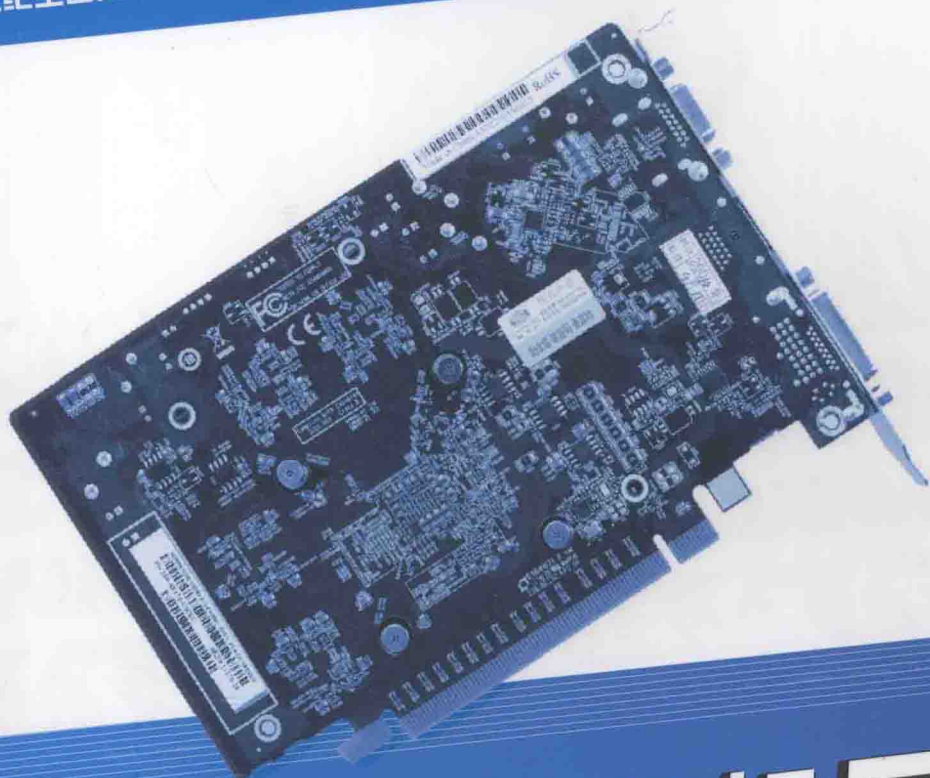


21世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材



数字逻辑与微机原理

宋振辉 赵英杰 主编



- 理论与实践紧密结合，通俗易懂
- 15大课题培养学生分析问题和解决问题的能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材

数字逻辑与微机原理

主 编 宋振辉 赵英杰
副主编 王洪亮 吴守霞
主 审 王计波



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书对数字逻辑电路技术、微机原理与接口技术两方面知识内容进行了整合,力求满足非计算机专业学生对计算机原理与接口知识的学习。在内容组织上以培养学生应用能力为主线,力求理论与实际相结合,并注意反映微型计算机技术的最新发展。

本书将整合后的计算机原理知识划分为三大模块,每一个模块都分解为若干项任务,每项任务完成都有相应的理论知识提供解决方法,通过实例或实训题目完成一个计算机应用系统的设计与实现。学生在学习一项任务之后,可以动手制作这个计算机应用系统,从而加深学生对计算机原理的理解,提高学习兴趣,达到较好的学习效果。

本书可作为高职高专及成人高校的电气自动化、计算机应用、计算机网络、电子技术、机电等相关专业的教材,也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑与微机原理/宋振辉,赵英杰主编. —北京:北京大学出版社,2012.1

(21世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-20009-4

I. ①数… II. ①宋…②赵… III. ①数字逻辑—高等职业教育—教材②微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP302.2②TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 277724 号

书 名: 数字逻辑与微机原理

著作责任者: 宋振辉 赵英杰 主编

策划编辑: 王显超

责任编辑: 魏红梅

标准书号: ISBN 978-7-301-20009-4/TN·0080

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市北燕印装有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26 印张 610 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

数字逻辑与微机原理是电子信息、网络、计算机应用等专业学生的一门重要的专业基础课。本书作为高职高专层次学生的教材，在内容的组织上，根据电子信息技术、计算机网络技术、计算机应用等专业学生对数字逻辑电路、微型计算机原理课程的理论学习以够用为度，注重基本知识、基本理论的掌握，注重实践操作、提高学生动手能力，加强理论联系实际的技能训练，在理论知识的深度、难度上不宜过多的指导思想，我们对这两门课程进行了整合。整合后的《数字逻辑与微机原理》可以作为非计算机专业学生专业基础课的教材。

