MONI DIANZI JISHUJICHU
DIERBAN

高等学校教材

模拟电子技术基础

第2

清华大学电子学教研组 编

055395
TN 101
8805
T

高等学校教材

模拟

下列最后之日期本书

（第 版）

清华大学电子学教研组 编
童诗白 主编

高等教育出版社

本书是在第一版的基础上，根据近年来的教学实践经验和教学改革情
除个别章外，其余各章都有正文和附录两部分。正文部分是按照国家教委
工业学校电工课程教学基本要求》中的“电子技术基础课程教学基本要求”
录部分是根据教学需要的需要补充的。修订时突出了电路构成的思路，删
内容，增加了电路的比重，更换并加强了习题。

全书共有十二章，内容是：半导体器件基础，放大电路基础，集成运算
大电路中的反馈，运算电路，精密放大电路，有源滤波电路，电压比较器，波
换电路，功率放大电路，直流电源，模拟电子电路的读图。各章均附有小结
自我检验题、思考题和习题。书末还有部分计算题的答案和汉英对照的索
容可供60至70学时的课堂教学之用。

本书与《数字电子技术基础》配套。若在教学计划中先安排数字电子技
本书中第一章后即可转入该教材。

本书可作为高等学校电气、电子类和其他相近专业的教材，也可供有
人员自学和参考。

本书责任编辑　章浩平

高等学校教材

模拟电子技术基础

（第二版）

清华大学电子学教研组　编

童诗白　主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

文字六〇三厂印刷

开本 850×1168 1/32　印张 24.625　插页 1　字数 595 000

1988 年 5 月第 1 版

1988 年 5 月第 2 版　1988 年 5 月第 1 次印刷

印数 0001—20,150

ISBN 7-04-000868-8/TN·53

定价 4.95 元

第二版序

《模拟电子技术基础》上、下册自1980年和1981年相继出版以来，在各兄弟院校师生和广大读者的关注下，迄今总印刷量已超过一百万册。在这段时间内，我们一方面收到许多批评和建议，另一方面，通过几年来的教学实践，认识到教材中有些内容已不能适应当前教学改革形势的需要。这次修订第二版，编者将在总结经验改正错误的基础上，力求能在以下几方面有所前进：

一、为了提高思想性、科学性和启发性，我们首先着眼于运用辩证唯物主义的观点来阐述分析问题和解决问题的科学思维过程。为此，书中在介绍基本电路和与之有关的基本概念、基本原理和基本方法之后，对每一个新出现的电路，都尽可能做到从实际需要出发，突出构成该电路的思路。我们希望，这样做一方面可以加深对基本原理的理解，简化定量分析的过程，加强读图的能力；更重要的是有利于启发思考、引导创新。

二、为了体现适合我国情况的先进性，我们大量删减了原书中现已过时的内容，诸如阻容耦合电压放大电路、变压器耦合功率放大电路、由分立元件组成的放大电路设计举例等。另外，在书中的第三章即开始介绍集成运算放大电路的组成和有关性能，在以后各章中还分别介绍了集成比较器、集成乘法器、集成功率放大器、集成三端稳压器、第四代高精度运算放大器等目前在国内已比较流行而且已经生产的先进器件。我们还根据形势的发展，以直接耦合式代替阻容耦合式作为基本放大电路的典型，对它进行全面的分析，以便更好地与模拟、数字集成电路相配合。

三、为了加强教学上的适用性，本书中除第六章和末章外，其

余各章都有正文和附录两部分。前者是按国家教委在1987年颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》的精神编写的，这部分的内容大致符合60～70学时的课堂教学之用；后者是根据加深加宽的需要而补充的。为了适应不同学校或不同专业在讲授"模拟"和"数字"两部分课程的先后次序上有不同的安排，书中第一章(半导体器件基础)已为数字电路对半导体器件和基本电路的需要做好准备，因此学完该章后即可转入与本书配套的《数字电子技术基础》教材。考虑到两个学期教学内容的平衡性，建议教学内容可按下表处理：

