

数字电子计算机线路及原理

(上册)

狄伦、马高、齐别著

成都科技大学机械工程系

译者序

电子计算机技术是实现四个现代化的重要手段之一，特别是微处理技术的发展为计算机技术的应用开辟了广阔的前景。为了将国外计算机技术向读者介绍，我们特翻译了《数字电子计算机线路和原理》一书。

本书特点是，引用了三百多个图解和详细写出许多实用的例子，从制造厂中收集了许多数字线路，包括实用数据；编辑了三百五十个习题解，使读者可以把理论和实践很好地结合起来。

本书由高云钦、唐瑞荣、王庸贵、郑仲康、李跃莉、刘苍山、袁中凡译，赵沔、曾宪唐、马之行校，最后由马之行进行总审校。工作人员刘守全。

由于时间仓促，所以有一小部分名词术语没有完全统一，请读者原谅。原书中有个别错误之处，在译校过程中一经发现，即予以更正。在译校过程中可能有不少错误之处，请读者不吝指出。

一九八〇年十二月

上册 目 录

绪言	郑仲康译 马之行校	1
第一章 数字计算机及其应用简介	郑仲康译 马之行校	3
1-1 现代计算机		5
1-2 模拟计算机		6
1-3 数字计算机		6
1-4 计算机的工作概况		7
1-5 计算机的应用		8
1-6 未来将是计算机的世界		8
第二章 计数系统及编码	郑仲康译 马之行校	10
2-1 十进制		11
2-2 五进制		12
2-3 八进制		15
2-4 十六进制		17
2-5 二进制计数系统		20
2-6 二进制与八进制的换算		24
2-7 二进制与十进制的换算		25
2-8 用小数表示的数		26
2-9 二——十进制编码		28
2-10 字母数字编码		33
2-11 奇偶校验		36
2-12 计算机字		38
习题		40
第三章 二进制运算	郑仲康译 马之行校	44

3-1	用于各种计数系统的加法	44
3-2	用于各种计数系统的减法	51
3-3	二进制加法	57
3-4	二进制减法	59
3-5	带正负号的数	65
3-6	带正负号数的加减法	66
3-7	溢出	68
3-8	十六和八的补码法	69
3-9	二——十进制加减法	71
3-10	二——十进制换算为二进制	75
3-11	二进制换算为二——十进制	76
	习题	78

第四章 逻辑函数和逻辑图——布尔代数···唐瑞荣译、马之校校 83

4-1	逻辑变量	84
4-2	逻辑运算	84
4-3	“与”函数	85
4-4	“或”函数	87
4-5	“非”函数	89
4-6	布尔表达式	89
4-7	“异或”函数	91
4-8	布尔公理和定理	93
4-9	真值表	100
4-10	逻辑表达式的简化	102
4-11	卡诺图	105
	习题	117

第五章	双极型逻辑门电路	唐瑞荣译、马之行校	121
5-1	开关方式		121
5-2	电阻——晶体管逻辑门电路 (RTL)		122
5-3	二极管——晶体管逻辑门电路 (DTL)		126
5-4	晶体管——晶体管逻辑门电路 (TTL)		128
5-5	发射极耦合逻辑门电路 (ECL)		129
5-6	技术规格		132
5-7	逻辑电平		133
5-8	负载准则		133
5-9	线连“或”电路的应用		137
5-10	噪声容限		138
5-11	空脚输入		139
5-12	传输延迟		139
	习题		141
第六章	MOS逻辑门电路	唐瑞荣译、马之行校	144
6-1	基本MOS反相器		144
6-2	逻辑电平		146
6-3	“或非”门电路		147
6-4	“与非”门电路		148
6-5	动态逻辑门		148
6-6	动态MOS门		150
6-7	MOS/双极型接口		152
6-8	门限电压		153
6-9	互补型MOS电路		154
6-10	互补型MOS门电路		155

