

微处理机在测试仪表中 应 用 入 门

[荷兰]飞利浦公司科学与工业设备部 编

曹桂苏 张文祺 编译

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书是根据荷兰飞利浦公司科学与工业设备部1978年编写的培训教材 *Introduction to Micro-Processors and Their Use in T & M Instruments* 及该公司的其它资料编译的。

本书共三章,第一章介绍微型计算机硬件和软件的基本知识;第二章介绍微处理机的应用实例;第三章介绍了Intel 8080指令系统。

书中以 Intel 8080 微处理机为实例,对微处理机的基本概念及应用作了较简明的阐述,图文并茂,便于读者掌握。

本书可供从事微型计算机应用工作的科技人员参考、使用,亦可供大专及中专院校师生参考。

微处理机在测试仪表中应用入门

(荷兰)飞利浦公司科学与工业设备部 编

曹桂苏 张文祺 编译

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 5 3/4 字数 150 千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数00,001~14,000册

统一书号: 15062·3969 定价0.75元

前 言

向计算机输入它能够理解的正确信息，它就能计算复杂的题目，但计算机并不会自己思考问题。计算机所能完成的计算任务，没有一项是人不能完成的，只不过有些计算任务，由人来完成可能需要花上半辈子的时间。简单地说，计算机就是一种特别快速的计算机器。

为了可靠和方便，计算机的电路只限于用二进制计数。如果手算，我们会发现用二进制比用十进制要慢得多。然而，计算机却能够高速选择电子元件的通/断状态来表示两个数字，其速度可高达每秒选择数百万个通/断状态。计算机几个小时完成的一系列算术运算，若由人用常规方法来进行，则需要花费好多年的时间。

研究一下计算机的基本原理，就可看出计算机实质上就是一个简单的计数和存贮装置。计算机之所以高度复杂，是由于它需要用大量的双稳态电路来完成它所承担的繁杂计算任务。

有关计算机的参考文献都谈到了微型计算机。给计算机这个词增加一个前缀——“微型”，是为了表示“特别小”的意思。用一片或几片集成电路就能构成一台完整的计算机——一台价廉的微型计算机。因此，微型计算机已在各个领域中得到日益广泛的应用。

目 录

第一章 微型计算机	1
第一节 模拟量的数字表示法	1
第二节 各种数制表示的数	2
第三节 数字系统的局限性	6
第四节 处理数据字的基本单元	7
一、寄存器	7
二、存贮器	7
三、数据字的传送	8
四、数据流的控制	8
五、数据字的处理	10
第五节 计算机	11
第六节 程序	12
第七节 指令	14
一、指令周期	14
二、指令的执行	16
三、寻址	17
第八节 输入/输出 (I/O)	19
第九节 微型计算机系统举例	20
一、8080A微型计算机系统说明	20
二、指令的执行过程举例	23
第十节 程序设计	37
一、指令顺序	37
二、操作数寻址	45
第十一节 程序编码	49
第十二节 加热器控制程序的实例	57
第十三节 存贮器	64
第十四节 输入/输出和外部设备	76
一、送往(或取自) I/O设备的传送方式	79
二、多路输入/输出	83

第十五节 直接存储器存取 (DMA)	86
第十六节 堆栈	89
第十七节 向量中断	93
第十八节 系统软件	98
一、语言翻译程序	98
二、编辑程序	100
三、装入程序	101
四、调试程序	101
五、监督程序	102
第二章 微处理机在测试仪表中应用的实例	105
第一节 数字电压表	105
一、ADC控制	105
二、控制输入与输出	106
三、显示扫描	106
四、自动校正零点	106
五、自动校准	107
六、信号处理	107
七、特殊应用	107
八、平均值	107
九、自动检验	107
第二节 计数器/定时器	108
一、操作方式的优点	108
二、新的用途	110
第三节 示波器	111
第四节 逻辑分析器	113
第五节 微型计算机控制配料系统	126
第六节 X射线光谱仪	132
第三章 8080 指令系统	137

第一章 微型计算机

第一节 模拟量的数字表示法

首先，必须考虑到我们是在讨论一种电子设备，因此为了进行计算，必须以计算机能够理解的形式向它输送信息。这种需要把信息从一种形式处理成另一种形式的作法并不新鲜，例如，在机械领域里，货币可以用弹簧秤来称量；其总数可用重量或者金额表示。货币总数的重量，就是货币的模拟值。在电测方面，一个容器中的物品可以用测压元件来测量，由测压元件给出总重量的电压模拟值。这个表示值可以用按照电压、公斤、升、甚至物品售价标定的刻度来指示。

