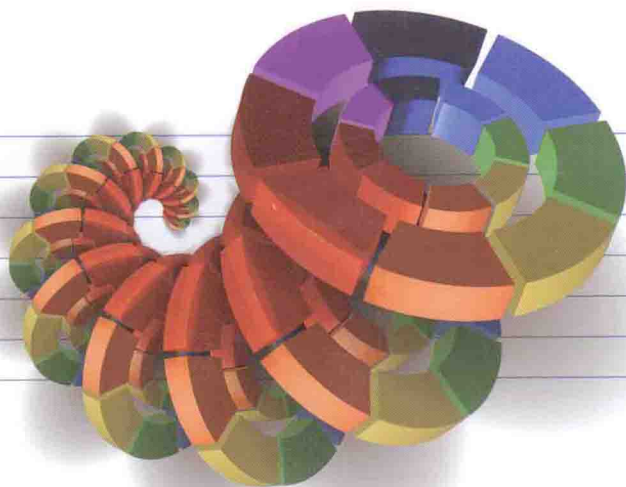




电子设计 实用教程

深圳信盈达电子有限公司
周中孝 郭高亮 黄文涛◎编 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



信盈达技术创新系列图书

电子设计实用教程

深圳信盈达电子有限公司

周中孝 郭高亮 黄文涛 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以模拟电子技术和数字电子技术为基础,全面、系统地介绍了电子技术的基础知识和基本技术,将基础理论与实际应用紧密结合,注重体现知识的实用性和前沿性。全书分5个部分(共19章),分别为电子基础知识(第1~3章)、数字电路(第4~9章)、模拟电路(第10~16章)、实验与设计(第17~18章)和项目实践(第19章)。主要包括:常用电子元器件和常用芯片的介绍、常用电路定理公式、门电路及组合逻辑电路、电触发器、时序逻辑电路、数/模和模/数转换电路、半导体器件、放大电路基础、振荡电路、集成运算放大器、直流电源等。

本书适用于从事电子行业的工程技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业学生的教学参考书,以及各类培训班的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计实用教程/周中孝,郭高亮,黄文涛编著. —北京:电子工业出版社,2014.8
(信盈达技术创新系列图书)
ISBN 978-7-121-23032-5

I. ①电… II. ①周… ②郭… ③黄… III. ①电子电路—电路设计 IV. ①TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第080411号

责任编辑:柴 燕

印 刷:北京市李史山胶印厂

装 订:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:371.2千字

版 次:2014年8月第1版

印 次:2014年8月第1次印刷

印 数:3000册 定价:38.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

随着科学技术的日新月异，电子技术已经广泛应用于社会的各个领域，各种电子产品层出不穷。模拟电子技术和数字电子技术是电子类相关工程师必备的基础知识。本书内容由浅入深，从最简单的常用电子元器件的介绍，到电路的分析，再到电路的设计与实践，能够满足各种知识层面读者的需要。

不同于传统的讲述电子技术基础的书籍，本书中所述的实践相关环节都以实际的硬件实验板为实际依据，书中的大部分内容来自作者多年的项目实践及教学工作经验的总结，书中许多电路都可以直接应用到工程项目中去。

全书共 19 章，主要包括五个部分：电子基础知识、数字电路、模拟电路、实验与设计环节和项目实践。

1. 电子基础部分，主要讲解常用基本元器件的参数，种类和应用，常用芯片的功能和典型应用电路，以及常用电路定理、公式等。

2. 数字电路部分，讲解数字电路含义、逻辑公式、组合逻辑电路的分析与设计、时序逻辑电路的分析与设计、555 定时器原理与应用、AD/DA 及存储器等。

3. 模拟电路部分，主要讲解二极管、三极管、CMOS 的原理与应用、集成放大电路分析、滤波器、振荡器、直流稳压电源等。

4. 实验与设计环节部分与项目实战，讲解书本配套实验板的实验，以及典型硬件电路设计分析、项目流程、项目管理知识等。

全书由深圳信盈达电子有限公司周中孝、郭高亮、黄文涛编写，由黄文涛进行统稿和审核，由刘俊进行校准和修改。本书在编写过程中参考了大量的文献，也得到了深圳信盈达电子有限公司的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加之作者的水平有限，书中的错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2014 年 7 月

