

美]

威廉·S·贝内特 著 易新春 译  
卡尔·F·埃弗特Jr

# 微型计算机 软/硬件设计

工程师必读丛书之三

# MICRO- COMPUTERS

电子工业部第六研究所

工程师必读丛书之三

# 微型计算机

## 逐步示范的软/硬件设计

威廉·S·贝内特  
卡尔·F·埃弗特Jr 著

易新春 译

殷志鹤 校

电子工业部第六研究所

## 作者介绍

威廉·S·贝内特 (WILLIAM S. BENNET) 是美国辛格 (Singer) 公司通信部的科学工作者。他的工作是研制与开发利用计算机来产生飞行训练形象化的模拟器，其中采用了多种软件和硬件技术。他发表过大约25篇有关逻辑设计和微型计算机的论文，包括二进制逻辑设计丛书。这套丛书经过多次再版，并使大约十万名工程师进入了逻辑设计这一学科。他于1952年获得卡内基——梅隆 (Carnegie——Mello) 大学的电气工程学士学位。

卡尔·F·埃弗特, Jr. (CARL F. EVERT, Jr.) 是美国肯特基 (Kentucky) 州, 福特-米切尔-托马斯-莫尔 (Fort Mitchell Thomas More) 大学计算机科学系主任和教授。他也是辛辛那提 (Cincinnati) 大学的电气和计算机工程的名誉教授。在这里，他指导一个微处理器应用实验室，并且讲授多门有关计算机的课程。在联合国教科文组织 (UNESCO) 和美国科学基金会主持下，他还在印度、罗马尼亚、澳大利亚讲过课。他获得普度 (Purdue) 大学的学士和硕士学位及威斯康辛 (Wisconsin) 大学的博士学位。

## 前 言

本书力图适应广大工程师、管理人员、销售人员、技术人员和学生的需要,这些人员希望深入了解微型计算机应用的各种问题,但又不能每天都用这类装置来工作。通过本书将会给没有专门微型计算机甚至计算机知识的人员提供所需的技术信息。

本书是围绕一个简单应用例子来进行编写的。这个例子是利用一个浮标和一台微型计算机测量一个畸形水箱里液体的加仑数。在求解过程中,引入了微型计算机的知识。每一部分都附有插图以说明有关概念。

求解过程详细到每条汇编语言指令和每条电气连接,以便使读者对于微型计算机应用所涉及到的方面有很好的了解。

然而,本书不想讨论所选微处理器的所有指令格式及其使用中的全部技术问题;也不探讨所有可利用的次要电子器件。同样,本书也不想包括不同微处理器的整个领域。本书的目的是给出如何解决该新兴领域中的具体问题,并且为读者提供解决这类具体问题所需要的知识。我们想以较轻松的方式,给读者提供以下内容:(1) 典型技术装置的基础训练,(2) 微型计算机设计者或应用工程师必须掌握的清晰概念,(3) 微型计算机开发者必须了解的知识(假如他们从事微型计算机开发工作的话),(4) 为了获得大量微型计算机的知识,必须充分而且实际了解书中例题的求解过程,从而为发现、选择和利用微型计算机做好充分的准备。

## 目 录

第一章	引言	(1)
第二章	问题	(8)
第三章	分析求解法	(10)
第四章	求解法工程化	(14)
第五章	方框图和软件图	(21)
第六章	关于微处理器	(29)
第七章	微处理器的内部特性	(34)
第八章	通向外部：寻址	(45)
第九章	与ROM和RAM的连接	(51)
第十章	与I/O芯片的连接	(58)
第十一章	对积分器的控制	(63)
第十二章	查表	(71)
第十三章	由比较器来中断微处理器	(77)
第十四章	对比较器中断的响应	(80)
第十五章	一些“内务”指令	(86)
第十六章	分析整个系统	(90)
第十七章	另一种读出方式	(97)
第十八章	深入探讨微处理器	(103)
第十九章	用微处理器进行计算	(110)
第二十章	展望：软件问题	(116)

