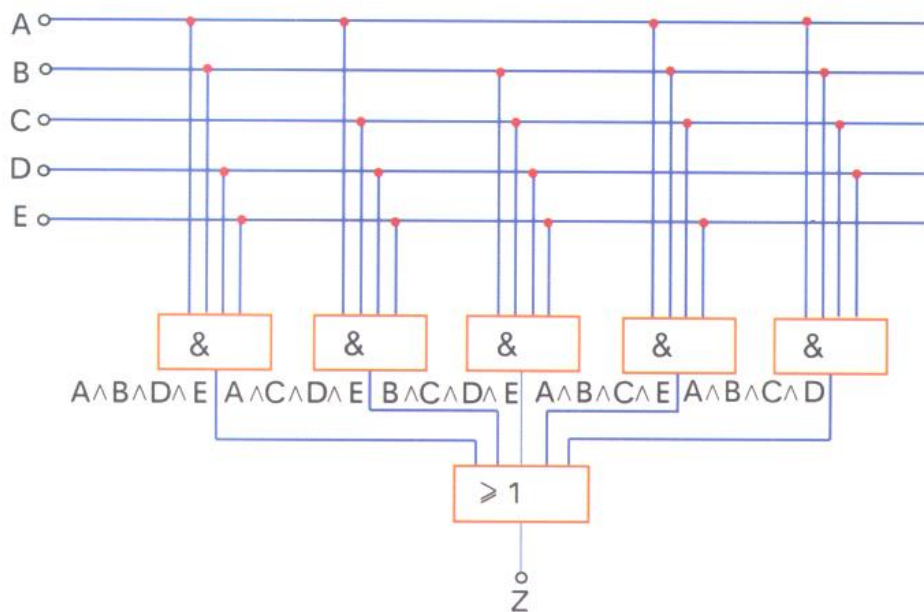


# 数字技术

〔德〕克劳斯·贝伊特 著



10010010111011  
01001001011101  
00100100101110

科学出版社

电子学丛书 4

7

# 数 字 技 术

〔德〕克劳斯·贝伊特 著

张 伦 译

周 璇 校

科 学 出 版 社

1 9 9 9

图字:01-98-2294号

## 内 容 简 介

本书是德国 Vogel 出版社出版的电子学丛书第 4 分册。书中简要介绍了数字电路技术中的一些基本概念和常用电路。全书共 15 章,内容包括基础知识、逻辑门电路、电路分析、逻辑代数、电路综合、开关电路、二进制电路、二进制代码和数制、电平转换电路等。为了帮助读者顺利掌握所述内容,书中还列举了大量实例和器件特性,每章末尾所附的习题有助于检验学习效果。书末给出了习题答案。

本书在叙述中着重阐明物理概念,论述条理清晰、重点突出,尽力回避繁琐的数学推导,数学公式只在绝对必需时才被引用。

本书特别适于中等专业学校和大专院校有关专业学生阅读,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

数字技术/[德]克劳斯·贝伊特(Beuth, K.)著;张伦译.-北京:科学出版社,1999.

(电子学丛书 4)

书名原文: Digitaltechnik

ISBN 7-03-007208-1

I. 数… II. ①贝… ②张… III. 数字电路 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 07257 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1999 年 8 月 第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

1999 年 8 月 第 一 次 印 刷 印张: 26 1/2

印数: 1—3 800 字数: 598 000

定 价: 40. 00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

73-6  
15-4

## 中译本序

作者对电子学丛书第4分册《数字技术》一书中文版的读者致以衷心的问候,希望本书能给您们带来裨益。

作者为自己的著作能被译成中文深感自豪和愉快。在德国人民的心目中,中国是闻名的文化古国,大量知识越经数百年从中国传向欧洲。这些引进的知识大大促进了我国的发展。知识的交流对于双方过去是、现在仍然是十分有益的,尤其是技术领域的知识交流更应加深,因为技术能特别迅速促进全球文化的发展。

