

电子工程师之路



元器件应用电路 全掌握

胡斌 胡松 编著



欢迎加入电子工程师测试与学习平台

强化学习、专注细节、了解自己、激发热情

双色版



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电子工程师之路

元器件应用电路全掌握

胡 斌 胡 松 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

元器件应用电路全掌握 / 胡斌, 胡松编著. -- 北京:
人民邮电出版社, 2014. 5
(电子工程师之路)
ISBN 978-7-115-34044-3

I. ①元… II. ①胡… ②胡… III. ①电子元件—电
子电路—基本知识②电子器件—电子电路—基本知识
IV. ①TN6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第294875号

内 容 提 要

全书围绕元器件典型应用电路的工作原理展开叙述, 系统而详细地讲解了数十大类数百种元器件的典型应用电路, 主要包括电阻类、电容类、电感和变压器类、二极管、三极管、集成电路、晶闸管、场效应管等, 内容系统, 讲解透彻。

本书适合立志成为电子工程师的读者、电子行业的从业者、各大专院校相关专业师生以及广大的电子爱好者阅读参考。



-
- ◆ 编 著 胡 斌 胡 松
责任编辑 王朝辉
责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京天宇星印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17
字数: 410 千字
印数: 1—4 000 册
-
- 2014 年 5 月第 1 版
2014 年 5 月北京第 1 次印刷

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前言

笔者凭借多年的教学、科研和百余本著作以读者为本的写作经验，精心组织编写了本书，希望助您在成长为电子工程师、电子产业员工和电子爱好者的征途中快乐而轻松地学习，天天进步。

本书超级亮点

掌握元器件典型应用电路的工作原理就打开了分析整机电路的大门，同时握紧了电路设计的入门钥匙。

本书具备四大特点：厚实、精细、实用、理论紧密联系实际。

“引人入胜”是本书的一个亮点，将复杂的理论问题分层次讲述使其通俗易懂是本人的一贯作风，重点知识讲解巨细无遗是本人的写作优点，30年的写作经历、多次引领国内电子类图书写作潮流是本书高水平撰写的保障。

本书写作特色

人性化写作方式

所谓人性化写作是以初学者为本，减轻读者阅读负担、提高阅读效率的崭新写作方式。

在充分研究和考虑电子技术类图书的学习要素后，运用写作技巧及错版技巧，以消除视觉疲劳，实现高效阅读。

个性化写作风格赢得好评如潮

从回馈的读者意见看，本人的写作风格迎合大多数读者，好评如潮：

太棒了；

慕名而来；

买了您好多书，现在还想买；

一下子就被吸引了；

我的第一感觉是感激；

这在课堂上是学不到的；

给了我这个新手巨大的帮助；

与您的书是“相见恨晚”；

是您的伟大思想和伟大作品成就了我；

只三言两语，便如拨云见日，轻松地捅破了“窗户纸”，而且还是在“轻松”的感觉中完成的；

以前是事倍功半，而现在是事半功倍；

.....

本书主干知识

本书分 7 章系统而详细地讲解了数十大类数百种元器件典型应用电路的工作原理。

第 1 章是“电阻类元器件典型应用电路详解”，包括普通电阻器、可变电阻器、电位器和敏感电阻器等。

第 2 章是“电容类元器件典型应用电路详解”，包括普通电容器、可变电容器和微调电容器等。

第 3 章是“电感和变压器类元器件典型应用电路详解”，包括普通电感器、专用线圈和变压器等。

第 4 章是“二极管典型应用电路详解”，包括普通二极管、稳压二极管、发光二极管和变阻二极管等。

第 5 章是“三极管典型应用电路详解”，包括偏置电路、集电极直流电路和发射极直流电路等。

第 6 章是“集成电路常用引脚外电路详解”，包括电源引脚电路、输入引脚电路、输出引脚电路等。

第 7 章是“其他元器件典型应用电路详解”，包括场效应管、电子管、晶闸管、继电器和石英晶振等。

本人情况简介

从事电子技术类图书写作近 30 年来，本人一直坚持以读者为本的理念，加之勤于思考、敢于创新、努力写作，获得了读者的认可。

第一，笔风令读者喜爱。用简单的语句讲述复杂的问题，这是本人最为擅长的方面。

第二，百本著作的理想已经实现，多套畅销书的梦想也已成功实现。

第三，依据“开卷全国图书零售市场观测系统”近几年的数据统计，本人在电子类图书销售总册数和总码洋两项指标中个人排名第一，且遥遥领先。

第四，“电子工程师必备”等多套丛书引领了国内业界的潮流。

网络平台推荐

本书作者团队一心想打造国内一流的读者伴随服务。

网络测试和交流平台

为了帮助读者学习，友情提供“Hello，电子工程师测试与学习平台”，网址：<http://eelt.cn/>。



我们的口号：测试强化学习，测试专注细节，测试了解自己，测试增强兴趣，测试激发热情。

平台力求在系统、层次、结构、逻辑、细节、重点、亮点、表现力上达到一流水平，着力打造实用性和创新性，理论紧密联系实际。巨细无遗和精细化的测试练习，可使您学习效能倍增，学习中掌握细节的能力得到加强。

