

学看 电子电路图

XUEKAN DIANZI DIANLUTU

余雅 刘志勇 主编



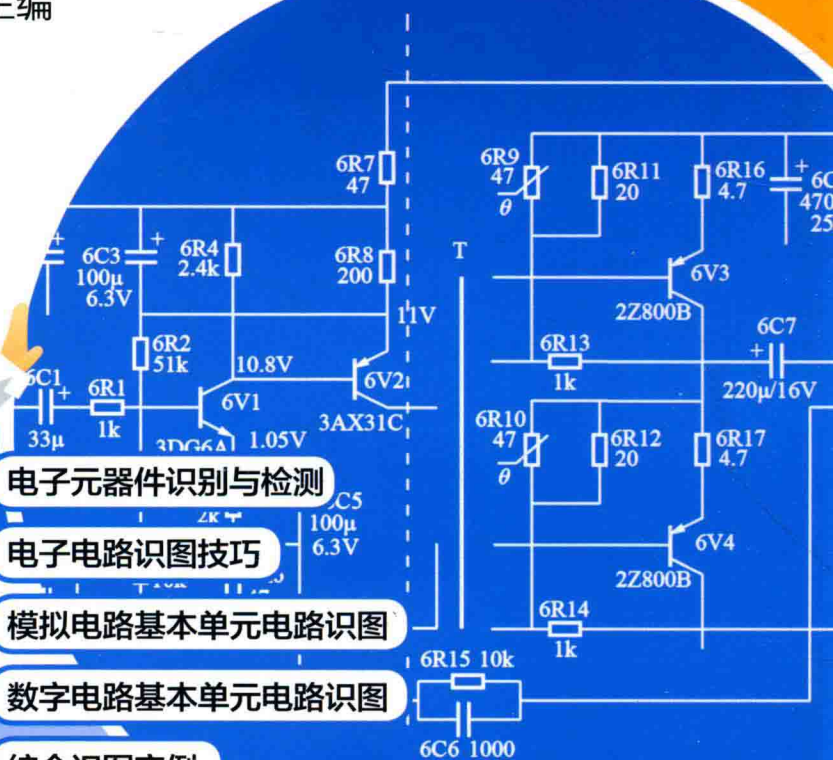
电子元器件识别与检测

电子电路识图技巧

模拟电路基本单元电路识图

数字电路基本单元电路识图

综合识图实例



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

学看 电子电路图

XUEKAN DIANZI DIANLUTU

主 编 余 雅（南华大学）

刘志勇（湖南有色金属职业技术学院）

副主编 黄金波（湖南有色金属职业技术学院）

陆柏林（湖南有色金属职业技术学院）

杨 萍（湖南有色金属职业技术学院）

丁贵娥（湖南有色金属职业技术学院）

贺哲荣（湖南有色金属职业技术学院）

参 编 伍云花 肖 峰 贺文娟 吴春燕

贺 娜 段俊宇 刘海光 陈伟梅

苏 林 骆 涛 黄秋平 甄 旭



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书讲述了电子电路图的识读方法和技巧。书中以基本模拟电子电路和数字电子电路为依据,推出“单元电路”的概念,引导读者化整为零的分析电子电路整图。

本书分为5章,第1章常用电子元器件识别及测量;第2章电子电路图识读方法及技巧;第3章模拟电子电路基本单元电路识图;第4章数字电子电路基本单元电路识图;第5章电子电路图综合识图实例。

本书起点低,通俗易懂,尽量避免繁琐的理论,重点提高读者对电子电路图的识读能力。

本书特别适合于具有初中以上文化程度,略有电工基础的各行各业工人、技术人员阅读;对于电工、电子、自动控制、机电一体化专业的大、中专学生和职高、技校的学生学习电子电路图识读,也是一本很好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

学看电子电路图/余雅,刘志勇主编. —北京:中国电力出版社,2016.1 (2016.3重印)

ISBN 978-7-5123-8137-7

I. ①学… II. ①余…②刘… III. ①电子电路-电路图-识别
IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第183009号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016年1月第一版 2016年3月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13.25印张 340千字

印数2001—4000册 定价33.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

当今世界,电子技术已经渗透到了各个领域,大至国防科技,小至日常生活用品,无处不见电子产品之踪影。而作为电子技术的基础——电子电路识图,则为各行各业工人、技术人员必备的知识。

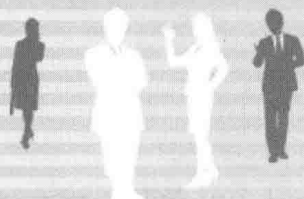
本书从实用出发,以基本模拟电子电路和数字电子电路为依据,推出“单元电路”的概念,引导读者化整为零分析实际工作、生活中的电子电路整图。