在上述两例中，用数字表示模拟值只不过是达到目的的手段，因而它是次要的。

在电子学的模拟量领域中，我们已熟悉这样一些信号：它们经过复杂电子线路的处理后，便产生出满足某些要求的新信号。这种信号处理并不是新技术，有许多把几个模拟信号相乘以产生一个合成信号的常见实例，图1-1-1所示就是一例。

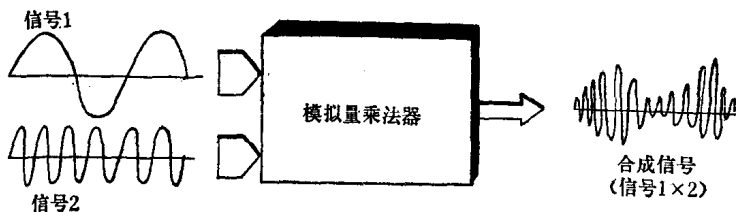


图 1-1-1 模拟量信号的处理

在数字量领域中，信号在处理、存贮或显示的整个过程中，都被看作是离散的数字序列。就像对模拟量信号的处理一样，也

可以对一些数字进行组合和处理，以得到按照要求时序排列的一系列新的数字。

模拟量信号也可以用数字表示。这时，信号波形就失去了它的图象特征，而变成了一些“死”的数字，如图1-1-2所示。

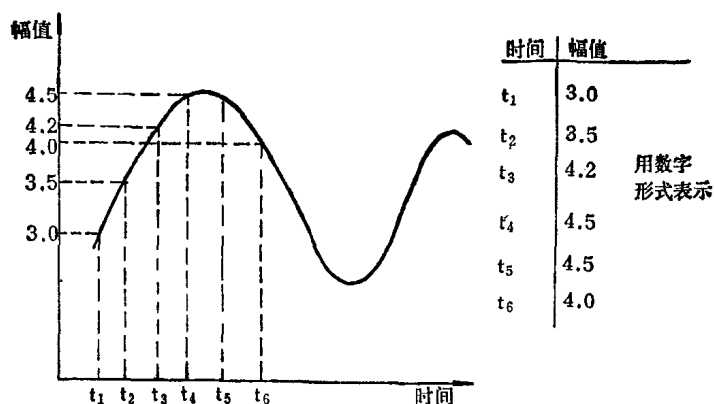


图 1-1-2 模拟量信号的数字表示法

采用数字信号比采用模拟量信号优越，这主要是因为数字容易存贮，不会衰减，而且同常用的数字表一样，在读取数字显示时不会产生人为误差；而存贮在电容器中的模拟量信号就有可能漏泄掉或受电压波动的影响。

因此，数字信号的可靠性，使它比“易于消失”的模拟量信号更有可能采用比较先进的“数字处理”技术。

第二节 各种数制表示的数

“10”这个数字并没有什么神秘，一想就可以明白，它也和“8”“2”一样，只不过是一个整数数码而已。假如我们每只手只有四个指头，那么就可能用八进制而不用十进制来计数。在计算机时代，八进制计数也就可能更为可取。

我们早就习惯于采用十进制计数制，这个计数制使用数字1~9构成全部整数，而第十个数字“0”是零的符号。在十进

位计数制中，109表示一百加上零个“10”，再加上“9”。数字的相对位置使我们能够区别百位、十位及个位。哪一位没有数字，就用符号0来填补。遗憾的是没有一种具有十个稳态的简单可靠的电子线路可以用来表示数0~9。

大多数的数字计算机是二进制机器，这并不是偶然的。因为利用电子线路按二进制进行数的存贮和处理要容易得多。双稳态触发器的动作快而可靠，而且只有两个稳定状态，即0与1。这样0与1这两个字符就成为二进位计数制中仅有的两个数字。

0或1称为一位二进制数或二进制位。实际上，0或1可以用电线中的电流方向、磁心的磁化或非磁化状态来表示，也可用开关或触发器的通/断状态来表示。

一个数用二进制表示比用十进制表示需要的位数更多，所以，看起来在手算时还要继续使用十进制。例如，表示109这个数，在十进制中需要三位，而在二进制中则需要七位，即：

1101101 代表 $1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 109_{10}$ 。

在这种情况下，一组二进制位就称为一个数据字(或字)。作为一种特例，一组八个二进制位称为一个字节。计算机只是把一个字节作为八个电信号或逻辑电平来接受的。一个字节可以是正规的二进制模式或者是二进制编码的数。

