

高等学校教学参考书

数字电子技术基础

第四版

教师手册

清华大学电子学教研组

阎石 王红 编

12



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

IN 78-12
Y 47
高等学校教学参考书



A1107904

数字电子技术基础

第四版

教师手册

清华大学电子学教研组

阎石 王红 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是为配合清华大学电子学教研组编、阎石主编的《数字电子技术基础》(第四版)教材使用而编写的教师手册。内容包括文字和光盘两部分。文字部分主要有:教材的使用说明,各章的重点、难点和教学要求,学时分配(建议方案)以及各章的习题解答;光盘中的内容有:教材各章正文的全部插图和 Multisim 使用简介。

本手册使用对象主要是电气、电子信息类专业教师,也可供相关专业的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础(第四版)教师手册/阎石,王红
编. —北京:高等教育出版社,2003.6
ISBN 7-04-011845-9

I. 数... II. ①阎... ②王... III. 数字电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 014562 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 中国青年出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 10.25
字 数 180 000

版 次 2003 年 6 月第 1 版
印 次 2003 年 6 月第 1 次印刷
定 价 35.00 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本手册是为配合《数字电子技术基础》(第四版)(阎石主编,高等教育出版社出版)的使用而编写的。书中包括教材的使用说明,各章的重点、难点和教学要求,总学时为 60 学时的讲课时分配(建议方案),以及各章习题的解答。鉴于 Multisim/EWB 是目前比较适合于在数字电子技术课程教学中使用的一种 EDA 软件,所以手册中编入了 Multisim 2001 使用方法的简要说明。《数字电子技术基础》(第四版)的习题当中,有些题目既可以手工求解,也可以使用 Multisim 在计算机上求解。在这些题目的前面,都加注了 。有些设计性习题的设计结果可以用 Multisim 进行验证,在这些题目的前面,都加注了 。

此外,为便于讲课教师制作投影胶片和电子课件,在手册的最后还附加了一张光盘。其中收录了《数字电子技术基础》(第四版)各章正文中的全部插图和 Multisim 使用简介的电子讲稿。

手册内容的 I、II、III、IV 部分由阎石编写,第 V 部分由王红编写。光盘的制作由常丽英协助完成,并且得到了华成英教授的指导和帮助。光盘中插图文件的管理,采用了华成英教授设计的、在《模拟电子技术基础(第三版)教师手册》的光盘中使用的框架。在手册出版之际,谨向所有给予我们关心、帮助和支持的同志们表示衷心的感谢。

虽然手册的部分内容试用过,但一定还会有错误或不妥之处,欢迎读者批评指正。

编者

2002 年 11 月

责任编辑	章浩平
策划编辑	韩颖
封面设计	张楠
责任绘图	郝林
版式设计	马静如
责任校对	殷然
责任印制	韩刚

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 82028899 转 6897 (010) 82086060

传真：(010) 82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮编：100011

购书请拨打读者服务部电话：(010) 64054588



A1107904



目 录

I	《数字电子技术基础》(第四版)使用说明	1
II	各章的重点、难点和教学要求	3
III	讲课学时分配	8
IV	各章习题解答	9
	第一章 逻辑代数基础	9
	第二章 门电路	26
	第三章 组合逻辑电路	40
	第四章 触发器	59
	第五章 时序逻辑电路	75
	第六章 脉冲波形的产生和整形	96
	第七章 半导体存储器	112
	第八章 可编程逻辑器件	121
	第九章 数-模和模-数转换	129
V	Multisim 2001 使用简介	140
	第一节 Multisim 概貌	140
	第二节 Multisim 对元器件的管理	146
	第三节 输入并编辑电路	148
	第四节 虚拟仪器及其使用	150
	第五节 电路实例	153

I 《数字电子技术基础》(第四版)

使用说明

本书是为高等学校电气信息类、仪器仪表类各专业开设数字电子技术基础课程所编写的教材。同时,也适合机械类、能源动力类、材料类中对电子技术要求较高的专业作为数字电子技术课程的教材使用。

