



普通高校系列教材·信息技术

数字集成电路基础

普通高校教材(信息技术)编委会组编

作者: 邹华跃

学习参考



南京大学出版社

普通高校系列教材·信息技术

《数字集成电路基础》学习参考

邹华跃 编

南京大学出版社

内

容

简

介

本书是普通高校教材编委会组编的《数字集成电路基础》(南京大学出版社出版,皇甫正贤主编)教材的配套学习参考,以教材和考试大纲为主线,再结合作者多年来的教学经验,从整体上对本书的结构及内容进行规划、编排。

全书由五部分组成:学习方法指导、习题解答、典型题解与分析、模拟测试、实验指导书。其中,学习方法指导最能体现作者对本课程的理解与把握,是作者多年教学工作的结晶,其特色是以专题的形式通过简洁、通俗的语言对难以理解的原理、方法进行了归纳与总结。而典型题解与分析部分反映了作者对教学大纲的准确把握。在这一部分中,不注重题量的多少,但是在题目的典型性、题型、难易程度等方面,力求与教学大纲贴近,以增强学生的解题能力。模拟测试部分则提供了两套模拟试卷及其解答,用于学生学完本课程以后自查自检。在组卷时充分参考了各高校的考试试卷和历年来的自考试卷,以便大家能从中体会到考试试卷的题型、题量、考核点及难易程度。

本书适用于在校大学生和自考生,是一本实用性很强的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

《数字集成电路基础》学习参考/邹华跃编. —南京:南京大学出版社,2001.9

ISBN 7-305-02485-6

I.数... II.邹... III.数字集成电路—高等教育—教学参考资料 IV.TN431.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 068052 号

书 名 《数字集成电路基础》学习参考
编 者 邹华跃
出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093
电 话 025-3596923 025-3592317 传真 025-3303347
网 址 www.njupress.com
电子函件 nupress1@public1.ptt.js.cn
经 销 全国新华书店
印 刷 合肥学苑印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张:10.75 字数:268 千
版 次 2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷
ISBN 7-305-02485-6/O·267
定 价 16.00 元

* 版权所有,侵权必究。

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换。

出版前言

近些年来我国的高等教育事业有了长足的发展,高校招生人数年年递增,越来越多的年轻人有机会接受正规的高等教育。这一举措无疑对我国的社会进步和经济发展有着重要的意义。但是人们也深刻的认识到,高等教育质量的好坏是一个不容忽视的关键性问题,而保证教育质量的一个重要环节就是抓好教材建设。但是教材内容陈旧,教学手段落后的现象一直存在着。尤其像计算机技术这样的新兴领域发展迅猛,知识更新日新月异,教学内容落后于新技术新知识的矛盾显得尤为突出。基于上述两方面考虑,在南京大学出版社的鼎力相助下,一个以组编高校信息、电子类专业教材为主要任务的教材编委会成立了。

针对我国高等教育的现状和信息、电子技术的发展趋势,编委会组织部分高校的专家教授进行了深入的专题研讨。大家一致认为,在当前情况下组编一套紧跟新技术发展、符合高校教学需要、满足大学生求知欲望的系列教材势在必行,这将有助于规范教学体系、更新教学内容、把握教学质量,培养合格人才。专家们还对教材的结构、内容、体例及配套服务等提出了具体要求。为了能使这套教材逐步完善,并促进全国各地高校教学质量的提高,编委会决定在教材之外认真做好三件事:第一,为每本教材配备一本供学生使用的学习参考书,其主体内容为学习方法指导、习题分析与解答、典型题解或课程设计、模拟测试卷及解答、实验指导书;第二,定期对教材内容进行修订,及时补充新技术新知识,并根据具体情况组编新的教材;第三,有计划地组织各地高校教师进行教学交流与研讨,通过这种途径来提高偏远地区的师资水平。我们相信,通过各方面的大力支持和大家的不懈努力,这套教材会逐步被广大师生所接受,并在使用过程中得到完善、充实。

大家都知道,组编这样一套系列教材是个牵涉面很广的大工程。这个工程不仅在起步阶段需要得到各级教育主管部门、各高等院校、出版社的大力支持和协助,而且在使用过程中也离不开各位专家、教授、学生的热心呵护和指导。因此,殷切期待所有的能人志士关心我们,帮助我们,向我们提出好的建议或意见,为我们指出教材中的不足之处。

