

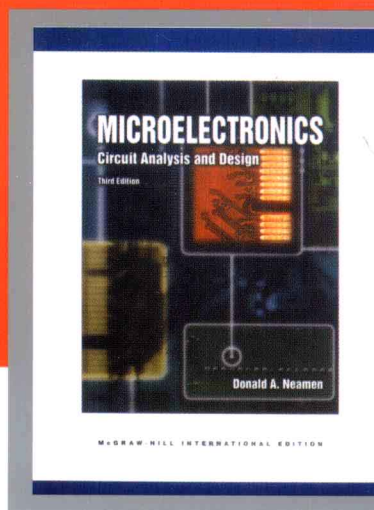
信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

Mc  
Graw  
Hill Education

Microelectronics  
Circuit Analysis and Design  
(Third Edition)

电子电路分析与设计  
——数字电子技术  
(第3版)

Donald A. Neamen 著  
王宏宝 于红云 刘俊岭 译



Mc  
Graw  
Hill

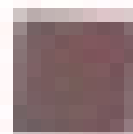
清华大学出版社



# 电子电路分析与设计

——基于MATLAB

张永清, 张永清, 张永清 编  
张永清, 张永清, 张永清 编



中国出版传媒股份有限公司

信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列



Microelectronics  
Circuit Analysis and Design  
(Third Edition)

电子电路分析与设计  
——数字电子技术  
(第3版)

Donald A. Neamen 著  
王宏宝 于红云 刘俊岭 译

清华大学出版社  
北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2007-2427

Donald A. Neamen

**Microelectronics: Circuit Analysis and Design, 3th edition**

ISBN: 0-07-125443-9

Copyright © 2007 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education(Asia) Co. and Tsinghua University Press.

本书中文简体字翻译版由清华大学出版社和美国麦格劳·希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电子电路分析与设计——数字电子技术(第3版)/(美)纽曼(Neamen, D. A.)著;王宏宝,于红云,刘俊岭译. —北京:清华大学出版社,2009.1

(信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列)

ISBN 978-7-302-17896-5

I. 电… II. ①纽… ②王… ③于… ④刘… III. 数字电路—电子技术—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 088874 号

责任编辑:王一玲 陈志辉

责任校对:梁 毅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:10.5 字 数:259 千字

版 次:2009 年 1 月第 1 版 印 次:2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:23.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:029818-01

清华大学出版社曾经于 2000 年引进 Donald A. Neamen 教授的《电子电路分析与设计》(Electronics Circuit Analysis and Design)(第 2 版),受到了国内广大高校师生的欢迎。2007 年本书推出了第 3 版,并由从事电子技术教学近 40 年的清华大学王宏宝教授主持翻译出版,应清华大学出版社之邀,本人再次推荐本书。

Microelectronics: Circuit Analysis and Design (第 3 版)包括半导体器件及其基本应用、模拟电子技术和数字电子技术 3 个部分,共 17 章。第 1 部分包括第 1~8 章,主要阐述半导体材料和二极管、二极管电路、场效应管及其放大电路、双极型晶体管及其放大电路、频率响应、输出级和功率放大电路等。第 2 部分包括第 9~15 章,主要阐述理想运放及其基本应用、集成电路的偏置电路和有源负载、差分及多级放大电路、反馈及稳定性、运算放大电路、运算放大电路的非理想效应、集成电路的应用和设计等。第 3 部分包括第 16 章和第 17 章,主要阐述 NMOS、CMOS、BiCMOS、ECL 逻辑电路的组成,不同类型门电路的工作原理和电气特性,触发器、时序逻辑电路、存储器的构成和逻辑功能等。

### 一、本书基本特点

1. 内容丰富,视野开阔,知识面较宽,涵盖了我国高等院校模拟电子技术和数字电子技术课程大部分教学基本要求,因而可作为电子技术基础及同类课程的参考书或教材。

2. 本书虽然篇幅较多,但各章结构合理、层次清楚、思路清晰、叙述详细、文字流畅。各章一般在叙述一个重要问题之后,均有例题及其评述或讨论,有些还给出设计举例、自测题等。使读者像面对一个循循善诱的老师一样,在启发引导下,由浅入深,循序渐进,因而易于阅读和学习。