平台的“万题大库”将为您精细化测试和学习保驾护航；平台的“测试成绩全国排名”将使您有机会名扬大江南北；平台将联合国内一些著名电子类杂志等共同举办电子竞技和晋级活动，欢迎广大读者参与。

若有学校想采用本书作为教材或辅导材料，本人将尽可能提供教学所需要的相关资料，以方便您的教学和学生的学习。

希望广大朋友在这一网络平台上轻松学习，快乐成长，相互交流，共同进步，走向成功！

古木电子读者接待 QQ：1155390

淘宝：古木电子 @ 读者伴随服务

新浪微博：古木电子胡斌

微信：电子测试与学习平台

公众微信码：eeltcnhb

公众微信号：

测试平台二维码：



江苏大学
胡斌

目录

第1章 电阻类元器件典型应用

电路详解 1

1.1 普通电阻器典型应用电路详解 1

- 1.1.1 直流电压供给电路 1
- 1.1.2 电阻交流信号电压供给电路 2
- 1.1.3 电阻分流电路 2
- 1.1.4 电阻限流保护电路 3
- 1.1.5 直流电压电阻降压电路 4
- 1.1.6 电阻隔离电路 5
- 1.1.7 电流变化转换成电压变化的电阻
电路 7
- 1.1.8 交流信号电阻分压衰减电路和基准
电压电阻分级电路 8
- 1.1.9 音量调节限制电阻电路 9
- 1.1.10 阻尼电阻电路 9
- 1.1.11 电阻消振电路 10
- 1.1.12 负反馈电阻电路 10
- 1.1.13 恒流录音电阻电路 12
- 1.1.14 上拉电阻电路和下拉电阻电路 13
- 1.1.15 熔断电阻器应用电路 13
- 1.1.16 4种 0Ω 电阻器应用电路 14
- 1.1.17 5种泄放电阻电路 15
- 1.1.18 启动电阻电路 17
- 1.1.19 两种取样电阻电路 18

1.2 敏感电阻器典型应用电路详解 20

- 1.2.1 PTC热敏电阻器开水自动报警
电路 20
- 1.2.2 PTC热敏电阻器消磁电路 21
- 1.2.3 DC/DC变换器中热敏电阻器应用
电路 22

1.2.4 NTC热敏电阻器抑制浪涌电路 23

1.2.5 压敏电阻器浪涌和瞬变防护电路 24

1.2.6 压敏电阻器其他应用电路 25

1.2.7 光敏电阻器控制电路 26

1.2.8 光敏电阻器其他应用电路 27

1.2.9 湿敏电阻器应用电路 30

1.2.10 气敏电阻器应用电路 30

1.2.11 磁敏电阻器应用电路 31

1.3 可变电阻器典型应用电路详解 32

1.3.1 三极管偏置电路中的可变电阻 电路 32

1.3.2 光头自动功率控制 (APC) 电路 灵敏度调整中的可变电阻电路 32

1.3.3 立体声平衡控制中的可变电阻 电路 33

1.3.4 直流电动机转速调整中的可变电阻 电路 34

1.3.5 直流电压微调可变电阻电路 34

1.4 电位器典型应用电路详解 35

1.4.1 单声道音量控制器 35

1.4.2 双声道音量控制器 36

1.4.3 电子音量控制器 37

1.4.4 场效应管音量控制器 41

1.4.5 级进式电位器构成的音量控制器 42

1.4.6 数字电位器构成的音量控制器 44

1.4.7 计算机耳机音量控制器 45

1.4.8 RC衰减式高、低音控制器 46

1.4.9 RC负反馈式音调控制器 47

1.4.10 LC串联谐振图示音调控制器 48

1.4.11 集成电路图示音调控制器 50

1.4.12 分立元器件图示音调控制器 52

1.4.13	单联电位器构成的立体声平衡控制器	54
1.4.14	带抽头电位器构成的立体声平衡控制器	54
1.4.15	双联同轴电位器构成的立体声平衡控制器	55
1.4.16	特殊双联同轴电位器构成的立体声平衡控制器	55
1.4.17	单抽头式响度控制器	56
1.4.18	双抽头式响度控制器	56
1.4.19	无抽头式响度控制器	56
1.4.20	专设电位器的响度控制器	57
1.4.21	独立的响度控制器	57
1.4.22	多功能控制器集成电路	58
1.4.23	对比度控制器	59
1.4.24	亮度控制器	60
1.4.25	色饱和度控制器	61

第2章 电容类元器件典型应用电路详解 63

2.1	普通电容器典型应用电路详解 ...	63
2.1.1	电容降压电路	63
2.1.2	电容分压电路	65
2.1.3	典型电容滤波电路	66
2.1.4	电源滤波电路中的高频滤波电容电路	67
2.1.5	电源电路中的电容保护电路	68
2.1.6	安规电容抗高频干扰电路	69
2.1.7	退耦电容电路	72
2.1.8	电容耦合电路	73
2.1.9	高频消振电容电路	76
2.1.10	消除无线电波干扰的电容电路	76
2.1.11	中和电容电路	77
2.1.12	有极性电解电容器并联电路	78
2.1.13	有极性电解电容器串联电路	79
2.1.14	扬声器分频电容电路	81
2.1.15	温度补偿型电容并联电路	83
2.1.16	多只小电容串并联电路	84
2.1.17	发射极旁路电容电路	85
2.1.18	部分发射极电阻加接旁路电容电路	85

