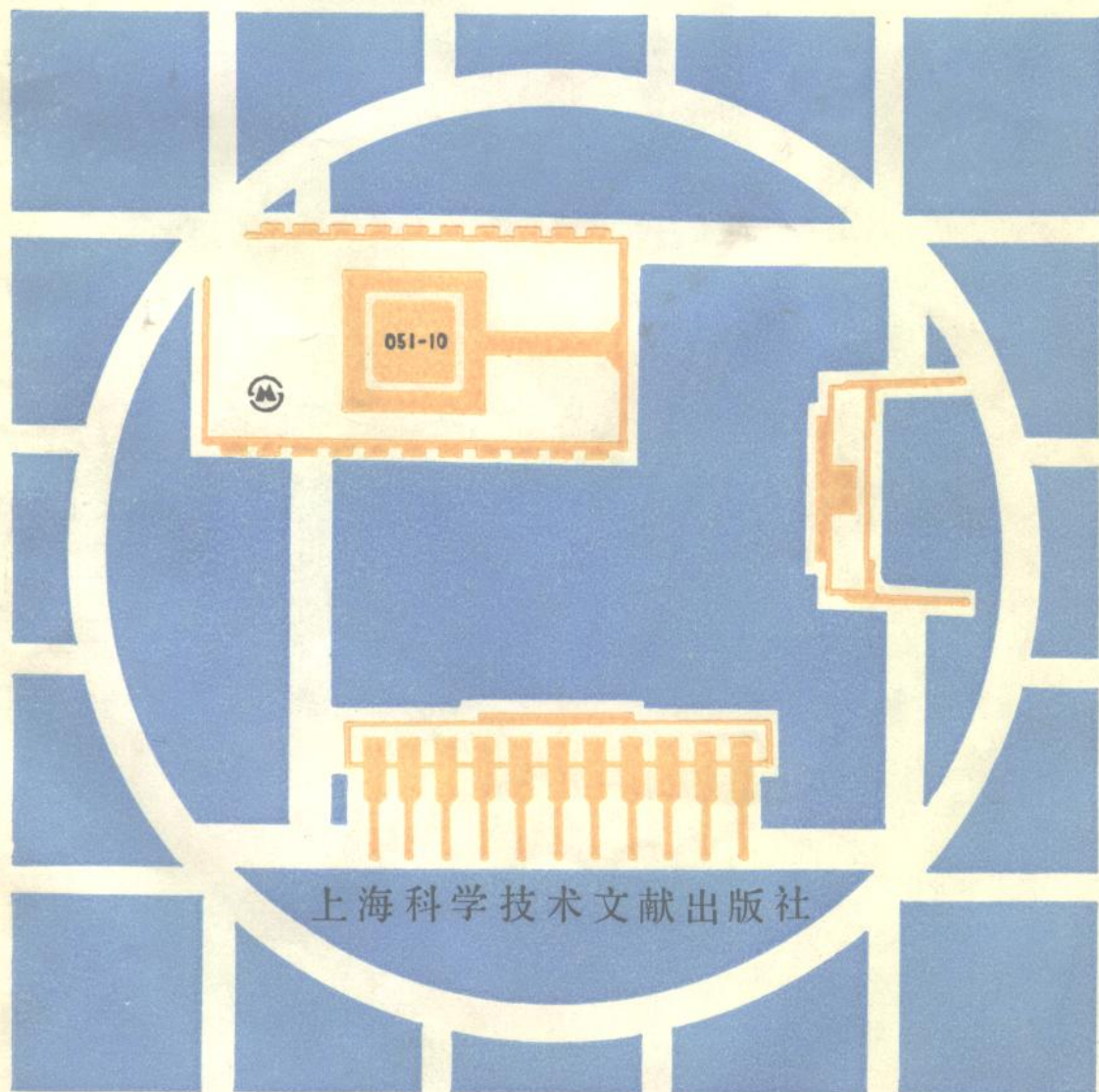


小型计算机和微处理机

〔英〕马丁·希利 著



上海科学技术文献出版社

小型计算机和微处理机

〔英〕 马丁·希利 著

上海市卢湾区业余大学科技英语翻译组译

吴增谦 校

上海科学技术文献出版社

Minicomputers and Microprocessors
Martin Healey

JS119/3221

小型计算机和微处理机

〔英〕马丁·希利 著

上海市卢湾区业余大学科技英语翻译组翻译

吴增谦 校

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路六弄一号)

新华书店上海发行所发行

浙江洛舍印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 302,000

1981年10月第1版 1981年10月第1次印刷

印数: 1—8,600

书号: 15192·168 定价: 1.50 元

《科技新书目》9-240

前 言

目前,已出版了许多涉及数字计算机广泛领域的教科书。因此,作为一个作者,就得考虑再写一本这方面的书是否合适。如果仅仅为了增加读者的选择,与早先确立的典范直接相抗衡,那就欠妥了。诚然,书本的内容也象硬件那样,随着时间的流逝,会逐渐陈旧,因此也就总会有一些“新技术”的资料可以补充。但是,本书主要讲的还是一些基本的、成熟的技术。不过,本书在两方面有些特点:一、本书集中介绍统称为小型计算机的中、小规模计算机和作为大规模集成电路衍生物的微处理机;二、重点放在计算机的工作原理而不在于计算机的设计。

这本书主要是为那些想了解更多了解计算机的工程师和系统分析人员而撰写的,对于他们来说,说到底,计算机仅是系统中的一个部件。依作者看,计算机对各界人士的冲击已如此深刻,故所有电子工程系的大学生都应该上一门计算机基础的课程。对于读计算机科学和计算机设计的学生来说,尽管他们需要掌握比本书所包含的更详细得多的知识,但是学习一下小型计算机的结构以及有关的软件和外围设备也可作为良好的入门书。如果采用标准的教科书,那末,这样的见解通常在计算机教学上是不会被接受的。然而由于“单独使用”的小型计算机价格已猛烈下跌,上述见解就日益显得切合实际了,因为价格的猛跌意味着小型机可以直接上机操作,可以避免合用一台较大的通用计算机所带来的许多麻烦。

