

21^{世纪}

高等学校电子信息类规划教材

电子技术基础

主编 李效芳



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校电子信息类规划教材

电子技术基础

主 编 李效芳

副主编 陈 静 王明甲

参 编 陈 爽 李莺歌

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书分为模拟电子技术和数字电子技术两大部分,第1~7章为模拟电子技术部分,第8~15章为数字电子技术部分。本书以一般数字电子仪器设备的基本结构(模拟信号放大预处理——信号加工——数字逻辑电路处理——数/模相互转换)为主要编写体系,结合实例,系统、全面地介绍了常用电子技术基础知识。

本书的主要内容包括半导体二极管及其应用、半导体三极管及其放大电路、集成运算放大器基础、负反馈在放大器中的应用、集成运算放大器的应用、正弦波振荡电路、直流稳压电源、数字电路基础知识、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、D/A和A/D转换、半导体存储器等。

本书可作为高等院校计算机、机械自动化、电气工程等专业的教材,也可作为电子类工程技术人员的参考书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/李效芳主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2010.8

21世纪高等学校电子信息类规划教材

ISBN 978-7-5606-2440-2

I. 电… II. 李… III. 电子技术—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 117145 号

策 划 毛红兵

责任编辑 王 瑛 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 23.875

字 数 561千字

印 数 1~3000册

定 价 34.00元

ISBN 978-7-5606-2440-2/TN·0567

XDUP 2732001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着科学技术的迅猛发展,各类专业课程内容有所增加,电子技术基础课程的学时有所压缩。为了适应计算机、机械自动化类专业对电子技术课程的教学需求,我们将模拟电子技术和数字电子技术有机地合在一本书中。本书这种合二为一的有针对性的编写方式,可以避免以往一门电子技术课程需选用两本书的做法,并且有利于学生对这门课程的系统和连贯性学习。

本书在内容上,注意理论联系实际,从工程应用的角度出发思考和处理问题,在讲清电路原理和分析方法的同时,更着重通过相应实例介绍器件和电路的主要技术性能、典型设计应用,以帮助读者提高实际应用能力。

本书在文字叙述上,力求深入浅出,简明而系统,配有大量图示,着重讲清物理意义,注重电路的基本定理、定律在电子电路分析和设计中的应用,少用繁琐的数学计算和公式推导。

本书绪论部分以概念学习为主,介绍了电子系统中的基本概念,概要地介绍了典型的电子系统的组织结构以及模拟电路与数字电路在电子系统中的通常应用,为系统地学习电子技术奠定了基础。