最后,感谢所有为本套系列教材出版付出辛勤劳动的同志们。

普通高校教材(信息技术)编委会

2001年8月

编 者 的 话

《数字集成电路基础》是计算机应用及电子技术等专业的一门专业基础课程,在学科中起着承上启下的作用,在各个领域里也有着广泛的应用,因而它是一门重要的课程。

本课程涉及数字逻辑电路的基础理论、基本概念和基本方法。这些内容对初学者来讲有一定的难度,有些章节更是困难重重,往往会感到无从下手。作者借编写本书的机会,对多年来的教学实践进行了系统的总结,将自己对课程的认识、体会、感想融入到本书中,并尽可能从学生的角度出发,对难以理解的原理、方法进行了通俗化处理,以求高度概括,易学易懂。作者的愿望是,通过对本书的阅读,能让学生把握本课程的主线,加深对基本概念的理解,掌握求解问题的思路与方法,提高分析问题、解决问题的能力,直至最终顺利完成本课程的学习。

本书是普通高校教材编委会组编的《数字集成电路基础》(南京大学出版社出版,皇甫正贤主编)教材的配套学习参考,以教材和考试大纲为主线,再结合作者多年来的教学经验,从整体上对本书的结构及内容进行规划、编排。全书由五部分组成:学习方法指导、习题解答、典型题解与分析、模拟测试、实验指导书。其中,学习方法指导最能体现作者对本课程的理解与把握,是作者多年教学工作的结晶,其特色是以专题的形式通过简洁、通俗的语言对难以理解的原理、方法进行了归纳与总结;习题解答部分对教材上几乎所有的习题进行了详细的分析与解答,使学生能够知其然也知其所以然;典型题解与分析部分反映了作者对教学大纲的准确把握。在这一部分中,不注重题量的多少,但是在题目的典型性、题型、难易程度等方面,力求与教学大纲贴近,以增强学生的解题能力;模拟测试部分提供了两套模拟试卷及其解答,用于学生学完本课程以后自查自检。在组卷时充分参考了各高校的考试试卷和历年来的自考试卷,以便大家能从中体会到考试试卷的题型、题量、考核点及难易程度;实验指导书部分则是根据教学大纲中对实践环节的要求而编写的,重在理论与实践相结合,培养学生的实际动手能力。由此可以看出,作为教材的辅助参考,本书涉及学生需求的方方面面,是学生学习过程中不可或缺的好帮手。

本书在编写过程中得到了普通高校教材编委会专家们的具体指导与大力支持,南京大学出版社的领导和编辑们也为本书的出版付出了辛勤的劳动。谨向以上同志表示衷心的感谢和崇高的敬意。

由于本书涉及的题量较大,在分析、解答上可能会存在不够完善或疏忽之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2001年8月

目 录

第一部分 学习方法指导	(1)
一、怎样学好本课程	(1)
二、课程的体系结构	(2)
三、基本概念、理论及技能	(3)
四、重点、难点讲解	(4)
第一章 数字电子技术概述	(4)
第二章 逻辑电路的分析基础	(7)
第三章 集成逻辑门电路	(8)
第四章 逻辑函数及其化简	(10)
第五章 组合逻辑电路	(12)
第六章 触发器	(15)
第七章 时序逻辑电路	(16)
第八章 存储器	(18)
第九章 脉冲的产生与变换	(19)
第十章 数模和模数转换器	(21)
第二部分 习题解答	(24)
第一章	(24)
第二章	(27)
第三章	(28)
第四章	(31)
第五章	(34)
第六章	(49)
第七章	(53)
第八章	(71)
第九章	(77)
第十章	(80)

第三部分 典型题解与分析	(83)
第四部分 模拟测试	(111)
模拟测试卷(一)	(111)
模拟测试卷(一)解答	(115)
模拟测试卷(二)	(125)
模拟测试卷(二)解答	(130)
第五部分 实验指导书	(139)
实验一 TTL 与非门逻辑功能和参数测试	(139)
实验二 三态门和 OC 门	(141)
实验三 组合逻辑电路设计	(146)
实验四 触发器	(149)
实验五 计数、译码及显示	(152)
实验六 用 555 定时器构成脉冲发生器	(155)
附录一 常用 74 系列数字电路型号、功能、引脚图	(158)

第一部分 学习方法指导

《数字集成电路基础》是高校计算机应用及电子技术等专业的一门重要的基础课程,它为《计算机组成原理》、《微型机及其应用》等后续课程打下牢固的硬件基础,是一门理论性和实践性均较强的专业基础课。因此要学好本课程就应该注意掌握好的学习方法。

一、怎样学好本课程

1. 要熟悉和掌握本课程的基本理论、基本概念和基本技能

在学习过程中,应该特别注意基本理论的运用、基本概念明确及基本技术的掌握。在后面讲到的各章知识点中,尤其要关注重点内容,它是各章中必须掌握的知识点。对难点要多下些功夫多看几遍教材,多进行一些练习,便会有深层次的体会。