本书共分为5章。第1章详细介绍了常用电子元器件的识别、测量及参数;第2章详细介绍了电子电路图的识读方法,详尽细致介绍了各分立元件在不同电子电路图中所起到的作用,并根据国家最新颁布标准,参考国际电工委员会(IEC)标准,给出了常用电子元器件在电子电路中的图形符号及文字符号;第3章详细分析了模拟电子电路各基本单元电路的组成、各元器件的作用、原理及识图,并引用大量实用电路进行识图分析;第4章详细分析了数字电子电路各基本单元电路的组成、各元器件的作用、逻辑功能分析及识图,同时结合实用,引用了在实际生活中有趣的实用电路进行识图分析;第5章为综合识图,引用了与生产、生活紧密相关的实用电路,综合识图分析。

本书起点低,实用性强,基本上做到了避免繁琐的理论,对于需要学习电子电路图识读的读者来说,通过学习本书,识读电子电路图的能力会有一个新的提高。本书特别适合于具有初中以上文化程度略有电工基础的工人、技术人员阅读;对于电工、电子、自动控制、机电一体化专业的大、中专学生和职高、技校的学生学习电子电路图的识读,也是一本很好的参考书。

本书在编写过程中得到了荆宏智先生的大力支持和帮助,荆宏智先生对全书的策划提出了根本性的意见。湖南省有色金属工业技工学校(原冶金部矿山技工学校)高级讲师伍永寿和湖南省冷水江市技工学校讲师吴春燕审校了全书,并对本书的内容提出了宝贵的意见和建议。四川省乐山井研县市政管理所赵莹同志为本书的文字核对做了大量的工作。本书同时得到了湖南省有色金属工业技工学校领导的关心和支持;也得到了湖南省有色金属工业技工学校高级二班、电子十班同学的热情帮助,在此一一致谢!

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。



目 录

前言

第 1 章

常用电子元器件识别及测量	1
1.1 电阻器和电位器	1
1.1.1 电阻器的基本知识	1
1.1.2 电阻的识别	5
1.1.3 电阻的测量	7
1.1.4 电位器	8
1.2 电容器	9
1.2.1 电容器的基本知识	9
1.2.2 电容器的识别	14
1.2.3 电容器的测量	15
1.3 晶体二极管	16
1.3.1 半导体基本知识	16
1.3.2 晶体二极管的基本知识	18
1.3.3 晶体二极管的识别	19
1.3.4 晶体二极管的测量	20
1.4 晶体三极管	21
1.4.1 晶体三极管的基本知识	21
1.4.2 晶体三极管的识别	25
1.4.3 晶体三极管的测量	26
1.5 晶闸管和单结晶体管	28
1.5.1 单向晶闸管的基本知识	28
1.5.2 单向晶闸管的识别	30
1.5.3 单向晶闸管的测量	31
1.5.4 双向晶闸管	32
1.5.5 单结晶体管	33
1.6 电感器和变压器	36
1.6.1 电感器的基本知识	36
1.6.2 电感器的测量	37
1.6.3 变压器	37
1.7 电声器件	39

1.7.1 扬声器	39
1.7.2 传声器	40
1.8 集成电路块	41
1.8.1 模拟集成电路块	41
1.8.2 数字集成电路块	44

第 2 章

电子电路图识读方法及技巧	46
2.1 电子电路图的识读方法及技巧	46
2.1.1 电子电路图绘制简介	46
2.1.2 电子电路图的识读方法及技巧	50
2.2 常用电子元器件在电路中的图形符号及文字符号	53
2.2.1 常用电子元器件在电路中的图形符号	54
2.2.2 常用电子元器件在电路中的文字符号	63

第 3 章

模拟电子电路基本单元电路识图	64
3.1 晶体二极管整流及滤波电路	64
3.1.1 晶体二极管整流电路	64
3.1.2 滤波电路	69
3.2 直流稳压电源电路	72
3.2.1 并联型直流稳压电路	72
3.2.2 串联型直流稳压电路	73
3.2.3 集成稳压器	77
3.3 晶体三极管及场效应管放大电路	81
3.3.1 晶体三极管基本放大电路	81
3.3.2 场效应管放大电路	86
3.4 低频小信号放大电路	89
3.4.1 单级低频放大电路	89
3.4.2 多级低频放大电路	92
3.4.3 负反馈电路	94
3.5 低频功率放大电路	98
3.5.1 低频功率放大电路的基本要求及分类	98
3.5.2 单管变压器耦合功率放大电路	99
3.5.3 乙类功率放大电路	100
3.5.4 甲乙类功率放大电路	101
3.5.5 输入变压器倒相式 OTL 功率放大电路	101
3.5.6 三极管倒相式 OTL 功率放大电路	103
3.5.7 无输出电容器 (OCL) 功率放大电路	106
3.5.8 BTL 功率放大电路	108

