

模拟电子电路基础

堵国樑 主 编

吴建辉 副主编

樊兆雯 徐申 参 编

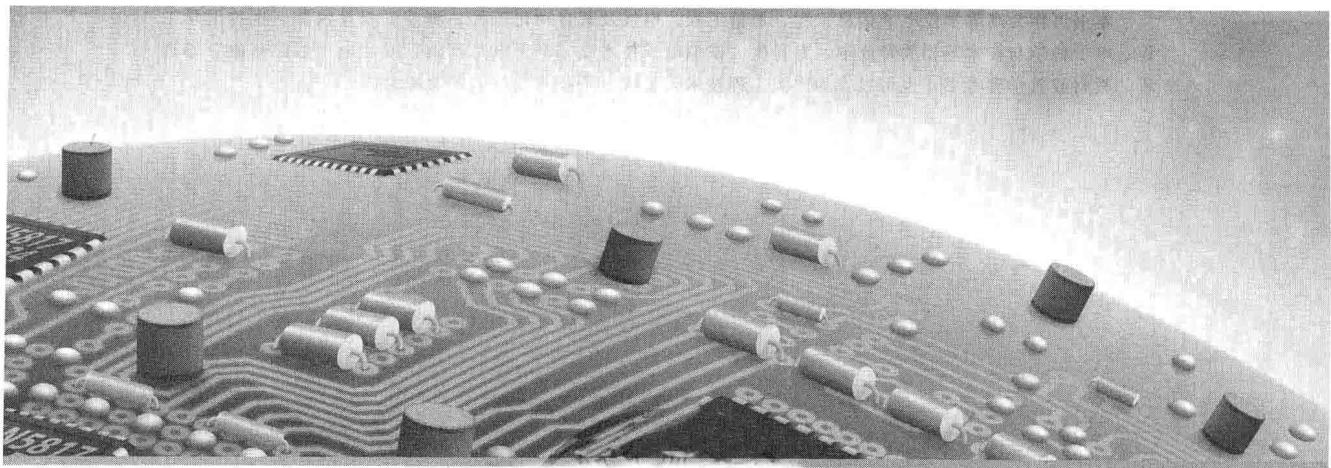
*F*undamentals of
Analog Electronic Circuits



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校电子信息与电气学科系列规划教材

模拟电子电路基础



堵国樑 主 编
吴建辉 副主编
樊兆雯 徐申 参 编



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

模拟电子电路基础 / 堵国樑主编. —北京: 机械工业出版社, 2014. 1
(高等院校电子信息与电气学科系列规划教材)

ISBN 978-7-111-45504-2

I. 模… II. 堵… III. 模拟电路—高等学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 013456 号

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书主要从应用角度介绍器件、集成电路以及电子电路的基本概念、基本原理、性质与特点, 通过电子电路具体分析方法的介绍, 培养电子电路的设计能力。本书共分 11 章, 内容包括: 绪论、运算放大器及其线性应用、运算放大器的非线性应用、半导体器件概述、基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器、正弦波产生电路、功率电路、应用电路设计分析、门电路。

本书可作为高等学校电子信息工程、通信工程、电气及其自动化工程、测控工程及仪器、生物医学工程、电子科学与技术等相关专业本、专科生“模拟电子技术”、“电子电路基础”或“电子线路基础”等课程的教材或教学参考书, 也可以作为广大工程技术人员或电子技术爱好者的参考书。

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 余洁 谢晓芳

中国电影出版社印刷厂印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

185mm×260mm·23.25 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-45504-2

定 价: 45.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

前 言

“模拟电子电路基础”是电气、电子信息类专业重要的学科基础课程之一，是后续相关课程如“通信电子线路”、“电子系统设计”、“模拟集成电路设计”等的重要基础。

本书是在多年教学改革的基础上编写而成的，其基本原则为“以电路分析为主线，以设计应用为目的”。编写思路采用了从宏观到微观，从对集成器件外特性的了解、应用，引导到对内电路研究学习的兴趣；以单元电路的分析为铺垫，强调电子系统设计的思路；以工程教育理念为导向，理论联系实际，将教材内容落实到具体的工程项目应用中。

