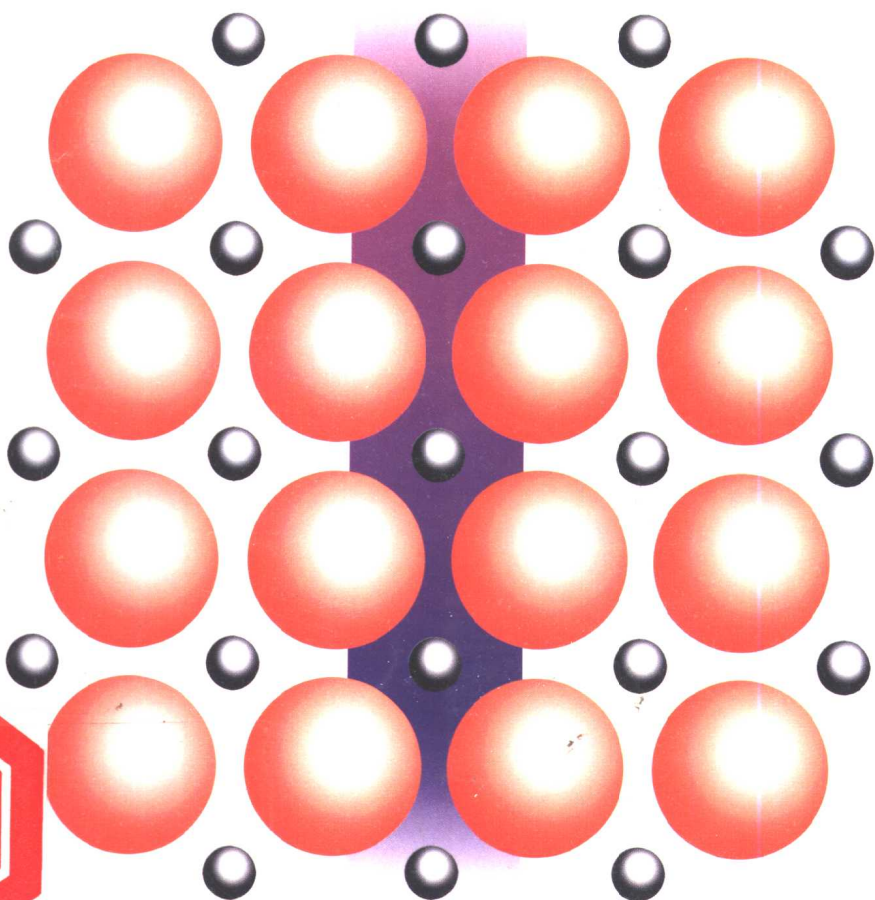


OHM 电子电气入门丛书

图
解

数字电路的计算

〔日〕 饭高成男 椎名晴夫 田口英雄 著



科学出版社

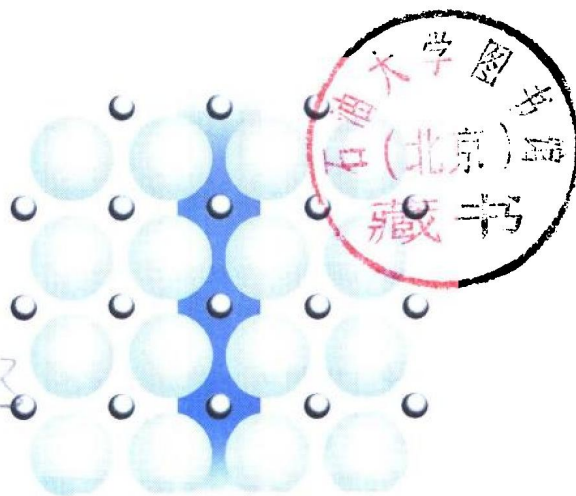
OHM社

登录号	142142
分类号	TN790.2
种次号	001

OHM 电子电气入门丛书

图解 数字电路的计算

[日]饭高成男 椎名晴夫 田口英雄 著
钱允琪 译 曹广益 校



BAD16/03



石油0113261

科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字: 01 - 1999 - 2505 号

Original Japanese edition

Etoki Dijitaru Kairo no Keisan by Shigeo Iidaka, Haruo Shiina and Hideo Taguchi

Copyright © 1990 by Shigeo Iidaka, Haruo Shiina and Hideo Taguchi

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき デジタル回路の計算

飯高成男 椎名晴夫 田口英雄 オーム社 1998 第1版第7刷

图书在版编目(CIP)数据

图解数字电路的计算/(日)饭高成男等著;钱允琪译.