教学次序	教材内容	
	第一学期 60～70学时	第二学期 60～70学时
先"模拟" 后"数字"	《模拟电子技术基础》	《数字电子技术基础》
先"数字" 后"模拟"	《模拟》第一章 《数字》除去"模数转换"一章	《模拟》从第二章开始 加《数字》中的"模数转换"

四、为了帮助复习、巩固所学内容并启发不同程度的读者对各类问题进行思考，书中习题采用了多层次的结构。例如属于基本要求的自我检验题，排在每章的习题之前，利用选择、填空等方式，使读者便于自行检查学习效果；设有思考题以加深对基本概念的理解；设有提高题以引导深入钻研；还有一定数量的分析计算和综合应用题以培养有关能力。习题总量增加到三百二十多道，其中除极个别的仍取自原教材外，其余都是根据近年来从教学和科学研究中所取得的经验重新改编的。书末附有部分计算题的答案以供校核。

本书先以讲义形式在本校出版并试用过两届。其中第一章由高扬编写，后因工作调动由胡尔珊整理；第二、三、四、十、十一章由胡尔珊编写；第五、六、七、八、九章由孙梅生编写；第十二章由胡尔

珊、孙梅生二人合写；童诗白任主编，负责组织各章节内容的讨论和定稿；教研组主任阎石参加了编写过程的讨论。讲义稿承西安交通大学信控系沈尚贤教授主审，参加审阅的还有叶德璇、王志宏、唐泽荷几位副教授，他们都提出了很多宝贵意见。本书是在遵照审阅意见和针对讲义使用中所出现的问题加以修改而成。在此谨向他们和以前对原教材提出过批评和建议的同志们表示衷心的感谢！

电子技术日新月异，教学改革任重道远，我们的能力和这两方面的发展所提出的要求相比，还有很大的差距。恳请各界读者一如既往，对书中的缺点和错误多加指正，以便今后不断改进。

编　　者

1987年5月

原　序

本书是参照高等学校工科基础课电工、无线电类教材会议在1977年11月制订的“电子技术基础”(自动化类)教材编写大纲和各兄弟院校后来对该大纲提出的修改意见编写的。现以模拟电子技术基础和数字电子技术基础两书出版。其中的基本部分，可供高等院校自动化专业“电子技术基础”课程两学期的教学使用。

在编写过程中，我们力图把内容的重点放在培养分析问题和解决问题的能力上。我们认为，自动化专业的毕业生在电子技术方面应该初步具有一看、二算、三选、四干的能力。所谓会看，就是能看懂本专业中典型电子设备的原理图，了解各部分的组成及其工作原理；会算，就是对各个环节的工作性能会进行定性或定量分析、估算；会选和会干，就是遇到本专业的一般性任务，能大致选定方案，选用有关的元、器件，并且通过安装调试把它基本上研制出来。因此，为了能会看，书中加强了基本概念和各种典型的基本单元电路的介绍，并专设阅图训练的章节；为了能会算，书中加强了基本原理和基本分析方法；至于会选和会干的能力，主要应在设计课、实验课和后续的其他教学环节中培养，但为了配合这方面的要求，书中也有一些设计举例，并设有电子设备的一些实际问题一章。

在处理不断增长的新技术和有限的篇幅之间的矛盾时，我们采取的措施是在保证基本概念、基本原理和基本分析方法的前提下，尽可能地使学生能适应八十年代电子技术发展的需要。为此，对于有些用分立元件组成的单元如调制放大、功率放大、门电路、触发电路等方面的内容，均予以大幅度地削减，而有关线性集成电

路和数字集成电路部分，则相应加强。此外，还利用排小字(比较深入的部分)、打星号(附加内容)和加下注(补充说明和指明参考资料的出处)等方式，以适应不同程度的要求。在模拟电子技术基础各章小结之后，还附有思路流程图，希望能有助于使读者了解编写意图和基本内容(用粗线框出)。

