压。根据继电器的型号不同，可以是交流电压，也可以是直流电压。

2、直流电阻

是指继电器中线圈的直流电阻，可以通过万能表测量。

3、吸合电流

是指继电器能够产生吸合动作的最小电流。在正常使用时，给定的电流必须略大于吸合电流，这样继电器才能稳定地工作。而对于线圈所加的工作电压，一般不要超过额定工作电压的 1.5 倍，否则会产生较大的电流而把线圈烧毁。

4、释放电流

是指继电器产生释放动作的最大电流。当继电器吸合状态的电流减小到一定程度时，继电器就会恢复到未通电的释放状态。这时的电流远远小于吸合电流。

5、触点切换电压和电流

是指继电器允许加载的电压和电流。它决定了继电器能控制电压和电流的大小，使用时不能超过此值，否则很容易损坏继电器的触点。

三、继电器测试

1、测触点电阻

用万能表的电阻档，测量常闭触点与动点电阻，其阻值应为 0；而常开触点与动点的阻值就为无穷大。由此可以区别出那个是常闭触点，那个是常开触点。

2、测线圈电阻

可用万能表 $R \times 10 \Omega$ 档测量继电器线圈的阻值，从而判断该线圈是否存在开路现象。

3、测量吸合电压和吸合电流

找来可调稳压电源和电流表，给继电器输入一组电压，且在供电回路中串入电流表进行监测。慢慢调高电源电压，听到继电器吸合声时，记下该吸合电压和吸合电流。为求准确，可以试多几次而求平均值。

4、测量释放电压和释放电流

也是像上述那样连接测试，当继电器发生吸合后，再逐渐降低供电电压，当听到继电器再次发生释放声音时，记下此时的电压和电流，亦可尝试多几次而取得平均的释放电压和释放电流。一般情况下，继电器的释放电压约在吸合电压的10~50%，如果释放电压太小（小于1/10的吸合电压），则不能正常使用了，这样会对电路的稳定性造成威胁，工作不可靠。

四、继电器的电符号和触点形式

继电器线圈在电路中用一个长方框符号表示，如果继电器有两个线圈，就画两个并列的长方框。同时在长方框内或长方框旁标上继电器的文字符号“J”。继电器的触点有两种表示方法：一种是把它们直接画在长方框一侧，这种表示法较为直观。另一种是按照电路连接的需要，把各个触点分别画到各自的控制电路中，通常在同一继电器的触点与线圈旁分别标注上相同的文字符号，并将触点组编上号码，以示区别。继电器的触点有三种基本形式：

1. 动合型（H型）线圈不通电时两触点是断开的，通电后，两个触点就闭合。以合字的拼音字头“H”表示。
2. 动断型（D型）线圈不通电时两触点是闭合的，通电后两个触点就断开。用断字的拼音字头“D”表示。
3. 转换型（Z型）这是触点组型。这种触点组共有三个触点，即中间是动触点，上下各一个静触点。线圈不通电时，动触点和其中一个静触点断开和另一个闭合，线圈通电后，动触点就移动，使原来断开的成闭合，原来闭合的成断开状态，达到转换的目的。这样的触点组称为转换触点。用“转”字的拼音字头“z”表示。

五、继电器的选用

1. 先了解必要的条件：①控制电路的电源电压，能提供的最大电流；②被控制电路中的电压和电流；③被控电路需要几组、什么形式的触点。选用继电器时，一般控制电路的电源电压可作为选用的依据。控制电路应能给继电器提供足够的工作电流，否则继电器吸合是不稳定的。
2. 查阅有关资料确定使用条件后，可查找相关资料，找出需要的继电器的型号和规格号。若手头已有继电器，可依据资料核对是否可以利用。最后考虑尺寸是否合适。
3. 注意器具的容积。若是用于一般用电器，除考虑机箱容积外，小型继电器主要考虑电路板安装布局。对于小型电器，如玩具、遥控装置则应选用超小型继电器产品。