内 容 简 介

本套丛书系引进欧姆社版权翻译出版的中文版图书。基本涵盖了有关电子电气方面的全部知识。内容简洁，重点突出，同时配以大量插图帮助讲解，具有较高的参考阅读价值。

本书共分8章。主要章节为：走进数字化、数字信号的产生、控制信号通过的电路（门电路）、计“数”的电路（计数器电路）、数字与电路的结合、信号的输入或输出电路（显示电路）、探索计算机的内部及应用电路和制作。

本书实用性强，可作为大、中专学生的参考书或教材，也适用于函授或自学，对于从事数字电路方面的技术人员及大、中专学校的教师有较高的参考价值。

需要全本请访问 www.ertongbook.c

OHM 电子电气入门丛书

图解 数字电路

〔日〕内山明治　堀江俊明　著
曹广益　译　钱允琪　校

科学出版社　OHM 社
2001　北京

图字：01－1999－2922 号

Original Japanese edition
Etoki Dijitaru Kairo
by Akiharu Uchiyama and Toshiaki Horie
Copyright © 1983 by Akiharu Uchiyama and Toshiaki Horie
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　ディジタル回路
内山明治　堀江俊明　オーム社　1997　第1版第14刷

图书在版编目(CIP)数据
图解数字电路/(日)内山明治,(日)堀江俊明著;曹广益译.
－北京:科学出版社,2000
ISBN　7－03－008196－X
Ⅰ. 图…　Ⅱ. ①内…　②堀…　③曹…　Ⅲ. 数字电路－图解
Ⅳ. TN79－64
中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73921 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

科学出版社发行　各地新华书店经销

2000 年 1 月第　一　版　开本:889×1194　1/32
2001 年 2 月第二次印刷　印张:5 5/8
印数:5 001—8 000　　字数:148 000
定价：17.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前　　言

电子电路已进入了数字时代。以计算机为代表，从自动控制、测量仪表到音响装置等，数字电路几乎遍及电子设备的各个领域。

那么，为什么数字电路的应用会这么广泛呢？与处理模拟信号的电路相比，它有哪些优点呢？

考虑到明确这一点是使初学者明确学习的目标，进而深刻理解数字电路的捷径。因而，在本书中，首先考虑的是如何通俗易懂地阐明这一点。这就是在第一章中要具体讲解的内容。

其次，在实际使用的数字电路中，大多是使用了集成电路(IC)。因此，即使对一些电路动作的细节不清楚，只要知道了IC的连接图和真值表，仍然可以理解电路工作的大概情况。但是，仅掌握这些，对电路知识的理解不可能深入，也不可能期望提高应用技术。只有理解了由晶体管和二极管所组成的基本电路的动作，才能够掌握IC的各种应用方法，了解电路内部的各种动作细节。所以，本书中明确讲述了使用晶体管和二极管的基本电路的各重要内容。并进一步讲述用IC构成的基本电路，尽量不造成晶体管电路与集成电路之间内容上的不连贯。

第三，由于一些读者是要通过本书学习数字电路的，所以，在书中我们尽量结合身边的各种现象及人类的活动方式，通俗易懂地讲述各项内容。例如讲T型触发器时，用“相当于一对1:2的齿轮”来说明。而对于如多谐振荡器和逐次比较型A/D转换器，因为其动作原理相当复杂，本书就尽量用比较易于理解的图解方法来说明。

