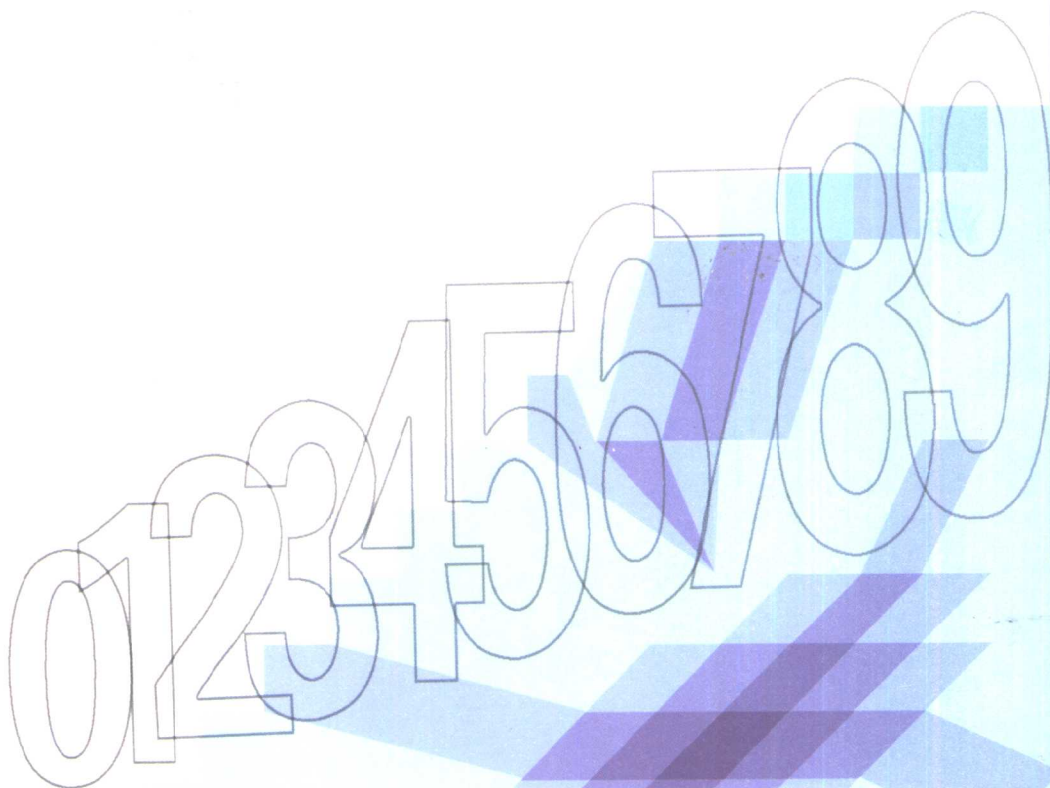


十值逻辑 · 逻辑电路 · 模糊计算机

十值逻辑电路与 十值数字模糊计算机

陈书开 著



国防工业出版社

National Defence Industry Press

<http://www.ndip.com.cn>

TN79

21

十值逻辑电路与 十值数字模糊计算机

陈书开 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

十值逻辑电路与十值数字模糊计算机/陈书开著.
北京:国防工业出版社,2002.5
ISBN 7-118-02822-3

I.十... II.陈... III.①多值逻辑—逻辑电路
②多值逻辑—电子数字计算机 IV.①TN79②TP389.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 011429 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×960 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 311 千字
2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷
印数:1—3000 册 定价:23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

本书获得

长沙电力学院学术专著出版基金资助

前 言

十值逻辑研究领域包括十值逻辑理论、十值逻辑电路设计与十值数字系统设计等。十值逻辑不仅非常丰富,而且 10 个逻辑取值正好与人们习惯使用的十进制数字相同,这是它独有的优越性。十值逻辑电路是组成十值数字系统的硬件基础,要研制十值数字系统,首先就要有十值逻辑模型和十值逻辑电路作为其理论基础和物质基础。

从机器学习、模式识别、神经网络等人工智能和控制系统的角度来看,其信息处理已越来越脱离二值逻辑轨道。为了满足这些特殊领域应用的需要,有必要研制出更适合这些领域应用的多值模糊信息处理机,十值数字模糊计算机就是其中之一。要研制十值数字模糊计算机,关键是要先研制出性能可靠、功能完备的十值逻辑门电路。

