

高等学校电子信息类专业“十二五”规划实践教材

电子线路实验

陈南 等编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子信息类专业“十二五”规划实践教材

电子线路实验

陈 南 易运晖 贺小云 商 鹏

编著

梁晓霞 王 璟 何先灯 白 明

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共分为六个部分：第一部分为低频电子线路实验，包含八个实验；第二部分为数字电子线路实验，包含九个实验；第三部分为高频电子线路实验，包含四个实验；第四部分为电子线路综合实验，包含三个实验；第五部分介绍了常用仪器的主要技术指标及使用方法；第六部分介绍了常用 EDA 软件。书中还留有专门的原始数据记录页，方便读者在实验中使用。

本书可作为高等学校电子、电气类各专业学生的实验教材，也可作为其他各专业学生理解和掌握电子线路实验知识的教材或教参，还可作为广大电子行业工作者和电子爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实验/陈南等编著. —西安：西安电子科技大学出版社，2012.11

高等学校电子信息类专业“十二五”规划实践教材

ISBN 978-7-5606-2923-0

I. ① 电… II. ① 陈… III. ① 电子电路—实验—高等学校—教材 IV. ① TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 212070 号

策划编辑 张 媛

责任编辑 张 玮

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17.5

字 数 415 千字

印 数 1~2000 册

定 价 30.00 元

ISBN 978-7-5606-2923-0/TN · 0673

XDUP 3215001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

前 言

实践是工程最本质的属性，是理论研究的出发点和归宿点，是知识、能力、素质三位一体培养方案中的重要一环。高等教育要回归工程，就必须加强实践教学。“电子线路实验”是一门理论性和实践性都很强的工程技术基础课。因此，对于电子信息类专业的学生，掌握这门课程的基本实验理论、加强实践能力的培养就显得十分重要。

“电子线路实验”课的主要任务是培养学生的基本实验技能和工程素质，使学生初步掌握电子线路的测试、调整和工程设计的方法、技能，并初步具备工程实践的能力。

根据上述要求，编者遵照现行电子线路实验教学大纲，本着理论与实践相结合、硬件与软件相结合、验证性实验与综合性实验相结合以及课内与课外相结合的原则，安排和设计了本书的内容。考虑到读者在前期课程(如物理实验)中已经学习了包括误差在内的实验数据的处理知识，本书省略了这部分内容。

本书是西安电子科技大学国家级电工电子实践教学示范实验中心系列实验教材之一，可用于电子线路实验课程教学，亦可用于相应的课程设计、综合设计等教学环节。教材的部分内容可配合西安电子科技大学实验中心自主研制定型的系列实验板使用，也可以使用其他类似实验装备。本书可作为高等学校电子、电气类各专业学生的实验教材，也可作为其他各专业学生理解和掌握电子线路实验知识的教材或教参，还可作为广大电子行业工作者和电子爱好者的参考书。

本书由陈南教授负责全书内容的编排。王璟、梁晓霞、贺小云和白明编写了第一部分，商鹏和何先灯编写了第二部分，陈南编写了第三部分，易运晖编写了第四部分，陈南、贺小云、梁晓霞和白明编写了第五部分，易运晖、何先灯编写了第六部分。陈南、易运晖、商鹏、贺小云对原稿进行了最后的修订。这些编者均具有长期从事电子线路实验教学经验。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请读者指正。

编 者
2012 年 3 月

目 录

预备知识	1
第一部分 低频电子线路实验	17
实验一 RC 耦合单管放大器	18
实验二 场效应管实验	23
实验三 负反馈放大器	29
实验四 音频功率放大器	35
实验五 集成稳压电源	41
实验六 差动放大器	49
实验七 集成运算放大器应用	55
实验八 语音放大器实验	65
第二部分 数字电子线路实验	71
实验一 逻辑门功能测试	72
实验二 组合逻辑电路设计	79
实验三 编码器与译码器	85
实验四 数据选择器	93
实验五 计数器与译码显示	99
实验六 同步时序电路设计	105
实验七 D/A 与 A/D 变换	111
实验八 自动电梯控制器	121
实验九 简易数字频率计	123
第三部分 高频电子线路实验	133
实验一 高频谐振功率放大器	134
实验二 高频 LC、压控及晶体振荡器	141
实验三 模拟乘法器实验	147
实验四 相位鉴频器实验	159
第四部分 电子线路综合实验	167
实验一 程控增益放大器	169
实验二 简易幅频特性测量仪	173
实验三 简易自寻迹小车的设计	179
第五部分 常用仪器的主要技术指标及使用方法	185