第一部分 电子基础

第 1 章 元器件及芯片基础	2
1.1 常用电子元器件介绍	2
1.1.1 电阻	2
1.1.2 电容	4
1.1.3 电感器	5
1.1.4 发光二极管	6
1.1.5 二极管	7
1.1.6 三极管	8
1.1.7 蜂鸣器	8
1.1.8 继电器	9
1.1.9 光耦	9
1.1.10 晶振	9
1.1.11 其他类元器件	9
1.1.12 集成电路(集成芯片)	10
1.2 常用芯片介绍.....	10
1.2.1 门型芯片(与门、或门、非门、与或非门)	10
1.2.2 锁存类芯片(74LS373 \ 74LS374)	12
1.2.3 放大类芯片 ULN2003	13
1.2.4 译码类芯片 74LS138	14
1.2.5 串入并出类芯片 74LS164	15
1.2.6 驱动类芯片(74LS245 \ 74LS244)	15
1.2.7 电平转换类芯片 MAX232	16
1.2.8 稳压类芯片(7805 \ LM2576)	16
1.2.9 存储类芯片 AT24C02	17
1.2.10 单片机类芯片 STC89C51	17
习题	18
第 2 章 常用电路定理及分析	20
2.1 常用基本电路定理.....	20
2.2 电路分析案例 1	20
2.3 电路分析案例 2	21

第3章 常用电路设计软件介绍	22
3.1 电子线路的计算机辅助分析软件 Multisim、Proteus	22
3.2 常用印制线路板设计软件介绍	22

第二部分 数字电路

第4章 模拟信号和数字信号介绍	26
4.1 模拟信号	26
4.2 数字信号	26
4.3 基本逻辑运算	27
4.3.1 与运算	27
4.3.2 或运算	27
4.3.3 非运算	28
4.3.4 其他常用逻辑运算	28
4.4 逻辑函数及其表示方法	29
4.4.1 逻辑函数的建立	29
4.4.2 逻辑函数的表示方法	30
4.4.3 逻辑函数的表示形式	31
4.5 数制	31
第5章 逻辑门电路 (BJT、TTL、CMOS)	34
5.1 数字集成电路简介	34
5.2 半导体三极管 BJT	35
5.2.1 二极管的开关特性	35
5.2.2 BJT 的结构简介	35
5.3 TTL 逻辑门电路	35
5.3.1 TTL 电平信号介绍	36
5.3.2 CMOS 电路和 TTL 电路的区别和优缺点	36
5.4 CMOS 逻辑门电路	37
5.5 逻辑描述中的几个问题	38
5.5.1 正负逻辑问题	38
5.5.2 逻辑门电路使用中的几个实际问题	38
5.5.3 抗干扰措施	39
习题	39
第6章 组合逻辑电路的分析与设计	40
6.1 组合逻辑电路的分析	40
6.2 组合逻辑电路的设计	41
6.3 卡诺图	41
6.3.1 卡诺图的构成	41
6.3.2 结构特点	42

6.3.3 卡诺图的性质	43
6.3.4 逻辑函数在卡诺图上的表示	43
6.3.5 卡诺图上最小项的合并规律	44
6.3.6 卡诺图化简逻辑函数	45
6.4 编码器	46
6.5 译码器	47
6.6 数据选择器	49
6.7 数据比较器	50
6.8 加法器	50
习题	52
第7章 触发器、时序逻辑电路与振荡器	53
7.1 触发器	53
7.1.1 基本 RS 触发器	53
7.1.2 同步 RS 触发器	54
7.1.3 主从 RS 触发器	55
7.1.4 JK 触发器	56
7.1.5 D 触发器	57
7.1.6 T 触发器	58
习题	59
7.2 时序逻辑电路	60
7.2.1 时序逻辑电路概述	60
7.2.2 同步时序逻辑电路的分析方法	61
7.2.3 同步时序逻辑电路的设计步骤	62
7.3 多谐振荡器	62
7.4 单稳态触发器	63
7.5 施密特触发器	64
7.5.1 用门电路组成的施密特触发器	64
7.5.2 施密特触发器的应用	65
习题	66
第8章 555 定时器及其应用	67
8.1 555 定时器及其应用	67
8.2 555 定时器电路结构	67
8.3 定时器应用实例	68
8.3.1 用 555 定时器构成的施密特触发器	68
8.3.2 用 555 定时器构成的单稳态触发器	69
8.3.3 用 555 定时器接成的多谐振荡器	70
8.4 555 定时器应用实例 (参考)	71
第9章 存储器、数/模与模/数转换器	72
9.1 存储器	72