2.1.19	发射极接有高频旁路电容电路 ...	86
2.1.20	发射极接有不同容量旁路电容电路	87
2.1.21	微控制器集成电路中的电容复位电路	87
2.1.22	静噪电容电路	88
2.1.23	加速电容电路	90
2.1.24	两种交流接地电容电路	91
2.1.25	穿心电容电路	91

2.2 可变电容器和微调电容器典型应用电路详解 92

2.2.1	输入调谐电路	92
2.2.2	微调电容电路	93
2.2.3	可变电容器其他应用电路	94

第3章 电感和变压器类元器件典型应用电路详解 95

3.1	普通电感器典型应用电路详解 ...	95
3.1.1	分频电路中的分频电感电路	95
3.1.2	电源电路中的电感滤波电路	97
3.1.3	共模和差模电感电路	97
3.1.4	储能电感电路	99
3.2	多种专用线圈电路详解	100
3.2.1	行线性线圈电路	100
3.2.2	视频检波线圈电路	101
3.2.3	行振荡线圈电路	102
3.2.4	偏转线圈电路	103
3.3	电源变压器典型应用电路详解 ...	104
3.3.1	典型电源变压器降压电路	105
3.3.2	二次抽头电源变压器降压电路	106
3.3.3	两组二次绕组电源变压器降压电路	107
3.3.4	具有交流输入电压转换装置的电源变压器电路	108
3.3.5	开关变压器电路	109
3.4	其他变压器典型应用电路详解 ...	110
3.4.1	枕形校正变压器电路	110

3.4.2 行输出变压器电路	111
3.4.3 音频输入变压器电路	112
3.4.4 音频输出耦合变压器电路	115
3.4.5 线间变压器电路	116
3.4.6 变压器耦合正弦波振荡器电路 ..	117
3.4.7 实用变压器耦合振荡器电路 ..	120
3.4.8 电感三点式正弦波振荡器电路 ..	121
3.4.9 双管推挽式振荡器电路	122

第4章 二极管典型应用 电路详解

4.1 二极管整流电路	125
4.1.1 正极性半波整流电路	126
4.1.2 负极性半波整流电路	128
4.1.3 正、负极性半波整流电路	129
4.1.4 两组二次绕组的正、负极性半波 整流电路	130
4.1.5 正极性全波整流电路	132
4.1.6 负极性全波整流电路	134
4.1.7 正、负极性全波整流电路	135
4.1.8 正极性桥式整流电路	136
4.1.9 负极性桥式整流电路	138
4.1.10 二倍压整流电路	140
4.1.11 4种整流电路小结	141
4.2 二极管其他典型应用电路详解 ..	143
4.2.1 二极管简易直流稳压电路	143
4.2.2 二极管限幅电路	144
4.2.3 二极管温度补偿电路	146
4.2.4 二极管控制电路	148
4.2.5 二极管开关电路	149
4.2.6 二极管检波电路	152
4.2.7 继电器驱动电路中的二极管保护 电路	155
4.2.8 二极管过电压保护电路	155
4.2.9 续流二极管电路	156
4.2.10 二极管或门电路	156
4.2.11 二极管与门电路	157
4.3 桥堆、稳压二极管和变容二极管典型 应用电路详解	159

4.3.1 桥堆构成的整流电路	159
4.3.2 稳压二极管应用电路	160
4.3.3 变容二极管应用电路	162

4.4 发光二极管指示灯典型应用电路 详解

4.4.1 发光二极管直流电源指示灯电路 ..	162
4.4.2 发光二极管交流电源指示灯电路 ..	164
4.4.3 发光二极管按键指示灯电路	166

4.5 LED电平指示器典型应用电路 详解

4.5.1 LED电平指示器种类	169
4.5.2 多级LED光柱式电平指示器 ..	171
4.5.3 5级单声道集成电路LB1403	173
4.5.4 9级单声道集成电路LB1409	174
4.5.5 5级双声道集成电路D7666P	176
4.5.6 功率电平指示器	178
4.5.7 调谐电平指示器	181
4.5.8 LED光点式电平指示器	183
4.5.9 动态扫描式LED频谱式电平 指示器	184
4.5.10 频压法LED频谱式电平指示器 ..	187
4.5.11 全发光LED频谱式电平指示器 ..	190
4.5.12 实用频谱式电平指示器	191
4.5.13 超高亮LED驱动电路	193

4.6 其他二极管典型应用电路详解 ..