一、元器件测量仪器	186
二、信号发生器	192
三、示波器	201
四、频率计数器	219
五、电压表	223
六、直流稳压电源	228
七、频率特性测试仪(扫频仪)	230
第六部分 常用 EDA 软件	233
一、Electronics Workbench	234
二、Protel	250
三、Quartus II	260
四、ModelSim	267
参考文献	273

预 备 知 识

实验是研究自然科学的重要方法。电子信息类专业设置“电子线路实验”课有三个目的：

第一，通过实验，使学生能验证、巩固和补充所学的理论知识。

第二，通过实验，使学生受到实验方法的训练和实验技能的培养。为此，要求学生通过实验，熟悉常用仪器的工作原理和使用方法，并掌握基本的电子测量技术；对于实验的数据和结果具有初步整理和分析的能力，并能绘制工整的电路图、曲线和写出合乎要求的实验报告等；培养严谨、实事求是的科学作风和爱护公共财物的优良品德。

第三，使学生初步掌握电子线路的设计、组装、调整和测试能力。

一、实验准备

(1) 预习实验指导书。

(2) 根据实验指导书提出的要求，完成规定电路的设计和理论计算。必要时，写出简明的实验预习报告。

(3) 熟悉测试仪器，明确各项实验的任务。

二、实验规则

为了收到预期的教学效果，凡进行本课程实验的学生，都必须遵守下列规则：

(1) 按照实验课表或预约的时间来做实验，不得迟到早退。有病或有事必须事先请假。

(2) 要保持实验室的安静与清洁卫生，实验室内禁止吸烟、大声喧哗。每批实验完成后，要按照任课老师的要求打扫卫生。

(3) 本实验全程实行单人单桌。请同学按编好的实验小组对号入座，不得随意更换座位。

(4) 做实验前先清点工具和器材，发现缺少或损坏应及时报告老师。未经许可不得打开别人的抽屉拿走他人的工具、器材。实验完成要请任课老师检查一遍，没有问题方可离开实验室。

(5) 实验完成后，必须将烙铁的电源断开，关闭所有仪器，拆除实验电路连线，仪器面板上的连线及后面的电源线不必拔掉，仪器、凳子都要放置整齐后方可离开实验室。

三、安全技术

(1) 学生在第一次进入本实验室时，应详细了解实验室的电源系统，包括总电源开关

板、分电源板的分布以及电压数值等。

(2) 对仪器设备必须在了解清楚其性能和使用方法后才能使用，并严格遵守仪器操作规程。

(3) 严禁带电测电阻，带电焊接，带电插拔晶体管、运算放大器、数字集成电路等。

(4) 实验电路装好后，必须经过仔细检查，确定没有问题方可加电；加电前电源电压必须预先调到规定的数值，随即关断电源，将实验电路与电源连接好后再打开电源。

(5) 在实验过程中，如发现仪器工作不正常或其他事故，应立即断开电源，停止实验，并及时报告任课教师，在教师来到之前应保持现场不变，以便检查。

四、实验过程

开始实验后，首先按照实验内容及实验电路图，选择合适的仪器、器件进行线路连接。当所有线路都连接好，经检查电路连接正确后，就可加电进行实验。若发现供电电源输出电压和电流出现异常或不能完成设计功能，就说明电路有故障，应立即断开电源，进行检查。产生故障的原因和解决的办法大致有以下几种：

(1) 电源电压不符合要求，可以通过万用表测量确认。

(2) 连线错误，可以通过对比原理电路图确认。

(3) 仪器故障，可以通过仪器自检或相互测试予以确认。

(4) 元器件使用不当或功能不正常，可以通过替换或将怀疑器件单独进行测试来确认。

(5) 开关或连接点接触不良、导线开路，可以通过用万用表欧姆挡测量来确认。

(6) 电路设计错误，可以通过理论计算或计算机仿真来确认。

对于实验中出现的故障，要有分析地按上述步骤进行排除，不要把连线全部拔掉重来。这样不但浪费时间，同时也放弃了一次极好的排除故障的练习。为了使实验能顺利进行，减少出现故障的可能性，实验必须严格遵循实验规定和步骤进行。插集成元件时应注意校准其管脚。管脚插针要直且使之与插座的行距相等，然后慢慢插入插座，以免用力过猛而折断或弯曲集成元件的管脚。布线时，为了便于查找，使用的导线最好是多种颜色的，如一般电路习惯用红色导线作为电源线或信号线，黑色导线一般作为接地线。对于使用元件较多的大型实验，应分块进行布线，分块调试，最后进行总体连接。完成布线后要认真检查有无错误，发现错误要及时排除。