我们结合自身教学实践，将数字电路课程的教学内容进行了筛选，力争在学习微机原理课程时够用。本书注重微机原理的教学，并增编了实训案例，做到既有理论又有实践，通俗易懂，便于教师的教学和学生的学习，有助于促进教学质量的提高。

本书内容分为三大模块，“模块1 数字电子技术”部分包括门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路等课题；“模块2 微型计算机原理”部分包括8086/8088微型计算机系统结构、汇编语言、半导体存储器、中断、I/O接口技术、串行通信接口、总线、数模、模数转换器的接口设计等课题；“模块3 实验及实训操作”部分包括微型计算机教学实验系统、软件实验、硬件实验课题。每个课题又分为若干项任务，每项任务都设计成一个微型计算机应用系统中的一个子系统，按照微型计算机应用系统真实的设计过程，详细讲解每一项任务的任务分析、元器件选择、硬件电路设计、程序编制、程序调试到运行的全过程。学生在学习一项任务之后，再到实验室动手制作完成这项任务子系统，以加深学生对微型计算机原理的理解，掌握接口设计技术，提高学习兴趣，达到良好的学习效果。

本书由宋振辉和赵英杰任主编，王洪亮和吴守霞任副主编，李树伟、智立甫、吴昊、冯秀彦参加编写。本书的具体编写分工为：宋振辉编写了课题9、课题10、课题14、课题15并对全书进行统稿；赵英杰编写了课题4、课题5、课题6；王洪亮编写了课题1、课题2；吴守霞编写课题7、课题8；李树伟编写课题12；智立甫编写课题3；吴昊编写课题11；冯秀彦编写课题13；王计波教授对全书进行了审阅。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年10月

目 录

模块 1 数字电子技术

课题1 门电路及组合逻辑电路	3
1.1 半导体器件的开关特性	3
1.1.1 二极管开关特性	3
1.1.2 三极管开关特性	5
1.1.3 场效应管开关特性	7
1.2 分立元件门电路	8
1.2.1 二极管门电路	8
1.2.2 三极管门电路	9
1.3 CMOS集成门电路	11
1.3.1 CMOS反相器	11
1.3.2 常用CMOS逻辑门	12
1.3.3 CMOS传输门	13
1.3.4 CMOS电路的正确使用	14
1.4 TTL集成逻辑门	14
1.4.1 TTL与非门工作原理	15
1.4.2 其他类型的TTL门电路	16
1.4.3 双极型集成逻辑门电路的 正确使用	17
1.5 组合逻辑电路	18
1.5.1 编码器	18
1.5.2 译码器	21
1.5.3 数据选择器	25
思考与练习	26
课题2 触发器及时序逻辑电路	29
2.1 RS触发器及时钟触发器	29
2.1.1 基本RS触发器	30
2.1.2 几种时钟触发器	32
2.2 寄存器及计数器	38
2.2.1 寄存器	38

2.2.2 计数器	39
思考与练习	43

模块 2 微型计算机原理

课题3 微型计算机基础知识	47
3.1 微型计算机的发展概述	47
3.1.1 计算机的发展	47
3.1.2 微型计算机的发展	48
3.1.3 微型计算机的分类	49
3.1.4 微型计算机的应用	50
3.1.5 微型计算机系统	51
3.2 微型计算机数制及其转换	53
3.2.1 微型计算机常用数制的 特点	54
3.2.2 微型计算机常用数制间的 转换	55
3.3 微型计算机中数的表示方法	57
3.3.1 机器数与真值	57
3.3.2 原码、反码和补码	58
3.3.3 微型计算机的进制编码	59
思考与练习	61
课题4 8086/8088微型计算机系统 结构	62
4.1 微型计算机的组成原理	62
4.1.1 计算机的基本结构	63
4.1.2 微型计算机的基本工作 原理	66
4.2 8086的编程结构	66
4.2.1 8086CPU概述	66
4.2.2 8086寄存器结构	69
4.2.3 标志寄存器	71