9.1.1 只读存储器	72
9.1.2 随机存取存储器	74
习题	76
9.2 数/模与模/数转换器	76
9.2.1 概念	76
9.2.2 D/A 转换器 DAC0832	77
9.2.3 A/D 转换器 ADC0809	80

第三部分 模拟电路

第 10 章 二极管	84
10.1 半导体基础知识	84
10.1.1 本征半导体	84
10.1.2 杂质半导体	85
10.1.3 PN 结	85
10.1.4 PN 结的电容效应	86
10.2 半导体二极管	87
10.2.1 半导体二极管的几种常见结构	87
10.2.2 二极管的伏安特性	87
10.2.3 二极管的主要参数	88
10.2.4 稳压二极管的主要参数	89
习题	90
第 11 章 三极管	92
11.1 双极型晶体管	92
11.1.1 双极型晶体管的结构及类型	92
11.1.2 双极型晶体管的组态	92
11.1.3 双极型晶体管的共射特性曲线	93
11.1.4 双极型晶体管的主要参数	94
第 12 章 基本放大电路	97
12.1 放大电路的基本概念	97
12.1.1 基本放大电路的组成和工作原理	97
12.1.2 放大电路的性能指标	99
12.1.3 直流通路和交流通路	102
12.1.4 静态工作点的设置	102
12.2 放大电路的分析方法	103
12.2.1 图解分析法	103
12.2.2 小信号模型分析法	109
12.3 放大电路静态工作点的稳定	115
12.3.1 静态工作点稳定的必要性	115

12.3.2	稳定静态工作点的措施	116
12.3.3	分压式射极偏置电路的分析	117
12.4	共集放大电路和共基极放大电路	118
12.4.1	共集放大电路	118
12.4.2	共基极放大电路	121
12.4.3	三种组态电路的比较	123
	习题	123
第13章	集成运算放大电路	129
13.1	集成运算放大电路概述	129
13.2	理想运算放大器	131
13.3	基本运算电路	132
13.3.1	比例运算电路	132
13.3.2	加减运算电路	133
13.4	滤波电路	136
13.4.1	滤波电路的种类	136
13.4.2	滤波器的幅频特性	137
13.4.3	低通滤波电路 (LPF)	137
13.4.4	高通滤波电路 (HPF)	139
13.4.5	带通滤波器 (BPF) 和带阻滤波器 (BEF)	140
13.5	波形发生与信号转换电路	141
13.5.1	正弦波振荡电路	141
13.5.2	电压比较器	145
13.5.3	非正弦波发生电路	147
13.6	功率放大电路	149
13.6.1	功率放大电路简介	149
13.6.2	功率放大器的分类	150
13.6.3	性能指标	151
13.6.4	互补对称式乙类功率放大电路	153
13.6.5	甲乙类双电源互补对称电路	154
13.6.6	准互补对称式功率放大电路	154
13.6.7	单电源互补对称式功率放大电路 (OTL)	155
13.6.8	自举电路	155
13.6.9	变压器耦合推挽功率放大电路	156
13.6.10	集成功率放大电路简介	156
	本章小结	158
第14章	直流电源	159
14.1	直流电源的组成及各部分的作用	159
14.2	整流电路	159
14.2.1	单相桥式整流电路	159