### 二、内容编排特点

1. 半导体器件及其基本应用、模拟电子技术和数字电子技术 3 个部分的序言具有高度的概括性,阐明了本部分有关的基本知识、基本概念和基本方法,对于“教”与“学”均具有指导意义。

2. 在第 1 部分中,将场效应管及其放大电路置于晶体三极管及其放大电路之前,适应了集成电路的发展和当前芯片应用的现状。而且,在全书中均有意识地对场效应管的应用加以关注。

3. 每章均具有“设计举例”一节,设计题目均为结合本章基本内容的实际问题。例如,利用二极管、MOSFET 管和 BJT 管设计电子温度计,利用二极管和

稳压管设计直流电源,利用 FET 和 BJT 设计实用放大器,利用集成运放设计有源滤波器,利用 CMOS 和 ECL 电路的基本结构设计门电路,等等。特别注重理论联系实际,且叙述具有示范性,利于提高读者电子电路的设计能力。

4. 全书具有大量的例题、思考题、练习题、测试题、设计应用题和计算机仿真题,教学目的明确,层次分明,内容丰富。且大部分题目配有答案,利于自学。

综上所述,与国内出版的同类教材相比,本书具有明显的特色。它正好弥补国内同类教材因篇幅所限叙述不够详尽、内容较为浓缩、例题和习题较少、设计举例不多的缺憾。因此,无论对于教师还是对于学生,本书均具有很好的参考价值。

华成英

2008 年 7 月于清华园

## 目的和宗旨

《电子电路分析与设计》是电气工程与计算机科学专业的本科生电子学必修课程所用的教材。本书第3版的目的是为模拟电子电路及数字电子电路的分析和设计打下坚实的基础。

现在,多数电子电路的设计都使用集成电路(ICs)。集成电路将整个电路制造在单片半导体材料上,它包含数百万个半导体器件和其他元件,能执行很复杂的功能。微处理器就是这种电路的一个实例。这本教材的根本目的就是要熟悉组成集成电路的一些基本电子电路的工作原理、电路特性以及限制因素。

本书首先分析和设计分立晶体管电路,所研究的电路其复杂程度不断提高。而在本书的最后,将使读者能够分析和设计集成电路的部件单元,比如数字逻辑门电路。

本书是研究复杂电子电路的入门教材,因而没有介绍那些更先进的材料,比如砷化镓技术,砷化镓材料常应用在一些特殊的场合,在参考文献中介绍了它的几种特殊应用的实例。当然,本书也未涉及布线技术及集成电路制造技术,因为这些内容可以完全独立于本教材之外进行专门介绍。

## 计算机辅助分析和设计(PSpice)

计算机分析和计算机辅助设计(CAD)是电子工程中的重要环节。当前最为流行的一种电子电路仿真程序是由加州大学开发的侧重于集成电路的仿真程序(SPICE),其专门用于个人计算机的版本称为 PSpice。使用本教材的各位教师可结合课程的各个知识点介绍 PSpice 的应用。

本教材着重对电路进行手工分析和设计。然而,在有些地方应用 PSpice 的分析结果,它们与手工分析的结果相关联。

书中还有 PSpice 原理图以及计算机仿真结果。在大多数章的末尾有专门的计算机仿真题。然而,在教师的讲课过程中,可以随意要求将 PSpice 用于任何一道练习题和习题,以检验手工分析的结果。

在某些章节,特别是频率响应和反馈这两章,更是大量应用计算机分析。但是,即使在这样的情况下,也只是在充分了解了电路的基本特性以后才考虑使用计算机分析方法。计算机是电子电路辅助分析和辅助设计的工具,但不能代替对电路分析基本概念的准确理解。

## 设计的重要性

设计工作相当于工程的“心脏”。一个好的设计积累了电路分析的大量经验。在本教材中,当我们在进行电路分析的时候,将着重阐明电路的各种特性和性能,这些都为我们进行应用电路设计提供直觉知识。

本书有许多设计例题、设计练习题和章末尾的设计习题。许多设计例题和设计习题具有一组设计指标要求,由于此要求而可能产生唯一的解。尽管书中所介绍的设计类型可能并非它是它最严密的形式,但就作者看来,这是学习电子电路设计的第一步。在每章习题的末尾,有单独的一小节是应用设计题,它包含答案不确定、不唯一的开放式(open-ended)设计题。

