

第一章 电子计算机的应用与自动控制

第一节 计算机的广泛应用

电子计算机简称计算机，是现代科学技术的一项卓越成就，是二十世纪技术革命的一个重要标志，它已经渗透到国民经济和日常生活的各个领域，推动了社会的发展。概括起来，计算机的应用主要有数值计算、数据处理、自动控制和人工智能等方面。

应用计算机进行数值计算的例子是很多的。在计算机出现以前，人们虽然从理论上找到了解决某些问题的计算公式，然而，由于计算太繁杂，实际上无法应用。例如，人们早就知道可以用一组方程来推算天气的变化，但是，用这种公式预报24小时以内的天气，如果由一个人手工计算，将需要几十年，这显然失去了预报的意义。而用一台小型计算机，只需十分钟就能算出一个地区三天以内的天气预报。又如，1965年我国在世界上第一次合成人工胰岛素，以后又测定了胰岛素的分子结构，也是利用计算机对实验数据进行理论上的数值计算才得以完成的。

所谓数据处理就是数据综合分析，是指对科学研究、生产实践、经济活动、甚至日常生活领域中所获得的大量数据，按不同的要求进行各种加工，包括搜集、转换、分类、

组织、计值、存储、维护等等，有的还需绘制数据分布曲线或印出报表。这些处理一般不涉及复杂的数学问题，但是数据量大，时间要求紧迫，只有用计算机才能很快地完成。例如我国第三次人口普查就是使用计算机进行汇总的。如果单靠手工汇总，则需要几十年的时间。在各种管理方面，也都需要使用计算机进行数据处理。

计算机在工业方面最先用于流程控制。例如，一座乙烯合成氨厂有几百个控制阀门和上千个变量需要测量和控制，参数变化从几秒钟到几小时，如果采用人工控制，是很难实现生产过程自动化的。七十年代的一台带钢热轧机，采用计算机控制后，产量提高了一百倍，而且质量显著提高。现在，计算机自动控制不仅广泛地应用于生产过程，而且应用于交通运输、国防建设等各方面。例如，用计算机控制并调度汽车、飞机，可以大大减少意外事故；装有计算机的导弹能自动跟踪目标，选择最佳起爆点……

人工智能主要是用计算机来模拟人的某些智力活动。这方面的研究和应用虽然才刚刚开始，但在机器人、医疗诊断专家系统、定理证明、语言翻译等方面，已经有了较显著的成效。

以上介绍的仅是计算机应用的几个主要方面。随着计算机技术的发展，计算机的应用领域仍在不断扩展，可以说，明天将是计算机的世界。

近年来，微型计算机的发展很快。高档微型机的功能可与小型计算机媲美。微型机还具有体积小、灵活性大、价格便宜等优点，因此，微型机不仅可用于生产、交通、军事，还可进入办公室甚至家庭。在信息社会里，计算机是人们获取信息、处理信息的常用工具。将来，计算机特别是微型机

将会象钢笔、电话一样与每个人打交道。所以，学会使用和应用计算机是现代社会对每一个人提出的要求。

第二节 计算机自动控制

计算机自动控制是一个和国民经济、人民生活密切相关且极有潜力的应用领域，因此，了解计算机自动控制的原理和过程是有必要的。

工业生产上的自动控制，早在电子计算机出现之前就已实现了。早期的自动化采用机械、电力或液压传动等方式，在一定程度上解决了单机和单一生产线的自动化问题，但是随着机器运转和生产过程速度的不断提高，已经满足不了实际的需要。计算机应用于自动控制体系，使自动化的程度提到一个新的高度。

按照生产工艺过程的特点，生产过程的自动控制可分为连续性和非连续性两大类。

关于非连续性生产，下面以自动机床为例加以说明。

在计算机出现以前，自动机床进行自动控制的主要部件是靠模拟装置或仿形装置。按要加工的形状做成模子，用刀具照模子来加工，仅适用于大批量生产同一种形状的工件。

为了提高机床的自动化程度，人们后来采用了程序控制，就是按照加工的要求编制好刀具运动的步骤，把步骤记在穿孔纸带、穿孔卡片、插销板或磁带上，加工时按照事先规定的步骤发出各种电信号，通过继电器等机电控制装置，传给相应的执行机构，让刀具按步骤自动切削。这一控制原理和电子计算机控制类似。这种程序控制一般采用数字、数据形式，所以这种机床也叫数控机床。

