

成人高等教育、高等职业教育教材

# 数字

# 电子技术基础

● 华中科技大学电子学教研室

彭容修 主编

华中科技大学出版社

成人高等教育、高等职业教育教材

# 数字电子技术基础

华中理工大学电子学教研室

主 编 彭容修

副主编 张 林

编 者 彭容修 张 林

瞿安连 陈大钦

华中科技大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/彭容修 主编  
武汉:华中科技大学出版社,2001年1月  
ISBN 7-5609-2022-5

I. 数…

II. ①彭… ②张… ③瞿… ④陈…

III. 数字电路-电子技术-高等学校-教材

IV. TN79

数字电子技术基础

彭容修 主编

责任编辑:黄以铭

封面设计:刘 卉

责任校对:王崇军

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:27.25

字数:433 000

版次:2001年1月第1版

印次:2004年7月第4次印刷

定价:32.80元

ISBN 7-5609-2022-5/TN·60

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

## 内 容 提 要

本书依据1998年教育部成人教育司组织制定的《全国成人高等教育工学主要课程教学基本要求》以及新高等职业教育的办学宗旨而编写。主要内容有：绪论、基本逻辑电路、逻辑代数基础、组合逻辑电路及其分析与设计、常用组合逻辑功能器件、触发器、时序逻辑电路分析与设计、常用时序逻辑功能器件、半导体存储器、可编程逻辑器件、数模与模数转换器及脉冲波形的产生与变换。书中略去了集成电路内部电路及工作原理的分析，突出了典型器件逻辑功能的分析和应用，并注重加强中、大规模集成电路基础知识的介绍。

本书可作为成人高等教育，高等职业教育本、专科电气信息类专业“电子技术基础”课程教材，也可供从事电子技术工程的技术人员参考。

# 序

本书是根据我国成人教育及高等职业教育发展的需要，依据 1998 年教育部成人教育司组织制定的《全国成人高等教育工学主要课程教学基本要求》以及新高等职业教育的办学宗旨编写的。

在编写过程中，充分考虑了成人教育及新高等职业教育的特点，在内容处理上，注重以应用为目的，以“必需”、“够用”为度，力求做到由浅入深、循序渐进。在保证学生牢固掌握基本内容的同时，特别注重了学生处理实际问题能力的培养。

为了适应现代数字电子技术的飞速发展以及可编程逻辑器件的广泛应用的需求，本书在内容组织上具体考虑如下：

1. 将教材重点放在基本概念和基本方法上。尽管大规模集成电路已成为数字系统的主体，但小规模集成电路仍不失其基础地位。作为数字电子技术入门，本教材仍以中、小规模集成电路的基础理论、基本电路和基本分析、设计方法为重点。

2. 在第 1 章绪论中，加强信号的概念，介绍了数字信号与模拟信号的关系及数字电路特点和发展等，旨在为后续章节的学习奠定基础。

3. 注意加强数字集成电路基础。本书重点介绍构成数字系统的通用系列集成电路的基本原理及特性，略去了内部复杂电路及工作原理的分析，突出器件逻辑功能及输入、输出电气特性，使学生能以此为基础，达到能用不同功能、不同种类的数字集成电路设计实际数字系统的目的。

4. 为适应数字电路的最新发展和可编程逻辑器件的广泛应用的需要，本书注意加强了小规模组合逻辑电路、时序逻辑电路的分析与设计，并将可编程逻辑电路的基础部分提前到第 4 章介绍，使学生尽早建立相关概念。

5. 考虑到 CMOS 集成电路的广泛应用，书中突出了 CMOS 逻辑电路的内容，且将 CMOS 集成逻辑门提前在第 2 章中介绍。为配合大规模集成电路的学习，增加了 MOS 管开关及浮置栅 MOS 管开关特性的介绍。