4.6.1 肖特基二极管应用电路	198
4.6.2 快恢复二极管和超快恢复二极管 应用电路	199
4.6.3 恒流二极管应用电路	199
4.6.4 瞬态电压抑制二极管应用电路 ..	199
4.6.5 双向触发二极管应用电路	200
4.6.6 变阻二极管应用电路	200
4.6.7 光敏二极管应用电路	201

第5章 三极管典型应用电路 详解

5.1 三大类三极管典型偏置电路详解 ..	202
5.1.1 三极管固定式偏置电路	202



5.1.2	三极管分压式偏置电路	205
5.1.3	三极管集电极-基极负反馈式偏置电路	209
5.2	三极管集电极典型直流电路详解	210
5.2.1	常见的集电极直流电路	210
5.2.2	变形的集电极直流电路	212
5.3	三极管发射极典型直流电路详解	212
5.3.1	常见的三极管发射极直流电路	212
5.3.2	其他3种发射极直流电路	213

第6章 集成电路常用引脚外电路详解 215

6.1	集成电路电源引脚和接地引脚外电路详解	215
6.1.1	电源引脚和接地引脚的种类	215
6.1.2	电源引脚和接地引脚的4种电路组合形式及外电路分析	217
6.1.3	电源引脚和接地引脚外电路特征及识图方法	219
6.2	集成电路信号输入引脚和信号输出引脚外电路详解	221
6.2.1	信号输入引脚和信号输出引脚的种类	221
6.2.2	信号输入引脚外电路特征及识图方法	223
6.2.3	信号输出引脚外电路特征及识图方法	227

第7章 其他元器件典型应用电路详解 231

7.1	晶闸管典型应用电路详解	231
-----	-------------	-----

7.1.1	普通晶闸管典型应用电路	231
7.1.2	门极关断晶闸管应用电路	231
7.1.3	逆导晶闸管应用电路	232
7.1.4	双向晶闸管应用电路	232
7.1.5	温控晶闸管应用电路	233
7.2	场效应管典型应用电路详解	234
7.2.1	场效应管实用偏置电路	234
7.2.2	场效应管和三极管混合放大器电路	236
7.3	其他常用元器件典型应用电路详解	237
7.3.1	电子管放大器直流电路	237
7.3.2	继电器控制功能转换开关电路	238
7.3.3	继电器触点常闭式扬声器保护电路	239
7.3.4	另一种继电器触点常闭式扬声器保护电路	240
7.3.5	继电器触点常开式扬声器保护电路	242
7.3.6	采用开关集成电路和继电器构成的扬声器保护电路	244
7.3.7	放音磁头和录放磁头输入电路	246
7.3.8	直流电动机电源电路	250
7.3.9	电动机速度转换电路	250
7.3.10	电动机连续放音控制电路	252
7.3.11	石英晶振构成的串联型振荡器	254
7.3.12	石英晶振构成的并联型振荡器	255
7.3.13	石英晶振自激多谐振荡器	255
7.3.14	微控制器电路中的晶振电路	255
7.3.15	陶瓷滤波器应用电路	257
7.3.16	扬声器分频电路	259

第 1 章 电阻类元器件典型应用电路详解

1.1 普通电阻器典型应用电路详解

重要提示

由于理解一个电路工作原理需要许多的知识来支持，这里讲到的一些电阻器典型应用电路，许多知识点在书的前面还没有展开，所以一些电路分析理解起来有点困难是正常的，随着电路分析的深入、各类知识点的积累，电路分析理解会更加容易和轻松。

能加到 VT1 基极，当然 VT1 基极电压低于直流电压 $+V$ ，等于 $+V$ 减去电阻 R1 上的直流电压降（R1 两端的电压）。R1 上的电压降大小与 R1 的阻值大小和流过 R1 的电流大小相关。

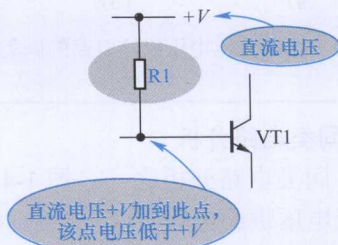


图 1-1 典型直流电压供给电路

理解方法提示

图 1-2 所示是说明 VT1 基极电压低于 $+V$ 的原理电路，电流流动的方向是电压下降的方向， $+V$ 产生的电流从上而下地流过 R1，所以 VT1 基极电压低于 $+V$ 。

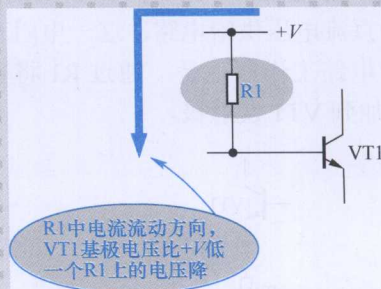


图 1-2 理解电压大小示意图

1.1.1 直流电压供给电路

电阻可以将直流电压或交流信号电压加到电路中的任何一点，这是电路中最常见的元器件之一。

1. 典型电阻直流电压供给电路

运用电阻给电路中的某点加上电压，在电子电路中用得最多的是加上直流电压，为电路提供直流工作电压。图 1-1 所示是一种典型直流电压供给电路。电路中的 R1 给三极管 VT1 基极加上直流工作电压，因为三极管工作在放大状态时需要直流电压，这种电路在三极管放大器中又称为固定式偏置电路。

