

数字电子技术

康润生 主编

**DIGITAL ELECTRONIC
TECHNOLOGY**



西安地图出版社

 面向 21 世纪高等院校课程规划教材

数字电子技术

康润生 主编

 西安地图出版社

内 容 提 要

本书主要包括半导体器件、数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、半导体存储器、可编程逻辑器件和数模—模数转换共 10 章内容。书中给出了大量的例题和习题,书后给出了附录,以便于学生自学。

本书适合普通高等学校本专科电子、电气、信息技术和计算机等专业作为《数字电子技术》课程教材使用,也适合高职高专相关专业作为教材以及工程技术人员作为技术参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/康润生主编. —西安:西安地图出版社,
2008.12

ISBN 978—7—80748—378—6

I. 数… II. 康… III. 数字电路—电子技术 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 206938 号

数字电子技术

主编 康润生

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 河南省诚和印制有限公司印刷

787 毫米×1092 毫米·1/16 开本 25 印张 630 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印数 0001~2000

ISBN 978—7—80748—378—6

定价:42.00 元

前 言

信息时代已经悄然来临,信息科学与技术的迅猛发展和广泛应用已经逐渐渗透到人们日常生活和工作的各个领域。现代生产力的发展和生活方式的变革越来越依赖于信息技术的日益进步,它将为国民经济的发展带来新的生机与活力。

电子技术是所有工科大中专院校的一门重要的专业基础课程,是所有电子、电气、信息以及计算机等专业学生所必须开设的一门课程,是研究各种电路、电子元器件及其应用的一门学科,并对今后学习单片机、传感器、控制理论等课程有着极其重要的影响。本书依据高等院校数字电子技术课程教学内容的基本要求而编写,并考虑到为适应新的信息时代的发展,适应电子技术的进步,加强了数字电子技术新理论、新技术和新器件及其应用的介绍,为了达到提高学习者的创新能力和实践能力为目的,与长期从事教学工作的老师和有丰富经验的编者合作,共同完成本书的编写工作。本书的编写原则是知识面宽、知识点新、应用性强,利于理解和自学。

本教材具有以下特点:

其一、知识新颖。加强数字电子技术新技术、新器件的有关内容,反映了电子技术的最新发展成果,使学习者能够尽快尽多的接触到新的东西;

其二、突出实用。本书接纳了许多一线教师的建议,吸收了多位编者所提供的素材,继续以加强实用为原则,增加了分析、设计及应用实例,并加强了对常用集成电路芯片的介绍;

其三、强调基础。本书强调学习者能够把握数字电子技术最基本的分析方法和设计方法,掌握基本集成电路的应用。对于数字集成电路的内部结构不作过多地分析和繁杂的数学公式推导,力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂;

其四、安排合理。本书根据不同层次、不同院校和专业教学计划的需求,增加了电子技术基础部分的内容,在内容编排上,更加顺序合理,逻辑性强,并增加和补充了大量习题,使学习这更加容易学习和掌握;

其五、拓宽知识。本书增加了大量的选学内容,提高了学习者的知识面。对加



宽加深的内容均注有*号加以注释;

其六、适应发展。为了计算机技术的应用和发展,本书特别突出了电子技术和计算机的联系,增加了电子技术在计算机系统中的应用。

其七、符号规范。本书中规范了符号的应用,所用符号均采用国标符号和国际流行符号。另外,本教材可以与模拟电子技术教材配合使用,也可单独使用。考虑到不同学校不同专业,两门课程的开设顺序不同,本教材增加了模拟电子技术和数字电子技术的共同基础—半导体器件。