本书多年来在中等专业学校和高等专业学校中占有突出地位,且也非常成功地用于大学的基础学科教学。全书叙述简明易懂,数学公式只在绝对必需的情况下才被引用。因此,本书也适于实践工作者阅读。作者尽力将书中内容清楚地分章节加以叙述,还引入了一些作者任工程师时的实践经验以及多方面教学活动的经验。

本书每次新版均补充了一些新的知识并删去了一些陈旧的内容,希望总是处在最新水平。在这方面究竟能达到何种程度,尚有待读者去判断。最后,作者对所有建议和改进意见深表谢忱。

克劳斯·贝伊特

## 译者序

本书系德国 Vogel 出版社出版的电子学丛书第 4 分册。该丛书自 70 年代中期面世以来,至 1996 年已出版 8 个分册,内容涉及电子技术中重要的一些领域,其中不少分册均再版 10 次以上,总印数逾 10 万册,多年来在德国中等和高等专业学校的相应专业教学活动中占有突出地位,且也非常成功地用于大学的基础学科教学。

作者曾任职工程师并从事过多方面的教学活动,具有丰富的科研和教学实践经验,从而在取材和叙述方式上赋予本书一些鲜明的特点,其中主要有以下几点:

1. 从叙述方式上看,全书着重阐明物理概念,而回避了繁琐的数学推导。论述简明扼要、条理清晰、重点突出,使读者迅速建立起深刻的印象。另外,围绕所述内容还引入大量实例,供加深理解和运用。各章所附的习题对于自学者也很有益处。

2. 从写作方式上看,作者采用了新颖的读书笔记形式的写作方式。对较重要的概念都用方框作提示,全书仿佛是一本听课笔记,这对读者进行复习思考大有帮助。

3. 从表述形式上看,全书采用图文并茂方式展开叙述,每讲一个问题,大都辅以图形说明,即看图说文。读者一边看图,一边阅读正文,很容易理解所述的内容。

4. 从内容上看,全书围绕一些最基本的、必须牢固掌握的概念展开叙述,读者在深入掌握所述内容之后,便不难向更深层次拓展。

因此,尽管有关数字技术的书籍已先后出版过多种,但相比之下本书仍具有一定特色而值得推广介绍。

承蒙中国科学院半导体研究所周璇博士对全书进行了仔细校对,译者在此谨深表谢忱。

译者才疏学浅,译文中缺点和不妥之处在所难免,诚恳希望读者不吝批评指正。

张 伦

1998 年 4 月于北京

## 序 言

数字技术是现代电子学中一个富有魅力的领域。近年来,它已获得了迅猛的发展。许多电子技术人员以及其他学科的专业人员都面临通过深入学习来熟悉这一新领域的任务。在本丛书的第3分册(《基本电路》)中,简略介绍了数字技术的一些最重要的方面。本书旨在使读者能对数字技术有一个全面的了解。

阅读本书需要具备电工学和电子学的基础知识。不过,这只对本书的某几章是必需的,大部分章节没有特别的基础知识也能理解掌握。然而,对不熟悉这个领域的人来说,必须首先习惯于数字技术中流行的思路。这种可能是不习惯的“数字式”思维方式绝不会使读者裹足不前。

本书将重视对事实作明确、直观和易于理解的叙述方式:从基本概念出发,逐步展开叙述,突出一些重要内容并阐明其中的内在联系。在此充分利用了我多年从事教学的经验。

本书既可用作教学参考书,也可用作自修教材。每章末尾所附的习题有助于对学习效果和所达到的理解程度进行考查。书末给出习题答案。

电工专业和机器制造专业的大学生、从事实践工作的工程技术人员和技师,以及其他自然科学部门的人员均可富有成效地使用本书。对那些将数字技术和计算机技术作为业余爱好、却要求上进的电子技术人员,本书可选作基础培训教材。