2. 加强对自学能力的培养

刚接触这门课程时,同学们往往会感到困难,一时不能适应,但自学能力的培养对获取知识非常重要,因此要注意以下几点:

①在开始阅读某一章教材之前,先翻阅教学大纲中有关这一章的考核知识点、要求、重点、难点以及对各知识点的能力层次要求和考核要求,以便在阅读教材时做到心中有数、有的放矢。

②阅读教材时,要逐段细读、逐句推敲,集中精力吃透每一个知识点。对基本概念必须深刻理解,对基本理论必须彻底弄清,对基本方法必须牢固掌握。一般说来,在未达到上述要求之前,不宜学习新的内容,当有个别不阻碍学习新内容的细节问题不能解决时,可将其暂时搁置,继续学习,不要因此而停步不前。有时自学到后面以后,返回来再读前面的内容会有深一步的体会。

③在自学过程中要边阅读、边思考,在理解的基础上,着手将一些重要内容进行必要的记录和整理,这将有助于记忆和理解,并且有助于以后的复习,同时可将书本知识转化为自己掌握的知识,提高自学的效率。

④做作业是理解、消化和巩固所学知识,培养分析问题、解决问题能力的重要环节。

在做作业之前,必须认真阅读教材,切勿认为会做题就是掌握了教材,做题要步骤清楚、运算准确、书写整洁、绘图工整。切勿草率了事、急于求成。否则,效果往往会适得其反。

⑤在自学教材后可作一些自我检测,以衡量自己对各章内容的理解。若对本书第四部分所提供的模拟试卷不能很好地完成,则应进一步加强相应内容的学习和理解。

3. 多实践、多验证

数字逻辑电路是一门实践性很强的课程,应尽可能多实践、多验证。在搭接线路、排除

故障、验证结果中,课程内容便会得到进一步掌握和巩固。接触较多的集成芯片,学会查器件手册寻找合适功能的芯片,就会在今后实际应用中,提高应用技巧和能力。

二、课程的体系结构

本课程由以下十章组成:数字电子技术概述、逻辑代数基础及基本逻辑门电路、集成逻辑门电路、逻辑函数及其化简、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、存储器、脉冲的产生与变换及数模和模数转换器。从内容上看这十章又可分为五大部门,它们是:

第一部分由第一、二、四章构成。这三章重点介绍了数字电子技术的基本概念(数字信号和模拟信号的区别;数字电路的定义;半导体二极管、三极管、MOS管的开关运用特性;数制和码制;基本与、或、非概念及相应门电路),介绍了数字电路的一些基本理论(逻辑代数的基本定律、常用公式;逻辑函数的概念及建立方法;逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法)。

第二部分由第三、五章构成。集成逻辑门电路是组成数字逻辑电路的基本单元电路,运用各种功能的逻辑门电路可以组成各种组合逻辑电路。而组合逻辑电路是数字逻辑电路中两大组成部分之一,因此必须掌握好组合逻辑电路的分析和设计方法。

集成逻辑门电路有单极型、双极型之分。双极型门电路又分为 TTL、ECL、 I^2L 几种,它的重点在 TTL;单极型 MOS 门电路又分为 NMOS、PMOS、CMOS 几种,其重点在 NMOS 和 CMOS。

组合逻辑电路中介绍的常用数字部件有半加器和全加器、译码器、编码器、数据选择器和数据比较器。对大规模集成组合逻辑电路应注意它们的特点及扩展应用。

第三部分由第六、七、八章构成。触发器是除门电路外组成数字逻辑电路的另一类基本单元电路,它具有记忆功能,和门电路配合可组成各种类型的时序逻辑电路。

必须掌握时序逻辑电路的分析方法和同步时序逻辑电路的设计方法。

触发器具有两个稳定的工作状态,在适当的触发脉冲作用下可以从一个稳态翻转到另一个稳态。

触发器按功能来分有 SR、D、JK、T 等几种,按结构来分有基本触发器和时钟触发器,时钟触发器按不同的结构和触发方式又可分同步式、维阻式、边沿式、主从式等几种,其中同步式结构触发器存在“空翻”的毛病,其他几种时钟触发器则克服了“空翻”毛病。