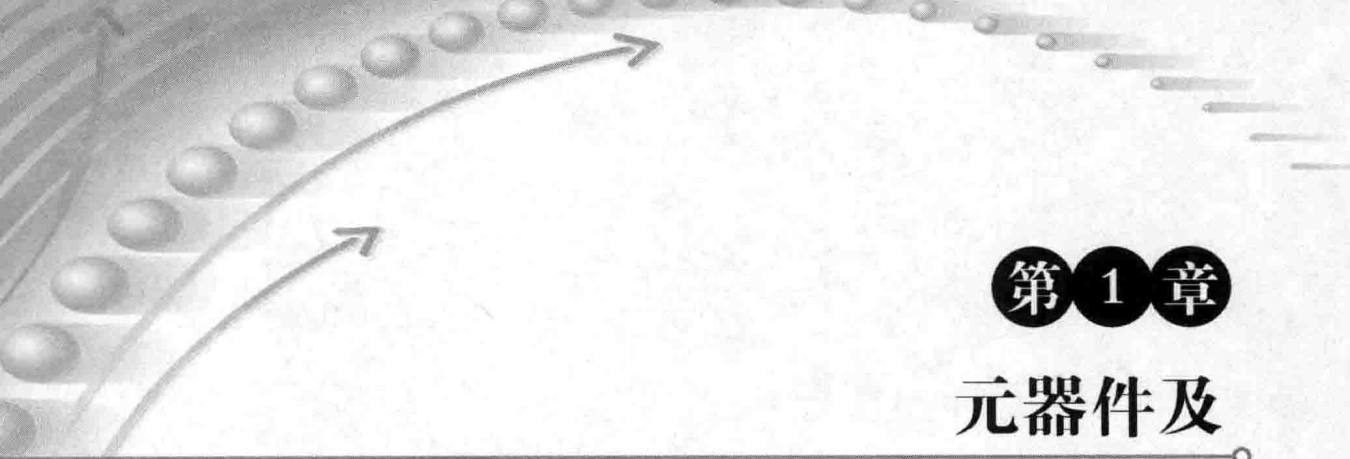
14.3	滤波电路	163
14.3.1	电容滤波电路	163
14.3.2	电感滤波电路	164
14.4	稳压电路	165
14.4.1	稳压二极管稳压电路	165
14.4.2	串联型稳压电路	167
14.4.3	串联型稳压电路的工作原理	167
14.4.4	串联型稳压电路的方框图	168
14.5	三端稳压器的应用	169
第15章	场效应管	171
15.1	场效应管原理	171
15.1.1	场效应管的分类	171
15.1.2	场效应三极管的型号命名方法	172
15.1.3	场效应管的参数	172
15.1.4	场效应管的作用	173
15.1.5	场效应管的测试	173
15.1.6	常用场效应管	174
15.1.7	场效应管与晶体管的比较	177
15.2	CMOS 逻辑门电路	177
15.2.1	CMOS 反相器	178
15.2.2	工作原理	178
15.2.3	电压传输特性	178
15.2.4	工作速度	179
15.2.5	CMOS 传输门工作原理	179
15.3	场效应管放大电路	180
15.3.1	场效应管的特点	180
15.3.2	场效应管放大电路的三种组态电路	180
15.3.3	场效应管放大电路的直流偏置电路及静态分析	180
15.4	场效应管放大电路的动态分析	182
	习题	186
第16章	数字系统与模拟系统的设计方法	188
16.1	数字系统的组成	188
16.2	数字系统的设计方法	188

第四部分 实验与设计

第17章	实验	192
17.1	实验一 TTL 与非门的参数和应用	192
17.1.1	实验目的	192

17.1.2 所用器件	192
17.1.3 实验内容及步骤	192
17.2 实验二 74LS373 的参数和应用	193
17.2.1 实验目的	193
17.2.2 所用器件	193
17.2.3 实验内容及步骤	194
17.3 实验三 恒温控制系统设计原理图	195
17.4 实验四 直流 12V 稳压到直流 5V 电路设计原理图	195
17.5 实验五 单片机最小系统设计原理图	196
17.6 实验六 三极管组成的电动机控制电路	197
第 18 章 典型硬件电路设计分析	198
18.1 信号隔离电路	198
18.2 楼梯开关电路	202
18.3 信号放大类电路	202
18.4 信号隔离电路	204
18.5 信号变换电路	205
18.6 触发控制电路	206
18.7 升降压电路	208
18.8 A/D 转换和显示电路	209
18.9 OCL 高保真功率放大电路	211
 第五部分 项目实战 	
第 19 章 项目管理	214
19.1 项目管理知识	214
19.1.1 项目定义	214
19.1.2 项目三要素	214
19.1.3 项目过程	214
19.1.4 项目评估标准	215
19.2 项目设计流程——多路线性直流稳压电源系统设计	215
19.2.1 项目论证、可行性分析	215
19.2.2 项目计划书编制	215
19.2.3 项目实施	217
19.2.4 项目评审	217
19.2.5 项目结束	217
参考文献	218

第一部分 电子基础



第 1 章

元器件及 芯片基础

1.1 常用电子元器件介绍

常用的电子元器件有电阻、电容、电感、二极管、三极管、集成芯片等。

1.1.1 电阻

1. 作用

电阻在电路中主要起分压、限流、分流、负载等作用，基本单位是欧姆 (Ω)，常用单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。

2. 类别

按照制造电阻所用的材料划分，有金属膜电阻、碳膜电阻、水泥电阻、精密合金电阻、玻璃釉电阻等。图 1.1 所示为碳膜电阻。

3. 阻值

电阻是按系列阻值生产的，国家标准规定了电阻的阻值按其精度分为两大系列：E-24 系列和 E-96 系列。E-24 系列精度为 5%，E-96 系列为 1%。

标示法：有文字和色环两种标示方法，文字标示是将电阻阻值直接标在电阻体上，比如 0805、0603 贴片电阻上面的阻值表示；色环标示是近几年来因适应电子自动化装配而广泛采用的标示方法。

