



孙景琪 张锡明 编著

中外照相机 原理与检修

ZHONG WAI ZHAOXIANGJI YUANLI YU JIANXIU

北京工业大学出版社



中外照相机原理与检修

孙景琪 编著
张锡明

北京工业大学出版社

(京)登95第212号

内 容 简 介

本书在介绍各种近代国产及进口相机和闪光灯性能、原理、结构的基础上,详尽地介绍了这些相机和闪光灯经常出现的故障现象、产生原因以及排除措施。

本书的最大特点是内容丰富,深入浅出,图文并茂,有理论有实践,体现在机型多、维修实例多、信息量大、实用性强。书中第一、二章详细地论述了近代电子相机的原理及电路分析,这些内容目前国内尚属少见;第三、四章着重介绍了中外相机由于使用不当造成的“假性故障”;第五、六章以大量的实例(107例)讲述了各种相机卸装程序、检修技巧及注意事项;第七章专门阐述了闪光灯的原理、常见故障及修理方法。

本书适合于广大摄影爱好者、照相机生产技术人员、照相机维修人员阅读,也可作相关专业大、中、专院校师生的参考书。

中外照相机原理与检修

编著 孙景琪 张锡明

*

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

世界知识印刷厂印刷

*

1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷

787×1092毫米16开本 24.5印张 602千字

印数:1~5000册

ISBN7-5639-0500-6/T·52

定价:30.00元

前 言

1954年研制出可与快门联动的曝光表,将电子技术引入了照相机领域,打破了以金属、机械为主体的光、机结构的一统天下。随着电子技术的飞速发展与广泛应用,照相机的电子化程度已越来越高,如今有了自动曝光、自动快门(电子快门)、电子聚焦、电子日期显示与打印、自动卷片、自动或遥控拍摄机构等装置,将照相机推到一个崭新的历史时期。1986年市场上又出现了电脑化照相机,使原有的机械、光学系统面目全非,它利用固体摄像器件CCD将光像信号转换成电信号,经过处理之后,再通过接口电路,用磁记录方式存储在软磁盘上(常用2英寸软盘,每盘可存50张图片),可供重复冲洗和记录,也可将软磁盘上的图像信号通过专用设备在电视屏幕上映出。

电子技术的应用使照相机的功能更加齐全,拍摄质量大为提高,使用更加方便。

现代照相机所涉及的电子技术内容极为广泛,它包含有电磁电路、模拟电路、数字电路、通信电路、遥控遥测电路、计算机的软硬件基础等。要弄清现代照相机的工作过程、掌握它的基本工作原理,就应对电子技术有个基本的认识。为此,本书以尽量少的文字,以最简练的笔墨向读者介绍了电路、电子电路、微型计算机的最基本工作原理,并对现代照相机的组成、自动曝光控制(电子快门)、自动调焦、自动卷片等工作原理及电路作了分析与讨论,又以实际例子对光圈优先快门自动式照相机、快门优先光圈自动式照相机、程序快门自动式照相机中的电子技术作了较详细的描述。

在分析讨论现代照相机电子技术的基础上,本书用了一半以上的篇幅对国内、国外数十种照相机及闪光灯的常见故障进行了分析,并提出了排除故障的手段与方法,维修实例近200例。这些都是作者多年来从事照相机维修工作所积累的心得体会,这对照相机的技术人员、维修人员将会有很大帮助。另外,本书专门设立了“假性故障”一章,讨论了现代照相机中经常出现的由于对照相机了解不够、使用不当、判断不清等不是技术性故障的故障。这一问题的讨论,将有利于照相机使用人员正确无误地使用现代照相机,拍出高质量的作品。

本书共分七章,第一、二、七章由北京工业大学孙景琪教授主编,第三、四、五、六章由北京中国照相馆张锡明技师等主编。参加本书编写工作的还有刘津瑜、么清、么洁、赵紫萍、谢孔设、崔国涛、孙京、陈兆林、金球等。另外,汪啸云和英秀兰、邓立平等同志对本书的出版也做了大量工作。

在本书的编写工作中,中国照相馆的领导曾给予热情指导与帮助,在此我们表示最衷心的感谢。

由于编者水平所限,加之时间匆促,书中难免有错误和不当之处,恳切希望广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