本书在内容体系上采用了全新的编写方式，第1章中除了介绍信号的分类外，重点介绍了电子系统的构成、电子系统的分析方法和设计原则等，使读者能够总体了解本书的教学内容和教学目标。第2章、第3章以理想运算放大器为基本器件，分析讨论了各种线性和非线性应用，包括比例、加减、微分、积分等基本运算电路，有源滤波电路，以及电压比较、电平鉴别、波形变换、波形产生等电路，也介绍了常用的555集成定时器的功能和各种应用；并以这些基本功能电路构成一些简单的应用系统，以提高读者的学习积极性和探究集成器件内部电路的兴趣。第4章简要介绍了半导体的基本知识，分析了半导体二极管、三极管、场效应管的工作原理、特性曲线、主要参数及电路模型，为后续分析单元电路打好基础。第5章重点讨论了各种基本组态单级放大电路的基本工作原理、基本分析方法及基本性能指标，介绍了组合放大电路的组成形式、分析方法及性能指标。第6章介绍了反馈的基本概念以及负反馈对放大电路性能的影响，讨论了深度负反馈放大电路的分析方法，分析了负反馈放大电路的稳定性问题，最后结合第5章内容介绍了带负反馈放大电路的设计案例。第7章讨论了集成运算放大器的构成及常用的各种电流源电路，重点分析了由BJT或FET构成的差分放大电路的工作原理和主要技术指标，介绍了集成运算放大器中的典型电路及其参数、模型。第8章讨论了正弦波振荡产生的条件、电路的基本组成和分类，重点分析了几种常用的RC、LC、石英晶体正弦波振荡电路的结构、工作原理、振荡频率和起振条件。第9章讨论了功率放大电路和直流稳压电源两类功率电路。在功率放大电路中，主要分析了其输出功率、效率和非线性失真等指标，以互补对称功率放大电路为重点进行较详细的分析与计算，最后介绍了集成功率放大器的原理与应用。在直流稳压电源中，首先讨论了整流、滤波电路的基本工作原理，然后对线性稳压电源和开关稳压电源的工作原理、性能指标等进行了分析，最后介绍了三端集成稳压器和开关电源芯片的基本工作原理与相关应用。第10章简要介绍了模拟电子系统的一般设计方法，并以音响放大电路和心电信号检测放大电路为例，详细介绍了电路的设计分析过程。第11章从数字电路中的3种基本运算与、或、非着手，介绍门电路的基本概念，并重点讨论TTL门电路、CMOS门电路的工作原理和使用特性。该章主要是为了补充现有“数字电路”或“逻辑电路”等课程中只从逻辑门的应用开始讲解的不足。

本书由堵国樑老师编写第 1、2、3、10 章，吴建辉老师编写第 5、6、7 章，樊兆雯老师编写第 8、11 章，徐申老师编写第 4 和 9 章，由堵国樑老师负责全书的组织、统稿及修改工作。南京航空航天大学王成华教授在百忙之中审阅了本书，并提出了不少宝贵的修改意见和建议，编者在此表示深深的感谢。

由于时间紧迫，水平有限，书中仍有许多不妥之处，请广大老师、同学和读者提出批评指正。

编者
2013 年 11 月

教学建议

教学章节	教学要求	课时
第 1 章 绪 论	了解模拟信号与数字信号的区别 了解模拟电子系统的作用和基本构成 了解模拟电子系统的一般分析方法和设计原则 了解常用 EDA 软件的功能	1
第 2 章 运算放大器及其线性应用	了解放大的基本概念和基本性能指标的定义 掌握运算放大器作为理想器件的基本特点 掌握理想运放“虚短”、“虚断”特征,分析运算放大器构成的各种线性运用电路 掌握各种有源滤波电路的特性、作用以及分析方法 熟悉利用 EDA 软件分析设计由运放构成的线性应用电路的方法和步骤	5
第 3 章 运算放大器的非线性应用	掌握运算放大器非线性应用的特点 掌握一般比较器和施密特比较器的特点与分析方法 掌握由运算放大器构成的各种非正弦波产生电路的工作原理及分析方法 掌握 555 集成定时器的基本工作原理以及由其构成的各种功能电路的工作原理及分析方法 熟悉利用 EDA 软件分析设计由运放构成的简单功能电路的方法和步骤	6
第 4 章 半导体器件概述	了解半导体材料的基本特性以及 PN 结的形成机理 掌握半导体二极管的基本特性和主要参数,根据不同应用能正确分析和选择半导体二极管 了解半导体三极管的电流分配关系,掌握半导体三极管的基本特性、主要参数和电路模型 了解半导体场效应管的工作原理,掌握半导体场效应管的基本特性、主要参数和电路模型 了解其他半导体器件的特性和应用场合	6
第 5 章 基本放大电路	熟悉三极管放大电路的基本构成及放大的工作原理 熟悉用图解法分析放大电路静态、动态特性 掌握用计算法分析放大电路静态特性,用微变等效电路法分析放大电路动态性能 掌握场效应管放大电路的分析方法和步骤 掌握各种组态放大电路的基本结构、主要性能和各自的特点 熟悉放大电路频率响应的分析方法 掌握组合放大电路的构成原则和性能分析方法	10

