



中等职业教育卫生部规划教材
全国中等卫生职业教育教材评审委员会审定

全国中等卫生职业学校教材
供 医学影像技术 专业用

模拟电子技术

主 编 朱小芳



人民卫生出版社

全国中等卫生职业学校教材

供医学影像技术专业用

模拟电子技术

主编 朱小芳

编者（以姓氏笔画为序）

牛玉珠（甘肃省卫生学校）

冯国鑫（绍兴文理学院医学院）

朱小芳（绍兴文理学院医学院）

张青涛（邢台医学高等专科学校）

罗定华（南京市卫生学校）

唐安成（重庆药剂学校）

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/朱小芳主编. —北京:

人民卫生出版社, 2003

ISBN 7-117-05306-2

I. 模… II. 朱… III. 模拟电路-电子技术

IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 102240 号

模拟电子技术

主 编: 朱小芳

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: pmph@pmph.com

印 刷: 三河市潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14

字 数: 296 千字

版 次: 2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-05306-2/R·5307

定 价: 14.50 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

全国中等卫生职业教育教材评审委员会

顾问 祁国明

主任委员 孟祥珍

副主任委员 夏泽民、姜渭强

委员 (以姓氏笔画为序)

王玉玲 王 辉 王锦倩 邓步华 兰文恒

孙兆文 李常应 巫向前 吴德全 陈明非

金东旭 罗 刚 赵汉英 姜 辉 梅国建

熊云新 廖福义

秘书长 张 苇

中等职业教育卫生部规划教材编写说明

为了贯彻中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定，落实面向 21 世纪教育振兴行动计划中提出的职业教育改革规划，卫生职业教育教学指导委员会根据我国城乡卫生事业发展对中等卫生专门人才的需要，依据教育部有关文件精神，对“中等职业学校专业目录”中规定的医药卫生类 11 个专业编制了指导性教学计划与教学大纲。根据卫生部的部署，由卫生部教材办公室统一编辑、出版了医药卫生类 11 个专业的教学计划和教学大纲，按照新的教学计划和教学大纲的要求组织全国中等卫生学校的力量，编写了“中等职业教育卫生部规划教材”，这套教材共 111 种，将于 2001 年秋季开始陆续供各中等卫生学校使用，2002 年底全部出版。

这套教材全面贯彻素质教育的思想，从社会发展对高素质和中、初级卫生技术专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新能力和实践能力的培养，既继承了 1994 年卫生部颁发的专业教学计划的科学、严谨、强化专业培养目标的优势，又充分考虑到社会发展、科技进步和终身教育的需要，贯彻了以全面素质为基础，以能力为本位的职教观念。为了保证“中等职业教育卫生部规划教材”的编写质量，2001 年 4 月成立了“全国中等卫生职业教育教材评审委员会”，在今后教材的规划、组织、编写、管理、使用、培训、评审等工作中起参谋、纽带作用。

希望各校师生在使用“中等职业教育卫生部规划教材”的过程中，注意总结经验，及时提出修改意见及建议，使其质量不断完善和提高。

卫生部教材办公室

2001 年 6 月

中等职业教育卫生部规划教材品种

- | | |
|----------------------|--------------|
| 01. 《语文 (上册)》 | 主 编: 郭常安 |
| 02. 《语文 (下册)》 | 副主编: 刘重光 |
| 03. 《英语 (上册)》 | 主 编: 郭常安 |
| 04. 《英语 (中册)》 | 副主编: 刘重光 |
| 05. 《英语 (下册)》 | 主 编: 梁遇清 |
| 06. 《数学 (上册)》 | 副主编: 孙国棟 |
| 07. 《数学 (下册)》 | 主 编: 梁遇清 |
| 08. 《物理》 | 副主编: 孙国棟 |
| * 09. 《化学》 | 主 编: 梁遇清 |
| 10. 《计算机应用基础》 | 副主编: 孙国棟 |
| * 11. 《正常人体学基础》 | 主 编: 秦兆里 |
| * 12. 《解剖生理学基础》 | 副主编: 秦玉明 |
| * 13. 《病原微生物学与免疫学基础》 | 主 编: 秦兆里 |
| * 14. 《病理学基础》 | 副主编: 秦玉明 |
| * 15. 《药理学基础 (一)》 | 主 编: 刘发武 |
| * 16. 《心理学基础》 | 主 编: 张锦楠 |
| * 17. 《护理概论》 | 主 编: 刘书铭 |
| * 18. 《护理技术》 | 主 编: 刘英林 |
| * 19. 《临床护理 (上册)》 | 副主编: 刘桂萍、欧阳槐 |
| | 主 编: 彭 波 |
| | 副主编: 江 红、王汝信 |
| | 主 编: 姚秀滨 |
| | 主 编: 丁运良 |
| | 副主编: 王志敏 |
| | 主 编: 王开贞 |
| | 主 编: 陆 斐 |
| | 主 编: 李晓松 |
| | 主 编: 马如姬 |
| | 副主编: 鲍曼玲 |
| | 主 编: 夏泉源 |
| | 副主编: 党世民、蔡小红 |
| | 阎国钢 |