严格地讲,微处理机是由一、二块大规模集成电路基片构成的中央处理机。换句话说,使用LSI芯片可以制作出各种较小型的、专用的数字计算机,以适应各种特殊的需要。微处理机的工作原理同小型计算机是一样的。在工业上,将用这些计算机来取代目前用TTL逻辑电路组成的大型系统。这就要求系统工程师们的背景知识也要相应地作很大转变。组合逻辑和时序逻辑的详细研究的重要性将逐步降低,用低级机器语言给小型计算机编制程序却日益重要起来。凡此使作者确信,下一代电气、电子工程师们必须对各种数字计算机具有更宽的知识面。由于教学课时有限,有可能在教学中安排机器码和汇编语言程序设计要比逻辑简化技术来得更为重要些。

本书共分九章。通常的算术、逻辑、存贮器以及电子过程均不列入课文,而在附录中加以叙述,因为这些内容在普通电子学和近代数学中均有教学,而许多读者已精通这方面的知识。

本书第一章阐述小型计算机和微处理机相对于较大数字计算机的应用范围,且特别加意于用以组装成一台计算机的那些基本部件的轮廓性和概念性的描述。

第二章对一台假想的计算机逐步进行分析以说明简单的小型计算机的基本特点。其中强调了可用硬件实现的动作与受固定字长限制的指令系统之间的重要关系。

第三章介绍现代小型计算机中CPU(中央处理机)更为详细但仍属基本的特点。

第四章进一步阐明第二章讲到过的I/O输入输出问题,包括中断结构和数据块传输,同时也介绍许多接口技术的更为实际的问题。

第五章讲解微处理机的特点。重点介绍典型的8位数字机。

第六章简述包括大容量存贮器等常用的外围设备。

第七章就软件的需要及其效用作一评述,所论范围较广,但纯系素描,不作为程序设计的

课程。

第八章把前面几章中为了从逻辑上循序渐进地说明问题而略过的许多较复杂的硬件技术作一综述。这章的内容一般是介绍更新更好的方法以实现前面已讲过的一些基本动作。

最后一章主要是一个实用的提示,对购买和安装一个计算机系统进行简要的评述,以告诫读者不要被数字计算机 CPU 的技术复杂性所迷惑而忘记了计算机全系统中许多更重要的方面。

作为小型计算机或任何数字式计算机的基本教程,本书可从头至尾顺序阅读。附录仅是为了便于随时参考或复习,要真正详细讨论的话,每个主题都可以写上一本单独的教科书。

按本书的编排,对只想了解微处理机的工程师,只要看第二章和第五章就可以了,必要时,再穿插一些其他的细节。

马丁·希利
(本文系节译)

译 序

本书由英国卡迪夫电气和电子工程学院马丁·希利所著。1976年第一次出版,1977年和1978年二次再版。内容包括:数字计算机应用范围,小型计算机的结构和基本特征,现代小型机的CPU, I/O和接口技术,8位微处理机,外围设备和大容量存储器,软件的可用性。本书偏重于介绍计算机的工作原理,归纳了现代计算机的各种先进特性。内容比较全面,适宜作为小型数字计算机的基础教材。同时可供想掌握更多计算机知识的工程技术人员和系统分析人员参考。如果只需了解微处理机方面技术,可选阅第2章和第5章。

本书由卢湾区业余大学科技英语翻译组王雁汀、郇永刚,诸民家同志负责翻译,参加翻译还有金棣、胡仕君、李希炳、冯国权、刘维球、项声伯同志。全书由吴坛谦同志审校。

由于译者水平有限,错误难免,望广大读者批评指正。

译者 1980 年

目 录

前言	念	66
第一章 数字计算机及其应用	4.2 程序控制的 I/O 数据传输	66
1.1 信息的二进制表示	4.3 中断系统	68
1.2 数字计算机的基本概念	4.4 数据块传输	74
1.3 输入输出——与计算机的联系	4.5 接口和设备控制器	78
1.4 数字计算机的范围	4.6 同步 I/O 总线	80
1.5 小型计算机和微型计算机 的定义	4.7 异步 I/O 总线	84
1.6 小型计算机和微型计算机 的某些应用	4.8 其他接口	84
1.7 计算机发展史	4.9 总线和接口的一些实际问题	85
1.8 数字计算机元部件的图示法	4.10 通用接口和标准接口	87
第二章 基本的数字计算机	第五章 微处理机	88
2.1 引言	5.1 引言	88
2.2 DUMB1 型机	5.2 短字长处理机	91
2.3 存贮器	5.3 微型计算机或微处理机系统	94
2.4 控制单元	5.4 单片 8 位微处理机	97
2.5 算术及逻辑运算部件	5.5 指令系统	104
2.6 输入和输出	5.6 可编程序逻辑阵列	106
2.7 控制板	第六章 外围设备	108
2.8 指令系统和寻址	6.1 引言	108
2.9 基本计算机的改进	6.2 奇偶校验	108
2.10 总结	6.3 字母数字器件	109
第三章 中央处理单元的进一步特性	6.4 纸带与卡片设备	114
3.1 引言	6.5 图象显示终端设备	115
3.2 同步和异步操作	6.6 大容量数据存贮器设备	117
3.3 处理机的组成	6.7 信号处理设备	122
3.4 更多类型的指令格式和寻址 方式	6.8 数据通信系统	128
3.5 其它的一些指令	第七章 软件	131
3.6 栈操作	7.1 一般概念	131
3.7 小结	7.2 应用程序的开拓	132
第四章 输入和输出	7.3 装入程序	133
4.1 输入和输出(I/O)的基本概	7.4 汇编程序	135
	7.5 高级语言	139
	7.6 编辑程序和调试程序	142
	7.7 数据处理程序	143