(续)

教学章节	教学要求	课时
第 6 章 负反馈放大电路	了解放大电路中反馈的基本概念和构成 掌握各种反馈类型的判断方法 掌握不同的负反馈类型对放大电路性能的影响 掌握深度负反馈放大电路放大倍数的近似分析方法 了解负反馈放大电路的稳定性分析及补偿方法 熟悉利用 EDA 软件分析设计带负反馈放大电路的方法和步骤	6
第 7 章 集成运算放大器	了解集成运算放大器的基本构成 熟悉常用电流源电路的结构、原理、性能及其应用 掌握差分放大电路的电路结构、工作原理以及电路性能指标的分析方法 熟悉差分放大电路性能指标改善的方法和措施 掌握集成运算放大器典型电路的分析方法 了解实际运算放大器的性能指标的含义以及新型运算放大器的特性和应用	6
第 8 章 正弦波产生电路	熟悉正弦波振荡电路的基本组成、起振条件、平衡条件 掌握正弦波振荡电路的工作原理及相位判断方法 掌握正弦波振荡电路性能指标的分析 了解各种类型正弦波振荡的特点,并能根据需要合理选择电路结构	4
第 9 章 功率电路	了解功率放大电路的主要指标要求和电路分类 掌握互补对称功率放大电路的基本结构、工作原理和性能分析方法 熟悉集成功率放大器的基本性能及应用方式 了解整流、滤波电路的基本结构及工作原理 掌握串联型直流稳压电源的电路结构、工作原理及性能指标的分析方法 了解开关型直流稳压电源的电路结构和工作原理 熟悉常用集成稳压电源器件的参数及使用方法	8
第 10 章 应用电路设计分析	熟悉模拟电子电路的一般设计步骤 学会模拟电子系统设计任务的分析和方案设计的过程 掌握利用 EDA 软件设计分析电子电路的方法和步骤	6
第 11 章 门电路	了解逻辑门运算和由电子电路构成的门电路之间的关系 掌握 TTL 门电路的基本工作原理和性能分析方法 掌握 CMOS 门电路的构成原则以及各种门电路的逻辑关系分析方法 了解其他门电路的构成及工作原理	4
总课时		62

说明: 1) 第 11 章的内容是针对教学计划安排中先上“数字电路”或“逻辑电路”,之后再开设“模拟电子电路”的专业,其他专业可以选择讲解。

2) 建议部分教学内容和实验相互配合,教学效果会更好。

3) 总课时为 64,其中有 2 课时机动,可以根据需要调整。

本书符号说明

一、基本原则

I_B 、 U_{BE}	大写字母、大写下标表示直流量
I_b 、 U_{be}	大写字母、小写下标表示交流有效值
\dot{I}_b 、 \dot{U}_{be}	大写字母上面加点、小写下标表示正弦相量
i_B 、 u_B	小写字母、大写下标表示总瞬时值
i_{be} 、 u_{be}	小写字母、小写下标表示交流分量瞬时值
R	大写字母表示电路中的电阻或电路的等效电阻
r	小写字母表示器件内部的等效电阻