第一章 现代照相机的电学基础	(1)	三、比较器	(44)
第一节 常用电路元件	(1)	第七节 晶体管振荡器	(46)
一、电阻器	(1)	一、变压器耦合正弦波振荡电路	(46)
二、电感器	(3)	二、三点式 LC 正弦波振荡电路	(47)
三、电容器	(5)	三、石英晶体振荡电路	(51)
第二节 直流电路中的几个定律	(6)	四、脉冲间歇振荡电路	(53)
一、欧姆定律	(6)	第八节 电源	(54)
二、基尔霍夫定律	(8)	一、电源组成框图	(54)
三、迭加定律	(9)	二、变压、整流、滤波	(55)
四、戴维南定律 (等效电压源 定理)	(10)	三、稳压管稳压电路	(56)
第三节 交变信号与交流电路	(11)	四、简单串联调整型稳压电路	(57)
一、交变信号的种类与波形	(11)	五、常用串联调整型稳压电路	(58)
二、正弦交流信号	(11)	六、三端集成稳压电路	(59)
三、纯电阻交流电路	(13)	第九节 数字电路基础	(60)
四、电感电路	(14)	一、数制	(60)
五、电容电路	(16)	二、代码、原码、补码、反码	(63)
六、变压器	(19)	三、基本门电路	(65)
七、继电器	(21)	四、TTL 门电路	(69)
第四节 半导体二极管与三极管	(21)	五、三态输出与非门 (三态门)	(70)
一、半导体二极管	(21)	六、常用数字集成电路逻辑符号	(71)
二、半导体三极管	(25)	第十节 数字电路部件	(72)
三、半导体二极管、三极管的简易 测试	(29)	一、组合逻辑电路的分析与设计 实例	(73)
第五节 基本放大电路	(30)	二、编码器	(74)
一、共发射极基本放大电路	(30)	三、译码器	(76)
二、固定偏置共发射极放大电路	(34)	四、数码显示器	(78)
三、射极输出器 (共集电极放大 电路)	(35)	五、触发器	(80)
四、差动放大电路	(36)	六、寄存器	(84)
五、低频功率放大电路	(38)	七、计数器	(86)
第六节 运算放大器及比较器	(39)	八、存储器	(93)
一、概述	(40)	第十一节 微型计算机	(98)
二、运算放大器的应用	(40)	一、概述	(98)
		二、微型计算机的基本组成	(98)
		三、CPU (以模型计算机为例)	(101)
		四、微型计算机的工作过程	(102)

五、计算机的软件	(107)	二、程序快门控制方式分类	(160)
六、键盘	(109)	三、机械程序快门照相机实例——	
七、数码显示器	(110)	长城 PF-1 型	(160)
八、A/D、D/A 变换器	(112)	四、电子程序快门照相机实例——	
第二章 照相机中的电子技术	(116)	青岛 6 型	(162)
第一节 照相机的基本组成	(116)	五、电子程序快门照相机实例——	
一、成像系统(镜头)	(116)	长城柯尼卡 C35EF3 型	(166)
二、曝光量的调节	(120)	六、多模式控制照相机实例——	
三、可控光源	(120)	佳能 A-1 型	(169)
四、取景器与测距器	(121)	第六节 自动调焦(AF)	(170)
五、调焦装置	(122)	一、调焦的几个要素	(171)
六、快门	(122)	二、调焦方法	(172)
七、镜头快门(中心快门)	(122)	三、双像重合式自动调焦	(174)
八、焦平面快门(幕帘快门)	(123)	四、红外线式自动调焦	(176)
九、全自动照相机与传统照相机拍摄		五、超声波测速自动调焦	(177)
流程	(124)	六、相位比较法自动调焦(焦点	
第二节 自动曝光控制(电子		检测方式)	(177)
快门)	(124)	第七节 自动卷片	(179)
一、曝光值的计算	(125)	一、卷片、闪光、曝光的分时工作 ..	(179)
二、自动曝光(AE)过程	(128)	二、自动卷片装置的组成框图	(180)
三、测光电路	(130)	三、自动卷片器	(181)
四、电子快门	(133)	四、自动卷片电路分析	(181)
五、电子程序快门控制电路	(137)	第八节 照相机用微电机	(187)
第三节 光圈优先快门自动式		一、照相机用微电机	(187)
照相机	(143)	二、照相机的电机调速电路	(188)
一、概述	(143)	三、国产照相机电机介绍	(189)
二、光圈优先式自动曝光照相机的		第九节 日历后背	(190)
组成框图	(144)	一、日历后背组成框图	(190)
三、摄美 LS-1 (CIMKO LS-1) 型		二、日历后背电路	(191)
照相机原理电路与分析	(144)	三、故障与检修	(192)
四、康太克斯 RTS 型光圈优先式 AE		第十节 理光 XF-30D 照相机	
照相机	(150)	电路分析	(194)
五、海鸥 DF-300 型光圈优先式 AE		一、理光 XF-30D 照相机的电路	(194)
照相机	(151)	二、理光 XF-30D 照相机的工作原理及	
第四节 快门优先光圈自动式		工作过程	(195)
照相机	(157)	第十一节 现代照相机中的	
一、快门速度与照相机镜头焦距		新技术	(196)
的关系	(158)	一、数字化	(196)
二、快门优先光圈自动式照相机的		二、电动变焦技术	(197)
组成框图	(158)	三、模糊逻辑控制	(198)
第五节 程序快门自动式照相机 ..	(159)	四、条形码与智能卡技术	(198)
一、程序快门曲线	(159)	第三章 照相机的介面部件	(199)