- 要求先修的课程是电路原理。

- 考虑到有些学校在安排教学计划时有先上数字电路、后上模拟电路的要求,在教材的第四版中适当增加了一些有关半导体二极管、三极管和理想运算放大器的基本知识,这样无论是否已经学过模拟电子技术基础课程,都可以用这本书作为数字电子技术基础课程的教材。

- 数字电子技术基础是一门入门性质的技术基础课程。开设这门课程的目的使学生掌握数字电子技术最基本的基础知识,以便为今后进一步学习和应用电子技术打下基础。由于数字电子技术的应用领域极其广阔,具体的应用电路更是层出不穷,所以教学的重点始终应该放在数字电路的基本概念、基本原理、基本的分析方法和设计方法以及常用电子器件的使用方法上。

- 对于各种数字电子电路器件,本书讨论的主要是这些器件的应用,而不是这些器件本身的设计和制造工艺。教学的重点应放在这些器件的外特性(包括逻辑功能和电气特性)及其应用上。虽然书中也给出了一些典型集成电路的内部电路结构或逻辑图,但其目的是为了帮助读者更好地理解 and 掌握它们的外部特性和使用方法。

- 因材施教是教学的基本原则之一。不同的教学班级在学生的水平、教学要求、学时的多少上不可能完全一样。因此,讲课教师需要根据实际情况对教材的内容作适当的取舍。书中的内容大体上可以分为三类:

第一类是属于基本概念、基本原理、基本的分析方法和设计方法的内容。这些是要求学生必须掌握的重点内容。

第二类是属于扩展知识面的内容。了解这些内容可以使学生开阔视野、拓宽思路,但不必深究,“知道”即可。为了节省讲课学时,也可以让学生自己阅读这些内容而不必在课堂上讲解。

第三类是书中打*号的部分。这是一些相对次要的或者要进一步深入学习

的内容。在学时不多或要求不高的情况下,首先应删减这些内容。删去这些内容不影响理论体系的完整性和内容的连贯性。

II 各章的重点、难点和教学要求

(这里所说的难点是指重点内容中的难点,不包括非重点内容中的难点。)

第一章 逻辑代数基础

逻辑代数是本书中分析和设计数字逻辑电路时使用的主要数学工具,所以把它安排在第一章。本章的重点内容有:

1. 逻辑代数的基本公式和常用公式;
2. 逻辑代数的基本定理;
3. 逻辑函数的各种表示方法及相互转换;
4. 逻辑函数的化简方法;
5. 约束项、任意项、无关项的概念以及无关项在化简逻辑函数中的应用。

“最小项”和“任何一个逻辑函数式都可以化为最小项之和形式”是两个非常重要的概念,在逻辑函数的化简和变换中经常用到。而“最大项”用得很少,不是本章的重点内容。

这一章里没有太难掌握的内容。稍微难理解一点的是约束项、任意项、无关项这几个概念。建议讲授过程中多举几个例子,这样可以加深对这几个概念的理解。

第二章 门 电 路

虽然这一章讨论的只是门电路的外特性,但无论集成电路内部电路多么复杂,只要它们和这一章所讲的门电路具有相同的输入、输出电路结构,则这里对输入、输出特性的分析对它们也同样适用。因此,这一章是全书对电路进行分析的基础。

本章的重点内容包括以下三个方面:

1. 半导体二极管和三极管(包括双极型和 MOS 型)开关状态下的等效电路和外特性;
2. TTL 电路的外特性及其应用;
3. CMOS 电路的外特性及应用。

为了正确理解和运用这些外特性,需要了解 TTL 电路和 CMOS 电路的输入电路和输出电路结构及它们的工作原理。内部的电路结构不是重点内容。鉴于 CMOS 电路在数字集成电路中所占的比重已远远超过了 TTL 电路,建议在讲授时适当加大 CMOS 电路的比重,并相应压缩 TTL 电路的内容。