本书由康润生担任主编,负责制定编写要求和详细的内容编写目录,并对全书进行统稿和定稿。赵锋、王辉任副主编,负责协助主编工作。参加本书编写的人员均为长期从事数字电子技术教学的一线教师,具有丰富的教学经验。第一章由孙建召、张富宇共同编写、第二章由吴志强编写、第三章由王泰华编写、第四章和第五章由曹晴、李辉共同编写、第六章由李聪编写、第七章由康润生编写、第八章由赵锋编写、第九章由王辉编写、第十章和附录由刘云朋、于光许共同编写。本书由焦作大学靳孝峰担任主审,负责审阅。靳孝峰老师在百忙中认真细致地审阅了全部书稿,并提出了大量的修改意见和宝贵建议,同时中原工学院武超老师也为本书做出了大量的工作,在此也对其表示感谢。本书在编写过程中得到了河南理工大学、河南农业大学、河南科技大学、中原工学院、焦作大学、河南经贸职业学院等兄弟院校的大力支持和帮助,西安地图出版社的工作人员为本书的成功出版也付出了大量艰辛的劳动,在此对他们表示由衷的感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中一定存在不少错误和不妥之处,敬请各方面的读者予以批评指正,以便以后不断改进。

编 者

2008年10月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第 1 章 半导体器件

1.1 半导体的基本知识	3
1.1.1 本征半导体	3
1.1.2 杂质半导体	4
1.1.3 PN 结的形成和特性	5
1.2 半导体二极管	9
1.2.1 半导体二极管的结构	9
1.2.2 半导体二极管的伏安特性	9
1.2.3 二极管的主要参数	10
1.2.4 二极管的应用	12
1.2.5 特殊二极管	12
1.3 双极型半导体三极管	16
1.3.1 三极管的结构	16
1.3.2 三极管的电流分配与放大作用	17
1.3.3 共射极电路的特性曲线	20
1.3.4 三极管的主要参数	22
1.4 场效应管	24
1.4.1 结型场效应管	25
1.4.2 绝缘场效应管	28
1.4.3 场效应管参数	32
1.4.4 场效应管的特点及应用	33
本章小节	34
习 题	35

第 2 章 数字逻辑基础

2.1 数字电路概述	37
2.1.1 数字信号和数字电路	37
2.1.2 数字电路的分类和特点	37



2.1.3 数字电路的研究方法	38
2.2 数的进制和二进制代码	38
2.2.1 常用的数制	38
2.2.2 不同进制数之间的相互转换	41
2.2.3 二进制代码	43
2.3 逻辑代数及其基本运算	46
2.3.1 逻辑代数中的逻辑变量和正负逻辑	46
2.3.2 逻辑代数中的三种基本运算	47
2.4 逻辑代数的定律和规则	49
2.4.1 逻辑代数的基本公式	49
2.4.2 逻辑代数的三大规则	50
2.4.3 若干常用公式	51
2.5 常用的复合逻辑运算	52
2.6 逻辑问题有多种表达方法	55
2.6.1 逻辑表达式和逻辑真值表	55
2.6.2 逻辑图	56
2.6.3 波形图和卡诺图	57
2.7 逻辑函数的代数化简法	58
2.7.1 逻辑函数化简的意义和最简的概念	58
2.7.2 代数化简逻辑函数的常用方法	59
2.7.3 逻辑函数表达式不同形式的转换	61
2.8 逻辑函数的卡诺图化简法	63
2.8.1 逻辑函数的最小项及其最小项表达式	63
2.8.2* 逻辑函数的最大项及其最大项表达式	65
2.8.3 逻辑函数的卡诺图表示方法	66
2.8.4 卡诺图化简逻辑函数的方法	68
2.8.5 逻辑函数式中的无关项	72
2.8.6 具有无关项逻辑函数的化简	73
本章小节	73
习 题	74

第3章 逻辑门电路

3.1 逻辑门电路概述	76
3.1.1 逻辑门电路的特点及其类型	76
3.1.2 半导体器件的开关特性	76
3.2 基本逻辑门电路	80
3.2.1 二极管与门和或门	80
3.2.2 三极管非门电路	82
3.3 TTL 集成逻辑门电路	83