7.8	操作系统.....	145	9.1	技术规格.....	161
7.9	为其它机器开发程序.....	150	9.2	选择厂商.....	161
7.10	摘要.....	151	9.3	将现有仪表控制设备计算机 化的一例子.....	161
第八章	微计算机的新成就	152	9.4	计算机系统的技术要求.....	163
8.1	积木式结构及其可选件.....	152	9.5	选机准则的小结.....	163
8.2	微程序设计.....	152	9.6	结语.....	164
8.3	算术运算.....	154	附录 1	数制和算术运算	165
8.4	存贮器的分配和保护.....	157	附录 2	逻辑系统	171
8.5	多处理机和多计算机系统.....	158	附录 3	集成电路工艺	178
8.6	电源故障与自动重新启动.....	159	附录 4	随机存取存贮器	179
8.7	实时时钟.....	159			
第九章	计算机系统的选择	161			

第一章 数字计算机及其应用

1.1 信息的二进制表示

电子计算机是按二进制原理工作的一种可程序的电子计算装置。用电子线路来表示二进制数字的各种组合,每个数字都可以是两种状态之一,如通或断、高或低、开或闭等等。在逻辑上,这两种状态,可称为“真”或“假”。但二进制算术中的术语 0 或 1 却更为通用。实际上采用 1 和 0 的表示法,使逻辑(布尔)算术与采用二进制数制的算术运算更为接近。如果读者对二进制或逻辑算术不太熟悉,可在初等教科书中找到这方面的内容。附录 1 概括地介绍了逻辑算术的一些特点。

在实际的计算机中,这两种状态是用电压来表示的。真正的电平取决于电路的制造技术,且随着新的生产技术发展而改变。一段时期以来,由于 TTL 电路(晶体管—晶体管逻辑电路)比较盛行,因而常以 0 伏表示逻辑 0,以 3.5 伏表示逻辑 1。附录 2 给出了不同类型逻辑系统的详细情况。最近发展起来的 MOS(金属—氧化物—硅)LSI(大规模集成电路)的工作电压就不同。但是,由于 TTL 用得比较多,人们正在使 MOS LSI 的输入和输出电压与 TTL 系统相兼容。当然远在电子时代之前人们早就提出了计算机的原始思想,因而也早就曾考虑到采用机械方式的两状态表示法。穿孔纸带就是其中一例。穿孔纸带上以有孔表示 0,以无孔表示 1。然而这种系统的信息在被计算机所使用之前要用一只纸带阅读器,把有孔、无孔转换成与 TTL 相兼容的电平。

每一个二进制数码称为二进制数的一位。要表示真正有意义的信息,必须使用

若干位的组合形式。例如,要表示十进制中 0 到 63_{10} 的数,在二进制中就要用 0 至 111111_2 来表示,要用 6 位。在不同的场合,要用许多种不同的组合形式,但现在已采用了某种标准化的组合方式,后面我们可以知道这样做是有优点的。最通用的是 8 位一组,称作一个字节。在计算机中,常觉得一个字节的组合太小,因此,每台计算机按其设计都有一个固定的字长,这就意味着在计算机内以固定长度的二进制“字”来处理每个信息。常用的字长为 8, 12, 16, 18, 24 和 32 位。对于更为先进的计算机,允许不止一种字长,可采用多种字节的组合,但不是任意的位数。在以后几章里将讨论特定字长的各种优缺点。

在计算机中,采用二进制的优点在于机器内部进行信息传输时,不会产生错误翻译。在图 1.1 系统中把一个 5 伏电源分成十个等份来分别表示数 0 到 10。而在等效的二进制中,如图 1-2 所示需用 4 位来表示 0 至 10

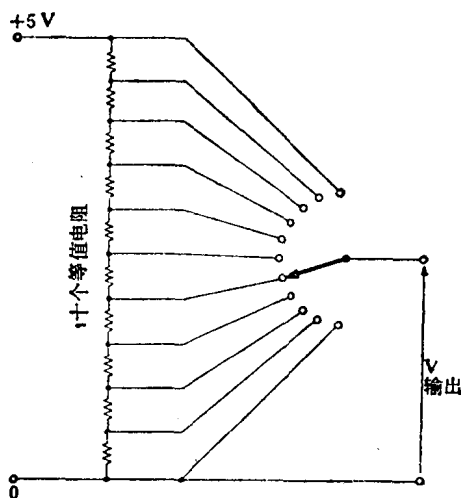


图 1.1 0~10 整数的模拟表示法

的数。注意三位可表示0~7, 四位可表示0~15。因此, 为表示0~10就要用四位, 这样就“浪费”了几种组合。因此, 在模拟形式中数字8用4伏表示, 而在二进制或数字形式中, 要用5, 0, 0, 和0四个电压来表示。

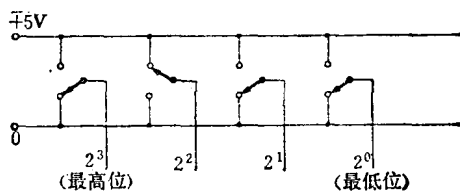


图 1.2 0~10 整数的二进制表示法

然而, 在电子线路中处理信息, 电平很可能产生畸变。例如, 若4伏降到3.75伏, 正好介于代表8和7之间的电平, 在系统中就引入了一个误差。在二进制中, 0伏和5伏要畸变到2.5伏时, 才会出现两义性错误。换言之, 在模拟系统里, 5伏电源有5%的电平变化就会产生误差, 而在数字系统中, 可允许有50%左右的变化。