作者对协助完成本书的所有人士表示衷心感谢,特别要感谢Vogel出版社。对于读者提出的批评和改进意见,我将始终表示感谢。

克劳斯·贝伊特

# 目 录

<b>第 1 章 基础知识</b> .....	( 1 )
1.1 量值的模拟表示和数字表示 .....	( 1 )
1.1.1 模拟量的表示 .....	( 1 )
1.1.2 量值的数字表示 .....	( 2 )
1.2 二进制状态和逻辑状态 .....	( 3 )
1.3 习题 .....	( 6 )
<b>第 2 章 逻辑门电路</b> .....	( 7 )
2.1 基本功能和基本门电路 .....	( 7 )
2.1.1 “与”逻辑和与门电路 .....	( 7 )
2.1.2 “或”逻辑和或门电路 .....	( 8 )
2.1.3 “非”逻辑和非门电路 .....	( 9 )
2.1.4 基本门电路 .....	( 9 )
2.2 组合门电路 .....	( 10 )
2.2.1 与非(NAND)门 .....	( 10 )
2.2.2 或非(NOR)门 .....	( 10 )
2.2.3 等值门 .....	( 11 )
2.2.4 异或(XOR)门 .....	( 13 )
2.2.5 有两个输入的电路的可能逻辑状态 .....	( 13 )
2.3 有 3 个和多个输入的门电路 .....	( 15 )
2.4 习题 .....	( 16 )
<b>第 3 章 电路分析</b> .....	( 18 )
3.1 真值表和数字电路 .....	( 18 )
3.1.1 有两个输入端的数字电路的真值表 .....	( 18 )
3.1.2 有 3 个输入端的数字电路的真值表 .....	( 19 )
3.2 逻辑函数表达式和数字电路 .....	( 20 )
3.2.1 确定已知数字电路的逻辑函数表达式 .....	( 20 )
3.2.2 根据给定逻辑函数表达式画出数字电路 .....	( 22 )
3.3 理论逻辑关系和实际逻辑关系 .....	( 23 )
3.3.1 实际逻辑关系的确定 .....	( 23 )
3.3.2 查找错误 .....	( 24 )
3.4 习题 .....	( 25 )
<b>第 4 章 逻辑代数</b> .....	( 27 )
4.1 变量和常量 .....	( 27 )
4.2 逻辑代数的基本定律 .....	( 28 )

4.3	逻辑代数的运算规则	(29)
4.3.1	定理	(29)
4.3.2	交换律和结合律	(30)
4.3.3	分配律	(31)
4.3.4	摩根定理	(33)
4.3.5	约束规则	(34)
4.4	“与非”函数和“或非”函数	(35)
4.5	计算实例	(38)
4.6	习题	(42)
<b>第5章</b>	<b>电路综合</b>	<b>(43)</b>
5.1	按已知条件组成逻辑电路	(43)
5.2	标准范式	(45)
5.2.1	“或”标准范式	(45)
5.2.2	“与”标准范式	(48)
5.3	借助逻辑代数对“或”标准范式进行化简和变换	(48)
5.3.1	“或”标准范式的化简	(48)
5.3.2	“或”标准范式的变换	(50)
5.4	KV图(卡诺图)	(50)
5.4.1	二变量卡诺图	(50)
5.4.2	三变量卡诺图	(54)
5.4.3	四变量卡诺图	(57)
5.4.4	五变量卡诺图	(60)
5.4.5	多于5个变量的卡诺图	(62)
5.5	逻辑电路的计算	(63)
5.5.1	一般提示	(63)
5.5.2	数字换接电路	(64)
5.5.3	三选二电路	(65)
5.5.4	偶数电路	(66)
5.5.5	阈值电路	(67)
5.5.6	比较电路(比较器)	(69)
5.5.7	晶体管分类电路	(69)
5.6	几个电路设计任务	(71)
5.6.1	控制电路	(71)
5.6.2	奇数电路	(71)
5.6.3	多数选通电路	(72)
5.6.4	闭锁电路	(72)
5.6.5	防空触发电路	(72)
5.7	习题	(73)
<b>第6章</b>	<b>开关电路系列</b>	<b>(75)</b>
6.1	概述	(75)