3.3.1	TTL 与非门的工作原理	83
3.3.2	TTL 与非门的电气特性与参数	86
3.3.3	改进的 TTL 与非门	92
3.3.4	集电极开路与非门和三态与非门	94
3.3.5	TTL 数字集成电路的系列和特点	99
3.3.6	TTL 集成门电路的使用注意事项	101
3.4	其他类型的双极型数字集成电路简介	103
3.4.1	射极耦合逻辑电路(ECL)	103
3.4.2	集成注入逻辑电路(I ² L)	105
3.5	MOS 集成逻辑门电路	107
3.5.1	CMOS 非门	108
3.5.2	CMOS 传输门和双向模拟开关	110
3.5.3	CMOS 与非门和或非门	111
3.5.4	CMOS 漏极开路门和三态门	113
3.5.5	CMOS 数字集成逻辑电路的系列	114
3.5.6	CMOS 逻辑电路的特点	115
3.5.7	CMOS 逻辑门电路的使用注意事项	116
3.6	集成逻辑门接口技术	117
3.6.1	用 TTL 电路驱动 CMOS 电路	118
3.6.2	用 CMOS 电路驱动 TTL 电路	119
3.6.3	TTL(CMOS)电路驱动大电流负载	120
本章小节		121
习 题		121

第 4 章 组合逻辑电路

4.1	组合逻辑电路概述	124
4.1.1	组合逻辑电路的特点	124
4.1.2	组合逻辑电路的逻辑功能描述	124
4.1.3	组合逻辑电路的类型和研究方法	125
4.2	组合逻辑电路的分析方法和设计方法	125
4.2.1	组合逻辑电路的分析方法	125
4.2.2	组合逻辑电路的设计方法	126
4.3	组合电路的竞争冒险现象	130
4.3.1	竞争冒险的产生原因	130
4.3.2	竞争冒险的判断和识别	130
4.3.3	竞争冒险的消除	131
4.4	加法器和比较器	132
4.4.1	加法器	132
4.4.2	数值比较器	137



4.5 数据选择器和数据分配器	141
4.5.1 数据选择器	141
4.5.2 数据分配器	144
4.6 编码器和译码器	145
4.6.1 编码器	145
4.6.2 译码器	152
4.6.3 集成中规模译码器的应用	160
本章小节	162
习 题	163

第5章 触发器

5.1 触发器概述	165
5.1.1 触发器的特点	165
5.1.2 触发器的分类	165
5.2 基本 RS 触发器	166
5.2.1 基本 RS 触发器的电路结构和工作原理	166
5.2.2 基本 RS 触发器的功能描述方法	167
5.2.3 基本 RS 触发器的工作特点	168
5.3 同步时钟触发器	169
5.3.1 同步 RS 触发器	169
5.3.2 同步 D 触发器	170
5.3.3 同步 JK 触发器	171
5.3.4 同步 T 触发器和 T' 触发器	172
5.3.5 同步触发器的工作特点	172
5.4 主从时钟触发器	173
5.4.1 主从 RS 触发器	173
5.4.2 主从 JK 触发器	175
5.4.3 主从触发器的工作特点	175
5.5 边沿触发器	176
5.5.1 维持—阻塞式 D 触发器	176
5.5.2 利用门延迟时间的边沿触发器	178
5.5.3 CMOS 传输门型边沿触发器	179
5.5.4 集成边沿触发器介绍	181
5.5.5 边沿触发器时序图的画法	182
5.6 集成触发器使用中应注意的几个问题	183
5.6.1* 集成触发器的脉冲工作特性	183
5.6.2 集成触发器的参数	186
5.6.3 电路结构和逻辑功能的关系	187
5.6.4 触发器的选择和使用	187

