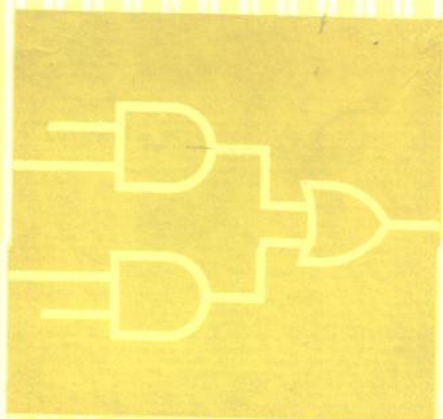


S H U Z I G O N G C H E N G

数字工程



[美]G. K. 科斯托普洛斯 著 · 王玉龙 蔡勇 译 张其善 校 · 人民邮电出版社

数 字 工 程

【美】G. K. 科斯托普洛斯 著

王 玉 龙 蔡 勇 译

张 其 善 校

人 民 邮 电 出 版 社

Digital Engineering

G.K. Kostopoulos

1975

内 容 提 要

本书从工程的角度,论述各种数字网络所采用的算法、基本工作原理及其实现方法。各章按各种功能部件编写。内容分为:数字工程导论,二进制运算的数字实现方法,数字工程的一般应用三部分。有大量的附图、例题和练习题。

本书可供计算机、自动控制、通信、仪表等专业的数字技术设计人员阅读,并可作大专院校数字技术课程的教学用书。

数 字 工 程

〔美〕G.K. 科斯托普洛斯 著

王 玉 龙 蔡 勇 译

张 其 善 校

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 850×1168 1/32 1981年2月第一版

印张: 17 页数: 272 1981年2月天津第一次印刷

字数: 449千字 印数: 1—8,800册

统一书号: 15045·总2410-有5172

定价: 1.85 元

译 者 序

随着数字集成电路的发展，数字技术的应用已深入到各个专业领域，它不仅应用于数字计算机、数控系统、数字仪表等直接与“数字”有关的各个专业领域，而且已广泛应用于自动控制、无线电通信、医疗设备、纺织、机械等所有领域。本书就是一本从“工程”的角度论述数字技术以满足各专业领域中数字设计人员需要的参考书。

本书不同于一般为数字计算机专业编写的“数字逻辑”或“逻辑设计”参考书，它以更广泛的观点介绍各种数字网络所采用的算法、基本工作原理以及实现方法。为此，本书各章是按各种功能部件来组织的，每一章讲述一种类型的数字逻辑网络，列举了不少实用逻辑线路。例如，本书的第二部分各章分别讲述二进制数的加法、减法、乘法、除法、乘方和开方的算法、实现原理及其逻辑线路，因而对每一种功能的逻辑网络作了较全面的概括。不仅如此，本书所介绍的某些内容，也是目前国内已出版的同类书中较为少见的。例如，第五章所介绍的序列滤波器和序列产生器的综合与分析方法，第十三章所介绍的逻辑对称函数的判别方法及其实现方法。因此，本书对数字设计人员具有较大的参考价值。而且由于本书通过大量图解和例题来介绍各种数字网络，并附有较多的练习题，故本书也可作为大专院校非计算机专业的数字技术课程的教学用书。

基于上述原因，我们在北京航空学院无线电系领导的支持下翻

译了本书。在翻译过程中，根据我们的理解，对本书文字、图表及公式中的错误作了订正。其中凡属印刷或笔误性的错误，我们在订正后不加译注；凡属原理性的错误都加以译注，以便读者查对。此外，为便于读者理解第五章中的公式(5·55)和第十三章中的“对称中心计算公式”，在相应章的末尾附上了我们对此公式的推导，仅供读者参考。

在本书的翻译过程中，我们得到了北京航空学院有关专业的部分教师和同学的帮助，空军气象学校仪器教研室的彭洪淼同志对原书中存在的某些问题提出了宝贵的修改意见，在此对这些同志表示深切的感谢。

全国人民正意气风发地为实现四个现代化而努力掌握现代科学技术。我们以同样的心情，愿此译本能为实现此项任务起一点作用。但限于我们的水平，译文中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

译者

1978年10月

前 言

数字电路已广泛应用于科学研究、工业和商业电子设备的设计中，而且将很快应用到电子设计的各个方面。数字电路之所以能广泛应用并有发展前途，其主要原因是：一、数字电路和数字技术有许多优点；二、数字电路可以高密度封装。

现在已有许多关于数字技术应用于数字计算机设计方面的书。然而，数字技术正迅速扩展到设备和系统设计的各个领域，从石油提炼到医疗仪器，以至人造卫星，无不应用数字技术。由于对数字技术的这种要求，便需要有一本从广泛的角度来论述数字技术的书。