北京:科学出版社,2000

ISBN 7-03-008181-1

I. 图… II. ①饭… ②钱… III. 数字电路-计算方法-图解 IV. TN79-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73153 号.

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本:889×1194 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张:5 3/4

印数:1—5 000 字数:155 000

定 价: 17.50 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

前 言

集成电路(IC)由于其高性能、低价格,促进了数字技术快速、全面的发展。

在家庭中,从小孩玩的玩具到钟表、电视机等电子产品,在办公室与工厂中,从电子计算器到电子计算机、通信等,数字技术的应用遍及各个领域。

本书作为由欧姆出版社已经出版的、以数字技术为中心的电路入门书《图解数字电路》的习题集,以从数字信号概念,直到A/D、D/A转换范围内的电路工作、电路计算的习题作为主要内容,这是其他同类书籍中所不具有的特点。

数字电路,是通过对“1”和“0”或者“有信号”和“无信号”这两个状态,进行不同组合而实现其功能的电路。表面上看,这是很单纯的,也是很容易的,但是必须熟练地掌握逻辑运算的方法,这也是一定要做到的。

因此,数字电路中虽然包含有不少的数学知识,但是为了使初学者也能理解,本书尽可能地利用图解方法,而且,用了较多例题说明求解方法,习题也都是实用性的,书中系统地收集了从简单易解到有一定难度的各类问题。

因此,充分体会解题要点之后,自己动手求解例题,深入领会、理解其内容。然后,再求解各类习题,就能真正掌握数字电路的知识。

通过本书的学习,希望能使读者培养出分析和计算数字电路的能力,并且锻炼出应用复杂数字电路的思考方法与技术。

知识的积累是其他人无法窃取的,是自己的永久财富。

本书各章的执笔分工如下:

第 I 章 饭高成男

第Ⅱ,Ⅵ,Ⅶ,Ⅷ,Ⅸ章 椎名晴夫

第Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ章 田口英雄

最后,在本书出版时,谨向一直给予大力协助的欧姆出版社(OHMSHA)的各位表示深深的感谢。

著 者

目 录

I 数字信号

1.1	数字和模拟的区别	8
1.2	二进制数	12
1.3	八进制数和十六进制数	16
1.4	BCD 码和奇偶校验码	21
1.5	二进制数的四则运算方法	26
1.6	补数运算方法	31
1.7	小数运算方法	36

II 基本逻辑单元

2.1	基本逻辑门电路	42
2.2	其他的基本门电路	46
2.3	正、负逻辑和半导体电路(I)	50
2.4	正、负逻辑和半导体电路(II)	54
2.5	门集成电路	58

III 逻辑代数

3.1	布尔代数的公理和文氏图	64
3.2	布尔代数的定理	68
3.3	最小项形式和最大项形式	72
3.4	卡诺图的基础	76
3.5	四个变量的卡诺图	80

IV 逻辑电路的基础

- 4.1 组合逻辑电路 86
- 4.2 用 NAND 和 NOR 进行变换 90
- 4.3 AND-OR 电路和 OR-AND 电路 94
- 4.4 逻辑电路的设计 98

V 各种逻辑电路

- 5.1 比较电路 104
- 5.2 选择电路 108
- 5.3 加法运算电路 112
- 5.4 减法运算电路 116

VI 触发器

- 6.1 RS 触发器和 JK 触发器 122
- 6.2 其他的触发器 126

VII 计数器和寄存器

- 7.1 二进制计数器和十进制计数器 132
- 7.2 同步式计数器和移位寄存器 136

VIII 编码器和译码器

- 8.1 编码器 142
- 8.2 译码器 146

IX AD/DA 转换器

- 9.1 DA 转换器 152
- 9.2 AD 转换器 156

- 练习题答案 161

I

数字信号

在本章中，首先通过与模拟信号的对比，学习数字信号的概念。其次，在进入学习数字电路时，先学习最基本的二进制数，学习与我们在日常生活中经常使用的十进制数的转换及四则运算等。再进一步学习在计算机中被运用的与二进制数有密切关系的八进制数、十六进制数、BCD 码等，学习它们的性质及相互转换，深刻理解这些作为数字信号基础的知识。