本书不仅适用于高中生和中专学生，也适用于机械、化学等非电气、电子专业的技术人员。但是由于著者学识所限，书中难免

有讲述不够全面或遗漏的地方。对于这一点，希望各位专家和读者给予指正，以便今后改进。

最后，在本书出版之际，对于从内容构思到正式出版，始终给予著者极大帮助的欧姆社(OHMSHA)的各位，表示深深感谢。

著 者

需要全本请访问 www.ertongbook.c

目　　录

Ⅰ 走进数字化

1.1　数字信号 …… 12

数字信号/电子电路中的信号/数字信号与模拟信号/脉冲与数字信号/产生数字信号的“规则”举例/微机的位数

1.2　数字信号在“杂草丛中”不会埋没 …… 18

噪声与杂草相同/信号与噪声/数字信号与噪声的消除/数字音频

1.3　用开关产生数字信号 …… 22

开关的动作与脉冲/二极管的开关动作/晶体管的开关动作/FET 的开关动作

1.4　开关的条件与动作 …… 26

接点的振动和 ON、OFF 的动作时间/电子开关的动作时间和特性

1.5　电子开关的动作与载流子 …… 28

水面上漂浮的草/烟熏眼睛

1.6　数字信号与 *RC* 电路 …… 30

耐久力有多少(积分电路)/有否暴发力(微分电路)

本章小结 …… 32

Ⅱ 数字信号的产生

2.1　振　子 …… 34

振子是振动的发生机/多谐振荡器

2.2　自激多谐振荡器 …… 36

不会停止的多谐振荡器/放大电路与开关电路工作点的区别/通过 *CR* 产生延迟的开关电路/自激多谐振荡器的自由振荡和脉冲宽度/

计算机的时钟脉冲/将方波脉冲输入到微分电路中
2.3 双稳态多谐振荡器 …… 43
杠杆式多谐振荡器/电路的动作/触发脉冲和加速电容
2.4 单稳态多谐振荡器 …… 48
“只有一次”的多谐振荡器/电路的动作和使用例子
2.5 脉冲宽度与占空比 …… 50
脉冲宽度与占空比的计算/脉冲性能的掌握方法/如果通过电路,方波角就变圆
本章小结 …… 54

Ⅲ 控制信号通过的电路(门电路)

3.1 门是收取通行费的地方吗? …… 56
门是控制能否通过的场所/数字电路中的门/高电平电压与低电平电压
3.2 AND、OR 和 NOT 门 …… 58
3 种基本门电路 (基本逻辑电路)/AND 门电路和动作/OR 门电路和动作/NOT 门电路和动作/各类门的输入与输出波形
3.3 二重门的作用 …… 62
基本门的组合/NAND 门电路的组成和动作/NOR 门电路的组成和动作/电压的高、低 (H、L)电平和 1、0 的表示
3.4 由门组成的门电路 …… 66
选择器的功能/多路转换器/信号分离器
3.5 门集成电路的实例 …… 68
门集成电路 (逻辑 IC)/用 NAND 完成各种工作/这就是门集成电路
3.6 用门集成电路组成的多谐振荡器 …… 72
用门集成电路组成的自激多谐振荡器/用门集成电路组成的触发器/混合使用 TTL 和

CMOS 的 IC 时
本章小结 …… 76

Ⅳ　计“数”的电路(计数器电路)

4.1　钟表是一个计数器 …… 78
计数器只有齿轮与刻度/看不到车窗外风景的旅行/T 型触发器/用 NAND 门组成带有 R 端子的 T 型触发器/电子齿轮均为 1:2
4.2　单一的计数器能做什么(2 进制计数器与 2 进制数) …… 84
2 进制 4 位计数器/电平动作表与时间流程图/2 进制数与 10 进制数的比较
4.3　*N* 进制的计数器 …… 88
在鸟的世界中，大概使用 6 进制吧!/10 进制计数器/计数器的输出码/任何进制的计数器均可自由组成(*N* 进制计数器)
4.4　计数器 IC 的实用例子 …… 92
2 进制化 10 进制计数器用的 IC/12 进制计数器 IC 的例子
本章小结 …… 94

Ⅴ　数学与电路的结合

5.1　只有 0 和 1 的世界 …… 96
简单的规定/0 和 1 世界中的积 (逻辑乘)/1 + 1 不是 2 的和 (逻辑和)/不是 0，则是 0 的反面(否定)
5.2　使用公式简化电路 …… 100
由于是 0 或 1，所以有以下情况/或者结合在一起，或者分开/当公式仅为“非”时，可用 AND 和 OR 替换/不能除、不能减的讨论/公式变为电路，电路变为公式/利用公式简化电路
5.3　各种逻辑电路 …… 106
只有全部一致时，输出才为 1(一致逻辑电