电路中的 R1 连接在直流电压 $+V$ 端与三极管 VT1 基极之间，这样直流电压 $+V$ 就

同类电路提示

图 1-3 所示是电阻直流电压供给电路的同类电路。图 1-3 (a) 所示电路中, 通过 $R1$ 将直流电压 $+V$ 加到三极管 $VT1$ 集电极。图 1-3 (b) 所示电路中通过 $R1$ 将直流电压 $+V$ 加到 $VT1$ 发射极。

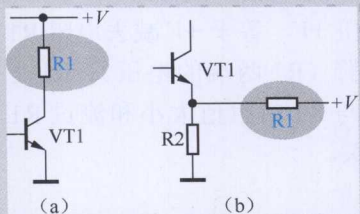


图 1-3 电阻直流电压供给电路的同类电路

2. 同类电路分析

(1) 同类电路分析之一。图 1-4 所示是一种直流电压供给电路, 这一电阻直流电压供给电路工作原理是: 通过 $R1$ 将直流电压 $+V$ 加到三极管 $VT1$ 的集电极。

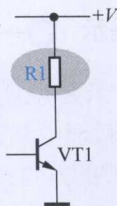


图 1-4 直流电压供给电路之一

(2) 同类电路分析之二。图 1-5 所示是另一种直流电压供给电路, 这一电阻直流电压供给电路工作原理是: 通过 $R1$ 将直流电压 $+V$ 加到 $VT1$ 发射极。

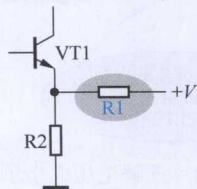


图 1-5 直流电压供给电路之二

1.1.2 电阻交流信号电压供给电路

电阻也可以将交流信号电压加到电路中的某一点, 图 1-6 所示是电阻交流信号电压供给电路。

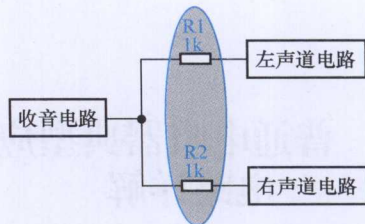


图 1-6 电阻交流信号电压供给电路

重要提示

从电路中可以看出, 从收音电路输出的交流信号 (音频信号), 分别通过电阻 $R1$ 和 $R2$ 加到左声道电路和右声道电路, 这样将一个交流信号分成了两个信号, 分别加到两个电路中。图 1-7 所示是信号传输示意图, 这样左声道电路和右声道电路放大的是同样的信号。

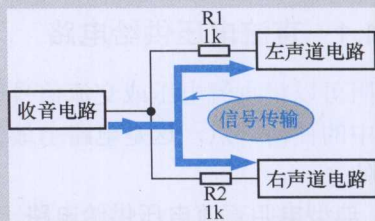


图 1-7 信号传输示意图

1.1.3 电阻分流电路

1. 典型电阻分流电路

图 1-8 所示是由电阻构成的分流电路。电路中的 $R1$ 是分流电阻, 如果没有电阻 $R1$, 电路中的所有电流都从电阻 $R2$ 流过, 加入 $R1$ 后, 有一部分电流通过了 $R1$, 所以在总电流中有流过 $R1$ 的电流。

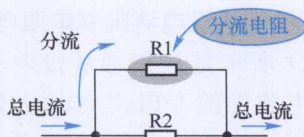


图 1-8 典型的电阻分流电路

如果有一个总电流 I ，原来只有一路电路提供这一总电流通路，现在再加一只电阻构成通路，使总电流中的一部分由这只电阻提供通路，因此能减少原电路通路中的电流。

重要提示

当某一个元器件因为通过的电流太大而不能安全工作时，可以采用这种电阻分流的方法减小流过该元器件的电流。当然，这样做后会影响一些电路的性能，所分流的电流越大，对电路原性能的影响就越大。

电路设计重要提示

这一电路中各电阻支路中电流计算公式如下：

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_0$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_0$$

式中： I_1 为流过电阻 R_1 电流；

I_2 为流过电阻 R_2 电流；

I_0 为流过 R_1 和 R_2 并联电路的总电流。

从公式中可以看出， I_1 大小与电阻 R_2 阻值大小成反比关系， I_2 大小与电阻 R_1 阻值大小成反比关系。

2. 另一种电阻分流电路

图 1-9 所示是另一种电阻分流电路，整机电路中存在大量的各种各样的电阻分流电路。电阻分流电路是采用电阻器与另一个元器件相并联，让一部分电流通过电阻器，以

减小流过另一个元器件的电流，减轻这个元器件的负担。电阻分流电路根据参与并联的元器件不同，有许多种电路，这里讲解三极管 VT1 集电极、发射极电流的分流电路。

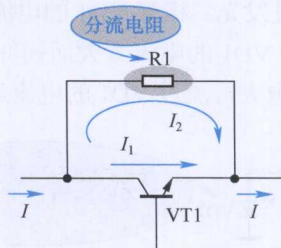


图 1-9 电阻分流电路

电路中， R_1 是分流电阻，VT1 是一只三极管。电阻 R_1 并联在三极管 VT1 集电极与发射极之间，这样 R_1 与 VT1 集电极与发射极之间的内阻构成并联电路。