本书就是为满足这一需要而编写的。本书的目的是帮助和指导数字工程技术人员致力于数字原理和数字系统的研究，而不是逻辑电路的设计。

设计人员实际上每天都会遇到不少新的数字网络。为了及时掌握数字技术和数字电路制造方面日益增长的新发展并从中获取最大的益处，设计人员在数字工程方面应有一个牢固的基础，有了这个基础才能随着数字工程的发展而在技术上有相应的进步。这本书的目的就是为读者打下这个基础。

为了达到上述目的，本书采用大量图解进行说明，插图多至三百多幅，文字叙述也尽量详尽。本书还精选了一百五十多个例题，既有一般简单的练习题，也有实际工程的应用题。本书还用许多实

例来说明书中所讲述的概念、方法和实现技巧。

本书也是为设有数字课程的大专院校而编写的。为便于各部分内容的单独使用，全书各章尽量保持了独立性。

本书内容分为三部分，第一部分为数字工程导论；第二部分为二进制运算的数字实现方法；第三部分为数字工程的一般应用。本书内容虽则广泛而深入，但是因为叙述详细，所以只要具有工程和数学方面起码知识的读者便可阅读。因此，本书不仅对颇有素养的数字工程技术人员，而且对初学者均有价值。读者若把所学到的数字方面的知识和自己原有的工程基础结合起来，就能发展成为数字系统的设计师。这样，在精通用数字方法实现各种功能和设想的基础上就能很容易地进行综合设计。

乔治·K·科斯托普洛斯

目 录

绪言	1
----------	---

第一部分 数字工程导论

第一章 二进制	5
1.1 引言	5
1.2 二进制数的加法	10
1.3 二进制数的减法	11
1.4 二进制数的乘法	11
1.5 二进制数的除法	12
1.6 二进制数的补码	13
1.7 负二进制数	14
1.8 二进制数的传送方式	16
1.9 2^n 进位制	18
习题	19
第二章 逻辑分析	21
2.1 引言	21
2.2 逻辑变量	21
2.3 逻辑表示式	24
2.4 逻辑方格图	29
2.5 逻辑元件	34
2.6 逻辑元件的应用	50
习题	53
第三章 数字集成电路	54
3.1 引言	54
3.2 数字电路的特性	54
3.3 电阻—晶体管逻辑 (RTL) 电路	69

3.4	二极管—晶体管逻辑 (DTL) 电路	74
3.5	晶体管—晶体管逻辑 (TTL) 电路	77
3.6	高阈逻辑 (HTL) 电路	80
3.7	射极耦合逻辑 (ECL) 电路	82
3.8	金属氧化物半导体 (MOS) 电路	85
3.9	各类逻辑电路的比较	97
3.10	逻辑电路类型的合理选用	98
3.11	数字电路的具体使用	99
3.12	中、大规模集成数字网络	105
	习题	106
第四章	移位寄存器	107
4.1	引言	107
4.2	单向移位寄存器	107
4.3	双向移位寄存器	110
4.4	中大规模集成移位寄存器	114
4.5	移位寄存器的应用	118
	习题	123
第五章	序列网络	125
5.1	引言	125
5.2	序列的基本结构	126
5.3	序列滤波器的综合	130
5.4	序列产生器的综合	136
5.5	序列滤波器的分析	143
5.6	序列产生器的分析	149
5.7	中规模集成 (MSI) 电路在序列设计中的应用	154
5.8	序列网络的应用	158
	习题	163
第六章	计数网络	167
6.1	引言	167
6.2	串行二进制计数器	167
6.3	同步二进制计数器	176

6.4 反馈计数器	184
6.5 组合计数器	187
6.6 通用计数器	190
6.7 多重反馈计数器	193
6.8 环形计数器	201
6.9 移位计数器	204
6.10 格雷码计数器	215
6.11 计数器的补码输出	218
6.12 中规模集成计数器	219
6.13 计数器的应用	221
习 题	226

第二部分 二进制运算的数字实现方法

第七章 二进制数加法	228
7.1 引言	228
7.2 并行加法	230
7.3 串行加法	241
7.4 串并行加法	242
7.5 并行脉冲序列加法	243
7.6 中规模集成加法器	245
习 题	245
第八章 二进制数减法	246
8.1 引言	246
8.2 并行减法	247
8.3 串行减法	250
8.4 串并行减法	252
8.5 并行脉冲序列减法	253
8.6 二进制差的绝对值	254
习 题	256
第九章 二进制数乘法	258
9.1 引言	258