从图1.3和图1.4中可看出, 如把每一等分再分得小些, 就可改善模拟系统的分辨率, 而要提高数字系统的分辨率, 则可通过增加最低位以下的位数。图1.4中十进制的每一位, 是用四个二进制位编码的, 这个系统称为二——十进制(BCD)。实际上, 大多数数字计算机都直接采用纯二进制数码。这种数码比二——十进制更有效。因为, 二——十进制中只用四位十六种可能组合中的十种。(附录1讨论这些数制)。这两种数制(图1.3和图1.4)都可以用增加分段来提高它们的分辨率。但是精确度却又是另一回事了。譬如对图1.3来说, 如果最高有效位的精确度不能与最低有效位的精确度相匹配, 那末进一步增加后面的十进位数也是无济于事的。另一方面, 二进制的精确度与其分辨率是息息相关的。因为电平的变化不可能达到足以引起错误的50%的程度。因此数字系统的精确度直接与计算机内部使用的

字长位数有关。熟悉FORTRAN(公式翻译程序语言)的读者都知道双倍精度语句就是直接应用这个原理, 双倍精度中把表示数的位数比通常情况增加了一倍从而提高其精确度。

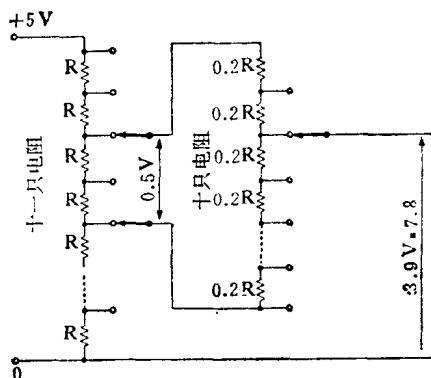


图 1.3 二位十进数的模拟表示。注意在高位线路上有11个电阻。两个与十个0.2R并联的R等效于图1.1中的一个R

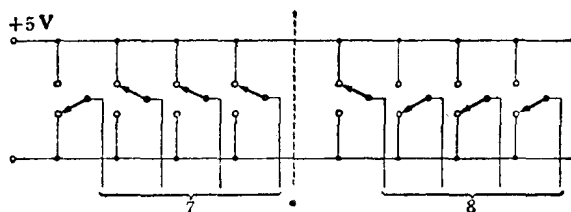


图 1.4 十进制数系中二位十进数的二进制表示法。
每个十进数用4位二进制数表示

概括地说, 数字计算机采用了极为简单的二进制数来表示信息。这种二进制数是非常可靠的, 不过使用二进制要求大量的位数, 例如, 要用4位才能表示一位十进制数字。因此一台数字计算机无非就是两状态电子线路的大量使用。

1.2 数字计算机的基本概念

数字计算机都能执行一定数量的规定的操作。典型的操作包括计算机内部的信息传输, 亦即从存储器(CPU)中存取或从输入端取数并向输出端送出数据。此外还包括算术和逻辑运算功能, 例如二数相

加。给计算机一条指令就是命令计算机执行某一种特定的操作。每条指令均以二进制数的一种组合为代码,计算机一次只能执行一条指令。因此,要计算机完成某项任务时,必须执行一系列这样的简单指令。这里值得指出,这些指令实际上是极为简单的。许多计算机即使作二数相乘的简单运算也要靠反反复复的“移位和相加”指令来完成的。但是计算机完成这些简单指令时的速度是人类所难于想象的。可以举一个例子,如果要计算机把 8000 个数据从其每个存贮单元送到另一个单元,并将每个数据在一个累加器中进行累加,以按下开关作为程序的开始,以灯泡亮起来表示运算的结束,那么尽管 8000 个数据的移送以及 8000 次累加都是一个挨一个依次进行的,但对操作者来说,简直是刚按下开关灯泡就亮了。用一名“动作飞快的蠢汉”来描述一台数字计算机真是再恰当也没有的了。

要计算机完成另一任务时,就要求它按另一套顺序执行其固有的一些简单的指令。正因为使用者提出的每一项任务都必须转换成一系列简单的机器指令,因此同一计算机,不必更动它的电子零件就可完成任何一项任务。要执行的一条条依次排列的指令,称作机器代码或目标程序。为简化程序的编制,已研制出了如 FORTRAN (公式翻译语言) 或 COBOL (面向商业的通用语言) 等特殊的语言。使用者提出的每个新问题都用书写一段新的程序来表达。

指令也可以通过操作者的控制台逐条送入计算机,然而这种方式将使计算机的速度减慢到人的工作速度,显然,惊人的电子电路速度还得充分地利用,为此,把编好的程序送入计算机内部的存贮器里(图 1.5 中的程序存贮器),然后将第一条指令从存贮器转移到 CPU(仅需 1 微秒左右的时间),由其中的控

制单元进行译码并在 CPU 中执行。每执行一条指令后,就从程序存贮器中取出下一条指令。注意,在指令的执行过程中,有可能涉及到数据,数据可以由另一个类似的存贮器提供(图 1.5 中的数据存贮器)。在一些考虑更为周到的系统中,在执行第一条程序时,第二条程序已装入存贮器的另一部分,以减少时间的延迟。这种存贮程序的概念是数字计算机工作的基础。计算机之所以具有如此广泛的通用性,就在于只要重新编排一下程序,就能使同一台计算机具有解千变万化各类题目的能力。

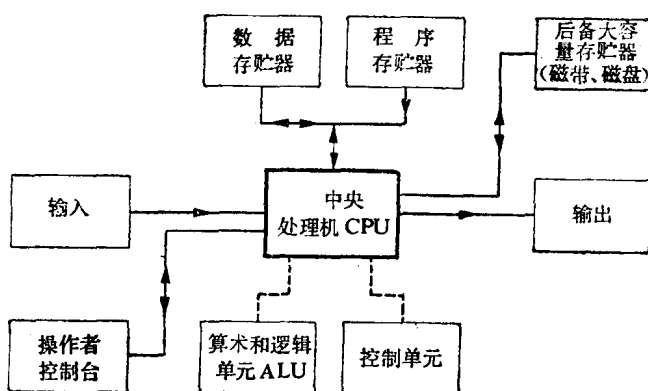


图 1.5 数字计算机的示意图

计算机的实体部件称为硬件,控制计算机的程序称为软件。

每条指令都不过是一个二进制字。0 和 1 组成的这种指令由 CPU 的控制单元来译码。实际上这就是电子逻辑元件组成的复杂网络。按指令位的组合内容而开或关。附录 2 给了这方面几个简单的例子,在数字系统设计方面,有许多教科书可以参阅。各条指令不一定都要用同样的位数来表达所需的操作,但程序存贮器的结构规定了所有的指令都要编成同样的字长,对一条特定的指令来说,其中某些位可能是冗余的。字长的抉择要考虑许多方面的因素(要由计算机设计者,而不是使用者来选择)这在后面的章节里将会谈到。

