

学校一流老师 一流资源



三一丛书

模拟电子技术

要点与解题

马积勋 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

TN710-44

16

西安交大教学资源文库 三一丛书

模拟电子技术

要点与解题

马积勋 编著

西安交通大学出版社

内容简介

本书以教育部《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》的内容为依据,是作者长期从事模拟电子技术课程教学,注意并研究了国内不同院校现有教材、学习参考书的内容和习题的选题习惯后编写的。它全面总结了模拟电子学中的基本概念、常用电路、各种分析和计算方法,以及这些概念和方法在解题中的应用。本书精选了各章例题,尽可能使它们能够覆盖基本知识点,并对题意、解题思路、容易混淆的概念和产生的错误进行分析,有的例题还给出了几种不同的解题方法,以扩展读者的思路。每章末均有自我检测题,在附录里给出了难度逐套增加的模拟试题,并附有答案,以帮助读者自己检查对基本概念和常用分析计算方法的理解掌握程度。

本书对不同院校学生学习模拟电子技术课程有普遍的参考价值,既可作大学本科学生学习模拟电子技术课程的辅导教材,又可供相关专业学生作考研复习用书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术要点与解题/马积勋编著. —西安:西安交通大学出版社,2006.9

(西安交大教学资源文库. 三一丛书)

ISBN 7-5605-2188-6

I. 模... II. 马... III. 模拟电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 044418 号

书 名	模拟电子技术要点与解题
编 著	马积勋
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668357 82667874 (发行部) (029)82668315 82669096 (总编办)
网 址	http://press.xjtu.edu.cn
电子邮箱	eibooks@163.com
印 刷	陕西彩云印务有限公司
印 数	305 千
开 本	880mm×1230mm 1/32
印 张	8.5
版 次	2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5605-2188-6/TM·60
定 价	14.50 元

版权所有 侵权必究

丛书总序

为了使普通高等学校理工类专业的大学生更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,我们组织出版了这套“三一”丛书,目的就是提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,为今后的学习打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为我国中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。本丛书均由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书针对中少学时课程的特点和教学要求,以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一體。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环

节进行编排。本丛书既可单独使用,也可与其它教材配合使用。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国,并祝您早日成为国家的栋梁之材!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址:<http://press.xjtu.edu.cn>

<http://www.xjtupress.com>

理工医事业部信箱: jdlgy31@126.com

西安交通大学出版社

2006年6月

前 言

模拟电子技术课程是电气、电子信息类和部分非电类专业本科生在电子技术方面入门性质的技术基础课。课程通过对常用电子器件、模拟电子电路及其应用的分析介绍,使学生获得模拟电子技术方面的基本概念、基本理论和常用的分析方法,为深入学习电子技术及其在专业中的应用打下基础。由于它是在校大学生学习基础课后首先接触到的技术基础课,又因为课程具有概念性、工程性和实践性都很强的性质,还因为器件、电路、应用三者在工作原理、计算方法上互相关联,特别是在这门课程的前半部分集中了课程涉及的大多数器件、各种基本放大电路、主要的分析计算方法等,难点比较集中,使学生感到“入门难、解题更难”,甚至有不少学生将简称的课程名称——“模电”戏称为“魔电”。

随着电子技术的日新月异发展,“模电”理应成为同学们喜欢的课程,也应该让同学们能够轻轻松松地学好这一门课。之所以会出现上述这种现象,主要是因为这门课程的初学者还不习惯将器件的结构、工作原理和外特性相联系;还不习惯将器件的特性和电子电路的工作原理相结合;还不习惯将“电路”课程中已经学到的关于直流电路、非正弦电路、非线性电路的分析计算方法,应用到同为非线性、非正弦的各种放大电路(既有直流分量也有交流分量)的分析计算中。本书通过对各章“内容的组成及结构”介绍,给读者以清晰的知识路线图;通过“要求掌握的基本概念”、“分析计算的基本依据”及“内容重点”的总结,使学习这门课程的同学找到基本概念和常用计算方法的脉络;通过精选各章的例题使它们尽可能覆盖基本知识;通过“例题分析和计算”,并对题意、解题思路、容易混淆的概念和容易产生的错误进行分析,例题的详解,深化读者对基本概念的理想,同时解决“解题难”的问题;有的例