分流电阻 R_1 加入电路后，电流 I 中的一部分 I_2 流过电阻 R_1 ，这样流过三极管 VT1 的电流 I_1 有所减小，而输出端的总电流 I 并没有减小，总电流 I 为流过三极管 VT1 和电阻 R_1 的电流之和。

显然，接入分流电阻 R_1 后，可以起到保护三极管的作用，这样的电阻 R_1 称为分流电阻。又因为分流电阻具有保护另一只元器件的作用，所以又称为分流保护电阻。

重要提示

在电阻分流电路中，电阻对直流、交流所呈现的阻值特性相同，所以对直流和交流电路的分流工作原理一样，对不同频率的交流信号分流工作原理也是相同的。如果采用其他元器件或电路来构成分流电路，则可能使分流电路特性发生变化。

1.1.4 电阻限流保护电路

电阻限流保护电路在电子电路中应用广泛，它用来限制电路中的电流不能太大，从

而保证其他元器件的工作安全。

1. 发光二极管电阻限流保护电路

图 1-10 所示是典型的电阻限流保护电路。在直流电压 +V 大小一定时，电路中加入电阻 R1 后，流过发光二极管 VD1 的电流减小，防止因为流过 VD1 的电流太大而损坏 VD1。电阻 R1 阻值愈大，流过 VD1 的电流愈小。

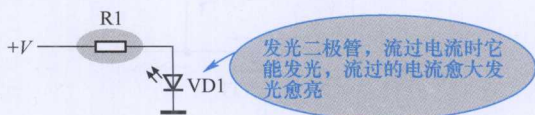


图 1-10 典型的电阻限流保护电路

电阻 R1 与 VD1 串联起来，流过 R1 的电流等于流过 VD1 的电流，R1 使电路中的电流减小，所以可以起保护 VD1 的作用。

电路设计重要提示

流过限流保护电阻 R1 的电流计算公式如下：

$$I = \frac{+V - V_D}{R_1}$$

式中：I 为流过发光二极管 VD1 的电流，单位 mA；

+V 为电路直流工作电压，单位 V；

V_D 为发光二极管导通后的管压降，它远大于普通二极管的管压降，具体数据可以查发光二极管使用手册，单位 V；

R_1 为限流保护电阻阻值，单位 $k\Omega$ 。

在电路设计中，计算限流保护电阻 R1 阻值的公式如下：

$$R_1 = \frac{+V - V_D}{I}$$

直流工作电压 +V 是一个已知数， V_D 和 I 可以查发光二极管使用手册，这样可以计算限流保护电阻 R1 的阻值大小。

注意，流过发光二极管的电流有一个范围，在这个范围内电流越大，发光二极管越亮，反之则暗。

2. 三极管基极电流限制电阻电路

图 1-11 所示是三极管基极电流限制电阻电路。电路中的 VT1 是起放大作用的三极管，三极管有一个特性，当它的静态电流（基极电流）大小在一定范围内变化时，能够改变它的电流放大倍数。在一些放大器中为了调节三极管基极静态电流，将基极偏置电阻设置成可变电阻器，即电路中的 RP1。

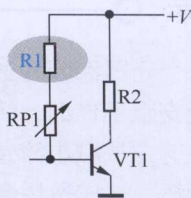


图 1-11 三极管基极电流限制电阻电路

如果电路中没有电阻 R1，当 RP1 的阻值调到最小时，直流工作电压 +V 直接加到三极管 VT1 基极，会有很大的电流流过 VT1 基极而烧坏三极管 VT1，因为三极管在过电流时容易损坏，所以要加入限制电流太大的电阻。

重要提示

电路中的 R1 防止可变电阻器阻值调到最小时，使三极管 VT1 基极电压等于 +V。因为当 RP1 调到最小时，还有电阻 R1 串联在直流工作电压 +V 与 VT1 基极之间，R1 限制了三极管 VT1 基极电流很大的情况发生，起到保护作用。

1.1.5 直流电压电阻降压电路

1. 典型直流电压电阻降压电路

图 1-12 所示是典型的直流电压电阻降压电路。从电路中可以看出，直流工作电压 +V 通过 R1 和 R2 后加到三极管 VT1 集电极，其中通过 R1 后的直流电压作为 VT1 放大级