第1章重点介绍了半导体二极管的工作原理、主要参数及其应用,同时介绍了特殊用途的二极管及其应用。

第2章重点介绍了基本放大电路的工作原理和分析方法,同时介绍了多级放大电路的工作原理和分析方法。

第3章主要介绍了集成运放的结构特点、电路组成、主要参数及种类。

第4章主要介绍了反馈的相关概念、负反馈对放大电路性能的影响,说明了反馈组态的判断方法及深度负反馈的估算方法。

第5章主要介绍了理想集成运放的特点、基本运算电路和电压比较器。

第6章重点介绍了各种正弦波振荡电路,说明了振荡电路的工作原理、构成原则和主要应用。

第7章介绍了直流稳压电源的组成、各部分电路的工作原理和性能指标。

第8章主要介绍了数字电路的基本知识、基本公式和常用公式定理及逻辑函数的化简。

第9章概要地介绍了门电路结构的基础知识,重点介绍了目前广泛应用的CMOS和TTL两类集成门电路的结构和工作原理。

第10章讲述了组合逻辑电路的特点、组合逻辑电路的分析方法和设计方法、若干常用组合逻辑电路的原理和使用方法等内容。

第11章主要介绍了时序逻辑电路中各种触发器的结构原理和触发工作方式。

第12章讲述了时序逻辑电路的特点、时序逻辑电路的分析方法和设计方法、寄存器和计数器的原理及使用方法等内容。

第13章介绍了用于产生和整形矩形脉冲波的各种电路的工作原理、构成原则和主要

应用,并重点介绍了 555 定时器的构成、工作原理和应用。

第 14 章介绍了 A/D、D/A 转换器的构成、工作原理和应用。

第 15 章介绍了半导体存储器的构成、工作原理和应用。

近几年来,随着电子技术和计算机技术的发展,以集成电路为核心的电子应用技术和根据项目需求设计专用集成电路芯片技术构成了电子电路的技术核心和发展方向。电子产品的设计已离不开计算机的辅助设计,计算机仿真分析技术也成了电子电路的基本分析方法。为了使读者能正确、自然地使用仿真分析工具,在本书有关章节的例题中引入了计算机电子自动化设计(EDA)仿真软件 Multisim 10 的使用,并在附录中附有 Multisim 10 软件的使用简介。该软件具有元器件模型参数库、仪器仪表库,可模拟实验室内的操作进行各种电子电路分析、调试和仿真实验。

本书可用于 64 学时的电子技术基础的课堂教学。在教学过程中应至少配有 24 学时的实验课。为了巩固读者的学习效果,加强对所学基础知识的掌握和理解,第 1~15 章均配有本章小结和习题。

本书由青岛科技大学电子信息科学与技术教研室的教师集体编写,其中绪论、第 1 章、第 6 章、第 13 章、附录 A 由李效芳编写,第 2 章、第 3 章、第 10 章、附录 B 由陈静编写,第 5 章、第 11 章、第 12 章由王明甲编写,第 4 章、第 8 章、第 9 章由陈爽编写,第 7 章、第 14 章、第 15 章由李莺歌编写。李效芳为主编,负责全书的统稿工作。陈静和王明甲为副主编。教研室主任赵文仓老师给予了具体的指导和帮助,在此表示感谢。

由于作者理论与实践水平有限,加之编写时间仓促,书中不妥之处诚请读者,特别是使用本书的教师和同学批评指正,以便今后修订提高。

编 者

2010 年 4 月

目 录

绪论 电子信息系统简介	1
0.1 数字信号与模拟信号	1
0.2 电子系统的组成	1
0.3 电子系统中的模拟电路与数字电路	2
0.4 电子系统设计中的 EDA 技术	3
第 1 章 半导体二极管及其应用	4
1.1 半导体的基本知识	4
1.1.1 半导体的导电特性	4
1.1.2 PN 结及其单向导电性	6
1.2 半导体二极管	7
1.2.1 二极管的结构和类型	8
1.2.2 二极管的伏安特性及等效电路	8
1.2.3 二极管的主要参数	10
1.2.4 二极管的应用	10
1.3 特殊用途的二极管	12
1.3.1 稳压二极管	12
1.3.2 发光二极管	13
1.3.3 光电二极管	14
本章小结	15
习题	15
第 2 章 半导体三极管及其放大电路	18
2.1 半导体三极管的基本知识	18
2.1.1 三极管的结构和符号	18
2.1.2 三极管中的电流分配和放大作用	19
2.1.3 三极管的伏安特性曲线	20
2.1.4 三极管的主要参数及其简易测试	22
2.2 放大电路的组成和基本原理	24
2.2.1 单管共射放大电路的组成	25
2.2.2 共射放大电路的工作原理	26
2.3 用图解法分析放大电路	27
2.3.1 用图解法求放大电路的静态工作点	28
2.3.2 动态工作波形的图解分析	30
2.3.3 放大电路的非线性失真与静态工作点的关系	31
2.4 用简化微变等效电路法分析放大电路	32
2.4.1 三极管的简化微变等效电路	33
2.4.2 由简化微变等效电路求放大电路的动态性能指标	34
2.5 静态工作点的稳定电路	36

2.5.1 温度对静态工作点的影响	36
2.5.2 分压式偏置放大电路	37
2.6 共集电极射极输出器电路	39
2.7 共基极放大电路简介和放大电路三种组态的比较	43
2.7.1 共基极放大电路	43
2.7.2 放大电路三种组态的比较	44
2.8 多级放大电路	44
2.8.1 多级放大电路的级间耦合方式	44
2.8.2 多级放大电路的性能指标估算	47
本章小结	49
习题	50