其他类型的双极型数字集成电路属于扩展知识面的内容。第 2.8 节两种集成电路的接口问题可以作为学生自学时的阅读材料。

TTL 电路的外特性是本章的一个难点,同时也是一个重点。尤其是输入端采用多发射极三极管结构时,对输入特性的全面分析比较复杂。从实用的角度出发,只要弄清输入为高/低电平时输入电流的实际方向和数值的近似计算就可以了。

第三章 组合逻辑电路

组合逻辑电路和时序逻辑电路是学生必须掌握的两个基本概念。因为组合逻辑电路无论在电路结构和逻辑功能上,还是在设计方法上,都比时序逻辑电路简单,而且时序逻辑电路中往往还包含有组合逻辑电路,所以需要首先讲组合逻辑电路。本章的重点内容有:

1. 组合逻辑电路在电路结构和逻辑功能上的特点;
2. 组合逻辑电路的设计方法;
3. 常用中规模集成的组合电路器件的应用;
4. 竞争-冒险现象及其成因,消除竞争冒险现象的方法。

设计组合逻辑电路时,根据具体情况可以选用 SSI、MSI 器件或 PLD 来实现。

本章只论用标准化的 SSI、MSI 器件设计组合电路的方法,用 PLD 设计组合电路的方法在第八章中介绍。

关于竞争-冒险问题应着重讲清这种现象的物理本质和产生的原因。至于消除竞争-冒险现象的方法,有一般的了解就够了。

这一章里没有可以算得上难点的内容。书中给出的所有 MSI 器件的内部逻辑电路都不需要记忆,能读懂就行了。

第四章 触 发 器

本章的重点内容有:

1. 各种电路结构的触发器所具有的动作特点;
2. 触发器逻辑功能的分类和触发器逻辑功能的描述方法。

要注意区分触发器的电路结构和逻辑功能这两个不同的概念。

由于在构成应用电路时触发器已经被视为一种基本的逻辑单元,所以本章的重点是讨论它们的外部特性,而不在于内部电路的具体结构和内部各部分的详细工作过程。虽然书中也讲到了各种触发器的电路结构,但目的完全是为了帮助读者理解每种触发器为什么会有这样的动作特点。

由于动作特点的不同,不同电路结构的两个触发器即使逻辑功能相同,在同样的输入信号作用下得到的输出可能是不同的。因此,不一定能互换使用。为了能够正确地使用触发器电路,了解它们的动作特点是必要的。这些具体的电路结构并不需要记忆。

触发器的动态特性不作为本章的重点内容。但是,作为一个基本的概念,还是应该让学生知道,为了保证触发器能正常、可靠地工作,对输入信号和时钟信号的作用时间以及它们之间在时间上的配合关系是有一定要求的。

本章的难点在于如何讲清楚每种触发器的电路结构为什么会导致这样的动作特点。因为我们后面用到的只是这些动作特点的结论,所以只要在每一种动作特点的触发器当中选一种简单易懂的电路结构说明这种动作特点,而其他的电路结构只需指出属于哪一种动作特点就可以了。

第五章 时序逻辑电路

在学过第三章组合逻辑电路和第四章触发器的内容以后,就可以学第五章内容了。这一章的重点内容有:

1. 时序逻辑电路在电路结构和逻辑功能上的特点,以及逻辑功能的描述方法;
2. 同步时序逻辑电路的分析方法和设计方法;
3. 常用的中规模集成时序逻辑电路器件的应用。

同步时序逻辑电路的分析方法和设计方法既是本章的一个难点,又是一个重点。这些方法不仅适于用中、小规模器件设计时序逻辑电路,而且也是第八章中使用可编程逻辑器件设计时序逻辑电路所必须具备的基础知识。

异步时序逻辑电路的分析方法和设计方法、时序逻辑电路的自启动设计以及时序逻辑电路中的竞争-冒险问题都属于进一步深入的问题,不作为课程的基本要求。不过,最好还是让学生建立这样一个概念,即时序逻辑电路中同样也存在竞争-冒险现象。