3.6	直流放大电路及集成运算放大电路	109
3.6.1	直流放大电路的特殊问题	109
3.6.2	差动放大电路	111
3.6.3	集成运算放大电路	115
3.7	调谐放大电路	120
3.7.1	调谐放大电路与调谐的基本原理	120
3.7.2	调谐放大电路的分类	121
3.8	正弦波振荡电路	123
3.8.1	正弦波振荡电路基本知识	123
3.8.2	LC 振荡电路	124
3.8.3	RC 振荡电路	128
3.8.4	石英晶体振荡电路	130
3.9	晶闸管电路	131
3.9.1	单向晶闸管电路	132
3.9.2	双向晶闸管电路	137

第 4 章

数字电子电路基本单元电路识图	140
4.1 基本逻辑门电路与组合逻辑门电路	141
4.1.1 基本逻辑门电路	141
4.1.2 组合逻辑门电路	142
4.1.3 常用集成门电路引脚图	144
4.2 逻辑代数	148
4.2.1 逻辑代数运算法则	148
4.2.2 数字电路逻辑函数表示法	151
4.2.3 逻辑函数的化简	155
4.3 触发器电路	159
4.3.1 基本 RS 触发器	160
4.3.2 钟控 RS 触发器电路	162
4.3.3 主从 JK 触发器电路	163
4.3.4 主从 T 触发器电路	165
4.3.5 主从 D 触发器电路	165
4.3.6 触发器应用电路识图	166
4.4 脉冲产生及波形整形电路	168
4.4.1 单稳态触发电路	169
4.4.2 施密特触发电路	169
4.4.3 多谐振荡电路	171
4.5 组合逻辑电路	172
4.5.1 二进制数基本知识	172
4.5.2 组合逻辑电路的分析方法	173

4.5.3	编码器电路	173
4.5.4	译码器	175
4.6	时序逻辑电路	181
4.6.1	计数器电路	181
4.6.2	寄存器电路	184
4.6.3	数字显示电路	186

第 5 章

电子电路图综合识图实例	188
5.1 集成简易家用防盗报警器	188
5.2 集成数字流水灯控制器	189
5.3 多用恒流自动充电电路	192
5.4 家用电子消毒柜电路	193
5.5 单向晶闸管直流调速系统	195
5.6 SA7512 螺纹磨床单向晶闸管直流调速系统	198

常用电子元器件识别及测量

任何电子电路都是由电子元器件组成，所以电子元器件是组成电子电路的最小的独立个体。正确识别电子元器件及掌握好电子元器件的测量，对于电子电路图的正确识读是不可缺少的。本章主要讲述常用电子元器件的识别及测量。

1.1 电阻器和电位器

在电子电路中，电阻器是构成电子电路的基本元件，它主要作为负载、分流、降压、限流、分压、取样等之用。

电阻器又分为固定电阻器和可变电阻器。固定电阻器常简称为电阻，其阻值是固定不变的；可变电阻器又称为电位器，其阻值可以调节电位器上的旋钮而改变。

1.1.1 电阻器的基本知识

一、电阻器的符号及标注单位

电阻器在电子电路中的图形符号及文字符号如图 1-1 所示。

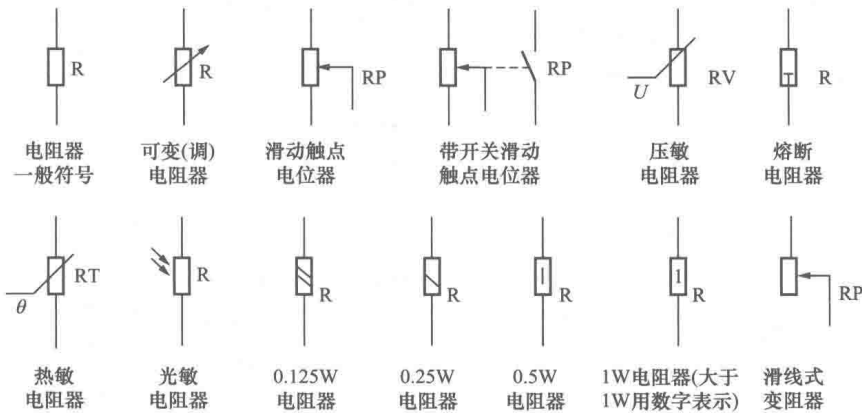


图 1-1 电阻器在电子电路中的图形符号及文字符号

电阻器的标注单位为欧姆 (Ω)，或千欧姆 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)。它们之间的换算关系为 $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$

二、电阻器的分类

电阻器主要有两种分类法。一种是按其制造的材料来分；另一种则是按其用途来分。电阻器按其制造材料可分为：碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、线绕电阻