二、基本符号

1. 电压和电流

V_{CC}	双极型三极管集电极直流电源电压	$U_{(BR)CEO}$	基极开路时集电极-发射极之间的反向击穿电压
V_{BB}	双极型三极管基极直流电源电压	$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时发射极-基极之间的反向击穿电压
V_{EE}	双极型三极管发射极直流电源电压	U_{CEO}	集电极-发射极之间的饱和管压降
V_{DD}	场效应管漏极直流电源电压	U_{icmax}	集成运放最大共模输入电压
V_{GG}	场效应管栅极直流电源电压	U_{idmax}	集成运放最大差模输入电压
V_{SS}	场效应管源极直流电源电压	U_{IO}	集成运放输入失调电压
U_i 、 I_i	输入电压、输入电流	U_P	场效应管的夹断电压
U_i 、 I_i	净输入电压、净输入电流	U_{th}	场效应管的开启电压
U_o 、 I_o	输出电压、输出电流	I_B	双极型三极管基极直流电流
$U_{o(AV)}$	输出电压平均值	I_{RF}	运算放大器反馈电阻 R_F 上的直流电流
U_{om}	最大输出电压	I_{RL}	负载直流电流
U_f 、 I_f	反馈电压、反馈电流	I_{CBO}	集电极-基极之间的反向饱和电流
U_Q 、 I_Q	静态电压、静态电流	I_{CEO}	集电极-发射极之间的穿透电流
U_{REF}	参考电压	I_{CM}	集电极最大允许电流
U_s	信号源电压	$I_{D(AV)}$	整流二极管平均电流
U_T	温度的电压当量	I_S	二极管反向饱和电流
U_+ 、 I_+	集成运放同相输入端的电压、电流	I_Z	稳压管稳定电流
U_- 、 I_-	集成运放反相输入端的电压、电流	I_{IB}	集成运放输入偏置电流
U_{BE}	双极型三极管基极-发射极直流电压	I_{IO}	集成运放输入失调电流
U_Z	稳压管稳定电压		
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时集电极-基极之间的反向击穿电压		

2. 电阻、电容、电感、电导、电抗、阻抗

R_i 、 R_o	电路的输入电阻、输出电阻	r_{ce}	共射接法下集电极-发射极之间的微变等效电阻
R_{if} 、 R_{of}	有反馈时电路的输入电阻、输出电阻	r_{ds}	场效应管漏极-源极之间的微变等效电阻
R_L	负载电阻	r_{gs}	场效应管栅极-源极之间的微变等效电阻
R_s	信号源内阻	r_{id}	集成运放差模输入电阻
R_{DC}	共射极-共集电极放大电路直流负载电阻	G	电导的通用符号
R_{AC}	共射极-共集电极放大电路交流负载电阻	C	电容的通用符号
R_F	运算放大器反馈电阻	L	电感的通用符号
R_P	可调电阻	X	电抗的通用符号
$r_{bb'}$	基区体电阻	Z	阻抗的通用符号
r_{be}	发射结微变等效电阻		
r_{be}	共射接法下基极-发射极之间的微变等效电阻		

3. 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_{us}	考虑信号源内阻时的电压放大倍数
A_{uc}	共模电压增益	A_{od}	集成运放的开环差模电压增益
A_{ud}	差模电压增益	A_{uo}	开环电压放大倍数
A_i	电流放大倍数	F	反馈系数的通用符号
A_u	电压放大倍数		
A_{uf}	有反馈时的电压放大倍数		

4. 功率

P	功率的通用符号	P_{om}	输出交变功率最大值
P_o	输出交变功率	P_v	电源提供的直流功率

5. 频率

f_{BW}	通频带	f_T	双极型三极管的特征频率
f_H	放大电路的上限(-3dB)频率	f_α	共基截止频率
f_L	放大电路的下限(-3dB)频率	f_β	共射截止频率
f_o	振荡频率、谐振频率	ω	角频率的通用符号
	滤波器中心频率	f_c	滤波器截止频率

6. 时间常数

τ	时间常数	t_s	稳定时间
t_o	脉冲宽度	t_{pl}	电容测量电路放电时间
t_r	上升时间	t_{ph}	电容测量电路充电时间
t_f	下降时间		

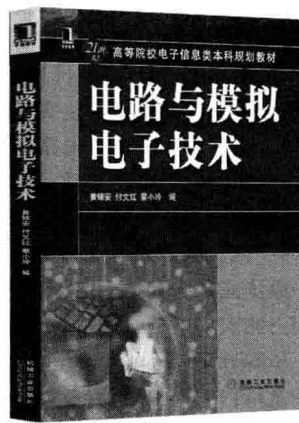
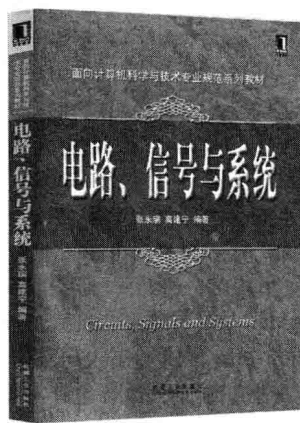
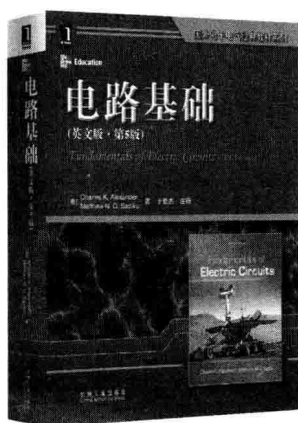
7. 器件符号