第一节 照相机的常见操作装置 及功能	(199)	一、在严寒地区和冬季相机容易出现 的故障	(222)
第二节 照相机的接口	(201)	二、拍摄中相机突然不动作	(222)
一、接口的作用	(201)		
二、接口的三种类型	(201)		
三、修理接口的注意事项	(203)		
第三节 照相机的液晶显示与 数据后背	(203)		
一、液晶显示实例	(203)		
二、照相机的数据后背	(211)		
第四节 照相机的取景器	(211)		
一、取景器的作用	(211)		
二、取景器的类型	(213)		
三、取景器内的信息显示	(213)		
第五节 照相机用电池	(213)		
一、电池的作用	(214)		
二、常用电池的分类	(214)		
三、电池的选用	(215)		
四、更换电池的注意事项	(215)		
第四章 照相机的“假性故障”	(216)		
第一节 常见“假性故障” 及原因	(216)		
一、概述	(216)		
二、胶片冲洗后的异常现象及 排除措施	(216)		
第二节 使用不当出现的“假性 故障”	(219)		
一、滤色镜使变焦镜头调焦精度 不准	(219)		
二、变焦镜头的焦点漂移	(219)		
三、视场中心的裂像有时发黑	(219)		
四、有些单反相机的镜头卸离机身 后，光圈却不能变化	(220)		
五、尼康 FG 照相机快门速度 正常的条件	(220)		
六、同一闪光灯在不同照相机上 使用造成的“假性故障”	(220)		
七、测光表显示的快门速度比实际 曝光速度高	(220)		
八、摄影镜头“ ∞ ”距离的判定	(221)		
第三节 环境与条件变化引起的 “假性故障”	(222)		
		第五章 国产照相机的修理	(224)
		第一节 海鸥 DF 型单反照相机的 修理	(224)
		一、海鸥 DF 型单反照相机的简介	(224)
		二、海鸥 DF 型照相机的拆卸	(225)
		三、海鸥 DF 型照相机故障修理 6 例	(226)
		第二节 海鸥 DF-1ETM 型照相机的 修理	(232)
		一、概述	(232)
		二、顶盖的拆卸	(232)
		三、元器件电路接线示意图	(232)
		四、故障修理 9 例	(234)
		第三节 凤凰 205 型相机的 修理	(235)
		一、凤凰 205 型照相机的简介	(235)
		二、凤凰 205 型相机故障修理 5 例	(236)
		第四节 美能达(MINOLTA)X-300 型照相机的修理	(244)
		一、概述	(244)
		二、美能达 X-300 型相机故障修理 4 例	(245)
		第五节 摄美 (CTMKO) LS-1 型照 相机的修理	(250)
		一、摄美 LS-1 型照相机简介	(250)
		二、小主体的拆卸	(250)
		三、小主体的机械原理	(251)
		四、如何判断小主体故障	(253)
		五、摄美 LS-1 型相机故障修理 13 例	(253)
		六、组装相机应注意的几个问题	(259)
		第六节 甘光 JG304C 型照相机的 修理	(261)
		一、甘光 JG304C 型照相机简介	(261)
		二、相机电路原理分析	(261)
		三、控制元件——集成电路 M1211	(262)
		四、甘光 JG304C 型照相机故障 修理 4 例	(264)

第七节 青岛 6 型照相机的修理	265	修理	299
一、青岛 6 型照相机简介	265	一、柯尼卡 FT-1 型照相机简介	299
二、快门控制电路及快门组件的拆卸	266	二、柯尼卡 FT-1 型照相机故障修理 3 例	300
三、青岛 6 型照相机故障修理 5 例	267	三、柯尼卡 C35EFP 型照相机简介	302
第八节 虎丘 HQ35-1EE 型照相机的修理	269	四、柯尼卡 C35EFP 型照相机故障修理 2 例	303
一、虎丘 HQ35-1EE 型照相机简介	269	第四节 佳能(CANON)A-1、F-1 型照相机的修理	304
二、虎丘 HQ35-1EE 型照相机故障修理 3 例	270	一、佳能 A-1 型照相机简介	304
第九节 百花 EF-1 型照相机的修理	271	二、佳能 A-1 型照相机故障修理 1 例	304
一、概述	271	三、佳能 F-1 型照相机简介	305
二、百花 EF-1 型照相机故障修理 2 例	272	四、佳能 F-1 型照相机故障修理 1 例	305
第十节 华山 DF-S 型照相机的修理	272	第五节 富兰卡 (FRANKA) X-500 型照相机的修理	306
一、概述	272	一、富兰卡 X-500 型照相机简介	306
二、华山 DF-S 型照相机故障修理 3 例	273	二、富兰卡 X-500 型照相机故障修理 3 例	306
第十一节 华莹 AE-1 型照相机的修理	274	第六节 富士卡(FUJICA)STX-1N 型照相机的修理	308
一、华莹 AE-1 型照相机简介	274	一、富士卡 STX-1N 型照相机简介	308
二、华莹 AE-1 型照相机故障修理 6 例	275	二、照相机的拆卸步骤	309
第六章 进口照相机的修理	280	三、富士卡 STX-1N 型照相机故障修理 14 例	313
第一节 理光 (RICOH) XF-30 型照相机的修理	280	四、富士卡 STX-1N 型照相机零件序号与名称	319
一、理光 XF-30 型照相机简介	280	第七节 闪光富士卡 (FLASH FUJICA) S 型照相机的修理	321
二、理光 XF-30 型照相机故障修理 15 例	283	一、概述	321
第二节 理光 (RICOH) CR-5、CR-10 型照相机的修理	295	二、闪光富士卡 S 型照相机故障修理 3 例	322
一、理光 CR-5 型照相机简介	295	第八节 玛米亚 (Mamiya) ZM、ZE-2 型照相机的修理	323
二、理光 CR-5 型照相机故障修理 2 例	295	一、玛米亚 ZM 型照相机简介	323
三、理光 CR-10 型照相机简介	297	二、玛米亚 ZM 型照相机故障修理 2 例	323
四、理光 CR-10 型照相机故障修理 2 例	297	三、玛米亚 ZE-2 型照相机简介	326
第三节 柯尼卡 (KONICA) FT-1、C35EFP 型照相机的修理	299	四、玛米亚 ZE-2 型照相机故障修理 2 例	326
		第九节 奥林巴斯 (OLYMPUS) OM-20 型照相机的修理	327