9.2 并行乘法	258
9.3 串行乘法	264
9.4 串并行乘法	269
9.5 并行脉冲序列乘法	280
9.6 中规模集成电路乘法器	284
习 题	288
第十章 二进制数除法	290
10.1 引 言	290
10.2 并行除法	290
10.3 串并行除法	299
习 题	302
第十一章 二进制数的乘方和开方	303
11.1 引言	303
11.2 二进制数的平方	303
11.3 二进制数的 n 次整数幂	312
11.4 二进制数的平方根	317
11.5 二进制数的立方根	327
11.6 二进制数的整数 n 次方根	334
11.7 二进制数的非整数幂	337
习 题	338
第十二章 二—十进制 (BCD)	339
12.1 引 言	339
12.2 二—十进制数的加法	340
12.3 二—十进制数的减法	347
12.4 二—十进制数的乘法	354
12.5 二—十进制数的除法	360
12.6 二—十进制数的补码	366
12.7 负二—十进制数	369
12.8 串行二—十进制计数器	370
12.9 同步二—十进制计数器	374
12.10 十进制环形计数器	383

12.11	十进制移位计数器	386
12.12	各类十进制计数器的比较	388
12.13	用于二—十进制运算的中规模集成电路	389
	习题	389
第十三章 逻辑对称		394
13.1	引言	394
13.2	逻辑对称概述	394
13.3	完全对称的检查方法	400
13.4	局部对称的检查方法	409
13.5	逻辑对称的实现方法	416
13.6	独立对称	422
	习题	429

第三部分 数字工程的一般应用

第十四章 变换器		433
14.1	引言	433
14.2	二进制码—格雷码变换器	434
14.3	格雷码—二进制码变换器	437
14.4	数字—模拟变换器	439
14.5	模拟—数字变换器	442
14.6	电压—频率变换器	447
14.7	频率—电压变换器	448
14.8	二进制码—BCD 码变换器	449
14.9	BCD 码—二进制码变换器	450
	习题	452
第十五章 专用数字网络		453
15.1	引言	453
15.2	异步输入的同步线路	453
15.3	数字延迟线	454
15.4	多路复用	457
15.5	数字的奇偶性计算	462

15.6 并行二进制数的比较	463
15.7 串行二进制数的比较	464
15.8 数字—模拟乘法器	468
15.9 随机函数发生器	469
15.10 可调频率发生器	472
习题	474
第十六章 数字存储器	476
16.1 引言	476
16.2 半导体存储器	478
16.3 磁存储器	492
16.4 各种存储器的比较	500
习题	500
附录 A 计算整数次方根的一般方法的详细推导	501
附录 B 2 的幂	510
附录 C 参考文献目录	511
专业名词汉英对照表	512
专业名词英汉对照表	522

绪 言

为了充分利用日新月异的科研新成果，需要容量越来越大、结构越来越复杂的电子设备。这种电子设备需要利用科研成果，使其从单纯的科学发明变为实际的应用。

随着数字工程的发展以及先进设备的需要，促使绝大多数电子系统的设计中广泛采用了数字方法。数字方法具有无可比拟的优点，它促成了设备全面数字化的倾向，特别是对于以往用机电元件或模拟元件来实现运算的那些设备更是如此。数字网络的主要优点如下：

1. 稳定性好。数字网络不像模拟网络那样易受噪声的干扰。
2. 可靠性高。数字网络的元件参数允许有较大的变化（漂移）范围。
3. 可维护性好。数字网络不需要调整或补偿电路。
4. 能以数字读出。数字读出直观、准确，而模拟输出不够直观、准确。

数字网络在商业和工业设备中的广泛应用为数字工程开辟了新的领域。当需要对某个操作过程进行控制时，可利用数字技术来实现。例如，塑料的加工、血液循环的监视、导弹的发射以及其它种种简单或复杂过程的控制都可利用数字技术来实现。

数字网络的广泛应用充分说明继续不断地改进数字网络制造工艺是十分必要的。目前广泛使用数字网络的关键是降低数字集成电路的制造成本。在集成电路制造工艺中，数字电路或数字网络中的所有元件同时制作在一块极小的半导体材料的基片上。这样，过去需要三、四块分立元件印刷电路板构成的数字网络，现在可以封装在一只晶体管的壳体内，或大小相当的其它形状组件内。

集成电路解决了设备设计中的许多问题，例如，体积、重量、功耗、可靠性、可维护性和逻辑功能等等。由于集成电路体积很小，因而就有可能制造出有实用价值的复杂的数字设备，过去由于受分立元件的体积和成本的限制，制造这些设备是不现实的。

集成电路的出现与发展使数字系统的设计工作发生了巨大的变化。过去，数字系统的设计过程一般包括下列五个阶段：

1. 系统框图设计，分为一级或多级系统框图。
2. 系统各框图的逻辑设计。
3. 逻辑元件设计，即用电阻、电容、二极管、晶体管等分立元件设计各种逻辑元件。
4. 分立元件的选择，即选择所用的各种型号的电阻、电容、二极管、晶体管和其它元件。
5. 分立元件电路的组装。