第3章 集成运算放大器基础

3.1 集成电路和集成运放	54
3.1.1 集成电路(IC)	54
3.1.2 集成电路的分类和外形结构	54
3.1.3 集成运算放大器的结构特点	55
3.1.4 集成运算放大器的组成框图	55
3.2 集成运放中的电流源电路	55
3.2.1 镜像电流源	56
3.2.2 微电流源	56
3.2.3 电流源用作有源负载	57
3.3 差分放大电路	57
3.3.1 差分放大电路的组成	57
3.3.2 差分放大电路的改进	61
3.3.3 差分放大电路的四种接法及应用	62
3.4 集成运放典型产品简介	64
3.4.1 通用型集成运放 F007	64
3.4.2 通用型四运放 F324	65
3.5 集成运放的参数指标	67
本章小结	69
习题	69

第4章 负反馈在放大器中的应用

4.1 反馈的基本概念	72
4.1.1 反馈	72
4.1.2 反馈的极性	73
4.1.3 直流反馈与交流反馈	74
4.2 负反馈电路的类型	75
4.2.1 负反馈在输出端的采样	75
4.2.2 负反馈在输入端的接法	76
4.3 负反馈对放大电路性能的影响	78
4.3.1 负反馈放大器的方框图	78

4.3.2 负反馈对放大器性能的影响	79
4.4 深度负反馈放大电路的估算方法	81
4.5 负反馈放大电路中的自激振荡及其消除方法	83
4.5.1 自激振荡产生的原因和条件	83
4.5.2 常用的消除自激振荡的方法	83
本章小结	84
习题	85
第5章 集成运算放大器的应用	90
5.1 理想运放线性区和非线性区的特点	90
5.1.1 理想集成运放的线性工作区	90
5.1.2 理想集成运放的非线性工作区	91
5.2 集成运放的三种输入方式	92
5.2.1 反相输入放大器	92
5.2.2 同相输入放大器	93
5.2.3 差分输入放大器	94
5.3 信号运算电路及其应用	95
5.3.1 加减运算电路	95
5.3.2 积分运算电路	98
5.3.3 微分运算电路	99
5.4 电压比较器	100
5.4.1 过零比较器	100
5.4.2 具有滞回特性的比较器——施密特触发器	102
5.4.3 集成电压比较器简介	106
本章小结	108
习题	109
第6章 正弦波振荡电路	113
6.1 正弦波振荡电路的基本工作原理	113
6.1.1 正弦波振荡的产生条件	113
6.1.2 正弦波振荡电路的组成	114
6.2 RC 正弦波振荡电路	114
6.2.1 RC 串并网络的选频特性	115
6.2.2 RC 桥式正弦波振荡电路	116
6.3 LC 正弦波振荡电路	117
6.3.1 LC 并联谐振回路的选频特性	117
6.3.2 LC 正弦波振荡电路的基本类型	119
6.4 石英晶体振荡器简介	121
本章小结	123
习题	124
第7章 直流稳压电源	129
7.1 硅稳压管稳压电路	129
7.1.1 硅稳压管稳压电路的工作原理及主要技术指标	129

7.1.2 稳压管和限流电阻的选择	130
7.2 串联型稳压电路	131
7.3 集成稳压器	133
7.3.1 三端固定式集成稳压器	133
7.3.2 三端可调式集成稳压器	136
7.3.3 集成稳压器的主要参数	137
7.4 开关型稳压电源	137
7.4.1 开关型稳压电源的基本工作原理	138
7.4.2 三端开关型集成稳压电源	142
本章小结	144
习题	144
第8章 数字电路基础知识	147
8.1 数字电路概述	147
8.1.1 数字电路的特点	147
8.1.2 数制及码制	148
8.2 逻辑代数的基本运算	152
8.2.1 逻辑函数和逻辑变量	152
8.2.2 逻辑代数的三种基本运算	152
8.2.3 几种常用的复合逻辑函数	154
8.3 逻辑函数的表示方法及变换	156
8.3.1 逻辑函数的表示方法	156
8.3.2 逻辑函数的最小项	159
8.3.3 逻辑函数的变换	161
8.4 逻辑代数的公式和运算规则	161
8.4.1 逻辑函数的相等	162
8.4.2 逻辑代数的基本公式	162
8.4.3 逻辑代数的基本定理	163
8.4.4 逻辑代数的常用公式	164
8.5 逻辑函数的化简	164
8.5.1 逻辑函数化简的目的	164
8.5.2 公式化简法	164
8.5.3 卡诺图化简法	165
8.5.4 具有无关项的逻辑函数的化简	168
本章小结	168
习题	169
第9章 逻辑门电路	173
9.1 半导体二极管、三极管和场效应管的开关特性	173
9.1.1 二极管的开关特性	173
9.1.2 三极管的开关特性	173
9.1.3 绝缘栅场效应管的开关特性	174
9.2 分立元件门电路	175