参加模拟电子技术基础编写工作的有童诗白、金国芬、阎石、吴白纯、孙家炘、张乃国等同志，童诗白同志负责组织和定稿。参加讨论和整理的有马钟璞、董鸿芳、杨素行、王寒伟、孙昌龄、胡东成、尤素英等同志；为书中一些电路进行测试和验证的有朱亚尔、蔡文华、朱占星、杨炘、胡尔珊等同志。李士鑫同志协助一部分制图的工作。

在模拟电子技术基础的整理和定稿过程中，得到了全国六十余所兄弟院校老师们对征求意见稿提出的宝贵意见。审稿会上，在主审单位西安交通大学沈尚贤教授的主持下，华中工学院、南京工学院、浙江大学、山东工学院、哈尔滨工业大学、上海交通大学、大连工学院、昆明工学院、太原工学院、华南工学院、天津大学、重庆大学、合肥工业大学等兄弟院校的老师们仔细阅读了原稿；指出错误和不妥之处，并提出改进的建议，尤其是西安交通大学沈尚贤、叶德璇、王志宏等同志，在审稿期间，倍加辛劳，写出详细的评审和修改意见。此外，我们还得到本校计算机科学系、无线电系以及北京航空学院等单位同志的指正和帮助，本校建工系的几位同志描绘全部插图，在此一并致以衷心的感谢。

由于我们对先进的电子技术了解不够，本教材又缺乏一定的教学实践，因此书中必然存在许多缺点和错误，恳切希望兄弟院校的师生和其他读者给予批评和指正。

编　者

1979年12月

模拟电子技术基础符号说明

一、几条原则

1. 电流和电压(以基极电流为例)

I_B	大写字母、大写下标，表示直流量
I_b	大写字母、小写下标，表示交流有效值
$\dot{I}_b$	代表上述电流的复数量
i_B	小写字母、大写下标，表示包含有直流的瞬时总值
i_b	小写字母、小写下标，表示交流瞬时值
ΔI_B	表示直流变化量
Δi_B	表示瞬时值的变化量
$I_{B(AV)}$	表示平均值

2. 电阻

R	大写字母表示电路的电阻或等效电阻
r	小写字母表示器件内部的等效电阻

二、基本符号

1. 电流和电压

I、i	电流的通用符号
U、u	电压的通用符号
I_f、U_f	反馈电流、电压
I_i、U_i	交流输入电流、电压
I_o、U_o	交流输出电流、电压
I_Q、U_Q	电流、电压静态值
I_R、U_R	参考电流、电压
I_+、U_+	集成运放同相输入电流、电压