应用计算机作控制装置的数控机床，在加工工件以前，只要给出加工表面的一些关键点的坐标位置以及加工表面几何外形的数学公式，根据这些编制出加工程序，将加工程序输入到计算机内，计算机就能自动地算出刀具的运动轨迹，控制刀具运动。应用计算机的数控机床适应性强，中、小批生产也完全适用。一台计算机可同时控制几台甚至几十台数控机床。它能提高加工精度、确保质量、减轻劳动强度、提高劳动效率。

关于连续性生产，下面以化工产品的生产为例加以说明。

在化工生产中，原料连续不断地送入进料口，通过管道流经一系列工艺设备，最后制成产品，又连续不断地从出料口送出来。其工艺过程与温度、压力、流量、液位、化学成份等理化参数有关。对这一类连续性生产过程实现自动控制，需要自动调节这些物理、化学参数，使生产过程处于最佳状态，实现最佳控制。

应用计算机实现最佳控制，首先要随时掌握实际生产过程中上述理化参数的具体数据，把它们的变化通过变送器转换成电流、电压等电量的变化，这种连续变化的电量叫做理化参数的模拟量。再把这些模拟量通过模拟/数字（即A/D）转换器转换成数字，输入计算机。

要计算机能够判断这些数据是否符合最佳控制，还应先建立影响生产过程的各种参数变化的数学模型，即把生产过程中各种参数之间的关系以及这些参数对产量、质量、原材料消耗等的影响，用数学方式定量地描述出来，然后通过反复地试验分析，确定最佳控制所要求的各种条件，作为电子计算机进行最佳控制的依据。计算机根据每次输入的实测数

据，经过计算、分析，确定应采取怎样的调整步骤，然后发出电信号，通知执行机构进行实际调整。

计算机输出的结果是数字，因此，还要通过数字／模拟（即 D/A）转换器转换成电量，再由变送器把电量改变成各种参数量，从而控制生产过程。

上面介绍的控制化工产品的生产过程是由计算机自动接受生产过程中测量的各种数据，计算出控制方案，再返回直接指挥控制部件，通过执行机构去控制生产过程，从而构成一个闭合环路。这种控制系统叫做“闭环控制”。在闭环控制中，操作人员对整个自动控制系统只是给出控制要求，监督系统正常工作，并不直接参与控制，因此，这是一种自动化程度较高的控制方式，属于全自动控制。

在控制系统中，如果计算机仅接受生产过程的测量数据，计算出控制方案，提供给操作人员参考，然后由操作人员决定控制方案，完成控制动作；或者先由操作人员输入测量数据，计算机仅按操作人员的要求去计算出控制方案，控制生产过程，那么，在整个控制系统中起码有一个环节是敞开的，这种控制系统叫做“开环控制”。开环控制系统需要操作人员直接参与，属于半自动控制。

不论是哪一类控制系统，都是应用计算机与其它机器、设备、仪器相联结，对它们的工作实施控制。

第三节 计算机的控制机能

计算机之所以能应用于自动控制，并使自动控制提到一个新的高度，主要是因为它具有一般机器所没有的特点，这就是它的“记忆”能力和判断能力。

计算机能将有用的信息存储起来,需要时再取出来用,就象人类平时把所得到的许多印象记在脑子里,需要时重现出来一样。计算机“记忆”的存储量非常大。一台小型计算机的内存储器可存放几万个数据,外存储器可存放上百万个数据。现代大型计算机的“记忆”能力更是惊人。

计算机里设计有一定的电路。通过类似数值计算的一定运算程序,根据不同的数据和条件,作出判断。判断是人类思考的基本部分,平时我们说的“辨别是非”就是一种判断。计算机靠电路对“开”和“关”作出的两种不同的反应,来决定下一步该怎么办,这就是计算机的判断。虽然这是一种简单的判断,但是综合众多的这样的判断,可以作出十分复杂的判断。就象钢琴上的每个键虽然只能发出一个单音,但是演奏家却能根据乐谱在这样的钢琴上弹奏出千百种优美动听的乐曲一样。