6.2	二进制电压电平	(76)
6.3	正逻辑和负逻辑	(77)
6.4	电路特性	(79)
6.4.1	功耗	(79)
6.4.2	电平范围和传输时间	(79)
6.4.3	开关时间	(80)
6.4.4	负载因数	(82)
6.4.5	抗干扰性	(83)
6.4.6	线连接	(84)
6.5	DTL 电路	(85)
6.5.1	概述	(85)
6.5.2	标准 DTL 电路	(85)
6.5.3	LSL 电路	(88)
6.6	TTL 电路	(91)
6.6.1	TTL 门电路的结构和工作原理	(91)
6.6.2	标准 TTL 电路	(95)
6.6.2.1	电路	(96)
6.6.2.2	极限值数据和特性参数	(98)
6.6.2.3	特性曲线	(100)
6.6.2.4	功耗	(105)
6.6.3	低功耗 TTL(LTTL)电路	(105)
6.6.4	高速 TTL(HTTL)电路	(106)
6.6.5	肖特基 TTL(STTL)电路	(106)
6.6.6	低功耗肖特基 TTL(LSTTL)电路	(108)
6.6.7	重要特性的综合	(108)
6.7	ECL 电路	(109)
6.8	MOS 电路	(112)
6.8.1	静态充电带来的危险	(112)
6.8.2	PMOS 电路	(113)
6.8.3	NMOS 电路	(115)
6.8.4	CMOS(COS-MOS)电路	(116)
6.9	习题	(123)
<b>第 7 章</b>	<b>与时间有关的二进制电路</b>	<b>(125)</b>
7.1	概述	(125)
7.2	触发器的分类	(128)
7.3	非时钟控制的触发器	(130)
7.3.1	或非触发器(或非锁存器)	(130)
7.3.2	与非触发器(与非锁存器)	(131)
7.4	时钟状态控制的触发器	(132)
7.4.1	SR 触发器	(132)

7.4.2	有主 R 输入端的 SR 触发器 .....	(134)
7.4.3	E 触发器 .....	(135)
7.4.4	D 触发器 .....	(135)
7.4.5	数据表 .....	(135)
7.5	时钟沿控制的触发器 .....	(137)
7.5.1	脉冲门 .....	(139)
7.5.2	单沿控制的 SR 触发器 .....	(140)
7.5.3	单沿控制的 T 触发器 .....	(142)
7.5.4	单沿控制的 JK 触发器 .....	(143)
7.5.5	单沿控制的 D 触发器 .....	(146)
7.5.6	双沿控制的 SR 触发器 .....	(148)
7.5.7	双沿控制的 JK 触发器 .....	(149)
7.5.8	其他触发器电路 .....	(152)
7.6	时序图 .....	(153)
7.7	特征方程 .....	(157)
7.8	单稳态触发器 .....	(161)
7.9	延迟门 .....	(164)
7.10	习题 .....	(167)
<b>第 8 章</b>	<b>二进制码和数制 .....</b>	<b>(170)</b>
8.1	概述 .....	(170)
8.2	二进制数制 .....	(170)
8.2.1	二进制数制的结构 .....	(170)
8.2.2	从二进制数变换成十进制数 .....	(171)
8.2.3	从十进制数变换成二进制数 .....	(172)
8.2.4	带小数点位的二进制数 .....	(172)
8.2.5	二进制数的加法 .....	(173)
8.2.6	二进制数的减法 .....	(174)
8.2.6.1	直接减法 .....	(174)
8.2.6.2	借助补数相加的减法 .....	(175)
8.2.7	负二进制数 .....	(177)
8.3	BCD 代码 .....	(180)
8.3.1	BCD 代码计数法 .....	(180)
8.3.2	BCD 代码的加法 .....	(181)
8.3.3	BCD 代码的减法 .....	(182)
8.4	其他四位组代码 .....	(184)
8.4.1	余 3 码 .....	(184)
8.4.2	阿依根(Aiken)代码 .....	(186)
8.4.3	格雷(Gray)码 .....	(187)
8.5	十六进制数制 .....	(189)
8.5.1	十六进制数制的结构 .....	(189)
8.5.2	从十六进制数变换成十进制数 .....	(189)