D(d)	场效应管的漏极	VT(V)	双极型三极管, 场效应管
G(g)	场效应管的栅极	B(b)	双极型三极管的基极
S(s)	场效应管的源极	C(c)	双极型三极管的集电极
VD	二极管	E(e)	双极型三极管的发射极
VD _Z	稳压管		

8. 器件参数

$C_{b'c}$	集电结等效电容	α	共基电流放大系数
$C_{b'e}$	发射结等效电容	$\bar{\alpha}$	共基直流电流放大系数
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率	α_{II0}	集成运放输入失调电流温漂
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率	α_{UI0}	集成运放输入失调电压温漂
S_R	集成运放转换速率	β	共射电流放大系数
BW_G	集成运放的单位增益带宽	$\bar{\beta}$	共射直流电流放大系数
g_m	跨导		

推荐阅读



电路基础（英文版·第5版）

作者：（美）Charles K. Alexander 等 于耿杰 注释 ISBN: 978-7-111-41184-0 定价：129.00元
中文版 5/e 预计出版时间：2013年8月

本书是一本电类各专业“电路”课程的经典教材，被美国众多名校采用，是美国最有影响力的“电路”课程教材之一。本书每章开始增加了中文“导读”，适合用做高校“电路”课程双语授课或英文授课的教材。本书前4版获得了极大的成功，第5版以更清晰、更容易理解的方式阐述了电路的基础知识和电路分析方法，并反映了电路领域的最新技术进展。全书总共包括2447道例题和各类习题，并在书后给出了部分习题答案。

电路、信号与系统

作者：张永瑞 高建宁 ISBN: 978-7-111-28824-4 定价：35.00元

内容选材合理、取舍恰当，新器件、新方法介绍适度，符合教指委制定的专业规范要求。基本概念讲授准确、透彻，注重物理概念阐述，必要的定理推导简明扼要，思路清晰、严谨，结论明确；常用的分析方法讲述步骤清楚有条理，举例类型多，结合工程实际，具有启发性；电路定理阐述简练，应用范围、条件明确，使用中应注意的问题归纳详尽。适合作为计算机专业“电路”课程教材。

电路与模拟电子技术

作者：黄锦安 付文红 ISBN: 978-7-111-25228-3 定价：38.00元

本书根据高等学校电子与电气信息类基础课程教学指导分委员会关于“电路分析基础”和“模拟电子技术”课程教学的基本要求，结合计算机及其他少学时专业的教学特点，统筹安排了电路理论与模拟电子技术的基本知识。尤其适合作为普通高等院校计算机、电子信息工程等专业的本科生教材，也可作为相关工程技术人员的学习参考用书。

目 录

前言	
教学建议	
本书符号说明	
第 1 章 绪论	1
1.1 模拟信号和数字信号	1
1.1.1 信号	1
1.1.2 模拟信号	1
1.1.3 数字信号	1
1.2 电子系统概述	2
1.2.1 电子系统的构成	2
1.2.2 电子系统中的模拟电子 电路	2
1.3 电子系统的分析与设计	3
1.3.1 电子系统的分析方法	3
1.3.2 电子系统的设计原则	4
1.3.3 电子电路常用 EDA 软件 介绍	4
本章小结	5
第 2 章 运算放大器及其线性应用	6
2.1 放大电路的基本指标	6
2.1.1 放大电路的基本概念	6
2.1.2 放大电路的性能指标	7
2.2 集成运算放大器	10
2.2.1 集成运放的基本特性	11
2.2.2 理想运放的线性及非线性 应用	13
2.3 运算放大器运算电路	14
2.3.1 比例运算电路	15
2.3.2 加减运算电路	16
2.3.3 微分与积分电路	20
2.3.4 运算放大器分析举例	23
2.4 有源滤波器	24
2.4.1 滤波器的基本概念	24
2.4.2 一阶有源滤波电路	28
2.4.3 二阶有源滤波电路	29
2.4.4 集成滤波器及其应用	35
2.4.5 滤波器设计软件介绍	36
2.5 运算放大器线性应用举例	37
2.5.1 可控增益放大器的 设计	37
2.5.2 综合设计练习——波形的 分解和合成	38
本章小结	39
习题	39
第 3 章 运算放大器的非线性应用	44
3.1 波形整形电路	44
3.1.1 电压比较器	44
3.1.2 施密特比较器	46
3.2 非正弦波产生电路	48
3.2.1 矩形波产生电路	48
3.2.2 三角波产生电路	50
3.3 555 集成定时器	52
3.3.1 电路原理	52