## 必备条件

本书的适用对象是电气工程与计算机专业本科低年级学生。学习本书的必要先修知识应该包括电子电路的直流分析和正弦稳态分析以及  $RC$  电路的瞬态分析。有关各种网络的概念,例如,戴维南定理和诺顿定理,它们广泛应用在电子电路的分析中。有关拉普拉斯变换的一些基础知识也是非常有用的。但是关于半导体物理的相关知识不要求在学习本课程之前必须具备。

## 本书的体系结构

全书分为 3 个部分。第 1 部分由前 8 章组成,包括半导体材料、基本二极管原理、二极管电路、基本晶体管原理以及晶体管电路等内容。第 2 部分介绍更高级一些的电子电路,比如运算放大器电路、集成电路偏置技术以及其他实用的模拟电路。第 3 部分则介绍数字电子电路,包括 CMOS 集成电路。在书末还有 6 个附录(中译版略去了附录)。

**第 1 部分** 第 1 章介绍半导体材料和 PN 结,由此发展到二极管电路以及第 2 章的二极管应用电路。第 3 章讲解场效应晶体管,重点介绍金属-氧化物-半导体 FET(MOSFET)。第 4 章则讲解基本 FET 线性放大器。第 5 章讨论双极型晶体管。第 6 章则讲解基本双极型线性放大器及其应用。

讲解 MOSFET 的第 3 章和第 4 章以及讲解双极型晶体管的第 5 章和第 6 章在书中是相互独立的两部分内容。因而教师可以如本教材中所示先讲 MOSFET 内容后讲双极型晶体管内容,也可以采用更加传统一点的方法,即先讲双极型晶体管内容,后讲 MOSFET 内容,如下表所示。

最初几章内容可能的讲解次序

| 本书次序 |           | 传统次序 |           |
|------|-----------|------|-----------|
| 章    | 内 容       | 章    | 内 容       |
| 1    | PN 结      | 1    | PN 结      |
| 2    | 二极管电路     | 2    | 二极管电路     |
| 3    | MOS 晶体管   | 5    | 双极型晶体管    |
| 4    | MOSFET 电路 | 6    | 双极型电路     |
| 5    | 双极型晶体管    | 3    | MOS 晶体管   |
| 6    | 双极型电路     | 4    | MOSFET 电路 |



第7章用单独一章内容讨论晶体管和晶体管电路的频率特性。第3章~第6章的重点是电路的分析和设计技术,所以在这其中的某一章如果混合讲解两种不同的晶体管将会引起不必要的混乱。然而,从第7章开始则在同一章中既讨论 MOSFET 电路,也讨论双极型电路。最后的第8章介绍输出级电路和功率放大器电路,从而结束本书第1部分的内容。

**第2部分** 从第9章~第15章的内容是介绍更高级一点的模拟电路。这一部分的重点放在运算放大器和构成集成电路(ICs)的一些基本电路模块上。第9章介绍理想运算放大器和理想运放电路。第10章介绍恒流源偏置电路和有源负载电路,这两种电路广泛应用在 ICs 中。第11章讨论差分放大器,它是运算放大器的核心电路。第12章讨论反馈。第13章则对构成运算放大器的各种电路进行分析和设计。第14章分析模拟 ICs 的非理想效应。第15章讨论模拟 ICs 的应用,比如有源滤波器和振荡器电路等。

**第3部分** 这一部分内容包括第16章和第17章,它们分析数字电路。第16章讨论 MOS 数字电路的分析和设计。这一章的重点是 CMOS 电路,它是构成最流行的数字电路的基础。首先介绍基本的数字逻辑门电路,然后介绍移位寄存器、触发器和基本的 A/D 和 D/A 转换器电路。第17章介绍双极型数字电路,包括射极耦合逻辑电路和传统的晶体管-晶体管逻辑(TTL)电路。

如果有的教师希望在讲解模拟电路之前先讲解数字电路,则可以将第3部分编写成与第2部分没有关联。因而,这些教师可以从第1、2、3章跳到第16章进行讲解。这种跳跃对于学生们来说可能有些困难,但也不是不可行的。

附录 (略)

