

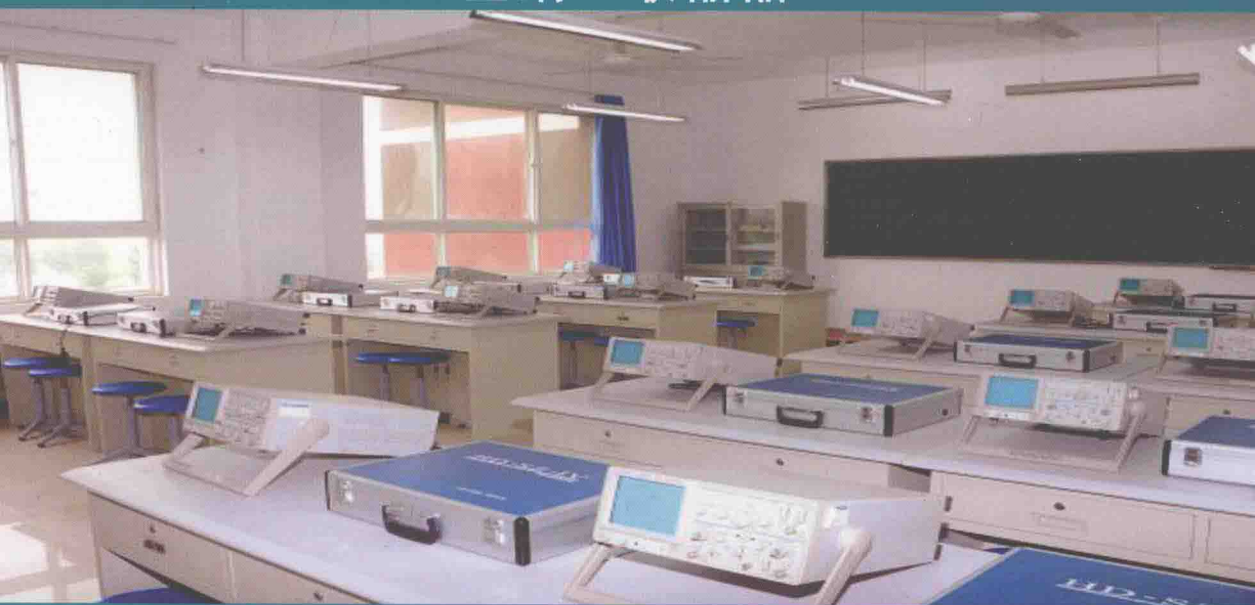


21 世纪精品规划教材系列

数字电子技术

SHU ZI DIAN ZI JI SHU

主编 © 耿晶晶



 吉林大学出版社

21 世纪精品规划教材系列

数字电子技术

主 编 耿晶晶

副主编 祝 勋 肖春华

参 编 卢高洁 刘新灵 桂 丹

 吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术 / 耿晶晶主编. — 长春 : 吉林大学出版社, 2015. 6
ISBN 978-7-5677-3976-5

I. ①数… II. ①耿… III. ①数字电路—电子技术—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 144923 号

书 名: 数字电子技术
作 者: 耿晶晶 主编

责任编辑: 唐万新 责任校对: 唐万新
吉林大学出版社出版、发行
开本: 787×1092 毫米 1/16
印张: 15 字数: 250 千字
ISBN 978-7-5677-3976-5

封面设计: 可可工作室
北京楠海印刷厂印刷
2015 年 8 月 第 1 版
2015 年 8 月 第 1 次印刷
定价: 32.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021
发行部电话: 0431-89580028/29
网址: <http://www.jlup.com.cn>
E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

本书坚持“以能力为本位,以职业实践为主线,以项目课程为主体的模块化专业课程体系”的总体设计要求,以典型电路的制作、装配和能力测试为基本目标,打破了传统学科体系的思路,紧紧围绕工作任务来选择和组织课程内容,在任务的引领下学习理论知识,让学生在实践活动中掌握理论知识,提高岗位职业能力。学习项目选取的基本依据是本门课程所涉及的工作领域和工作任务范围,但在具体编写过程中,还根据 IT 制造类专业的典型产品或服务为载体,使工作任务具体化,从而产生了具体的学习项目。

