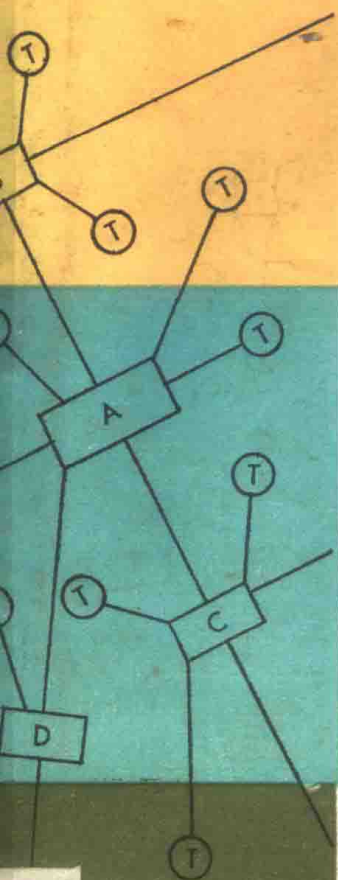


电子技术丛书

电子数字计算机基本组成原理

倪永仁 编著

广东科技出版社



电子技术丛书

电子数字计算机基本组成原理

倪永仁 编著

广东科技出版社

电子技术丛书
电子数字计算机基本组成原理

倪永仁 编著

*

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 8印张 160,000字

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数 1—10,000册

统一书号 15182·52 定价 0.85元

出版说明

电子技术是新兴的前沿科学。近几十年来,电子技术的发展日新月异,许多人把电子技术水平作为衡量一个国家的现代化水平的标志。因此,普及电子技术与实现四个现代化有着密切的关系,而电子工业的发展是实现四个现代化的物质技术基础的重要组成部分。为了提高全体劳动人民的科学文化水平,普及电子技术,我们编辑出版了《电子技术丛书》。

这套丛书由冯秉铨教授主编。力求坚持以马克思主义的辩证唯物主义和历史唯物主义为指导,结合各个专题,阐述当前国内外研究电子和电磁场运动、电路理论和实践,以及信息传输系统的一般规律及其应用技术,通俗地介绍这些方面的客观规律和技术经验;同时也介绍有关的电子元件、器件、设备和系统,普及这些方面的技术知识,以促进电子技术更加广泛地应用于国民经济、国防和科学技术的各个领域。

本丛书既着眼于当前,也着眼于未来,从国内现有实际技术水平出发,又要有所提高。以具有中等文化水平的工人、技术人员,以及从事电子工业生产和科研的有关人员为主要对象,也可供高等院校、中专电子学专业的师生和业余爱好者参考。

前 言

电子数字计算机的出现虽然只有短短三十多年的历史，但它的影响却越来越大，在科学研究、工业、农业、国防建设和人们社会生活各个方面的应用上越来越广泛。人们清楚地看出，电子计算机在解决科研生产等课题时，能用比较经济的计算方法来找出精确的答案，既节省了人力物力，又缩短了时间；既推动了科学研究也促进了生产，是实现生产自动化、科学技术现代化必不可少的工具。今天，计算机的科学技术水平、生产规模和推广应用程度，已经成为衡量一个国家现代化水平的显著标志。

近几年来，很多人对计算机都感到兴趣，希望学习一点计算机知识，有的人还希望进一步了解计算机的有关基本组成原理，这是一个可喜的现象。

为了推广和普及计算机的基本知识，国内已出版了不少计算机的科普小册子，起到很好的宣传普及作用。但在普及的基础上需要提高。目前，深入讨论计算机的书籍也出版了一些，但对于那些只具备计算机初步知识的同志和高等院校非计算机专业的师生及有关中等专业学校的师生来说，这些书大部分内容偏深，读者接受比较困难。本书编写的目的，就是试图填补这个中间的空白，为那些已经具有计算机科普知识而又想进一步了解计算机的基本组成原理的读者，提供一本合适的读物。根据多年教学和工作的经验，笔者认为初