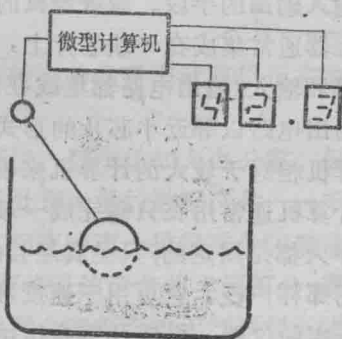
# 第一章 引言

微处理器工业在近几年里取得了很大发展，使其成本大幅度下降。目前，微处理器的使用已涉及到每一个工程师、技术人员和仪器销售人员。几乎每一台新的仪器、控制设备或数据收集系统内都设有微处理器。各专业的工程师和技术人员认识到，必须了解微处理器的基本原理才能更好地使用。现在我们编写了这本书为初学者提供帮助，希望初学者在学习原理、概念上花些时间。通过学习，你将了解小计算机领域是容易进入的，而且是很有趣的。

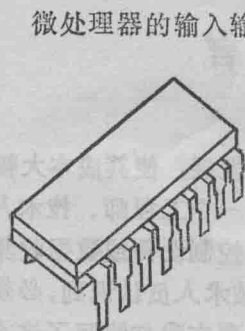
首先人们想到的是微型计算机必须完成的任务。任务确定后，再详述微机如何完成它，要从画示意图开始，用正式工程术语描述该任务是什么，即先分析满足要求的系统，然后实施并得出结果，这些步骤既容易又合乎逻辑。

假设此工作是测试某水箱的液体量，通过显示数字或信息，告诉这里面有多少液体。该水箱内要有一根带浮子的杆，浮子随液面的升高或降低而上下浮动。微处理器能为这种简单系统的操作做些什么呢？

本书将详述这个具体问题的解决方法。当我们考虑各种求解



的步骤时，必须知道微型计算机及其使用方法。因此，随着求解描述的展开，将对微型计算机及其使用方法作些解释。我们先从观察微处理器芯片的外部特性开始。

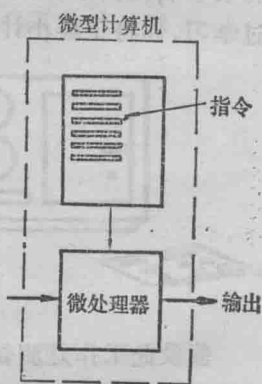


微处理器的输入输出都是0伏或5伏的电压。这些电压出现在环绕芯片边沿上的数十个端点或“引线”上。所以，如果想要利用任何一种传感器作输入或以显示器作输出，则必须用某种方法使它们的电压和线路与微处理器的引线连接，并要电压一致。

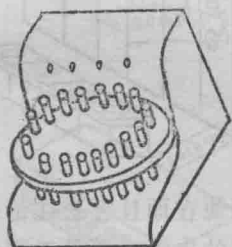
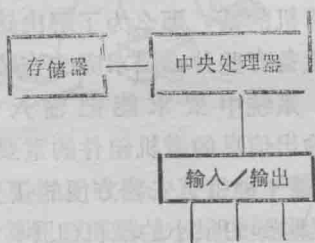
在接通输出之前，输入信息往往要做些变换。来自传感器的输入必须转换为数字或字母信息，以便输出显示。微处

理器具有把输入数据转换为输出数据的各种变换能力。但必须精确地对它们作出确定。这可以利用存放在微型计算机中固定存储器内一串简单命令来实现。这一串简单的命令或指令称之为程序，而程序设计是成千上万工程师、技术人员、高中学生近期的主要活动。

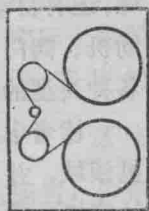
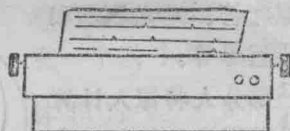
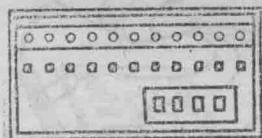
计算机都有一个中央处理器、存储器和输入输出的手段。微处理机的特点是，处理器通常集成在一块芯片上，而且把存储器和输入/输出电路都集成在同一芯片上，至少能把存储器和输入输出电路以邻近小芯片的形式，装在同一块印刷电路板上。微型计算机相对于较大的计算机来说，不仅体积小，而且成本低。微型计算机通常用在只需完成一项或几项不同任务方面，指令串或程序大都是固定的，只是其连接的输入/输出设备的品种不如较大机器那样广泛，它可用于速度和效率并不太重要的场合。如微波炉、实验仪器、机床和现金出纳终端。这里不需要高速穿孔卡片