器。按其用途来分可分为：光敏电阻器、气敏电阻器、压敏电阻器、热敏电阻器等。

(1) 碳膜电阻器：碳膜电阻器表面一般涂有绿色的保护漆。其阻值范围宽，有良好的阻值稳定性，受电压和频率的影响小，脉冲负载稳定，电阻器温度系数不大且为负值。但其特性比金属膜电阻器差，故在军用品中很少采用，而在民用品中由于价格较便宜，所以大量采用。

(2) 金属膜电阻器：金属膜电阻器表面一般涂有红色或棕红色的保护漆。金属膜电阻器工作环境温度范围宽，耐热性好，体积小，温度系数和噪声比较小，精密度高，适应于要求较高的电子电路中。其主要缺点是脉冲负载能力差，所以在脉冲状态下工作的电阻器，不宜选用金属膜电阻器。

(3) 金属氧化膜电阻器：金属氧化膜电阻器除了具有金属膜电阻器的优点外，还具有耐高温，低阻值（100Ω）时性能好及成本低等优点。但金属氧化膜电阻器在直流负载下氧化膜容易发生电解使氧化物还原，性能不太稳定。

(4) 线绕电阻器：线绕电阻器能在较宽的温度范围内有较低的温度系数，稳定性能好，精度高，抗氧化，耐热性好等，它在电子电路中主要用作高精密和大功率的电阻器使用，但其高频性能较差。

(5) 光敏电阻器：光敏电阻器是一种电阻阻值随着周围工作环境光的强弱变化而变化的电阻元件。它主要用于各种光电自动控制、光电计数、光电跟踪及照相机的自动曝光等。

(6) 气敏电阻器：气敏电阻器是一种能将某种检测到的气体根据其不同的气体浓度而转换成电信号的元件。它主要用于测量有毒或有害气体的场合。

(7) 热敏电阻器：热敏电阻器是一种电阻阻值随着周围工作环境温度的高低变化而变化的电阻元件。它主要用在电子电路中作为温度补偿元件或在温度测量和温度控制电路中作感温元件。

电阻器型号命名方法见表 1-1。

表 1-1 电阻器型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征分类			第四部分
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
					电阻器	电位器	
R W	电阻器 电位器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料特征相同，仅尺寸、性能指标略有差别，但基本上不影响互换的产品给同一序号。若尺寸、性能指标的差别已明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号予以区别
		H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实心	3	超高频	—	
		N	无机实心	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
		Y	氧化膜	6	—	—	
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特种函数	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	—	
		X	线绕	T	可调	—	
		M	压敏	W	—	微调	
		G	光敏	Z	—	多圈	
		R	热敏	B C P W Z	温度补偿用 温度测量用 旁热式 稳压式 正温度系数		

三、电阻器的参数

电阻器的参数主要有两个，即标称值和额定功率。标称值是指电阻器表面上标注的电阻阻值；额定功率是指电阻器在直流或交流电路中，当在一定大气压力下及产品标准规定的温度下长期连续工作所允许承受的最大功率。此外还有温度系数、误差等级、工作电压等参数。

RT 系列碳膜电阻器参数见表 1-2。

RJ (RJJ) 系列金属膜电阻器参数见表 1-3。

RY 系列金属氧化膜电阻器参数见表 1-4。

表 1-2 RT 系列碳膜电阻器参数

型号	额定功率 (W)	标称阻值范围	允许偏差 (G: ±2%; J: ±5%; K: ±10%)	最大工作电压 (直流或交流) (V)	额定温度 (°C)
RT13	0.125	1Ω~1MΩ	G、J、K	150	70
RTX	0.125	1Ω~5.6MΩ	G、J、K	100	40
RT14	0.25	1Ω~5.6MΩ	G、J、K	250	70
RT-0.25	0.25	10Ω~5.1MΩ	J、K	350	40
RT-0.5	0.5	10Ω~10MΩ	J、K	500	40
RT-1	1	27Ω~10MΩ	J、K	700	40
RT-2	2	27Ω~10MΩ	J、K	1000	40

表 1-3 RJ (RJJ) 系列金属膜电阻器参数

型号	额定功率 (W)	标称阻值范围 (Ω)	允许偏差 (%)	引线直径 (mm)
RJ-0.125	0.125	30~0.51M	±5%; ±10%	0.65
RJ-0.25	0.25	30~1M		0.65
RJ-0.5	0.5	30~5.1M		0.85
RJ-1	1	20~10M		0.85
RJ-2	2	30~10M		1.10
RJJ-0.125	0.125	1~0.51M 100~0.51M	±0.1%; ±0.2% ±0.5%; ±1%; ±2%	0.85
RJJ-0.25	0.25	1k~1M 100~1M	±0.1%; ±0.2% ±0.5%; ±1%; ±2%	0.85
RJJ-0.5	0.5	1k~1M 100~5.1M	±0.1%; ±0.2% ±0.5%; ±1%; ±2%	1.10