8.5.3	从十进制数转换成十六进制数 .....	(190)
8.5.4	从二进制数转换成十六进制数 .....	(191)
8.5.5	从十六进制数转换成二进制数 .....	(194)
8.6	八进制数制 .....	(194)
8.6.1	八进制的结构 .....	(194)
8.6.2	八进制数的变换 .....	(195)
8.7	差错检测码 .....	(196)
8.7.1	冗余的概念 .....	(196)
8.7.2	扩展二进制码 .....	(197)
8.7.3	五中取二码 .....	(198)
8.7.4	五中取三码 .....	(199)
8.7.5	七中取二码 .....	(200)
8.8	纠错码 .....	(200)
8.8.1	工作原理 .....	(200)
8.8.2	汉明码 .....	(201)
8.9	习题 .....	(204)
<b>第9章</b>	<b>代码和电平转换电路 .....</b>	<b>(207)</b>
9.1	译码器 .....	(207)
9.1.1	译码器的计算 .....	(207)
9.1.2	十进制码-BCD码译码器 .....	(209)
9.1.3	BCD码-十进制码译码器 .....	(211)
9.1.4	十进制码-余3码译码器 .....	(214)
9.1.5	余3码-十进制码译码器 .....	(214)
9.1.6	十进制码-7段码译码器 .....	(215)
9.1.7	BCD码-7段码译码器 .....	(217)
9.2	电平转换器 .....	(223)
9.2.1	概述 .....	(223)
9.2.2	电平转换器的结构 .....	(223)
9.2.3	集成电平转换器 .....	(226)
9.3	习题 .....	(227)
<b>第10章</b>	<b>计数器和分频器 .....</b>	<b>(228)</b>
10.1	计数和计数器类型 .....	(228)
10.2	异步计数器 .....	(229)
10.2.1	异步二进制计数器 .....	(229)
10.2.1.1	二进制正向计数器 .....	(229)
10.2.1.2	二进制反向计数器 .....	(235)
10.2.1.3	可变换计数方向的二进制计数器 .....	(237)
10.2.2	异步BCD计数器 .....	(239)
10.2.2.1	BCD正向计数器 .....	(240)
10.2.2.2	BCD反向计数器 .....	(242)
10.2.2.3	可变换计数方向的BCD计数器 .....	(243)

10.2.3	异步十进制计数器	(244)
10.2.3.1	BCD-十进制计数器	(244)
10.2.3.2	其他十进制计数器	(245)
10.2.4	异步模 $n$ 计数器	(245)
10.2.4.1	模 $n$ 计数器的原理	(245)
10.2.4.2	模 5 计数器	(245)
10.2.4.3	模 60 计数器	(246)
10.2.4.4	具有等待状态的模 13 计数器	(247)
10.2.5	异步预选计数器	(248)
10.2.6	用于阿依根码的异步计数器	(248)
10.2.7	用于余 3 码的异步计数器	(249)
10.3	同步计数器	(249)
10.3.1	同步原理	(249)
10.3.2	同步二进制计数器	(250)
10.3.2.1	二进制正向计数器	(250)
10.3.2.2	二进制反向计数器	(252)
10.3.2.3	可变换计数方向的二进制计数器	(253)
10.3.3	同步计数器的计算	(254)
10.3.3.1	计算方法	(254)
10.3.3.2	计算实例	(254)
10.3.4	同步 BCD 计数器	(259)
10.3.4.1	同步 BCD 正向计数器的计算	(259)
10.3.4.2	同步 BCD 正向计数器集成电路	(262)
10.3.5	用于余 3 码的同步计数器	(263)
10.4	分频器	(267)
10.4.1	分频比固定的异步分频器	(267)
10.4.2	分频比固定的同步分频器	(270)
10.4.3	分频比可调的分频器	(271)
10.5	习题	(273)
<b>第 11 章</b>	<b>选择和连接电路</b>	<b>(275)</b>
11.1	数据选择器、多路转接器、多路分路器	(275)
11.1.1	4 位转 1 位数据选择器	(275)
11.1.2	$2 \times 4$ 位转 4 位数据选择器	(276)
11.1.3	$4 \times 8$ 位转 8 位数据选择器	(277)
11.1.4	16 位转 1 位数据选择器-多路转接器	(277)
11.1.5	1 位转 4 位多路分路器	(279)
11.2	地址译码器	(280)
11.2.1	2 位地址译码器	(280)
11.2.2	4 位地址译码器	(281)
11.3	数字比较器	(282)
11.3.1	1 位比较器	(282)