1.1 数字和模拟的区别

解题要点

(1) 数字量和模拟量

①数字量 数字一词的语源是指 digit(手指, 从阿拉伯数字的 0 到 9), 如同用手指数 1, 2, 3, …那样, 是不连续的、等级的数值和符号。另外, 数字计算机的数字, 以计数形式的……意义被使用(参照图 1.1(a))。



(a) 数字式手表

②模拟量 是 analog(相似, 类似)的意思, 是用连续变化的物理量来表示。例如像钟表和电流表那样, 当它用与时间和电流有相似关系的针的角度来表示时间和电流时, 称为连续的物理量(角度)(参照图 1.1(b))。



(b) 模拟式手表

图 1.1

(2) 数字信号和模拟信号

①数字信号 用与数字和符号相对应的(例如, 用“1”表示电压“有”或“高”, 用“0”表示电压“无”或“低”)离散状态表示的信号称为数字信号。数字信号用此两种状态就能处理全部信息。

②模拟信号 用连续的量的大小(电压、电流等)表示的信号称为模拟信号。模拟信号的瞬时大小包含有信息。

例题

1 图 1.2(a)、(b) 的电压波形是数字信号还是模拟信号?

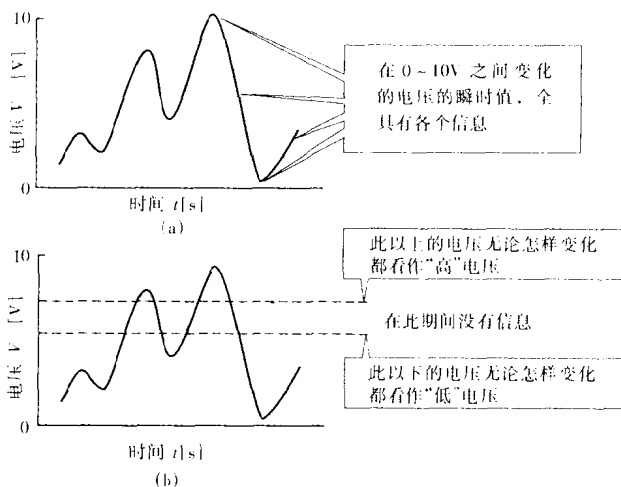


图 1.2

解： 图 1.2(a)，电压的大小随时间连续变化。图 1.2(b)，
“高”电压用“1”表示，“低”电压用“0”表示，如图 1.3 所示。

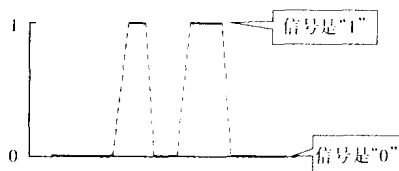


图 1.3

答： 图 1.2(a)是模拟信号，图 1.2(b)是数字信号。

例题 2 图 1.4(a)、(b)的电路是数字电路还是模拟电路?

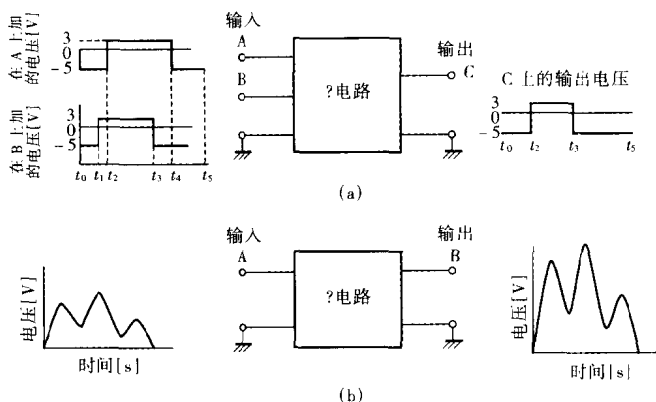


图 1.4

解： 图 1.4(a), 在 A、B 端输入被运算的电压, 变换成输出 C 的电压波形。图 1.4(b), 输出 B 与输入 A 有比例关系, 振幅被放大。

答： 图 1.4(a) 是数字电路, 图 1.4(b) 是模拟电路。

例题 3 图 1.5 的电路是数字电路还是模拟电路?