学计算机的同志，想要了解计算机的局部工作原理并不太难，比较困难的是要建立整机概念并把各个部分结合起来以了解计算机的整个工作原理。所以，本书的编写方法是先抓住整机概念和整机工作原理加以叙述，力求在先建立整机概念的基础上再去学习各个部分的工作原理，这样，效果也许会好一些。当然，这只是一个尝试而已，能否收到预想的效果，还有待实践的检验。另外，整机概念是靠硬件和软件共同建立的，所以，本书先介绍整机结构原理，接着介绍如何编写程序和使用机器，使大家在初步了解软件程序的基础上把机器的各个部分联系起来。只有对计算机的硬件和软件都有一些了解的人，才能深入体会计算机的工作过程。因此，本书的内容尽量兼顾硬件和软件两个方面。由于本书的对象主要是那些想了解计算机基本组成原理的读者，以便有机会在工作中接触到计算机时能够应用这些原理去解决一些实际问题，而不是去设计或制造计算机。所以，书中各章的内容，主要是介绍能够说明原理的框图，至于具体的电子线路都已省略。本书内容作了如上的处理之后，效果如何，希望批评指正。

冯秉铨教授生前对本书的编写工作曾经给予具体指导，在百忙中审阅了全部书稿并提出许多宝贵的修改意见，作者深感缅怀和悼念。

1981年8月于华南工学院

内 容 简 介

本书是电子技术丛书之一。编写本书的目的，是为了帮助那些具备计算机初步知识的读者进一步了解计算机的基本组成原理。本书先重点介绍整机系统结构以及指令系统和程序设计，以便读者建立整机概念，了解计算机软件和硬件相结合的工作原理。然后在具有整机概念的基础上，介绍计算机的各个组成部分，便于读者理解整机系统结构和各个组成部分之间的相互关系。

本书是中级科普读物，可供从事无线电、电子仪器、自动控制等方面工作的工程技术人员、有关的中等专业学校以及高等院校非计算机专业的老师和同学参考。

目 录

绪论.....	(1)
第一章 电子计算机的基本结构.....	(4)
一、基本组成部分.....	(4)
二、基本操作过程.....	(8)
三、基本结构	(10)
1.单总线结构	(10)
2.双总线结构	(11)
3.多中央处理单元结构	(12)
4.多算术逻辑单元结构	(13)
5.流水线式结构	(13)
6.计算机网络结构	(14)
第二章 电子计算机的指令系统.....	(16)
一、指令的内容和格式	(16)
1.执行一条指令的必要条件	(16)
2.四地址指令	(17)
3.三地址指令	(18)
4.二地址指令	(19)
5.单地址指令	(21)
6.零地址指令	(23)
二、指令系统	(24)
1.算术运算类指令	(25)
2.逻辑运算类指令	(25)
3.数据传送类指令	(25)

4. 输入输出类指令	(25)
5. 程序控制类指令	(26)
6. 其他类型的指令	(26)
三、指令的寻址方式	(26)
1. 直接寻址	(27)
2. 间接寻址	(27)
3. 变址寻址	(28)
4. 变址的间接寻址	(29)
5. 多重间址	(30)
6. 相对寻址	(30)
四、国产计算机指令格式简介	(31)
1. 访问存储器类指令	(32)
2. 算术逻辑运算类指令	(34)
3. 输入输出类指令	(36)
第三章 电子计算机的程序设计基础	(39)
一、程序设计的几个步骤	(39)
1. 建立数学模型	(39)
2. 确定算法	(40)
3. 编制程序框图(流程图)	(40)
4. 编写具体程序	(42)
5. 调试程序	(44)
二、程序设计的基本方法	(45)
1. 直接程序设计	(45)
2. 循环程序设计	(46)
3. 分支程序设计	(50)
4. 主程序与子程序的程序设计	(52)
第四章 电子计算机的一些基础知识	(60)
一、几种常用的进位计数制及其互相转换	(60)
1. 十进制整数转换成二进制整数——除2取余法	(62)

2. 十进制小数转换成二进制小数——乘2取整法	(64)
3. 二进制数转换成十进制数	(65)
二、数的定点与浮点表示法	(69)
1. 定点表示法	(70)
2. 浮点表示法	(73)
三、数的原码、补码和反码表示法	(78)
1. 原码表示法	(79)
2. 补码表示法	(81)
3. 反码表示法	(86)
四、基本逻辑关系及其表示符号	(88)
1. 逻辑变量和逻辑函数	(88)
2. “与”运算及“与”门	(89)
3. “或”运算及“或”门	(91)
4. “非”运算及“非”门	(92)
5. 三种基本门电路的组合	(93)
五、逻辑代数的基本性质及公式的化简	(94)
1. 逻辑代数的基本性质	(95)
2. 逻辑表达式的化简	(97)
3. 利用基本公式化简	(101)
4. 利用最小项方格图化简	(102)
六、寄存元件与时序函数	(107)
1. R-S触发器(寄存式触发器)	(108)
2. T触发器(计数式触发器)	(109)
3. R-S-T触发器	(110)
4. J-K触发器	(110)
5. D触发器	(111)
七、常用的基本逻辑部件	(111)
1. 数码寄存器	(112)
2. 移位寄存器	(113)