I_-、U_-　集成运放反相输入电流、电压

U_{ic}　共模输入电压

U_{id}　差模输入电压

U_s　信号源电压

V_{CC}　集电极回路电源对地电压

2. 功率

P　功率通用符号

p　瞬时功率

P_o　输出交变功率

P_T　晶体管消耗的功率

P_V　电源消耗的功率

3. 频率

f　频率通用符号

ω　角频率通用符号

f_{bw}　通频带

f_C　电路单位增益带宽

f_H　放大电路的上限(下降 3dB)频率

f_L　放大电路的下限(下降 3dB)频率

f_0　振荡频率、中心频率

4. 电阻、电导、电容、电感

R_i　电路的输入电阻

R_{if}　有反馈时电路的输入电阻

R_L　负载电阻

R_o　电路的输出电阻

R_{of}　有反馈时电路的输出电阻

R_s　信号源内阻

R_+　集成运放同相输入端外接电阻的等效阻值

R_-　集成运放反相输入端外接电阻的等效阻值

G　电导的通用符号

C　电容的通用符号

L　电感的通用符号

5. 增益或放大倍数

A　增益或放大倍数的通用符号

A_c　共模电压放大倍数

A_d　差模电压放大倍数

A_u　电压放大倍数的通用符号，即 $A_u=U_o/U_i$

$\dot{A}_{uh}$　高频电压放大倍数的复数量

$\dot{A}_{ul}$　低频电压放大倍数的复数量

A_{um}　中频电压放大倍数

A_{us}　考虑信号源内阻时的电压放大倍数，即$A_{us}=U_o/U_s$

A_{uu}　第一个下标表示输出量、第二个下标表示输入量，电压放大倍数符号，余类推

A_{uuf}　有反馈时的电压放大倍数符号，余类推

F　反馈系数的通用符号

F_{uu}　第一个下标表示反馈量、第二个下标表示电路的输出量，反馈网络的反馈系数，即 $F_{uu}=U_f/U_o$，余类推

三、器件参数符号

b　基极

c　集电极

e　发射极

f_β　共射接法下晶体管电流放大系数的上限频率

f_T　晶体管的特征频率，即共射接法下电流放大系数为1的频率

f_M　晶体管的最高振荡频率

g_m 跨导

h_{11e}、h_{12e}、h_{21e}、h_{22e} 晶体管的混合参数(共射接法)

n 电子浓度

$n_{p(0)}$ 在P区边界处的电子浓度

n_{p0} 在P区达到平衡时的电子浓度

p 空穴浓度

$r_{bb'}$ 基区体电阻

$r_{b'e}$ 发射结的微变等效电阻

r_{be} 共射接法下基射极之间的微变电阻

$r_{be(on)}$ 基射极之间的导通电阻值

r_{ce} 共射接法下集射极之间的微变电阻

$r_{d(on)}$ 二极管的导通电阻值

r_{DS} 场效应管漏源间的等效电阻

A_{od} 集成运放的开环增益

C_b 势垒电容

C_d 扩散电容

C_j 结电容

C_{ob} 共基接法下的输出电容

C_μ 混合π等效模型中集电结的等效电容

C_π 混合π等效模型中发射结的等效电容

C_{GS} 场效应管栅源间的等效电容

D 二极管,场效应管的漏极

D_z 稳压管

G 场效应管的栅极

I_{CBO} 发射极开路时c-b间的反向电流

$I_{CEO(pt)}$ 基极开路时c-e间的穿透电流

I_{CM} 集电极最大允许电流

I_D	二极管电流，漏极电流
$I_{D(AV)}$	整流管整流电流平均值
I_{DO}	增强型场效应管 $U_{GS}=2U_{GS(th)}$ 时的 I_D 值
I_{DSS}	耗尽型场效应管 $U_{GS}=0$ 时的 I_D 值
I_F	二极管的正向电流
I_{IB}	集成运放输入偏置电流
I_{IO}	集成运放输入失调电流
I_R	二极管的反向电流
I_S	二极管的反向饱和电流
N	电子型半导体
P	空穴型半导体
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率
S	场效应管的源极
S_R	集成运放的转换速率
T	半导体三极管，温度
$U_{(BR)}$	二极管的击穿电压
$U_{(BR)CBO}$	射极开路时 c-b 间的击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时 c-e 间的击穿电压
$U_{(BR)CER}$	b-e 间接入电阻时 c-e 间的击穿电压
$U_{(BR)CES}$	b-e 间短路时 c-e 间的击穿电压
$U_{(BR)DS}$	漏源间的击穿电压
$U_{GS(off)}$	耗尽型场效应管的夹断电压
$U_{GS(th)}$	增强型场效应管的开启电压
U_{h0}	平衡时 PN 结的位垒
U_{IO}	集成运放的输入失调电压
U_{on}	二极管、晶体管的导通电压

U_T 温度的电压当量

α 共基接法下集电极电流的变化量与发射极电流的变化量之比，即 $\alpha=\Delta I_C/\Delta I_E$

$\bar{\alpha}$ 从发射极到达集电极的载流子形成的电流与发射极电流之比

β 共射接法下集电极电流的变化量与基极电流的变化量之比，即 $\beta=\Delta I_C/\Delta I_B$

$\bar{\beta}$ 共射接法下，不考虑穿透电流时，I_C与I_B的比值

四、其他符号

D	非线性失真系数
K	绝对温度
K_{CMR}	共模抑制比
N_F	噪声系数
Q	静态工作点，LC 回路的品质因数
S	整流电路中的脉动系数
S_r	稳压电路中的稳压系数
T	周期，温度
η	效率
τ	时间常数
ϕ	相位角