阅读机、行式打印机、大的磁带或磁盘存储器，输入输出仅限于键盘、数字显示设备等，也可能通过电话线连接到某一较大的计算机。程序能保持相同是因为任务不变，如烹调食物、测量血样、制造切削工具、计算并打印一个货单。



相反，较大的计算机一般能处理更广泛的作业，小型计算机比微型计算机高一档，通常安装在象面包箱那么大小的框架内，并且有一个控制台、行式打印机以及一个或多个磁带机。它们为小办公室处理文件工作——工资单、库存报表、税款计算、营业分析和日常不断变化的其它活动。应该说微型计算机和小型计算机

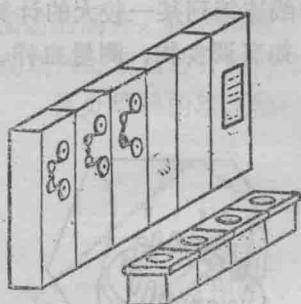


之间的界限是模糊的，有些装备较完善的微型计算机正在取代一些过去小型机承担的任务。

比小型机更大的是中型计算机，用于诸如大办公室、保险公司或内部税收业务。这些计算机处理大量的数据文件——千万份保险单或整个地区的税收。和它相连的有一排排磁盘和磁带机，用来保存数据，而输入/输出问题将是该任务的主要部分。其它大型机将处理科学计算，例如为得到全国每天的天气预报所需的大



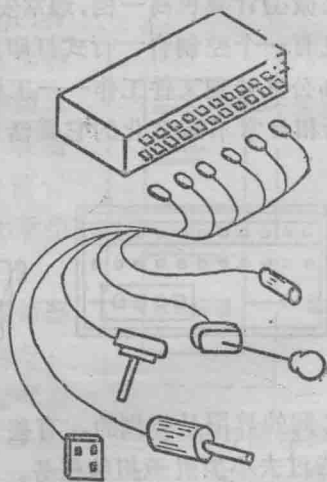
量的计算，这里所需的运算速度和效率都远远超过微型计算机。



如果有人提出，任务简单且相对固定，对输入/输出通道数和速度、运算效率要求不高的任务等可以应用微型计算机的话，那么为了解决这个问题对设备有些什么要求呢？在装置、设备、系统中要求能把输入信号变为输出信息的微机组件的重要特性是：这是一种带有安装方便的接头、价格

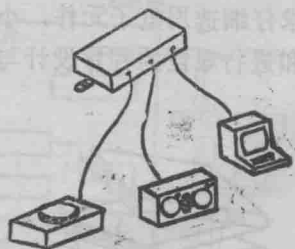
很便宜而且容易在每个小城市里购到的很小的微机组件，它有自己的电源。而最重要的是：它有许多或者可能有数十个接线端，用普通导线很容易将这些接线端连接到几十种传感器和输出装置中的任何一种。诸如键盘、温度、压力传感器、液面传感器、流量、光检测器等等，还有自动打字机或显示屏幕、电动机、阀门、螺旋管、发光显示和各种类型的调节器等等。

读者中的一部分人将深入计算机领域，并利用微型机组件与较大计算机、软盘机、磁带机、远程终端和其它计算机外部设备打交道。对其余人来说，微型机组件只是达到某种目的的手段。比如，我们需

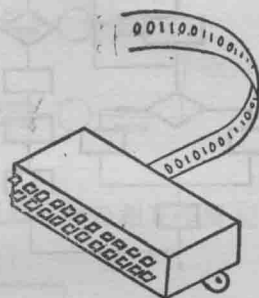


要用来完成基本任务的中间存储——即我们可能需要保存的数据就正好在那种便宜的小型组件内。

大多数人都知道，微型计算机需要一长串指令组合来处理任何有



效的工作。当然，人们真正需要的是微型计算机以某种方式理解这些指令，然后将它送入上述装置内，且要求尽可能简便无误，最后采用大家熟悉的术语，不用那些仅对微型计算机本身方便的奇怪编码。