11.3.2	用于BCD码的3位比较器	(283)
11.3.3	用于二进制码的4位比较器	(284)
11.4	总线(BUS)电路	(287)
11.4.1	结构和工作原理	(287)
11.4.2	总线标准	(288)
11.5	习题	(289)
<b>第12章</b>	<b>寄存器和存储器</b>	<b>(290)</b>
12.1	移位寄存器	(290)
12.1.1	用于串行输入和输出的移位寄存器	(290)
12.1.2	具有并行输出的移位寄存器	(293)
12.1.3	具有并行输出和并行输入的移位寄存器	(294)
12.1.4	环形寄存器	(295)
12.1.5	位移方向可转换的移位寄存器	(296)
12.2	存储寄存器	(298)
12.3	随机存取存储器(RAM)	(298)
12.3.1	静态RAM(SRAM)	(299)
12.3.1.1	采用TTL技术的RAM存储单元	(299)
12.3.1.2	采用NMOS技术的RAM存储单元	(300)
12.3.1.3	RAM存储矩阵的结构	(301)
12.3.2	动态RAM(DRAM)	(301)
12.3.2.1	动态RAM的存储单元	(301)
12.3.2.2	动态RAM的特点	(303)
12.3.3	存储器的结构和参数	(303)
12.3.3.1	存储器结构	(303)
12.3.3.2	存储器参数	(306)
12.3.3.3	RAM实例	(306)
12.4	只读存储器(ROM)	(314)
12.5	可编程只读存储器(PROM)	(319)
12.6	可擦可编程只读存储器	(320)
12.6.1	只读存储器EPROM和REEPROM	(320)
12.6.2	只读存储器EEROM(EEPROM)和EAROM	(326)
12.7	磁芯存储器	(327)
12.7.1	环形存储磁芯	(327)
12.7.2	磁芯存储矩阵	(328)
12.7.3	写入和读出过程	(328)
12.8	磁泡存储器	(330)
12.8.1	磁泡	(330)
12.8.2	磁泡环线	(331)
12.8.3	信息的写入	(333)
12.8.4	信息的读出	(333)
12.8.5	磁泡存储器的结构	(334)
12.9	习题	(335)

<b>第 13 章</b>	<b>数模转换器和模数转换器</b>	<b>(337)</b>
13.1	数模转换器	(337)
13.1.1	数模转换的原理	(337)
13.1.2	采用分级电阻的 DA 转换器	(338)
13.1.3	R/2R-DA 转换器	(340)
13.2	模数转换器	(341)
13.2.1	模数转换的原理	(341)
13.2.2	锯齿式 AD 转换器	(343)
13.2.3	双斜率式 AD 转换器	(345)
13.2.4	补偿式 AD 转换器	(346)
13.2.5	采用电压-频率转换的 AD 转换器	(348)
13.2.6	采用直接比较的 AD 转换器	(349)
13.3	习题	(350)
<b>第 14 章</b>	<b>计算电路</b>	<b>(351)</b>
14.1	半加器	(351)
14.2	全加器	(352)
14.3	并行加法器电路	(354)
14.4	串行加法器电路	(356)
14.5	减法器电路	(358)
14.5.1	半减器	(358)
14.5.2	全减器	(359)
14.5.3	4 位减法器电路	(360)
14.5.4	带有全加器的减法器电路	(361)
14.6	加减器	(362)
14.7	乘法电路	(364)
14.7.1	并行乘法电路	(365)
14.7.2	串行乘法电路	(367)
14.8	习题	(369)
<b>第 15 章</b>	<b>微处理器和微型计算机</b>	<b>(370)</b>
15.1	作为通用电路的微处理器	(370)
15.2	运算逻辑单元(ALU)	(370)
15.3	累加器	(373)
15.4	带有数据存储器的累加器	(374)
15.5	程序控制的简易计算机	(376)
15.6	微处理器组件	(378)
15.6.1	微处理器的类型	(378)
15.6.2	SAB8080A 型微处理器	(379)
15.6.3	微处理器的辅助模块	(382)
15.7	微型计算机	(383)
15.8	习题	(385)
<b>第 16 章</b>	<b>习题答案</b>	<b>(386)</b>