6. 从高等职业教育和成人高等教育的特点出发，本教材在编写过程

中，力求做到通俗易懂，便于教学。对重点、难点内容，书中都有针对性地编排了较多相关例题。

7. 为便于读者巩固基本概念，每章都附有小结，每小节都安排有复习思考题。章后的习题具启发性，其内容和难度覆盖了不同层次的教学要求。

8. 专用集成电路（ASIC）是现代迅速发展起来的新型逻辑器件，特别是可编程逻辑电路（PLD）在数字系统中已广泛应用，为适应现代数字电子技术的发展，本书在可编程逻辑器件一章中介绍了 PLD 的基本结构及工作原理。由于篇幅有限，没有涉及设计方法与实现方法的问题，但读者可以本书为基础参考有关书籍进行深入学习。

参加本书编写工作的有瞿安连（第 1、2、3 章及附录 A、B、C）、张林（4、5、9、10 章）、彭容修（6、7、8、11 章）、陈大钦（12 章）。彭容修为主编，张林为副主编，负责全书的组织和定稿。

数字电子技术发展迅猛，新器件、新技术层出不穷，加之编者水平有限，在本教材的编写中一定存在不少缺点和不足之处，殷切期望读者予以批评和指正。

编者

2000 年 9 月

# 目 录

---

## 1 绪论

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 1.1 数字信号与数字电路 .....         | (1)  |
| 1.1.1 从模拟信号到数字信号 .....      | (1)  |
| 1.1.2 数字信号的特点和参数 .....      | (4)  |
| 1.1.3 数字技术的发展 .....         | (5)  |
| 1.1.4 数字电路 .....            | (7)  |
| 1.2 数制 .....                | (8)  |
| 1.2.1 十进制 .....             | (8)  |
| 1.2.2 二进制 .....             | (9)  |
| 1.2.3 十六进制 .....            | (9)  |
| 1.2.4 十-二进制数的转换 .....       | (11) |
| 1.2.5 十-十六进制数的转换 .....      | (12) |
| 1.3 码制 .....                | (13) |
| 1.3.1 二十进制码 .....           | (13) |
| 1.3.2 字符代码 .....            | (15) |
| 1.3.3 计算机与微处理机的操作指令代码 ..... | (16) |
| 1.3.4 二进制数据的传送 .....        | (16) |
| 小结 .....                    | (19) |
| 思考题和习题 .....                | (19) |

## 2 基本逻辑电路

|                      |      |
|----------------------|------|
| 2.1 开关电路 .....       | (22) |
| 2.1.1 机械开关电路 .....   | (22) |
| 2.1.2 二极管的开关特性 ..... | (25) |

|        |                         |      |
|--------|-------------------------|------|
| 2.1.3  | BJT 的开关特性 .....         | (28) |
| 2.1.4  | MOS 管的开关特性 .....        | (31) |
| 2.2    | 基本逻辑门 .....             | (39) |
| 2.2.1  | 基本逻辑运算 .....            | (39) |
| 2.2.2  | 用受控开关构成的基本逻辑门 .....     | (42) |
| 2.3    | CMOS 集成电路 .....         | (45) |
| 2.3.1  | CMOS 集成电路的一般结构 .....    | (45) |
| 2.3.2  | CMOS 基本逻辑门电路 .....      | (47) |
| 2.3.3  | CMOS 集成电路的输入电路 .....    | (51) |
| 2.3.4  | CMOS 集成电路的输出电路 .....    | (53) |
| 2.3.5  | CMOS 集成电路应用中的实际问题 ..... | (59) |
| 2.4    | 其他类型的 MOS 集成电路 .....    | (63) |
| 2.4.1  | NMOS 集成电路 .....         | (63) |
| 2.4.2  | PMOS 集成电路 .....         | (65) |
| 2.5    | TTL 集成电路 .....          | (66) |
| 2.5.1  | TTL 反相器 .....           | (66) |
| 2.5.2  | TTL 基本逻辑门电路 .....       | (68) |
| 2.5.3  | TTL 输入电路的特性 .....       | (69) |
| 2.5.4  | TTL 输出电路及其特性 .....      | (70) |
| 2.5.5  | TTL 电路的改进系列 .....       | (74) |
| 2.6    | 逻辑电路的接口 .....           | (77) |
| 2.6.1  | 不同系列逻辑电路之间的接口 .....     | (77) |
| 2.6.2  | 集成逻辑电路对外部负载的驱动 .....    | (80) |
| 小结     | .....                   | (83) |
| 思考题和习题 | .....                   | (84) |