一、奥林巴斯 OM-20 型照相机	
简介	(327)
二、奥林巴斯 OM-20 型照相机故障	
修理 4 例	(327)
第十节 雅西卡 (YASHICA) FX-3	
型照相机的修理	(330)
一、雅西卡 FX-3 型照相机简介	(330)
二、雅西卡 FX-3 型照相机故障修理	
2 例	(330)
第七章 电子闪光灯的原理与维修	(333)
第一节 闪光灯管的构造与工作	
原理	(334)
一、基本构造	(334)
二、闪光灯管的发光原理	(335)
三、闪光灯管的发光特性与分类	(335)
第二节 电子闪光灯的电路及工	
作原理	(336)
一、电子闪光灯的原理电路	(336)
二、电子闪光灯的典型电路	(338)
三、普及型电子闪光灯电路主要	
元器件参数	(340)
第三节 自动调光、自动闪光的	
闪光灯	(341)
一、自动调光闪光灯的组成框图	(342)
二、自动调光闪光灯的电路形式	(342)
三、自动闪光的工作原理与电路	(345)
第四节 电子闪光灯的使用	
与维修	(347)

一、使用与维修	(347)
二、电子闪光灯维修注意事项	(348)
三、电子闪光灯常见故障的分析	
与修理	(348)
四、电子闪光灯常见故障的综合	
分析与处理	(352)
五、闪光灯故障检修 18 例	(355)
附录	(360)
附录 1 照相机上常见符号	
及含义	(360)
附录 2 照相机上常见数字	
的含义	(361)
附录 3 照相机有关英文和汉语拼音	
缩写的含义	(362)
附录 4 国外照相机、摄影镜头	
生产厂商中外文名 (牌)	
对照表	(371)
附录 5 国内外主要单反照相机	
镜头互换表	(373)
附录 6 国内外常见 135 单镜头反	
光照相机卡口一览表	(374)
附录 7 各国感光度对照表	(376)
附录 8 照相机常用电池互	
换表	(377)
附录 9 照相机常用粘合剂	(379)
附录 10 照相机常用塑料及其	
溶剂表	(379)

第一章 现代照相机的电学基础

照相机是光、机、电一体化的精密光学仪器。随着电子技术的发展与应用,照相机的电子化程度已越来越高,如自动曝光、电子快门、电子调焦、自拍结构、电子显示、自动卷片等,这些电子装置在很大程度上减少了机械结构和操作动作,使初学照相的人也能用电子化的照相机拍出较好的照片。

任何复杂的照相机,其电子电路和有关系统总是由最基本的元器件及集成电路组成的。本章即由此入手,从最简单的元器件开始,再一步步作深入介绍,为进一步学习近代照相机中的电子技术准备条件、打好基础。

近代照相机的有关电学基础涉及电工学、电机学、电子电路、脉冲数字电路、计算机、遥控技术等诸多学科,内容十分广泛,资料异常丰富。但由于本书篇幅所限,不可能对上述学科一一介绍,只能根据近代照相机中经常用到的电子技术作一简单的、系统的叙述。

第一节 常用电路元件

近代照相机中常用的电子元件主要有电阻器、电感器、电容器、变压器、继电器、开关等。下面将分别对这些元件作一简单的介绍。有关半导体器件,如晶体二极管、三极管等将在以后各节中讨论。

一、电阻器

电阻器是电子电路中最基本、最常见的一种电子元件,它的主要作用是分流、分压以及作放大器或信号源的负载。

1. 电阻器的符号与单位

电阻器常以英文字符 R 表示,它的基本单位是欧姆 (Ω),辅助单位有千欧姆 ($k\Omega$)、兆欧姆 ($M\Omega$)、吉欧姆 (GM) 等,它们的关系为

$$1k\Omega = 10^3\Omega = 10^{-3}M\Omega \quad 1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

$$1G\Omega = 10^3M\Omega = 10^6k\Omega = 10^9\Omega$$

根据国家标准规定,常用电阻器的电路图形符号如图 1-1.1 所示。

2. 电阻器的分类

电阻器的分类一般是根据电阻体的材料或电阻器的用途来区分的。常用的电阻器有碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、实芯电阻器和线绕电阻器等多种,下面对几种常用在照相机电路中的电阻器作一简单介绍。

(1) 碳膜电阻器 (RT) 这种电阻器的阻值范围很宽,电阻值也很稳定,受电压和频率的影响小,电阻温度系数不大并且是负值,其价格很便宜,目前是我国生产量最大、用途最广的通用电阻器。