五、实验报告

(1) 实验结束后要撰写实验报告，这是一种基本功的训练。通过写实验报告，汇总数据，分析和讨论问题，可以加深对基本理论的认识和理解。实验报告必须在下次实验课前上交，实验结束时领取。

(2) 报告内容应符合实验指导书的规定，一般包括实验内容、实验电路图、按照实验内容要求经过整理后的实验数据、必要的曲线和波形、理论计算、理论与实际结果的分析比较，以及本次实验的结论及思考题等，最后必须附上印有教师签章的原始数据记录页。

(3) 报告内容如果需要，还应包括实验中出现的問題和解决方法，以及收获、体会、

意见和建议。

六、元器件知识

电子产品是由各种电子元器件组成的。随着电子技术的不断发展,电子元器件的品种、规格越来越多。如何在品种繁多的电子元器件中选出所需的元件,以及识别手中元件的种类和规格呢?这就需要掌握电子元器件的一系列技术标准。

(一) 电阻

1. 电阻的分类

电阻是最常用、最基本的电子元件之一。电阻阻值的基本单位是欧姆(Ω),在工程中经常用到的单位还有 $k\Omega$ 和 $M\Omega$,其关系为 $1 k\Omega = 10^3 \Omega$, $1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。电阻在电路中的主要用途是分压、限流和充当负载。由于新材料、新工艺的不断发展,电阻的品种不断增多,因此对电阻进行分类就显得十分重要。较常用的电阻分类方法有两种。

一是按阻值能否变化,可分为固定电阻器和可调电阻器两大类。固定电阻器的电阻值是固定的,一经制成不能再改变。相应地,可调电阻器的阻值是可以在使用中改变的。

二是按电阻体的结构特征和材料不同,可分为线绕电阻和非线绕电阻以及敏感电阻等。

线绕电阻是用电阻丝(常用电阻丝有镍铬合金、康铜)缠绕在陶瓷骨架上制成的。由于电阻丝采用的是金属材料,因此这一类电阻有许多优点,如耐高温、功率大、稳定性好、温度系数小、电流噪声小等。它的缺点是体积、分布电感和分布电容都比较大,不易获得较高的阻值。

非线绕电阻主要有膜式电阻和实芯电阻两类。

膜式电阻的基体是陶瓷,导体是依附于基体表面的薄膜。根据所用材料和电阻膜形成工艺的不同,这种电阻又分成碳膜(RT)、金属膜(RJ)、合成膜(RH)和氧化膜(RY)等电阻。常用的有碳膜电阻和金属膜电阻。

金属膜电阻也是薄膜电阻的一种,其导体通常是沉积在骨架上的一层金属薄膜或合金薄膜。金属膜电阻具有优异的电性能。它的工作频率范围宽,可在高频电路中使用;电阻的稳定性好;体积比相同额定功率的碳膜电阻小;耐热性能好,额定温度达 $+70^\circ\text{C}$,最高温度可达 $+155^\circ\text{C}$;可以制成高精度的电阻;它的噪声电动势也小。金属氧化膜电阻的性能和金属膜电阻接近。

实芯电阻是用碳质颗粒状导电物质(碳黑、石墨)、填料(云母粉、石英粉、玻璃粉等)和黏合剂混合压制成实芯的电阻体,目前已基本淘汰。

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,种类繁多,这里不再赘述。

2. 电阻参数的识别

电阻的主要技术参数有标称阻值、阻值误差和额定功率。

(1) 标称阻值。一个电阻,它所标称的阻值叫标称阻值。生产厂家按照国家标准,一般只按阻值系列生产电阻。对不同误差等级的电阻有着不同数目的标称值,误差越小,则其标称值越多。

根据国家标准 GB2471—1995《电阻器和电容器优先数系》的规定，固定电阻和电位器的标称阻值系列、固定电容的标称容量系列及其允许偏差应符合表 0-1-1 所列数值之一(或表列数值再乘以 10^n ，其中幂指数 n 为正整数或负整数)。