在计算机里数据和指令，都以固定长度的二进制数组合来存贮和处理的。存贮器是按字存取的，也就是说，所有指令在存贮器内都是按字来编址的，从存贮器取入 CPU 的是字*（*某些计算机是以字节为单位的，存贮器被划分为分别编址的 8 位字节。一条 16 位指令，将自动地作为两个字节在一次操作中取出。）而不是字的某些位。实际上，对于在可编程序计算器水平以上的所有机器来说，无论是数据和指令都采用同样的基本字长，这样就可共用一个存贮器。因此，无论是程序少而数据多，还是程序多而数据少的工作，都可以方便地用一个最小的存贮量来解决。程序和数据分别装载在存贮器的不同区域。给出第一条指令的单元地址，CPU 就启动工作，并自该单元起继续按程序的逻辑工作，并在另一些指定的单元里取用数据。其实一条指令和一个数据之间并没有什么实在的差别。两者都是同样字长的二进制字。如果由于某些错误的原因（通常是由于程序写错），要送的是一条指令却把一个数据送入了 CPU，那末控制部分照样译码并试图执行，其结果当然是无法理解。

如前面所述，存贮器是以固定字长的字进行编址的，而任一存贮单元的内容，无论是指令或数据，必须在 CPU 调用时立即可以取出。因为各存贮单元有可能按任意的顺序访问，（一个简单的程序，以相继的存贮单元的一些指令进行工作，然而程序中的 GO TO 转移语句将改变顺序。）因此必须要能够同样迅速地随意访问存贮器中的任一存贮单元。这样的存贮器就叫作随机存取存贮器（RAM），其中大部分是磁芯存贮器。但是大规模集成的半导体存贮器也日益得到应用。RAM 与磁带之类按顺序存取的存贮器有很大的区别。如果把磁带用作计算机的主存贮器，就必须倒过来倒过去不停地来回选取所需的信息。RAM 通常被简称为存贮器或

者甚至更笼统地称为磁芯。这种存贮器代价高而且存贮量有一定限制，这方面的原因将在下一章予以解释。因此，磁带或磁盘一般作为后备存贮器或大容量存贮器。程序以高速整块传输的方式从后备存贮器复制到 RAM，然后再从 RAM 执行。

计算机所能执行的基本指令数直接与 CPU 的电子逻辑电路的复杂程度有关。实际完成数据运算的是算术逻辑部件（ALU）。同 ALU 有关的尚有 1 至（例如）16 个存贮寄存器，这是在算术运算中作为暂存器使用的。这些寄存器存贮数据同专用的存贮单元很相似。但它们是高速 TTL 寄存器，数据存取只需几十毫微秒，而不象磁芯存贮器那样需要微秒级的存取时间。事实上固定字长必然给可以编码的指令类型提出了一个上限，这也常常限制了 CPU 的功能，而对真正的电路设计关系不大。因此，如果增加电子器件的功能而无法用指令来“调用”的话，那也是徒劳无功的！

例如一个 16 位字的信息，在计算机内部如存贮器和 ALU 之间可采用串行或并行传输。串行传输意味着只用一条单通道，在 16 个时间间隔里一次传输一位，在使用前又重新组合成一个字。并行传输则具有 16 条通道，在一个时间间隔里传输整个字。显然，串行方式要比并行方式经济但速度慢。由于集成电路技术的发展，硬件费用已不再是举足轻重了，因此提高速度已成为主要目标，所以在现代先进计算机中，都采用了并行工作方式。

采用串行传输的常见的例子之一是电传打字机。电传打字机打的字符沿着一条单

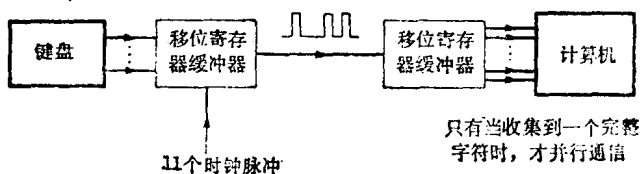


图 1.6 串行传输方式

线,一次一位地传输。一个字符包括标志在内通常有 11 位。字符的 11 位在计算机端的“移位寄存器”内收齐以后,才以并行方式送入计算机,如图 1.6 所示。

1.3 输入输出—— 与计算机的联系

计算机本身仅是一种电子数据处理器。要有实用价值,就必须同外界联系。所有计算机有关的输入输出设备统称为外围设备,此类设备中也包括后备存贮器。计算机的输入输出设备无论在性质上还是在数量上,是随用途不同而变化的。大多数计算机都必须同时具有一定数量的输入设备和输出设备。由于电气机械设备同电子处理机在速度上有很大差别,因此一台计算机可以为若干 I/O 设备服务。

典型的输入设备有:

电传打字机的键盘和显示装置(VDU)

卡片阅读器

纸带阅读器

模数转换器(ADO)