# 第 1 章 基础知识

## 1.1 量值的模拟表示和数字表示

“模拟”和“数字”概念来源于计算技术,并为包括测量技术在内的整个电工技术所引用。

### 1.1.1 模拟量的表示

为了按照模拟原理来表示一个量,需要一个模拟量,即所谓“对应的”量。在模拟计算机中,模拟量是电压。例如,对于数字表示有:

数字 1 将被赋予数值 1V。

$1 \triangleq 1V$  ( $\triangleq$ 表示“对应于”)

因此,2V 对应于数字 2 以及 3.6 对应于 3.6V。如果要表示数字 4.365,便需要 4.365V 的电压。为了表示更大的数,必须选择另外的赋值,亦就是改变度量比例(如  $1 \triangleq 1mV$ ),否则可能会进入更高电压的范围。

模拟量值是模拟量之值,此值在允许范围内可以取每个任意值。

模拟量值的表示取决于能以多高的精度测量。这里,很快会遇到物理上的限制。电压测量以正常费用可以精确到  $\pm 1\%$ ,而以较大的费用则可精确到  $\pm 1\%$ 。若要继续提高精度,则费用会极大。对温度的依赖关系将作为另一个物理限制而出现。

模拟量值在通常情况下只精确表示到 3 个十进制数位。

广泛采用的计算尺是较简单的模拟计算机。长度用作模拟量。长度按对数比例被赋予数值。因此,赋值不一定是线性的。计算尺的精度取决于读数可能达到的精度。

在测量技术中,量的模拟表示占据特别重要的地位。指针式测量仪器以模拟方式表示测量参数(图 1.1)。模拟量是指针与其零线形成的角度或相应的分度弧。指针可以指示分度弧上的每个任意值。