表 0-1-1 电阻器和电容器优先数系表

允许误差				允许误差			
±5%	±10%	±20%	> ±20%	±5%	±10%	±20%	> ±20%
E24	E12	E6	E3	E24	E12	E6	E3
1.0	1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3	
1.1				3.6			
1.2	1.2			3.9	3.9		
1.3				4.3			
1.5	1.5	1.5		4.7	4.7	4.7	4.7
1.6				5.1			
1.8	1.8			5.6	5.6		
2.0				6.2			
2.2	2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8	
2.4				7.5			
2.7	2.7			8.2	8.2		
3.0				9.1			

说明：

a. E24 系列是由 $\sqrt[n]{10^n}$ 理论数的修约值组成的，其中 n 为正整数或负整数。E12 系列是由 $\sqrt[n]{10^n}$ 理论数的修约值组成的，并由 E24 系列隔项省略而成。E6 系列是由 $\sqrt[n]{10^n}$ 理论数的修约值组成的，并由 E12 系列隔项省略而成。

b. 电位器标准值通常取表中 E12 之值。

c. 大功率电阻(通常为线绕电阻)、电解电容，取值不受此表限制，如功率为 10 W 的电阻，可以有 30 Ω 的，也有 50 Ω 的，电解电容可以有 4.7 μF 的，也有 5 μF 的。

d. 作为高频滤波元件用的色码电感的标准值亦同本表。

(2) 阻值误差。电阻的误差是指生产出的一批标称值电阻中实际测量的大小与标示的标称值之间的差别大小。确切地说，阻值误差等于电阻的实际值和标称值之差，再除以标称值所得的百分数就是这批电阻的误差。按国家标准，普通电阻的误差可分为 ±5%、±10%、±20% 几挡，精密电阻的误差为 ±2%、±1%、±0.5% 或更小。

(3) 额定功率。额定功率是指电阻、电位器在电路中，当大气压力为 87 kPa~107 kPa 时和在产品规定的额定温度下，长期连续负荷所允许消耗的最大功率。

电路图中，若不作说明，则电阻的额定功率一般为 1/16 W~1/8 W。较大功率时用文

字标注或用符号表示(如图 0-1-1 所示)。额定功率越大的电阻器，其体积相应越大。

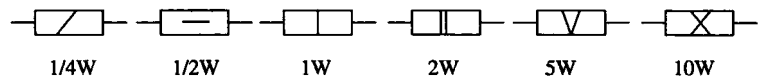


图 0-1-1 电阻额定功率的图形符号

实际应用中，电阻的阻值、允许偏差等参数通常直接标注在电阻的表面以便使用。常用的标示方法有以下三种：

(1) 直接法。直接法是指在元件表面直接标示出它的主要参数和技术性能的一种标示方法。如某电阻上标示 4.7k，即表示此电阻的标称阻值为 4.7 kΩ。

(2) 文字符号法。文字符号法是将需要标示出的主要参数与技术性能用文字、数字符号有规律地组合起来标示在元件上的一种方法。这种方法中，文字符号既表征了单位，又指示了小数点的位置。如 4k7，字母 k 既表示此电阻的单位是 kΩ，又指示在 4 和 7 之间有一个小数点，所以，该电阻的标称阻值为 4.7 kΩ。比较特殊的是 R10、1R1 这种标示，其实在这里 R 只表示小数点的位置，即 R10 表示 0.1 Ω，1R1 表示 1.1 Ω。

(3) 色标法。色标法是指用不同颜色的环(或点)在产品表面上标示出产品的主要参数的标示方法。电阻、电容的标称值、允许偏差及工作电压均可用相应的颜色标示。各种颜色表示的数值见表 0-1-2。该色码表在电子领域应用十分广泛，非常重要。

表 0-1-2 色 码 表

颜 色	有效数字	乘 数	允许误差%
银	—	10^{-2}	±10
金	—	10^{-1}	±5
黑	0	10^0	—
棕	1	10^1	±1
红	2	10^2	±2
橙	3	10^3	—
黄	4	10^4	—
绿	5	10^5	±0.5
蓝	6	10^6	±0.05
紫	7	10^7	±0.1
灰	8	10^8	—
白	9	10^9	+5/-20
无(本色)	—	—	±20