9.2.1 二极管与门	175
9.2.2 二极管或门	176
9.2.3 三极管非门	176
9.3 CMOS 门电路	177
9.3.1 CMOS 反相器	177
9.3.2 CMOS 逻辑门电路	178
9.3.3 CMOS 传输门和双向模拟开关	179
9.4 TTL 集成门电路	180
9.4.1 TTL 反相器	180
9.4.2 TTL 与非门电路	182
9.4.3 集电极开路门电路(OC 门)	183
9.4.4 三态输出门电路(TSL 门)	184
9.4.5 74 系列常用门电路	185
9.5 TTL 门电路和 CMOS 门电路的使用	186
9.5.1 接口电路	186
9.5.2 TTL 电路的使用知识	187
9.5.3 CMOS 电路的使用知识	187
本章小结	188
习题	188

第 10 章 组合逻辑电路	191
10.1 概述	191
10.2 组合逻辑电路的分析与设计	191
10.2.1 组合逻辑电路的分析	191
10.2.2 组合逻辑电路的设计	192
10.3 编码器	193
10.3.1 二进制编码器	193
10.3.2 二—十进制编码器	194
10.3.3 优先编码器	195
10.4 译码器	197
10.4.1 变量译码器	197
10.4.2 码制变换译码器——4—10 线译码器	200
10.4.3 数字显示译码器	201
10.4.4 译码器的应用	206
10.5 加法器	207
10.5.1 半加器	207
10.5.2 全加器	207
10.5.3 多位二进制加法器	208
10.6 数据选择器和数据分配器	211
10.6.1 数据选择器	211
10.6.2 数据分配器	214
10.7 数值比较器	215
10.7.1 1 位数值比较器	215

10.7.2 多位数值比较器	216
10.7.3 数值比较器的使用	217
本章小结	218
习题	218
第 11 章 触发器	221
11.1 概述	221
11.2 基本 RS 触发器	221
11.3 同步 RS 触发器	223
11.4 触发器逻辑功能的描述	226
11.4.1 RS 触发器	226
11.4.2 D 触发器	227
11.4.3 JK 触发器	227
11.4.4 T 触发器	228
11.4.5 T' 触发器	228
11.5 主从触发器	229
11.5.1 主从触发器的组成及工作原理	229
11.5.2 主从 JK 触发器	230
11.6 边沿触发器	232
11.6.1 集成上升沿触发 D 触发器	232
11.6.2 集成负边沿触发 JK 触发器	233
11.6.3 CMOS 边沿触发 D 触发器	235
11.7 触发器逻辑功能的转换	236
11.7.1 JK 型转换为 D、T、T' 型	236
11.7.2 D 型转换为 JK、T、T' 型	237
11.8 各类触发器逻辑功能和触发方式比较	238
本章小结	238
习题	239
第 12 章 时序逻辑电路	242
12.1 概述	242
12.1.1 时序逻辑电路的特点与结构	242
12.1.2 时序逻辑电路的基本分析方法	243
12.2 寄存器	247
12.2.1 数码寄存器	247
12.2.2 移位寄存器	248
12.2.3 中规模集成移位寄存器	249
12.3 计数器	251
12.3.1 二进制计数器	251
12.3.2 十进制计数器	254
12.3.3 移位寄存器型计数器	256
12.4 集成计数器及其应用	258
12.4.1 4 位同步二进制计数器 74LS161 的功能及应用	258