路)/表决时不用计数也可知道结果
5.4 无论哪种要求都可以组成电路 …… 110
接受要求后，如何进行呢?/要求之一……赞成限于只有一个人时/要求之二……专横的经理的要求/小结
5.5 进行加法运算的电路(加法器) …… 115
一半的加法器(半加器)/2个半加器则为1个加法器(全加器)/多位数的加法/减法运算用加法运算来进行
5.6 运算电路的实验 …… 120
做1+1=1(逻辑运算)/做1+1=10(数值运算)
本章小结 …… 122

Ⅵ 信号的输入或输出电路(显示电路)

6.1 “位”与“字节”是信息单位 …… 124
信息的最小单位是“位”/“1字节”是8位
6.2 编码器是翻译吗? …… 126
数值与文字的符号化/从10进制→2进制编码器的电路例子
6.3 显示器 …… 130
联系人和数字机器的部件/放电显示管(数字管)/7段荧光管(LED)/液晶显示器(LCD)/荧光显示管
6.4 译码器(解读器) …… 134
2进制→10进制译码器/译码器用的IC/7段译码驱动器IC
6.5 A/D、D/A转换器 …… 138
A/D转换时信号的处理方法/转换器/D/A转换器/电压-时间转换的A/D转换器/逐次比较型A/D转换器
本章小结 …… 144

Ⅶ　探索计算机的内部

7.1　寄存器电路 …… 146
并行寄存器/移位寄存器
7.2　存储器电路 …… 152
永远记忆的存储器/可存储又可消除的自由存储器
7.3　CPU 的功能 …… 156
7.4　存储器的实验 …… 158
本章小结 …… 160

Ⅷ　应用电路和制作

8.1　石英式数字钟表的制作 …… 162
概论/电路的各个部分
8.2　将钟表用的 IC 用于数字式钟表的制作　169
概论/显示电路/制作上的注意点/调整
8.3　计算机的工作原理 …… 173
硬件与软件/程序/信息在总线上来回运行/命令的种类/计算机的内部动作
本章小结 …… 180

需要全本请访问 www.ertongbook.c

I

走进数字化

——数字电路的预备知识

当今文明社会的运作，是由大量的信息传送、交换、处理、存储支撑着的，因而，迫切要求信息质量的提高。

在这些信息传送及处理中，可以分为

①如电话、广播及声音那样处理连续的电流信号的线性电路。

②像电子计算机那样处理断续的电流信号的数字电路(包含脉冲电路)。

然而，现在即使在如同声音信号那样用线性电路来处理的领域中，只要有可能，都在进行向数字化方向转化的技术开发。

那么，现在为什么要推进数字化技术的发展呢?