### 第3版的特点

(1) 每章的开始都有一个简短的内容介绍,对于前一章的内容和新一章的内容起承上启下的作用。每章内容的讲解目的,即读者将从本章内容的学习中获得些什么,这些都在每章正文开始之前的本章内容简介中用圆点标记列表的形式展示出来,以便读者阅读。

(2) 在每章中的每个主要小节,开始时都用一小段文字再次阐述本节所要讲解的内容。

(3) 本书通篇包含大量的实用例题以加强对书中所讲理论和概念的理解。这些例题在分析和设计电路时都很详细,所以读者不必担心会遗漏掉什么步骤。

(4) 紧跟每个例题的后面必有一道练习题。练习题和例题非常相似,所以读者可以立刻检查自己对于刚刚学过的内容的理解程度。每道练习题都给出答案,因而读者不用到书末去寻找答案。这些练习题可以帮助读者在学习新的一小节内容之前加强对刚学过的这一小节内容的理解和掌握。

(5) 在每章主要小节的末尾有理解测试题。这些测试题一般比例题后面的练习题更加综合。这些测试题也能使读者在学习新的一节内容之前加强对所学知识的理解和掌握。同样,理解测试题也给出了答案。

(6) 解题技巧贯穿在每章的内容当中,以帮助读者很好地分析电路。尽管求解一道题可能存在不止一种方法,但这些解题技巧足可以帮助读者初步亲自动手分析电路。

(7) 每章的最后一小节都有一个设计题。这种特定的电路设计和刚刚学过的这章内容有关。经过本书整个课程的学习,将使同学们学会设计并构建电子温度计电路。尽管每一个应用设计并非都是电子温度计,但是每个设计都向学生形象地阐明了如何在现实社会中

应用这些设计。

(8) 每章正文最后一小节是本章内容小结。它总结这一章所推导出的全部结论并且复习所讲解的基本概念。小结部分也是用圆点标记的列表形式列出,以便参考。

(9) 小结之后的内容是本章重点。这一小节阐述通过本章讲解已经实现的目标以及读者通过学习应该掌握的能力。它能帮助读者在学习下一章之前评估自己的进步。

(10) 每章结尾列出了复习题。这些复习题如同自测题一样能帮助读者检验对课文中提出的基本概念的掌握程度。

(11) 每章的最后罗列了大量的习题,以每一小节的标题为纲来进行编排。在第3版中收入了许多新的习题,还有一些设计题,而且分为不同的难易程度。带“D”字头的是设计类型的习题,带“\*”号的设计题是难题。单独列出了计算机仿真题和答案不确定、不唯一的开放式(open-ended)设计题。

(12) 书末给出了部分习题的答案。知道了习题的答案,就可以帮助读者加强解题的能力。

(13) (略)

## 补充材料

本教材有多种、广泛的补充材料,不但有在线的,还有除教材正文以外的补充材料。本书网站所包含的资源,既适用于教师也适用于学生。针对学生网站内容有两个新的特点:算法问题和图片。算法题使学生能够实践循环算法的一步一步解题过程,从而联想创造出无限多个问题。图片通过展示各个不同的领域,从 Fairchild 半导体到 Apple 公司,工作的工程师们的访谈过程,给同学们提供一些有关现实电子工程领域的直观知识。许多有用的链接也会出现在此网站上。

网站上有适合教师的安全可靠、使用方便的内容,包括教材中所有的插图、所有的题解以及实验数据的 PPT。此外,教师还可以获取 McGraw-Hill 专门为教师们准备的新工具 COSMOS 的演示版。

## 致谢

(略)

## 序言 1 电子学导论

### 第 1 部分 半导体器件及其基本应用

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第 1 章 半导体材料和二极管 .....   | 7   |
| 第 2 章 二极管电路 .....       | 50  |
| 第 3 章 场效应晶体管 .....      | 98  |
| 第 4 章 基本 FET 放大器 .....  | 171 |
| 第 5 章 双极型晶体管 .....      | 235 |
| 第 6 章 基本的 BJT 放大器 ..... | 304 |
| 第 7 章 频率响应 .....        | 388 |
| 第 8 章 输出级和功率放大器 .....   | 463 |