时序逻辑电路中介绍的常用数字部件有各种类型的计数器、寄存器和移位寄存器等。对大规模集成时序逻辑电路应注意它们的特点及扩展应用。

存储器可分 ROM(包括 PLA)和 RAM 两大类,应了解它们的基本结构及扩展应用。

第四部分由第九章构成。数字电路中除构成数字逻辑电路的组合电路和时序电路外,还有一种脉冲电路。脉冲电路主要研究脉冲的产生、变换和测量,第九章主要叙述这方面的内容。

脉冲的产生电路是多谐振荡器,脉冲的整形电路是单稳态触发器和施密特触发器。

本章中介绍了各种类型的单稳、多谐、施密特电路的构成和应用,尤其着重介绍了用 555 集成芯片构成的脉冲产生与整形电路。

第五部分由第十章构成。数模和模数转换器是数字系统中不可缺少的组成部分,也是计算机用于工业控制的重要接口电路。除计算机应用外,模数转换器是所有数字测量仪器

的核心,在数字通信和遥控遥测系统中数模和模数转换器也是不可缺少的组成部分。

本章重点介绍了数模和模数转换器的基本概念和主要参数。在数模转换器中常用的有 $R-2R$ 梯形电阻网络 DAC 及倒梯形电阻网络 DAC,还有权电阻求和网络 DAC;在模数转换器中常用的有并行比较型 ADC、双积分型 ADC 及逐次比较型 ADC。应了解它们的电路形式及工作原理。

三、基本概念、理论及技能

1. 基本概念

- ①各种数制、码制及它们之间的相互转换。
- ②“与”、“或”、“非”基本逻辑概念、正负逻辑概念及各种逻辑门电路符号及逻辑关系。
- ③以 TTL 为主的双极型门电路的特性和参数。
- ④NMOS、PMOS、CMOS 反相器和各种功能门电路的构成特点及特性参数。
- ⑤中大规模集成电路的概念、特点和扩展应用。
- ⑥组合逻辑电路的基本概念及各种表达形式(真值表、卡诺图、逻辑函数表达式、逻辑图等)。
- ⑦各种组合逻辑电路(半加器、全加器、译码器、编码器、数据选择器及数据分配器等)的概念、组成结构及扩展应用。
- ⑧触发器的性质、功能、结构和触发方式。
- ⑨时序逻辑电路的基本概念及各种表达形式(如功能真值表、激励表、状态转换图、特性方程和波形图等)。
- ⑩各种时序逻辑电路(各种类型计数器、寄存器、移位寄存器及分频器等)的概念,组成结构及其扩展应用。
- ⑪脉冲产生(多谐振荡器)与整形(施密特触发器和单稳态触发器)的基本概念及其主要参数。
- ⑫存储器的概念、分类及其各种类型存储器(ROM、PLA、RAM)的特点和应用。
- ⑬数模转换器的基本概念和参数,典型数模转换器(权电阻求和网络 DAC、 $R-2R$ 梯形电阻网络 DAC 及倒梯形电阻网络 DAC)的电路结构和转换特性。
- ⑭模数转换器的基本概念和参数。典型模数转换器(并行比较型 ADC、逐次比较型 ADC、双积分型 ADC)的电路结构和转换特性。

2. 基本理论

- ①二极管、三极管及 MOS 管在开关运用下的静态特性和动态特性。
- ②逻辑代数基本定律、公式及定理。
- ③逻辑函数的代数化简法的理论依据及具体方法。
- ④逻辑函数的卡诺图化简的理论依据及具体方法。
- ⑤组合逻辑电路分析、设计的理论依据及具体方法。
- ⑥时序逻辑电路分析的理论依据及具体方法;同步时序逻辑电路设计的理论依据及具