从前面介绍的计算机自动控制原理可以看出,计算机所具有的“记忆”能力和判断能力是它具有控制机能的基础。

实现自动化的重要手段是及时地搜集检测数据,按最佳值进行自动控制或自动调节控制对象,这就是所谓的“实时控制”。计算机之所以能进行实时控制,除了因为它具有“记忆”和判断能力之外,还因为它里面有一个电子时钟。这时钟是由电子逻辑线路构成的,比日常生活中的钟表精确几十倍。计算机还能发出电信号,就是一串串瞬时变化的电流和电压的脉冲。为了控制整个系统的“步伐”,衡量脉冲的变化,计算机里还有一个脉冲发生器,这样便可在固定间隔时间里发出脉冲,从而有了计时的基础。计算机实时控制就是先将计算机的时钟与当地标准时间取得一致,然后根据实际需要来实现对各种仪器设备的控制过程。

自动控制还要求机器具有可靠性，计算机可以满足这一要求。由于计算机技术的发展，特别是集成电路、大规模集成电路的出现，现代计算机能够连续正常工作几千小时，甚至上万小时。如果用几台计算机并联工作，一台发生了故障，还可由其它几台继续工作。

计算机所具有的上述控制机能使它能有效地应用于自动控制，广泛地应用于各个领域。

本书所介绍的主要是微型机应用于自动控制和使用微型机等方面的实验和制作。动手完成这些应用实验和实用制作，不仅具有一定的实用价值，更重要的是为今后在计算机应用这一广阔天地里施展才能打下基础。

第二章 实验接口技术

本章介绍的是接口技术的基础知识，重点介绍本书验难中常用的APPLE-Ⅰ微型机的游戏I/O接口及其有关控制指令和使用方法。

第一节 微型机接口

和其它控制系统一样，在微型计算机控制系统中，计算机要按照原定要求去监视和控制外部设备（例如一台机床，一个炉子或其它机械设备），发出一系列相应的指令去指挥它的外部设备，使之按一定的要求动作。当系统发生故障或某些参数（如温度、压力等）超过预定指标时，它能及时发出报警信号，或停止外部设备的工作，这就是输出。这种输出可能是动作指令，它告诉外部设备应该如何动作；这种输出也可能是数据，它告诉外部设备动作的具体数量要求，如切削的深度、温度的高低、压力的大小等等。

在多数控制系统中，需要对控制对象和现场不断进行监视和测量。例如在温度控制系统中，首先要将测量到的温度送入计算机，并经软件判断其是否满足要求，然后发出相应的输出控制指令。这种测量和采集数据的过程就是微型机的输入。

在微型计算机系统中，信号的输入和输出常常是通过一种输入／输出接口电路（常简称为I/O接口）进行的。I/O接

口的任务就在于把微型机与外部设备联接起来，使它们能够正确地、协调地进行信息的交换。其基本过程如图2-1所示。

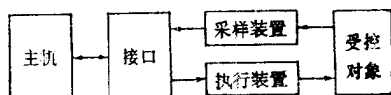


图 2-1 微型机控制的基本过程

在此过程中，当采集装置的性能指标能满足系统的要求时，I/O接口将是决定整个系统速度、精度及控制路数等主要功能的关键。由于各受控对象对系统提出的要求有所不同，常需要自己制作接口电路，在多数情况下，要求接口具有数据转换、地址选择、定时及模拟量和数字量之间的转换功能。接口的这些特点以及采样装置、执行装置等都将在以后的章节中逐步介绍。

第二节 APPLE-Ⅱ 微型机简介

由于APPLE-Ⅱ微型机及其国产兼容机具有优良的性能价格比，且有着丰富的硬件和软件，深受国内用户的欢迎，并已被国家有关部门列为中小学的教学用机，所以本书介绍的大部分实验都在APPLE-Ⅱ微型机上完成。本节将简要介绍APPLE-Ⅱ微型机。

