



普通高等教育“九五”国家教委重点教材

电子线路

(第四版)

梁明理 邓仁清 主编
董尚斌 苏利 邓仁清 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“九五”国家教委重点教材

电子线路

(第四版)

梁明理 邓仁清 主编
董尚斌 苏利 邓仁清 编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子线路/梁明理等主编. —4版. —北京:高等教育出版社,2001

ISBN 7-04-009284-0

I. 电… II. 梁… III. 电子电路 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 86241 号

责任编辑 李宇峰 封面设计 李卫青

责任绘图 朱 静 版式设计 马静如

责任校对 王效珍 责任印制 宋克学

电子线路(第四版)

梁明理 邓仁清 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009

电 话 010-64054588 传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京地质印刷厂

开 本	850×1168 1/32	版 次	1978 年 12 月第 1 版 2001 年 6 月第 4 版
印 张	19.875	印 次	2001 年 7 月第 2 次印刷
字 数	500 000	定 价	19.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书是普通高等教育“九五”国家教委重点教材。

为适应信息与网络时代的新形势和教学改革的迫切需要,在第三版的基础上,经过教学改革与实践,多方征求意见,总结提高和修改而成。力求做到体系完整、内容先进、叙述简明,有较高的教学效率。

本书主要包括:半导体器件的特性、放大器基础、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、时序数字电路、脉冲电路及综合电路系统,等等。

本书由清华大学诸昌清教授主审。

本书可作为高等学校理科物理专业电子线路课程的教材,也可供从事电子线路工作的工程技术人员参考。

第四版前言

在本书与读者见面的时候,迎来了百年一遇的 21 世纪。新的历史纪元,是一个信息与网络的时代,知识型经济是这时代的领头羊。本书力争能够满足和反映这一新时代的状况和要求。

新版是在第三版的基础上,通过教学实践、总结提高和修改编成的。由于理科的电子线路课必须及时反映电子技术在各应用领域的飞速发展,而该课的教学计划仅有 72~90 学时,这就要求本书必须是一本简明教材,并且确保有较高的教学效率。为了适应信息与网络的时代要求和教学改革的需要,在修订本版时着重考虑了下述几点:

1. 具有以集成电路为主干的体系,保证教材内容有适合国情的先进性。

2. 为了保持本书具有完整的而又十分自然的体系,不再把线性电路简介设立为一章,而把其中必须学习的内容,作为附录安排在有关章节之中。

3. 为保持教材的简明性,删弃了上一版中阐述比较肤浅的半导体存储器一章。这部分的知识,学生在后续计算机课程中,将会更加全面和系统地学到。

4. 为便于教学,本版仍设置有较多的例题和习题,章末编入小结,书末给出习题解答。

本书第一、二、三、五章由董尚斌编写,第七、九、十、十一章由苏利编写,第四、六、八章由邓仁清编写。梁明理为主编,负责全书体系的确定和编写组织工作,邓仁清为副主编,负责全稿的审读和定稿工作。

本书由清华大学诸昌清教授审稿。诸教授认真细致地审阅后,提出了很多宝贵的意见,为书稿的修改和质量的提高给予了很大的帮助,在此谨表衷心的感谢。

事物总是变化发展的,新版教材虽比上版有所改进,但与高速发展的信息时代和不断深化的教学改革的要求相比,仍有很大的差距,恳请读者对书中不足和不妥之处予以批评指正。

编者

2000年2月 于武汉大学物理与信息学院

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，希望读者批评指正。

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 72 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，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、宋骞、周建平、许后香、吴令熙等同志审阅了本书初稿并做了很多具体工作；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不断深入,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,恳请读者对书中的错误和不妥之处予以批评指正。

编者

于武汉大学物理系

1991.12

· 7 ·

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(以基极电流、电压为例)

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_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、直流电流
\dot{I}	大写 I 上打点表示正弦电流相量
\dot{I}_b	正弦基极电流有效值相量
I_m	正弦电流振幅值, 脉冲电流幅值
I_{bm}	正弦基极电流幅值
I_s	信号源的源电流有效值
I_{CC}	直流电源 V_{CC} 的输出电流
V_m	正弦电压振幅值
V_i	正弦输入电压有效值

V_B	基极电压静态值
v_B	基极电压总瞬时值
V_b	正弦基极电压有效值
v_b	正弦基极电压瞬时值
\dot{V}_b	正弦基极电压有效值相量
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

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_o	输出电阻
R_L	负载电阻
R_s	信号源内阻
C_i	输入电容
C_o	输出电容
C_L	负载电容

四、增益或放大倍数、反馈系数

A	增益或放大倍数的通用符号
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_{vC}	共模电压放大倍数
A_{vD}	差模电压放大倍数
A_F	反馈放大器的放大倍数

F 反馈系数的通用符号

五、频率

BW 通频带

F 非正弦信号的重复频率

f_H 放大器的上限(-3 dB)频率

f_L 放大器的下限(-3 dB)频率

f_{HF} 反馈放大器的上限(-3 dB)频率

f_{LF} 反馈放大器的下限(-3 dB)频率

f_0 振荡频率、谐振频率

六、功率

P 功率的通用符号

P_o 输出交变功率

P_{om} 输出交变功率最大值

P_{CC} 直流电源提供的功率

七、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

八、数字电路

P_{ON} 空载导通功耗

I_{IS} 输入短路电流

I_{IH} 输入漏电流

V_{OH} 输出高电平

V_{OL} 输出低电平

V_{ON} 开门电平

V_{NH}	高电平噪声容限电压
V_{NL}	低电平噪声容限电压
V_{OFF}	关门电平
N_o	扇出系数
BCD	二-十进制码
CP	时钟脉冲
CR	清零
D	D 触发器输入, 数据
E	使能控制端
FF	触发器
G	逻辑门
J、K	J - K 触发器输入
L	逻辑函数
m	最小项
Q	触发器输出
T	周期, T 触发器输入
×	无关项

九、器件参数符号

1. 半导体二极管

D	二极管的符号
D_z	稳压二极管的符号
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
I_z	稳压二极管的稳定电流
V_z	稳压二极管的稳定电压
V_{RM}	反向峰值电压

2. 双极型晶体管

T	晶体三极管符号
$C_{b'c}$	基极 - 集电极本征电容
$C_{b'e}$	基极 - 发射极本征电容

$f_{h_{fb}}$	共基极截止频率
$f_{h_{fe}}$	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_{re}	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	
T	场效应管符号
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
r_d	漏源电阻
$V_{(BR)DS}$	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	运算放大器符号
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_{id}	差模输入电阻
R_o	输出电阻
S_R	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

十、其他符号

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
Tr	变压器
r	稳压系数
η	效率
θ	角度
τ	时间常数
ω, Ω	角频率