5.6.5 不同类型时钟触发器之间的转换	188
本章小节	189
习 题	190

第 6 章 时序逻辑电路

6.1 时序逻辑电路概述	192
6.1.1 时序逻辑电路的概念和特点	192
6.1.2 时序逻辑电路的分类	193
6.1.3 时序电路的功能描述	193
6.2 时序电路的分析方法	194
6.2.1 分析时序电路的一般步骤	194
6.2.2 时序电路分析举例	195
6.3 计 数 器	200
6.3.1 二进制计数器	200
6.3.2 十进制计数器	205
6.3.3 集成计数器	210
6.3.4 任意进制计数器的构成	215
6.3.5 计数器的应用	222
6.4 寄 存 器	225
6.4.1 状态寄存器	225
6.4.2 移位寄存器	227
6.4.3 移位寄存器在数据传送系统中的应用	230
6.4.4 移位寄存器构成移存型计数器	231
6.5 顺序脉冲发生器和序列信号发生器	235
6.5.1 顺序脉冲发生器	235
6.5.2 序列信号发生器	238
6.6 时序逻辑电路的设计	239
6.6.1 同步时序逻辑电路设计的一般步骤	240
6.6.2 同步时序逻辑电路设计举例	241
6.7* 时序逻辑电路中的竞争冒险	246
本章小节	247
习 题	248

第 7 章 脉冲信号的产生与整形

7.1 概 述	251
7.1.1 脉冲信号的特点及主要参数	251
7.1.2 脉冲产生与整形电路的特点	251
7.2 施密特触发器	252
7.2.1 门电路构成的施密特触发器	252



7.2.2 集成施密特触发器	254
7.2.3 施密特触发器的应用	254
7.3 单稳态触发器	256
7.3.1 门电路构成的单稳态触发器	256
7.3.2 集成单稳态触发器	259
7.3.3 单稳态触发器的应用	262
7.4 多谐振荡器	263
7.4.1 门电路构成的多谐振荡器	263
7.4.2 石英晶体多谐振荡器	265
7.4.3 施密特触发器构成的多谐振荡器	266
7.5 555 定时器及其应用	267
7.5.1 CC7555 的电路结构和工作原理	267
7.5.2 555 定时器构成的施密特触发器	269
7.5.3 555 定时器构成的单稳态触发器	269
7.5.4 555 定时器构成的多谐振荡器	271
7.5.5 555 定时器综合应用实例	273
本章小节	276
习 题	276

第 8 章 半导体存储器

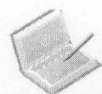
8.1 半导体存储器概述	278
8.2 只读存储器	278
8.2.1 掩模 ROM	279
8.2.2 可编程只读存储器(PROM)	281
8.2.3 可擦除可编程只读存储器	282
8.2.4 只读存储器芯片简介	286
8.3 随机存储器	286
8.3.1 RAM 的基本电路结构	287
8.3.2 RAM 的存储单元	288
8.3.3 RAM 芯片简介	291
8.4 存储器容量的扩展	292
8.4.1 位数的扩展	292
8.4.2 字数的扩展	293
8.4.3 RAM 的字位同时扩展	293
8.5 存储器的应用	294
8.5.1 存储器实现组合逻辑函数	294
8.5.2* 存储数据、程序	297
本章小节	297
习 题	297

第 9 章 可编程逻辑器件

9.1 概 述	299
9.2 可编程逻辑器件的基本结构和表示方法	300
9.2.1 PLD 的基本结构	301
9.2.2 PLD 器件的表示方法	301
9.3* 现场可编程逻辑阵列(FPLA 或 PLA)	302
9.3.1 PROM 阵列结构	302
9.3.2 FPLA(Programmable Logic Array)结构	303
9.3.3 FPLA 器件的应用	304
9.4 可编程阵列逻辑 PAL	305
9.4.1 PAL 的基本电路结构	305
9.4.2 PAL 的输出电路结构和反馈形式	306
9.4.3* PAL 器件的应用	308
9.4.4 PAL 的特点	312
9.5 通用阵列逻辑 GAL	312
9.5.1 常用 GAL 芯片的结构	312
9.5.2 GAL 的输出逻辑宏单元(OLMC)	315
9.5.3 GAL 器件的特点	320
9.6* 高密度 PLD	320
9.6.1 可擦除的可编程逻辑器件(EPLD)	321
9.6.2 复杂的可编程逻辑器件(CPLD)	323
9.6.3 现场可编程门阵列(FPGA)	327
9.7* 可编程逻辑器件的开发	331
9.7.1 系统可编程技术	331
9.7.2 可编程逻辑器件的设计过程	331
9.7.3 边界扫描测试技术	334
本章小结	334
习 题	335