十值逻辑电路的应用范围很宽,一般说来,二值逻辑电路的应用范围有多宽,十值逻辑电路的应用范围就有多宽,甚至更宽。虽然至今多值逻辑应用还没有像二值逻辑应用那样广泛,并不能说明多值逻辑没有生命力。如模糊逻辑就是在多值逻辑的基础上发展起来的,但其应用却后来居上,并已取得了较好的应用效果。若将多值逻辑与模糊逻辑结合起来应用,可能会使多值逻辑的研究出现“柳暗花明又一村”的景象,因为多值逻辑与模糊逻辑之间有许多共同的特点,将它们结合在一起应用,其实是一件很自然的事情,不仅是多值逻辑发展的需要,也是模糊逻辑发展的需要。

模糊逻辑系统设计采用的是模糊技术,但一般是通过多值逻辑来实现,这样正好发挥十值逻辑的优越性。将十值逻辑电路应用于模糊计算机中,开始可以做成某一功能部件的集成电路芯片,如十值数字模糊处理器或单片十值数字模糊计算机,先用于模糊控制,获得成功后再逐步扩大其应用范围。这样,不仅有利于促进十值逻辑电路及其应用技术的研究与发展,也有利于促进模糊逻辑电路及其应用技术的研究与发展。模糊逻辑对于并行计算尤其具有吸引力,它可以为解决许多连续模型问题提供一种相当简洁的方法,而通过十值逻辑功能部件则可以直接将连续信号转换成离散形式的粒子模型问题进行处理。因此将十值逻辑与模糊逻辑结合在一起,可以说是珠联璧合、相得益彰。所以,结合这两方面在理论上进行研究与探讨是一定有意义的。

国内外对十值逻辑电路的研究文章非常少见,现还没有这方面的专著。针对这种情况,作者将自己多年来在十值逻辑电路和十值数字模糊计算机方面的部分研究成果进行整理,撰写了这本书,希望该书的出版能对十值逻辑电路与十值数字模糊计算机的研究起一个抛砖引玉的作用。

作者在另一部科研专著《多值逻辑电路与神经网络和模糊计算机》(已由国防工业出版社出版)一书中详细地介绍了三值逻辑电路、四值逻辑逻辑和八值逻辑电路的研究与设计以及神经网络和模糊计算机的结构。而本书将系统介绍一系列功能完备的十值逻辑门电路的研究与设计,包括十值组合逻辑电路、十值触发器和十值时序逻辑电路的研究与设计,并在此基础上初步研究和探讨十值数字模糊计算机的基本结构理论。这是一本科研专著,内容新颖实用,自成体系,有下述三个方面的特色。

其一,书中所给出的全部十值逻辑门电路都是作者自己独立研究设计出来的最新电路。并从工程实现角度考虑和系统设计需要,认为完备的十值逻辑代数系统的最基本运算应包括:“取大”运算、“取小”运算、“正循环”运算、“阈”运算、“非”运算等5种运算。这5种基本运算反映了十值逻辑电路中5种最基本的逻辑关系,其他的十值逻辑运算,均可以通过这5种基本运算来实现。

其二,本书提出了一种十值数字模糊逻辑计算机的设想。它突破了传统的冯·诺依曼计算机一直依据二值逻辑模型和二值逻辑电路作为其理论基础和物质基础的结构模式,而采用十值逻辑模型和模糊逻辑模型相结合作为其理论基础,采用十值逻辑电路和模糊逻辑电路相结合作为其物质基础的全新结构模式,所以十值数字模糊计算机将是一种可以直接处理多值数字信息和模糊语言信息的计算机。

其三,本书使用模拟电路中应用极为广泛的运算放大器作为构成十值逻辑门电路的主要器件,使十值逻辑门电路不仅结构简单,而且性能良好;特别是提出了采用运算放大器构成数字模糊运算器这一新颖的思路。由运算放大器构成数字模糊运算器,可以大大简化运算器的结构和系统设计步骤,使十值运算器的实现变得容易,并且设计出来的运算器既可以作为十值运算器,又可以作为任意值运算器,还可以用做模糊逻辑运算器,用途广泛。