### 3 逻辑代数基础

|       |                    |       |
|-------|--------------------|-------|
| 3.1   | 逻辑代数的基本公式和定理 ..... | (93)  |
| 3.1.1 | 逻辑代数的基本公式 .....    | (93)  |
| 3.1.2 | 逻辑代数的基本定理 .....    | (95)  |
| 3.2   | 逻辑函数及其表达 .....     | (97)  |
| 3.2.1 | 逻辑函数的建立和表达 .....   | (97)  |
| 3.2.2 | 逻辑函数的最小项表达式 .....  | (98)  |
| 3.3   | 逻辑函数的变换与化简 .....   | (102) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 3.3.1 逻辑函数的代数法变换与化简 ..... | (103) |
| 3.3.2 逻辑函数的卡诺图化简法 .....   | (105) |
| 3.3.3 含无关项的逻辑函数及其化简 ..... | (110) |
| 3.3.4 逻辑函数的列表化简法 .....    | (113) |
| 3.4 逻辑函数应用中的几个问题 .....    | (115) |
| 3.4.1 正逻辑体系与负逻辑体系 .....   | (115) |
| 3.4.2 基本逻辑门的反演符号 .....    | (116) |
| 小结 .....                  | (121) |
| 思考题和习题 .....              | (122) |

#### 4 组合逻辑电路的分析与设计

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 4.1 组合逻辑电路的分析 .....     | (125) |
| 4.2 组合逻辑电路的设计 .....     | (127) |
| 4.3 可编程阵列组合逻辑电路 .....   | (131) |
| *4.4 组合逻辑电路中的竞争冒险 ..... | (136) |
| 4.4.1 竞争冒险产生的原因 .....   | (136) |
| 4.4.2 竞争冒险消除的方法 .....   | (137) |
| 小结 .....                | (139) |
| 思考题和习题 .....            | (139) |

#### 5 常用组合逻辑功能器件

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 5.1 编码器 .....          | (144) |
| 5.1.1 编码器的定义与功能 .....  | (144) |
| 5.1.2 集成电路编码器 .....    | (146) |
| 5.2 译码器 .....          | (153) |
| 5.2.1 二进制译码器 .....     | (153) |
| 5.2.2 二十进制译码器 .....    | (158) |
| 5.2.3 七段数码显示译码器 .....  | (160) |
| 5.3 数据选择器/数据分配器 .....  | (165) |
| 5.3.1 数据选择器 .....      | (165) |
| 5.3.2 数据分配器 .....      | (170) |
| 5.3.3 模拟信号选择/分配器 ..... | (172) |
| 5.4 数值比较器 .....        | (173) |
| 5.5 加法器 .....          | (176) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 5.5.1 二进制加法运算 ..... | (176) |
| 5.5.2 半加器和全加器 ..... | (177) |
| 5.5.3 多位数加法器 .....  | (179) |
| 小结 .....            | (182) |
| 思考题和习题 .....        | (182) |

## 6 触发器

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 6.1 触发器及其分类 .....          | (189) |
| 6.1.1 触发器 .....            | (189) |
| 6.1.2 触发器的分类 .....         | (189) |
| 6.2 基本 RS 触发器 .....        | (190) |
| 6.2.1 由与非门组成的 RS 触发器 ..... | (190) |
| 6.3 TTL 时钟触发器 .....        | (193) |
| 6.3.1 同步 RS 触发器 .....      | (194) |
| 6.3.2 主从 JK 触发器 .....      | (197) |
| 6.3.3 边沿 D 触发器 .....       | (202) |
| 6.4 CMOS 触发器 .....         | (207) |
| 小结 .....                   | (210) |
| 思考题和习题 .....               | (211) |