体方法。

⑦ 2^n 进制计数器(包括加、减、可逆和同步、异步各种类型)构成的特殊规律和特殊方法。

⑧用“反馈复位法”和“反馈预置法”构成任意进制计数器的理论和方法。

⑨时序电路有无“自启动能力”的分析方法。移位寄存器构成环形、扭环形及 $2n - 1$ 奇数计数器的原理和方法。

⑩ROM 和 PLA 结构上的异同及构成方法。

⑪“暂稳态”的概念及暂稳态时间的计算方法。“回差”的概念及回差的计算方法。

⑫“等效叠加原理”及其在数模转换器中的应用。“逐次逼近法”和“双积分法”在模数转换器中的应用。

3. 基本技能

①熟练进行各种数制、码制之间的变换。

②掌握常用数字集成电路的外特性及逻辑功能的测试方法。

③具有查阅数字集成电路产品手册的初步能力,能合理地选用所需电路。

④能熟练地进行逻辑函数的化简(用代数法和卡诺图法)。

⑤能正确地进行组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析。

⑥能正确地进行组合逻辑电路、 2^n 进制计数器、同步时序逻辑电路的设计,使之符合预定的逻辑设计要求。

⑦能正确使用集成电路芯片,并进行功能扩展。

⑧能构成实用的单稳、多谐和施密特电路,并使它们的参数符合预定的功能要求。

⑨正确地选择和使用各种 DAC 和 ADC 芯片,使之符合预定的要求。

⑩在课程实验中,初步学会正确使用万用表、逻辑试验仪、示波器、稳压源和脉冲信号发生器。会用集成芯片构成各种简单的数字电路,并能进行检测和调试。

四、重点、难点讲解

第一章 数字电子技术概述

本章是数字逻辑电路的基础知识,主要分为两部分:第一,半导体器件的开关特性;第二,数制和码制。前者需要具备电工电子学知识,后者是数字系统的运算基础。尽管难度不大,却十分重要,因为它们直接影响到后面内容的理解与掌握。

1. 二极管的开关特性

①主要特性:单向导电性。即加正向电压时二极管导通,管压很小(硅管为 $0.7V$,锗管为 $0.3V$)。加反向电压时,二极管截止,管压很大(反向电阻 R_D 很大)。如图 1-1 所示。

②计算公式:

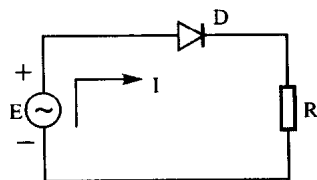


图 1-1 二极管的单向导电性

正向导通时 $R_D \doteq 0$, $V_D \doteq 0.7V$ (或 $0.3V$)

$$I = \frac{E - 0.7}{R} \doteq \frac{E}{R}$$

反向截止时: $R_D \doteq \infty$, $I \doteq 0$, $V_D \doteq E$ 。

③影响二极管动态特性的主要参数是反向恢复时间 t_r 。

2. 三极管的开关特性

①三种工作状态(如图 1-2 所示):设死区电压为 $0.5V$, PN 结的正向导通压降为 $0.7V$ 。

1) 当 $v_I < 0.5V$ 时, 三极管处于截止状态。集电结、发射结均反偏。

计算公式:

$$i_b \doteq i_e \doteq i_c \doteq 0, v_c \doteq E_C$$

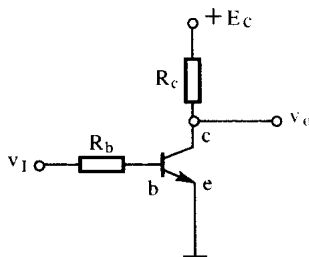


图 1-2 三极管电路

2) 当 v_I 增加且 $v_I > 0.5V$ 时, 三极管进入放大状态。集电结反偏而发射结正偏。

计算公式:

$$i_c \doteq \frac{E_C}{R_C}, \quad i_E = i_B + i_C = (1 + \beta)i_B,$$

$$v_{ce} \doteq E_C - i_C R_C > v_{be} \quad (\text{此时 } v_{be} \doteq 0.7V)$$

随 v_I 增加, i_B 和 i_C 增加, v_{ce} 下降, 当 $v_{ce} = E_C - i_C R_C = v_{be} = 0.7V$ 时, 三极管达到临界饱和点:

计算公式:

$$v_{ce} = E_C - i_C R_C = v_{be} = 0.7V, \text{ 即 } v_c = v_b$$

设临界点的值用 i_{CS} 、 i_{BS} 表示, 则有:

$$i_{CS} = \frac{E_C - 0.7}{R_C}, \quad i_{BS} = \frac{i_{CS}}{\beta}$$

3) 当 v_I 继续增加时, 三极管进入饱和状态, 集电结、发射结均正偏。

计算公式:

$$i_c \doteq E_C/R_C, \quad i_E = i_B + i_C \neq (1 + \beta)i_B$$

$i_B > i_{BS}$, $v_{ce} \doteq 0.3V$ (饱和压降, 硅管为 $0.3V$, 锗管为 $0.1V$)

这部分典型题解详见本书第三部分。

②影响三极管开关速度的最重要因素是存储时间 t_s 。

3. MOS 管的开关特性

设 MOS 管(如图 1-3 所示)的开启电压为 V_T , 则有:

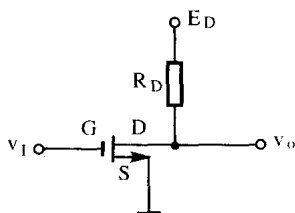


图 1-3 MOS 管电路

①当 $v_{GS} < V_T$ 时, MOS 管工作在截止状态:

计算公式:

$$i_{DS} \doteq 0, \quad v_{DS} \doteq E_D$$

②当 $v_{GS} > V_T$ 时, MOS 管工作在导通状态。

计算公式:

$$i_{DS} = \frac{E_D}{R_D + r_{DS}}, \quad v_{DS} = \frac{E_D}{R_D + r_{DS}} \cdot r_{DS} \doteq 0$$

③MOS 管的开关运用特性。要求理解 MOS 管的开关作用和它们相应的等效电路,要掌握它的两个重要参数:跨导 g_m 和开启电压 V_T ,弄清在什么条件下 MOS 管能开启导通,在什么条件下 MOS 管截止。增强型 NMOS 管,若其栅源电压 v_{GS} 大于其开启电压 v_{TN} ,则管子导通,否则就截止。增强型 PMOS 管,若其栅源电压绝对值 $|v_{GS}|$ 大于其开启电压绝对值 $|v_{TP}|$,则管子导通,否则就截止。请注意增强型 PMOS 管的栅源电压应为负,因为其开启电压 v_{TP} 也是负值。

当 MOS 管在开关状态间转换时,决定其充放电时间的主要因素是负载杂散电容的充放电时间,这是因为 MOS 管导通时的漏源电阻 r_{DS} 要比晶体三极管饱和电阻 r_{CE} 大得多。

4. 数制和码制

重点掌握各种计数进位制的表示方法,计数体制和相互间的转换。特别要注意各进制数间小数的转换方法。

各种数制的正数均可用下面的表达式表示:

$$(N)_R = \sum_{i=0}^n K_i \times R^i$$

其中 R 表示基数,二进制、十进制、十六进制分别为 2、10、16; m 、 n 为 $-\infty$ 到 $+\infty$ 间任意整数; K_i 为基数 R 的 i 次幂的系数,二进制可为 0 或 1,十进制可为 0~9 中任意数,十六进制可为 0~9、A、B、C、D、E、F 等十六个数中的任意数。

若将二进制数或十六进制数转换为十进制数可用按权相加法。

对于码制,重点是十进制码(即各种 BCD 码),并比较相互间的区别及特点。

常用 BCD 编码表

十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
8421BCD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	×	×	×	×	×	×
5421BCD	0	1	2	3	4	×	×	×	5	6	7	8	9	×	×	×
余 3 码	×	×	×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	×	×	×
G 码	0	1	3	2	7	6	4	5	×	×	×	×	8	9	×	×

第二章 逻辑电路的分析基础

逻辑代数是分析和设计数字电路的重要数学工具,与普通代数有着本质区别。它的核心内容是八个基本定律、四个常用公式和三项重要规则。现补充说明若干内容如下:

1. 异或运算

异或逻辑可表示为: $F = A\bar{B} + \bar{A}B = A \oplus B$,它具有下列特点:

$$\textcircled{1} F = A\bar{B} + \bar{A}B = \overline{A\bar{B} \cdot \bar{A}B}$$

$$= (\bar{A} + B)(A + \bar{B}) = AB + \bar{A}\bar{B} = A \odot B$$

称 $A \odot B$ 为同或逻辑。由此可知,异或和同或互为反函数。

$$\textcircled{2} F = A_1 \oplus A_2 \oplus A_3 \oplus \cdots \oplus A_n, \text{当 } n \text{ 个变量中有奇数个“1”时, } F = 1, \text{偶数个“1”时 } F = 0.$$

$\textcircled{3}$ 实际异或门只有两个引脚,当 $F = A \oplus B \oplus C$ 时,可按图 1-4 连接:

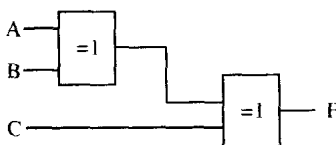


图 1-4 异或门的连接

$\textcircled{4}$ 异或门的特殊应用:

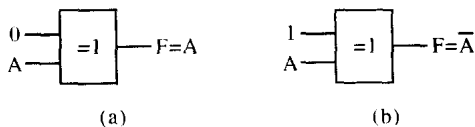


图 1-5 异或门的特殊用法

即图 1-5(a) 相当于传输门,图 1-5(b) 相当于非门。

$\textcircled{5}$ 异或运算中几个非常有用的等式:

$$1) A \oplus A = 0, A \oplus \bar{A} = 1, A \oplus 0 = A, A \oplus 1 = \bar{A}$$

$$2) A \oplus \bar{B} = A \odot B = \bar{A} \oplus B = A \oplus B \oplus 1$$

$$3) A \oplus B = B \oplus A, A \oplus (B \oplus C) = (A \oplus B) \oplus C$$

$$4) A \cdot (B \oplus C) = AB \oplus AC$$

$$5) \overline{A_1 \oplus A_2 \oplus \cdots \oplus A_n} = A_1 \odot A_2 \odot \cdots \odot A_n (n \text{ 为偶数时})$$

$$A_1 \oplus A_2 \oplus \cdots \oplus A_n = A_1 \odot A_2 \odot \cdots \odot A_n (n \text{ 为奇数时})$$