第 10 章 D/A 转换和 A/D 转换

10.1 概 述	337
10.2 D/A 转换器(DAC)	338
10.2.1 D/A 转换器的基本工作原理	338
10.2.2 D/A 转换器的主要电路形式	338
10.2.3 D/A 转换器的主要技术指标	342
10.2.4 常用集成 DAC 简介	342
10.3 A/D 转换器(ADC)	345
10.3.1 A/D 转换器的基本工作过程	345



10.3.2 A/D 转换器的主要电路形式	347
10.3.3 A/D 转换器的主要技术指标	356
10.3.4 集成 A/D 转换电路	357
本章小节	361
习 题	362

附录 A 数字系统的设计

A.1 数字系统的组成	363
A.2 数字电路系统的方框图描述法	364
A.3 多路可编程控制器设计与制作	364
A.3.1 多路可编程控制器的电路设计	364
A.3.2 电路制作与测试	368
A.4 数字频率计的设计与制作	369
A.4.1 数字频率计电路设计	369
A.4.2 频率计的制作与调试	373
A.5 数字电路系统设计与制作的一般方法	374
A.5.1 数字电路系统设计的一般方法	374
A.5.2 数字电路系统的安装与调试	376

附录 B 数字系统一般故障的检查和排除

B.1 常见故障	378
B.2 产生故障的主要原因	379
B.3 查找故障的常用方法	380
B.4 故障的排除	381

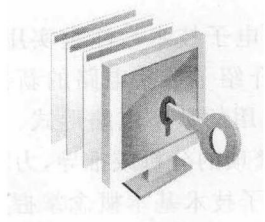
附录 C 国产半导体集成电路型号命名法(GB 3430—82)

C.1 型号的组成	382
C.2 实际器件举例	382

附录 D 本书常用文字符号

参考文献	386
------------	-----

注释:加*章节为学生选学内容



绪 论

一、电子技术的发展

随着信息时代的到来,电子技术正在以前所未有的速度发展,电子技术做为—门研究电子器件及其应用的科学技术也越来越得到人们的重视,并且日益广泛地渗透到科学技术、工业生产及人们的日常生活等各个领域。电子技术的广泛应用极大地促进了生产力的发展,给人们的生活带来了日新月异的变化。

自从 20 世纪初第一只实用的电子器件—真空二极管问世以来,晶体管和集成电路等新型电子器件不断涌现,特别是近年来电子电路的集成度越来越高,系统的规模也越来越大,特别是计算机的发展和信息技术的不断推广,进一步的推动的电子技术的发展,工艺的不断完善。

随着集成规模越来越大,现在已能将上千万个甚至上亿个晶体管和元件集成于同一硅片上,这就是大规模和超大规模集成电路。电子技术的发展和进步是与新型电子器件的发明紧密联系在一起,得到集成度更高、工作速度更快的电子器件。在大规模集成电路迅速发展的同时,大功率电子器件的研制也取得了突破性的进展。

二、电子技术课程的特点

“电子技术”是所有工科类院校电气信息类专业所必修的一门专业基础课程,是电子技术方面入门性质的技术基础课程,它具有自身的理论体系和很强的实践性。电子技术基础课程的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力,为今后从事电子技术的研究、开发工作奠定基础。同时,也为一些后续课程的学习提供必要的基础知识。

正式为了适应新的信息时代的要求,为了适应电子技术迅速发展,为达到培养和提高学生创新和实践能力,我们结合多年的教学经验编写了这本书。

电子技术包括数字电子技术和模拟电子技术两个组成部分。其中模拟电子技术所处理的信号是时间连续变化、数值也连续变化的模拟信号,其主要用于微弱信号的放大,信号的自动产生和波形变换等。而数字电子技术处理的信号都是数字量,在采用二进制的数字电路中,信号只有“0”和“1”这两种状态。数字电路不仅能完成数值运算,还能进行逻辑运算,所以我们也把数字电路称为逻辑电路或数字逻辑电路。正是因为数字电子技术和模拟电子技术对电路中工作信号所要求的性质存在以上的差异,所以数字电路和模拟电路的工作状态、分析方法、设计方法和实验方法均有着明显的差别。