12.4.2 异步计数器和 74LS290 的功能及应用	265
本章小结	269
习题	269
第 13 章 脉冲波形的产生与整形	273
13.1 脉冲波形的基本知识	273
13.2 555 集成定时器	273
13.2.1 555 集成定时器的电路结构	274
13.2.2 555 定时器的逻辑功能	275
13.3 施密特触发器	275
13.3.1 用 555 定时器构成的施密特触发器	276
13.3.2 用 CMOS 门构成的施密特触发器	278
13.3.3 集成施密特触发器	280
13.3.4 施密特触发器的应用举例	280
13.4 单稳态触发器	281
13.4.1 用 555 定时器构成的单稳态触发器	282
13.4.2 用集成门电路构成的单稳态触发器	283
13.4.3 集成单稳态触发器	285
13.4.4 单稳态触发器的应用	287
13.5 多谐振荡器	288
13.5.1 用 555 定时器构成的多谐振荡器	288
13.5.2 用集成门电路构成的多谐振荡器	289
本章小结	290
习题	291
第 14 章 D/A 和 A/D 转换	296
14.1 D/A 转换器	296
14.1.1 权电阻网络 D/A 转换器	296
14.1.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	298
14.1.3 D/A 转换器中的模拟开关	300
14.1.4 D/A 转换器的主要技术参数	300
14.1.5 集成 D/A 转换器	301
14.2 A/D 转换器	303
14.2.1 A/D 转换器的工作原理	303
14.2.2 逐次逼近型 A/D 转换器	306
14.2.3 双积分型 A/D 转换器	309
14.2.4 A/D 转换器的主要技术指标	312
14.2.5 集成 A/D 转换器	313
本章小结	314
习题	314
第 15 章 半导体存储器	316
15.1 只读存储器	317
15.1.1 ROM 的结构	317

15.1.2 ROM 的工作原理	317
15.1.3 可编程只读存储器	320
15.2 随机存储器 RAM	321
15.2.1 RAM 的结构和工作原理	321
15.2.2 静态存储单元	322
15.3 用存储器实现组合逻辑函数	324
本章小结	325
习题	326
附录	327
附录 A Multisim 10 使用简介	327
附录 B 常用逻辑门逻辑符号对照表	345
部分习题答案	347
参考文献	369

绪论 电子信息系统简介

电子信息系统简称电子系统。目前,电子系统在各个应用领域都得到了广泛的应用和发展。本章简要介绍电子系统中的数字信号与模拟信号,以及电子系统的主要组成部分和各部分的作用。

0.1 数字信号与模拟信号

信号是反映信息的物理量,它是信息的表现形式。信号可分为电信号和非电信号。电信号是指随时间而变化的电压或电流信号,而自然界中广泛存在的信号(如温度、压力、流量、声音)多为非电信号。非电信号可以通过各种传感器转换成为电信号,而电信号容易传送和控制,因而成为应用最为广泛的信号。在电子技术中,我们又将电信号分为模拟信号和数字信号。

模拟信号是指在时间和数值(幅度)上均连续变化的信号,如图 0.1.1 所示。例如正弦波信号是典型的模拟信号。模拟信号的特点是在一定动态范围内可取任意值。

数字信号则是在时间和数值(幅度)上均为离散量的信号。数字信号总是发生在离散的瞬间,而且它们的数值也是一个最小量的整数倍,并以此倍数作为信号的数值,如图 0.1.2 所示。

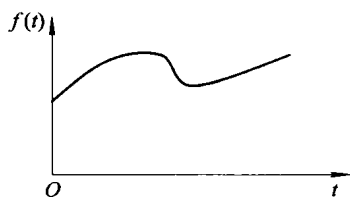


图 0.1.1 模拟信号



图 0.1.2 数字信号

在自然界中,大多数物理量的转换信号均是模拟信号,在信号处理时,可以通过电子电路实现模拟信号和数字信号之间的相互转化。

0.2 电子系统的组成

图 0.2.1 所示为一个典型的恒温装置电子系统示意图。该系统首先提取恒温装置的温度信号,并转换为电信号作为电子系统的输入。这个输入信号通常很小,噪声很大,易受干扰,不易加工,因此需对其进行滤波等预处理,将有用的信号提取出来,并放大。当信号足够大时,再进行信号的运算、转换、比较等不同的加工处理。最后,还要经过功率放大以