	习题	160
第七章	触发器	王庸贵译, 曾宪唐校 163
7-1	RS 触发器	164
7-2	用“或非”门实现的 RS 触发器	166
7-3	用“与非”门实现的 RS 触发器	167
7-4	可控 RS 触发器 (RST)	168
7-5	用“与非”门的可控 RS 触发器	170
7-6	主—从 RST 触发器	171
7-7	直接置“1”和置“0”输入	172
7-8	D 型触发器	173
7-9	计数触发器	173
7-10	J—K 触发器	174
7-11	单稳态多谐振荡器	180
7-12	无稳态多谐振荡器	182
	习题	187
第八章	逻辑函数的实现	王庸贵译, 曾宪唐校 191
8-1	De Morgan 定理用于逻辑门	191
8-2	逻辑图的变换	194
8-3	实现逻辑表达式	196
8-4	COOK 型发售机	200
8-5	元件的减少	207
8-6	二级逻辑图	209
8-7	元件和引出线识别	209
	习题	210
第九章	寄存器	王庸贵译, 曾宪唐校 215

9-1	并行通道	215
9-2	阻塞通道	216
9-3	传递功能	217
9-4	移位寄存器	217
9-5	左右移位寄存器	221
9-6	循环移位寄存器	224
9-7	MOS动态移位寄存器	226
	习题	229
第十章 编码器、译码器和代码换算器···王庸贵译、曾宪唐校 232		
10-1	编码器	233
10-2	译码器	233
10-3	代码换算器	241
10-4	多路传输器、选通和数据定向	243
	习题	252
第十一章 计数器·····高云钦译、赵沔校 254		
11-1	二进制脉动进位计数器	254
11-2	BCD脉动进位计数器	256
11-3	同步二进制计数器	262
11-4	同步BCD计数器	263
11-5	予置计数器	264
11-6	减法计数器	267
11-7	可逆计数器	269
11-8	移位计数器	270
	习题	273

数字电子计算机的线路及原理

绪 言

本书的主要目的是在数字电子学方面缩短目前高等院校的理论教学与现行工业实践之间的差距。

最近几年，计算机领域内的制造工艺发展很快，相应地对于通用数字设备简明而实用的知识方面的需求也迅速增加了。

本书主要是为技术学校、大专院校低年级学生、以及数字计算机领域里在职的电子技术人员而编写的。由于它是在这样一个水平上编写的，所以也适合于高等学校的电子学教学大纲。

本书将使学生在逻辑线路的基本概念方面打下牢固的基础，以便在工业界胜任工作。为了帮助学生掌握这些基本概念，书中列举了三百多个图，并详述了许多实例。书中广泛采用了从制造厂家得到的许多线路和实用数据。

由于对现代数字设备和线路作了讨论，本书对于实践中的数字电子技术人员，是极好的参考书。

第一章讨论了计算机的发展及某些应用。第二章介绍了必须了解的与计算机线路及其系统工作有关的各种计数制，以及字母数字交换代码。第三章介绍二进制运算，包括八进制、十六进制和二·十进制。

在第四章，概念性的介绍逻辑、逻辑函数、逻辑符号和布尔代数；五、六、七章讨论各种门电路和触发器；第八章专门研究逻辑函数的实现，在第八章所应用的是第四章所介绍的概念。九~十二章介绍寄存器、编码器、译码器、计数器和时标线路；第十三章介绍运算逻辑部件及其辅助线路；第十四章讨论记忆部件，包括随机存取存储器 and 只读存储器。

第十五章介绍程序设计的基本原理及其在微型计算机上的应用，包括机器语言、汇编语言和编译程序。

第十六章叙述微处理机和微型计算机。介绍一种微型计算机系统的实际应用，包括硬件和软件的基本原理。

许多人对原稿的准备作出了贡献。我们特别对很多同伴表示感谢，他们所提供的应用笔记和线路，对我们的帮助很大。还要特别感谢圣约瑟城大学电子学系的其他成员对我们提出了意见和建议。最后，我们感谢柯冷·底伦 (Corine Deem) 为其进行打字和准备原稿所付出的辛勤努力。

彼尔·底伦 (Bill Deem)

肯·马高 (Ken Muchow)

托·齐别 (Tony Zappa)