4.3 存储器的使用	72	6.3.2 符号定义伪指令	125
4.3.1 存储器的逻辑结构	72	6.3.3 段定义伪指令	125
4.3.2 存储器的分段	73	6.3.4 模块定义与通信伪指令	127
4.3.3 段寄存器的使用	74	6.3.5 过程定义伪指令	128
4.4 堆栈	75	6.4 汇编语言程序的结构	129
4.4.1 堆栈的概念	75	6.5 程序设计	130
4.4.2 堆栈的设置	76	6.5.1 顺序程序设计	131
4.4.3 堆栈操作指令	77	6.5.2 分支程序设计	132
思考与练习	77	6.5.3 循环程序设计	133
课题5 指令系统	79	6.5.4 子程序设计	134
5.1 寻址方式	79	思考与练习	135
5.1.1 操作数类型	80	课题7 8086 微处理器外部结构	138
5.1.2 寻址方式	80	7.1 8086 引脚功能	138
5.1.3 80x86 与 Pentium 的寻址 方式	80	7.1.1 8086 特点及工作模式	138
5.2 指令系统	84	7.1.2 8086 基本引脚	139
5.2.1 数据传送指令	85	7.1.3 最小模式下的引脚	141
5.2.2 算数运算指令	89	7.1.4 最大模式下的引脚	142
5.2.3 逻辑运算指令	95	7.1.5 8088 与 8086 引脚的差别	143
5.2.4 移位指令	96	7.2 8086 总线工作时序	144
5.2.5 转移指令	98	7.2.1 8086 总线时序基本概念	145
5.2.6 字符串操作指令	104	7.2.2 8086 最小模式工作时序	146
5.2.7 处理器控制指令	107	7.3 8086 子系统组成	148
5.2.8 输入/输出指令	108	7.3.1 锁存与收发	148
5.2.9 中断指令	108	7.3.2 最小模式下 8086 子系统 组成	150
思考与练习	109	7.3.3 最大模式下 8086 子系统 组成	150
课题6 汇编语言程序设计	112	思考与练习	151
6.1 概述	112	课题8 半导体存储器	152
6.1.1 机器语言与汇编语言	112	8.1 概述	152
6.1.2 汇编与连接	113	8.1.1 存储器系统	152
6.2 汇编语言语句	113	8.1.2 半导体存储器的分类	155
6.2.1 汇编语言语句的种类	114	8.1.3 半导体存储器的性能 指标	157
6.2.2 汇编语言语句的格式	114	8.2 各种存储器	158
6.2.3 指令语句的操作数组成	117	8.2.1 只读存储器 (ROM)	158
6.2.4 指令语句中的运算符和 操作符	119	8.2.2 随机存储器 (RAM)	160
6.3 伪指令系统	122	8.3 存储器扩展	163
6.3.1 数据定义伪指令	122		



8.3.1 存储器芯片与 CPU 的连接	163	思考与练习	211
8.3.2 存储器的扩展	165	课题10 微型计算机的 I/O 接口技术	213
8.4 高速缓存与虚拟存储器	168	10.1 有关接口的基本概念	213
8.4.1 高速缓存工作原理	169	10.1.1 I/O 接口概述	213
8.4.2 虚拟存储器概论	170	10.1.2 I/O 接口分类	214
8.5 多级存储器体系结构	171	10.1.3 多功能接口芯片 82380	215
8.5.1 二级存储体系	172	10.2 I/O 端口	215
8.5.2 三级存储体系	173	10.2.1 I/O 端口及其编址	215
8.5.3 多级存储体系	173	10.2.2 I/O 地址空间及其分配	217
思考与练习	174	10.2.3 I/O 端口地址译码技术	218
课题9 中断	176	10.3 I/O 传送控制方式	221
9.1 中断概述	176	10.3.1 无条件传送方式	222
9.1.1 中断的概念	176	10.3.2 程序查询传送方式	223
9.1.2 中断源	177	10.3.3 中断传送方式	225
9.1.3 中断类型	177	10.3.4 DMA 传送方式	226
9.1.4 中断类型号	179	10.4 并行传送接口	226
9.1.5 中断矢量表	181	10.4.1 8255A 的组成和工作原理	227
9.2 中断管理	182	10.4.2 8255A 芯片引脚	229
9.2.1 中断优先	182	10.4.3 8255A 控制字及其初始化	230
9.2.2 中断请求	184	10.4.4 8255A 的工作方式	232
9.2.3 中断响应	185	10.4.5 8255A 并行接口应用举例	238
9.2.4 中断处理	186	10.5 可编程计数器/定时器	241
9.2.5 中断返回	186	10.5.1 8254 可编程计数器/定时器的功能与内部结构	241
9.3 可编程中断控制器 8259A	188	10.5.2 8254 的控制字	244
9.3.1 8259A 的组成和工作原理	188	10.5.3 计数初值	247
9.3.2 8259A 编程结构	192	10.5.4 8254 的工作方式	248
9.3.3 8259A 中断全过程	193	10.5.5 计数器/定时器的应用	253
9.3.4 8259A 中断响应时序	193	10.6 DMA 控制器	255
9.3.5 8259A 的工作方式	194	10.6.1 8237A 的组成原理	256
9.3.6 8259A 的命令字	196	10.6.2 8237A 的控制字和状态字	259
9.3.7 8259A 的编程及其在微型计算机中的应用	204	10.6.3 8237A 软命令	264
9.4 微型计算机的中断接口技术	205	10.6.4 DMA 传输	265
9.4.1 DOS 下中断服务程序的编写	206	思考与练习	270
9.4.2 硬件中断服务程序的编写	208		