## 7 时序逻辑电路分析与设计

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 7.1 时序逻辑电路的概述 .....         | (216) |
| 7.1.1 时序逻辑电路的结构框图及其特点 ..... | (216) |
| 7.1.2 时序逻辑电路的分类 .....       | (217) |
| 7.1.3 时序逻辑电路逻辑功能的描述方法 ..... | (219) |
| 7.2 时序逻辑电路分析 .....          | (222) |
| 7.2.1 同步时序逻辑电路的分析方法 .....   | (223) |
| 7.2.2 异步时序逻辑电路的分析方法 .....   | (230) |
| 7.3 同步时序逻辑电路设计 .....        | (234) |
| 小结 .....                    | (241) |
| 思考题和习题 .....                | (242) |

## 8 常用时序逻辑功能器件

|               |       |
|---------------|-------|
| 8.1 寄存器 ..... | (247) |
|---------------|-------|

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 8.1.1 数码寄存器.....      | (248) |
| 8.1.2 集成数码寄存器.....    | (248) |
| 8.2 移位寄存器.....        | (250) |
| 8.2.1 单向移位寄存器.....    | (252) |
| 8.2.3 中规模集成移位寄存器..... | (255) |
| 8.3 计数器.....          | (259) |
| 8.3.1 计数器的功能和分类.....  | (259) |
| 8.3.2 异步计数器.....      | (260) |
| 8.3.3 同步计数器.....      | (262) |
| 8.3.4 中规模集成计数器.....   | (271) |
| 小结.....               | (283) |
| 思考题和习题.....           | (284) |

## 9 半导体存储器

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 9.1 只读存储器 (ROM) .....     | (288) |
| 9.1.1 固定只读存储器.....        | (288) |
| 9.1.2 可编程只读存储器 .....      | (292) |
| 9.2 随机存取存储器 (RAM) .....   | (297) |
| 9.2.1 RAM 的电路结构与工作原理..... | (298) |
| *9.2.2 RAM 示例 .....       | (304) |
| 9.3 存储器容量的扩展.....         | (307) |
| 9.3.1 字长 (位数) 的扩展.....    | (307) |
| 9.3.2 字数的扩展.....          | (308) |
| 小结.....                   | (311) |
| 思考题和习题.....               | (311) |

## 10 可编程逻辑器件

|                                                 |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| 10.1 概述.....                                    | (316) |
| 10.2 可编程阵列逻辑器件 (PAL) 简介.....                    | (318) |
| 10.3 可编程通用阵列逻辑器件 (GAL) .....                    | (320) |
| 10.3.1 GAL 的基本结构.....                           | (320) |
| 10.3.2 输出逻辑宏单元 (OLMC) .....                     | (322) |
| 10.3.3 GAL 中 E <sup>2</sup> CMOS 编程单元的组织结构..... | (326) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 10.4 复杂的可编程逻辑器件 (CPLD) ..... | (329) |
| 10.4.1 CPLD 的结构 .....        | (329) |
| 10.4.2 CPLD 的编程 .....        | (335) |
| 小结 .....                     | (342) |
| 思考题和习题 .....                 | (343) |

## 11 数模与模数转换器

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 11.1 D/A 转换器 .....             | (347) |
| 11.1.1 权电阻网络 D/A 转换器 .....     | (347) |
| 11.1.2 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器 ..... | (349) |
| 11.1.3 集成 D/A 转换器及其应用 .....    | (351) |
| 11.1.4 D/A 转换器的输出方式 .....      | (353) |
| 11.1.5 D/A 转换器的主要技术指标 .....    | (357) |
| 11.2 A/D 转换器 .....             | (359) |
| 11.2.1 A/D 转换的一般工作过程 .....     | (359) |
| 11.2.2 并行比较型 A/D 转换器 .....     | (361) |
| 11.2.3 逐次比较型 A/D 转换器 .....     | (363) |
| 11.2.4 双积分式 A/D 转换器 .....      | (366) |
| 11.2.5 A/D 转换器的主要技术指标 .....    | (369) |
| 小结 .....                       | (371) |
| 思考题和习题 .....                   | (371) |