* 20. 《临床护理 (下册)》

* 21. 《社区保健》

* 22. 《遗传与优生》

* 23. 《产科学基础》

* 24. 《妇婴保健》

25. 《药理学基础 (二)》

26. 《中医学基础》

27. 《常用诊疗技术》

28. 《疾病概要 (一)》

* 29. 《疾病概要 (二)》

30. 《康复医学概论》

31. 《健康教育》

32. 《预防医学》

33. 《保健学基础》

34. 《急救知识与技术》

35. 《康复功能评定》

36. 《康复治疗技术》

37. 《康复护理技术》

38. 《疾病康复学》

* 39. 《有机化学》

* 40. 《分析化学》

* 41. 《寄生虫学检验技术》

* 42. 《免疫学检验技术》

* 43. 《微生物学检验技术》

* 44. 《临床检验》

* 45. 《生物化学检验技术》

主 编: 夏泉源

副主编: 辛琼芝、张静芬

主 编: 陈锦治

副主编: 黄惟清

主 编: 康晓慧

主 编: 宋秀莲

副主编: 任新贞、谢 玲

主 编: 倪必群

主 编: 范志刚

主 编: 廖福义

主 编: 于三新

副主编: 常唐喜

主 编: 闫立安

副主编: 王志瑶

主 编: 任光圆

副主编: 戴 琳

主 编: 李茂松

主 编: 肖敬民

主 编: 陈树芳

副主编: 张兆丰

主 编: 李胜利

副主编: 卢玉清

主 编: 谢天麟

主 编: 章 稼

主 编: 梁和平

副主编: 刘海霞

主 编: 王瑞敏

主 编: 李忠泰

副主编: 李贵川

主 编: 曾崇理

主 编: 李锡霞

主 编: 尹燕双

主 编: 鲜尽红

主 编: 郭积燕

副主编: 董 奇

主 编: 赵桂芝

副主编: 何建学、黄斌伦

主 编: 沈岳奋

副主编: 费敬文

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| * 46. 《卫生理化检验技术》 | 主 编: 梁 康
副主编: 何玉兰、章汉宁 |
| * 47. 《病理学检验技术》 | 主 编: 姜元庆
副主编: 马 越 |
| 48. 《无机化学》 | 主 编: 刁凤兰 |
| 49. 《生物化学》 | 主 编: 程 伟 |
| 50. 《组织胚胎学》 | 主 编: 赵 明 |
| 51. 《免疫组织化学和分子生物学常用实验技术》 | 主 编: 王学民、田乃增 |
| 52. 《临床病理诊断基础》 | 主 编: 陈家让 |
| 53. 《口腔解剖生理学基础》 | 主 编: 李华方
副主编: 谢善培 |
| 54. 《口腔疾病概要》 | 主 编: 李葛洪 |
| 55. 《口腔修复材料学基础》 | 主 编: 杨家瑞 |
| * 56. 《天然药物化学》 | 主 编: 王 宁 |
| * 57. 《药物化学》 | 主 编: 唐跃平 |
| * 58. 《天然药物学基础》 | 主 编: 李建民
副主编: 张荣霖 |
| * 59. 《药理学基础》 | 主 编: 姚 宏
副主编: 吴尊民 |
| * 60. 《药事管理》 | 主 编: 张乃正 |
| * 61. 《药物分析化学》 | 主 编: 李培阳
副主编: 吴凯莹 |
| * 62. 《药剂学基础》 | 主 编: 陈明非
副主编: 方士英 |
| * 63. 《药品经营与管理》 | 主 编: 张钦德 |
| 64. 《会计学基础》 | 主 编: 王富阶 |
| 65. 《药品市场学》 | 主 编: 钟明炼 |
| 66. 《电工学基础》 | 主 编: 傅定芳 |
| 67. 《常用制剂设备》 | 主 编: 高 宏 |
| 68. 《药物合成反应》 | 主 编: 牛彦辉 |
| 69. 《工业微生物》 | 主 编: 吕瑞芳 |
| 70. 《可摘义齿修复工艺技术》 | 主 编: 姚江武
副主编: 解岩红 |
| 71. 《固定义齿修复工艺技术》 | 主 编: 林雪峰
副主编: 杨向东 |
| 72. 《口腔正畸工艺技术》 | 主 编: 杜维成 |
| 73. 《口腔医学美学》 | 主 编: 肖 云 |
| 74. 《口腔预防保健》 | 主 编: 马 涛 |
| 75. 《人际沟通》 | 主 编: 黄力毅 |