对于固定电阻来说，常用 4 位或 5 位色环来标示其阻值和允许误差。4 位色环表示法如图 0-1-2 所示，5 位色环表示法如图 0-1-3 所示。

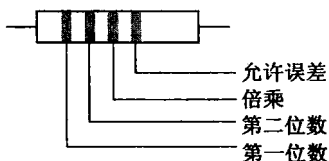


图 0-1-2 4 位色环表示法

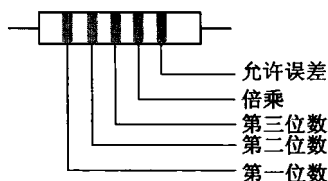


图 0-1-3 5 位色环表示法

读色环电阻时，首先应该识别第一位色环，一般来说，第一位色环距离电阻头较近。读的时候千万不能读错。

标称阻值 = 有效数字 × 倍率

允许误差直接由允许误差环读出。

有的电阻表面只有 3 条色环，这个电阻其实用的是 4 位色环表示法，只不过它的允许误差环为本色，即允许误差为 $\pm 20\%$ 。

固定电阻的色标举例：

标称阻值为 $27\text{ k}\Omega$ ，允许误差 $\pm 5\%$ ，其色环表示为红紫橙金。

标称阻值为 $17.5\text{ }\Omega$ ，允许误差 $\pm 1\%$ ，其色环表示为棕紫绿金棕。

标称阻值为 $47\text{ k}\Omega$ ，允许误差 $\pm 20\%$ ，其色环表示为黄紫橙。

3. 电阻的选用

选用电阻时，可以从以下几个方面着手进行考虑：

(1) 熟悉电路，掌握电路对电阻元件的技术要求。不同的电路，对电阻元件在技术上有不同的要求，有的要求电阻具有较强的过载能力，有的要求电阻具有优良的高频特性，有的则要求较高的精度……使用时应根据电路要求的不同选择合适的电阻。

(2) 优先选用通用型电阻以及较疏的标称阻值系列。在生产和维修工作中，总要储备一定数量的电阻以供随时选用，在能够满足正常工作的前提下，优先选用最疏系列，可以使储备电阻的品种少，这样不仅方便管理，而且比较经济。

(3) 选用电阻的额定功率必须大于实际承受功率。为了保证电阻正常工作而不致烧毁，必须使它承受的功率不超过其额定功率。通常选用额定功率大于实际承受功率两倍以上电阻。

(4) 在高增益前置放大器电路中，应选用噪声小的电阻。

(5) 根据电路工作频率，正确选择电阻的种类。

(6) 根据电路对温度稳定性的要求，选择温度系数不同的电阻。

(7) 根据安装位置、工作环境等选用电阻。

(二) 电容

电容也是最常用、最基本的电子元件之一。在电路中，电容用于隔直流、通交流、滤波、旁路或与电感线圈组成振荡回路等。

1. 电容的分类

电容可以按照容量是否可以调整，分成三大类。

固定电容——这类电容的容量不能改变。大多数电容都是固定电容。

可变电容——这种电容的容量可在一定的范围内调节。它通常用于一些需要经常调整的电路中。

微调电容——又称为半可变电容或补偿电容，容量可以调整，但一般调整好后，就固定不变了。

一般使用的电容是将两个金属片或金属箔靠得很近，中间用绝缘物质隔开，然后分别在两个金属片上引出两个引脚而构成的。组成电容的两个导体称做极板，中间的绝缘物质叫做电容器的介质。实际上，电容的电性能、结构和用途在很大程度上取决于所用的电介质，因此电容常按所用电介质分为以下几类。

纸介电容和金属化纸介电容：纸介电容是以电容纸作为介质，铝箔作为电极的卷绕式电容。其特点是：容量大、体积小，工作电压范围宽，制作工艺简单，成本低；但容量精度不易控制，损耗较大，化学稳定性差，容易老化，温度系数大，热稳定性差，频率特性差，自身电感量大。金属化纸介电容由于在工艺和材料上采取了一系列措施，发挥了纸介电容的特点，克服了纸介电容的部分缺点，它最大的优点是具有弱击穿自愈的能力。