课题11 串行通信接口及应用	273	12.3.2 采样/保持电路	319
11.1 串行通信基础	273	12.3.3 模/数转换电路地线 连接	320
11.1.1 串行通信数据传送 方式	274	思考与练习	320
11.1.2 串行通信的类型和数据位 的检测方式	275	课题13 总线	322
11.2 串行通信的接口标准	278	13.1 总线的分类与作用	322
11.2.1 RS-232C的机械特性 ..	278	13.1.1 总线概述	322
11.2.2 RS-232C的电气特性 ..	279	13.1.2 总线的分类	324
11.2.3 接口信号功能	281	13.2 总线标准	324
11.3 可编程串行通信接口芯片8250 ..	285	13.2.1 总线标准的组成与分类 ..	325
11.3.1 概述	285	13.2.2 PC总线	326
11.3.2 8250的寄存器	288	13.2.3 ISA总线与EISA总线 ..	328
11.3.3 8250的编程及应用	293	13.2.4 PCI总线	329
思考与练习	298	13.2.5 局部总线	332
课题12 数模、模数转换器的接口 设计	300	13.2.6 USB总线	332
12.1 D/A转换器接口	301	思考与练习	336
12.1.1 D/A转换器的工作 原理	301	模块3 实验及实训操作	
12.1.2 D/A转换器的性能 指标	303	课题14 Dais系列教学实验系统	339
12.1.3 D/A转换芯片	304	14.1 Dais实验系统概述	339
12.2 A/D转换器接口	309	14.1.1 系统的组成	339
12.2.1 A/D转换器的工作 原理	310	14.1.2 系统的功能与特点	340
12.2.2 A/D转换器的性能 指标	312	14.1.3 系统的资源分配	341
12.2.3 A/D转换芯片	313	14.1.4 硬件安装	341
12.2.4 A/D转换器接口	315	14.2 键盘监控使用简介	342
12.3 多路模拟开关及采样保持电路 ..	316	14.2.1 键盘显示	342
12.3.1 多路模拟开关	317	14.2.2 初始化状态	342
		14.2.3 监控程序命令及操作 ..	342
		课题15 8088/8086系列微机实验 指导	344
		15.1 软件实验	344
		15.2 硬件实验	359
		参考文献	404





模

块

1

数字电子技术

课题1

门电路及组合逻辑电路

电子计算机、数字式仪表与通信和数字控制装置等都是以数字电路为基础，利用数字电路的逻辑控制关系解决与逻辑控制有关的各种门电路，此外，还有常用的组合逻辑电路：编码器、译码器等。从本模块开始，我们学习有关门电路和组合逻辑电路的相关知识。

1.1 半导体器件的开关特性

学习目标	(1) 了解半导体的概念 (2) 了解二极管、三极管和场效应管的开关特性 (3) 掌握二极管、三极管和场效应管导通和截止的条件
------	---

引言

导电性能介于导体和绝缘体之间的物质称为半导体。二极管、三极管和场效应管都属于半导体器件，所不同的只是物质结构和参与导电的载流子有所区别。数字电路中的半导体器件多数工作在开关状态，所以我们就学习半导体器件的开关特性。

用来接通或断开电路的开关器件应具有两种状态：一种是闭合；另一种是断开。一个理想的开关闭合时，要求其阻抗很小，相当于短路，即不论流过开关的电流多大，它两端电压为0；开关断开时，要求其阻抗很大，相当于开路，即不论开关两端的电压多大，流过它的电流为0；而且开关状态的转换可以在瞬间完成。实际上，现实生活中并不存在这样理想的开关。如果实际开关元件特性与理想开关越接近，说明其开关特性越好。二极管、三极管和场效应管通常作为数字电路的开关使用，因此数字电路又称为开关电路。所以，在学习数字电路前，必须熟悉这些器件的开关特性。

1.1.1 二极管开关特性

1. 静态特性

二极管的静态特性是指二极管在导通和截止两种稳定状态下的特性。典型二极管的静

态特性曲线（又称伏安特性曲线）如图 1.1 所示。

从伏安特性曲线可知，二极管的电压与电流关系是非线性的。其正、反向特性如下。

1) 正向特性

门槛电压 (U_{TH})：使二极管开始导通的正向电压，有时又称为导通电压（一般锗管约 0.1V，硅管约 0.5V）。

正向电压 $U_F < U_{TH}$ 时，管子处于截止状态，电阻很大，正向电流 I_F 接近于 0，二极管类似于开关的断开状态。

正向电压 $U_F = U_{TH}$ 时，管子开始导通，正向电流 I_F 开始上升；当正向电压 $U_F > U_{TH}$ 达到一定值（一般锗管为 0.3V，硅管为 0.7V）时，管子处于充分导通状态，电阻变得很小，正向电流 I_F 急剧增加，此时二极管类似于开关的接通状态。