驱动加热或制冷等执行机构,从而达到恒温控制的目的。若要进行数字化处理,例如数字显示装置的温度值或进行计算机温度显示控制,则需要通过模拟/数字转换(简称为模/数转换,即 A/D 转换)电路将加工后的模拟信号转换为数字信号,输入至计算机或数字电路中,经数字电路处理后的信号再经过数字/模拟转换(简称为数/模转换,即 D/A 转换)电路将数字信号转换为模拟信号,以便进行功率放大和驱动执行机构。

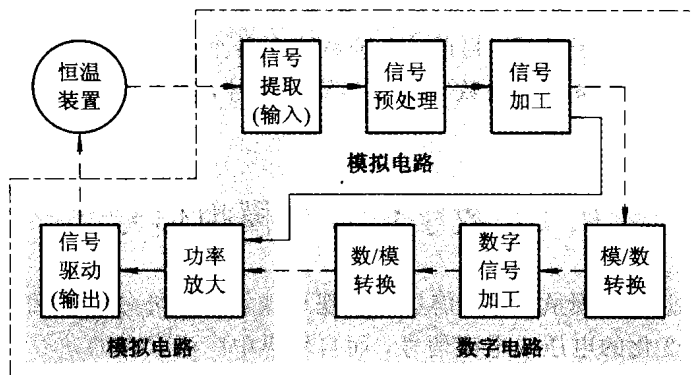


图 0.2.1 恒温装置电子系统示意图

我们把工作在模拟信号下的电子电路称为模拟电路,把工作在数字信号下的电子电路称为数字电路。在图 0.2.1 所示的恒温装置示意图中,模拟电路包括信号提取、信号预处理、信号加工、功率放大和信号驱动电路;数字电路包括模/数转换、数字信号加工、数/模转换电路。因此该电子系统是一个典型的模拟与数字电路的混合系统。

0.3 电子系统中的模拟电路与数字电路

模拟电路的应用十分广泛,从收音机、电视机、音响到精密的测量仪器、复杂的自动控制系统以及数字数据采集系统等都少不了模拟电路。

模拟电路的基本单元是放大电路,在电路中起着能量转换的作用。在电子系统中,常用的模拟电路及其功能如下:

- (1) 放大电路:用于信号的电压、电流或功率放大。
- (2) 滤波电路:用于信号的提取、变换或抗干扰。
- (3) 运算电路:用于完成信号的各种数学运算处理。
- (4) 信号转换电路:用于电流信号和电压信号、直流信号和交流信号、电压信号和频率信号等的转换。
- (5) 信号发生电路:用于正弦波、矩形波、锯齿波等信号的产生。
- (6) 直流电路:将交流市电转换成不同输出电压和电流的直流电,以此作为电子电路的供电电源。

随着计算机科学与技术的高速发展,用数字电路进行信号处理的优势也愈加突出。在目前的数字信号处理中,绝大多数的数字系统仍需以下过程:

模拟信号数据采集→A/D 转换→数字信号处理→D/A 转换→模拟驱动应用

目前,这种用数字电路处理模拟信号的“数字化”浪潮已经席卷了电子技术几乎所有的应用

领域。

根据电路逻辑功能的不同特点,数字电路可以分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。门电路是组合逻辑电路的基本单元,触发器是时序逻辑电路的基本单元。常用的组合逻辑电路有编码器、译码器、数据选择器、加法器和数值比较器;常用的时序逻辑电路有寄存器、移位寄存器、计数器等。

在后续的电子类课程中,凡涉及电子信号的产生、交换与传输等都会与本课程有相应的联系。

0.4 电子系统设计中的 EDA 技术

20 世纪 90 年代,电子和计算机技术专家致力于探索新的电子电路设计方法,并在设计方法和设计工具等方面取得了巨大成功。随着电子信息产业的飞速发展,计算机技术在电子电路设计中发挥着越来越大的作用。EDA(Electronic Design Automation, 电子设计自动化)技术是在 CAD(Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAM(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、CAT(Computer Aided Testing, 计算机辅助测试)和 CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)的基础上发展而来的计算机软件系统。它以计算机为工作平台,融合了应用电子技术、计算机技术、信息处理及智能化技术等最新成果。EDA 技术的出现,极大地提高了电路设计的效率,减轻了设计者的劳动强度,并在教学、科研、产品设计与制造等各方面都发挥了巨大的作用。随着 EDA 技术的不断发展以及 EDA 软件功能的日益强大,EDA 技术已经渗透到各行各业,包括机械、电子、通信、航空航天、化工、矿产、生物、医学、军事等各个领域。