## 序言 2 电子电路设计

### 第 2 部分 模拟电子技术

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第 9 章 理想运算放大器及运放电路 .....   | 523 |
| 第 10 章 集成电路偏置技术和有源负载 ..... | 573 |
| 第 11 章 差分放大器和多级放大器 .....   | 626 |
| 第 12 章 反馈及其稳定性 .....       | 703 |
| 第 13 章 运算放大器电路 .....       | 778 |
| 第 14 章 运算放大器电路的非理想效应 ..... | 826 |
| 第 15 章 集成电路的应用和设计 .....    | 866 |

## 序言 3 数字电子学导论

### 第 3 部分 数字电子技术

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第 16 章 MOSFET 数字电路 ..... | 945 |
| 本章内容 .....               | 945 |
| 16.1 NMOS 反相器 .....      | 945 |

|               |                         |             |
|---------------|-------------------------|-------------|
| 16.2          | NMOS 逻辑电路 .....         | 960         |
| 16.3          | CMOS 反相器 .....          | 964         |
| 16.4          | CMOS 逻辑电路 .....         | 976         |
| 16.5          | 带时钟的 CMOS 逻辑电路 .....    | 983         |
| 16.6          | 传输门 .....               | 985         |
| 16.7          | 时序逻辑电路 .....            | 992         |
| 16.8          | 存储器的分类与电路结构 .....       | 998         |
| 16.9          | RAM 存储器单元 .....         | 1001        |
| 16.10         | 只读存储器 .....             | 1009        |
| 16.11         | 数据转换电路 .....            | 1012        |
| 16.12         | 设计举例: 静态 CMOS 逻辑门 ..... | 1018        |
| 16.13         | 本章小结 .....              | 1020        |
|               | 复习题 .....               | 1022        |
|               | 习题 .....                | 1023        |
| <b>第 17 章</b> | <b>双极型数字电路 .....</b>    | <b>1038</b> |
|               | 本章内容 .....              | 1038        |
| 17.1          | 发射极耦合逻辑(ECL) .....      | 1038        |
| 17.2          | 改进的 ECL 电路结构 .....      | 1048        |
| 17.3          | 晶体管-晶体管逻辑电路 .....       | 1057        |
| 17.4          | 肖特基晶体管-晶体管逻辑电路 .....    | 1068        |
| 17.5          | BiCMOS 数字电路 .....       | 1074        |
| 17.6          | 设计举例: 静态 ECL 门电路 .....  | 1075        |
| 17.7          | 本章小结 .....              | 1076        |
|               | 复习题 .....               | 1077        |
|               | 习题 .....                | 1078        |
|               | 部分习题答案 .....            | 1089        |

# 数字电子学导论

## 前言

本书余下的几章将介绍一些基本的数字电子电路。其基本原理,通常包含在计算机逻辑设计课程的导论部分。在此,简要介绍一下这些内容。

在数字系统中,信息只能用离散化的数字量来表示。一般只有两种离散的状态,分别用逻辑 0 和逻辑 1 表示。这种二进制的代数系统是由乔治·布尔(George Boole, 1815—1864)提出的,所以又称作布尔代数。在本书中不直接使用布尔代数,然而熟悉布尔代数将有助于分析和设计数字集成电路。下面将讲述一些布尔运算和与之相关的逻辑门电路。

至今已有很多种简化布尔表达式的方法,将之转化为最少个数变量表示的表达式。卡诺图就是比较常用的方法之一。同样,在本书中虽不直接使用卡诺图,但熟悉它将有助于进行数字系统的设计。

## 逻辑函数和逻辑门

“非”、“与”、“或”是三种常用的基本逻辑操作(布尔运算)。这些操作也可以用真值表来表示。

“非”函数的真值表和逻辑门符号如图 PR3.1(a)所示。输出变量上面的一横杠表示是“非”函数,也可称作取反(或取补)。由于一个变量只有两种状态,如果  $A=0$ ,则  $\bar{A}=1$ 。逻辑门输出端的小圆圈表示“逻辑反”,正如图中所画的那样,此逻辑门也称作反相器。

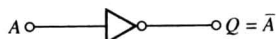
图 PR3.1(b)所示为“与”函数的真值表、逻辑门符号及其布尔表达式。只有两个输入同时为 1 时,输出才会为 1; 否则输出即为逻辑 0。