有机薄膜电容：包括聚苯乙烯薄膜电容、聚四氟乙烯薄膜电容、聚碳酸酯薄膜电容等。

聚苯乙烯薄膜电容是以非极性的聚苯乙烯薄膜为介质制成的电容。这种电容具有优良的电性能，绝缘电阻很高，介质损耗、电参数随温度和频率的变化很小，电容量的温度系数约为 $+100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，电容量精度很高。基于以上优点，该电容的应用十分广泛。其缺点是耐热性较差，许多聚苯乙烯薄膜电容的环境温度上限为 55°C ；另外，它的耐潮性也较差。

聚四氟乙烯薄膜电容是以非极性的聚四氟乙烯薄膜为介质制成的电容。聚四氟乙烯薄膜电容具有优异的电性能。它的损耗小、绝缘电阻很高、参数的温度和频率特性十分稳定；尤其突出的是它的耐热性很好，在 $-55^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$ 的条件下可以连续工作。但是由于聚四氟乙烯材料价格很贵，所以没有得到广泛的应用。

聚碳酸酯电容器是以极性的聚碳酸酯薄膜为介质制成的。这种电容器的电性能比聚酯电容器好一些，电容量的稳定性较高，损耗较小，耐热性与聚酯电容器相近，可在 $+120^{\circ}\text{C} \sim +130^{\circ}\text{C}$ 下长期工作。

瓷介电容是以陶瓷材料为介质，并在其表面烧渗上银层作为电极的电容。由于陶瓷材料具有优异的电气性能，同时材料来源丰富，价格低廉，因此由它制作的瓷介电容品种越来越多，应用也越来越广泛。瓷介电容有许多明显的优点：体积小，具有很好的稳定性和优良的绝缘性，适合做温度补偿电容；结构简单，材料丰富，便于大量生产。缺点是机械强度低，易碎易裂。市面上常见的独石电容是一种多层结构的陶瓷电容，体积小，容量更大，耐高温且性能稳定。

电解电容是以金属板上的一层极薄的氧化膜作为介质，金属极片作为电容的正极，负极是固体或非固体的电解质。一般电解电容有正负极之分，即有极性。当将电解电容接入电路中时，正极必须接到直流电压的高电位，负极则接到直流电压的低电位。如果接反，电解电容不仅不能发挥其应有的作用，而且漏电流迅速增大，使电容发热，氧化膜介质将遭到损坏，导致电容性能急剧下降，甚至过热而导致损坏或爆炸。电解电容虽有极性，但在结构和工艺上采取一定措施后，也可以制造出无极性的或交流的电解电容。

电解电容按其正极性的金属材料的不同,可以分为铝电解电容、钽电解电容、铌电解电容、钛电解电容、钽-铌合金电解电容等。

铝电解电容的高频特性较差。它的容量和损耗会随温度产生明显的变化,特别是当温度低于 -20°C 时,容量将随温度的下降而急剧减少,而损耗则急剧上升。另外,当温度超过 $+40^{\circ}\text{C}$ 时,漏电流增加很快。为此,一般铝电解电容仅适宜于 $-20^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内工作。

钽电解电容的寿命长,可靠性高,损耗低,频率稳定性和耐寒性好,体积相对铝电解电容小很多。然而,由于钽这种材料比较稀少,且价格昂贵,因此钽电解电容一般用于要求较高的场合。

2. 电容的参数

(1) 标称电容量: 电容标出的电容量值。陶瓷介质电容的电容量较低(大约在 5000 pF 以下); 纸、塑料和一些陶瓷介质形式的电容居中(大约在 $0.005\text{ }\mu\text{F}\sim 1.0\text{ }\mu\text{F}$); 通常电解电容的容量较大。

(2) 类别温度范围: 电容设计所确定的能连续工作的环境温度范围。该范围取决于它相应类别的温度极限值,如上限类别温度、下限类别温度、额定温度(可以连续施加额定电压的最高环境温度)等。

(3) 额定电压: 在下限类别温度和额定温度之间的任一温度下,可以连续施加在电容上的最大直流电压或最大交流电压的有效值或脉冲电压的峰值,实际中也叫耐压值。

对于电容,工作时端电压大到一定的程度时,电容器的两电极之间的绝缘介质就可能承受不了而被击穿,电容器就会被损坏。在使用中应保证直流电压与交流峰值电压之和不得超过电容的额定电压。

(4) 损耗角正切($\tan\delta$): 在规定频率的正弦电压下,电容的损耗功率除以电容的无功功率为损耗角正切。在实际应用中,电容并不是一个纯电容,其内部还有等效电阻,对于电子设备来说,要求等效电阻愈小愈好,也就是说要求损耗功率小,其与电容的功率的夹角要小。