2) 反向特性

二极管的反向特性表现为在反向电压 U_R 作用下，二极管处于截止状态，此时反向电阻很大，反向电流 I_R 很小，将其称为反向饱和电流，用 I_S 表示，通常可忽略不计，此时二极管的状态类似于开关断开，而且反向电压的变化基本不引起反向电流的变化。当反向电压超过极限值 U_{BR} 时，二极管被击穿。

【特别提示】

使用注意事项：由于正向导通时可能因流过的电流过大而导致二极管烧坏，所以，组成实际电路时通常要串接一只电阻 R ，以限制二极管的正向电流；由于反向电压超过某个极限值将使反向电流 I_R 突然猛增，致使二极管被击穿（通常将该反向电压极限值称为反向击穿电压 U_{BR} ），一般不允许反向电压超过此值。二极管的实物图及符号如图 1.2 所示。

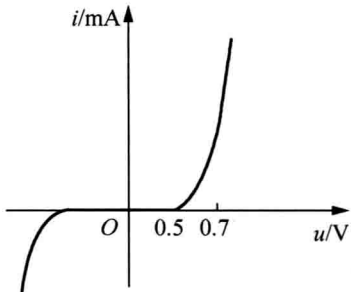
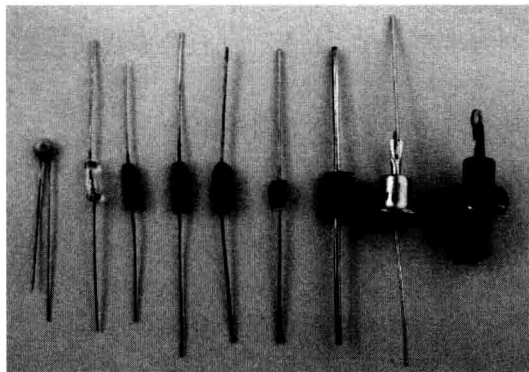
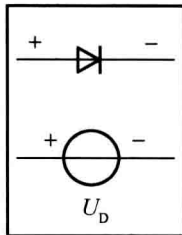


图 1.1 伏安特性曲线



(a) 二极管的实物图



(b) 二极管的符号

图 1.2 二极管的实物图及符号



2. 动态特性

二极管的动态特性是指二极管在导通与截止两种状态转换过程中的特性，它表现在完成两种状态之间的转换需要一定的时间。

1) 反向恢复时间

二极管从正向导通到反向截止所需要的时间称为反向恢复时间。当作用在二极管两端的电压由正向导通电压 U_F 转为反向截止电压 U_R 时，在理想情况下，二极管应该立即由导通转为截止，电路中只存在极小的反向电流。但实际过程如图 1.3 所示。

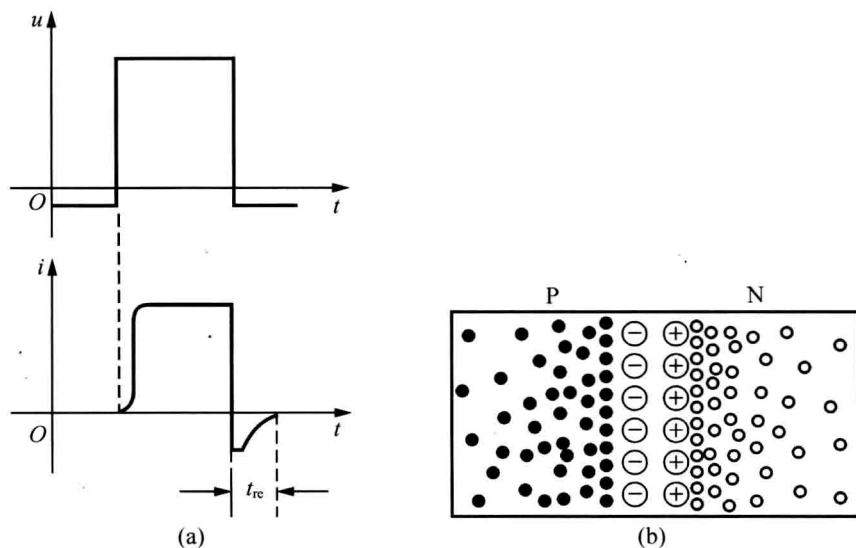


图 1.3 二极管的动态特性

在动态情况下，二极管两端电压突然反向时，电流的建立和衰减总是滞后于电压的变化。这是因为当外加电压由反向突然变为正向时，PN 结内部有一个因电荷积累形成一定浓度梯度，从而引起扩散电流的过程，因而电流对电压而言稍有滞后。在外加反向电压作用下，PN 结两侧堆积的存储电荷会形成较大的瞬态反向电流。随着存储电荷的消散，反向电流会迅速衰减并趋于零。反向电流的大小和维持时间的长短，与正向导通时电流大小、反向电压和外电路电阻值及二极管本身特性有关。反向电流从峰值衰减到它的 0.1 倍所需要的时间定义为反向恢复时间 t_{re} 。