带指针的钟表(图 1.2)以模拟方式指示时间。在此,模拟量也是角度或相应的弧度。允许范围是  $360^\circ$  的圆形度盘。

图 1.3 所示图表同样也是模拟表示。在此,模拟量是条形长度。

在直角坐标系中,电压波形的通常表示(图 1.4)也是模拟表示。电压可以取允许范围内的所有值。

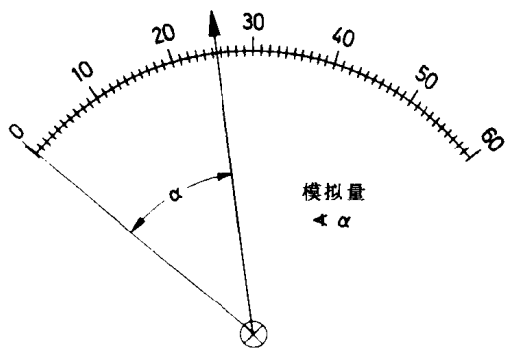


图 1.1 测量参数的模拟表示

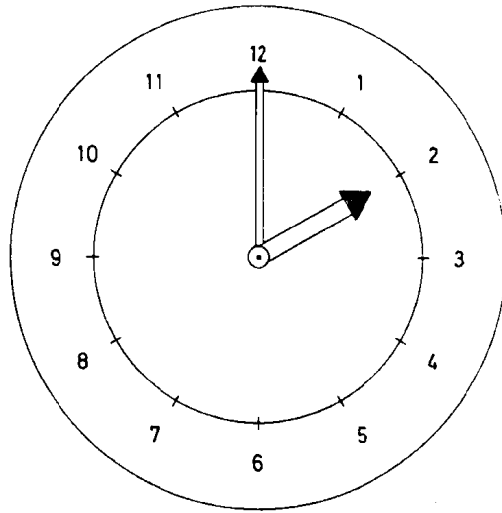


图 1.2 模拟显示式钟表

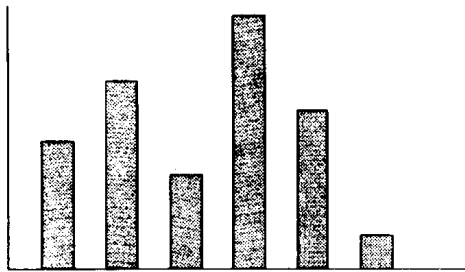


图 1.3 模拟表示,例如各种职业的收入

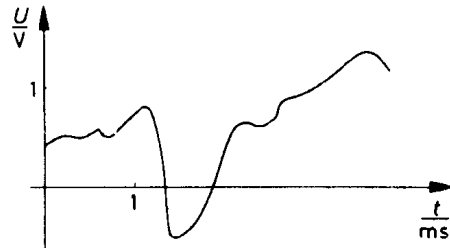


图 1.4 电压波形的模拟表示

量程的模拟表示具有十分直观的优点。

对量值进行模拟表示时,能判断出量的变化趋势。

### 1.1.2 量值的数字表示

在对量值进行数字表示时,使用了数元。“数元”一词来源于拉丁语“digitus”(手指)。例如,一个数可以用手指数来表示。众所周知的算盘(图1.5)便是一种简单的数字计算

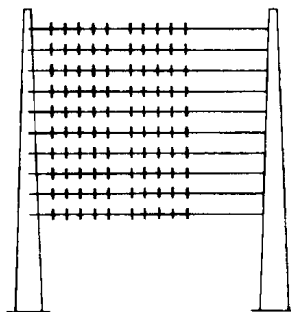


图 1.5 作为简单“数字计算器”的算盘



器,通过对算盘珠计数来表示一个数。

数字量由数元构成。

这里,数字原理的优点已显而易见。数和量的表示精度不存在物理上的限制,只要相应增加算盘珠的数目,便能达到所希望的准确度。

数字量能以任意准确度来表示。

在电子数字计算机中,采用电脉冲代替算盘珠。例如,数字3可以用3个脉冲表示。相应地,数字37可以用37个脉冲表示。然而,这种表示方法很繁琐,因此不常用。试想,为了表示数字100 000,将需要100 000个脉冲。

当用数字信号来表示数字时,采用一定的约定,即所谓代码。图1.6示出数字信号随时间变化的曲线图。

由于数字量是由数元组成,故可以用数字直观表示记数。

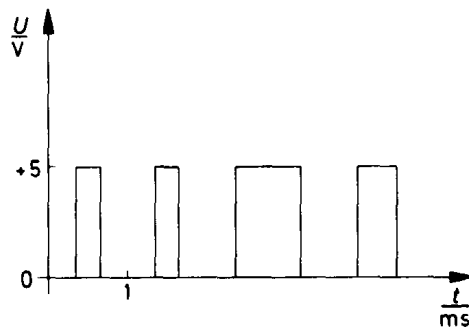


图 1.6 数字信号随时间变化的曲线图

以数字测量方式进行的显示称为“数字”显示。

采用数字显示的测量仪器叫做“数字显示测量仪器”(图1.7)。采用数字显示的钟称为“数字钟”。



图 1.7 测量仪器的数字显示

与模拟显示不同,数字显示的最后一位读数是不确定的。

## 1.2 二进制状态和逻辑状态

如上节中所述,数字量是由数元组成。这些数元可能具有两个、三个甚至更多个状态。