

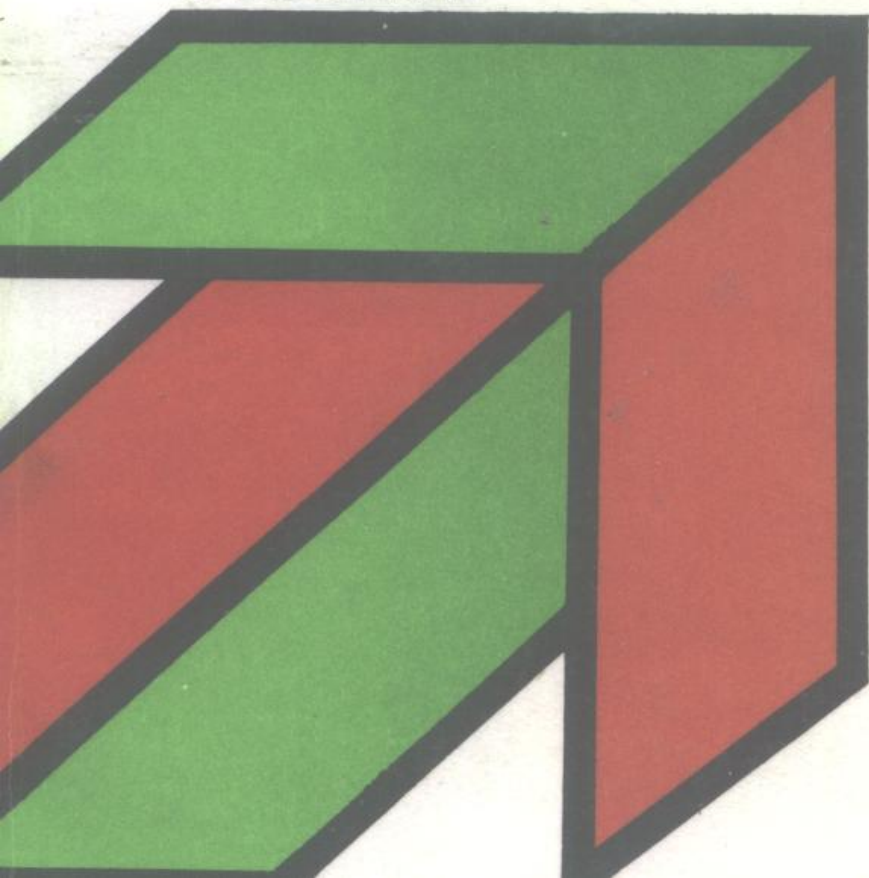
# 电子线路

(第三版)

梁明理 主编

周建平 张蕴 邓仁清 梁明理 编

高等教育出版社



TN7

L44

448289

(3) 高等学校教材

# 电 子 线 路

---

(第三版)

梁明理 主编  
周建平 张 蕴 编  
邓仁清 梁明理

高等教育出版社

448229

(京) 112号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

电子线路/梁明理等编. —3版. —北京: 高等教育出版社, 1993.6 (1999重印)

ISBN 7-04-004181-2

I. 电… I. 梁… III. 电子电路 N. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 22500 号

---

<b>出版发行</b>	高等教育出版社		
<b>社 址</b>	北京市东城区沙滩后街 55 号	<b>邮政编码</b>	100009
<b>电 话</b>	010—64054588	<b>传 真</b>	010—64014048
<b>网 址</b>	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>		
<b>经 销</b>	新华书店北京发行所		
<b>印 刷</b>	成都新华印刷厂		
<b>开 本</b>	850×1168 1/32	<b>版 次</b>	1979年4月第1版
<b>印 张</b>	19.5		1993年6月第3版
<b>字 数</b>	471 000	<b>印 次</b>	1999年6月第6次印刷
		<b>定 价</b>	18.40元

---

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

D3-9/33-20

## 内 容 简 介

本书是武汉大学物理系《电子线路》教材编写组为适应理科物理专业的教学需要,以过去出版的第二版为基础,通过教学实践,多方征求意见,总结提高和修改、增删而成。新版力求仍然保持简明教程和便于教学的特色,仍是一本学时数为72~90教学计划的教材。