- | | |
|------------------------|--------------|
| 76. 《眼科疾病基础》 | 主 编: 孟祥珍 |
| 77. 《眼镜光学基础》 | 主 编: 戴臣侠 |
| 78. 《电工与电子技术》 | 主 编: 赵笑畏 |
| | 副主编: 王立普 |
| 79. 《X线物理与防护》 | 主 编: 李迅茹 |
| 80. 《人体解剖生理学基础 (影像专业)》 | 主 编: 高明灿 |
| | 副主编: 夏武宪 |
| 81. 《医用 X 线机构造和维修》 | 主 编: 王德华 |
| | 副主编: 程远大 |
| 82. 《X 线摄影化学与暗室技术》 | 主 编: 吕文国 |
| 83. 《影像技术学》 | 主 编: 李 萌 |
| | 副主编: 陈本佳 |
| 84. 《影像诊断学》 | 主 编: 赵汉英 |
| | 副主编: 王学强 |
| 85. 《模拟电子技术学》 | 主 编: 朱小芳 |
| 86. 《超声诊断学》 | 主 编: 夏国园 |
| | 副主编: 于三新 |
| 87. 《心电图诊断学》 | 主 编: 刘士生 |
| | 副主编: 刘昌权 |
| 88. 《细胞生物学及细胞培养技术》 | 主 编: 张丽华 |
| 89. 《生物药物基础》 | 主 编: 陈树君 |
| 90. 《实验动物学基础及技术》 | 主 编: 白 蓉 |
| 91. 《免疫学与生物技术》 | 主 编: 胡圣尧 |
| 92. 《微生物学与生物技术》 | 主 编: 库 伟 |
| | 副主编: 夏和先 |
| 93. 《生物化学与生物技术》 | 主 编: 李宗根 |
| | 副主编: 黄 平 |
| 94. 《生物制品基础及技术》 | 主 编: 朱 威 |
| | 副主编: 段巧玲、徐闻清 |
| 95. 《输血与血型基础》 | 主 编: 董 芳 |
| 96. 《生物药物制剂工艺》 | 主 编: 邓才彬 |
| 97. 《实验室管理与质量控制》 | 主 编: 冯仁丰 |
| 98. 《社区卫生管理》 | 主 编: 常唐喜 |
| 99. 《卫生统计》 | 主 编: 韩 敏 |
| | 副主编: 钟 实 |
| 100. 《流行病学概论》 | 主 编: 周海婴 |
| 101. 《医学信息检索》 | 主 编: 李一杰 |
| 102. 《卫生信息管理》 | 主 编: 梁玉涛 |
| | 副主编: 蒋 琬 |

- | | |
|--------------------|---------|
| #103. 《护理礼仪》 | 主 编：刘桂英 |
| #104. 《医学专业英语（上册）》 | 主 编：刘国全 |
| | 副主编：王 霞 |
| #105. 《医学专业英语（下册）》 | 主 编：刘国全 |
| | 副主编：王 霞 |
| #106. 《美育》 | 主 编：朱 红 |
| #107. 《营养与膳食指导》 | 主 编：洪安琨 |
| #108. 《就业与创业指导》 | 主 编：温树田 |
| #109. 《卫生法规》 | 主 编：钱丽荣 |
| #110. 《医学伦理学》 | 主 编：刘邦武 |
| #111. 《社会学基础》 | 主 编：李建光 |

注：标 * 为教育部规划、审定的中等职业教育国家规划教材
 标 # 为必选课教材

前 言

《模拟电子技术》是以 2001 年卫生部颁布的医学影像技术专业的教学计划及教学大纲为依据而编写的教材,供医学影像技术专业维修专门化方向使用。

为适应中等职业教育的培养对象,教材的编写始终以基本概念、基本原理、基本分析为前提,较好地把握了内容的深度,避免了复杂的推导过程,力求深入浅出,侧重于结论的分析,注重培养学生理解、分析及正确使用电子电路的能力;内容安排上将集成运算放大电路提前介绍,使负反馈电路、振荡电路等内容均以集成运算放大器为例进行分析,注重了集成运算放大器在模拟电路技术中的地位,体现了模拟电子技术的新发展。