一、APPLE-Ⅱ微型机系统概况

APPLE-Ⅱ微型机系统一般由主机、显示器、键盘、磁盘驱动器和打印机组成。它的最大特点是主机内有八个输入/输出插座（又称槽口）。通过插座，用户可以增加或减少

外部设备，灵活方便地选用不同的外部设备。

在APPLE- I 微型机及其兼容机的存储器中，有固化的监控程序和浮点 BASIC (APPLE SOFT BASIC)，开机后用户可以直接使用。另外还可以通过语言板或者通过语言系统软盘经磁盘驱动器输入，使主机进入整数BASIC 语言、APPLE LOGO 语言、APPLE FORTRAN 语言或 APPLE PASCAL语言等。

二、APPLE- I 微型机主机板简介

一个微型机系统的最主要部分是主机。主机一般包括微处理器、存储器、输入输出接口等三个部分。打开APPLE- I 主机的盒盖，即可见到主机板上的各部件（图2-2）。

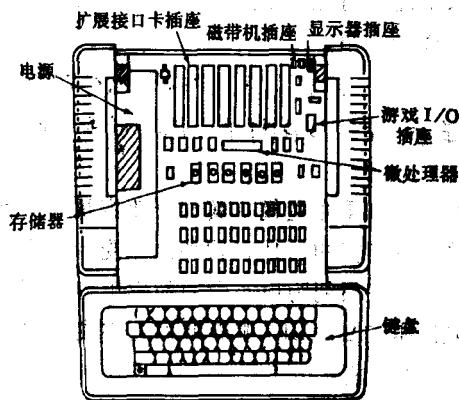


图 2-2 APPLE- II 主机

1. 微处理器：在主机板的后半部分中有一块最大的集成电路芯片，它是APPLE- I 微型机的核心——微处理器。微处理器也称微型中央处理器（MPU）。它具有运算和控

制的功能。

2. 存储器：存储器是微型机中存放数据、程序和各种信息的部件。它可分成两大类：只读存储器（ROM）和随机存取存储器（RAM）。

只读存储器在主机中位于微处理器的下方，是六块或三块较小的集成电路芯片。它的功能是存储用户不能改动的监控程序和解释程序等，有了这些程序，APPLE-Ⅰ才能正确地理解和执行键盘的命令。只读存储器的内容只允许读出，不允许用户改变，甚至在电源关断后，其中内容也不会消失。

随机存取存储器也称为读／写存储器，它在只读存储器的下方，由三排二十块十六脚的集成电路芯片组成。它的容量一般是48k字节（1k等于1024字节），另外还可以加一块16k字节的语言板，使总容量达到64k字节。随机存取存储器的功能是存储用户经常改变的数据和程序，这些程序就是微型机随时要执行的任务。也就是说，它所存储的内容不仅可读出而且可写入，这些内容当电源关断后会自动消失。

3. 电源：主机最左边的金属盒是电源部分。它提供了+5V、-5V、+12V和-12V四种直流电压。它是开关型稳压电源，具有多种保护性能，以保证输出电压的稳定。

4. 输入输出接口：输入输出接口是微处理器与外部设备进行信息交换的部件。输入输出接口简称I/O接口。

APPLE-Ⅰ微型机的八个输入输出扩展插座（又称槽口）位于主机板的最上方，每个插座有50个接点。在这些插座上可接入磁盘驱动器、打印机、汉字显示或其它扩充接口板。八个插座自左至右，依次编号为0，1，2，…，7，除了0号插座作为系统本身特别扩展外，其它的插座都可由用户随意使用。用于实际过程控制的一些专用或自制接口

卡，一般都可插在这些插座内。

键盘插座位于键盘下面，在主机板的最下部位。用户通过键盘把所需要输入的数据和程序送进微型机。显示器插座、磁带机插座和游戏控制器插座都位于主机板右侧上方。

这里将作详细介绍的是位于主机电路板右上方的那个不太引人注目的游戏控制器插座，它是一个十六脚双列式插座，旁边的电路板上标有英文字“GAME”（游戏）。在以后的实验中要经常用到这一输入输出接口。

我们知道，微型机控制一般离不开接口电路。采用电路复杂的成品接口或专用接口，固然能得到较多的功能、较高的精度以及较快的采样速度，但是这种接口电路成本高，一般中小学难以添置。另一方面，过于复杂的电子电路也并不适合于向青少年们作介绍。而刚才介绍的游戏接口实际上是一个很有用的现成接口。游戏接口多用于连接游戏操纵杆的微型机游戏。实际上该接口兼有开关量输入、开关量输出、模拟量输入等功能，是适合于微型机自动控制实验的接口。实验使用这样的接口，既不增加投资，又能充分挖掘APPLE-Ⅱ微型机的现有潜在功能。