应当指出,现在的一般信息处理基本上都可以利用二值计算机通过执行相关程序来实现,包括人工智能和模糊控制。如神经网络可以用软件来模拟,多值信息处理和模糊信息处理也可以通过软件来实现,但其程序结构一般都较复杂,因为其处理算法较复杂,不仅增加了编程难度,也降低了其执行速度和机器的工作效率。而十值数字模糊计算机则是作为用于多值信息处理和模糊信息处理的专用机来研制的,它将以硬件为主实现对多值信息和模糊信息的处理,不仅可以大大简化程序结构,使编程变得更容易,也可以大大提高机器的工作效率,从理论上讲,这是完全可以做到的。但要实现十值数字模糊计算机并不是一件很容易的事情,这是一个

较大的系统工程,涉及的学科领域较多,如数学(含模糊数学)、数字逻辑(含多值逻辑)、电子科学(含微电子学)、自动控制、人工智能和计算机科学等等。因此,需要有较多的人投入到这方面来进行攻关研究,也需要大量的研究经费,还需要有政府的大力支持,才有可能实现十值数字模糊计算机,并使其得到应用。我们相信,十值数字模糊计算机在不远的将来会被研制成功,因为它实在是具有许多不可抗拒的吸引力,可以作为计算机的一个分支进行发展。

本书分两篇在理论上对十值逻辑电路与十值数字模糊计算机进行探讨:

第1篇系统介绍十值逻辑电路的研究与设计,主要包括:绪论、十值TTL门电路的研究与设计、由运算放大器构成的十值逻辑门电路、十值组合逻辑电路设计、十值触发器的研究与设计以及十值时序逻辑电路的设计等内容。

第2篇作为十值逻辑电路应用举例,主要探讨十值数字模糊计算机的基本结构理论,包括十进制机器数的表示方法、运算方法和运算部件,指令系统与控制器的结构以及存储器结构等内容。

本书在撰写过程中得到长沙电力学院、科技处、系的有关领导和许多专家、学者及中南大学的博士导师陈松乔教授、杨路明教授的支持和鼓励,在此谨表诚挚的谢意,对长沙电力学院资助本书出版表示感谢。作者学识水平有限,不妥之处,盼请广大读者不吝批评指正。

陈书开

2001年12月于湘江之滨:长沙电力学院

目 录

第 1 篇 十值逻辑电路的研究与设计

第 1 章 绪论	2
1.1 多值逻辑电路的发展简介	2
1.2 十值逻辑基础理论	4
1.2.1 Post 代数	5
1.2.2 Vranesic-Lee-Smith 代数	5
1.2.3 模代数	6
1.2.4 Disjoint 代数	7
1.2.5 T 门算子	9
1.3 多值逻辑变量与逻辑函数	10
1.4 十值逻辑运算与逻辑约定和置阈公式	11
1.4.1 十值逻辑基本运算	11
1.4.2 十值复合逻辑运算	13
1.4.3 连续逻辑和离散逻辑	13
1.4.4 十值逻辑约定	14
1.4.5 十值逻辑门电路的置阈公式	16
1.5 十值逻辑函数的描述	19
1.5.1 十值“或”逻辑函数的描述	19
1.5.2 十值“与”逻辑函数的描述	20
1.5.3 十值“阈”逻辑函数的描述	20
1.5.4 十值“非”逻辑函数的描述	21
1.5.5 十值“正循环”逻辑函数的描述	21
1.5.6 十值“或非”逻辑函数的描述	22
1.5.7 十值“与非”逻辑函数的描述	22
1.5.8 十值“阈非”逻辑函数的描述	23
1.5.9 十值 T 门逻辑函数的描述	24