第六章 脉冲波形的产生和整形

和前面的几章不同,这一章讲的不是逻辑电路,而是脉冲电路。因为在构成数字系统时必须用到一些脉冲电路(例如最常见的时钟信号发生电路),而目前几乎所有学校的教学计划中都没有脉冲技术这门课程,所以把矩形脉冲信号的产生和整形也作为数字电子技术基础课程内容的一部分。本章的重点内容有:

1. 施密特触发器、单稳态触发器、多谐振荡器典型电路的工作原理,以及电路参数和性能的定性关系;

2. 555 定时器的应用;

3. 脉冲电路的分析方法。

分析脉冲电路时使用的是分析非线性电路过渡过程的方法,而且在分析电路时必须考虑集成电路在不同工作状态下输入端和输出端的等效电路。因此,脉冲电路的分析方法是本章的难点。

压控振荡器属于进一步深入的内容,不作为课程的基本要求。

第七章 半导体存储器

本章的重点内容为:

1. 存储器的基本工作原理、分类和每种类型存储器的特点;

2. 扩展存储器容量的方法;

3. 用存储器设计组合逻辑电路的原理和方法。

因为存储器几乎都作成 LSI 器件,所以这一章的重点内容是如何正确使用这些器件。存储器内部的电路结构不是课程的重点。

动态存储器和串行存储器不属于基本要求的内容。

第八章 可编程逻辑器件(PLD)

PLD 在逻辑电路的基本原理上没有需要讲的新内容。本章的重点在于介绍 PLD 的特点和应用。重点内容有:

1. PLD 的基本特征、分类以及每种类型的特点;

2. 用 PLD 设计逻辑电路的过程和需要用的开发工具。

PLD 内部的详细结构和工作过程不是教学重点。

在讲授 PLD 开发工具时,如能与实验课配合,结合本校实验室配备的开发工具讲解更好。

第九章 数 - 模和模 - 数转换

本章重点内容有:

1. D/A 转换器的基本工作原理(包括双极性输出),输入与输出关系的定量计算;

2. A/D 转换器的主要类型(并联比较型、逐次渐近型、双积分型),它们的基本工作原理和综合性能的比较;

3. D/A、A/D 转换器的转换速度与转换精度及影响它们的主要因素。

在讲授 D/A 转换器时,建议以一种电路(例如倒 T 形 D/A 转换器)为例,讲清 D/A 转换的基本原理和输出电压的定量计算,其他各种 D/A 转换器电路作为一般性了解的内容简单介绍一下就够了。

由于目前使用的 D/A、A/D 器件都是 LSI 电路,所以讲授的重点在转换原理及器件应用方法上,而不在于器件内部详细的结构及工作过程。

本章的难点在一些 A/D 转换器内部电路结构和详细工作过程上,但这不是本章学习的重点。而且,书中给出的这些电路结构图只是示意性的框图,因而有一个大概的了解就可以了。

III 讲课学时分配

由于每个教学班的具体要求、总学时数、先修课程情况以及学生水平不同,所以学时分配也应该有所区别,具有很大的灵活性。若讲课的总学时数为 60,可考虑按下表所示分配学时(仅供参考)。

讲课内容	学时数
绪论	1
第一章 逻辑代数基础	7
第二章 门电路	10
第三章 组合逻辑电路	6
第四章 触发器	6
第五章 时序逻辑电路	10
第六章 脉冲波形的产生和整形	8
第七章 半导体存储器	2
第八章 可编程逻辑器件	4
第九章 数-模和模-数转换	6

IV 各章习题解答

说明:

① 除了第一、二章以外,其他各章的习题中设计性的题目占有很大的比重。由于多数设计性习题的答案不是惟一的,所以这里给出的解答只是其中的一种,不能作为判断正、误的惟一标准。

② 有些题目不仅适合于手工求解,也适合于作为计算机辅助分析和设计的习题。在这些题目的前边都加注了 , 可以用 EDA 软件(例如 Multisim/EWB)求解。还有一些习题可以用该软件进行验证,在这些题目的前面都加注了 。