由于本书以介绍实验内容为主，所以对APPLE-Ⅱ微型机只作有关方面的介绍，要详细了解该机的读者，可查阅有关专著和手册。

第三节 游戏接口及其有关知识

一、开关量和模拟量

日常生活中，人们广泛地使用开关，并应用开关原理。

例如锁、水库的闸门等等就用了开关原理。科学家们研制电子计算机也用到了开关原理。电子计算机，即使是微型机，也要用到成千上万只开关。使用一般的开关显然是不行的，而需要采用电子元件。开始是用电子管、晶体管，现在是用集成电路。这些器件都具有开关特点，即存在着两种状态：高电平或低电平，就象开关的“接通”和“断开”一样。用这样的元件构成的电路叫做开关电路，亦称逻辑电路。

早在十九世纪四十年代，英国数学家、逻辑学家布尔就提供了一个十分简单而又实用的理论工具——布尔代数或称开关代数。在开关代数中只考虑两个量 0 或者 1 以及三种运算，其运算定义如下：

1. “或”运算：“或”运算的数学表达式为

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

“或”运算的符号与普通加号一样，但是意义不同。用一句话概括“或”的意义就是：在“或”运算中，两个变量中只要有一个“1”，其结果就为 1。在日常生活中这种“或”的现象很多，例如，楼梯的照明灯，楼上楼下各有一只开关，只要有一个开关闭合（一个变量为 1），灯就会亮（结果为 1）。

2. “与”运算：“与”运算的数学表达式为

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

“与”运算的符号与普通乘号一样，但意义是不同的。通俗地讲，在“与”运算中，只有当两个变量同时为 1，其

结果才为 1。例如，一只保险箱有两把不同的钥匙，只有当两把钥匙同时开锁（全为 1 时），保险箱才能打开（结果为 1），否则就打不开（结果为 0）。

3. “非”运算：“非”运算的数学表达式为

$$\overline{0} = 1$$

$$\overline{1} = 0$$

这种运算是开关代数所特有的，因为在开关代数中只有两个量，不是 0 即为 1，或者不是 1 就是 0。

一个开关有两种状态，分别用 0 和 1 来表示，那么一只开关可表示一位二进制。若把 n 个开关排在一起，则可以表示 2^n 个不同的数，这样就构成了电子数字计算机中的数字，这种用 1 和 0 来表示的数字通常称为开关量。

开关量具有间断的特点，它能够被数字计算机所接受。而我们平时遇到的大部分物理量，如温度、压力、速度等都是连续变化的量。例如正在加热的室温逐渐上升；压力逐渐变小；傍晚外面逐渐暗下来。这些连续变化的量通常称为模拟量，它不能被数字计算机所接受，必须先通过模数转换（A/D）电路将模拟量转化为相应的数字量，再送入数字计算机。

二、软开关

在日常生活中，我们已经接触过不少开关，如电灯开关、电视机开关、遥控电扇开关等。当开启或关闭开关时，就能改变受控电器的状态，但是，在电子计算机出现之前，开关并没有“软”、“硬”之分。

自从电子计算机问世以后，由于深入研究这门学科的需要，把组成计算机的那些看得见、摸得着的装置，如主机、

显示器、打印机等称为硬件。

但是，如果只有硬件，电子计算机并不能工作，就象使用算盘计算时，如果没有运算法则和计算步骤算盘不能正常地发挥作用一样。要计算机顺利地运行并处理各种问题，必须给它编制各种程序。所谓程序，就是为解决某一具体问题而编写的一组指令串。为使用和维护计算机所编制的各种各样的程序，统称为计算机的软件。

在微型机控制中，经常需要开启或关闭多个开关，这些动作都是在程序的指挥下完成的，即这些开关都受软件的控制，因此，我们把这种开关称为“软开关”。相应地，我们把机械或电子开关称为“硬开关”。软开关的开关速度，抗干扰性以及防止开关抖动等都是自动控制领域中经常遇到的问题，需要我们根据不同的受控对象来编制程序，以得到最佳控制。