第一章 数字计算机及其应用简介

在出现近代计算机以前，早就使用了计算设备。用机械方法来计算，通常是人们追求的目标之一。第一台计算器很可能是“记数盘”，它由木制框架上的若干硬杆组成，每根杆上有十粒滑动的珠代表0……9。

或许最早知道的机械计算设备是“算盘”，它是在四千多年前由中国人和希腊人各自独立发展起来的。算盘是所知的能进行进位的最早的计算设备。至今中国和日本依然使用着算盘。

在1615年前后，约翰·纳皮尔（John Napier）发明和出版了对数表。他设计了“纳皮尔骨架”（Napier Bones），是一种用于计算的带数字的直角尺。威廉·奥特勒德（William Oughtred）在1621年用纳皮尔的对数，设计出第一把计算尺。

1642年法国在“计算”机的发展上迈出了重要的一步，十九岁的发明者布莱斯·帕斯卡尔（Blaise Pascal）对长串的数字相加感到厌倦，设计和制成了一种加法器。帕斯卡尔的机器是由一系列齿轮组成的，每个齿轮有十个齿，代表数字0……9。各齿轮用指销传动，当转到9时就自动带动下一个齿轮，现代的电气机械计算器里仍然使用这个原理。

在1671年，巴隆·冯·莱布尼茨（Baron Von Leibniz）制作了一台机器，称为步进式计算器，与帕斯卡尔的机器一样，它能加，但还能乘。二十年以后莱布尼茨又改进了他的机器，使其既能除又能开方。

1725年法国人巴塞尔·波洪（Basile Bouchon）发明了穿孔纸带来操作织布机。一卷穿孔纸带在一排触针下移动，只有出现孔的地方，触针才能通过。

1801年，另外一个法国人J·M·亚夸尔德(J. M. Jacquard)为了控制织布机，设计了一个二进制编码卡片系统，穿孔纸带和穿孔卡在今日还应用于现代计算机系统里。

1833年，查理士·巴巴吉(Charles Babbage)发明了一台机器，称为分解机。这台机器的基本原理与现代数字计算机相同，巴巴吉大概是实现具有编程系统和记忆装置的通用计算机的一个人。为了输入和输出数据，他使用了亚夸尔德的穿孔卡，不幸的是巴巴吉的计算机始终未能完成，因为当时的工业技术水平不可能生产出具有必要精度的元件。

1854年，一位英国数学家乔治·布尔(George Boole)发表了“关于符合逻辑和概率数学理论的思维法则的研究”。这篇著作形成了逻辑代数的基础，在其中简单的思维过程可用数学形式来表达。这里值得注意的是，布尔并没有把他的代数联系到机械的或电气的装置。

1886年，赫尔曼·霍勒内斯博士(Herman Hollerith)发明了一种在穿孔卡上记录数据的方法。由于使用了这种穿孔卡，1890年户口调查用的时间不到1880年户口调查所用的三分之一。这个系统有时称为“单位记录系统”，因为数据是作为若干个单位存贮在能被反复使用的穿孔卡上的。

1938年C·E·香农(C·E·Shannon)在麻省理工学院写了一篇论文，论述怎样用数学表达式来表达由开关和继电器组成的电气线路。由香农研究的技术被用于现代各种开关线路的设计之中。

霍华德·艾肯(Howard Aiken)设计了第一台通用计算机“Mark I”，由哈佛大学和国际商用机器公司联合试制这台计算机使用了电磁继电器和穿孔卡片。

对现代计算机技术卓有贡献的还有电气工程师J·P·小艾克尔特

(J · P · Eckart, Jr) 和物理学家 J · W · 莫克莱 (J · W · Mauchley) 。 1945 年他们在尼宾夕法尼亚大学制成了电子数字积分计算机 (ENIAC) ， 电子数字积分计算机采用了真空管， 因此它是第一台全电子型计算机。 它用线路完成特定的计算程序。 假定需要不同的程序， 上千条的线路必须重新配接， 因为这种计算机不能存贮程序。