表 1-4 RY 系列金属氧化膜电阻器参数

型号	额定功率 (W)	标称阻值范围 (Ω)	允许偏差 (%)	最大工作电压 (V)	引线直径 (mm)
RY-0.125	0.125	1~1k	±5; ±10	180	0.65
RY-0.25	0.25	1~51k		250	0.65
RY-0.5	0.5	1~200k		350	0.85
RY-1	1			500	0.85
RY-2	2			750	1.1
RY-3	3	1~9.1k		1000	1.1
RY-5	5			1500	1.1
RY-10	10			2000	1.1

RX 系列线绕电阻器参数见表 1-5。
MG 系列光敏电阻器参数见表 1-6。
MF 系列普通负温度系数热敏电阻器参数见表 1-7。
QN 系列气敏电阻器参数见表 1-8。

表 1-5 RX 系列线绕电阻器参数

名称	型号	额定功率	标称阻值范围			额定功率下的温升	外形图
			半可变速	固定式	允许误差		
		(W)	(Ω)		(%)	℃	
被釉线绕电阻器	RXY-7.5	7.5	—	5.1~2.7k	±5; ±10	≤310	立式无抽头
	RXY-15	15		5.1~4.7k			
	RXY-20	20		5.1~4.7k			
	RXY-25	25		5.1~5k			
	RXY-50	50		1~15k			
	RXY-75	75		1~30k			
	RXY-150	150		1~47k			
耐潮被釉线绕电阻器	RXYC-2.5	2.5	—	5.1~430	±5; ±10	≤300	立式无抽头 立式有抽头
	RXYC-7.5	7.5	—	5.1~3.3k			
	RXYC-10	10	5.1~200	5.1~10k			
	RXYC-15	15	5.1~220	5.1~15k			
	RXYC-20	20	10~430	10~20k			
	RXYC-25	25	10~510	10~24k			
	RXYC-30	30	20~1k	10~30k			
	RXYC-40	40	—	20~51k			
	RXYC-50	50	24~1500	20~51k			
	RXYC-75	75	—	51~51k			
	RXYC-100	100	51~2700	51~56k			
被釉线绕电阻器（单组引离式）	RXY-D-2	2	—	0.51~390	±5; ±10	≤300	圆桶形
	RXY-D-4	4		1~1500			
	RXY-D-8	8		5.1~5.1k			
	RXY-D-12	12		10~10k			

表 1-6 MG 系列光敏电阻器参数

型号	输出功率 (mW)	最高工作电压 (V)	亮阻（照度为 100lx） (kΩ)	暗阻（照度为 0lx） (MΩ)	时间常数 (ms)
MG41-2	20	100	≤1~10	≥0.1~10	≤20
MG41-4	100	150	≤100~200	≥50~100	≤20
MG44-0	5	20	≤2~20	≥0.2~5	≤50
MG45-1	10	50	≤2~10	≥1~10	≤20
MG45-3	50	150	≤2~10	≥1~10	≤20
MG45-5	200	250	≤2~10	≥1~10	≤20

表 1-7 MF 系列普通负温度系数热敏电阻器参数

型号	电阻温度特性代号	标称阻值范围(Ω)	材料常数 B 值范围 (k)	温度系数范围(×10 ⁻² /℃)	标称功率(W)	时间常数(s)	最高工作温度(℃)
MF11	E	10~100	1980~2420	-2.23~-2.72	0.25	≤30	85
	F	110~4.7k	2430~2970	-2.73~-3.34			
	G	5.1k~15k	2970~3630	-3.34~-4.09			
MF12-1	I	1k~430k	4230~5170	-4.76~-5.83	0.25	≤10	125
	J	470k~1M	5040~6160	-5.68~-6.94			
MF12-2	I	1k~100k	4230~5170	-4.76~-5.83	0.1	≤20	125
	J	110k~1M	5040~6160	-5.68~-6.94			
MF12-3	H	56~510	3510~4240	-3.95~-4.84	1.0	≤60	125
	I	560~5600	4230~5170	-4.76~-5.83			
MF13	F	820~10k	2430~2970	-2.73~-3.34	0.25	≤30	125
	G	11k~300k	2970~3630	-3.34~-4.09			
MF14	F	820~10k	2430~2970	-2.73~-3.34	0.5	≤60	125
	G	11k~300k	2970~3630	-3.34~-4.09			
MF15	H	10k~47k	3510~4240	-3.95~-4.84	0.5	≤30	125
	I	51k~1M	4230~5170	-4.76~-5.83			
MF16	H	10k~47k	3510~4240	-3.95~-4.84	0.5	≤60	125
	I	51k~1M	4230~5170	-4.76~-5.83			