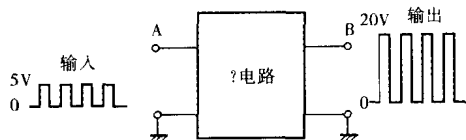


图 1.5

错误的解答： 是数字电路。

为何解答错误： 输入即使是像数字信号那样的矩形波 (脉冲波), 但因为输出与输入有比例关系, 振幅被放大。

答： 是模拟电路。

练习题 1

1. 以下所示的物品,是数字量还是模拟量?

①算盘 ②钢琴 ③小提琴 ④声波 ⑤电报 ⑥道路工程现场的指示灯 ⑦继电器电路 ⑧低频放大电路

2. 在表示时刻的场合,数字量和模拟量是在怎样的场所被使用?

3. 图 1.6 的波形是在电视等中使用的,称为锯齿波,它是数字信号还是模拟信号?

4. 数字方式具有如下所示的特点,在□中,请选择下面所写的词汇填充完成下文。



图 1.6

(1)数值有□a和□b两个,它的产生是简单的,误动作的概率也□c。

(2) 信息的处理速度非常□d,而且信息的□e也是半永久的。

(3)信息的处理量是□f,精度也□g,但处理变得□h。

(4)信息的传递速度比模拟信号□i。

(5)噪声的消除□j。

(6)因为电路的构成是使用□k电路,所以能够□l, □m, □n, □o, □p, □q。

①0 ②1 ③2 ④3 ⑤高 ⑥低 ⑦快 ⑧慢 ⑨选择 ⑩存储 ⑪大容量 ⑫小容量 ⑬集成 ⑭低密度 ⑮高密度 ⑯耗电低 ⑰耗电高 ⑱可靠性低 ⑲可靠性高 ⑳超小型 ㉑超大型 ㉒超轻量 ㉓超重量 ㉔高价格 ㉕低价格 ㉖复杂 ㉗简单

1.2 二进制数

解题要点

(1) 十进制数和二进制数

①十进制数 是我们日常使用的数,有0,1,2,⋯,9十个数字,在每位上用定位数的加权($1=10^0, 10=10^1, 100=10^2, \dots$ 每位依次差十倍)的数的表示法所表示的数称为十进制数。

②二进制数 用“0”和“1”两个数字,在每位上用定位数的加权($2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^n$)的数的表示法所表示的数称为二进制数。

例:

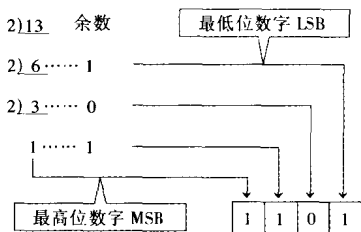
$$1101 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

↑ ↑ ↑ ↑
二进制数定位数的加权

另外,将二进制数一位数的“0”或“1”称为1位(bit),表示处理数据的最小单位。又将8个二进制数(8位)称为1字节(byte)。

(2) 整数的十进制数和二进制数的转换

①十进制数转换成二进制数 是将十进制数除以2。



②二进制数转换成十进制数 在二进制数的每位上加权。

$$\begin{array}{ccccccc}
 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 & \text{各位的加权} \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\
 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\
 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\
 = 32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = 53
 \end{array}$$

例题 1 请将十进制数 23 转换成二进制数。

解:

2) 23 余数 最低位数字

2) 11……1

2) 5……1

2) 2……0

1……0

最高位数字

将十进制数 23 表示为 $(23)_{10}$ 。

这时 $()_{10}$ 中的 10 称为基

数。

同样, 二进制数 10111 用

$(10111)_2$ 表示, 二进制数的基数是

2。

答: 10111 $[(23)_{10} = (10111)_2]$

例题 2 请将数 $(87)_{10}$ 转换成二进制数。

错误的解答: 1110101

为何解答错误: 十进制数除以 2 时, 因为最初的余数成为二进制数的最低位数字, 而最后的余数成为二进制数的最高位数字, 解答反向, 所以错误。

答: 1010111

2) 87 余数

2) 43……1

2) 21……1

2) 10……1

2) 5……0

2) 2……1

1……0

例题 3 请将二进制数 10101010 转换成十进制数。

解:

$$\begin{aligned} & 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\ & = 128 + 0 + 32 + 0 + 8 + 0 + 2 + 0 \end{aligned}$$