修订版本着重在以下几方面进行改进:在选材上体现先进性,精选内容并适当增加选讲内容,联系实际并控制合适的深度和广度,弥补了第二版数字电路部分不足的缺陷。

本书的主要内容包括:线性电路简述、半导体器件的特性、放大器电路基础、集成运算放大器、反馈放大器、信号运算电路、波形发生器、功率电路、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器 and 脉冲电路及综合电路系统。该书完稿后,由清华大学电子工程系尹达衡教授对书稿做最后审定。

本书可作为理科综合大学物理专业教材。

责任编辑 郭玉凤

## 第一版前言

本书是根据1977年10月全国高等学校理科物理教材会议为物理专业拟订的《电子线路》大纲编写的。全书分上、下两册。上册有线性电路基础、半导体二极管和晶体管、放大器的基本分析方法、负反馈放大器和常用放大器等五章；下册有正弦振荡与非线性变换、脉冲电路、数字集成电路和直流电源等四章。书中加\*号的部分为参考资料，可不列入教学内容。本书与我组所编《电子线路实验》一书配套，组成电子线路理论课和实验课的教材。

本书经《电子线路》教材审稿会审订。参加审稿会的单位有厦门大学(主审单位)等十三个院校。参加审稿会的同志和我校物理系、空间物理系审阅本书的同志，提出了不少宝贵的意见，在此一并致以衷心的感谢。

本书第一、七、八章和上册附录由卢孝先编写，第二、三、六、九章和下册附录由梁明理编写，第四、五章由廖孟扬编写。

由于我们水平有限，编写时间仓促，书中必有错误和不妥之处，希读者批评指正。

武汉大学《电子线路》教材编写组

1978年12月

## 第二版前言

本书是参照1980年6月教育部制订的“综合大学物理学专业电子线路教学大纲”，在武汉大学电子线路教材编写组编《电子线路》第一版的基础上经过改编写成的。它适用于73学时(打\*号内容不列入教学计划)至90学时的教学计划，可作为理科电子线路课程的教材。

本书大体上按照“器件-模拟-数字”的体系编排。第二章为器件部分，第三至七章、十一章为模拟电路，第八至十章为数字电路。第一章简述了本课将涉及到的几个线性电路和信号的问题，以弥补学生在学习本课之前电路方面知识的不足。

为了与80年代电子技术的发展相适应，本版加强了线性集成电路和数字集成电路的内容。相应削减了分立元件的功率放大、多级放大、稳压电源、脉冲电路、门电路和触发器等内容。

本书在编写过程中，注意精选内容，避免浓缩和烦琐，在内容的编排上，注意由浅入深，加强基本概念的阐述和习题的合理安排，以使学生学完本课以后，能具有较强的分析问题和解决问题的能力。

为了提高电子线路的教学效果，建议教师采用本书作教材时，注意加强各教学环节的配合。有些内容(如单级 $RC$ 放大器的设计等)可放到习题课去讲。本书还有某些没有讲过的内容(如功率放大、脉冲电路等)，可在实验课的原理电路中补充。有些亦属重要的内容，如逻辑代数等，让学生充分预习，课堂上扼要讲解，可提高教学效率；还有一些必须了解的内容(目录中打 $\triangle$ 号)，可布置学生自学。为了获得更好的教学效果，最好有挂图或幻灯相配合。我

系魏慧如、张蕴、宋睿、周建平、许后香、吴令熙等同志审阅了本书初稿并作了很多具体工作；许后香、张蕴和周建平同志协助演算了全部习题；梁红同志描绘了大部分图稿。华中工学院康华光老师对本书的大纲和内容处理等方面提出了许多带方向性的宝贵意见。

1983年4月在武汉开了审稿会。会议由编委兰州大学席先觉同志和主审单位吉林大学杨崇志同志主持，暨南大学、广西大学、山西大学、贵州大学等校的代表参加了会议。代表们指出了初稿中的错误和不妥之处，提出了许多改进的宝贵意见。