的直流工作电压。由于直流电流流过 R_1 , R_1 两端会有直流电压降, 这样 R_1 左端的直流电压比 $+V$ 低, 起到了降低直流电压的作用。

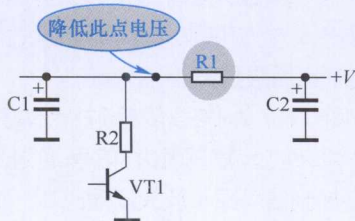


图 1-12 典型直流电压电阻降压电路

理解方法提示

电流流过电阻时要产生电压降, 使得电阻两端的电压不等, 一端高一端低, 这样电阻就能降低电路中某点的电压。

这种电阻降压电路不只是将直流电压降低, 通过与滤波电容 C_1 的配合, 还可以进一步对直流工作电压 $+V$ 进行滤波, 使直流电压中的交流成分更小。

2. 多节直流电压电阻降压电路

图 1-13 所示是多节直流电压电阻降压电路。电路中, 直流电压 $+V$ 通过 R_3 的降压后, 再加入到 R_1 电路中进行再次降压。

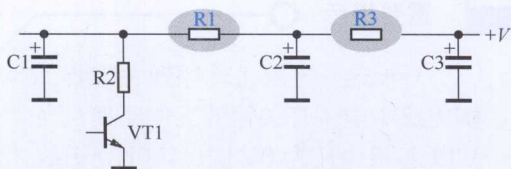


图 1-13 多节直流电压电阻降压电路

重要提示

在多节直流电压电阻降压电路中, 各节电阻降压后的直流电压大小是不同的, 愈降愈低, 而且通过多节降压后的直流电压其交流成分更少。

1.1.6 电阻隔离电路

如果需要将电路中的两点隔离开, 最简单的是采用电阻隔离电路。

1. 典型电阻隔离电路

图 1-14 所示是典型电阻隔离电路, 电路中的电阻 R_1 将电路中 A、B 两点隔离, 使两点的电压大小不等。



图 1-14 典型电阻隔离电路

电路中的 A 和 B 两点被电阻 R_1 分开, 但是 A 点和 B 点之间电路仍然是通的, 只是有了电阻 R_1 , 电路中的这种情况称为隔离。

故障检测提示

关于这一电路的故障检测主要是直接测量电阻 R_1 的阻值, 在电路断电情况下用万用表电阻挡进行测量。

2. 自举电路中电阻隔离电路

图 1-15 所示是实用电阻隔离电路, 这是 OTL 功率放大器中的自举电路 (一种能提高大信号下的半周信号幅度的电路), 电路中的 R_1 是隔离电阻。

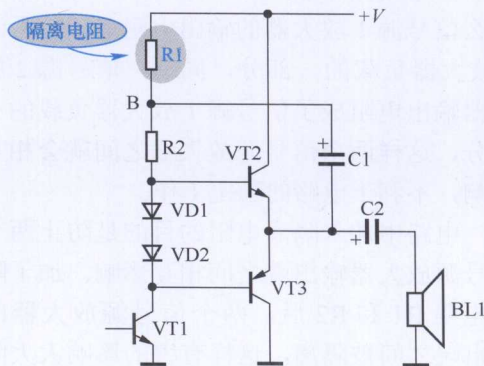


图 1-15 实用电阻隔离电路

电路中, R_1 用来将 B 点的直流电压与直流工作电压 $+V$ 隔离, 使 B 点直流电压有可能在某一瞬间超过 $+V$ 。

重要提示

如果没有电阻 R_1 的隔离作用 (R_1 短接), 则 B 点直流电压最高为 $+V$, 而不可能超过 $+V$, 此时无自举作用, 可见设置隔离电阻 R_1 后, 大信号时的自举效果更好。

3. 信号源电阻隔离电路

图 1-16 所示是信号源电阻隔离电路。电路中的信号源 1 放大器通过 R_1 接到后级放大器输入端, 信号源 2 放大器通过 R_2 接到后级放大器输入端, 显然这两路信号源放大器输出端通过 R_1 和 R_2 合并成一路。

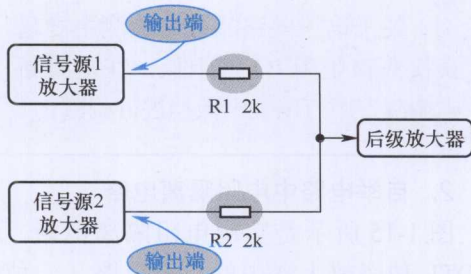


图 1-16 信号源电阻隔离电路

如果电路中没有 R_1 和 R_2 这两只电阻, 那么信号源 1 放大器的输出电阻成了信号源 2 放大器负载的一部分, 同理, 信号源 2 放大器输出电阻成了信号源 1 放大器负载的一部分, 这样两个信号源放大器之间就会相互影响, 不利于电路的稳定工作。

电路中加入隔离电阻的目的是防止两个信号源放大器输出端之间相互影响。加了隔离电阻 R_1 和 R_2 后, 两个信号源放大器的输出端之间被隔离, 这样有害的影响大大降低, 实现电路的隔离作用。

重要提示

电路中加入隔离电阻 R_1 和 R_2 后, 两个信号源放大器输出的信号电流可以不流入对方的放大器输出端, 而更好地流到后级放大器输入端。

图 1-17 为信号传输过程示意图, 信号源 2 放大器输出的信号通过 R_2 , R_1 会加到信号源 1 放大器输出端, 加入 R_1 、 R_2 后加到信号源 1 放大器输出端的信号就会小得多。同理, 信号源 1 放大器的输出信号加到信号源 2 放大器输出端的信号也会小得多, 达到隔离目的。