表 1-8 QN 系列气敏电阻器参数

型号	加热电流 I _M (A)	回路电压 U _c (V)	极限电压 U _M (V)	静态电阻 R _O (kΩ)	灵敏度 R _O /R _r	响应时间 (s)	恢复时间 (s)	预热时间 (min)
QN32	0.32	≥6	≤40	10~400	>3H ₂ 0.1%	<30	<30	>3
QN60	0.60	≥6	≤40	10~400	>3H ₂ 0.1%	<30	<30	>3

1. 1. 2 电阻的识别

一般情况下，电阻产品在出厂时有以下三种标志法，即直接标志法、文字符号标志法和色环标志法。所以电阻的识别应从这三个方面入手。

一、电阻的直接标志法

电阻的直接标志法是在电阻产品出厂前将电阻的型号、标称阻值、功率、允许误差及制造日期等印制在电阻的表面上。这种方法简单明了，读数方便，但这种方法只适合于功率和体积较大的电阻使用。电阻的直接标志法如图 1-2 所示。

在图 1-2 中从上至下、从左至右标出了电阻的制造厂商标志、型号、功率、标称阻值、允许误差、制造日期。

二、电阻的文字符号标志法

电阻的文字符号标志法也是将电阻的型号、标称阻值、功率、允许误差及制造

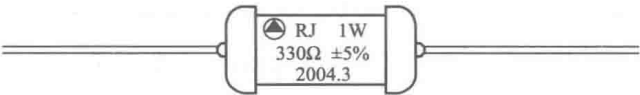


图 1-2 电阻的直接标志法

日期等印制在电阻的表面上。但是它的电阻值是用阿拉伯数字和电阻单位符号（R、K、M）的组合来表示。符号前的数字表示整数单位，符号后面的数字表示小数。例如，0.1Ω、5Ω、3.3Ω



图 1-3 电阻的文字符号标志法

分别表示为 R1、5R0、3R3；4.7kΩ、5.6kΩ、3.3MΩ 分别表示为 4K7、5K6、3M3。电阻的文字符号标志法如图 1-3 所示。

在图 1-3 中也标出了电阻的制造厂商标志、型号、功率、标称阻值、允许误差、制造日期。其中允许误差用字母符号 J 表示，其意义为允许误差±5%。字母符号表示电阻允许误差的意义见表 1-9。

表 1-9 字母符号表示电阻允许误差的意义

字母符号	B	C	D	F	G	J	K	M	N
允许偏差	±0.1%	±0.25%	±0.5%	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%	±30%

三、电阻的色环标志法

电阻的色环标志法是在电阻的表面印制不同颜色的环，用以表示电阻的阻值及允许误差。电阻的色环标志主要用于小型电阻中。电阻色环标志分普通电阻和精密电阻，普通电阻用四环色表示，精密电阻用五环色表示。电阻的色环标志法如图 1-4（a）所示。

在图 1-4 中，四环色标志电阻的第一环色表示电阻阻值从左至右的第一位数字，第二环色表示电阻阻值从左至右的第二位数字，第三环色表示电阻阻值的倍率，第四环色表示允许误差。

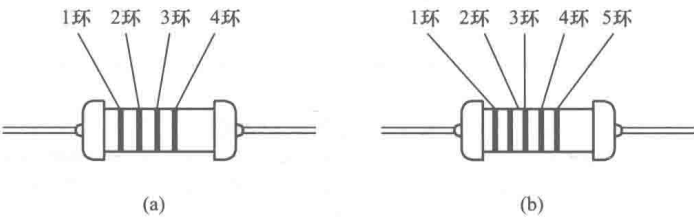


图 1-4 电阻的色环标志法
(a) 四环色；(b) 五环色

例如：某四环色电阻的第一环为黄色，第二环为红色，第三环为棕色，第四环为银色，则表示该电阻阻值为 420Ω，允许误差为±5%。电阻四环色标志法意义见表 1-10。

表 1-10 电阻四环色标志法意义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
第一环色有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—	—
第二环色有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—	—
第三环倍率（×10 ⁿ ）	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—1	—2	
第四环色允许误差	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+50% -20%	±5%	±20%

五环色标志电阻的第一环色表示电阻阻值从左至右的第一位数字，第二环色表示电阻阻值从左至右的第二位数字，第三环色表示电阻阻值从左至右的第三位数字，第四环色表示电阻阻值的倍率，第五环色表示允许误差。

例如：某五环色电阻第一环为棕色，第二环为红色，第三环为棕色，第四环为银色，第五环为红色，则表示该电阻阻值为 1.21Ω，允许误差为±2%。电阻五环色标志法意义见表 1-11。

表 1-11 电阻五环色标志法意义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银
第一环色有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—
第二环色有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—
第三环色有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—
第四环倍率 ($\times 10^n$)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-1	-2
第五环色允许误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	—	—	—	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.1\%$	—	—	—	—