三、POKE和PEEK

在APPLE-Ⅱ微型机的应用中，怎样用程序来控制软开关呢？控制这些软开关的办法是用6502读写指令对相应的地址进行读写。

软开关的开关状态与内存单元的地址有关。要进入某种状态，就需对相应的内存单元进行访问。在编写一个BASIC程序过程中，可以定义一些变量名，如A、A\$、C1等，以此来处理数据和内存单元之间的联系，但并不了解这些字符所代表的是哪一个内存单元。也就是说，该内存单元的地址是不清楚的，不过一般不需要去了解它，因为BASIC编译程序会自动地安排数据的存放地址。然而，为了充分发挥计算机的效能，有时必须利用某些特定的内存单元，这就需要了

解它们的分配状况及其对应的地址。为了快速而有效地达到这个目的，需使用汇编语言，但也可用 BASIC 语言中某些命令或语句来把数据读写到指定的内存单元之中，这就是 POKE 和 PEEK 指令。其中 POKE 指令是将资料由计算机送至外部设备，PEEK 指令是将资料自外部设备送至计算机。这些指令须有一定的格式才能正常工作。

POKE 指令必须指明输出地址以及数据，该指令的格式为 POKE X, Y，其中 X 为十进制地址，Y 为十进制数据。由于 6502 微处理器的地址用 16 位表示，因此可选取 65536 (2^{16}) 个位置，即 X 值的范围必须在 0—65535 之间；而数据用 8 位表示，因此 Y 值必须在 0—255 (2^8) 之间。例如 POKE 12684, 215 即将数值 215 送至地址为 12684 的输出口。

输入指令 PEEK 与 POKE 指令不尽相同。由于该指令欲获得的为输入口的数据，因此 PEEK 指令不含数据，只需指明输入设备的十进制地址就够了，它的格式是 PEEK(X)，其中 X 为输入端的十进制地址。在 BASIC 语言中，该指令用赋值语句来完成，如 A = PEEK (34579)。由于 6502 微处理器为 8 位机，所以 PEEK 指令所输入的数据应在 0—255 之间。我们经常用 PEEK 和 POKE 指令来检查或改变存储器中的数据，所以应该对 APPLE-Ⅱ 微型机的存储器地址分配加以了解，否则会导致整个微型机工作系统的失败。

四、地址和开关

APPLE-Ⅱ 微型机是用 6502 芯片作为它的中央处理单元，它能处理 65536 个存储单元的工作，对于 64K 内存容量来说，内存单元的地址应在 0 到 65536 之间。但 APPLE-Ⅱ

微型机也能认识用实际地址减去 65536 所得负值表示的地址。
例如 49249 这个地址就相当于下面的负值：

$$49249 - 65536 = -16287$$

也就是说 PEEK (49249) 和 PEEK (-16287) 是相同的。

POKE 指令可以用来控制开关。APPLE- I 外设接口中的八个软开关就是用 POKE 指令来控制的。其中四个用于屏幕显示方式的控制，另外四个用于游戏接口的控制。这里先简单讨论一下用于屏幕显示方式的控制，游戏接口的控制将在后一节中作较详细的讨论。



图 2-3 屏幕显示的软开关控制

如图 2-3 所示，我们用指令 POKE - 16303, 0 使屏幕显示方式进入文本显示，因为地址 -16303 是文本方式的地址，而数据 0 无关于访问的性质，所以，POKE 可把软开关“扳”指向任一个开关状态。在开关“扳”到另一状态位置之前，它会一直停在原处。由一种显示方式转换到另一种显示方式只需改变相应的开关。又如由高分辨率图形第一页全屏幕显示方式转换到第二页，只需改变第三个开关（POKE - 16299, 0）。再如由高分辨率图形第一页全屏幕显示方式转换到高分辨率图形第一页混合显示方式，就需改变第二个开关（POKE - 16301, 0）。

五、APPLE- I 微型机的游戏 I/O 接口

I/O 接口即输入输出接口。游戏 I/O 接口位于主机板的右上角，它是一个两边各有八个接脚的长方形插座（见图 2-4）。

该接口可以连接特殊的输入和输出元件，如摇杆、按钮、指示灯等。它还常常作为游戏的输入输出插座，游戏程序使