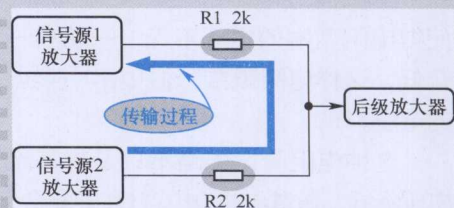


图 1-17 信号传输过程示意图

4. 静噪电路中电阻隔离电路

图 1-18 (a) 所示是静噪电路中的电阻隔离电路。电路中, 在前级放大器与后级放大器电路之间接有隔离电阻 R_1 和耦合电容 C_1 , VT_1 是电子开关管。

重要提示

分析这一电路工作原理之前要了解电路中电子开关管的工作原理: 当 VT_1 基极电压为 $0V$ 时, VT_1 处于截止状态, VT_1 集电极与发射极之间内阻很大, 相当于集电极和发射极之间开路, 此时对电路没有影响; 当 VT_1 基极加有正电压 $+V$ 时, VT_1 处于饱和导通状态, 此时 VT_1 集电极与发射极之间内阻很小, 相当于集电极和发射极之间接通, 此时将电阻 R_1 右端接地, 如图 1-18 (b) 所示的等效电路。

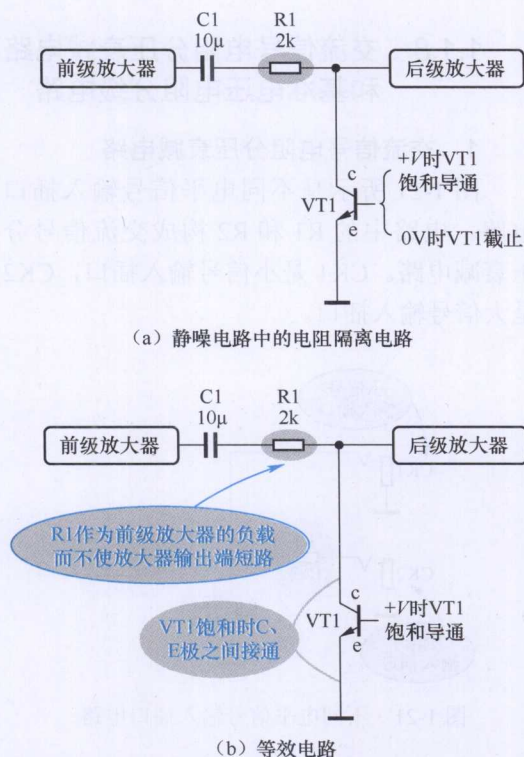


图 1-18 静噪电路中的电阻隔离电路及其等效电路

这一电路分析方法是：假设电子开关管 VT1 在饱和导通、截止两种状态下，进行电路工作状态的 analysis。

(1) VT1 处于截止状态。从前级放大器输出的信号通过电容 C1 和电阻 R1 加到后级放大器电路的输入端，完成信号从前级电路到后级电路的传输过程。

(2) VT1 处于饱和导通状态。前级放大器输出的信号（实际上此时已不是有用信号而是电路中的噪声）通过 R1 被处于饱和导通状态下的 VT1 短路到地，而无法加到后级放大器输入端，这样将前级电路的噪声抑制，达到静噪的目的。在音响电路和视频电路中都有这种静噪电路的运用。

隔离电阻 R1 的作用是：防止在电子开关管 VT1 饱和导通时，将前级放大器电路的输出端对地短路，造成前级放大器电路的损坏。如果没有电阻 R1，就相当于将前级放大器的输出端对地短路，这相当于电

源短路，会损坏前级放大器。在加入隔离电阻 R1 后，前级放大器输出端与地线之间接有电阻 R1，这时 R1 是前级放大器的负载电阻，防止了前级放大器输出端的短路。

1.1.7 电流变化转换成电压变化的电阻电路

在电子电路中，为数不少的情况需要电路中电流的变化转换成相应的电压变化，这时可以用电阻电路来完成。

1. 三极管的集电极负载电阻电路

图 1-19 所示是运用电阻将电流变化转换成电压变化的典型电路，这也是三极管的集电极负载电阻电路。

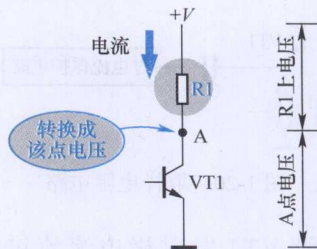


图 1-19 运用电阻将电流变化转换成电压变化的典型电路

当电流流过 R1 时，在 R1 上产生电压降，使 R1 的下端（VT1 集电极，电路中的 A 点）发生改变。当电阻 R1 阻值一定，流过 R1 的电流增大时，在 R1 上的电压降增大，VT1 集电极电压下降；当流过 R1 的电流减小时，在 R1 上的电压降减小，VT1 集电极电压升高。

由此可见，通过 R1 将 VT1 集电极电流的大小变化转换成电路中 A 点电压的大小变化。

重要提示

掌握了电阻特性可以更好地理解这一电路的工作原理，当电流流过电阻时，会在电阻两端产生电压降，这是电阻的基本特性。分析上述电路时有两个细节要注意。