答: 170

例题4 请将数 $(11111001)_2$ 转换成十进制数。

错误的解答： 498 或者 248

为何解答错误： 各位的加权错误。又 $2^0 = 0$ 计算错误。

解：

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1	1	1	1	1	0	0	1

各位的加权是整数，最低位的加权是 $2^0, 2^0 = 1$

$$1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 0 + 0 + 1 = 249$$

答： 249 $[(11111001)_2 = (249)_{10}]$ **例题**5 在 中填入合适的数字。二进制数 1001 是 ① 位, 1010101 是 ② 位,11001010 是 ③ 字节。

解： 将二进制数的 1 位数称为 1 位, 而 8 位称为 1 个字节。

答： ① 4 ② 7 ③ 1

练习题 2

1. 以下的计算过程, 是表示从十进制数转换到二进制数, 从二进制数转换到十进制数。在 中填入数字。

$$\begin{array}{r}
 \textcircled{1} \quad 2 \overline{) 62} \\
 \quad 2 \overline{) 31} \cdots \cdots \boxed{(a)} \\
 \quad \quad 2 \overline{) 15} \cdots \cdots \boxed{(b)} \\
 \quad \quad \quad 2 \overline{) 7} \cdots \cdots \boxed{(c)} \\
 \quad \quad \quad \quad 2 \overline{) 3} \cdots \cdots \boxed{(d)} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 1 \cdots \cdots \boxed{(e)}
 \end{array}
 \quad (62)_{10} = (\boxed{(f)})_2$$

$$\textcircled{2} (10111)_2 = 1 \times \boxed{(a)} + 0 \times 2^3 + 1 \times \boxed{(b)} + 1 \times 2^1 + 1 \times \boxed{(c)} = \boxed{(d)}.$$

2. 请将以下的十进制数转换成二进制数。

- ① 3 ② 8 ③ 15 ④ 23 ⑤ 56 ⑥ 100 ⑦ 147 ⑧ 273
 ⑨ 560 ⑩ 1030

3. 请将以下的二进制数转换成十进制数。

- ① 101 ② 1001 ③ 1100 ④ 10010 ⑤ 11001 ⑥ 101100
 ⑦ 110101 ⑧ 10101011 ⑨ 11100001 ⑩ 100001001

4. 图 1.7 是将氖灯及发光二极管的亮灭表示成二进制数。设灯亮是“1”, 灯灭是“0”, 用十进制数表示是多少?



图 1.7 亮灭的二进制数表示

5. 请在下文的 中填入合适的数字。

① 2 位能传递 (a), (b), (c), (d) 四种信息。

② 4 位能表示的最大的数, 在二进制数中是 (a), 在十进制数中是 (b), 另外, 用 1 个字节能表示的最大的十进制数是 (c)。

③ 要识别表示十进制数的 0 到 9, 为了存储必须要 (a) 位的存储容量。

1.3 八进制数和十六进制数

解题要点

(1) 八进制数和十六进制数

①八进制数 把基数作为“8”表示的数称为八进制数,用8个数字0~7表示。

例:十进制数的26,

$$26_{10} = 24 + 2 = 3 \times 8^1 + 2 \times 8^0 = (32)_8$$

八进制数的定
位数的加权

②十六进制数 把基数作为“16”表示的数称为十六进制数,用10个数字和6个字母表示,使用与十进制数相同的标记表示0~9的数字,为了表示与十进制数的10~15相对应的数用A、B、C、D、E、F的文字符号。

例:十进制数的26,

$$(26)_{10} = 16 + 10 = 1 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = (1A)_{16}$$

十六进制数字
位数的加权

(2) 十进制数↔八进制数、十六进制数的转换

与十进制数↔二进制数转换相同,十进制数→八进制数、十六进制数的转换,将十进制数除以各自的基数8、16,取余数即可。而八进制数、十六进制数→十进制数的转换,只要分别在每位上加权即可(参照上面的例子)。

(3) 二进制数↔八进制数、十六进制数的转换

二进制数→八进制数、十六进制数的转换,从二进制数的低位的位数开始每3位或每4位分成一组,将每组分别转换成八进制数或十六进制数即可。另外,八进制数、十六进制数→二进制数的转换,分别将八进制数的每一位转换成3位的二进制数,将十六进制数的每一位转换成4位的二进制数,然后并列写出即可(参照例)。

$$\begin{array}{ccccccc} \text{例: } & 10 & 110 & 100 & = & 1011 & 0100 \\ & 2 & 6 & 4 & & B & 4 \end{array} \quad (10110100)_2 = (264)_8 = (B4)_{16}$$