1. 1. 3 电阻的测量

前面叙述了电阻的识别，但有时也会遇到电阻无任何标记，或要对某些未知的电阻进行测量等，此时要进行电阻的测量。

电阻测量的方法有三种：万用表测量法、直流电桥测量法、伏安表测量法。

一、用万用表测量电阻阻值

万用表是测量电阻的常用仪表，万用表测量电阻法也是常用的测量方法，它具有测量电阻值方便、灵活等优点，但测量精度低。所以在需要精确测量电阻值时，一般采用直流电桥进行测量。

用万用表测量电阻时应注意以下几点。

(1) 测量前万用表欧姆挡调零。万用表欧姆挡调零就是在万用表选择欧姆挡后，将万用表的红表笔和黑表笔短接，调节万用表上的“欧姆调零”旋钮，使万用表指针指在 0Ω 上。万用表欧姆挡调零是测量电阻值之前必不可少的，而且万用表欧姆挡有 $R\times 1$ 、 $R\times 10$ 、 $R\times 100$ 、 $R\times 1k$ 、 $R\times 10k$ 五挡，万用表每转换一挡后，都要进行调零处理，否则在测量时会出现较大的误差。

(2) 选择适当的量程挡次。由于万用表欧姆挡有 $R\times 1$ 、 $R\times 10$ 、 $R\times 100$ 、 $R\times 1k$ 、 $R\times 10k$ 五挡，所以在测量时要恰当选择测量挡次，最好使表笔指针在测量电阻时处在表盘满刻度的 $1/2\sim 1/3$ ，此时指针所指示的电阻值较为准确。一般来说，测量几欧姆至几十欧姆的电阻时应选择 $R\times 1$ 挡；测量几十欧姆至几百欧姆的电阻时应选择 $R\times 10$ 挡；测量几百欧姆至几千欧姆的电阻时应选择 $R\times 100$ 挡；测量几千欧姆至几十千欧姆的电阻时应选择 $R\times 1k$ 挡；测量几十千欧姆以上的电阻时应选择 $R\times 10k$ 挡。

(3) 注意测量方法。在进行电阻测量时，手不能同时触及电阻引出线的两端，特别是测量阻值比较大的电阻，否则会由于手的电阻并入而造成较大的测量误差；在进行小阻值电阻测量时，应特别注意万用表表笔与电阻引出线是否接触良好，如有必要应用砂布将被测量的电阻引脚氧化层擦去，然后再进行测量，否则也会因氧化层造成接触不良引起较大的测量误差。电阻在进行在线测量时，应在断电的情况下进行，并将电阻的一端引脚从电路板中焊拆下来，然后再进行测量。

二、用直流电桥测量电阻阻值

万用表欧姆挡测量电阻值时，只能测量电阻的大约阻值，对于需要精确测量其电阻阻值时，例如当需要测量电动机绕组的直流电阻或电力变压器低压侧的直流电阻以及电子电路中的精密电阻阻值时，万用表则显得无能为力了。此时需要用直流电桥进行测量。

直流电桥分为单臂电桥和双臂电桥。单臂电桥适合于测量中阻值的电阻值（阻值范围为 $1 \sim 9999000\Omega$ ）；双臂电桥适合于测量低阻值的电阻值（阻值范围为 $0.0001 \sim 11\Omega$ ）。

直流单臂电桥和直流双臂电桥的具体测量方法请参阅有关书籍或直流单臂和双臂电桥的使用说明，由于篇幅所限，本处不作详细讨论。

三、用伏安表测量电阻阻值

伏安表测量电阻法如图 1-5 所示。在图 1-5 中， R_V 为电压表的内阻， R_A 为电流表的内阻， R_X 为被测电阻。其中图 1-5 (a) 所示的接线图用于在当 $R_A \ll R_X$ 时电阻 R_X 的阻值测量；当 $R_V \gg R_X$ 时，则使用图 1-5 (b) 接线图测量被测电阻 R_X 的阻值。