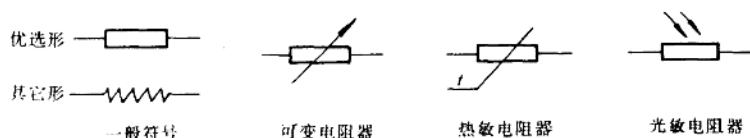


图 1-1.1 常用电阻器电路图形符号

(2) 金属膜电阻器 (RJ) 金属膜电阻器比碳膜电阻器阻值精度更高, 稳定性更好, 且噪声小, 温度系数小, 工作环境温度范围宽, 耐高温, 耐负载而且体积小, 价格稍贵, 这种电阻器是经常使用的。

(3) 金属玻璃釉电阻器 (RI) 这种电阻器又称金属陶瓷电阻器或厚膜电阻器, 其特点是阻值范围宽, 电阻温度系数小, 耐潮湿, 耐高温, 在厚膜电路中得到广泛应用。

(4) 熔断电阻器 这种电阻器有两种功能: 在电路正常工作时, 它起电阻作用; 电路过载时, 由于电流过大, 会迅速熔断, 它起熔丝作用。这种电阻器广泛用于彩色电视机等高档电器产品及仪器仪表中。

(5) 热敏电阻器 (MZ、MF) 这是一种电阻值随温度变化而变化的电阻器, 在工作温度范围内, 其电阻值随温度升高而增加的电阻器称为正温度系数热敏电阻器, 简称 PTC 热敏电阻器; 反之称为负温度系数热敏电阻器, 简称 NTC 热敏电阻器。

(6) 光敏电阻器 这是一种电导率随吸收光量子多少而变化的电子元件。它是利用半导体光电效应特性制成的一种半导体电阻器件。当某种半导体受到光照时, 载流子浓度增加, 电阻值减小; 当无光照或光照甚弱时, 载流子浓度减小, 电阻值增加。根据光敏电阻器的光谱特性, 光敏电阻器可分紫外光光敏电阻器、可见光光敏电阻器、红外光光敏电阻器。在照相机的自动曝光装置中要用到可见光光敏电阻器。

3. 电阻值的色标法

色标法是用不同颜色的色带 (环) 或色点在电阻器表面标出标称阻值和允许误差的一种方法。

(1) 普通电阻器的色标法 普通电阻器用 4 条色带 (环) 表示标称电阻值和允许的偏差, 如图 1-1.2 所示, 其中前 3 条色带表示阻值, 最后一条表示偏差。靠近电阻器一端的为第一条色带, 远离一端的为最后一条, 电阻值及其误差与色带颜色的关系可由图 1-1.2 的表中看出。

(2) 精密电阻器的色标法 精密电阻器用 5 条色带表示标称电阻值和允许的偏差, 如图 1-1.3 所示, 其中前 4 环色带表示阻值, 最后一环表示偏差, 图中电阻值的单位均为欧姆 (Ω)。

例如, 有一 4 条色带的电阻器, 由一端头开始, 色带的颜色分别是棕、白、棕、银, 则此电阻器的标称阻值和偏差必为 $190\Omega \pm 10\%$ 。

有一 5 条色带的电阻器, 由一端头开始, 色带的颜色依次为红、蓝、绿、黑、棕, 则此电阻器的标称阻值和偏差必为 $265\Omega \pm 1\%$ 。

有一 5 条色带的电阻器, 由一端头开始, 色带的颜色依次为棕、紫、绿、金、银, 则此电阻器的标称阻值和偏差必为 $17.5\Omega \pm 10\%$ 。

4. 电路的串、并联

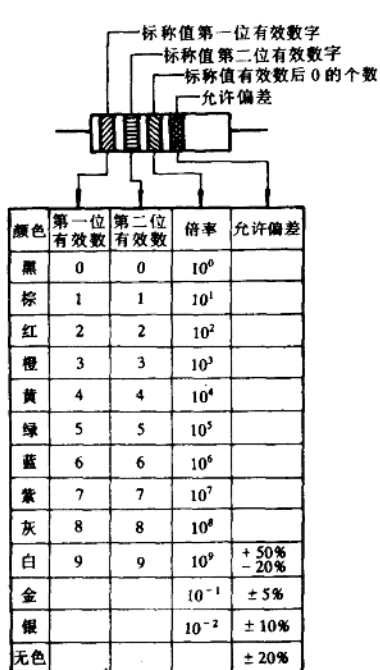


图 1-1.2 普通电阻 4 色带色标法
(两位有效数字色标法)

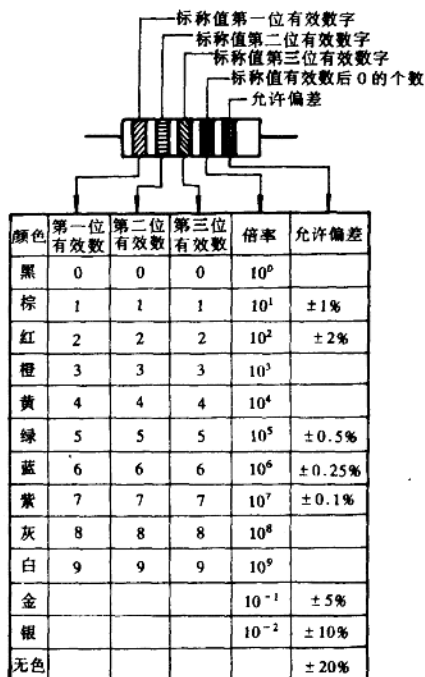


图 1-1.3 精密电阻 5 色带色标法
(三位有效数字色标法)