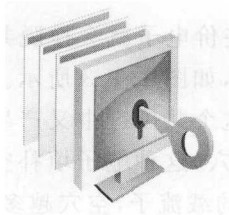


三、数字电子技术课程的特点和学习方法

我们结合多年的教学经验编写了这本《数字电子技术》，注重实用性，体现新颖性，紧跟时代性，反映了数字电子技术新的发展，本书重点介绍了数字电路的新技术和新器件，着重介绍了数字电子技术分析和设计的方法，并列举了常用的数字电路形式。对于书中的集成电路的内部结构和诸多数字电子技术公式没有做过多繁琐的分析或推导，力求简明扼要，通俗易懂。

在学习的过程中，要把重点放在对于数字电子技术基本概念掌握、基本分析方法和设计方法的运用上面。在学习各种集成电路的内容时，应把握从简致繁，循序渐进的学习进程，不要在内部电路的具体结构、工作过程和计算上做太多工作，应把器件的外部特性和正确的使用方法作为学习的重点。在分析具体电路时，要根据实际情况，紧抓主要因素，忽略次要因素，使分析简化。

电子技术基础对于实践有较强的要求，许多电子电路都是非常实用电路，它渗透到人们的日常生活和工作。这样就要求我们在学习电子技术的时候，不仅需要掌握它的基本理论知识和分析方法，还需要学会如何运用学到的电子技术的知识用来进行电子电路的组装、测试和调试，学会动手，学会如何用学到的知识来解决我们实际遇到问题和培养自己的创造能力。因此电子技术的学习当中实践环节是非常重要的环节。



第1章 半导体器件

半导体器件是以半导体(硅、锗)等为主要材料制作而成的电子控制器件。它种类很多,二极管、三极管、场效应管以及集成电路都是重要的半导体器件。半导体器件具有体积小、重量轻、使用寿命长、输入功率小和功率转化效率高以及可靠性强等优点,因而得到极为广泛的应用。本章首先介绍半导体的基本知识,然后介绍半导体二极管、三极管、场效应管的结构、工作原理、特性曲线和主要参数,为后续各章的探讨准备必要的基础知识。



1.1 半导体的基本知识

根据导电性能的不同,物质可分为导体、绝缘体和半导体三大类。凡容易导电的物质(如金、银、铜、铝、铁等金属物质)称为导体;不容易导电的物质(如玻璃、橡胶、塑料、陶瓷等)称为绝缘体;导电能力介于导体和绝缘体之间的物质(如硅、锗、硒、砷化镓等)称为半导体。半导体之所以得到广泛的应用,是因为它具有热敏性、光敏性、掺杂性等特殊性能。

1.1.1 本征半导体

本征半导体是一种纯净的半导体晶体。常用的半导体材料是单晶硅(Si)和单晶锗(Ge)。半导体硅和锗原子结构中最外层轨道上有四个价电子,它们都是4价元素,其原子结构如图1.1.1(a),(b)所示,简化原子结构模型如图1.1.1(c)所示。

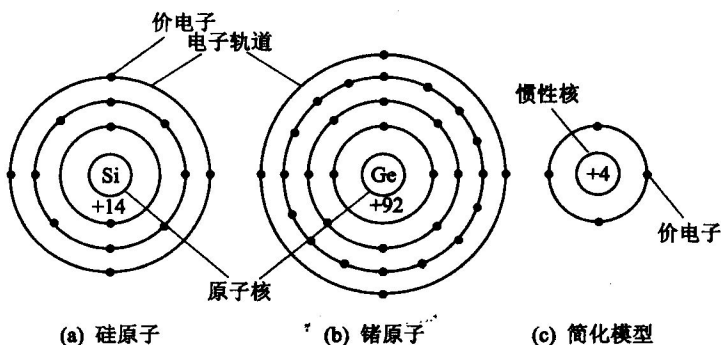


图 1.1.1 半导体的原子结构示意图

本征半导体晶体结构示意图如图1.1.2所示。由图1.1.2可见,各原子间整齐而有规则地排列着,每个原子的4个价电子不仅受所属原子核的吸引,而且还受相邻4个原子核的吸引,每一个价电子都为相邻原子核所共用,形成了稳定的共价键结构。每个原子核最外层等效