为体现实用型人材的培养目标,实验安排上包括常用仪器使用、理论验证实验以及综合实验,并增加了焊接技能训练实验。

由于模拟电子技术的字母符号繁多,本书在正文之前单列了字母符号一览表,帮助读者理解并正确使用,本书的字母符号、图形符号以及名字术语均采用国家最新的标准版本。

本书的编写过程中,受到各参编单位的大力支持,在此我们深表感谢。

由于编者水平有限,加之编写时间紧迫,书中一定存在不妥之处,谨请读者给予指正。

编 者

2002 年 11 月

常用符号一览表

1. 器件(分立元件)

(1) 器件名称

V	二极管、三极管、晶闸管、场效应管
A	放大器
S	开关
T	变压器
RP	电位器

(2) 器件管脚名称

本书采用小写英文字母表示各管脚名称(个别除外)

b	三极管基极
c	三极管集电极
e	三极管发射极, 单结晶体管发射极
g(G)	场效应管栅极, 晶闸管控制极
d(D)	场效应管漏极
s(S)	场效应管源极
a	晶闸管阳极
k	晶闸管阴极
b ₁ 、b ₂	单结晶体管第一基极、第二基极

2. 电压与电流

(1) 电源电压

U_{BB}	晶体三极管基极电源电压, 单结晶体管的电源电压
U_{CC}	晶体三极管集电极电源电压
U_{EE}	晶体三极管发射极电源电压
U_{GG}	场效应管栅极电源电压, 晶闸管控制极电源电压
U_{DD}	场效应管漏极电源电压
U_{AA}	晶闸管阳极电源电压

(2) 电压与电流

1) 符号规定

英文小写字母符号 $u(i)$, 其下标若为英文小写字母, 则表示交流电压(电流)瞬时值(例如, u_o 表示输出交流电压瞬时值)。

英文小写字母符号 $u(i)$, 其下标若为英文大写字母, 则表示含有直流的电压(电流)瞬时值(例如, u_o 表示含有直流的输出电压瞬时值)。

英文大写字母符号 $U(I)$, 其下标若为英文小写字母, 则表示正弦电压(电流)有效值

或幅值(例如, U_o 表示输出正弦电压有效值)。

英文大写字母符号 $U(I)$, 其下标若为英文大写字母, 则表示直流电压(电流)(例如, U_o 表示输出直流电压)。

若在英文大写字母符号 $U(I)$ 之前加符号“ Δ ”, 则表示直流电压(电流)的变化量。

2) 符号使用

U_B, U_C, U_E	基极、集电极、发射极的直流电压
U_{BE}	三极管基射极间的直流电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时三极管集射极间的反向击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时三极管射基极间的击穿电压
u_i	交流输入电压
u_o	交流输出电压
U_{CE}	三极管集射极间直流电压
U_{CES}	三极管集射极间饱和压降
u_s	信号源电压
i_B	基极含有直流成分的瞬时电流
i_C	集电极含有直流成分的瞬时电流
i_E	发射极含有直流成分的瞬时电流
i_b	基极交流电流
i_c	集电极交流电流
i_e	发射极交流电流
I_{BQ}, I_{CQ}, I_{EQ}	基极、集电极、发射极的静态工作电流
I_{BS}	临界基极饱和电流
I_{CS}	临界集电极饱和电流
I_{CBO}	发射极开路时的集基极间的反向饱和电流
I_{CEO}	基极开路时的集射极间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
$U_{GS(th)}$	场效应管开启电压
$U_{GS(off)}$	场效应管夹断电压
U_{GS}	场效应管栅源极间的直流电压
U_{gs}	栅源极间的交流电压
I_D	漏极直流电流
U_{DS}	漏源极间的直流电压
U_{ds}	漏源极间的交流电压
I_A	流过晶闸管阳极的直流电流
i_a	流过晶闸管阳极的交流电流
U_{GK}	晶闸管控制极至阴极间的直流电压
u_f	反馈电压
u_{id}	差模输入电压、净输入电压
u_{ic}	共模输入电压

U_+ 、 I_+	运放同相端的输入电压、输入电流
U_- 、 I_-	运放反相端的输入电压、输入电流
U_Z 、 I_Z	稳压管的稳定电压、稳定电流
I_F	最大整流电流
U_{RM}	最大反向工作电压
I_R	二极管的反向电流
f_M	二极管的最高工作频率
u_{REF}	电压比较器的参考电压
U_{TH}	阈值电压或门限电压
U_{TH1} 、 U_{TH2}	上门限电压、下门限电压
ΔU_{TH}	回差电压