1.6 十值逻辑电路在计算机中的应用	24
参考文献	26
第2章 十值逻辑门电路的研究与设计	28
2.1 概述	28
2.2 十值 TTL 与门电路	28
2.2.1 十值“与”运算及真值表	28
2.2.2 电路结构原理	29
2.2.3 十值与门电压转移特性的仿真及分析	30
2.3 十值 TTL 或门电路	32
2.3.1 十值“或”运算及真值表	32
2.3.2 电路结构原理	33
2.3.3 十值或门电压转移特性的仿真及分析	34
2.4 十值 TTL 与非门电路	36
2.4.1 十值“与非”运算及真值表	37
2.4.2 电路结构原理	37
2.4.3 十值与非门电压转移特性的仿真及分析	40
2.5 十值 TTL 或非门电路	43
2.5.1 十值“或非”运算及真值表	43
2.5.2 电路结构原理	43
2.5.3 十值或非门电压转移特性的仿真及分析	44
2.6 十值 TTL 正循环门电路	45
2.6.1 十值“正循环”运算及真值表	45
2.6.2 电路结构原理	46
2.6.3 十值正循环门电压转移特性的仿真及分析	48
2.7 十值 TTL 阀门电路	50
2.7.1 十值“阀”运算及真值表	50
2.7.2 电路结构原理	51
2.7.3 十值阀门电压转移特性的仿真结果	51
2.8 十值 T 门电路的设计	53
2.8.1 十值 T 门运算	53
2.8.2 电路结构原理	53
2.9 十一态门电路	56
2.9.1 十一态与非门	56
2.9.2 十一态或非门	57
2.9.3 十一态门的应用	58

参考文献	59
第3章 由运算放大器构成的十值逻辑门	61
3.1 由运算放大器构成的十值与门电路	61
3.2 由运算放大器构成的十值或门电路	64
3.3 由运算放大器构成的十值非门电路	66
3.4 由运算放大器构成的十值复合门电路	67
3.4.1 由运算放大器构成的十值与非门	67
3.4.2 由运算放大器构成的十值或非门	68
3.4.3 由运算放大器和 DYL 电路构成的十值与或非门	70
3.5 由运算放大器构成的十值阀门和十值阀非门	71
3.5.1 由运算放大器和晶体管构成的十值阀门	71
3.5.2 由运算放大器和晶体管构成的十值阀非门	72
3.6 由运算放大器和晶体管构成的十值正循环门	73
参考文献	75
第4章 十值组合逻辑电路的设计	76
4.1 概述	76
4.2 十值逻辑功能部件的 T 门网络设计	76
4.2.1 二变量十值函数的 T 门网络设计	77
4.2.2 十进制全加器与串行进位加法器的设计	78
4.2.3 十进制全减器与串行借位减法器的设计	81
4.2.4 一位十进制乘法器的 T 门网络设计	83
4.3 十值数据比较器的设计	86
4.4 逻辑转换电路的设计	87
4.4.1 十一二单向逻辑转换电路的设计	87
4.4.2 二一十单向逻辑转换电路的设计	89
4.5 十值译码器的设计	91
4.5.1 十值阀项译码器的设计	92
4.5.2 十值显示译码电路的设计	93
参考文献	95
第5章 十值触发器电路的研究与设计	96
5.1 概述	96
5.2 十值基本 RS 触发器	97
5.2.1 由与非门构成的十值基本 RS 触发器	97
5.2.2 由或非门构成的十值基本 RS 触发器	106
5.3 同步十值触发器	114

5.3.1	同步十值 RS 触发器	114
5.3.2	同步十值 D 触发器	115
5.3.3	同步十值 JK 触发器	116
5.4	主从结构十值触发器	120
5.4.1	主从结构十值 RS 触发器	121
5.4.2	主从结构十值 D 触发器	122
5.4.3	主从结构十值 JK 触发器	123
5.5	不同类型十值触发器之间的转换	123
5.5.1	十值 RS 触发器转换成十值 D 触发器和十值 JK 触发器	124
5.5.2	十值 D 触发器转换成十值 JK 触发器	124
5.5.3	十值 JK 触发器转换成十值 D 触发器	125
参考文献		126
第 6 章 十值时序逻辑电路的设计		127
6.1	十值时序逻辑电路的特点及设计步骤	127
6.1.1	十值时序逻辑电路的特点	127
6.1.2	十值时序逻辑电路的设计步骤	129
6.2	十值基本寄存器的设计	129
6.2.1	双拍接收方式的十值数码寄存器	129
6.2.2	单拍接收方式的十值数码寄存器	130
6.3	单向十值移位寄存器的设计	131
6.3.1	串入—串出/并出十值移位寄存器	131
6.3.2	并入/串入—串出十值移位寄存器	133
6.3.3	串入/并入—串出/并出十值移位寄存器	134
6.4	双向十值移位寄存器的设计	134
6.5	异步十进制计数器的设计	135
6.5.1	异步十进制加法计数器	136
6.5.2	异步十进制减法计数器	140
6.6	同步十进制计数器的设计	143
6.6.1	同步十进制加法计数器	143
6.6.2	同步十进制减法计数器	145
6.7	十进制可逆计数器的设计	146
6.7.1	异步十进制可逆计数器	146
6.7.2	同步十进制可逆计数器	146
参考文献		147