谨在此对审阅本书并提出宝贵意见的同志们以及在编写过程中给予本书热情帮助和支持的同志们，一并致以衷心的感谢。

由于编者业务水平的限制，书中一定会有错误和不妥之处，恳切希望使用本书的读者指正。

编者

1983年6月

## 第三版前言

本书自1979年第一版问世和1984年第二版诞生以来，在兄弟院校师生和广大读者的关注下；两版共印14次，累计印数超过25万套。随着电子技术迅猛的发展和教学改革的不深入，使我们认识到新版的修订势在必行，于是第三版现在和广大读者见面了。

新版是在第二版的基础上，通过教学实践、总结提高和修改增删而成的。新版力求仍然保持简明教程和便于教学的特色，仍是一本用于学时数较少的电子线路课程的教材，它适用于72学时（不包括目录中打\*号部分）至90学时的教学计划。为了适应电子技术的不断发展和教学改革的需要，在修订本版时着重考虑了下述几点：

1. 体现适合国情的先进性。为此对新版的体系作了较大的调整：在论述最基本的放大器时，以直耦放大器取代了阻容耦合放大器；将运放内容提前，使反馈放大器及后续各章能以模拟集成电路为对象进行讨论；在数字电路中则由小规模集成电路入门，继而向中、大规模集成电路深入。这就形成了以集成电路为主干的体系，保证了教材内容的先进性。

2. 具有教学上的灵活性。新版仍按“器件-模拟-数字”的体系编排，但又具有先数字后模拟的教学顺序的可行性。为此把 $RC$ 电路的暂态特性放在第一章，第二章增加了各种器件的简单电路。讲过第二章以后，就可以讲授数字电路了。

3. 适当增加选讲内容，以适应因材施教和各类专业的教学需要。



4. 联系实际、加深学生的理解。其措施是较多地给出器件的主要参数,增加例题,并使例题、习题与正文相互补充,增加电路实例和读图练习。对集成电路内部结构的介绍,不仅能使学生熟悉其内部结构和整体功能,以便运用得更为准确,而且又是读图的练习。

5. 为了介绍中、大规模集成电路并为计算机课程的学习打基础,新增了半导体存储器一章。

6. 使用本书的课程,通常是一门既无先行课又无后续课的比较孤立的课程,学时较少但又要求有一定的深度和广度,为了解决这一矛盾,新版注意精选内容,控制合适的深度和广度,并注意由浅入深,加强基本概念,提高教学效率。

7. 重新精选和补充思考题和习题,并与正文密切配合,以巩固正文的内容和补充正文的不足。

8. 为了方便学生学习,新版增设章末小结,书末增设习题答案。

本书完稿后先印作讲义,在武汉大学物理系试用过一届。本书第一、十二章由梁明理编写,第二、三、四、六章由周建平编写,第五、七、九章由邓仁清编写;第八、十、十一、十三章由张蕴编写。梁明理为主编,负责全书的定稿和编写组织工作。

清华大学尹达衡教授审阅了本书全稿,提出了许多宝贵的修改意见。本版修订大纲拟订后,征求了部分兄弟院校的意见。吉林大学、南开大学、中山大学等15所院校的有关老师对修订大纲提出了许多宝贵的意见。这些意见对本书的修订帮助很大,在此谨向他们致以衷心的感谢。

本版教材虽然有所改进,但与不断发展的电子技术和不断深入的教学改革的要求相比,仍有很大的差距,恳请读者对书中的

## 常用符号表

### 一、基本符号

$A$	放大倍数
$C$	电容
$f$	频率
$I, i$	电流, 源电流
$L$	电感
$P, p$	功率
$R, r$	电阻
$t, T$	时间, 温度
$V, v$	电压, 源电压
$Z = R + jX$	阻抗

### 二、电流、电压

$i$	小写 $i$ 表示电流瞬时值
$i_b$	小写 $i$ 、小写下标 $b$ 表示基极电流瞬时值
$i_B$	小写 $i$ 、大写下标 $B$ 表示基极电流总瞬时值(直流分量与交流分量之和)
$I$	大写 $I$ 表示直流电流、正弦电流有效值
$I_b$	大写 $I$ 、小写下标 $b$ 表示正弦基极电流有效值
$I_B$	大写 $I$ 、大写下标 $B$ 表示基极电流静态值
$\dot{I}$	大写 $I$ 上打点表示正弦电流矢量
$\dot{I}_b$	正弦基极电流矢量
$I_m$	正弦电流振幅值, 脉冲电流幅值
$I_{bm}$	正弦基极电流振幅值
$I_s$	信号源的源电流有效值
$I_{OO}$	直流电源 $V_{OO}$ 的输出电流
$V_m$	正弦电压振幅值, 脉冲电压幅值
$V_s$	正弦输入电压有效值