这些设备所传输的基本信息,是在送入计算机之前转换成数字形式的。其它信号,例如来自另一台计算机的输出信号或更为常见的从通信系统和数字传感器送出的信号,它们一开始就是二进制形式。在过程控制中象开关闭合这样的一位数字信息是屡见不鲜的,但必须作为一个数据来对待。有可能要分配一个完整的字节去处理这一位信息,因为字节是计算机内部处理的最小单位。从大容量存贮器,磁带、磁盘或磁鼓传来的数据是一种特殊的输入形式。从 I/O 意义来说,这些外围设备通常是不属于输入设备范围内的。盒式磁带则常看作是纸带的代替,而不作大容量存贮器论。

典型的输出设备有:

电传打字机

行式打字机

卡片穿孔机

纸带穿孔机

显示装置(VDU)

数模转换器(DAO)

同样,我们把直接以二进制传输或单位信息或盒式磁带列为输出设备,而把较大的磁带系统,磁盘或磁鼓列入大容量存贮器。

图 1.5 中只画了一个输入设备和一个输出设备,它们通过各自的连线同计算机连接。这些并行传输二进位信息(或字节)的连线,称为数据通道或总线。总线由一系列导线所组成,每一位数据就有一条线。实际上,输入和输出使用同一条总线,称为 I/O 总线。所有的 I/O 外围设备都同总线连接。每次只有一台 I/O 设备可使用总线。但这无关紧要,因为计算机的关键部件 CPU 每次只执行一条指令。总线的结构和 I/O 设备的工作是一个颇为复杂的问题,这将在后面几章里加以讨论。在现阶段,只要知道有一个输入设备向计算机送入数据或一个输出设备从计算机接收数据。用来连接设备和计算机的电子电路称为接口或设备控制器。各计算机制造商只要对接口作相应的修改,就可以使用同样的外围设计。

大容量存贮器设备在传输数据时,以成字组或字块的方式传送,而不是单字传送,而且总是和存贮器打交道的传输。某一个输入设备可以把相继的数据存贮在分散的存贮单元里,而从磁盘来的字组或字块总是送入相邻的(连续地址)存贮单元。因此,大容量寄存器/存贮器的传输是简单的,但是速度要快。这些设备和存贮器直接连接,而不是 CPU 的控制下进入存贮器,亦即采用直接存贮器存取(DMA)通道的连接方式。

另一种常见的设备是控制板或控制台。通过控制台,操作者可用开关和指示灯干预正常的操作,询问和显示某一状态。这是最直接的通信方法。人们常常用指示灯来显示

正在被访问的存储单元的内容(指示灯亮表示 1, 关表示 0), 在正常操作时, 指令执行指示灯显示的数据就快速地跟着改变。

图 1.7 概括地表示了图 1.5 中 I/O 的特点和上面讨论的内容。每次只允许一个 I/O 设备同 I/O 总线相连。象电传打字机这类的外围设备, 既有输入设备也有输出设备, 因此通常有两个接口。

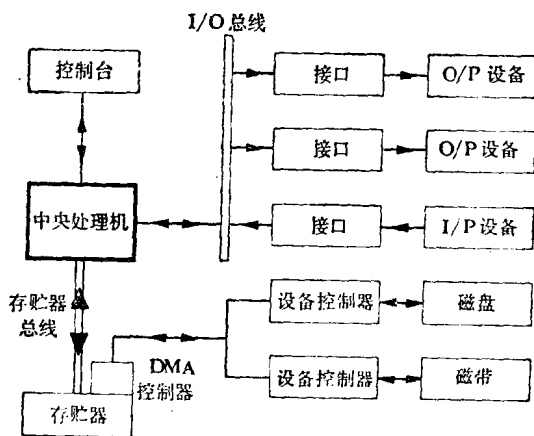


图 1.7 计算机同外围设备的连接

上面, 我们原则地而不是详尽地阐明了人机联系的情况。按下打字键盘上的键, 某个电子缓冲寄存器就置成一定的编码。(在 8 位 ASCII 中的标准码。用一位作奇偶校验, 有 $2^7 = 128$ 个可能的组合可用来定义特定的字符包括 36 个字符加上 +、-、=、以及专用的控制符号等等), 随后通过 I/O 总线传输到计算机, 在特定程序控制下, 由 CPU 进行处理。值得注意的是, 电传打字机同键盘是分开的。程序上早就编就对来自键盘上的数据, 收到后, 要做的第一桩事情就是对数据作出响应; 亦即把同样的编码送回打印机, 看起来就好像是用键在直接打印一样。

对更实际的问题, 建立这样的概念也许就够了, 例如传感器测出一个温度, 并产生同温度成正比的电压, 这个电压再由 A/D 转换成二进制数。这样, 数据就可被计算机接收和处理。温度——电压——二进制数这样的

关系, 对于操作者是无关紧要的, 只要程序员把比例因子搞正确, 使各方面正常工作就可以了。然而, 与人发生联系时就会产生额外的问题。以简单的工资计算为例。根据编好的程序, 计算机可以简捷、经济地算出弗雷德(Fred)的工资, 税金等。计算机内部的结果是纯粹的二进制数。因此弗雷德初看到他平时 30 镑的工资现在变成 11110 镑时, 他将会非常地高兴。但当他知道, 二进制的 11110 镑所表示的真正的金额仍为 30 镑时, 他一定会非常恼火。因此要记住一条原则, 即计算机的程序不能只停留在它自己计算所需要的二进制形式上, 而必须使数据转换成人们所能懂得的通常数字并加以打印。这样, 就须把二进制数转换成十进制数。对弗雷德来说只有二位数, 对其他人来说可能是四位。十进制数的最高位被转换成等效的美国信息交换标准代码(ASCII), 并传输到打印机。第二位又是同样地被编码和传输, 以此类推等等, 这就必须应用计算机的高速处理能力来帮助实现人同计算机之间的通信。当然要完成任何一件这样的工作, 都要编写相应的程序。