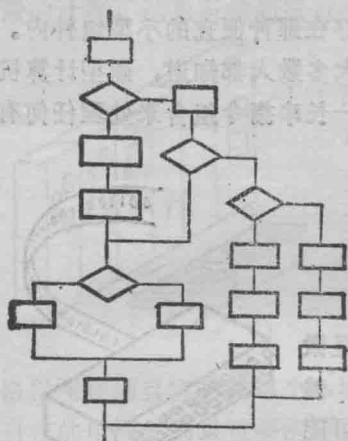
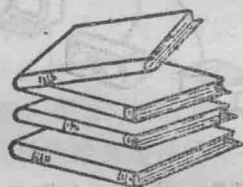
一般的微型计算机还装有许多元件和小巧的印刷电路板，另外还需要单独的（而且是较贵的）电源。我们还看到该系统的核心，即称为微处理器的小芯片，实际上封装在一个很小的组件内。此芯片的体积为  $(\frac{1}{2} \times 2 \times \frac{1}{4})$  英寸。这些简单的微处理器到处都有销售，价格约为 5~20 美元（1984 年降至 3 美元——译者注）。

不幸的是微型计算机的程序设计仍然很费时间，价钱很贵，而且容易出差错。几乎用一种离我们的愿望较远的很奇怪的语言（在任何应用中）来实现。



在今后若干年内，要使微型计算机能够工作，一项复杂的任

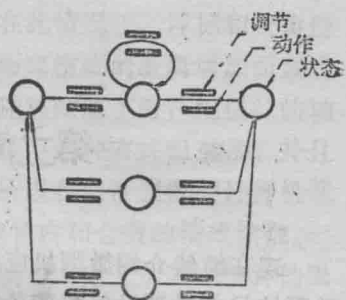
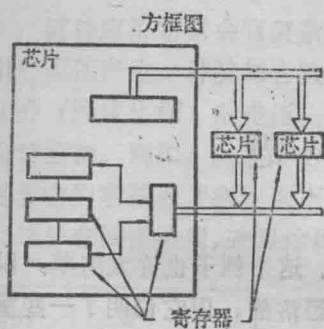
务是要求仔细选用电子元件，小心地组装和进行艰巨的程序设计与调试，



想利用当代微型计算机的工程师和设计者，如果他们不是在电气工程和小程序设计两方面具有一定经验的话，他们就面临一个主要问题：要打好概念基础，从而可以阅读和利用大量厂家提供的硬件资料 and 上百种软件开发技术方面的各种出版物。其中大部分著作都是很专门化的。会使偶然涉及这一领域的读者可能感到迷惑不解。而极少几本基础原理方面的书，不是用起来简单，就是读起来太复杂，或者还需要大家在课堂上下功夫学习。

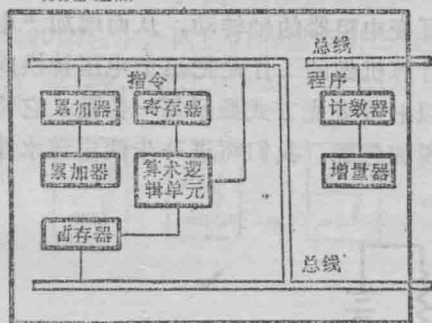
在这本书中，我们向读者介绍一些基本概念，使读者可以理解一些主要内容，并向读者介绍可供实际应用的方法。

下面先用方框图表示在“芯片”内外的不同元件之间电信号和信号的流向。特别是在我们叫做寄存器的器件内，它通常保存一个数或一些其它小的信息单位。利用状态图和“warnier-Orr”图（一种表示软件工作情况的，以发明者命名的图——译者注），将表明信息如何从寄存器到寄存器流动，如何处理和修改它们，而流程图将使程序指令更清晰明白。这些“软件”图将表示在用户所要求的各个层次上：从配合应用的顶层开始，往下到输入/输出层的操作；然后是微处理器与微型计算机中其它元件相互联系层；