为了简化二进制数的表示法，常常把数据字分成几个四位的字段。从表1-1可以看到4个二进制位有十六种组合。使用字母数字符号，可以制订出4位二进制数或二进制模式的简写方法。这种方法叫做十六进制计数法，见表1-1所示。

在图1-2-1中，十进制数109表示成一个二进制的8位字，并按照十六进制用字符6D来表示它的两个4位字段。

在检测仪器方面，我们的课题往往是开始时使用十进制；然后由计算机用二进制进行处理；最后再转换成十进制。在打印速度是重要因素的特殊用途中，通常使用一种兼顾二进制和十进制的组合代码，这种组合代码叫做二-十进制编码（BCD码）。这

种二-十进制编码，把每一位十进制数直接转换成一个4位的二进制模式。下面图1-2-2所示的就是用BCD码表示的十进制数109（在前面图1-2-1中用十六进制表示）。

表 1-1 十六进制计数法

组 合	二 进 制 代 码	十 六 进 制 代 码
0	0 0 0 0	0
1	0 0 0 1	1
2	0 0 1 0	2
3	0 0 1 1	3
4	0 1 0 0	4
5	0 1 0 1	5
6	0 1 1 0	6
7	0 1 1 1	7
8	1 0 0 0	8
9	1 0 0 1	9
10	1 0 1 0	A
11	1 0 1 1	B
12	1 1 0 0	C
13	1 1 0 1	D
14	1 1 1 0	E
15	1 1 1 1	F

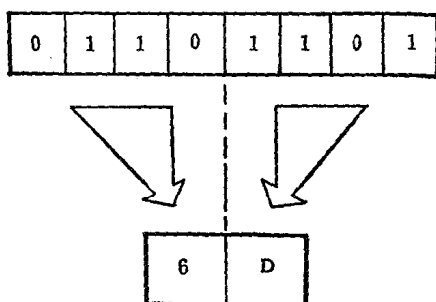


图 1-2-1 二进制字的十六进制表示法

在BCD编码中，一个12位的字可以表示0~999中任一个十进制数。

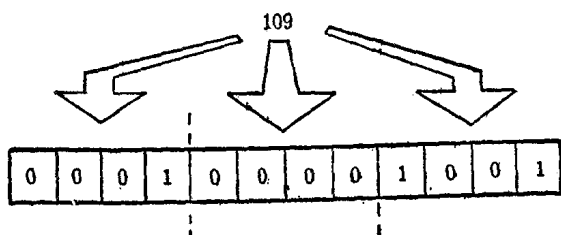


图 1-2-2 十进制数的BCD码表示法

在十六进制编码中，同样一个12位的字可以表示十六进制数0~FFF，即相当于十进制数0~4095。所以，在可行的情况下，使用十六进制编码是比较经济的。

数字技术工程师与程序人员还广泛使用八进制，因为八进制容易转换成二进制。与一长串1与0的二进制编码相比，八进制数比较容易处理。八进制计数制的基数是8，也就是说，它使用了8个符号，即0，1，2，3，4，5，6，7。

八进制和二进制的转换关系如下：

八进制	二进制
0	0 0 0
1	0 0 1
2	0 1 0
3	0 1 1
4	1 0 0
5	1 0 1
6	1 1 0
7	1 1 1

用二进制码01101101表示的十进制数109，可以按图1-2-3所

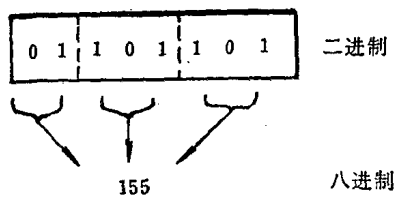


图 1-2-3 二进制数转换成八进制数

示的方式转换成八进制数。

第三节 数字系统的局限性

虽然在信号的存贮与表示方面，数字系统与模拟系统相比，具有一定的优越性，然而它也有些不足之处。

由于大部分需要测量或分析的物理参数或电参数都是模拟量形式的，因而需要有一种转换器，把模拟量数据变成适合用数字系统进行处理的形式。这样的转换器称为模—数转换器(ADC)。