当前,人类社会已进入到高度发达的信息化时代,其发展是以电子产品的性能不断提高和进步为基础的。电子产品在复杂度不断增大的同时,价格却逐渐呈下降趋势,并且产品更新换代的速度也越来越快。为了在电子产品的设计过程中有效地降低产品的开发周期和开发代价,利用 EDA 技术对电子电路进行辅助设计,并且对电路进行计算机仿真和数据分析已成为重要的开发方法。

电子电路设计就是根据给定的功能和特性指标要求,通过各种方式,确定采用的拓扑结构及各个元件的参数值,这是人们进行电子产品设计、开发和制造过程中十分关键的一步。EDA 技术主要包括电路设计、电路仿真和系统分析 3 方面的内容,其设计过程的大部分工作都是由计算机完成的。这种先进的方法已经成为当前学习电子技术的重要辅助手段,更代表着现代电子系统设计的时代潮流。目前,国内外常用的 EDA 软件有 Protel、PSpice、OrCAD 和 Multisim 系列仿真软件。Multisim 软件的前身是 EWB 仿真软件,EWB 是加拿大 IIT(Interactive Image Technologies)公司在 20 世纪 80 年代后期推出的用于电子电路设计与仿真的 EDA 软件,在 EWB 工作平台上可建立各种用于仿真实验的电路,其元器件库可提供万余种常用元器件由用户任意调用,具有高度集成、界面直观、操作方便等特点,同时还具有多种电路分析手段和各类虚拟测量仪表。

第 1 章 半导体二极管及其应用

1.1 半导体的基本知识

半导体器件是构成各种电子电路的基本元件,其制作的材料是经过特殊加工且性能可控的半导体材料。

1.1.1 半导体的导电特性

自然界中的物质按导电性能的不同可分为导体、绝缘体和半导体。顾名思义,半导体就是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。半导体的导电能力在不同条件下有很大差别,纯净的半导体常温下几乎不导电,当掺入某些类型的特殊杂质或受到光照和热辐射等影响时,其导电性能会发生显著的变化,这种特殊的性质决定了半导体可以用来制造各种电子器件。

1. 本征半导体导电能力受环境的影响

半导体的导电特性是由它的内部结构和导电机理决定的,常用的半导体材料硅(Si)和锗(Ge)均是四价元素,其原子结构如图 1.1.1 所示,其最外层有 4 个价电子,它们分别与周围的 4 个原子的价电子形成共价键,共价键有很强的结合力,其中的价电子为这些原子所共有,并为它们所约束,在空间形成排列有序的晶体。这种完全纯净、具有晶体结构的半导体称为本征半导体。

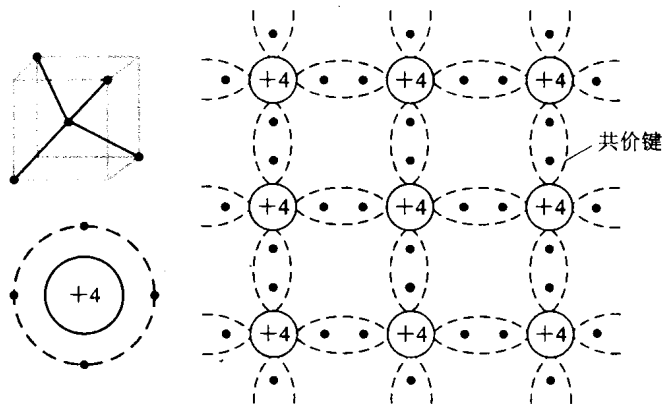


图 1.1.1 本征半导体的结构示意图

在半导体共价键结构中,价电子(原子的最外层电子)不像在绝缘体(八价元素)中那样被束缚得很紧,在获得一定能量(温度升高、受光照等)后,即可摆脱原子核的束缚(电子受到激发),成为自由电子,同时共价键中留下的空位称为空穴,这个过程称为本征激发。常