小知识：功率与封装的对应关系。

色环电阻最常用的功率是 $1/4W$ （也有 $1/8W$ 、 $1/2W$ 等）。贴片电阻常用封装有 0805（对应功率 $1/8W$ ）、0603（ $1/10W$ ）、0402（ $1/16W$ ）、1206（ $1/4W$ ）用的也比较多些，当然还有其他封装方式。图 1.2 所示为贴片电阻。

4. 功率

额定功率指允许电阻器长期工作的最大功率，额定功率及其符号一般会标注在电阻上（小功率电阻一般不标注）。在使用中，选用电阻的额定功率应大于其实际功率的 1.5 ~ 2 倍，以留有裕量。

5. 其他电阻

(1) 可变电阻

可变电阻又称电位器，用于可变衰减、分压调节等场合。图 1.3 所示为可调电阻。

(2) 敏感电阻

敏感电阻常有热敏、压敏、光敏、磁敏电阻等，它们是非线性元件，能将其他物理量转化为电量，是常用于自动控制电路的检测元件。



图 1.1 碳膜电阻

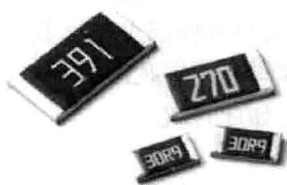


图 1.2 贴片电阻

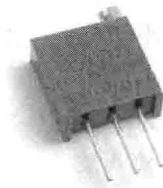


图 1.3 可变电阻

6. 0 欧姆电阻的用途

0 欧姆电阻一般用在混合信号的电路中。在这种电路中，为了减小数字部分和模拟部分的相互干扰，它们的电源地线都是分开布线的，但在电源的入口点又需要连在一起，一般是通过 0 欧姆电阻连接的，这样既达到了数字地和模拟地间无电压差，又利用了 0 欧姆电阻的寄生电感滤除了数字部分对模拟部分的干扰。

(1) 模拟地和数字地单点接地

只要是地，最终都要接到一起，然后入大地。如果地不接在一起就是“浮地”，存在压差，容易积累电荷，引起静电。地是参考 0 电位，所有电压都是参考地得出的，地的标准要一致，故各种地应短接在一起。如果把模拟地和数字地大面积直接相连，会导致互相干扰。不短接又不妥，一般有以下四种方法可以解决此问题。

- ① 用磁珠连接；
- ② 用电容连接；
- ③ 用电感连接；
- ④ 用 0 欧姆电阻连接。

磁珠的等效电路相当于带阻限波器，只对某个频点的噪声有显著抑制作用，使用时需要预先估计噪点频率，以便选用适当型号。对于频率不确定或无法预知的情况，选磁珠不合适。

电容隔直通交，会造成浮地。电感体积大，杂散参数多，不稳定。

0 欧姆电阻相当于很窄的电流通路，能够有效地限制环路电流，使噪声得到抑制。电阻在所有频带上都有衰减作用（0 欧姆电阻也有阻抗，为 $0 \sim 1\Omega$ ），这点比磁珠强。

(2) 跨接时用于电流回路

当分割地平面后，造成信号最短回流路径断裂。此时，信号回路不得不绕道，形成很大的环路面积，电场和磁场的影响就变强了，容易干扰/被干扰。在分割区上跨接 0 欧姆电

阻,可以提供较短的回流路径,减小干扰。

(3) 配置电路

大尺寸(如插件0欧姆电阻和0805封装0欧姆电阻)的0欧姆电阻还可当跳线用,中间可以走线。一般来说,产品上不要出现跳线和拨码开关,有时用户会乱动设置,易引起误会。为了减少维护费用,应用0欧姆电阻代替跳线等焊在板子上。空置跳线在高频时相当于天线,用0欧姆贴片电阻效果好,可做跳线使用,这样既美观,安装也方便。

(4) 做熔丝用

由于PCB上走线的熔断电流较大,如果发生短路过流等故障时,很难熔断,可能会带来更大的事故。由于0欧姆电阻的电流承受能力比较弱(其实0欧姆电阻也是有一定的电阻的,只是很小而已),过流时就先将0欧姆电阻熔断了,从而将电路断开,以防更大事故的发生。有时也会用一些阻值为零点几或者几欧的小电阻来做熔丝,不过不太推荐这样来用,但有些厂商为了节约成本,也会如此将就。