3. 功率

P_{Cmax}	集电极最大耗散功率
P_{DC}	直流电源提供的功率
P_C	三极管耗散功率
P_O	输出功率
P_{Omax}	最大输出功率

4. 电阻、电容、电感

R_b	基极偏置电阻
R_c	集电极电阻
R_e	发射极电阻
R_L	负载电阻
r_i	输入交流电阻
r_{be}	基射极间的输入电阻
r_o	输出交流电阻
r_s	信号源电阻
r_{id}	差模输入电阻
r_{od}	差模输出电阻
r_{if}	具有反馈时的输入电阻
r_{of}	具有反馈时的输出电阻
R_g	场效应管的栅极电阻
R_d	场效应管的漏极电阻
R_s	场效应管的源极电阻
C	电容
L	电感

5. 频率参数

f_H	放大电路的上限截止频率
f_L	放大电路的下限截止频率
BW	通频带

f_0	振荡频率
ω_0	谐振角频率
f_{Hf}	具有反馈时的上限截止频率
f_{Lf}	具有反馈时的下限截止频率
f_s	晶体的串联谐振频率
f_p	晶体的并联谐振频率
6. 性能参数	
$\bar{\beta}$	共发射极直流电流放大倍数
β	共发射极交流电流放大倍数
A_u	交流电压放大倍数
A_{us}	源电压放大倍数
A_i	电流放大倍数
g_m	场效应管低频跨导
η	效率
A_{ud}	差模电压放大倍数
$A_{ud1} (A_{ud2})$	单端输出差模电压放大倍数
A_{uc}	共模电压放大倍数
K_{CMR}	共模抑制比
A	开环放大倍数
A_{uf}	闭环电压放大倍数
γ	稳压系数
s	纹波系数
δ	占空比
S_T	温度系数
φ_A	放大电路的相移
φ_f	反馈网络的相移

目 录

常用符号一览表.....	[1]
第一章 半导体器件	(1)
第一节 半导体二极管	(1)
一、基本结构	(1)
二、伏安特性	(2)
三、主要参数	(3)
四、特殊二极管	(3)
第二节 半导体三极管	(5)
一、基本结构	(5)
二、电流分配与放大原理	(6)
三、特性曲线	(8)
四、主要参数	(10)
五、特殊三极管简介	(11)
第三节 场效应管	(11)
一、结型场效应管.....	(12)
二、绝缘栅型场效应管	(13)
三、场效应管的主要参数及使用注意事项	(16)
四、场效应管与三极管比较	(17)
本章小结	(17)
习题	(18)
第二章 放大电路基本原理	(21)
第一节 基本放大电路	(21)
一、电路结构	(21)
二、静态分析	(23)
三、动态分析	(25)
四、静态工作点的稳定	(31)
第二节 放大电路的三种组态	(33)
一、共集电极放大电路	(33)
二、共基极放大电路	(36)
三、三种组态的比较	(37)
第三节 场效应管放大电路	(39)

一、共源极放大电路	(39)
二、共漏极放大电路	(41)
第四节 多级放大电路	(43)
一、多级放大电路的级间耦合方式	(43)
二、多级放大电路的分析方法	(45)
第五节 放大电路的频率特性	(47)
本章小结	(49)
习题	(50)
 第三章 集成运算放大电路基础	(55)
第一节 直接耦合放大电路的特点	(55)
一、直流电平配置	(55)
二、零点漂移	(56)
第二节 差动放大电路	(56)
一、基本差动放大电路	(56)
二、典型差动放大电路	(58)
三、差动放大电路的输入、输出方式	(62)
第三节 集成运算放大电路	(65)
一、集成运算放大电路的组成	(65)
二、性能指标	(65)
三、理想集成运算放大电路	(66)
四、各类集成运放的特点与选择方法	(68)
本章小结	(69)
习题	(70)
 第四章 负反馈放大电路	(72)
第一节 反馈的基本概念	(72)
一、反馈定义	(72)
二、负反馈的框图表示	(73)
第二节 负反馈的类型	(74)
一、负反馈的分类	(74)
二、负反馈的类型判断	(75)
第三节 负反馈对放大电路性能的影响	(78)
一、提高放大倍数的稳定性	(78)
二、扩展通频带	(79)
三、减小非线性失真及抑制干扰和噪声	(79)
四、对输入电阻和输出电阻的影响	(80)
第四节 负反馈的引入	(81)
一、引入负反馈的一般原则	(81)