1.1 数字信号

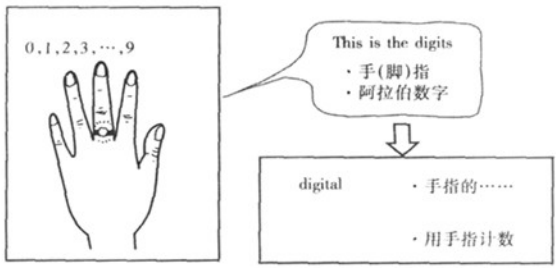


图 1.1 数字的意义

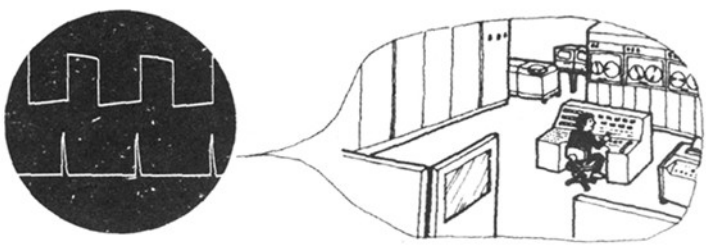


图 1.2 数字信号

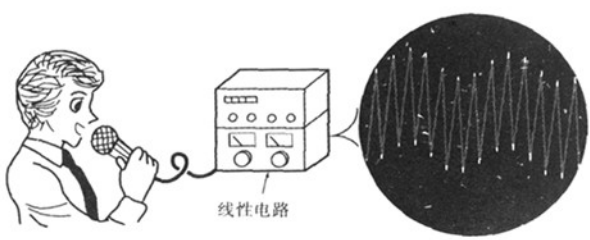


图 1.3 模拟信号

1.1.1 数字信号

古今中外的文章、诗歌中都有描述人的一双万能的手的字句，从文学的世界到最新的数字式电子计算机，优美、柔软的**手指**，引起了多少人的注意。

digit 是指“手指(finger)、阿拉伯数字(0,1,2,…,9)”，在很久很久以前，人们扳着手指来计数。由此 digital computer 中的 **digital** 有“**计数型的**…”意义。

这一章中，希望读者能够理解计数型的电子计算机、计数型的电子测量仪器等数字电子机器为什么会被广泛使用的原因。

1.1.2 电子电路中的信号

在电动机、电热器中，只有用来输送能量的电流流动。而如图 1.4 所示，在音频放大器中，除了从电源处流入电流以外，还混有来自话筒处的声音电流。这个声音电流是由信息（讲话的内容或音乐等）经话筒转换而得到的，即为**信号**。

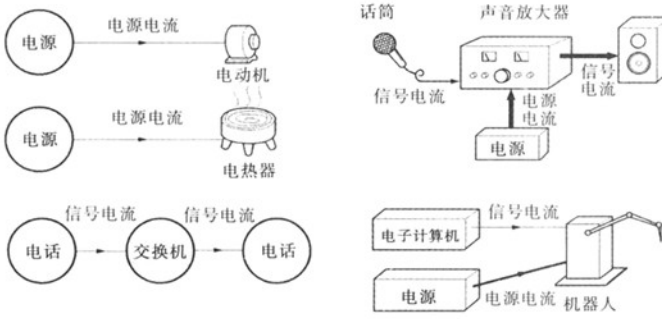


图 1.4 电源电流(电力)和信号电流(信息)

这样，在电子电路中，其特征为**电源电流**（提供能源）与**信号电流**（传送信息）混合流动。这与人体的心脏和血管网传送能量、脑与神经系统传送出信息(信号)以使人体能进行各种活动相似。

学习在“信息”变换成电信号时，用将“信息”转换为“数字信号”处理的电子电路，这就是本书的目的。

1.1.3 数字信号与模拟信号

“黑就是黑、白就是白……!”这是有吵架的味道,但也让人感到干脆、利落。而在电流情况下,电流流动着(ON),没有流动(OFF),或者电灯亮了,灭了却并不是很干脆利落的。

经常有电灯光变成粉红色、浅黄色,或者说电灯很暗之类不明朗的现象,这时测定与判断变得复杂,也容易出现判断误差。如果出现如图 1.5 所示的情况,那么,大家还愿意支付电费吗?



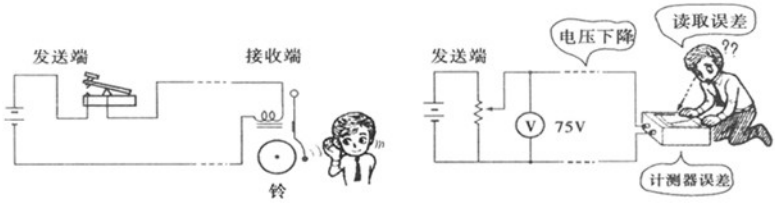
图 1.5 如果电源电压降到 80V*……

在传送信息时也一样,例如,我们向远方的人传送“75”这个数(信息)时,可以如图 1.6(a) 所示,传送“75 次断续电流(脉冲)”,或者如图 1.6(b)所示,用“电压大小”来传送。像图 1.6(b)那样用电压大小来传送时,在接收端的电压下降情况下,到底“是 74,75,还是 76 呢?”判断将出现困难,而在图 1.6(a)中,即使由于距离远而引起电压下降,若电流的“有、无”可以判断的话,则信息就可以确切传送出去。

如图 1.6(a)所示,信号以断续电流(或者电压)的形式表现的**为数字信号**。如图 1.6(b)所示,信号以连续电流(或电压)的方式表现的为**模拟信号**。一般情况下,处理与数量有关的信息时,作为数字信号来处理,信号为“有、无”即“白、黑”可以明确分清,因而比较有利。

---

* 日本民用电为 100V——译者注.