(1) 电阻的串联 两电阻串联，其总电阻为两电阻之和，即 $R = R_1 + R_2$ ，其等效电路如图 1-1.4 所示。

(2) 电阻的并联 两电阻并联，其总电阻要比任一电阻都小，其值为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

其等效电路如图 1-1.5 所示。

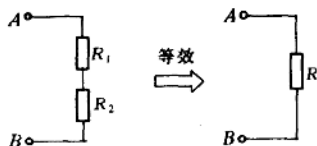


图 1-1.4 电阻的串联

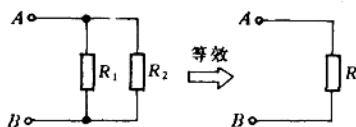


图 1-1.5 电阻的并联

二、电感器

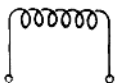
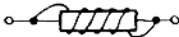
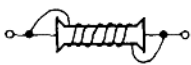
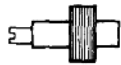
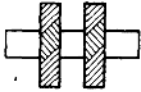
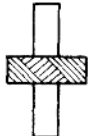
电感器是由漆包线、纱包线、塑包铜线等绕制而成的电路元件，通常为线圈形式。电感线圈可以是空心的，也可以装有铁心或磁芯。铁芯线圈的电感量较大，可达几亨利至几十亨利。磁芯线圈的电感量低一点，一般在几微亨至几毫亨之间。空芯线圈的电感量很小，通常在 0.1 至几微亨范围内。铁芯电感器常用在电源滤波电路和低频系统中，磁芯电感器和空芯

电感器则用在通信、广播、电视或高频系统中。电感器属非标称元件，很难买到所需值的电感元件，所以通常由设计或维修人员自己设计制作。

1. 典型小电感线圈外形及参数表

表 1-1.1 列出了常见的小电感线圈的外形、绕制数据及电感量的大致值，供读者参考。

表 1-1.1 电感线圈实例

电感线圈外形示意	结 构 参 数	电 感 量
	7 匝，直径为 1.0mm 的裸制线，线圈直径为 10mm，线圈长为 15mm，空芯间绕	$0.22\mu\text{H}$
	13 匝，直径为 0.61mm 的漆包线，骨架为 1/2W、阻值为 68k Ω 的碳膜电阻，密绕	$0.22\mu\text{H}$
	35 匝，直径为 0.21mm 漆包线，骨架为直径 3mm 的塑料棒（塑料、聚四氟乙烯等材料），密绕	$10\mu\text{H}$
	70 匝，直径为 0.42mm 漆包线，绕在外径为 14mm 的铁氧体圆磁环上	0.26mH
	150 匝，用 7 $\times$ 14 绞合线，骨架为直径 6mm 的陶瓷管，绕成峰房式或饼式多层线圈	$0.4\sim 0.9\text{mH}$
	100 匝，二个饼式或峰房式绕组，绕组芯子直径为 4mm，用 7 $\times$ 14 绞合线绕制，二绕组串接	0.9mH
	120 匝，单股丝包铜线，绕组芯子直径为 4mm，绕成一个饼式或峰房式线圈，36 股丝包线绕制	1mH

2. 电感器的符号与单位

电感器的符号为英文 L ，其电路符号如图 1-1.6 所示（国家标准）。

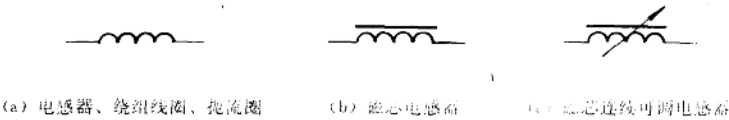


图 1-1.6 电感器的电路符号

电感器的基本单位是亨利 (欧·秒), 以英文字母 H 代表。实际应用中常常碰到比亨利小的电感量单位, 如毫亨利 (mH)、微亨利 (μH), 它们之间的关系是:

$$1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$$

$$1\text{mH} = 10^{-3}\text{H}, 1\mu\text{H} = 10^{-6}\text{H}$$

三、电容器

电容器是电子电路中一个主要元件, 它能对信号起旁路、耦合、滤波、选频等作用。

1. 电容器的符号与单位

电容器的符号为英文 C, 其电路符号如图 1-1.7 所示。

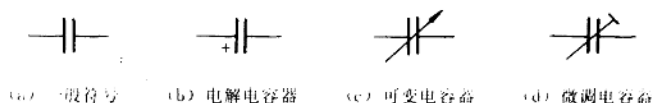


图 1-1.7 电容器的电路符号

电容器的基本单位是法拉, 以英文字母 F 代表。法拉的单位太大, 常见的电容器其容量一般很小, 均以微法拉 (μF)、纳法拉 (nF)、皮法拉 (pF) 表示, 其间的关系为

$$1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$$

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}, 1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}, 1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