目　录

第一章　半导体器件基础……1

1.1　半导体的基础知识……1

1.1.1　本征半导体……1

1.1.2　杂质半导体……4

1.1.3　PN结……6

1.2　半导体二极管……13

1.2.1　二极管的特性……14

1.2.2　二极管的主要参数及注意事项……16

1.2.3　二极管的选择……16

1.2.4　二极管的等效电路……17

1.2.5　二极管应用电路举例……19

1.2.6　稳压管……22

1.3　双极型晶体管……24

1.3.1　晶体管的放大作用……25

1.3.2　晶体管的共射特性曲线……29

1.3.3　晶体管的主要参数……32

1.3.4　晶体管的选择和使用注意事项……35

1.3.5　晶体管的应用电路举例……35

1.4　场效应管……40

1.4.1　结型场效应管……41

1.4.2　绝缘栅型场效应管……46

1.4.3　场效应管的主要参数……51

1.4.4　场效应管应用举例……53

1.4.5　场效应管和双极型晶体管的比较和选择……56

1.5　集成电路中的元件……57

1.5.1　集成电路的制造工艺……57

1.5.2　集成双极型晶体管……62

1.5.3 集成 MOS 管 ……63
1.5.4 集成电路中元器件的特点……64
本章小结……65
本章附录……66
1A PN 结方程……66
1A.1 平衡时的 PN 结 ……66
1A.2 外加电压时的 PN 结 ……68
参考文献……71
自我检验题……71
思考题和习题……73
第二章 放大电路基础……81
2.1 放大的概念和放大电路的性能指标……81
2.1.1 放大的概念……81
2.1.2 放大电路的性能指标……83
2.2 单管共射放大电路的工作原理……88
2.2.1 放大电路的组成……89
2.2.2 放大电路必须遵循的原则……90
2.3 放大电路的分析方法……90
2.3.1 图解法……91
2.3.2 等效电路法……99
2.3.3 两种分析方法的比较……116
2.4 晶体管单管放大电路的三种基本接法……116
2.4.1 共集放大电路……117
2.4.2 共基放大电路……121
2.4.3 三种接法的比较……123
2.5 MOS 场效应管单管放大电路……123
2.5.1 MOS 场效应管的等效模型……124
2.5.2 共源基本放大电路……127
2.5.3 共漏放大电路……129
2.5.4 MOS 管放大电路的特点……131

2.6 单管放大电路的频率响应……132
2.6.1 *RC* 电路的频率响应……132
2.6.2 晶体管的混合 π 模型及其参数……139
2.6.3 单管共射电路的频率响应……145
2.6.4 MOS 场效应管的高频等效模型……154
2.6.5 放大电路频率响应的改善和增益带宽积……155
2.7 放大电路的级间耦合及多级放大电路……157
2.7.1 直接耦合式放大电路……157
2.7.2 阻容耦合式放大电路……165
2.7.3 变压器耦合式放大电路……174
2.7.4 多级放大电路的频率响应……177
本章小结……182
本章附录……185
2A 利用密勒定理实现混合 π 模型的单向化……185
2B 双极型晶体管的 Ebers-Moll 模型……187
参考文献……190
自我检验题……190
思考题和习题……193
第三章 集成运算放大电路……208
3.1 集成电路的特点……208
3.2 集成运放的基本单元电路……209
3.2.1 差动放大电路……209
3.2.2 电流源电路……223
3.2.3 复合管结构……232
3.2.4 输出级电路……234
3.3 集成运放电路简介……237
3.3.1 F007 双极型集成运放……237
3.3.2 C 14573 CMOS 型集成运放……241
3.4 集成运放的性能指标及低频等效电路……243
3.4.1 性能指标……243

试读结束：需要全本请在线购买：www.ertongbook.com