题还给出几种不同的解题方法,以扩展读者的思路;每章末均有自我检测题,在附录里给出了难度逐套增加的模拟考试题,并附有答案,以帮助读者自己检查对基本概念和常用分析计算方法的理解掌握程度。所以本书编写的目的是为了读者掌握“降魔”之剑,为“模电”正名。

本书的编写以1995年教育部(原国家教委)颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》为依据,也考虑了即将颁发的教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会修订的“模拟电子技术基础”课程教学基本要求。

作者通过长期从事模拟电子技术课程教学,注意并研究了国内不同院校现有教材和学习参考书的内容、习题的选题习惯,收集了不少院校的考题后进行本书编写,所以它对不同院校的学生学习模拟电子技术课程有普遍的参考价值。

在本书出版过程中,西安交大出版社及贺峰涛编辑给予了很多关心和帮助,在此向他们表示深深的谢意。

限于编者的水平,书中难免会有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006年5月于西安交大

本书常用符号表

1. 不同字体的电压、电流、电阻的含义

(1) 电压和电流(以晶体管 b、e 之间的电压为例)

U_{BE} 大写字母, 大写下标, 表示直流量

U_{be} 大写字母, 小写下标, 表示交流分量有效值

$\dot{U}_{be}$ 交流量的复数形式

u_{BE} 小写字母, 大写下标, 表示含直流量的总瞬时值

u_{be} 小写字母, 小写下标, 表示交流瞬时值

(2) 电阻

R 电路中的电阻或等效电阻

r 器件内部的等效电阻

2. 基本符号

(1) 电压和电流

I, i 电流通用符号

U, u 电压通用符号

i_f, u_f 反馈电流、反馈电压

i_i, u_i 输入电流、输入电压

i_o, u_o 输出电流、输出电压

I_Q, U_Q 电流、电压静态值

U_R 基准电压或参考电压

U_s 信号源电压

u_{id} 差模输入电压

u_{ic} 共模输入电压

V_{CC} 集电极直流供电电源电压

V_{EE} 发射极直流供电电源电压

V_{DD} 漏极直流供电电源电压

U_{OH} 比较器输出高电平

U_{OL} 比较器输出低电平

$U_{(th)}$ 比较器阈值电压

(2) 功率

P 功率通用符号

P_o 交流输出功率

P_T 晶体管集电极耗散功率

P_V 直流电源消耗功率

(3) 频率、角频率

f 频率通用符号

f_p 通带截止频率

f_o 振荡频率或中心频率

f_{bw} 通频带

f_H 上限截止频率

f_L 下限截止频率

ω 角频率通用符号

(4) 电阻、电容、电感

R 电阻通用符号

R_i 输入电阻

R_o 输出电阻

R_{id} 差模输入电阻

R_{ic} 共模输入电阻

R_{if} 有反馈时电路的输入电阻

R_{of} 有反馈时电路的输出电阻

(5) 放大倍数(增益)

A 放大倍数(增益)通用符号

A_u 电压放大倍数(增益)

A_i 电流放大倍数(增益)

A_f 闭环放大倍数(增益)通用符号

A_{uf} 闭环电压放大倍数(增益)

R_s 信号源内阻

R_s 场效应管放大器的源极电阻

R_L 负载电阻

X 电抗的通用符号

Z 阻抗的通用符号

L 电感的通用符号

C 电容的通用符号

A_r 互阻放大倍数(增益)

A_g 互导放大倍数(增益)

A_{us} 源电压放大倍数(增益)

A_{ud} 差模电压放大倍数(增益)

A_{uc} 共模电压放大倍数(增益)