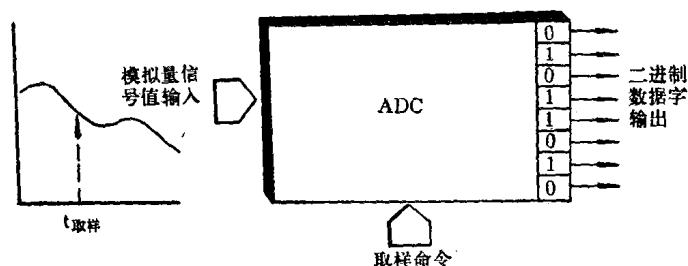


图 1-3-1 模—数转换器



图 1-3-2 并行及串行的数据传送

模拟量信号可以在两个极限值（如 ± 15 伏）之间取任意个瞬

时值，但以数字形式表示这些信号，则位数必然是有限的。显而易见，在中间值经四舍五入而成为近似有效数字时，就要出现某些微小的误差。

在数据字的传送方面，还有另一个缺点，即一个模拟量信号可以用一条线路传送，而数据字却需要用和字的位数一样多的线路来传送。例如，一个字节就需要用 8 位数据通道来传送。

8 位数字也可以在一条线路上串行传送。然而，这样一来就大大降低了传送速度，并且还需要用辅助电路把并行（串行）数据字转换成串行（并行）数据字，或者相反。

第四节 处理数据字的基本单元

研究一下手算方法，就可以发现，为了得到正确答案，必须进行某些基本操作。首先，要把计算的数据“存贮”或“寄存”在一张纸上；在计算过程中，可以把后来要用的其它数字也草记下来；然后，对纸上这些数字进行核对和排列，以便在计算需要时能把它们找出来；最后，再把数据按适当的形式组织起来，以完成计算过程。

计算机的基本单元也是以类似的方式来处理数据字的。现将存贮数据字的寄存器或存贮器、数据字的传送及控制单元、数据字的处理单元，简要叙述于后。

一、寄存器

为了存贮一个数据字，我们使用了寄存器（即一组触发器）。这个寄存器可以根据单个时钟脉冲的命令，把出现在输入线上的数据字存贮起来。在新的时钟脉冲把一个新的位组合格式（即数据字）输入到寄存器之前，输出线一直保持不变。

二、存贮器

在需要把多个数据字存贮起来以备将来使用时，就把它它们存到存贮器中去。一个存贮器就是一组寄存器。存贮器中的每一个寄存器，就叫做存贮器的一个存贮单元。可以根据“写”脉冲的命令，把一个数据字“写入”存贮器的一个存贮单元中去；或者

根据“读”脉冲的命令，把数据字从存贮器中“读出”。

为了指明要写入或读出的一个数据字的位置，必须给存贮器提供一个地址和“写”或“读”脉冲。

地址就是存贮器中存贮单元的号码。它也像其它数码一样，以二进制字的形式送入存贮器。存贮器的基本操作，如图 1-4-2 所示。

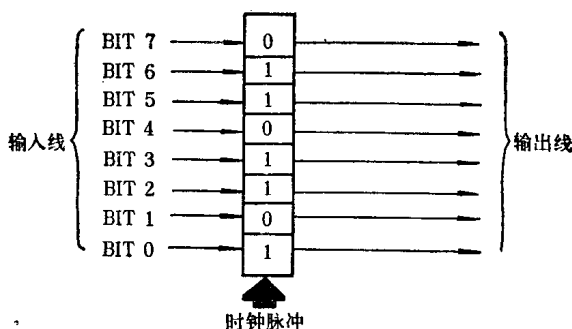


图 1-4-1 寄存器

三、数据字的传送

如果几个电路需要使用同一些数据字(相互传送数据)，则这些电路之间必须要有数据通路。每一对电路之间都配置一条数据通路是很不经济的。如图 1-4-3 所示的简单网络，就需要很多导线。

与上述相反，使用一条称为“数据总线”的数据通路就比较简单。这条总线是所有电路的公用通路。这种采用总线进行数据传送的方法，如图 1-4-4 所示。通常的安排是使数据可以沿着总线向两个方向传送。

四、数据流的控制

使用公用总线，意味着在同一时间内只有两个电路可以相互传送数据，所以，对究竟允许哪两个电路在给定时间内进行数据传送，必须进行某些控制。为此，特地把定时电路与控制电路连接到数据总线上。