$v_i$	任意波形的输入电压瞬时值
$V_o$	正弦输出电压有效值
$v_o$	任意波形的输出电压瞬时值
$V_s$	信号源的源电压有效值
$V_{CC}, V_{EE}, V_{DD}$	直流电源电压

### 三、电阻、电容

$C_I$	输入电容
$C_L$	负载电容
$C_O$	输出电容
$R$	电阻, 直流电阻
$r$	微变电阻, 器件内部电阻
$R_I$	输入电阻
$R_L$	负载电阻
$R_O$	输出电阻
$R_s$	信号源内阻

### 四、放大倍数

$A$	放大倍数, 电压放大倍数
$A_F$	反馈放大器的放大倍数
$A_V$	电压放大倍数
$A_{VS}$	源电压放大倍数
$A_{VL}$	低频电压放大倍数
$A_{VM}$	中频电压放大倍数
$A_{VH}$	高频电压放大倍数
$A_{VO}$	共模电压放大倍数
$A_{VD}$	差模电压放大倍数

### 五、频率

$BW$	通频带
$F$	非正弦信号的重复频率
$f_H$	3dB 上限频率
$f_{HF}$	反馈放大器的上限频率
$f_L$	3dB 下限频率
$f_o$	回路固有谐振频率

## 六、时间

$t_d$	延迟时间
$t_f$	下降时间
$t_{on}$	开通时间
$t_{off}$	关闭时间
$t_{pd}$	平均传输延迟时间
$t_r$	上升时间
$t_s$	存储时间
$t_w$	脉冲宽度

## 七、数字电路

BCD	二-十进制码
$O$	进位数
CP	时钟脉冲
CR	清零
$D$	D 触发器输入, 数据
$E$	使能控制端
$F$	触发器
$G$	逻辑门
$J, K$	JK 触发器输入
$L$	逻辑函数
$m$	最小项
$Q$	触发器输出
$R$	RS 触发器的输入
$R_d$	触发器的直接置 0 端
$S$	RS 触发器的输入, 和数
$S_d$	触发器直接置 1 端
$T$	周期, $T$ 触发器输入
$\times$	任意态

## 八、器件参数符号

### 1、半导体二极管

$f_M$	最高工作频率
$I_{FM}$	二极管的最大正向直流电流

$I_R$  反向直流电流

$V_{RM}$  反向峰值电压

## 2. 双极型晶体管

$C_{b'c}$  基极-集电极本征电容

$C_{b'e}$  基极-发射极本征电容

$f_{\beta fb}$  共基极截止频率

$f_{\beta fe}$  共射极截止频率

$f_T$  特征频率

$h_{fe}$  共射接法输出交流短路时的电流放大系数

$h_{fb}$  共基接法输出交流短路时的电流放大系数

$h_{ie}$  共射接法输出交流短路时的输入电阻

$h_{oe}(1/r_{ce})$  共射接法输入交流开路时的输出电导

$h_{ro}$  共射接法输入交流开路时的反向电压传输系数

$I_{CBO}$  发射极开路时 C-B 结反向截止电流

$I_{CEO}$  基极开路时 C-E 结反向截止电流

$I_{CM}$  集电极最大允许电流

$P_{CM}$  集电极最大允许耗散功率

$V_{(BR)CEO}$  基极开路时 C-E 间的反向击穿电压

$V_{(BR)EBO}$  集电极开路时 E-B 间击穿电压

## 3. 场效应管

$g_m$  跨导

$I_{DS(sat)}$   $V_{GS}=0$  时的饱和漏源电流

$P_{DSM}$  漏极最大允许耗散功率

$R_{GS}$  直流输入电阻

$V_{(BR)DS}$  漏源间的击穿电压

$V_{GS(off)}$  夹断电压

$V_{GS(th)}$  开启电压

## 4. 运算放大器

$A_{VO}$  开环放大倍数

$I_{IO}$  输入失调电流

$I_{IB}$  输入偏置电流

$K_{CMR}$  共模抑制比

$P_D$	静态功耗
$R_i$	差模输入电阻
$R_o$	输出电阻
$S_B$	转换速率
$v_+$	运放同相端电压
$v_-$	运放反相端电压
$v_{IC}$	共模输入电压
$v_{ID}$	差模输入电压
$V_{ICM}$	最大共模输入电压
$V_{IDM}$	最大差模输入电压
$V_{IO}$	输入失调电压