有 8 个价电子,由于价电子不易挣脱原子核束缚而成为自由电子,因此,本征半导体导电能力较差。

但是,如果能从外界获得一定的能量(如光照、温升等),有些价电子就会挣脱共价键的束缚而成为自由电子,在共价键中留下一个带电空位,称为“空穴”,如图 1.1.3 所示。空穴的出现使相邻原子的价电子离开它所在的共价键来填补这个空穴,这个共价键中又产生了一个新的空穴,同时,这个空穴也会被相邻的价电子填补而产生新的空穴,这种电子填补空穴的运动相当于带正电荷的空穴在运动。因此把空穴看成一种带正电荷的载流子,空穴越多,半导体的载流子数目就越多,形成的电流就越大。

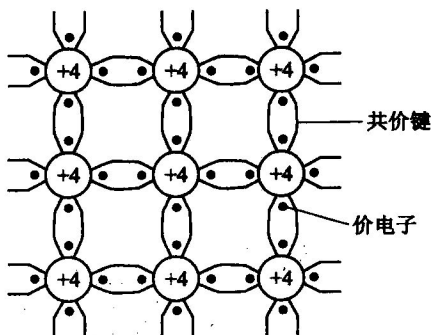


图 1.1.2 单晶硅的共价键结构图

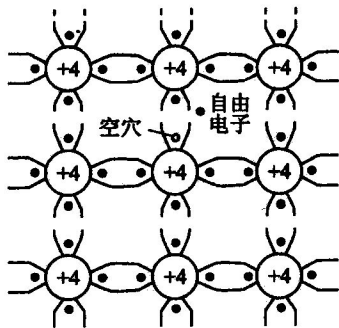


图 1.1.3 本征硅的自由电子和空穴

在本征半导体中,自由电子和空穴数目总是相等的,空穴与电子是成对出现的,称为电子-空穴对。本征半导体在温度升高时产生电子-空穴对的现象称为本征激发。温度越高,产生的电子-空穴对数目就越多,这就是半导体的热敏性。本征半导体中空穴和自由电子浓度相等,即 $n_i = p_i$ (下标 i 表示为本征半导体)。理论分析表明,本征载流子的浓度与温度、材料、结构等有关,温度升高时,电子、空穴对的浓度加大,本征半导体导电性能明显提高。

在半导体中存在着自由电子和空穴两种载流子,而导体中只有自由电子这一种载流子,这是半导体与导体的不同之处。

1.1.2 杂质半导体

在本征半导体中掺入微量特定的杂质元素,就会使半导体的导电性能发生显著改变。根据掺入杂质元素的性质不同,杂质半导体可分为 P 型半导体和 N 型半导体两大类。

1. P 型半导体

P 型半导体是在本征半导体硅(或锗)中掺入微量的 3 价元素(如硼、铟等)而形成的。因杂质原子只有 3 个价电子,它与周围硅原子组成共价键时,缺少 1 个电子,因此在晶体中便产生一个空位,当相邻共价键上的电子受热激发获得能量时,就有可能填补这个空位,使硼原子成为不能移动的负离子,而原来硅原子的共价键因缺少了一个电子,便形成了空穴,使得整个半导体仍呈电中性,如图 1.1.4 所示。在 P 型半导体中,原来的晶体仍会产生电子-空穴对,由于杂质的掺入,使得空穴数目远大于自由电子数目,成为多数载流子(简称多子),而自由电子则为少数载流子(简称少子)。因而 P 型半导体以空穴导电为主。由于 3 价杂质原子可接受