3.3.2 基本应用	54	5.1.3 共集电极放大电路	124
3.4 运算放大器非线性应用实例	58	5.1.4 复合管	127
3.4.1 电池电量显示电路	58	5.2 场效应管放大电路	129
3.4.2 光控延时走道灯电路	59	5.2.1 场效应管的直流偏置及 工作点分析	129
本章小结	60	5.2.2 共源放大电路	131
习题	60	5.2.3 共栅放大电路	133
第4章 半导体器件概述	63	5.2.4 共漏放大电路	134
4.1 PN结及二极管	63	5.3 放大电路的频率特性	136
4.1.1 半导体及PN结	63	5.3.1 有关频率响应分析的基本 概念	136
4.1.2 二极管的基本特性	68	5.3.2 时间常数分析法	138
4.1.3 二极管的电路模型及主要 参数	71	5.3.3 BJT单级放大电路的频率 响应	140
4.1.4 特殊二极管	73	5.3.4 FET放大电路的频率 响应	151
4.1.5 二极管应用举例	75	5.4 一般组合放大电路	151
4.2 半导体三极管	77	5.4.1 组合放大电路的级间 耦合方式	152
4.2.1 三极管的基本工作 原理	78	5.4.2 组合放大电路的分析 方法	153
4.2.2 三极管的基本特性	81	5.4.3 共源-共射放大电路	154
4.2.3 三极管的主要参数及 电路模型	84	5.4.4 共射-共基-共集放大 电路	156
4.2.4 三极管应用举例	89	5.4.5 组合放大电路的频率 响应	159
4.3 半导体场效应管	91	本章小结	160
4.3.1 结型场效应管	91	习题	161
4.3.2 绝缘栅场效应管	95	第6章 负反馈放大电路	168
4.3.3 场效应管的主要参数及 电路模型	99	6.1 反馈的基本概念与分类	168
4.3.4 场效应管应用举例	101	6.1.1 反馈的基本概念	168
4.4 其他类型器件介绍	102	6.1.2 反馈的分类与判断	169
本章小结	103	6.1.3 反馈放大电路的一般 表达形式	172
习题	103	6.1.4 负反馈放大电路类型	173
第5章 基本放大电路	107	6.2 负反馈对放大电路性能的 影响	178
5.1 双极型三极管基本放大 电路	107		
5.1.1 共射极放大电路及稳定 偏置	107		
5.1.2 共基极放大电路	122		

6.2.1 提高放大电路增益的 稳定性	178	7.3 差分放大电路	223
6.2.2 对输入电阻和输出电阻的 影响	179	7.3.1 基本差分放大电路	223
6.2.3 扩展通频带	182	7.3.2 BJT 差分放大电路	224
6.2.4 减小非线性失真	184	7.3.3 FET 差分放大电路	232
6.2.5 抑制干扰与噪声	185	7.3.4 差分放大电路的传输 特性	235
6.2.6 负反馈对放大电路性能 影响的小结	185	7.4 集成运放的典型电路	237
6.3 深度负反馈放大电路的 分析	186	7.5 集成运放的参数及实际电路 模型	240
6.3.1 深度负反馈的特点	187	7.5.1 集成运放的主要参数 ...	240
6.3.2 深度负反馈放大电路的 性能估算	188	7.5.2 集成运放的实际电路 模型	244
6.4 负反馈放大电路的稳定性 分析及频率补偿	189	7.5.3 运放电路的调零	245
6.4.1 负反馈电路的稳定性 分析	189	7.6 集成运放电路简介	246
6.4.2 常用的频率补偿方法 ...	192	7.6.1 双极型集成运放	246
6.5 负反馈放大电路设计	197	7.6.2 CMOS 轨到轨集成 运放	249
6.5.1 负反馈放大电路设计的 一般步骤	197	本章小结	250
6.5.2 负反馈放大电路设计 举例	198	习题	251
本章小结	202	第 8 章 正弦波产生电路	258
习题	203	8.1 正弦波振荡电路的基本 概念	258
第 7 章 集成运算放大器	209	8.1.1 正弦波振荡电路的振荡 条件	258
7.1 集成运算放大电路的构成 ...	209	8.1.2 正弦波振荡电路的组成、 分类及分析方法	260
7.1.1 集成运放电路的组成 ...	209	8.2 RC 正弦波振荡电路	261
7.1.2 集成运放的电压传输 特性	210	8.2.1 RC 文氏电桥振荡 电路	261
7.2 集成运放中的电流源与有源 负载	211	8.2.2 RC 移相式振荡电路	263
7.2.1 BJT 电流源	211	8.3 LC 正弦波振荡电路	264
7.2.2 FET 电流源	217	8.3.1 LC 并联回路的频率 特性	264
7.2.3 有源电阻——直流 电流源的应用	221	8.3.2 变压器反馈式振荡 电路	266
		8.3.3 LC 三点式振荡电路	267
		8.3.4 石英晶体振荡电路	269