还有两条总线（即地址总线和控制总线）和数据总线一起使

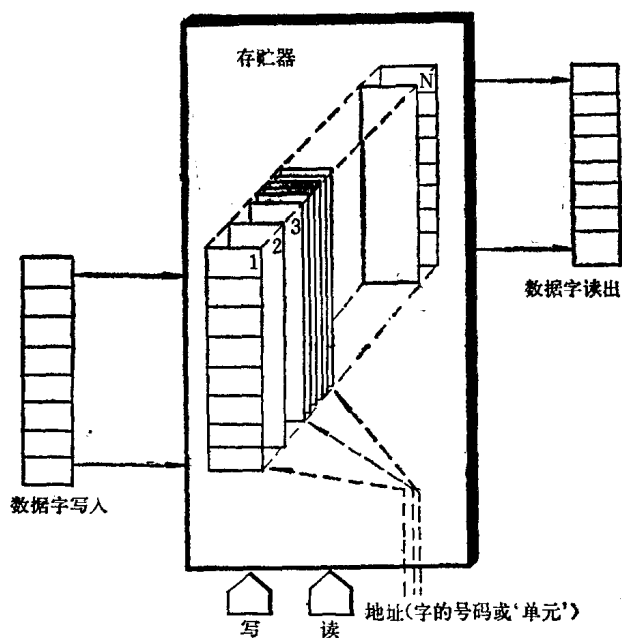


图 1-4-2 存储器

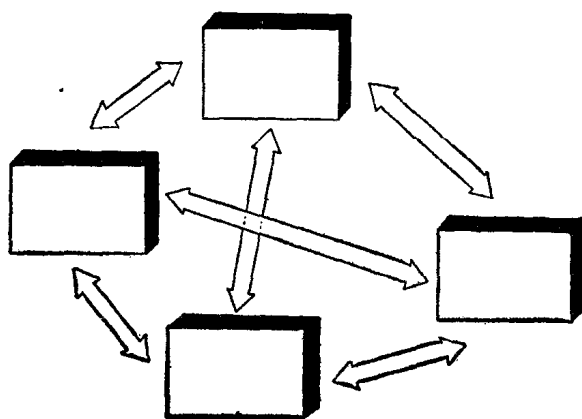


图 1-4-3 数据传送网络

用。地址总线随时指明,要把数据总线上的数据字传送给哪一个特定的电路。和数据总线相连接的每一个电路,都有一个唯一的装

置号码，对于有多个存贮单元的存贮器，也都规定了一系列的特有地址。控制总线控制着数据总线上的数据传送之准确定时及数据流的方向（存贮器读、写脉冲的方向）。完整的总线系统，如图1-4-5所示。

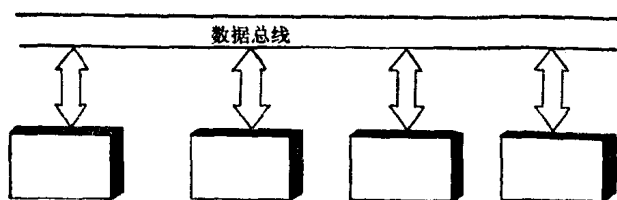


图 1-4-4 总线方式的数据传送

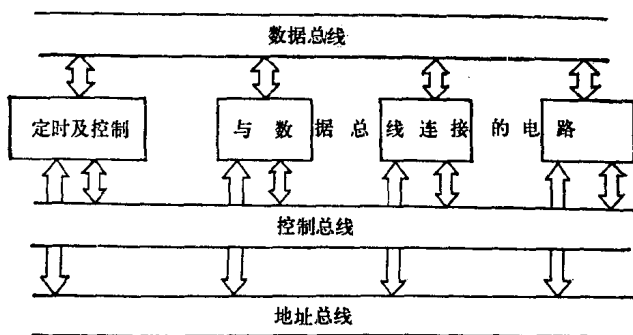


图 1-4-5 完整的总线系统

五、数据字的处理

正象可以把几个模拟量信号用调制器调制成新的信号那样，也可以把几个数字组合成更适合于进一步处理的新数字。组合数据字的电路称为算术与逻辑运算部件（ALU）。这个部件可用来实现基本算术运算和某些逻辑与比较运算。ALU 操作的方框图，见图1-4-6所示。