## 12 脉冲波形的产生与变换

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 12.1 施密特触发器 .....           | (374) |
| 12.1.1 由门电路组成的施密特触发器 .....  | (375) |
| 12.1.2 集成施密特触发器 .....       | (379) |
| 12.1.3 施密特触发器的应用 .....      | (380) |
| 12.2 多谐振荡器 .....            | (382) |
| *12.2.1 电容器充电和放电速率 .....    | (382) |
| 12.2.2 用施密特触发器构成多谐振荡器 ..... | (385) |
| 12.2.3 由门电路组成的多谐振荡器 .....   | (387) |
| 12.2.4 石英晶体多谐振荡器 .....      | (389) |
| 12.3 单稳态触发器 .....           | (391) |
| 12.3.1 由门电路组成的单稳态触发器 .....  | (391) |

---

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 12.3.2 集成单稳态触发器 .....                | (394) |
| 12.3.3 单稳态触发器的应用 .....               | (397) |
| 12.4 555 定时器 .....                   | (398) |
| 12.4.1 555 定时器 .....                 | (399) |
| 12.4.2 由 555 定时器构成的施密特触发器 .....      | (400) |
| 12.4.3 由 555 定时器构成的单稳态触发器 .....      | (402) |
| 12.4.4 由 555 定时器构成的多谐振荡器 .....       | (404) |
| 小结 .....                             | (407) |
| 思考题和习题 .....                         | (407) |
| 附录 A ASCII 码 .....                   | (414) |
| 附录 B CMOS 和 TTL 逻辑电路的技术参数 .....      | (416) |
| 附录 C 常用逻辑符号对照表 .....                 | (417) |
| 附录 D 国产半导体集成电路型号命名法(GB3430-82) ..... | (418) |
| 参考文献 .....                           | (420) |

# 绪 论

## 引言

数字电子技术在现代电子设备,如计算机、通信、控制系统以及家用电器中得到广泛应用。本章首先介绍数字信号与模拟信号的关系,数字信号与数字电路的特点以及数制与码制。这些都是后续各章学习的背景知识。

## 1.1 数字信号与数字电路

### 1.1.1 从模拟信号到数字信号

模拟信号和数字信号在日常生活中并不鲜见,例如,图 1.1.1 中的温度计显示的温度值是随气温变化的。

如果用绘图方式连续记录一天的温度变化,则可得到图 1.1.2(a)所示的时间函数曲线。由图可见,温度信号在时间上是连续推移的,数值上也是连续变化的。像这种时间连续、数值连续的信号称为模拟信号。人们从自然界感知的许多物理量均属模拟性质,例如,速度、压力、声音、位移等。

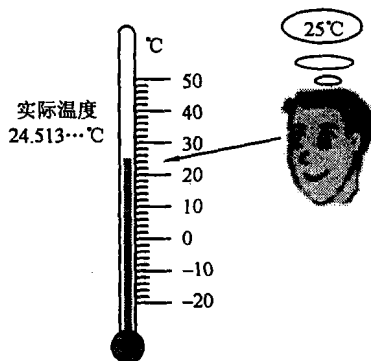


图 1.1.1 温度计上的模拟信号和数字信号

如果不是连续记录,而是每隔两小时记录一次温度值,而且记录的是一个位数有限的数字,如  $25^{\circ}\text{C}$ ,而此时的实际温度指示值可能略高或略低于此值,比如  $24.513\cdots^{\circ}\text{C}$ 。于是,得到如图 1.1.2(b)所示一系列时间离散、数值离散的信号,这种信号称为数