“或”函数的真值表、逻辑门符号和布尔表达式如图 PR3.1(c)所示。此时只要 A、B 有一个为 1(或同时为 1),输出就为 1。

另外还有两种常用的逻辑函数,即“与非”和“或非”。“与非”是“与”函数的结果再求“非”,“或非”是将“或”操作的结果求非。它们的真值表及逻辑门符号如图 PR3.2 所示。同理,每个门输出端的小圆圈表示逻辑取反的意思。

此外,数字电路设计中还有两种有用的逻辑函数:“异或”和“同或”。虽然

| A | Q |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |



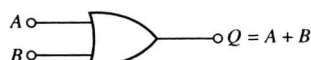
(a)

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



(b)

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



(c)

图 PR3.1 真值表、逻辑门符号和布尔表达式

(a) “非”函数；(b) “与”函数；(c) “或”函数

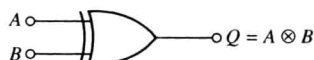
它们可以由基本的逻辑函数组合而成,但它们也有自己的逻辑门符号。其真值表、逻辑门符号和布尔表达式如图 PR3.3 所示。在“异或”运算中,输出为 1 的条件是: A 等于 1,或 B 等于 1,但不能同时为 1。“同或”是“异或”函数的“补(非)”运算。

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



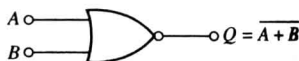
(a)

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



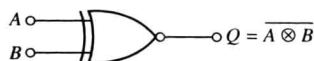
(a)

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |



(b)

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



(b)

图 PR3.2 真值表、逻辑门符号和布尔表达式

(a) “与非”函数；(b) “或非”函数

图 PR3.3 真值表、逻辑门符号和布尔表达式

(a) “异或”函数；(b) “同或”函数

下面简述两个输入变量的基本逻辑函数和逻辑门电路。尽管有时输入会多于两个,但在实际应用中,由于晶体管体积大小和输入电容的限制,一般输入变量最多为 4 个。

## 逻辑电平

数字电路中的逻辑 0 和逻辑 1 状态用两种不同的电压值表示。本书中,使用正逻辑,即用高电压表示逻辑 1 状态,低电压表示逻辑 0 状态。实际电压可正可负,图 PR3.4 所示给

出了正逻辑中三种可能的输出电压组合情况。尽管也存在图 PR3.4(c)所示的情况,但图 PR3.4(a)所示的情况最为常见。在图 PR3.4(a)所示的例子中,有时逻辑 0 可能就表示成实际电压 0V。

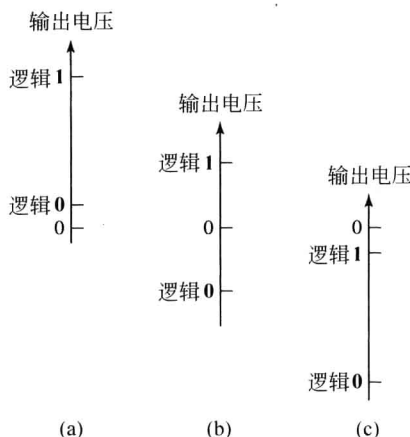


图 PR3.4 正逻辑的可能的输出电压组合

## 噪声容限

在理想的数字电路系统中,逻辑 1 用电压  $V_{OH}$  表示,逻辑 0 用电压  $V_{OL}$  表示。然而在实际的数字电路系统中,由于温度变化、电路制作工艺误差、负载效应和噪声等一系列因素的影响,表示这两种逻辑状态的电压值可能会有所变化。

数字电路中,对于两个二进制状态,输入电压的范围如图 PR3.5 所示。为了不产生逻辑误差,必须对输入到数字电路的电平值重新制定标准。电压  $V_{IH}$  是确认为逻辑 1 的最低输入电压,而  $V_{IL}$  是确认为逻辑 0 的最高输入电压,如图 PR3.5 所示。在反相器电路中,输入  $V_{IL}$  产生输出  $V_{OHU}$ ,输入  $V_{IH}$  产生输出  $V_{OLU}$ 。于是,定义噪声容限如图所示。在接下来的两章对具体的数字电路进行分析时再详细讨论噪声容限的问题。