第7章 十值数字模糊计算机研究引论	150
7.1 研究十值数字模糊计算机的意义	151
7.1.1 传统二进制计算机的不足之处	151
7.1.2 十值数字模糊计算机具有的优越性	155
7.2 十进制计算机系统硬件的基本结构	157
7.2.1 准十进制计算机的结构	158
7.2.2 嵌入式十进制计算机的结构	159
7.2.3 纯十进制计算机的基本结构	161
7.3 十进制计算机的噪声容限和功耗	162
7.3.1 系统噪声容限的讨论	162
7.3.2 系统功耗的讨论	162
7.4 十值数字模糊计算机的基本结构	163
参考文献	164
第8章 十进制运算方法和运算部件的研究	165
8.1 十值基本逻辑操作及十值逻辑代数的基本公式	165
8.1.1 十值基本逻辑操作	165
8.1.2 十值逻辑代数的基本公式	168
8.2 十进制机器数的表示	169
8.2.1 十进制机器数的定点表示和浮点表示	169
8.2.2 十进制机器数的原码、反码和补码	171
8.2.3 十进制机器数表示形式的变换	174
8.3 十进制机器数的扩展和压缩	175
8.3.1 十进制原码位数的扩展和压缩	175
8.3.2 十进制补码位数的扩展和压缩	175
8.3.3 十进制反码位数的扩展和压缩	176
8.4 十进制加、减法运算	177
8.4.1 十进制加法运算	177
8.4.2 十进制减法运算	180
8.4.3 十进制加、减法运算的溢出处理方法	181
8.5 十进制定点原码乘法运算	182
8.6 十进制定点原码除法运算	184

8.7 十进制浮点数的运算方法	185
8.7.1 十进制浮点数的加、减法运算	186
8.7.2 十进制浮点数的乘、除法运算	187
8.8 十值运算部件	187
8.8.1 十值定点运算部件	187
8.8.2 十值浮点运算部件	188
8.8.3 十值算术逻辑运算器 ALU 设计技术的一个重要思路	188
8.9 十值数据传送及校验方法	190
8.9.1 十值数据并行传送及校验方法	191
8.9.2 十值数据串行传送及校验方法	194
参考文献	195
第 9 章 十值数字模糊计算机指令系统的研究	196
9.1 指令格式与指令编码	196
9.1.1 指令格式	196
9.1.2 指令长度	198
9.1.3 指令助记符	198
9.2 寻址方式	199
9.2.1 指令的寻址方式	199
9.2.2 操作数寻址方式	200
9.3 指令系统的设计原则与指令类型	201
9.3.1 指令系统的设计原则	201
9.3.2 指令类型和指令的访存类型	202
9.4 十值数字模糊计算机指令举例	203
9.4.1 十值数字模糊计算机指令系统的特点	203
9.4.2 通用寄存器结构方式的指令系统	204
9.4.3 累加器结构方式的指令系统	205
9.4.4 某些未设置的指令的实现方法	207
参考文献	208
第 10 章 十值数字模糊计算机系统结构的研究	209
10.1 十值数字模糊计算机的结构	209
10.1.1 十值数字模糊计算机的基本结构	209
10.1.2 单片十值数字模糊计算机的基本结构	210
10.2 控制器的结构	211
10.2.1 控制器的基本功能	211
10.2.2 控制器的基本结构	212