在ALU中一般只能执行很简单的算术与逻辑运算，例如：两个数据字相加；两个数据字相减；把数据字按位进行组合（与，或，或非）；对一个输入数据字的位组合格式进行移位。

乘法运算过程很少作为标准运算过程，它一般都是由一系列

的基本加法运算来实现的。

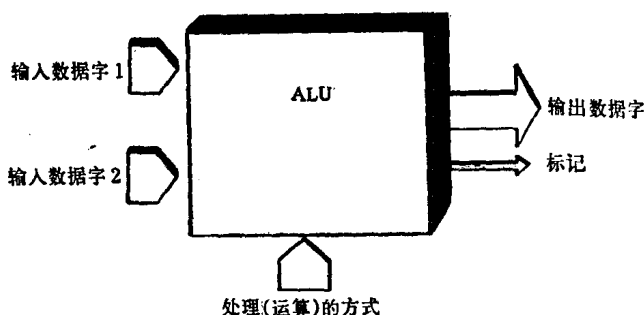


图 1-4-6 算术与逻辑运算部件

往往需要知道一次算术运算的结果是否是一个特殊值，例如是否为零，或者输出数据字是否太小，容纳不下运算结果（溢出）。算术与逻辑运算部件有一些标志位，用来标示这些异常情况。每个标志位都有自己的含意，ALU 的标志位的组合，就叫做 ALU 的状态寄存器。

第五节 计 算 机

了解了如何用基本电路部件来处理数据字之后，我们就可以研究总图了。有了可供使用的若干个寄存器、一个存贮器、一组数据总线、一组控制总线、一组地址总线、一个数据总线控制器以及一个 ALU，就具备了计算机的基本电路。如果把这些电路组成单个的集成电路(IC)，我们就称它为微型计算机；如果集成电路(IC)中没有（或只有有限的）存贮器（只有若干个寄存器），我们就称它为微处理器。

微型计算机的总线不仅在集成电路内部，而且还延伸到“外界”，如图1-5-1所示。在集成电路外部，可以将更多的存贮器和外部设备接到总线上。这些外部设备可以包括数字式仪表、显示装置、电传打字机、软磁盘、打印机和盒式磁带等。

微型计算机与其外部设备一起构成计算机系统的硬件。为了用计算机系统的硬件来执行有意义的操作，必须十分详细地规定

对某个特定数据字（取自哪个地址）在某一时刻（按什么顺序）进行什么运算；而且还必须规定运算结果应该存到哪里（存入哪个地址）。这种规定计算机内部必要动作的过程，就叫做计算机的程序设计（计算机的软件）。

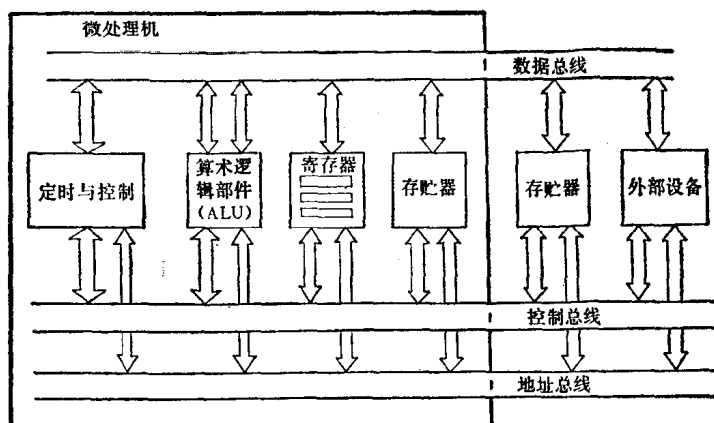


图 1-5-1 微型计算机及其外部设备

第六节 程 序

让我们看一个实际问题的例子，即用加热器把室温(TEMP)与其设定值(TSET)之差控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的范围以内。我们可以为这个问题设计一段简单的程序。当 $\text{TEMP} < \text{TSET} - 1$ 时，就接通加热器；而当 $\text{TEMP} > \text{TSET} + 1$ 时，就断开加热器。可以用数字式温度计来提供以二进制表示的室温设定值与室温实际值。室温在设定值附近变化和加热器接通、断开的图形，如图1-6-1所示。微型计算机的配置见图1-6-2。

一般地说，这个问题的计算机程序可以表示如下：

(1) 读设定值，

(2) 计算温度的上限与下限 TMAX、TMIN，