2. 电容器的容量计算式

从根本上来说, 电容器实际上是一个存储电量 (电荷量) 的容器, 这和水缸能存储水是一个道理。

从原理上来讲, 电容器是由两块平行的金属板 (片), 在中间加介质 (空气或某种绝缘材料) 而构成的。金属板的面积 S 越大, 电容器的容量就越大, 两金属板间的间距 d 越小, 电容量也越大。另外, 介质常数 ϵ 愈大, 电容量也愈大, 其关系式为

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

· 电容量的另一计算式是:

$$C = \frac{q}{V}$$

式中, q 是电容器上所存储的电荷量, V 是电容器两端的电压值。很显然, 在电压 V 为一定值时, 所存的电荷量 q 值愈大, 则电容器的容量 C 就愈大, 二者成正比。这和水缸中的水位为一定高时, 水缸所存水的多少必定与水缸的大小 (容量) 成正比是一个道理。

3. 电容器的分类

电容器的种类较多, 分类方法也有多种, 例如, 可按电容量是否可调来分, 也可以电介质的不同来分。在电子化照相机中常用的电容器及其特点大致如下:

(1) 金属化纸介电容器 主要特点是体积小、重量轻、耐压高、容量较大, 有自愈作用, 即当介质发生局部击穿后, 经自愈作用, 其电性能可立即恢复击穿前的状态, 但绝缘性能要差一点。金属化纸介电容器的工作频率较低, 一般不超过几十千赫兹 (Hz)。

(2) 塑料薄膜电容器 根据其介电材料的不同, 这类电容器又有多种形式, 如聚脂薄膜电容器 (即涤纶电容器), 其容量较大, 体积较小, 但不宜在高频电路中使用; 聚四氟乙烯电

容器，容量很小，一般在 $0.5 \sim 5.1 \text{pF}$ 之间，价格贵，适用于高温、高绝缘、高频等场合；聚丙烯薄膜电容器，其特点是体积小，容量范围很大，容量在 $0.001 \sim 12 \mu\text{F}$ 之间时，耐压值在 $63 \sim 1600 \text{V}$ 左右，常用于交流、耦合、滤波、激光等电路中。

(3) 云母电容器 这是优质电容器，主要特点是稳定性好，可靠性高，耐压可高达数千伏，电容量的范围在 $10 \text{pF} \sim 0.062 \mu\text{F}$ 之间，但容量较大的云母电容其体积也比较大。这是一大缺点。另外，云母电容器的价格也较贵。

(4) 瓷介电容器 这是应用较广的一种电容器，在照相机电路中常用的是低压、低功率瓷介电容器，其主要特点是体积小，具有良好的稳定性，能长期工作而不老化，且绝缘性能好、结构简单、易于生产，容量在 $1 \text{pF} \sim 0.033 \mu\text{F}$ 之间，耐压可高达 10kV 。

(5) 铝电解电容器 主要特点是容量大，可高达 $1 \times 10^4 \mu\text{F}$ ，有正、负极性，使用时不可弄错，其耐压可从几伏至几百伏量级，但耐压高、容量大的电解电容其体积也大，且这种电容损耗也较大，工作寿命也比前几种电容器短得多。

(6) 钽电解电容器 主要特点是体积小、容量大，漏电流小、绝缘电阻高，性能稳定、寿命长，可长期贮存使用，也有正、负极性之分，但价格较贵。

4. 电容器标称容量的标志

常见的电容量的标志如表 1-1.2 所示。

表 1-1.2 电容器标称容量的标志

标称电容量	文字符号 (标志)	标称电容量	文字符号 (标志)
0.1pF	p10	$1 \mu\text{F}$	1 μ 0
0.33pF	p33	$3.32 \mu\text{F}$	3 μ 32
1pF	1p0	$10 \mu\text{F}$	10 μ
3.32p	3p32	1mF	1m0
10p	10p	1F	1F0
33.2p	33p2		
100p	100p	$0.1 \mu\text{F}$	101
1nF	1n0	$0.01 \mu\text{F}$	102
3.32nF	3n32	$0.001 \mu\text{F}$	103
10nF	10n	$0.0001 \mu\text{F}$	104
100nF	100n	(100pF)	

第二节 直流电路中的几个定律

一、欧姆定律

电路中，电阻上电压 V 等于电阻 R 与所流过电流 I 之乘积，这个定量关系就是欧姆定律，其表达式为

$$V = IR$$

或

$$I = \frac{V}{R}, \quad R = \frac{V}{I}$$

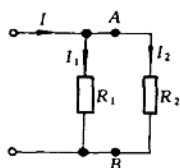
(1) 电压、电流的单位 电压的基本单位是伏特，简称伏（以英文字母 V 表示），常用的电压单位还有 mV 、 μV ，它们之间的关系为

$$1\text{kV}=10^3\text{V}, \quad 1\text{mV}=10^{-3}\text{V}, \quad 1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V}$$

电流的单位是安培,简称安(以英文字母 A 表示),常用的电流单位还有 mA、 μA ,它们之间的关系为

$$1\text{mA}=10^{-3}\text{A}, \quad 1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$$