2) 开通时间

二极管从反向截止到正向导通的时间称为开通时间。

由于 PN 结在正向电压作用下空间电荷区迅速变窄，正向电阻很小，因而它在导通过程中及导通以后，正向压降都很小，故电路中的正向电流 $I_F \approx U_F/R$ 。而且加入输入电压 U_F 后，回路电流几乎是立即达到 I_F 的最大值。这就是说，二极管的开通时间很短，对开关速度影响很小。相对反向恢复时间而言可以忽略不计。影响二极管开关速度的主要因素是反向恢复时间。

1.1.2 三极管开关特性

在数字电路中经常会用到三极管作为开关电路。三极管种类有硅管和锗管，从结构上

看，又分为 PNP 型和 NPN 型两种，如图 1.4 所示。

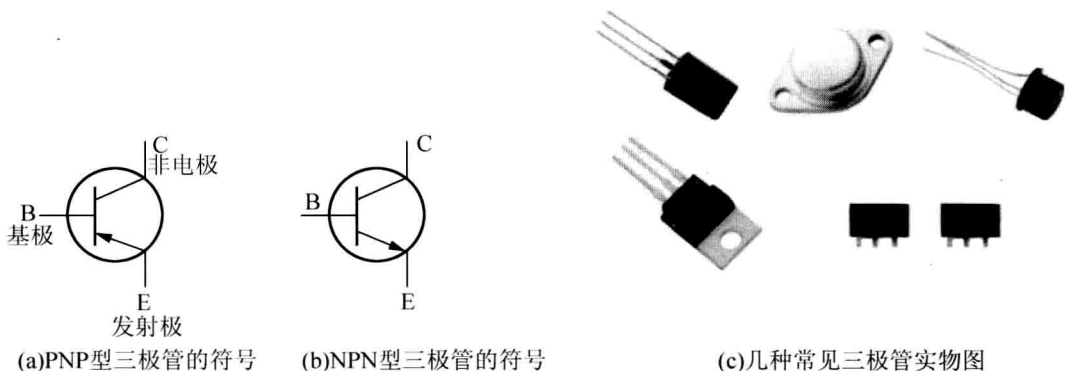


图 1.4 三极管的符号

下面以 NPN 共射极硅三极管为例，介绍三极管开关特性。

图 1.5(a) 所示为三极管开关电路，图中输入、输出电压均是对地的电位，用 u_i 和 u_o 表示。下面分析电路工作情况。

1. 截止条件

当输入信号 $u_i < 0.5\text{V}$ （硅管开启电压为 $0.5 \sim 0.7\text{V}$ ；锗管开启电压为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$ ）时，由于 $u_{BE} < 0.5\text{V}$ ，硅三极管工作在输入特性的截止区，所以 $i_B = 0$ ， $i_C \approx 0$ ，管子处于截止状态。此时，三极管 C~E 之间如同断开的开关，输出电压 $u_o = V_{CC}$ 。

2. 饱和导通条件

当输入信号 u_i 增加， $u_{BE} > 0.5\text{V}$ 以后， i_B 产生，同时 i_C 流过 R_C ，三极管开始进入放大区。

$$i_B = (u_o - u_{ON}) / R_B; u_o = V_{CC} - \beta i_B R_C; i_C = \beta i_B$$

式中， u_{ON} 为开启电压，上式说明，随着 u_i 增加， i_B 增加， R_C 的压降增加， u_o 随着减少。当 R_C 的压降接近于 V_{CC} 时，三极管的压降接近于 0，三极管处于深度饱和状态，电路处于导通状态。 $u_{BE} \approx 0.7\text{V}$ ， $u_o = u_{CES} \leq 0.3\text{V}$ ，因此三极管 C~E 之间如同闭合的开关。深度饱和时，三极管需要的电流为 $i_{BS} = (V_{CC} - u_{CE}) / \beta R_C$ ； $i_B \gg i_{BS}$ 是保证三极管处于饱和和工作状态的条件。