10.3	微程序控制器	214
10.4	硬布线控制器	216
10.4.1	硬布线控制器的组成	216
10.4.2	十值译码器的设计	220
10.5	多重并行流水线技术	225
10.6	十值数字模糊处理器	228
10.6.1	十值数字模糊处理器的结构	228
10.6.2	十值通用寄存器	230
10.7	存储器系统的结构	233
10.7.1	十值半导体读/写存储单元	233
10.7.2	存储器系统的组成	234
10.7.3	多体存储器系统的编址与控制	236
10.7.4	十值高速缓冲存储器	238
10.8	十值数字模糊计算机的输入/输出	243
10.8.1	输入/输出设备的编址	244
10.8.2	设备适配器的基本功能	244
10.8.3	I/O 数据传送控制方式	246
10.9	十值数字模糊计算机硬件的设计	247
10.9.1	十值数字模糊计算机硬件的总体设计	248
10.9.2	模糊逻辑部件的设计	250
10.10	展望	252
	参考文献	254

第 1 篇

十值逻辑电路的研究与设计

十值逻辑是一种包含有 10 个逻辑值的多值逻辑,它的取值分别为 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 等 10 个值。由于它的取值与人们习惯使用的十进制数字相同,加上逻辑丰富,对它进行研究很有意义。将能够实现十值逻辑运算的电路称为十值逻辑电路。本书作者多年来坚持研究十值逻辑电路,不仅设计出了一系列功能完备、性能良好的基本十值逻辑门电路和各类触发器,还设计出了十值组合逻辑电路和十值时序逻辑电路。本篇将介绍其中一部分研究成果。

本篇包括第 1 章至第 6 章,首先简要介绍多值逻辑的发展与多值逻辑代数,然后再介绍本书作者设计出来的十值 TTL 门电路、十值组合逻辑电路、十值触发器和十值时序逻辑电路。

第 1 章:简要介绍多值逻辑和常用的多值逻辑代数,给出十值基本逻辑算子定义和供十值离散逻辑门电路设计使用的置阈公式,十值逻辑函数的描述以及十值逻辑电路的应用。

第 2 章:介绍十值 TTL 取小门、取大门、取小非门、取大非门、阈门、正循环门、T 门和十一态门等十值逻辑门电路的研究与设计,并给出各门电路的仿真结果。

第 3 章:介绍由运算放大器构成的一系列十值逻辑门电路,如取小门、取大门、非门、取小非门、取大非门、阈门。

第 4 章:介绍十进制全加器、全减器、乘法器、数据比较器、传输转换逻辑和译码器等十值组合逻辑电路的设计。

第 5 章:介绍十值基本 RS 触发器、同步触发器和主从型触发器的设计。

第 6 章:介绍十值基本寄存器、移位寄存器、异步计数器、同步计数器和可逆计数器等十值时序逻辑电路的设计。

第 1 章 绪 论

十值逻辑是多值逻辑研究领域的一个重要分支。该研究领域包括十值逻辑理论、十值逻辑电路设计、十值数字系统结构与逻辑设计。这个领域的发展将与模糊计算机技术及电子技术的发展密切相关,解决模糊计算机技术及电子技术的发展中的一些关键问题是十值逻辑电路、十值数字系统设计及十值开关理论研究的重要推动力,同时十值逻辑电路、十值数字系统及十值开关理论的发展将会丰富模糊计算机技术及电子技术的研究内容,推动它们进一步发展。

十值逻辑非常丰富,具有 10 个逻辑值,且与人们习惯于使用逻辑十进制数字一致。十值逻辑电路应用也很广泛,如数字系统、计算机、人工智能、模糊控制系统等领域。由十值逻辑电路构成的计算机,在人—机对话时,其机器内部不需要反复进行十进制与二进制之间的转换,从而可以节省程序运行时间,提高机器工作速度和工作效率。要实现十值数字模糊计算机,关键是要先实现组成十进制计算机所需要的十值逻辑电路。