可以设计不用二进制而用二——十进制(BOD)运算的计算机。用二——十进制来表示十进制数字比较直感。然而, 同二进制相比, 二——十进制的效率较低, 同样表示一个数, 它需要更多的位数, 用于计算机里成本就比较高。因此就有必要在采取较简单的 I/O 和较难的处理呢, 还是较繁的 I/O 和较简的处理之间作出选择。在现代计算机中只有袖珍式和台式计算器是采用二——十进制的。

1.4 数字计算机的范围

有一点要强调, 计算机系统要比计算机本身更重要。由于系统的价格完全是由外围设备和软件的费用所决定, 因此制造商在出售系统时, 几乎不计算中央处理机的价格。计算机的价格从几百英镑到上百万英镑。要严

格划分数字计算机既不现实又无意义。而且由于计算机工业的突飞猛进,有些计算机可能在本书出版时,已经过时了。为了叙述的方便,本书简单地定义出三种计算机:(i)较大型通用数据处理系统(ii)较小型廉价的通用系统(iii)专用系统。

(i) 较大型计算机系统配有打印机,打孔机等,但不包括模数/数模转换器(ADC和DAC)等联机设备。通常这些设备被组织得能处理多种工作,但需要在可控环境如空调房间里工作。这些系统可分成两类,即数据处理(如工资计算、存货控制)和科学计算类。前者的特点是程序少而数据多,后者的特点是程序多而数据少。虽然大多数计算机都可以应付上述两类业务,但是也有些具有相当规模的计算机站只有一个小型的中央处理机,虽然挂有不少的外围设备却不能完成科学计算。同样也有些昂贵的计算机没有辅以足够的外围设备而无法有效地进行数据处理。

(ii) 较小、较廉价的系统。这种系统仍具有通用的能力,但通常用于完成较为专门的操作。曾将这些计算机划分为微型、小型和中小型机,但现在统称为小型计算机。这些计算机要比大的机种更耐用,不需要特殊的工作环境,它们的应用范围更广泛,而且应用在许多包括实时操作和联机操作的场合。例如控制钢铁厂或复杂的数据记录系统。由于小型计算机仍保持其相对的低价格而威力越来越大,因此在市场上正威胁着大型计算机的较低的一头。事实上,比较先进的小型计算机要比许多数据处理机的功能强,而价格低得多。有一点必须指出,用于小型计算机的辅助软件,在计算机市场上是有很强的竞争能力的。许多小型计算机由于具备实时操作的功能,因而具有高级的中断系统,可更快地为外围设备服务,这一点在后面的章节里将予以说明。

(iii) 专门用途的小计算机也是品种繁多的,例如计算器、数字处理控制器、智能终

端,大型计算机系统中外围设备的控制器以及用于针球打印机。许多系统使用装在简单机架上的常规的小型计算机。其它系统使用集成电路元件,其中最有趣的是微处理机,它本身就是一只CPU。微处理机和一定数量的存贮器(几乎全是半导体型的)、接口和电源装在同一块线路板上就构成了微型计算机。这样的数字计算机,其功能同普通的小型计算机是不相上下的。这种微型计算机和简易的小型计算机在市场上相互竞争着。继晶体管之后,出现了集成电路,而现在又诞生了中央处理机。其中某些专用的中央处理机就是较小而简易的装载有特定程序的小型计算机系统。另一些把程序存贮在只读存贮器(ROM)里加以固定。袖珍计算器就是带有ROM程序存贮的微型计算机。虽然程序的执行可以由按钮控制,但内中的程序是固定的,不能由使用者随意更改。对于更复杂的计算器,除了ROM外,还有一块小的RAM程序区,利用该区域,使用者可以写入一串允许运算的操作顺序。允许的运算的操作有如正弦、指数、加法等等,是由制造商固定在只读存贮器的固定程序里面的。在小型机一头,由于微型计算机具有可编程序的优点(逐步发展,更新……),因而成了硬线逻辑系统的竞争对手。

本书集中讨论典型的小型计算机功能。有一章将详细论述微处理机。但应强调一点,微处理机在原理上就是微型计算机中的CPU。小型计算机和微型计算机不是互不相关的课题。较大型的计算机和小型计算机的工作原理是一样的,仅是复杂程度上的差异。因此,本书可作为一切数字计算机的入门书使用。

1.5 小型计算机和微型计算机的定义

概括上一节的内容,本书对小型计算机

和微型计算机是这样定义的:

小型计算机用于中、小型系统。它的价格低并对工作环境无特殊要求。体系结构也是相当简单的。当然对于具有良好中断机构的机器来说,这种提法就不恰当了。字长有 8 位, 12 位, 16 位和 18 位。但 16 位是最常用。磁芯存储器 and 半导体存储器都有使用的。外围设备的种类很多, 其中大部分是由复杂而昂贵的数据处理外围设备简化而成的。因此在价格上就便宜得多。特别重要的是用于实时操作的 DAC 和 ADC 系统。

微型计算机是由下面几个部分组成的: 一个大规模集成电路的 CPU, 即微处理机, 必需的电源、时钟和缓冲器, 接口和存储器。这样的系统可以构成了一个简单的小型计算机。这些系统的优点在于, 可运用在各种特定小型应用场合。例如在许多特定的小型应用场合, 只需要几百字的程序, 而小型计算机提供的存储器有 4K 和 8K 个字块(在计算中 K 表示 1024 字)。尽管原则上可使用磁芯型的存储器, 但实际上存储器都是半导体型的。程序一设计好就存储在 ROM 中。而 RAM 则用作数据存贮。微处理机多数使用 4 位或 8 位字。在某些系统中为建立更长的字节几个存贮单元并行使用或由程序编制得 16 位的字能存入两个存贮单元里。目前, 由于价格和集成度的原因, 在微型计算机中用 MOS 器件代替双极型器件, 因此微处理机的速度要比小型计算机慢一个数量级。