2. 三个重要规则

教材 § 2.6 节里讨论了对偶规则,实际上还有两个非常重要的规则,简述如下:

$\textcircled{1}$ 代入规则:任一逻辑等式中,等式两边所有相同的变量都代之以相同的函数,则此等式仍然成立。

例:对狄·摩根定律: $\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$

设 $A = C + D$

则有: $\overline{C+D+B} = \overline{C+D} \cdot \overline{B} = \overline{C} \cdot \overline{D} \cdot \overline{B}$

同理可证明,对 n 个变量,上述反演律仍然成立。

②反演规则:已知任一逻辑函数 L ,若将 L 中所有的“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”,“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”,“ 0 ”换成“ 1 ”,“ 1 ”换成“ 0 ”,原变量换成反变量,反变量换成原变量,则所得到的函数式称之为 L 的反函数,用 $\overline{L}$ 表示。

例: $L = A + B + C$ 则 $\overline{L} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$

利用狄·摩根定律: $\overline{L} = \overline{A + B + C} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$

由此得,反演规则是狄·摩根定律的推广。应用时注意两个问题:1)除单个反变量换成原变量外,其余“反”号保留;2)运算的先后次序不能变,必要时加括号。

例: $L = \overline{AB + CD}$

则 $\overline{L} = \overline{(\overline{A + B}) \cdot (\overline{C + D})}$

③三个规则的主要用途

代入规则:在函数相等概念的配合下,各公式都可以推广变量的个数。

反演规则:简化了反函数式的求解步骤,使狄·摩根定律得到灵活应用。

对偶规则:使公式推导的数量减少一半,也即公式的记忆数量减少一半。

3. 正逻辑与负逻辑

理解正逻辑规定是高电平为“1”,低电平为“0”;负逻辑规定是高电平为“0”,低电平为“1”。正与门相当于负或门,正或门相应于负与门,正非门相当于负非门。

4. 八条基本定律、四个基本公式

逻辑代数有八条基本定律,其中交换律、结合律、分配律与普通代数相似。对于另一类反映变量和常量关系的定律(01律和互补律),理解了逻辑变量的概念就很容易记住。逻辑代数的三个特殊定律中,重迭律($A \cdot A = A$; $A + A = A$)和否定律($\overline{\overline{A}} = A$)较简单,易记住和运用,而其中的反演律(狄·摩根定律 $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$; $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$),在逻辑代数化简中常被应用,应花功夫去记忆它。

逻辑代数有四个基本公式,它们都是由与、或、非的基本运算及八条基本定律推得的,它们均是逻辑函数的代数法化简的依据,因此应熟练地记忆和运用,要牢记它们的基本形式:

$$\textcircled{1} AB + A \overline{B} = A$$

$$\textcircled{2} A + AB = A$$

$$\textcircled{3} A + \overline{A}B = A + B$$

$$\textcircled{4} AB + \overline{A}C + BC = AB + \overline{A}C$$

第三章 集成逻辑门电路

集成逻辑门电路是构成组合逻辑电路的基本单元电路,在本章中介绍了集成逻辑门的分类及典型的双极型门电路——TTL、 I^2L 、ECL门;典型的单极型门电路——NMOS、PMOS、CMOS门。

通过本章的学习应重点掌握TTL与非门及其它功能的TTL门;NMOS反相器及逻辑门和CMOS反相器及逻辑门。本章的难点是TTL与非门。

具体来说,通过本章学习,应掌握以下内容:

1. TTL 与非门

TTL 与非门由输入级、中间倒相级和推拉输出级构成,如图 1-6 所示。

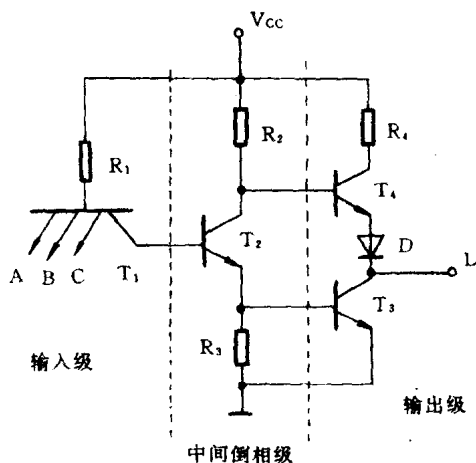


图 1-6 TTL 与非门

当多发射头三极管 T_1 的输入信号 A、B、C 全为高电平时, T_1 管处于倒置放大状态, T_2 、 T_3 管饱和导通, T_4 、D 截止, 输出 L 为低电平。