本书主要介绍十值逻辑电路的研究与设计以及十值数字模糊计算机系统的基本结构理论。第 1 章作为绪论,主要包括多值逻辑电路的发展简介、十值逻辑基础理论、多值逻辑变量与逻辑函数、十值逻辑运算与逻辑约定和置阈公式、十值逻辑函数的描述和十值逻辑电路在计算机中的应用等内容。本章部分内容引自参考文献[3]。

1.1 多值逻辑电路的发展简介

绝大多数人在社会生活中都会有这样的体会,不仅需要计算,还需要推理,需要在许多情况下根据自己已有的知识对许多事情作出判断和推理,这就需要用到逻辑,有关逻辑的产生可以追溯到古代。

但第一个对任意基数都保持功能完备的多值逻辑代数是 E. L. Post 于 1921 年在题为“基本命题的一般理论导引”的论文中提出的。迄今,较受各方注目的多值逻辑代数系统,有 Post 代数、Vranesic-Lee-Smith 代数、Allen-Givone 代数、模代数、T 门算子代数等。这些代数亦较有影响,但又有局限性,需研究出一种既表示简

洁、化简方便,又易于工程实现的多值代数系统。

近代的多值逻辑研究一直是与计算机科学技术的发展直接关联的。在 20 世纪 50 年代初电子计算机发展的初期,当时电子计算机采用何种进位制尚未定论,不少学者发表了研究多值开关电路的论文,例如 1952 年, Grosch 曾为旋风 II 型电子计算机提出过三值逻辑部件的完整设计; A. D. Booth 和 J. Ringrose 在《电子工程》杂志上发表了“三态触发器”的研究论文。

1958 年莫斯科大学成功地研制出了世界上第一台三值计算机,这种三值计算机的概况为:字长 18trit(三进制位),定点;主频 200kHz;指令系统共设置 27 条指令,加、减法指令执行时间均为 $180\mu\text{s}$,乘法指令执行时间为 $360\mu\text{s}$,无除法指令;每个字节中可存放两条单地址指令;存储器由 81 个字节的磁心存储器及 1944 个字节的磁鼓存储器组成;在磁心存储器中每一个三进制位用两个耦合磁心的 3 个稳态来实现;磁鼓存储器中则用两个二进制位编码实现一个三进制位。将多值逻辑应用于计算机的努力,并没有获得预期的效果。

20 世纪 70 年代初期,多值逻辑的研究开始引起国际计算机学术界的重视。随着对多值逻辑研究的兴起,IEEE 于 1971 年在美国发起并举办了首届国际多值逻辑学术讨论会,并决定每年举行一次,其势头日益兴旺。IEEE 还于 1980 年成立了隶属其计算机学会的“多值逻辑技术委员会”。

1973 年,美国纽约州立大学在二值主机上用微程序仿真实现一台三值计算机,作为可行性实验,它在速度与成本两方面都达到了与二值计算机同一数量级的水平。

1976 年, Signetics 公司推出了四值 I^2L 器件;1981 年, Intel 公司在 Intel-8087 协处理器及 Iapx-432 计算机的 43203 输入/输出接口中采用了四值 ROM 器件。多值逻辑器件第一次应用于大批量生产的计算机系统中,这标志着多值逻辑技术开始进入实用化阶段。

我国的多值逻辑研究虽然起步较晚,但发展较快,在国际多值逻辑学术界中的影响逐年扩大。从 20 世纪 70 年代末到 80 年代初,为了开拓多值逻辑在我国的研究,许多学者做了大量的引进工作,并于 1984 年 11 月成立了中国计算机学会多值逻辑直属专业学组,还组织了多次全国多值逻辑学术讨论会。许多学者在国际及全国性学术刊物和高等学校学报上发表研究论文,其中有的学者还把多值逻辑与系统作为自己的主要科研方向,对我国的多值逻辑研究起到了积极的推动作用。我国对多值逻辑的研究无论是在理论研究方面,还是在电路与系统设计方面都取得了一系列可喜的成果。欲知详情,请见具体文献。由于本书作者所见有限,书后只列出了部分参考文献供查阅。

从 20 世纪 70 年代起,广大多值逻辑电路的研究者已将许多二值逻辑中成熟的集成电路技术成功地推广到多值逻辑领域,例如 TTL、 I^2L 、ECL、NMOS、