再后是将要了解的微处理器内的寄存器和算术单元相互作用层。

微处理器

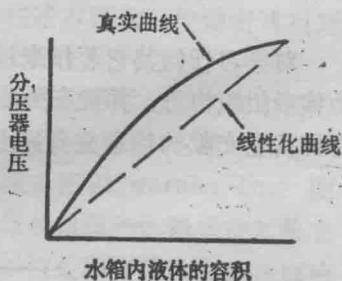
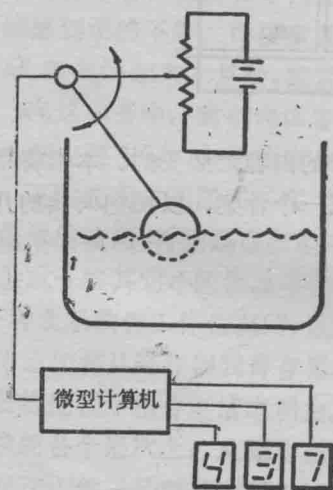


对学习任何其它著作来说，本书的内容是必要的。本书将帮助读者组织构思，并且在头脑中形成一个骨架，以便把阅读的几百种其它文献的信息充实进去。

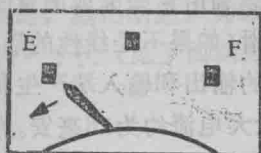
## 第二章 问 题

现在继续介绍微型机应用的例子。这个例子也许太简单，以致于按目前微型计算机的价格看是不经济的，但它说明了一些重要原理，并且很可能在今后会是足够经济的。

这个工作就是测量一个特殊水箱内液体的容量。水箱内有一个浮标，装在一根杆的一端，浮标随液面的高低而上下浮动。杆带动电位器或可变电阻器的轴转动，从而增加“电位计”滑臂上的电压。微型计算机做的工作是把这个电压转换成数字，读出装置上的读数，以七段发光方式显示每一位数。它将给出箱内液体的数量，比方说加仑数。我们将进一步假定该水箱内的容量恰好在100加仑以下。



这种应用常常会有复杂的问题。在此情况下，浮标和“电位计”不能产生一种随加仑数或者随液面离箱底的距离增加而直线上升（即成比例）的电压，因为当杆随液面落下时，电位计的轴愈转愈快。例如，汽车中的油量表就是用这种方式组装的，并且随着它们愈接近“空”而下降愈快。所以我们希望微型计算机能作这种非线性补偿，并且给出精确反映箱内加仑数的输出读数。



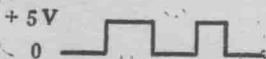
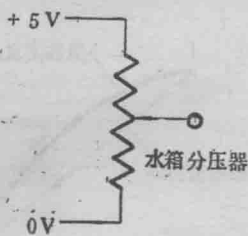
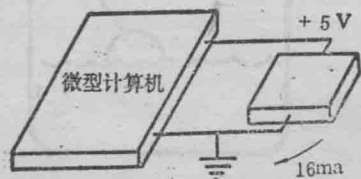
测量精度必定受所用电位计的限制：尽管有些测量精度达到0.1%，但当考虑了全部影响（包括随时间的磨损）时，则将只能实现0.5%即1/200的测量精度。

如果水箱容100加仑水，则我们希望读出三位数字，在从0到99.5加仑范围内，以每0.5加仑为单位。



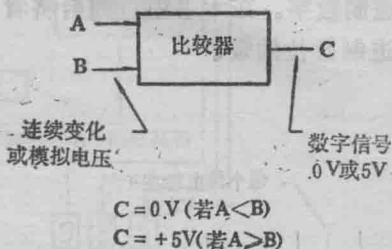
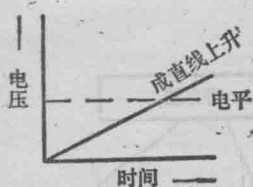
### 第三章 分析求解法