随着半导体技术的不断发展和及时应用, 使情况越来越复杂了。现在双极型技术的速度要比 MOS 快, 但价格高, 集成度低。同时 MOS 的功耗也比双极型低。早期的 MOS 系统是 P 型的因此需要高的负电压。新型系统是 N 型, 采用正电压。因此, 更容易同 TTL 连接。新技术的出现和原有技术的改进使情况常常变化。例如采用蓝宝石硅片(SOS)系统, 它的工作速度就接近双极型, 而集成度同 MOS 又不相上下。因此, 一个制造

商认为, 如果采用最新技术, 每年重新设计同样的计算机逻辑, 那末计算机的价格可降低一半, 而工作速度可提高一倍, 附录 3 将作进一步讨论。

为了对付微处理机的挑战, 或者更确切地说为了利用技术上的发展成果, 那些专门向设备制造商提供大量计算机的小型计算机制造商, 已经用大规模集成电路重新研制了 CPU。这种微型计算机是把 CPU、存储器和有限的接口装在同一块板上出售的, 它不带外壳、控制板或电源。有一只小型计算机已用 SOS 大规模集成电路制造的 CPU 改装了, 今后, 其他的也肯定会跟着做的。因此, 今后微型计算机和小型计算机的差别仅在于前者是适应某种特定需要的, 而不象标准小型计算机那样由于要通用化标准化而在功能上往往留有很大裕量。在极其简单以及使用大量同样设计的系统中, 这种专用机是非常经济的。

1.6 小型计算机和微型计算机的某些应用

大多数数字计算机系统可认为是工作于下述三种工作方式中之一。在 7.8 节中将详加以讨论。这三种工作方式是:

(1) 脱机方式: 在计算机的外部准备好待处理的数据。例如由穿孔的纸带或卡片, 在以后某一时间再将数据送入计算机进行处理, 这也称为成批处理。

(2) 联机方式: 待处理的数据直接与计算机系统接通或从计算机送至显示器, 即终端设备。一般在这样的系统中, 从数据输入, 要求处理直至得到相应的答案之间所引起的延时是很小的。

(3) 实时操作方式: 这是联机操作的一种形式, 这里计算机和某一系统之间有直接的联系。计算机以尽快的速度满足对它提出的要求, 计算的结果可及时返回被控系统,

对该系统进行实时控制。

较大型的通用或中央处理计算机,既可用作数据处理又用作科学计算。某些计算机具有处理大量数据的能力,在同时间可执行几个程序。小型和微型计算机包括小型计算机到中型通用计算机的范围。这种通用机加上与实时操作有关的某些独特的优点,意味着这种计算机在某种程度上可以用于所有可以使用计算机的地方。系统的效率主要取决于控制外围资源分配和时间分配的软件,即操作系统。良好的操作系统使设备容易管理,但需要一个处理内务的时间和存贮空间。因此,较小的计算机系统具有较简单的、功效较低的操作系统。大多数中央处理站计算机是专供成批数据处理的。数据在计算机外部准备在卡片或纸带上,并成批地在类似的工作中排队等待处理。有些计算机允许数据和源程序经显示器(VDU)直接进入计算机文件,然后排队依次由操作系统成批处理,也常称作前台/后台工作模式。中央处理机一般都不提供真正的实时操作。

1.6.1 商业数据处理

简单地说,商业数据的处理就是会计工作的自动化。例如工资结算、订单处理、销售登账,人事明细账、库存赋值等等。在大型机构中,由于有大量的数据和复杂的文件间的相互关系,因此不能不使用大型计算机。有些计算机站也使用大型计算机,它们向一些稍小的用户出让借机使用的“时间”。在这些场合现在都用较大的小型计算机。

由于电子技术的发展,会计工作已不使用机械式的计算机而开始采用小型简易的电子计算机。目前小型计算机和微型计算机已在不同程度上广泛地应用于各个领域。

微型计算机已用于准备数据的设备,例如,键盘——磁带、键盘——磁盘机中。数据由按键打入机器,经验证,编辑、压缩后记录于磁带(盒式或卷盘式)或小型磁盘上。一台用微型计算机进行规格化的显示器(VDU)

能辅助操作者工作。然后,把磁带或盒带的的数据送入中央处理机的阅读器。更先进的机器可承担多台键盘,让计算机整理文件中的数据。微机也可传送数据,收到后,通过电话线直接送至主机。

会计计算机的主要问题在于把人们可以看和机器可以读的信息文件存储起来。一般的解决办法是使用称为直观记录计算机(VRC)的设备。数据打印在A4号大小的分类账卡片上,它可以装进一个文件箱。一条约2毫米宽的磁带垂直地粘在卡片上。象磁带录音机一样,打印上去的每行数据就被记录下来。把卡片放入VRC的卡片处理器,就象打字机那样一张张卡片被拉入机器并把磁带上的数据读入计算机。然后,计算机使卡片跳到尚未用过的下一行位置。这样不必打印,诸如顾客的姓名、地址、商品种类、单价及累计总数等信息就都送入计算机供计算机使用。这时把新的打印并录下的数据送入计算机,它就可以自动计算总的价格,VAT*等等。同时使用卡片上拷贝下来的信息可使VRC打印出一张详细的单据,例如打印出发票来。早期的VRC使用一些专用的但低级的电子器件,但是最新的机器则使用小型和微型计算机,这样外加的外围设备如卡片阅读器和磁带阅读器都可添加上去。

VRC的不足之处在于一次只能记录几张卡片的信息。因此如果顾客分类账登记在一张卡片上,而存款又在其它几张卡片上,那末要完成所需的相互参照,卡片就必须不止一次地被计算机阅读。采用盒式磁带记录器作为缓冲存贮器可改善这个问题。要解决这个问题,可以把数据存贮在磁盘上,因为磁盘可对所有数据提供随机存取。数据只需进入一次,而所生成的各种文件可由许多种程序来存取。能够分类和合并文件而这对分类账卡片来说,是一个很重要的问题。因此,有VDU输入的小型计算机,常用的打印机和磁

* VAT 英国及西欧等国家的一种商品税。一译注