电子数字积分计算机是一台庞大的机器， 重三十多吨。 它有一万九千多支真空管， 成千上万的电阻、 电容和电感， 占地面积一万五千平方呎， 耗电几乎二百瓩。 不过， 它每秒钟能完成五千次运算 (现代计算机每秒钟能完成百万次运算) 。

1944 年， 冯·纽曼 (Von Neumann) 开始进行能够储存程序的计算机逻辑设计。 这种计算机能够不改变接线而随意改变程序。

1-1 现代计算机

二十世纪 40 年代末到 50 年代初的第一批计算机是用继电器和真空管组成其逻辑电路的。 电源和真空管的故障很多。 具有商业价值的第一代计算机， 如象 UNIVAC I 型、 IBM 701 型、 IBM 704 型等等， 都采用真空管。 这些计算机主要适用于简单任务的操作。

随着晶体的出现， 在 50 年代末设计了第二代计算机。 这些通用计算机， 体积比较小， 速度比较快， 运行更加可靠。 60 年代在第三代计算机里采用了集成电路， 例如 IBM 360 系列和 UNIVAC 1108 型就属于这类计算机。

60 年代末到现在的第四代计算机采用了固态中规模集成电路 (MS1) 和大规模集成电路 (LS1) 。 集成电路是在单一的硅片上制成的完整的处理系统。

大型计算机系统的实例有 ILLIAC IV 型。 它是在伊利诺斯大学设计

的，在宾夕法尼亚州鲍利城的布尔诺斯公司装配成的。ILLIAC IV型实际上是64“slave”计算机的一个系列，每秒钟能执行约两亿条指令。大多数计算机通过一系列的顺序步骤解题（线性编程）。然而ILLIAC IV能同时进行64种计算（并行编程）。

1-2 模拟计算机

计算机一般分两大类：——模拟计算机和数字计算机。模拟装置的运算是“模拟”机械量或电量的，它利用一些数学模型来解题。例如：水银温度计就是一种模拟装置，它以水银柱的膨胀情况同周围的温度进行比较。

模拟计算机可用来对某些未来产品的特性或效能进行仿真。例如一架研制中的新式喷气式飞机的效能，可在开始实际制造之前，通过模拟计算机进行仿真。可把全部设计变量——例如翼展、推力和其它工程数据等——输入计算机，其输出就代表工作性能；输入变量的任何改变将立刻影响到输出，由此可获得所需要的特性。

然而，模拟计算机的精确度是有限的，这是由于电子器件的允许限度，以及我们对刻度和图线的阅读和译解能力有限的缘故。

1-3 数字计算机

数字计算机的运算基于数字1和0，这是二进制计数系统中唯一的数位。数字计算机能以极高的速度和精度处理这些数字。高速计算机的加法周期少于一百毫微秒。模拟计算机的精度有限，而数字计算机的精度则决定于所用的数字位数。例如一个数字是32位，在二进制里可达到的精度为 2^{32} 。

1-4 计算机的工作概况

数字计算机是一种电子设备，由输入装置、输出装置、运算线路、控制线路及记忆装置组成。必须供给程序指令，计算机才能工作。这些指令是由程序设计员用一种计算机能“理解”的语言编写的。它可以记入穿孔卡、穿孔带或磁带。有时可由计算机操作人员坐在控制台旁，简单地打印出指令。这就是说，我们需要通过某种适当的输入装置与计算机相联系。

接着，计算机把输入的数据翻译成数字代码或机器语言，以便进行运算。在完成全部运算之后，通过逆向编码程序，机器语言又被翻译成我们能理解的语言。

正如对于计算机内的运算一样，速度是输入和输出装置的一个重要因素。例如某些机器能在每秒钟阅读磁带数百吋，而某些输出终端每分钟能打印三万行。

数字计算机的另一特性是能存储信息。存储过程是将输入数据存入予选地址。该数据可重新读出或经处理并存入别的地址。存储信息的电子设备称为存储器，存储器的容量可以从几千到数百万二进制数位。

计算机的最大优点或许是能用数码和符号去完成大量的计算，比人们用计算尺、算盘或加法机计算快数百万倍。人们需要数月甚至数年才能完成的计算，用计算机只要几分钟或几秒钟左右的时间就能完成。