A_{uP} 通带电压放大倍数

3. 器件及器件参数符号

(1) 半导体二极管

D 二极管通用符号

D_Z 硅稳压二极管

I_S 反向饱和电流

I_R 反向电流

I_Z 硅稳压管工作电流

r_d 二极管动态电阻

r_Z 硅稳压管动态电阻

U_Z 硅稳压管稳定电压

U_T 热电压

$U_{(BR)}$ 反向击穿电压

(2) 半导体三极管

T 半导体三极管

E, e 发射极

B, b 基极

C, c 集电极

I_{CBO} 射极开路时 $c-b$ 间反向电流

I_{CEO} 基极开路时 $c-e$ 间穿透电流

I_{CM} 集电极最大允许电流

P_{CM} 集电极最大允许耗散功率

U_{CES} 集电极和发射极间饱和电

$U_{(BR)CBO}$ 射极开路时 $c-b$ 间击穿电压

$U_{(BR)CEO}$ 基极开路时 $c-e$ 间击穿电压

β 共射极交流电流放大系数

$\bar{\beta}$ 共射极直流电流放大系数

α 共基极交流电流放大系数

$\bar{\alpha}$ 共基极直流电流放大系数

f_β 共射极截止频率

f_T 特征频率

$r_{bb'}$ 基区体电阻

r_{be} 共射极交流输入电阻

压降

(3)场效应管

T 场效应管

S、s 源极

D、d 漏极

G、g 栅极

I_{DSS} 零偏漏极电流

(4)集成运算放大器

A 集成运放

I_{IO} 输入失调电流

U_{IO} 输入失调电压

A_{ud} 开环差模电压放大倍数

g_m 低频跨导

$U_{GS(off)}$ 夹断电压

$U_{GS(th)}$ 开启电压

$U_{(BR)DS}$ 漏极—源极间击穿电压

$U_{(BR)GS}$ 栅极—源极间击穿电压

K_{CMR} 共模抑制比

U_{IDM} 最大差模输入电压

U_{ICM} 最大共模输入电压

4. 其它符号

η 效率

τ 时间常数

Q 电路的品质因数

T 温度

F 反馈系数

φ 相位角

M 互感系数

$A(s)$ 传递函数的复领域表述形式

目 录

丛书总序

前 言

本书常用符号表

第 1 章 半导体二极管及其基本电路

1.1 本章内容的组成及结构	(1)
1.2 要求掌握的基本概念	(1)
1.2.1 半导体基础	(1)
1.2.2 半导体二极管	(2)
1.2.3 特种二极管	(2)
1.3 分析计算的基本依据	(3)
1.3.1 二极管电路的计算	(3)
1.3.2 硅稳压管稳压电路计算	(3)
1.4 本章内容的重点	(4)
1.5 例题分析和计算	(4)
1.5.1 半导体二极管电路的分析和计算	(4)
1.5.2 硅稳压管稳压电路的分析和计算	(7)
1.6 自我检测题	(8)

第 2 章 半导体三极管及放大电路基础

2.1 本章内容的组成及结构	(12)
2.2 要求掌握的基本概念	(12)
2.2.1 半导体三极管	(12)
2.2.2 基本放大电路	(14)
2.2.3 静态工作点的稳定	(16)
2.2.4 多级放大电路	(16)
2.2.5 放大电路的频率特性	(17)
2.3 分析计算的基本依据	(17)
2.3.1 半导体三极管的偏置与电流分配	(17)

2.3.2	基本放大电路的计算	(18)
2.3.3	多级放大电路计算	(21)
2.3.4	只考虑一个电容影响时的频率特性计算	(21)
2.4	本章内容的重点	(21)
2.5	例题分析和计算	(22)
2.5.1	晶体管的偏置和电流分配	(22)
2.5.2	基本放大电路及其频率特性计算	(25)
2.5.3	多级放大电路计算	(34)
2.6	自我检测题	(36)