(5) 电容的温度特性: 通常是以 20°C 基准温度的电容量与有关温度的电容量的百分比表示。

(6) 使用寿命: 电容的使用寿命随温度的增加而减小。主要原因是温度加速化学反应而使介质随时间退化。

(7) 绝缘电阻: 由于升温引起电子活动增加,因此温度升高将使绝缘电阻降低。

3. 电容的参数识别

电容的参数识别主要是电容量的识别。

电容的单位是 F(法拉),但在实际使用中常用 μF (微法)、 nF (纳法)和 pF (皮法)。具体换算关系如下:

$$\begin{aligned}1\text{ }\mu\text{F} &= 10^{-6}\text{ F} \\1\text{ nF} &= 10^{-9}\text{ F} = 10^3\text{ pF} \\1\text{ pF} &= 10^{-12}\text{ F} = 10^{-6}\text{ }\mu\text{F}\end{aligned}$$

常用的标志方法有以下几种:

(1) 标有单位的直接表示法：有的电容的表面上直接标注了其特性参数，如在电解电容上经常按如下的方法进行标注：4.7 μ /16 V，表示此电容的标称容量为 4.7 μ F，耐压为 16 V。

(2) 不标单位的数字表示法：许多电容受体积的限制，其表面经常不标注单位，但都遵循一定的识别规则。即当数字小于 1 时，默认单位为微法，如某电容标注为 0.47，表示此电容的标称容量为 0.47 μ F；当数字大于等于 1 时，默认单位为皮法，如某电容标注为 100，表示此电容的标称容量为 100 pF。

如某电容标注为 68，则表示此电容的标称容量为 68 pF。有一种特殊情况，即当数字为 3 位数且末位数不为零时，这时前两位数为有效数字，末位数为 10 的幂次，单位为皮法，类似于色码电阻表示法。如：某电容标注分别为 103 和 472 的电容标称容量为

$$10 \times 10^3 \text{ pF} = 10\,000 \text{ pF} = 0.01 \mu\text{F}$$

$$47 \times 10^2 \text{ pF} = 4700 \text{ pF}$$

(3) p、n、 μ 、m 法：此时标示在数字中的字母 p、n、 μ 、m 既是量纲，又表示小数点位置。p 表示 10^{-12} F，n 表示 10^{-9} F， μ 表示 10^{-6} F，m 表示 10^{-3} F。如某电容标注为 4 n7，表示此电容的标称容量为 4.7×10^{-9} F = 4700 pF。

(4) 色环(点)表示法：该法同电阻的色环表示法，单位为 pF。

4. 电容的选用

(1) 选择合适的型号。

不同的场合对电容的要求不同，选用电容时，应根据电路的要求确定相应品种的电容。例如：在电源滤波和退耦电路中，由于对电容性能要求不高，只要体积不大，容量足够就可以了，所以可以选用电解电容；在高频电路中，则应选用云母电容或瓷介电容。

(2) 合理确定电容的精度。

在绝大多数应用场合，对于电容的容量要求并不严格。例如在旁路、耦合电路中，对电容量的精度没有很严格的要求，选用时可根据设计值选用相近容量的电容。

但在另一些场合，如振荡电路中，电容的容量应尽可能和计算值一致，这时应选用高精度的电容来满足要求。

(3) 确定电容的额定工作电压。

电容接入电路后，如果电路工作电压高于电容的额定工作电压，电容就会发生击穿而损坏。为保证电容安全可靠地工作，对一般电路，应使工作电压低于电容额定工作电压的 10%~20%。在某些电压波动较大的电路中，可酌情留下更大的余量。

(4) 优先选用绝缘电阻高、损耗小的电容。

绝缘电阻小的电容，其漏电流较大，漏电流不仅消耗了电路中的电能，更重要的是它会导致电路的不正常或降低电路的性能。电容的损耗在许多场合也直接影响到回路的性能，在滤波、振荡等电路中，要求 $\tan\delta$ 尽可能小，这样回路的品质因素可以提高，电路的性能就较好。