当多发射头三极管 T_1 的输入信号 A、B、C 中有低电平时, T_1 管处于特殊深饱和, T_2 、 T_3 管截止, T_4 、D 导通, 输出 L 为高电平。

因此, 按正逻辑规定这是一个“全 1 出 0, 有 0 出 1”的与非门。其逻辑门符号如图 1-7 所示。

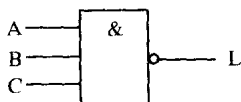


图 1-7 与非门符号

此门输入端如悬空, T_2 、 T_3 管仍能饱和导通, T_4 、D 截止, 输出低电平, 因此在 TTL 门电路中, 输入悬空, 相当于接高电平。

2. 电压传输特性

如图 1-8 所示, 若在 A、B、C 输入端加入不同的输入电压 U_i , 可在 L 输出端测得相应于输入电压的输出电压 U_o , 然后在直角坐标内, 将对应 U_i 的 U_o 值用特性曲线表示出来, 这就是此与非门的电压传输特性 $U_o = f(U_i)$, 这种门电路性能的描述法, 对其它门电路也有普遍意义。

此外, 在 TTL 与非门介绍过程中谈到的输入信号噪声容限、扇入数、扇出数、平均延迟时间等参数对其他门电路也有普遍的意义, 应搞清它们的定义。

输入信号的噪声容限有两个:

①输入低电平噪声容限 V_{NL} , $V_{NL} = V_{OFF} - V_{IL}$, 式中 V_{OFF} 是关门电平, V_{IL} 是输入标准低电平。

②输入高电平噪声容限 V_{NH} , $V_{NH} = V_{IH} - V_{ON}$, 式中 V_{ON} 是开门电平, V_{IH} 是输入标准高电平。

当输出电压 $U_O = 0.9V_{OH}$ 时所对应的输入电压 U_I 的最大值称为逻辑门的关门电平 V_{OFF} , 当输出电压 $U_O = V_{OL}$ 时所对应的输入电压最小值称为逻辑门的开门电平 V_{ON} 。

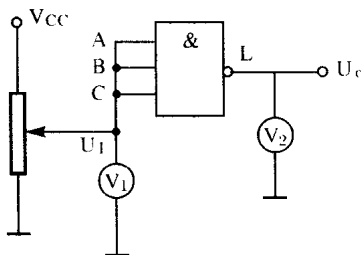


图 1-8 与非门的输入、输出

3. OC 门及三态门

在 TTL 门中,介绍了两种特殊门电路:OC 门和三态门,对它们的逻辑符号的含义和逻辑功能真值表,也必须牢记。集电极开路门(“OC”门)有构成“母线”传输、“线与”逻辑及实现电平转换的典型应用,三态门也可构成“母线”传输。

4. MOS 管

在单极型门电路中,应熟悉 MOS 管的两个重要参数:开启电压 V_T 及跨导 g_m ,并能运用它们解释 NMOS、PMOS、CMOS 反相器及各种门电路的工作原理。

单沟道 NMOS 管、PMOS 管在构成各种门电路时,工作管相串,起“与”的作用;工作管相并,起“或”的作用;工作管先串后并,则先“与”后“或”;工作管先并后串,则先“或”后“与”,经过一个负载管就反一次相。根据这个连接规律,可以从电路分析出它的功能,或者反过来,知道逻辑函数能构成各种门电路。

对 PMOS 门电路和 NMOS 门电路,应知道它们在结构和功能上的异同,以便进行功能分析和组成各种功能门电路。

第四章 逻辑函数及其化简

分析与设计数字系统的基本工具是真值表、卡诺图、逻辑函数表达式、逻辑电路图、状态转移图等。前四种在本章均作了介绍,它们都可以表示同一种逻辑关系,但特点各有不同。比如在表示逻辑关系中,真值表直观,卡诺图便于化简,表达式可以进行逻辑代数运算,逻辑电路图方便对电路中各点信号进行分析。学习中应注意区别各种逻辑关系表示方法的不同点及应用场合。

1. 逻辑函数的建立

熟悉和掌握逻辑函数的建立过程,实际上这也是逻辑函数的设计过程。首先应仔细推