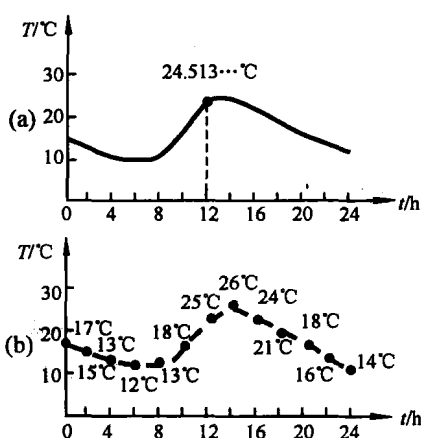


图 1.1.2 模拟信号与数字信号

(a) 模拟信号 (b) 数字信号

字信号。这里，每一次读取数据的过程称为取样。

图(b)所示温度信号是通过人眼观察、定时取样和人脑加工把模拟信号转化为数字信号的。如果要用数字电子系统处理温度信号，由于温度信号不能直接输入到电子电路，首先要用传感器将温度物理量转换为电量(电压或电流)。通常这个信号很微弱，要送入放大电路将信号放大到图 1.1.3(a)所示的幅值，图中的电压变化曲线直接模拟了温度变化曲线。该信号通过取样/保持电路进行时间离散化，如图 1.1.3(b)所示。各取样点的

电压数值仍与(a)图中相应点的模拟信号相同。模数转换电路把取样信号转

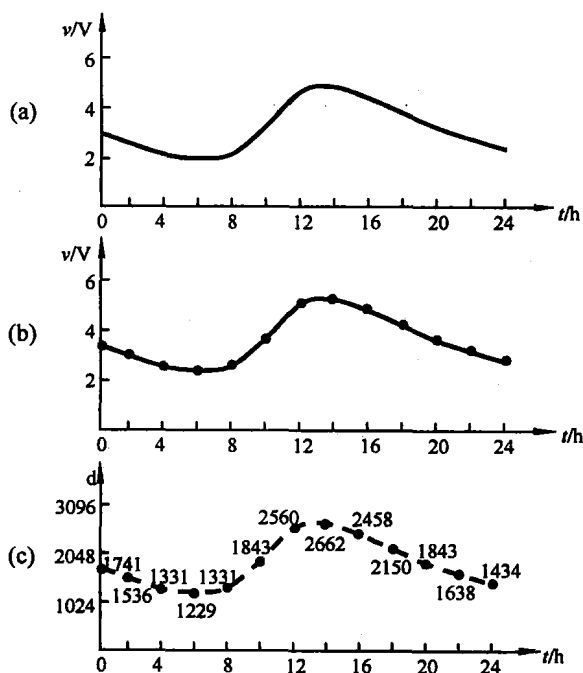


图 1.1.3 与温度变化相应的模拟信号转换为数字信号

(a) 模拟电压信号 (b) 取样信号 (c) 数字信号(以十进制数表示)

换为数值离散的数字信号,如图 1.1.3(c)所示,其输出数字量是与温度成一定比例关系的最接近的二进制整数编码值。从传感器到数字信号输出的示意图如图 1.1.4 所示。输出的二进制数字信号可直接送入数字电路或计算机中进行记录和存储。同样,数字电路或计算机输出的数字量也可通过数模转换电路转换为模拟电压或电流信号。取样电路、模数转换电路、数模转换电路一般都由模拟-数字混合集成电路构成。

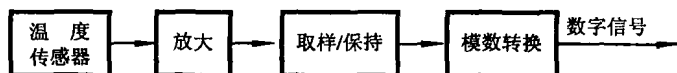


图 1.1.4 温度信号转换为数字信号的方框图

模拟和数字的概念起源于模拟电子计算机和数字电子计算机。30 多年以前的工程技术人员,人手一把计算尺,用它可作乘、除、对数、指数和三角函数等一系列工程计算,这也许就是原始的模拟计算器。而中国的珠算算盘可以说是最早的数字计算器。