3. 输出特性

图 1.5(b) 所示为三极管输出特性曲线。

(1) 放大区（线性区）， i_C 随 i_B 成正比变化，几乎不受 u_{CE} 变化的影响； β 为电流放大系数。

在这里三极管才有放大作用，此时管子的发射结处于正向偏置，集电结处于反向偏置。

(2) 饱和区， i_C 不再随着 i_B 以 β 倍的比例增加而趋于饱和。硅管进入饱和时 $u_{CE} = 0.6 \sim 0.7\text{V}$ 。



在深度饱和状态下，集电极和发射间的饱和压降 u_{CE} 在 0.3V 以下。这时，集电极和发射极饱和导通，发射结、集电结都处于正向偏置。

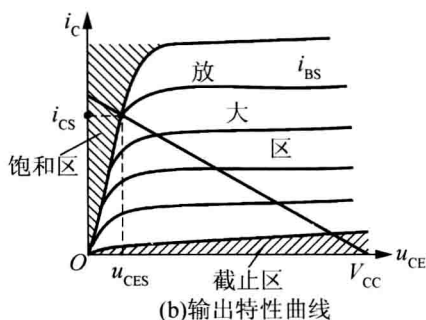
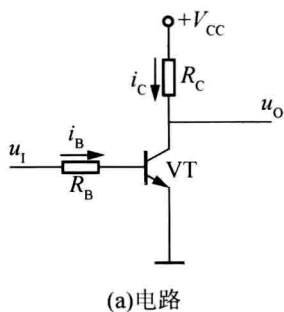


图 1.5 三极管开关电路及输出特性曲线

(3) 截止区， $i_B=0$ ， i_C 几乎等于 0，集电极和发射极好像断路（称截止），管子的发射结、集电结都处于反向偏置，只有很小的 i_{CE0} 流过，硅管一般在 $1\mu A$ 以下。

1.1.3 场效应管开关特性

在数字电路中，场效应管（MOS）也多作开关使用。图 1.6 是 N 沟道增强型 MOS 管，它的开关电压为 u_T 。当 $u_1 = u_{GS} < u_T$ 时，MOS 管截止，呈高阻状态，相当于开关断开， $u_O = V_{DD}$ ，等效电路如图 1.7 (a) 所示， C_1 代表栅极电容，约几皮法。当 $u_1 = u_{GS} > u_T$ 时，MOS 管导通，呈低阻状态，相当于开关接通， $u_O \approx 0$ ，等效电路如图 1.7 (b) 所示。综上所述，输出电压 u_O 状态受输入电压 u_1 控制。所以，MOS 管可以看成是一个压控开关。MOS 管是单极型器件，只有一种载流子参与导电，沟道的形成与消失所需时间可以忽略不计。但是，由于 MOS 管存在极间电容，它影响着管子的开关速度。在图 1.7 所示的等效电路中，画出了输入等效电容 C_1 。MOS 管的开关电路的开关时间主要取决于输入回路和输出回路的充放电时间。

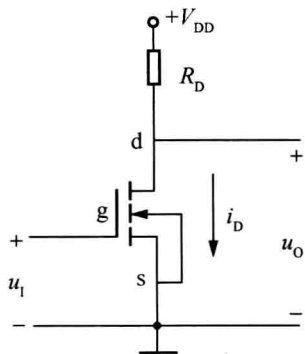


图 1.6 MOS 管开关电路

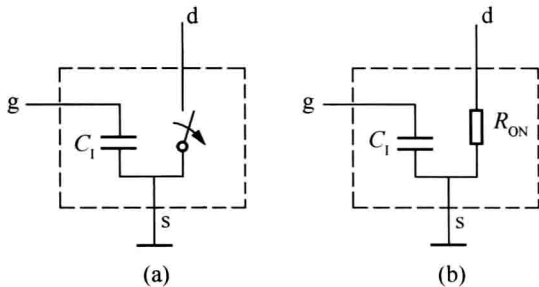


图 1.7 MOS 管开关等效电路

从上边的分析可以看出，二极管具有单向导电性的特点，在数字电路中，二极管可作开关使用，但有一定的开关时间。三极管输出特性曲线有 3 个工作区：放大区、饱和区、截止区。对于 NPN 型三极管，当 $u_{BE} < 0.5V$ 时，三极管截止，特点是： $i_B=0$ ， $i_C \approx 0$ ，C~E 之间如同断开的开关。当 $u_{BE} > u_{ON}$ (u_{ON} 为开启电压，硅管为 0.5~0.7V；锗管为



0.2~0.3V) 以后, i_B 产生, 同时 i_C 流过 R_C , 三极管开始进入放大区, 在数字电路中, 三极管的这种工作状态多用于开关转换过程中。 $i_B \gg i_{BS}$, 管子饱和, $u_{BE} \approx 0.7V$, $u_O = u_{CES} \leq 0.3V$, 三极管 C~E 之间如同闭合的开关。MOS 管和二极管、三极管一样也可以当作开关元件使用。MOS 管是单极型器件, 只有一种载流子参与导电, 沟道的形成与消失所需时间可以忽略不计。