现在，数字系统的设计过程分为下列四个阶段：

1. 系统框图设计，分为一级或多级系统框图。
2. 系统各框图的逻辑设计。
3. 集成电路逻辑元件的选择。
4. 所选逻辑元件的组装。

因此，采用集成电路后就完全取消了数字电路的设计，从而大大减少了用于元件选择、测试、筛选和组装所需的时间。中规模集成(MSI)电路和大规模集成(LSI)电路数字网络的发展使数字系统设计者只要通过下列三个阶段便可完成设计工作：

1. 系统框图设计，分为一级或多级系统框图。
2. MSI或LSI功能块的选择，用这些功能块来实现系统各框所表示的数字功能。
3. 功能块的组装。

采用多位加法器、运算器、存贮器等功能块通常可以大大简化逻辑设计，并使数字系统更易于维护。图0.1表示了数字系统设计的演变过程。

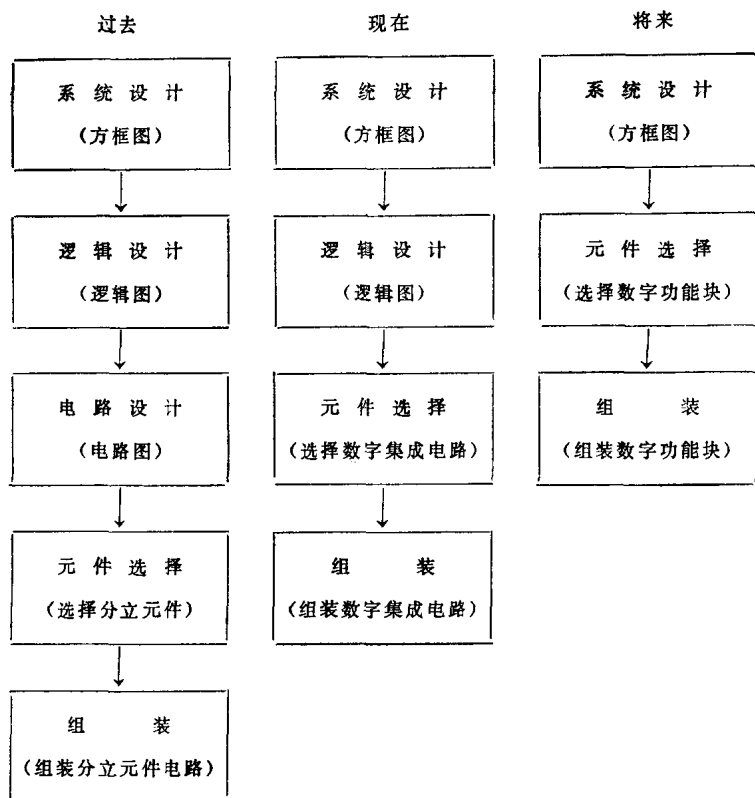


图 0·1 数字系统设计的演变过程

为了更好地选择集成电路的逻辑网络，设计人员必须懂得逻辑网络的工作原理。掌握了这些原理才能更好地使用所选的逻辑网络，并使逻辑网络之间的接口最简单。

本书向读者介绍了大量的逻辑网络、数字技术和算法，这些都是分析和设计数字系统所必备的基础。

为了更好地满足设计要求，设计人员还必须尽可能采用最新的逻辑元件，特别是采用集成电路的逻辑网络。如果设计人员既熟悉最新的元件又广泛掌握各种数字网络、数字方法、数字技术和算

法，那么他就能独立地设计出自己所需的逻辑网络，并进一步发展数字技术，从而更好地满足数字系统的设计要求。

本书共十六章，分为三部分。第一部分为数字工程导论，见第一章至第六章。这一部分向读者介绍数字工程的基础知识，主要内容有二进制、逻辑分析、数字集成电路、移位寄存器、序列网络和计数网络等。

第二部分为二进制运算的数字实现方法。这一部分从基本理论到实际线路向读者全面介绍了二进制的各种运算及其实现方法。还介绍了二—十进制以及逻辑对称的理论与应用。

第三部分为数字工程的一般应用。这一部分介绍了各种变换器、专用数字网络以及数字存贮器，以进一步扩充读者的基础知识。

数字工程是随数字理论和电路的发展而不断发展的一门学科，因而数字设计人员必须紧紧跟上这两方面的发展。要掌握这方面的进展并从中获益，设计人员必须具有牢固的数字工程基础，本书的目的就是为设计人员打下这一基础。