#### 5. 数字器件

$I_{IS}$	输入短路电流
$I_{IH}$	输入漏电流
$N_o$	扇出系数
$P_{ON}$	空载导通功耗
$V_{NH}$	高电平噪声容限电压
$V_{NL}$	低电平噪声容限电压
$V_{OH}$	输出高电平
$V_{ON}$	开门(导通)电平
$V_{OL}$	输出低电平
$V_{OFF}$	关门(截止)电平

#### 九、其它符号

$D$	非线性失真系数
$K$	热力学温度单位(开尔文)
$n$	取样比
$Q$	静态工作点, 品质因数
$T$	晶体管, 场效应管
$Tr$	变压器
$\gamma$	稳压系数
$\eta$	效率
$\theta$	角度

$\tau$	时间常数
$\phi$	相位角
$\omega, \Omega$	角频率

# 目 录

第一章 线性电路简述	1
§ 1.1 电压源和电流源	1
1.1-1 独立源	1
1.1-2 受控源	3
§ 1.2 线性网络的几个定理	3
1.2-1 叠加定理	4
1.2-2 戴文宁定理	6
1.2-3 诺顿定理	7
1.2-4 密勒定理	8
§ 1.3 双口网络简介	9
1.3-1 双口网络的基本方程和网络参数	10
1.3-2 网络函数	13
§ 1.4 信号的频谱分析	15
1.4-1 模拟信号和数字信号	15
1.4-2 周期信号的频谱	17
§ 1.5 $RC$ 电路的暂态特性	20
1.5-1 $RC$ 电路暂态过程的分析	20
1.5-2 微分电路	26
1.5-3 积分电路	29
小结	30
习题与思考题	31
第二章 半导体器件的特性	35
§ 2.1 半导体的导电特性	35
2.1-1 本征半导体的导电特性	36
2.1-2 杂质半导体的导电特性	37
§ 2.2 PN 结	39
2.2-1 PN 结的形成	40
2.2-2 PN 结的单向导电性	41
2.2-3 PN 结的伏安特性	43



2.2-4	PN 结的击穿	43
2.2-5	PN 结电容	44
2.2-6	不对称结	45
§ 2.3	半导体二极管	46
2.3-1	半导体二极管的结构	46
2.3-2	二极管的伏安特性	47
2.3-3	二极管的主要参数	49
2.3-4	稳压二极管	50
2.3-5	二极管应用举例	52
§ 2.4	双极型晶体管	55
2.4-1	晶体管的结构	55
2.4-2	晶体管内载流子的传输过程	57
2.4-3	电流分配关系	58
2.4-4	晶体管的共发射极特性曲线	61
2.4-5	晶体管的主要参数	64
2.4-6	晶体管简单应用电路举例	68
§ 2.5	场效应管	71
2.5-1	结型场效应管	71
2.5-2	绝缘栅场效应管	77
2.5-3	场效应管的主要参数	82
2.5-4	场效应管简单应用电路举例	84
*2.5-5	场效应管使用注意事项	86
*2.5-6	场效应管与双极型晶体管的比较	86
	小结	87
	附录 2.1 半导体器件的命名方法	87
	习题与思考题	88
<b>第三章</b>	<b>放大电路基础</b>	<b>93</b>
§ 3.1	放大器的性能指标	93
§ 3.2	放大器的图解分析法	97
3.2-1	共发射极基本放大器的结构和工作原理	97
3.2-2	图解法分析放大器	98
§ 3.3	放大器的微变等效电路分析法	106
3.3-1	晶体管的 $h$ 参数及其等效电路	107
3.3-2	用 $h$ 参数等效电路分析基本放大器	112
3.3-3	带发射极电阻的共发射极放大器的分析	115