本书通过“任务驱动式”教学模式来体现知识、能力目标以及教学方法、手段、模式的改革,以培养学生数字电路知识的应用能力和操作技能为目标,紧密结合国家电子类职业技能认证大纲,通过典型、实用的操作项目形式,使学生从建立初步的感观认识,到学会对操作结果及出现的问题进行讨论、分析、研究,并得出结论,从而获得能力的提高。全书内容共分 6 个操作项目。本书可作为高等院校电子技术应用专业、电子信息专业、通信技术专业的教学用书和国家电子类职业技能认证的岗位培训教材,也可作为无线电爱好者自学用书。

本书的内容是按 54 学时理论教学配合 26 学时实践教学的要求编写的,考虑到各校各专业对本课程的教学时数规定不尽一致,且各专业对内容的要求也不尽相同,所以在本书使用时,可根据专业要求和学时数进行适当取舍和调整。

本书项目一由肖春华编写,项目二由耿晶晶、刘新灵编写,项目三、五由耿晶晶编写,项目四由耿晶晶、卢高洁编写,项目六由祝勋编写,项目六由耿晶晶、桂丹编写。

本书在编写过程中得到了武汉软件工程职业学院电子工程学院领导和老师的大力支持,在此深表感谢!

本书引用了许多文献资料,未能一一列出,在此深表谢意!

限于编者的水平,书中难免有错误和不足之处,衷心希望广大读者提出宝贵的意见,并对其不妥之处进行批评指正。

编 者
2015 年 5 月



目 录

项目一 简单数字电路认知	(1)
项目二 集成门电路认知	(19)
任务一 TTL 集成门电路认知	(20)
任务二 CMOS 集成门电路认知	(41)
项目三 组合逻辑电路认知	(51)
任务一 逻辑函数及化简方法分析	(52)
任务二 组合逻辑电路分析方法认知	(65)
任务三 常用组合逻辑器件认知	(73)
项目四 时序逻辑电路认知	(97)
任务一 触发器电路认知	(98)
任务二 寄存器电路认知	(120)
任务三 计数器电路认知	(128)
任务四 时序逻辑电路应用电路分析	(143)
项目五 脉冲产生与变换电路的认知	(150)
任务一 555 集成定时器认知	(151)
任务二 555 集成定时器基本应用电路	(154)
项目六 DA、AD 转换电路	(169)
任务一 DA 转换电路认知	(170)
任务二 A/D 转换电路认知	(177)
项目七 存储器和可编程逻辑器件认知	(188)
任务一 存储器认知	(189)
任务二 可编程逻辑器件认知	(199)



项目八 定时报警器电路设计	(211)
任务一 设计脉冲电路	(212)
任务二 设计计数电路	(213)
任务三 设计译码与显示电路	(215)
任务四 设计报警控制电路	(216)
附录 A 74 系列集成芯片型号、名称	(218)
附录 B 常见集成芯片管脚图	(231)



项目一



简单数字电路认知

项目说明

我们正处于新的信息时代,“数字”这两个字正以越来越高的频率出现在各个领域,数字手表、数字电视、数字通信、数字控制……数字化已成为当今电子技术的发展潮流。数字电路是数字电子技术的核心,是计算机和数字通信的硬件基础。本章首先介绍数字电路的一些基本概念,然后讨论数字逻辑中的基本逻辑运算、逻辑函数及其表示方法,最后介绍数字电路中常用的数制与编码。从现在开始,你将跨入数字电子技术这一神奇的世界,去探索它的奥秘,认识它的精彩。



知识点

- 模拟信号和数字信号的定义、区别
- 逻辑代数的定义、计算方法
- 逻辑函数的表示方法
- 多种进制以及不同进制之间的转换方法

任务目标

了解模拟信号和数字信号的定义、区别,熟悉逻辑代数的定义、计算方法,掌握逻辑函数的表示方法,掌握不同数制之间的转换方法,了解常用的码制表示方法。

知识链接

一、数字电路基础

电子电路所处理的电信号可以分为两大类:一类是在时间和数值上都是连续变化的信号,称为模拟信号,例如电流、电压等;另一类是在时间和数值上都是离散的信号,称为数字信号。传送和处理数字信号的电路,称为数字电路。