因为微型计算机成本很低，所以我们想利用它来完成测量任务。但我们测量的是一种从零到几伏的平滑(如果不是线性的话)变化的电压。大多数微型计算机能够在它的输出和输入端产生和接受0或5伏的电压，每一条引出线上的最大电流约为16毫安。为了适合一般应用，我们选择一种电压变化范围在0到5伏之间的电位计。要记住的是，虽然我们说微型计算机可以产生和接收0伏或5伏的电压，但它们是数字信号，并且假定不取0和5伏之间的值。(数字信号，有时叫逻辑信号或逻辑电平，电压的变化与接到每个电路上的负载大小有关。例如，+5伏信号，可能降低到2伏，但还认为是“接通”的，而0伏信号可能上升高达0.8伏，也认为还是“断开”的。因此，常常把这种信号简称为“高”和“低”。但是为了清楚起见，我们将继续称它们为“5伏”和“0伏”)。

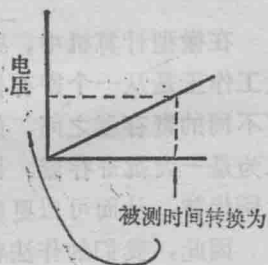
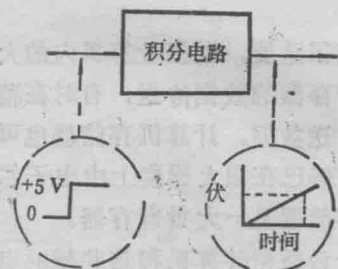


所以需要一种方法将平滑变化的信号（如电位计电压）转换为只有那两种状态下存在的信号，但所含信息不变。

将变化电平转换为通-断信号的时间关系法是，利用等斜率上升电压或平稳上升电压，将此电压与未知电压比较，当前者刚超过后者时，接通输出电路。用比较电路可以完成该工作的一部分，它可以比较两个电压（A 和 B），并且产生输出。当 A 小于 B 时，输出断路，为 0 伏；当 A 大于或等于 B 时，输出接通，为 +5 伏（见下面两图）。



用积分电路可以产生等斜率上升电压，该电路输入信号可能是一组电压（如 +5 伏），并且依照输入电压的大小和接通时间的长短产生输出。换句话说，它又产生一种线性上升电压：即电压与时间关系图是一条直线。

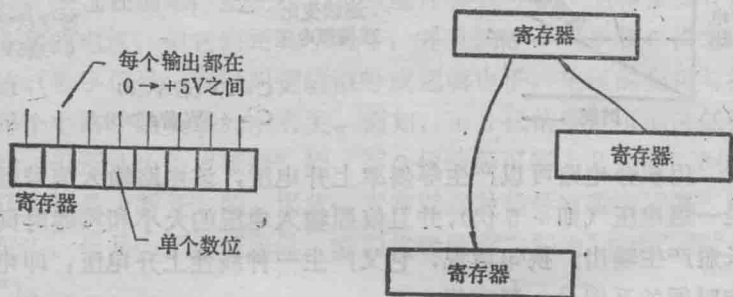


当然，当比较器发出信号，表明逐渐增加的等斜率上升电压刚超过电位计的电压时，必须确定那时的等斜率上升电压。由于



该斜波随时间很平稳地上升，因此，通过测量自开始点以后的时间，就可以求出与电压成比例的一个合适的数字。所以微型计算机将要完成的功能之一是一种时钟的作用。

通过在微型计算机内保存一个数字，并且在规定的时间内，将其加1，便可获得这种时钟功能。数字可保存在“寄存器”内，它是一排电路，每一电路都有一个输出端，它可以是接通(on)，也可以是断开(off)(即+5伏或0伏)。因此，寄存器可以保存任何数字，这些数字首先转换为一排ON/OFF，即一排二进制数字。在本书中，随后将看到，有多种方法表示作为一排二进制数位的数。



在微型计算机中，寄存器的概念很重要，微型计算机内的大量工作正是从一个寄存器到另一个寄存器的数据传送，有时在稍有不同的寄存器之间。但仍然仅是传送数据。计算机存储器也可认为是一大批寄存器。目前磁芯存储器已在很大程度上由电子芯片所代替，从而可以更确切地说：存储器是一大批寄存器。

因此，我们的作法将是，要有一台微型计算机和这些辅助电路，产生一种平稳上升电压，而在微型计算机的寄存器内，保持对时间或电压数字的跟踪。在比较器内，将外部提供的线性上升电压与电位计上的电压进行比较，当微型计算机的电压刚好超过