本章小结	271	10.2.1 设计任务	324
习题	271	10.2.2 电路设计	324
第 9 章 功率电路	275	10.3 简易心电图检测放大电路设计	
9.1 功率放大电路	275	分析	332
9.1.1 功率放大电路的特点		10.3.1 心电信号特征分析	332
与分类	275	10.3.2 设计任务要求	333
9.1.2 互补对称功率放大		10.3.3 系统设计	333
电路	278	本章小结	338
9.1.3 集成功率放大器	284	第 11 章 门电路	339
9.1.4 应用举例	285	11.1 基本逻辑门电路	339
9.2 串联型直流稳压电路	286	11.1.1 基本逻辑运算	339
9.2.1 稳压电路的主要组成	286	11.1.2 二极管与门及或门	
9.2.2 全波整流电容滤波		电路	340
电路	287	11.1.3 三极管非门电路	341
9.2.3 串联型稳压电路	289	11.1.4 DTL 与非门、或非门	
9.2.4 三端集成稳压器	294	电路	341
9.2.5 应用举例	297	11.2 TTL 逻辑门电路	343
9.3 开关型直流稳压电路	300	11.2.1 TTL 与非门电路	343
9.3.1 开关型直流稳压电路的		11.2.2 其他形式的 TTL	
特点和分类	300	门电路	348
9.3.2 开关型直流稳压电路的		11.3 CMOS 逻辑门电路	351
工作原理	302	11.3.1 CMOS 反相器	351
9.3.3 开关型集成稳压器	307	11.3.2 其他形式的 CMOS	
本章小结	313	门电路	352
习题	314	11.3.3 CMOS 三态门及传输	
第 10 章 应用电路设计分析	321	门电路	353
10.1 模拟电子系统设计方法		本章小结	354
简介	321	习题	355
10.2 音响放大电路设计分析	324	参考文献	357

本章主要介绍模拟信号和数字信号的特点、电子系统的构成,以及电子系统的分析方法和设计原则,并对一些电子电路中常用的 EDA 软件做了简单的介绍。

1.1 模拟信号和数字信号

1.1.1 信号

信号(也称为讯号)是运载信息的工具,是信息的载体。或者说:信号是信息的表现形式,信息是信号的具体内容。

信号有多种分类方式,根据信号是否具有随机性可分为确定信号和随机信号;根据信号是否具有周期性可分为周期信号和非周期信号;根据信号对时间的取值可分为连续时间信号和离散时间信号;根据信号的电学性质可分为电信号和非电信号。自然界各种各样的信号,如声音、光强、温度、压力、流量、位移、速度等物理量都属于非电信号;而电流、电压、功率、电荷、磁通等就属于电信号。非电物理量信号利用各种传感器可以转换成电信号,通过对电信号进行加工处理和传输,利用各种换能器或执行机构,就可以将电信号转换成各种需要的物理量。对电信号的加工处理及传输属于电子技术的范畴,在该范畴内电信号也简称信号,可以分为模拟信号和数字信号。

1.1.2 模拟信号

模拟信号是指随着时间的变化,信号的幅度是连续变化的。自然界大部分信号都是模拟信号,如语音信号、温度、压力等通过一般传感器转换后的信号就是模拟信号,其示意图如图 1.1.1a 所示。其特点是幅度的连续性,可有无穷多的取值。处理模拟信号的电子电路也称为模拟电子电路或模拟电路。