(5) 注意电容的温度系数、高频特性等参数。

电容的温度系数越大，其容量随温度变化就越大，这在很多场合是不允许的，这时应选用温度系数小的电容以确保性能。另外，在高频应用时，由于电容本身电感、引线电感

和高频损耗的影响,导致电容的性能变坏,此时应选择高频特性好的电容。

(6) 注意电容的使用环境,如温度、湿度等。

(三) 电感

电感线圈是由外皮绝缘的导线绕制而成的。线圈可以是空心的,也可以包含铁芯或磁粉芯。电感的特性是通直流、阻交流,频率越高,线圈阻抗越大。电感的单位有亨(H)、毫亨(mH)、微亨(μH), $1\text{ H} = 10^3\text{ mH} = 10^6\mu\text{H}$ 。

1. 电感的分类

按电感形式分类:固定电感、可变电感等。

按导磁体性质分类:空芯线圈、铁氧体线圈、铁芯线圈、铜芯线圈等。

按工作性质分类:天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈、偏转线圈等。

按绕线结构分类:单层线圈、多层线圈、蜂房式线圈等。

2. 电感的参数

(1) 电感量 L 。电感量 L 表示线圈本身的固有特性,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) 品质因素 Q 。品质因素 Q 是表示电感质量的一个物理量, Q 为感抗 ωL 与其等效电阻 R 的比值,即 $Q = \omega L/R$ 。线圈的 Q 值愈高,回路的损耗愈小。电感的 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及高频趋肤效应的影响等因素有关。电感的 Q 值通常为几十到几百。

(3) 分布电容。电感线圈的匝与匝间、电感与屏蔽罩间、电感与底板间存在的电容被称为分布电容。分布电容的存在使电感的 Q 值减小,稳定性变差,因而电感的分布电容越小越好。

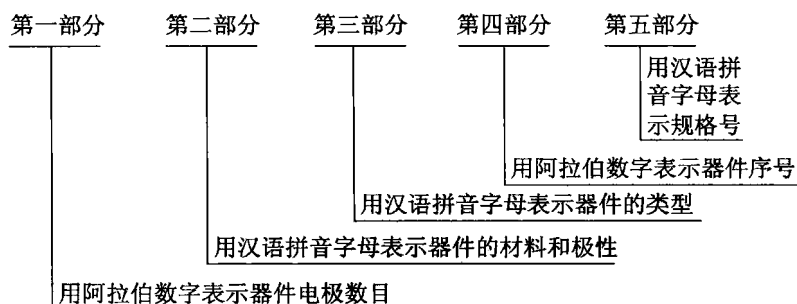
(4) 额定电流。额定电流是电感所允许流过的最大电流。

(四) 半导体器件

半导体器件是电子元器件中功能和品种最为繁杂的一类器件。由于历史发展的原因,各国对其功能分类及命名的方法各不相同。按目前我国器件供应市场的现状,下面主要介绍以下几个国家和地区的半导体器件(二、三极管)的命名方法。

1. 中国

根据我国国家标准(GB249—1964),半导体器件的型号由五个部分组成:



示例:

3DD01F 表示 NPN 型硅材料低频大功率三极管, 有时简写为 DD01F。

国产半导体器件型号组成部分的符号及其意义见表 0-1-3。

表 0-1-3 国产半导体器件型号组成部分的符号及其意义

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示器件电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类型		用阿拉伯数字表示器件序号	用汉语拼音字母表示规格号
序号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N 型锗材料	P	普通管		
		B	P 型锗材料	V	微波管		
		C	N 型硅材料	W	稳压管		
		D	P 型硅材料	C	参量管		
3	三极管	A	PNP 型锗材料	Z	整流管		
		B	NPN 型锗材料	L	整流堆		
		C	PNP 型硅材料	S	隧道管		
		D	NPN 型硅材料	U	光电器件		
		E	其他材料	K	开关管		
				N	阻尼管		
				X	低频小功率管 $f_T \leq 3 \text{ MHz}$, $P_o < 1 \text{ W}$		
				G	高频小功率管 $f_T \geq 3 \text{ MHz}$, $P_o < 1 \text{ W}$		
				D	低频大功率管, $f_T \leq 3 \text{ MHz}$, $P_o \geq 1 \text{ W}$		
				A	高频大功率管 $f_T \geq 3 \text{ MHz}$, $P_o \geq 1 \text{ W}$		
				T	半导体闸流管 (可控整流器)		
				Y	体效应管		
				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 管		
				JG	激光器件		

注: 场效应管、复合 PIN 管、激光器件的型号命名只有第三、四、五部分。