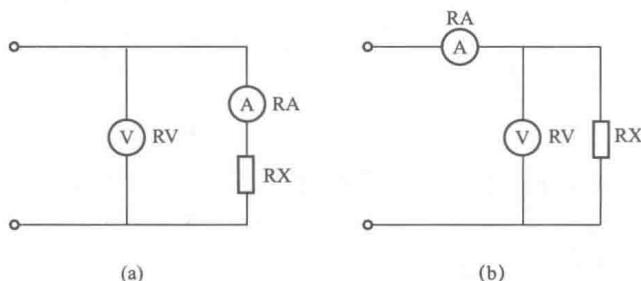


图 1-5 伏安表测量电阻法

(a) $R_A \ll R_X$ 时的接线；(b) $R_V \gg R_X$ 时的接线

当通入一定电压时，通过读出线路中电压表及电流表的电压和电流的读数，利用欧姆定律即可计算出被测电阻 R_X 的电阻值

$$R_X = U/I$$

伏安法测量电阻值的范围为 $1\Omega \sim 0.1M\Omega$ 。

1.1.4 电位器

电位器为调整电子电路中某点电位的元件，通过调整电位器旋钮的位置，可调节电位器的阻值，从而使电子电路中某点的电参数得到相应的改变。

一、电位器的分类

电位器按其制造材料可分为：线绕式电位器和非线绕式电位器。

按其结构形式可分为：单圈电位器、多圈电位器、单联电位器、双联电位器、多联电位器、带开关电位器、锁紧电位器和非锁紧电位器等。

按其调节方式不同可分为：旋转式电位器、直滑式电位器。

二、电位器的参数

电位器的参数主要有三项：标称阻值、额定功率、阻值变化规律。

标称阻值：指的是电位器表面标注的阻值。

额定功率：指电位器在直流或交流电路中，当在一定大气压力下和在产品标准规定的温度下，能长期连续工作所允许承受的最大功率。

阻值变化规律：指电位器的阻值随着滑动片触点旋转角度之间的变化关系。

常用的电位器有：WT 系列碳膜电位器、WH 系列合成膜电位器、WS 系列有机实心电位器、WIW1-1、2 系列微调玻璃釉电位器、WH173 小型直滑碳膜电位器、WXD 系列多圈线绕电位器等。

三、电位器的测量

(1) 电位器标称阻值测量。电位器有三块引线片：两端片和中心抽头触片。测量其标称阻值时，选择万用表欧姆挡适当量程，用万用表两表笔搭在电位器两端片上，万用表指针所指的电阻数字即为电位器的标称阻值。

(2) 性能测量。性能测量主要测量电位器的中心抽头触片与电阻体接触是否良好。测量时，将电位器的中心触片旋至电位器的任意一端，选择万用表欧姆挡适当量程，将万用表的一表笔搭在电位器两端片的任意一片上，另一表笔搭在电位器的中心抽头触片上。此时，万用表上的读数应为电位器的标称阻值或为 0Ω 。然后缓慢旋转电位器的旋钮至另一端，万用表的读数会随着电位器旋钮的转动从标称值连续不断下降或从 0Ω 连续不断上升，直至下降至 0Ω 或上升至标称阻值。

在旋转电位器旋钮的过程中，万用表的指针上升或下降滑动应平稳，无跳动或跳跃现象，且旋转时，电位器无过松或过紧的感觉等。

1.2 电 容 器

电容器在电子电路中起到隔直流通交流的作用，即对直流电路呈现出很大的阻抗，而对交流电路呈现很小的阻抗。电容器在电子电路中主要用于滤波、隔直流电源、作为交流耦合、旁路、与电感元件组成振荡电路等。

1.2.1 电容器的基本知识

一、电容器的符号

电容器在电子电路中的图形符号及文字符号表示法如图 1-6 所示。

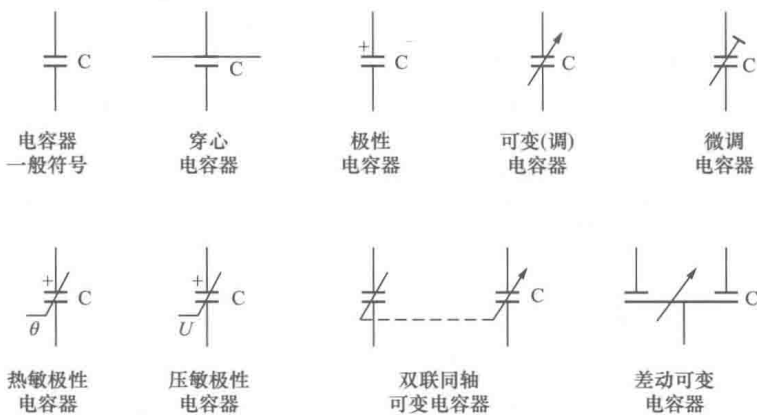


图 1-6 电容器在电子电路中的图形符号及文字符号表示法

二、电容器的标注单位

电容器的常用标注单位有：法拉 (F)、微法 (μF)、皮法 (pF)、也有使用 mF 和 nF 单位进行标注的。它们之间的换算关系为

$$1\text{F} = 10^3\text{mF} = 10^6\mu\text{F}$$

$$1\mu\text{F} = 10^3\text{nF} = 10^6\text{pF}$$

三、电容器的参数

电容器的主要参数有：标称电容量值、允许误差、额定工作电压、漏电阻、漏电电流等。标称电容量值：标在电容器表面上的电容量值。

允许误差：电容器实际电容量值与标称电容量值的允许最大误差范围。电容器的允许误差有