(5) 其他用途

0欧姆电阻也可用于调试或测试,可临时取代其他贴片器件(阻值不确定时),作为温度补偿器件,这样做更多时候是出于EMC对策的需要。另外,0欧姆电阻比过孔的寄生电感小,而且过孔还会影响地平面(因为要挖孔)。不同尺寸的0欧姆电阻允许通过的电流不同,一般0603的为1A、0805的为2A,所以不同电流情况下,需选用不同尺寸的0欧姆电阻。

1.1.2 电容

1. 作用

电容是储存电场能的元件,在电路中起耦合、滤波、振荡、隔直、旁路等作用。电容的基本单位是F(法拉),常用单位还有 μF (微法)、pF(皮法),还有个nF(纳法),换算关系为 $1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$ 。

2. 类别

按所用电介质,电容可分为四类:有机介质电容,如纸介电容、涤纶电容;无机介质电容,如瓷介电容、独石电容、云母电容;电解电容,如铝电解电容、钽电解电容、铌电解电容等;气体介质电容,如空气电容。根据封装形式不同,还有贴片电容,图1.4所示为贴片电容。图1.5所示为电解电容。

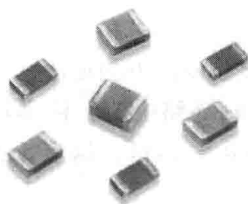


图 1.4 贴片电容

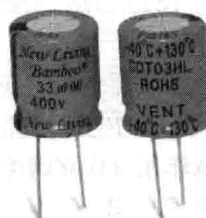


图 1.5 电解电容

3. 容值

电容的系列值依所用材料而论。对于无机介质及高频有机薄膜电容,其容量系列值同电阻一样,采用 E24 系列,标示法有文字标示法和三位数码标示法。文字标示是直接将参数标在电容体上,三位数码标示如 104 表示为 $0.1\mu\text{F}$ 。

4. 耐压和误差

电容的耐压是指规定工作温度范围内电容两端长时间可承受的最大直流电压,其数值有 6.3V、10V、16V、25V、40V、63V、100V、160V、250V、300V、450V、630V、1000V 等。使用中,额定耐压值应大于实际承受电压值的 1.5 ~ 2 倍,以防电容被击穿。

电容常见误差表示有 M 挡 ($\pm 20\%$)、K 挡 ($\pm 10\%$)、J 挡 ($\pm 5\%$),相对应的材质分别为 Y5V、X7R、NPO。

5. 其他电容

常用的其他电容有贴片电容和电解电容等。

可变电容指可通过改变两极间相对位置来改变容量的电容,常用于接收机的调谐回路中由于选台,或用于振荡回路中用于改变频率,有单联、双联两种。微调电容,也称半可变电容,有瓷介微调电容和拉线电容两种。

6. 铝电解电容和钽电容的区别

铝电解电容跟钽电容都是有极性的,但是有一些区别。钽电容全称是钽电解电容,也属于电解电容的一种,钽电容内部没有电解液,很适合在高温下工作。钽电容的特点是寿命长、耐高温、准确度高、滤高频改波性能极好,但是容量较小、价格也比铝电容贵,而且耐电压及电流能力相对较弱。它被应用于大容量滤波的地方,像 CPU 插槽附近就可以看到钽电容的身影,多同陶瓷电容、电解电容配合使用,或是应用于电压、电流不大的地方。

铝电解电容是最常见的电容,它的容量比较大,一般应用在低频滤波和信号耦合、输入/输出等处。铝电解电容不适宜用在温度变化较大的地方。

(1) 体积与容量比

由于钽电容采用了颗粒很细的钽粉,而且钽氧化膜的介电常数 ϵ 比铝氧化膜的介电常数高,因此钽电容单位体积内的电容量大,但总容量较小,容量误差小。

(2) 耐压

铝电解电容的耐瞬态尖峰电压和瞬态大电流放电性能强于钽电容,所以一般用于电源主滤波。

(3) 温度性能

钽电容内部没有电解液,很适合在高温下工作。一般钽电解电容器都能在 $-50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的温度下正常工作,虽然铝电解也能在这个范围内工作,但电性能远远不如钽电容。

1.1.3 电感器

1. 作用

是一种储存磁场能的元件,可用于滤波、振荡、耦合、磁电转换、阻抗匹配、高压发生