3. 二进位计数器	(114)
4. 译码器	(115)
5. 节拍发生器和脉冲分配器	(117)
第五章 电子计算机的基本运算方法及其实现	(119)
一、定点加减法运算	(120)
二、乘法运算	(124)
1. 原码一位乘法	(126)
2. 原码两位乘法	(130)
三、除法运算	(134)
1. 原码恢复余数法	(136)
2. 原码加减交替法	(137)
四、并行加法器及进位链	(142)
1. 并行加法器	(143)
2. 进位链	(145)
第六章 电子计算机的控制方式及其工作原理	(149)
一、控制器的基本组成部件	(149)
1. 指令地址计数器	(149)
2. 指令寄存器	(150)
3. 指令译码器	(150)
4. 脉冲源和启停控制线路	(150)
5. 时序信号的产生部件	(151)
6. 中断部件	(151)
7. 微操作脉冲形成部件	(151)
二、控制方案之一——微程序控制	(153)
1. 微程序控制的基本原理	(153)
2. 微程序控制器设计举例	(155)
三、控制方案之二——组合逻辑控制	(163)
1. 组合逻辑控制器的设计步骤	(163)

2. 组合逻辑控制器设计举例	(164)
第七章 电子计算机的存贮器	(174)
一、存贮器的体系结构	(174)
1. 快速主存贮器(内存)	(175)
2. 大容量辅助存贮器(外存)	(175)
3. 超高速缓冲存贮器(cache)	(175)
4. 堆栈存贮器(后进先出存贮器)	(176)
5. 顺序存贮器(先进先出存贮器)	(177)
二、存贮器的组成方案	(177)
1. 多个存贮体的存贮器	(180)
2. 多个存贮器模块组成的存贮器	(181)
3. 共用存取存贮器	(182)
三、半导体存贮器	(183)
1. 双极型晶体管存贮器	(183)
2. MOS电路静态存贮器	(185)
3. MOS电路动态存贮器	(187)
4. 半导体只读存贮器	(189)
四、磁心存贮器	(192)
1. 磁心存贮二进制数的基本原理	(192)
2. 磁心板和磁心体	(196)
3. 几种主要磁心存贮器方案	(199)
五、磁表面存贮器	(203)
1. 磁表面存贮原理	(204)
2. 磁表面存贮器的记录方式	(205)
3. 软磁盘存贮器	(207)
4. 盒式磁带存贮器	(209)
第八章 电子计算机的外围设备及其接口	(211)
一、外围设备的种类及其特点	(211)

二、外围设备与主机交换数据的方式	(212)
1. 主机与外围轮流串行工作	(212)
2. 用指令调动外围设备工作	(213)
3. 用程序中断的办法配合外围设备工作	(214)
4. 直接存贮器存取 (DMA) 工作方式	(215)
5. 输入输出数据通道工作方式	(216)
6. 外围处理机工作方式	(217)
三、计算机的中断系统	(218)
1. 中断的来源	(218)
2. 中断的分类	(219)
3. 设计中断系统必须解决的一些问题	(220)
4. 中断系统的一般结构框图	(222)
四、接口逻辑原理	(222)
1. 外围接口的基本逻辑线路	(224)
2. 外围接口举例	(225)
五、键盘字符显示器	(227)
第九章 电子计算机的系统软件简介	(232)
一、系统软件的内容	(232)
二、操作系统的形成和发展	(233)
1. 手工操作	(233)
2. 成批处理	(234)
3. 管理程序 (执行系统)	(236)
4. 多道成批系统	(237)
5. 分时系统	(238)
6. 实时系统	(239)
7. 通用操作系统	(239)
8. 操作系统的发展	(240)

绪 论

世界上第一台实际运行的电子数字计算机埃尼阿克(ENIAC)是一九四六年研制成功的。这台计算机共用了一万八千多只电子管,机房占地面积约有一百七十平方米,机器重量达三十多吨,消耗电力约一百四十千瓦,其加减运算每秒钟只有五千次,乘除运算每秒钟约四百次。

事隔三十多年后的今天,情况已发生了根本的变化。电子计算机经历过电子管、晶体管、集成电路和中、大规模集成电路,而发展到超大规模集成电路的阶段。以现在的超大规模集成电路技术来说,要造出象埃尼阿克这样功能简单的计算机,只要一块超大规模集成电路就可以了。因为一块超大规模集成电路,包含有几万个电子元器件,而其面积只有几个平方毫米,重量只有几克,消耗电力只有几十毫瓦。所以,从过去三十多年的历史来看,大约每五至八年,电子计算机的速度就提高了十倍,体积缩小了十倍,成本降低了十倍,功耗减少了十倍,而可靠性却提高了十倍。其进展的迅速,是任何其他学科所望尘莫及的。