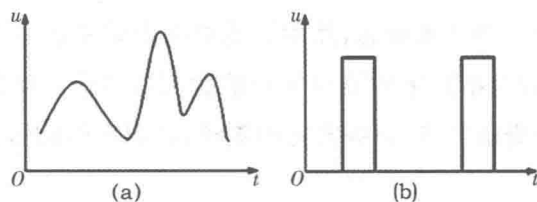


图 1.1 模拟信号和数字信号

(a)模拟信号;(b)数字信号

模拟信号——幅度随时间连续变化。

数字信号——断续变化(离散变化),时间上离散,幅值上整量化,多采用 0、1 二种数



值组成,又称二进制信号。如图 1.1 所示。

(一)数字电路的分类

微电子技术的迅猛发展导致了数字电路的飞速发展。

1. 按电路类型分类

(1)组合逻辑电路。输出只与当时的输入有关。如:编码器、加减法器、比较器、数据选择器。

(2)时序逻辑电路。输出不仅与当时的输入有关,还与电路原来的状态有关。如:触发器、计数器、寄存器。

2. 按集成度分类

SSI → MSI → LIS → VLSI

表 1.1 数字集成电路分类

集成电路分类	集成度	电路规模与范围
小规模集成电路 SSI	1~10 门/片,或 10~100 个元件/片	逻辑单元电路 它包括:逻辑门电路、集成触发器
中规模集成电路 MSI	10~100 门/片,或 100~1000 个元件/片	逻辑部件 它包括:计数器、译码器、编码器、数据选择器、寄存器、算术运算器、比较器、转换电路等
大规模集成电路 LSI	100~1000 门/片,或 1000~10000 个元件/片	数字逻辑系统 它包括:中央控制器、存储器、各种接口电路等
超大规模集成电路 VLSI	大于 1000 门/片,或 大小 10 万个元件/片	高集成度的数字逻辑系统 例如:各种型号的单片机,即在一块硅片上集成一个完整的微型计算机

3. 按半导体的导电类型分类

(1) 双极型电路。

(2) 单极型电路。

(二)数字电路的优点

(1)易集成化。两个状态“0”和“1”,对元件精度要求低。

(2)抗干扰能力强,可靠性高。信号易辨别不易受噪声干扰。

(3)便于长期存贮。软盘、硬盘、光盘。

(4)通用性强,成本低,系列多。(国际标准)TTL 系列数字电路、门阵列、可编程逻辑



辑器件。

(5)保密性好。容易进行加密处理。

(三)脉冲波形的主要参数

在数字电路中,加工和处理的都是脉冲波形,而应用最多的是矩形脉冲。

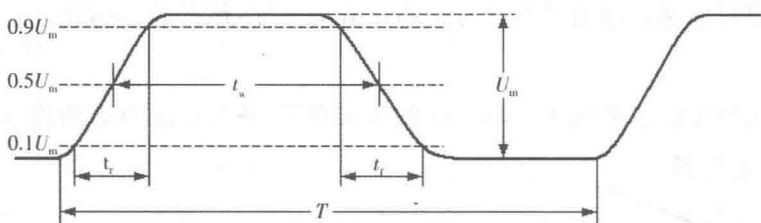


图 1.2 脉冲波形的参数

(1)脉冲幅度。脉冲电压波形变化的最大值,单位为伏(V)。

(2)脉冲上升时间。脉冲波形从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需的时间。

(3)脉冲下降时间。脉冲波形从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需的时间。脉冲上升时间 t_r 和下降时间 t_f 越短,越接近于理想的矩形脉冲。单位为秒(s)、毫秒(ms)、微秒(us)、纳秒(ns)。

(4)脉冲宽度。脉冲上升沿 $0.5U_m$ 到下降沿 $0.5U_m$ 所需的时间,单位和 t_r 、 t_f 相同。

(5)脉冲周期 T 。在周期性脉冲中,相邻两个脉冲波形重复出现所需的时间,单位和 t_r 、 t_f 相同。

(6)脉冲频率 f 。每秒时间内,脉冲出现的次数。单位为赫兹(Hz)、千赫兹(kHz)、兆赫兹(MHz), $f=1/T$ 。

(7)占空比 q :脉冲宽度与脉冲重复周期 T 的比值。 $q=t_w/T$ 。它是描述脉冲波形疏密的参数。

二、数字逻辑电路认知

(一)逻辑代数的基本运算

1. 基本概念

在数字电路中,输入信号是“条件”,输出信号是“结果”,因此输入、输出之间存在一定的因果关系,称其为逻辑关系。它可以用逻辑表达式、图形和真值表来描述。

逻辑代数是描述客观事物逻辑关系的数学方法,是进行逻辑分析与综合的数学工具。因为它是英国数学家乔治·布尔(George Boole)于1847年提出的,所以又称为布尔代数(Boolean algebra)。



逻辑代数中的逻辑变量用字母 $A, B, C, \dots, X, Y, Z$ 等来表示;变量取值只有 0 和 1,而这里的 0 和 1 并不表示具体的数值大小,而是表示两种相互对立的逻辑状态。例如,电灯的亮和灭、电动机的旋转与停止,把这种描述相互对立的逻辑关系且仅有两个取值的变量称为逻辑变量。