计算过程基本上是用加法或减法。乘法和除法可以相应地看成是加法和减法的快速重复运算。计算机的计算能力在现代技术的很多领域内十分重要。例如航天中的即时运算使宇宙航行成为可能。天气预报、人口调查、保险业等，都需要迅速地算出大量的数据，而通过计算机的运算还可以实现建造摩天大楼、桥梁及飞机的工程设计等。

计算机的又一基本特性是能够进行逻辑判断，对两个数字进行比较。

识别两数是否相等，或确定谁大谁小。由于能够进行比较和逻辑判断，使计算机可以挑选下一步操作。例如，一段程序指令计算机一直加到指定量时才停止。计算机将指定量与它的计算进行即时比较，当两数相等时，就停止或转向下一条指令。

1-5 计算机的应用

下述例子并非计算机应用的全部。大家熟悉的是标准的商业应用，包括计算工资、记账、库存管理等这样一类的操作程序。银行和大公司必须通过高速高效的计算机才能使用信用卡。还发展了一些特殊类型的计算机用来实现特定的功能：如象用于军事、通讯、工业和教育等。医院为了检查病员，已在集中护理部门安装了计算机终端。

许多学校系统为了记载出席人数、记分评级和其它日常工作情况，多年来已使用了计算机。然而，最近已采用计算机辅助教学(CAI)，CAI可用于教育的各级水平，从初级学校一直到研究院。在某种意义上，计算机成了每个学生的私人导师。

1-6 未来将是计算机的世界

有人预言，在两千年的时候，计算机将和今天一般家庭的火炉和冰箱一样普遍。这些微型计算机可以用来管理、控制和调节热量、光线及温度。它们可用于失火、冒烟或入侵者出现时的检测和报警。家庭用于安排日常工作，如象选择菜谱、特殊食物，以及开动和关闭洗涤机、干燥机和其她家用设备。另外计算机将用于辅导孩子们的家庭作业，保存个人资料，如健康状态、税款记载和财政状况等。

由于人们在各个方面力图扩大计算机的应用，各种就业机会将不断出现，这些岗位将是管理、专业人员到书写人员这一系列的工作。

然而，我们的兴趣将集中于那些安装、保养、维修计算设备的人员——数字技术人员和计算机技术人员。

第二章 计数系统及编码

在询问某些基本问题时，如是多少？有多少？有多远？有多大？数字对人类来说是很重要的。计数系统随人们需要的增加而发展。例如澳洲居民的某一部族，曾使用过从1到5的计数系统。由于这些土著的需求很简单，大于“5”的量就用一个意思是“充足”的单词来代表。

古代罗马、希腊和埃及使用的计数系统用符号表示数值。在我们常见的罗马数字中，V表示5，C表示100等。埃及用符号∩代表10，⊙代表100。上述两种系统都没有“0”。而且，这些系统不是“位值”系统，即是说，给定符号的值，不管它在给定数中处于什么位置，其大小不变。例如在罗马数字IV中，I表示1，V表示5。当I出现在V的前面时，这个数值就是4(5-1)。在数字VI中，I的值仍然是1，V的值仍然是5。但因I的位置出现在V之后，所以这个数字的值是6(5+1)。不过V总是表示5，决不会表示50或500。946这个数字应写成CMXLVI。试想如何用这样的计数系统来完成加、减、乘、除的数学运算！

大约在两千年以前，印度数学家发明了我们现在用的计数系统。在公元八百年左右，阿拉伯开始应用这个计数系统，大约在公元一千二百年传入欧洲。因为该数字系统使用了阿拉伯符号0到9，我们称它为阿拉伯计数系统，又因为该系统有十个符号，所以我们也称作十进制计数系统(*decimal number system*)。decimal这个词是从拉丁文来的，其意思是“十”。使用十个符号，是因为人有十个手指，并用来进行计数，每一个符号叫作一个数字(*digit*)，digit这个词在拉丁文中是“手指”的意思。因为它引入了0和位置的概念，所以阿拉伯计数系统是一个大改革。