尽管如此,计算机还要进一步地向前发展。从运算速度来说,虽然现在已经造出每秒能运算几亿次的计算机,但还不能满足象大范围内气象预报计算的要求,所以还要继续研究提高速度的方法。从存贮量来说,虽然可以存贮百万册的图书资料,但实际应用时存贮容量仍感不足。从体积来说,虽然单片的微型处理机和微型计算机已经大量生产使用,但

集成电路的集成度还在继续提高，新的器件还在不断涌现，在微型机的功能和速度方面还不能满足人们从不同的角度所提出的要求。从计算机的系统结构来说，虽然已从单机系统发展到多机系统和全国范围内的计算机网络，可以实现网络内所有计算机之间的互相通信和资源共享，但还要提高通信速度，提高安全保密性，并把网络范围扩大到全世界。在计算机的输入输出设备方面，虽然现在已有很多品种，甚至可以将声音和文字直接输入机器，但从使用要求来说，人们始终感到计算机的“视觉”、“听觉”和“触觉”不灵，“嗅觉”更加缺乏，“味觉”还根本谈不上，因此满足不了广大群众对它的要求，急需为它装备上“能听”、“能看”、“能讲”的多种智能终端。所有这些，都有待人们进一步去加以研究。

电子计算机功能的发挥，不仅在于硬件方面（裸机），而更重要的还依赖于软件。四十年代和五十年代，当使用第一代电子管计算机时，人们用机器语言和汇编语言编写程序，属于手工作业阶段。从五十年代末到六十年代中，使用第二代的晶体管计算机，软件得到显著的发展，先后出现了FORTRAN和ALGOL等计算机高级语言，人们使用机器也就十分方便。从六十年代中期开始，计算机进入集成电路的第三代，多道成批处理系统和分时系统发展到比较实用的阶段，操作系统也开始普及，通用操作系统已经完成，并且出现了实时系统。大约从1968年开始，人们研制出了许多大型计算机，接着出现了数据库管理系统和计算机网络操作系统等。计算机硬件的发展，给软件提供了物质基础，而软件的发展，使计算机得以充分地发挥作用，进一步对计算机提出许多新的要求，从而促进硬件的发展。故电子数字计算机的硬件和软件是相辅相成，互相促进，共同提高的。

由于电子计算机可以代替一部分脑力劳动，所以人们把它看作为与蒸汽机的发明可以代替人们的体力劳动具有同等重要意义的重大技术革命。今天，电子计算机的科学技术水平、生产规模和推广应用程度已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志，也是现代工业、现代农业、现代国防、现代科学技术、国民经济等各政府部门业务技术发展不可缺少的重要工具。

近几年，通过事实的宣传和报道，许多人对计算机都很感兴趣，希望学习电子计算机，并希望能了解一些有关电子计算机的基本组成原理，这是一个十分可喜的现象。本书也许能给大家一些帮助。

第一章 电子计算机的基本结构

一、基本组成部分

现有的电子计算机中，从体积上来说有大有小，大的可以占用一个很大的房间，小的可以放在人们的口袋里；从速度上来说有快有慢，快的每秒钟可以完成几千万次甚至几亿次运算，而慢的每秒钟只能运算几次或者几十次；从应用方面来说更是千差万别，有的用于控制载人宇宙飞船上天和返回地面，有的用于控制玩具，有的用于控制工厂的自动化生产，有的用于控制家庭中的烧菜煮饭等等。尽管如此，仍然可以把电子计算机的总体结构分成五个基本的组成部分，这就是控制器、存贮器、算术逻辑单元（运算器）、输入器和输出器，也就是说麻雀虽小，“五脏俱全”。这五个部分的具体内容，我们将在以后的各章中详细说明。考虑到广大读者更感兴趣的是想要了解一台电子计算机是如何工作的，它的这些组成部分之间是如何互相联系的，因此，我们这本书就先从总体概念方面加以介绍。

一般电子计算机的五个基本组成部分，可用一个简化的框图来表示，见图 1-1。

电子计算机是人们为了生产和科研的需要而研制出来的一种机器，它是按照人们的意图而工作的，它所具有的工作能力都是人们事先在设计时提供的。所以可以说，电子计算