1.1.3 数字信号

数字信号是离散的,从一个值到另一个值的改变是瞬时的,就像开启和关闭电源一样。数字信号的特点是幅度被限制在有限个数值之内,常用的是两个不同状态的取值,如灯的亮和灭、电压的高和低等,如图 1.1.1b 所示。处理数字信号的电子电路称为数字电子电路或数字电路。

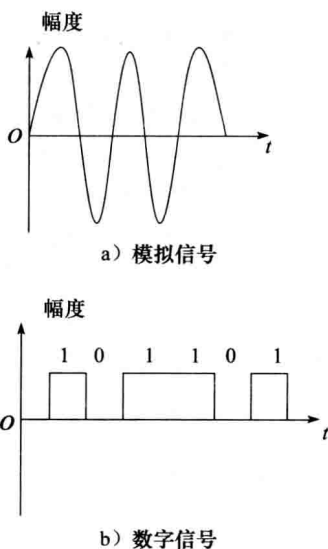


图 1.1.1 模拟信号和数字信号示意图

1.2 电子系统概述

1.2.1 电子系统的构成

电子系统一般是指由多个单元电路或功能模块构成的能完成特定功能的电子装置。图 1.2.1 所示为一个包含信号获取、信号处理和信号执行完整过程的电子系统的组成示意图。

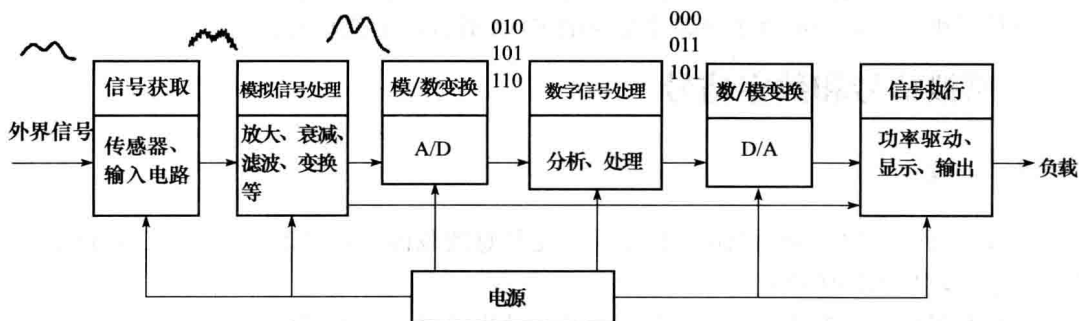


图 1.2.1 电子系统构成框图

信号获取：利用各种传感器把自然界的非电物理量转换成电信号。

模拟信号处理：利用模拟电子技术，对信号做各种处理，一般包括信号放大、信号滤波、信号变换等，经过处理后的信号可以直接送给后续信号执行机构输出，构成模拟电子系统，也可以通过 A/D 变换、数字信号处理、D/A 变换后到信号执行单元带动负载，构成数字/模拟混合电子系统。

信号执行：根据负载特性和前端电路对信号处理的结果，利用信号执行单元电路将信号能按要求传递给负载。一般有功率放大、驱动电路等。

模/数(A/D)和数/模(D/A)变换：A/D 是模拟信号到数字信号的变换，D/A 是数字信号到模拟信号的变换，它们是模拟和数字信号之间的桥梁。

数字信号处理：利用数字信号处理功能强大的优点，对信号进行必要的处理，包括信号分析、变换、滤波等多种功能。

电源：电子系统是一种能量转换装置，每个单元电路都必须在外加电源下才能工作，电源是任何电子系统必不可少的单元。

1.2.2 电子系统中的模拟电子电路

电子系统中涉及多种模拟电子电路，主要包括信号放大、信号产生、信号运算、信号转换、反馈、滤波、功率放大、直流稳压电源等单元电路。

放大电路：利用具有控制特性的有源器件，把微弱的输入信号放大，使输出信号的电压或电流幅度增大，输出信号能量得到加强。

信号产生电路：电子系统中经常用的一些标准的信号，如正弦波、方波、三角波等，可以通过信号产生电路产生各自需要的波形。

运算电路：用于信号之间的相互运算，如信号的加、减、乘、除、微分、积分、对数、指数等运算。