第3章 场效应管及其放大电路

3.1	本章内容的组成及结构	(43)
3.2	要求掌握的基本概念	(43)
3.2.1	场效应管	(43)
3.2.2	场效应管基本放大电路	(47)
3.3	分析计算的基本依据	(48)
3.3.1	场效应管	(48)
3.3.2	场效应管两种直流偏置电路的静态计算	(49)
3.3.3	场效应管基本放大电路的动态计算	(50)
3.4	本章内容的重点	(51)
3.5	例题分析和计算	(52)
3.5.1	场效应管及其偏置	(52)
3.5.2	场效应管放大电路的分析计算	(55)
3.6	自我检测题	(60)

第4章 集成运算放大器

4.1	本章内容的组成及结构	(66)
4.2	要求掌握的基本概念	(66)
4.2.1	集成运放	(66)
4.2.2	差动放大电路	(67)
4.2.3	电流源电路	(69)
4.2.4	复合管	(70)
4.2.5	输出级电路	(71)
4.2.6	集成运放的特性	(71)
4.3	分析计算的基本依据	(71)

4.3.1	典型差动放大电路的计算	(71)
4.3.2	带调零电位器的差动放大电路计算	(73)
4.3.3	电流源电路计算	(73)
4.3.4	复合管电路计算	(73)
4.4	本章内容的重点	(74)
4.5	例题分析和计算	(74)
4.5.1	差动放大电路	(74)
4.5.2	电流源电路	(83)
4.5.3	复合管电路	(85)
4.6	自我检测题	(87)
第5章 负反馈放大电路		
5.1	本章内容的组成及结构	(93)
5.2	要求掌握的基本概念	(93)
5.2.1	反馈的基本概念	(93)
5.2.2	负反馈对放大电路性能的影响	(96)
5.2.3	负反馈放大电路的计算方法	(98)
5.2.4	负反馈放大电路的自激振荡及消除	(98)
5.3	分析计算的基本依据	(98)
5.3.1	反馈类型的判别	(98)
5.3.2	深反馈电路的计算方法	(99)
5.3.3	负反馈放大电路的稳定性判别	(100)
5.4	本章内容的重点	(100)
5.5	例题分析和计算	(100)
5.5.1	反馈类型判别及其对放大电路性能的影响	(100)
5.5.2	深度负反馈放大电路	(105)
5.5.3	负反馈放大电路的自激振荡	(108)
5.6	自我检测题	(110)
第6章 运算电路		
6.1	本章内容的组成及结构	(116)
6.2	要求掌握的基本概念	(116)
6.2.1	运算电路中集成运放的工作特点	(116)
6.2.2	基本运算电路	(117)
6.2.3	对数和反对数运算电路	(119)

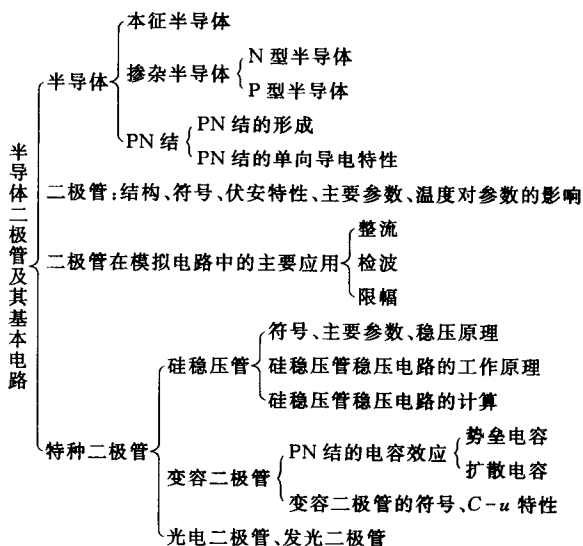
6.2.4	模拟乘法器	(119)
6.3	分析计算的基本依据	(120)
6.3.1	理想集成运放组成的运算电路	(120)
6.3.2	模拟乘法器组成的运算电路	(121)
6.4	本章内容的重点	(122)
6.5	例题分析和计算	(122)
6.5.1	集成运放组成的运算电路	(122)
6.5.2	模拟乘法器组成的运算电路	(132)
6.6	自我检测题	(133)
第7章 信号处理电路		
7.1	本章内容的组成及结构	(138)
7.2	要求掌握的基本概念	(138)
7.2.1	有源滤波器	(138)
7.2.2	比较器	(140)
7.3	分析计算的基本依据	(141)
7.3.1	有源滤波器	(141)
7.3.2	比较器	(143)
7.4	本章内容的重点	(144)
7.5	例题分析和计算	(144)
7.5.1	有源滤波器	(144)
7.5.2	比较器	(153)
7.6	自我检测题	(157)
第8章 信号产生电路		
8.1	本章内容的组成及结构	(161)
8.2	要求掌握的基本概念	(161)
8.2.1	正弦波振荡电路	(161)
8.2.2	模拟器件组成的非正弦波信号发生器	(162)
8.3	分析计算的基本依据	(163)
8.3.1	振荡条件判别	(163)
8.3.2	RC 正弦波振荡电路	(163)
8.3.3	LC 正弦波振荡电路	(163)
8.3.4	石英晶体振荡器	(165)
8.3.5	非正弦波信号发生器	(166)