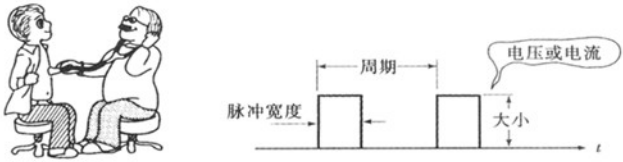
(a) "75"是按 75 次键　　(b) 发送"75"时电压是 75V

图 1.6　数字信号和模拟信号

处理数字信号的电子电路即**数字电路**，处理模拟信号（例如用音频放大器处理的的声音电流等)的电子电路即**线性电路**。

1.1.4　脉冲与数字信号

医生将人的心脏跳动称为脉搏。在电子电路中，如脉搏那样断续的电流与电压称之为**脉冲**(图 1.7)。



(a) 脉搏?　　(b) 脉冲

图 1.7　脉搏与脉冲

用一个脉冲，只能表现"白、黑"那样的单纯的信息。通过脉冲的组合，例如像图 1.6 那样，可以作为信号传送稍微多一些的信息。但是，用这个方法不可能传送"大的数"和"复杂内容的信息"。实际上，用图 1.8 中所说明的一些"**规则**"组合脉冲，即产生数字信号。

1.1.5　产生数字信号的"规则"举例

通过脉冲组合，产生有效数字信号传送的方法，可用图 1.8 来说明。图 1.8 中用 5 条线路，传送 0～10 的数值。这里，在 A～

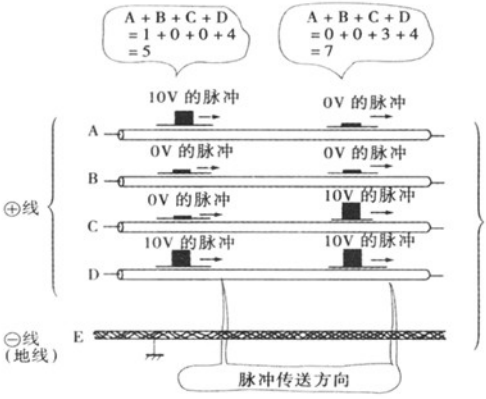


图 1.8 组合脉冲产生数字信号的例子

表 1.1 各线路 1 个脉冲代表的数值

脉冲的有无	有 (ON)	无 (OFF)
线路 A	1	0
线路 B	2	0
线路 C	3	0
线路 D	4	0

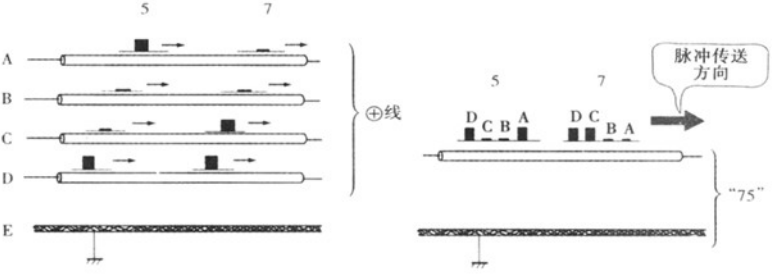


图 1.9 使各线路的脉冲形成时间差流入到同一线路中去

D 线路中所流动脉冲的大小均相同（例如 10V），当各线路本身服从表 1.1 所示的“规则”时，图 1.8 的情况，整个传送的信息为“75”。

[问] 在图 1.8 中，希望传送“6”的数值时，脉冲的组合应该如何呢？

[答] B 与 D：ON，或 A，B，C：ON

将图 1.8 中的 A，B，C，D 各线路的脉冲传送时间以一定间隔错开，如图 1.9 所表示的，只用⊕与⊖一组线路，利用其流动的电流，也可以传送相同的数字信号。图 1.8 是将脉冲并联组合的方

需要全本请访问 www.ertongbook.com