2. 三种基本运算

1) 与运算

只有当决定事物结果的所有条件全部具备时,结果才会发生,这种逻辑关系称为与逻辑关系。与逻辑模型电路如图 1.3 所示, A, B 是两个串联开关, Y 是灯,用开关控制灯亮和灭的关系如表 1.2 所示。

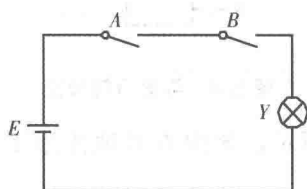


图 1.3 与逻辑电路图

如果用二值量中的 1 来表示灯亮和开关闭合,用 0 表示灯灭和开关断开,则可得到如表 1.3 所示的与逻辑真值表。

表 1.2 与逻辑关系表

A	B	Y
断	断	灭
断	通	灭
通	断	灭
通	通	亮

表 1.3 与逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



输入部分有 $N=2^n$ 项组合。其中, n 是输入变量的个数。

与运算也称“逻辑乘”。与运算的逻辑表达式为:

$$Y=A \cdot B \text{ 或 } Y=AB \quad (1-1)$$

式(1-1)中,“ $\cdot$ ”号可省略

与逻辑的运算规律为:输入有0得0,全1得1。

与逻辑的逻辑符号如图1.4所示。

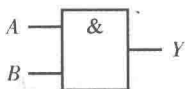


图 1.4 与逻辑符号图

与逻辑的波形图如图1.5所示。该图直观地描述了任意时刻输入与输出之间的对应关系及变化的情况。

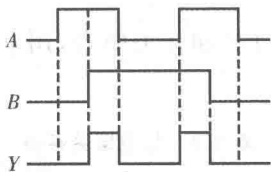


图 1.5 与逻辑波形图

2)或运算

当决定事物结果的几个条件中,只要有一个或一个以上条件得到满足,结果就会发生,这种逻辑关系称为或逻辑。或逻辑模型电路如图1.6所示。

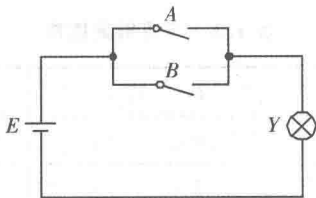


图 1.6 或逻辑电路图



关系如表 1.4 所示,真值表如表 1.5 所示。

表 1.4 或逻辑关系表

A	B	Y
断	断	灭
断	通	亮
通	断	亮
通	通	亮

表 1.5 或逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

或运算也称“逻辑加”。或运算的逻辑表达式为:

$$Y = A + B \quad (1-2)$$

或逻辑运算的规律为:有 1 得 1,全 0 得 0。或逻辑的逻辑符号如图 1.7 所示。

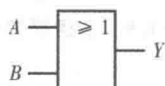


图 1.7 或逻辑符号

3) 非运算

在事件中,结果总是和条件呈相反状态,这种逻辑关系称为非逻辑。非逻辑的模型电路如图 1.8 所示。

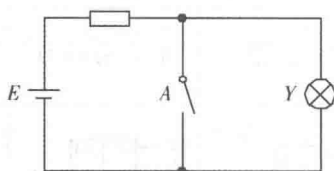


图 1.8 非逻辑电路图

关系如表 1.6 所示,真值表如表 1.7 所示。

表 1.6 非逻辑的关系表

A	Y
断	亮
通	灭

表 1.7 非逻辑的真值表

A	Y
0	1
1	0

非运算也称“反运算”。非运算的逻辑表达式为:

$$Y = \overline{A} \quad (1-3)$$

运算的规律为:0 变 1,1 变 0,即“始终相反”。

逻辑符号如图 1.9 所示。

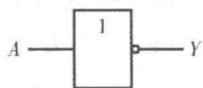


图 1.9 非逻辑符号

3. 常见的几种复合逻辑关系

与、或、非运算是逻辑代数中最基本的三种运算,几种常见的复合逻辑关系的逻辑表达式、逻辑符号及逻辑真值表如表 1.8 所示。

表 1.8 常见复合逻辑关系的逻辑表达式、逻辑符号及逻辑真值表

逻辑名称	与非	或非	与或非	异或	同或
逻辑表达式	$Y = \overline{AB}$	$Y = \overline{A+B}$	$Y = \overline{AB+CD}$	$Y = A \oplus B$	$Y = A \odot B$
逻辑符号					