1.2 分立元件门电路

学习目标

- (1) 了解逻辑门电路的概念
- (2) 掌握分立元件门电路的功能

由于在二值逻辑中, 逻辑变量的取值 1 或 0 在电路中是用电路的两种截然相反的状态来表示的, 而电路的状态是靠二极管、三极管开关的闭合来控制 and 实现的, 所以, 能够实现各种基本逻辑关系的电路实质是开关电路, 也形象地称为门电路。

门电路是组成基本逻辑门的原始形式, 学习门电路可以帮助我们掌握与门、或门、非门的工作原理以及带负载能力等基本概念, 学会分析逻辑电路的基本方法。分立元件门电路由二极管、三极管、电阻等组成, 这是最原始的门电路, 它的带载能力差、体积大, 目前基本上不再使用, 这里介绍它的目的在于建立门电路的概念。

1.2.1 二极管门电路

1. 二极管与门

二极管与门电路如图 1.8 (a) 所示, 在输入端 A、B 中只要有一个 (或一个以上) 为低电平, 则与该输入端相连的二极管必然因获得正偏电压而导通, 使输出端 Z 为低电平。只有输入端 A、B 同时为高电平, 输出端 Z 才能是高电平。由此可见, 门电路的输入量与输出量之间满足与逻辑关系, 则称这样的门电路为与门电路。与门电路逻辑式为: $Z = A \cdot B$, 其逻辑符号如图 1.8 (b) 所示, 真值表见表 1-1, 根据真值表 (或逻辑式), 不难画出给定输入波形下的输出波形, 如图 1.9 所示。

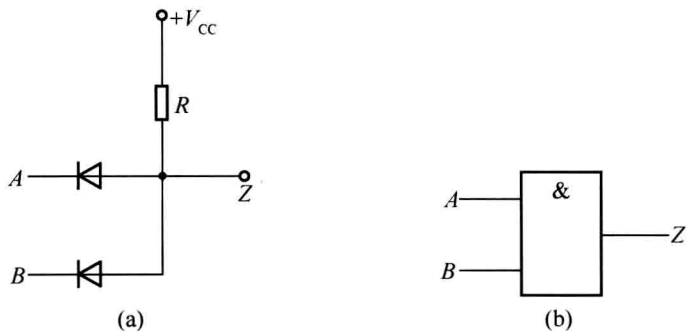


图 1.8 二极管与门电路及逻辑符号



表 1-1 与门真值表

A	B	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

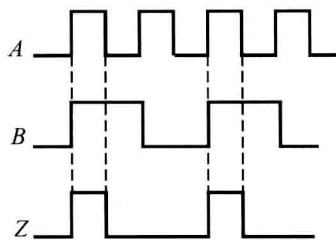
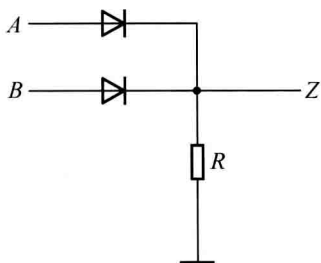


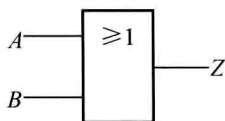
图 1.9 二极管与门波形图

2. 二极管或门

二极管或门电路如图 1.10 (a) 所示，在输入端 A、B 中只要有高电平，则与该输入端相连的二极管必然导通，输出端 Z 为高电平。只有输入端 A、B 同时为低电平，输出端 Z 才是低电平。由此可见，门电路的输入量与输出量之间满足或逻辑关系，则称这样的门电路为或门电路。或门电路逻辑式为 $Z=A+B$ ，其逻辑符号如图 1.10 (b) 所示，真值表见表 1-2，根据真值表（或逻辑式），可画出给定输入波形下的输出波形，如图 1.11 所示。



(a)



(b)

图 1.10 二极管或门电路及逻辑符号

表 1-2 或门真值表

A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

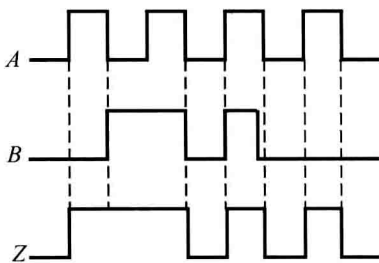


图 1.11 二极管或门波形图

1.2.2 三极管门电路

1. 三极管非门

三极管非门电路如图 1.12 (a) 所示，当输入端 A 为低电平时，三极管截止，输出端 Z 为高电平；当输入端 A 为高电平时，三极管饱和导通，输出端 Z 为低电平。其逻辑式为： $Z=\bar{A}$ 。非门逻辑符号如图 1.12 (b) 所示，真值表见表 1-3。