第一章 逻辑代数基础

[题 1.1] 将下列二进制数转换为等值的十六进制数和等值的十进制数。

- (1) $(10010111)_2$; (2) $(1101101)_2$;
(3) $(0.01011111)_2$; (4) $(11.001)_2$ 。

[解]

- (1) $(10010111)_2 = (97)_{16} = (151)_{10}$
(2) $(1101101)_2 = (6D)_{16} = (109)_{10}$
(3) $(0.01011111)_2 = (0.5F)_{16} = (0.37109375)_{10}$
(4) $(11.001)_2 = (3.2)_{16} = (3.125)_{10}$

[题 1.2] 将下列十六进制数化为等值的二进制数和等值的十进制数。

- (1) $(8C)_{16}$; (2) $(3D.BE)_{16}$
(3) $(8F.FF)_{16}$; (4) $(10.00)_{16}$ 。

[解]

- (1) $(8C)_{16} = (10001100)_2 = (140)_{10}$
(2) $(3D.BE)_{16} = (111101.1011111)_2 = (61.7421875)_{10}$
(3) $(8F.FF)_{16} = (10001111.11111111)_2 = (143.99609375)_{10}$
(4) $(10.00)_{16} = (10000.00000000)_2 = (16.00000000)_{10}$

[题 1.3] 将下列十进制数转换成等效的二进制数和等效的十六进制数。
要求二进制数保留小数点以后 4 位有效数字。

- (1) $(17)_{10}$; (2) $(127)_{10}$; (3) $(0.39)_{10}$;
(4) $(25.7)_{10}$ 。

[解]

- (1) $(17)_{10} = (10001)_2 = (11)_{16}$
(2) $(127)_{10} = (1111111)_2 = (7F)_{16}$
(3) $(0.39)_{10} = (0.0110)_2 = (0.6)_{16}$
(4) $(25.7)_{10} = (11001.1011)_2 = (19.B)_{16}$

[题 1.4] 写出下列二进制数的原码和补码。

- (1) $(+1011)_2$; (2) $(+00110)_2$; (3) $(-1101)_2$; (4) $(-00101)_2$ 。

[解]

- (1) $(+1011)_2$ 的原码和补码都是 **01011** (最高位的 0 是符号位)。
(2) $(+00110)_2$ 的原码和补码都是 **000110** (最高位的 0 是符号位)。
(3) $(-1101)_2$ 的原码是 **11101** (最高位的 1 是符号位), 补码是 **10011**。
(4) $(-00101)_2$ 的原码是 **100101** (最高位的 1 是符号位), 补码是 **111011**。

[题 1.5] 试总结并说出

- (1) 从真值表写逻辑函数式的方法;
(2) 从函数式列真值表的方法;
(3) 从逻辑图写逻辑函数式的方法;
(4) 从逻辑函数式画逻辑图的方法。

[解]

(1) 首先找出真值表中所有使函数值等于 1 的那些输入变量组合。然后写出每一组变量组合对应的一个乘积项, 取值为 1 的在乘积项中写为原变量, 取值为 0 的在乘积项中写为反变量。最后, 将这些乘积项相加, 就得到所求的逻辑函数式。

(2) 将输入变量取值的所有状态组合逐一代入逻辑函数式, 求出相应的函数值。然后把输入变量取值与函数值对应地列成表, 就得到了函数的真值表。

(3) 将逻辑图中每个逻辑图形符号所代表的逻辑运算式按信号传输方向逐级写出, 即可得到所求的逻辑函数式。

(4) 用逻辑图形符号代替函数式中的所有逻辑运算符号, 就可得到由逻辑图形符号连接成的逻辑图了。

■ [题 1.6] 已知逻辑函数的真值表如表 P1.6(a)、(b), 试写出对应的逻辑函数式。

[解] 表 P1.6(a) 对应的逻辑函数式为

$$Y = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$$

表 P1.6(b) 对应的逻辑函数式为

$$Z = \bar{M}\bar{N}PQ + \bar{M}NP\bar{Q} + \bar{M}NPQ + M\bar{N}P\bar{Q} + MNP\bar{Q} + MNPQ + MNPQ$$