逻辑名称	与非		或非		与或非		异或		同或				
真值表	A	B	Y	A	B	Y	A	B	Y	A	B	Y	
	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	
	1	0	1	1	0	0	...	...	...	...	1	1	0
	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
逻辑运算	有 0 得 1		有 1 得 0		与项为 1 结果为 0		不同为 1		不同为 0				
规律	全 1 得 0		全 0 得 1		其余输出全为 1		相同为 0		相同为 1				

三、门电路的逻辑功能分析

逻辑门电路:用以实现基本和常用逻辑运算的电子电路。简称门电路。

用逻辑 1 和 0 分别来表示电子电路中的高、低电平的逻辑赋值方式,称为正逻辑,目前在数字技术中,大都采用正逻辑工作;若用低、高电平来表示,则称为负逻辑。本书采用正逻辑。

获得高、低电平的基本方法:利用半导体开关元件的导通、截止(即开、关)两种工作状态。

在数字集成电路的发展过程中,同时存在着两种类型器件的发展。一种是由三极管组成的双极型集成电路,例如晶体管—晶体管逻辑电路(简称 TTL 电路)及射极耦合逻辑电路(简称 ECL 电路)。另一种是由 MOS 管组成的单极型集成电路,例如 NMOS 逻辑电路和互补 MOS(简称 COMS)逻辑电路。

四、逻辑函数及其表示方法

1. 逻辑函数

一般函数,当 $A, B, C, \dots$ 的取值确定之后, Y 的值也就唯一确定了。

Y 称为 $A, B, C, \dots$ 的函数。一般表达式可以写为: $Z = F(A, B, C, \dots)$ 。与、或、非是三种基本的逻辑运算,即三种基本的逻辑函数。

2. 逻辑函数的表示方法及转换

逻辑函数可以用逻辑真值表、逻辑表达式、逻辑图、波形图、卡诺图等方法来表示。

例 1.1 已知函数的逻辑表达式 $Y = B + C\bar{A}$ 。要求:列出相应的真值表;已知输入波形,画出输出波形;画出逻辑图。



解:(1) 根据逻辑表达式,画出逻辑图如图 1.10 所示。

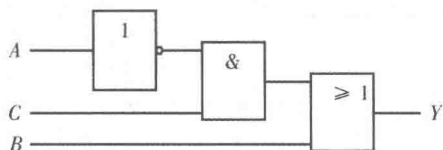


图 1.10 例 1.1 的逻辑图

(2) 将 A, B, C 的所有组合代入逻辑表达式中进行计算,得到真值表如表 1.9 所示。

表 1.9 例 1.1 的真值表

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

(3) 根据真值表,画出例 1.1 的输出波形,如图 1.11 所示。

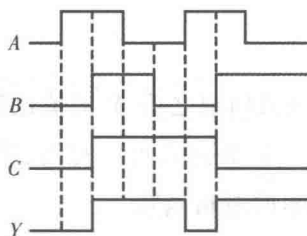


图 1.11 例 1.1 的波形图

例 1.2 已知函数 Y 的逻辑图如图 1.12 所示,写出函数 Y 的逻辑表达式。

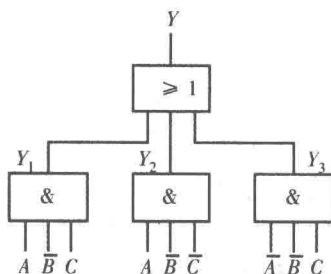


图 1.12 例 1.2 逻辑图

解:据逻辑图逐级写出输出端函数表达式如下:

$$Y_1 = A \bar{B} C$$

$$Y_2 = A \bar{B} \bar{C}$$

$$Y_3 = \bar{A} B C$$

最后得到函数 Y 的表达式为: $Y = A \bar{B} C + A \bar{B} \bar{C} + \bar{A} B C$

通过真值表也可以直接写出逻辑表达式。方法是真值表中 Y 为 1 的输入变量相与,取值为 1 用原变量表示,0 用反变量表示,将这些与项相加,就得到逻辑表达式。

五、数制与编码认知

(一) 数制

数码:由数字符号构成且表示物理量大小的数字和数字组合。

计数制(简称数制):多位数码中每一位的构成方法,以及从低位到高位进制规则。

1. 十进制

数字符号(系数):0、1、2、3、4、5、6、7、8、9

计数规则:逢十进一

基数:10

权:10 的幂

2. 二进制

数字符号:0、1

计数规则:逢二进一

基数:2

权:2 的幂