(2) 电阻的分压 图 1-2.1 中,电压 V 在电阻 R_1 、 R_2 上的分压为



$$V_{AB} = \frac{V}{R_1 + R_2} R_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{BC} = \frac{V}{R_1 + R_2} R_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

若求 V_{BA} 、 V_{CB} , 则为

$$V_{BA} = -V_{AB}, \quad V_{CB} = -V_{BC}$$

图 1-2.1 电阻分压

总之,电阻分压时,电阻愈大,分得的电压愈高。电压是个有方向的量,其值可正可负,例如 $V_{AB}=10\text{V}$, 则 $V_{BA}=-10\text{V}$ 。

(3) 电阻的分流 图 1-2.2 中,电流 I 在电阻 R_1 、 R_2 支路上的分流为 I_1 、 I_2 , 其值为

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

上式证明:先求出 AB 间的总电阻,再求出 AB 间的总电压 V_{AB} ,最后用 V_{AB} 除以 R_1 、 R_2 可求得 I_1 、 I_2 , 即

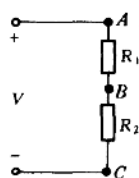


图 1-2.2 电阻分流

$$R = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{AB} = IR = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

可得

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

可见,电阻分流时,大电阻支路中分得的电流小,小电阻支路中分得的电流大。二支路电流 I_1 、 I_2 之和等于总电流 I , 即 $I = I_1 + I_2$ 。

例 1 求图 1-2.3 各电路中指定支路上的电流 I 。

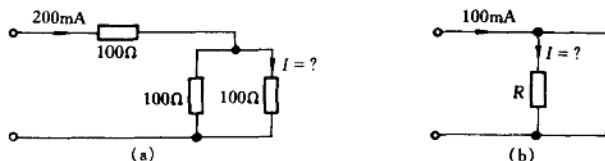


图 1-2.3 分流支路中的电流计算

在图 1-2.3(a) 中,由于两分流电路的电阻值相等,因此分得的电流也相等,为总电流的一半,故有

$$I = \frac{200\text{mA}}{2} = 100\text{mA}$$

在图 1-2.3(b) 中, 两支路中有一支路短路, 则 R 支路的电流 $I=0$ 。

(4) 功率的计算 电阻上的功率等于该电阻上电压与电流的乘积, 即

$$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2 R$$

功率的基本单位是瓦 (W), 常用功率单位还有 kW、mW、 μW , 它们之间的关系为

$$1\text{kW} = 10^3\text{W}, \quad 1\text{mW} = 10^{-3}\text{W}, \quad 1\mu\text{W} = 10^{-6}\text{W}$$

二、基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫第一定律

也称克希荷夫第一定律, 这是节点电流定律, 常以 “KCL” 英文缩写代表之。这一定律的定义是: 在电路中的任一节点, 流入的电流之和等于从这个节点流出的电流之和。如在图 1-2.4 中, 按此定律, 必定存在下述关系:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

也可写成:

$$I_1 + I_2 + I_3 + (-I_4) + (-I_5) = 0$$

因此, 基尔霍夫第一定律也可以定义为: 对于电路中的任一节点, 电流的代数和为零, 可写成:

$$\sum I = 0$$

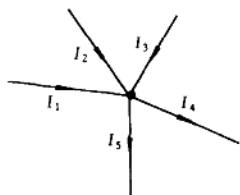


图 1-2.4 节点电流定律

例 2 在图 1-2.4 中, 若 $I_1=2\text{A}$, $I_2=8\text{A}$, $I_4=4\text{A}$, $I_5=5\text{A}$,

试求 $I_3=?$

根据 KCL 第一定律, 可知

$$I_3 = I_4 + I_5 - I_1 - I_2 = 4 + 5 - 2 - 8 = -1\text{A}$$

$I_3=-1\text{A}$, 表明图中所设的 I_3 的方向与实际电流方向相反, 即 I_3 支路中电流不是流入节点, 而是流出节点。

2. 基尔霍夫第二定律

也称克希荷夫第二定律, 这是回路电压定律, 常以 “KVL” 英文缩写代表之。这一定律的定义是: 电路的任一闭合回路中, 电压升 (包括电压源) 之和等于电压降之和。或者说, 在电路的任一闭合回路中, 各部分电压的代数和等于零。在图 1-2.5 中, 按此定律, 存在下述关系:

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

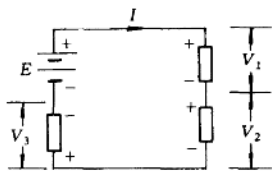


图 1-2.5 回路电压定律

也可写成:

$$E + (-V_1) + (-V_2) + (-V_3) = 0$$

例 3 已知图 1-2.6 电路中各电源电压及各电阻值, 试求 V_{AB} 、 V_{DC} 、 V_{BO} 。

在回路中, 按电流 I 的实际方向, 列出基尔霍夫第二定律方程, 其中将两个独立电源电压按实际方向归纳在一起作为电压升, 而电流 I 在各电阻上的电压为电压降, 则电路方程为

$$E_1 + E_2 = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} \quad (\text{电压升等于电压降})$$

$$E = E_1 + E_2 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR$$