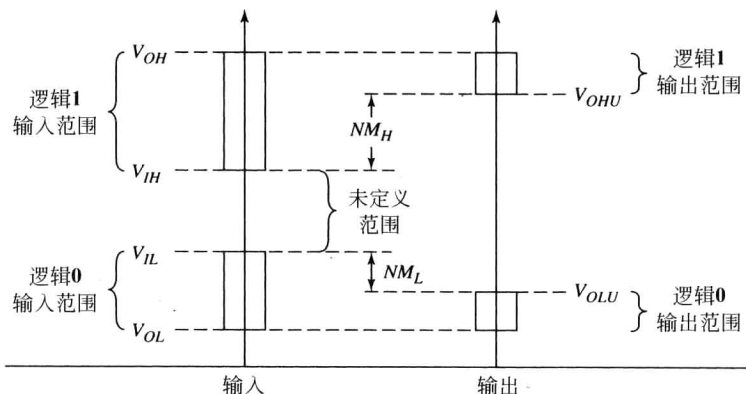


图 PR3.5 表示逻辑 1 和逻辑 0 的电压范围以及噪声容限的定义

## 传输延迟和开关时间

逻辑门的开关特性一般用其传输延迟时间来描述。数字电路的延迟时间的标准定义如图 PR3.6 所示。传输延迟时间定义为输入波形 50% 的点 to 输出波形 50% 的点,  $\tau_{PHL}$  和  $\tau_{PLH}$  分别表示从输入高电平的 50% 的点 to 输出低电平的 50% 的点所用的时间和从输入低电平的 50% 点到输出高电平的 50% 点所用的时间。

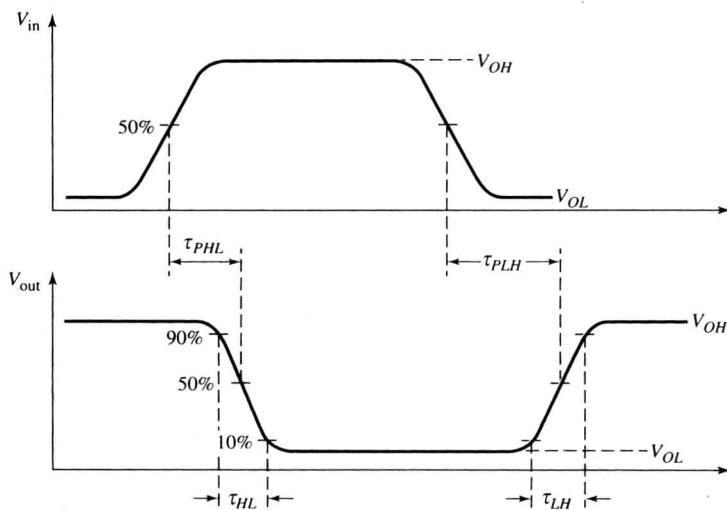


图 PR3.6 数字延迟时间和传输延迟时间的标准定义

另外,逻辑门电路输出由“高”到“低”和由“低”到“高”的传输时间是指输出波形幅值的 10% 的点和 90% 的点之间的时间。它们分别用符号  $\tau_{HL}$  和  $\tau_{LH}$  表示。

## 小结

所有这些概念都是在计算机逻辑设计课程中所熟悉的,接下来的两章对具体的数字逻辑电路进行分析、设计时,还会用到这些知识。



# 数字电子学

本书的第2部分介绍了模拟电子电路,第3部分将介绍数字电子学——另一种重要的电子学电路。

第16章将介绍场效应管数字电路。随着CMOS低功耗高集成度技术的发展,MOSFET数字电路发生了革命性的变化。下面的内容先简单介绍NMOS反相器和NMOS逻辑门电路。接着将分析基本的CMOS反相器电路,研究CMOS逻辑门电路。最后分析FET移位寄存器电路、双稳态触发器电路并讨论一些基本的A/D、D/A转换器件。

第17章将主要讨论双极型数字电路。先介绍主要应用于高速场合的发射极耦合逻辑电路。接着简要讲述晶体管-晶体管逻辑电路(TTL电路)的基本情况,TTL电路曾经在很长一段时间内占据数字电路的主要市场。最后具体分析低功率肖特基TTL电路,以便更好地比较FET和双极型数字技术的性能差异。