在伦敦、纽约的科学博物馆里展示着各种由简单到复杂机械装置构成的两类计算器。电子学发展的早期并无模拟和数字之分,当时的理论基础也只有连续信号处理的理论和方法。与电子学进步的同时,由于电话和工业控制的要求,产生了由继电器和开关构成的开关电路,并创建了开关电路理论。尽管后来的发展用电子器件替代了机械开关元件,并制造了早期的数字电子计算机,但开关电路和开关信号的名称一直延用到 20 世纪 60 年代。与数字电子计算机初期发展的同时,人们设计了运算放大器,以模拟运算方式构成积分、微分、求和等运算电路,并组装成当时远较数字电子计算机价格低廉的模拟电子计算机,以实时方式直接处理时间连续和数值连续的信号,用于数学运算(主要是求解微分方程)和工业控制。由于两类计算机的典型电路——运算放大器和逻辑电路也逐渐广泛应用于电子学的其他领域,所以模拟和数字的概念都从电子计算机领域有所扩展,把所有时间连续、数值连续的信号都称为模拟信号,把处理模拟信号的电路统称为模拟电路;同时也将所有开关电路和开关信号称为数字(或逻辑)电路和数字(或逻辑)信号。对两种信号处理的理论和方法各有所不同,于是,电子学则分为模拟技术和数字技术两大部分。模拟技术主要应用于对信号的放大、滤波等方面,且运用连续信号的线性与非线性分析方法。而数字技术则主要应用于逻辑和算术运算、时间控制和计时,以及以离散信号理论为基础对数字信号进行处理(数学运算、滤波、变换等),且运用逻辑代数和离散数学的分析方法。

### 1.1.2 数字信号的特点和参数

图 1.1.5 所示是一组典型的数字信号波形。每个信号都是由高、低两种电平构成的，高电平为 3V，低电平为 0V。可以用高电平表示逻辑 1，低电平表示逻辑 0，这里的 1 和 0 没有数值大小的概念，只代表相对立的二值数字逻辑。

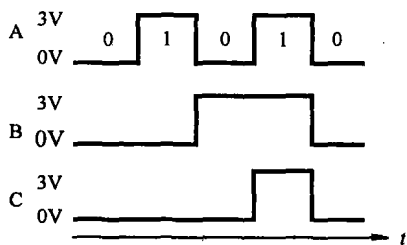


图 1.1.5 一组典型的数字信号

二值数字逻辑的产生，基于客观世界的许多事物可以用彼此相关又相互对立的两种状态来描述，例如，是与非、真与假、开与关、低与高如此等等。而在电路上的方便之处，是可用电子器件的开关特性实现图 1.1.5 所示以高、低电平表达逻辑 1 和逻辑 0 的状态变化。而一位二进制数正好也可以用二值数字逻辑中的 1 和 0 来表示，多个二值数字逻辑则可构成多位二进制数或编码信号。

在研究数字电路时，经常关注的是信号之间的逻辑关系，这时可忽略信号的高、低电平的具体数值。例如，图 1.1.5 中 A、B、C 三个逻辑信号，当 A、B 两信号中有一个或两个为逻辑 0 时，C 信号则为逻辑 0，只有当 A、B 全为逻辑 1 时，C 才为逻辑 1。这是 A、B、C 三信号的逻辑关系。只要信号电压在 0V~0.8V 范围内，都是逻辑 0；在 2V~5V 范围内，都是逻辑 1，至于具体电压数值则无关紧要。于是，在以波形表达数字信号时，可以画成如图 1.1.5 所示那样的理想形式，并可以不标注高、低电平的电压值，因为通常在一个数字系统中，绝大多数电路均采用相同的逻辑电平标准。时间轴一般也可以不标。虽然如此，但在测量数字电路的信号波形时就会发现，数字信号远没有如图 1.1.5 所示那么理想。实际电路中运行的数字信号仍是时间连续、数值连续的物理量，只不过在研究它们的逻辑功能时忽略了它们的连续性而作了理想化的处理。如果从示波器上观察数字信号波形，只要将时间轴展开得足够大，就能看到如图 1.1.6 所示的波形。从模拟信号的角度看，这是典型的脉冲波形。当它从低电平跳变到高电平或从高电平跳变到低电平时都有一个过渡过程。

图 1.1.6 中，脉冲幅值为  $V_m$ ，通常把矩形脉冲从  $10\%V_m$  上升到  $90\%V_m$  所用的时间  $t_r$  称为上升时间，把  $90\%V_m$  下降到  $10\%V_m$  的时间  $t_f$  称为下降时