8.4	本章内容的重点	(166)
8.5	例题分析和计算	(166)
8.5.1	RC 正弦波振荡电路	(166)
8.5.2	LC 和石英晶体正弦波振荡电路	(171)
8.5.3	非正弦波振荡电路	(174)
8.6	自我检测题	(177)
第 9 章 功率放大电路		
9.1	本章内容的组成及结构	(183)
9.2	要求掌握的基本概念	(183)
9.2.1	功率放大电路概述	(183)
9.2.2	互补推挽功率放大电路	(184)
9.2.3	其它类型功放	(186)
9.3	分析计算的基本依据	(187)
9.3.1	乙类互补推挽功率放大电路	(187)
9.3.2	甲乙类互补推挽功率放大电路	(188)
9.3.3	OTL 电路	(188)
9.4	本章内容的重点	(188)
9.5	例题分析和计算	(188)
9.5.1	互补推挽功率放大电路	(188)
9.5.2	其它类型功放	(192)
9.6	自我检测题	(196)
第 10 章 直流稳压电源		
10.1	本章内容的组成及结构	(200)
10.2	要求掌握的基本概念	(200)
10.2.1	概述	(200)
10.2.2	整流和滤波电路	(201)
10.2.3	并联型稳压电路	(202)
10.2.4	串联反馈型线性稳压电路	(203)
10.2.5	开关型稳压电路	(204)
10.3	分析计算的基本依据	(204)
10.3.1	整流和滤波电路	(204)
10.3.2	硅稳压管稳压电路	(205)
10.3.3	串联反馈型线性稳压电路	(206)

10.4 本章内容的重点	(206)
10.5 例题分析和计算	(206)
10.5.1 整流和滤波电路	(206)
10.5.2 稳压电路	(210)
10.6 自我检测题	(215)
自我检测题答案或提示	(219)
附录 A	
《模拟电子技术基础》期末考试模拟试题(I)	(230)
《模拟电子技术基础》期末考试模拟试题(II)	(232)
《模拟电子技术基础》期末考试模拟试题(III)	(234)
《模拟电子技术基础》期末考试模拟试题(IV)	(237)
《模拟电子技术基础》期末考试模拟试题(V)	(240)
《模拟电子技术基础》期末考试模拟试题答案	(243)
附录 B	
西安交通大学硕士研究生入学考试电子技术(模拟电子技术部分)试题(I)	(247)
西安交通大学硕士研究生入学考试电子技术(模拟电子技术部分)试题(II)	(251)
主要参考文献	(256)

第 1 章 半导体二极管及其基本电路

1.1 本章内容的组成及结构



1.2 要求掌握的基本概念

1.2.1 半导体基础

1. 本征半导体: 完全纯净、结构完整的半导体晶体称为本征半导体。其特点:

- (1) 在外部能量激励下产生本征激发, 成对产生电子和空穴;
- (2) 电子和空穴均为载流子, 空穴是一种带正电的粒子;
- (3) 温度越高, 电子和空穴对的数目越多。