

介绍微型计算机及其在物理实验中的某些应用

高宗仁

(中国科学院物理研究所)

一、微型电子计算机发展简介

微型计算机一般是指以微处理机为核心,再配上存贮器和必要的外围接口所构成的计算机系统。微型计算机简称微型机,它与传统的小型机的根本差别在于,用以构成微型机的这些微处理机、存贮器和外围接口都是新型的大规模集成电路单片,每一块单片都相当于传统计算机的一种部件。例如,微处理机就是在一块单晶片上实现了传统的运算控制器或中央处理部件的全部功能。

第一台微处理机 4004 型是 1971 年年底问世的。这是一台字长为四位的通用微处理机,由美国英特尔 (INTEL) 公司研制成功。紧接着在 1972 年,该公司又生产了字长为 8 位的微处理机 8008 型。这两种微处理机都采用 P-MOS 工艺,运算速度比较慢,执行一条指令的最短时间约为 20 微秒。同时,由于微处理机本身的功能不强,也缺乏相应的大规模集成的辅助单片,组成一台微型计算机至少需要 50—60 块单片,甚至还需要用到 TTL 小规模集成电路。人们通常将微型机的这一诞生和发展的初期阶段称为第一代。

尽管如此,微型机是一件新生事物,它的出现是半导体工艺发展和近代电子技术需求的必然结果。微型机诞生后,很快就显示出其强大的生命力,获得了迅速的发展。

1974 年,英特尔公司研制成功微处理机的第二代产品 8080 型,许多其它半导体厂家也纷纷参加竞争,设计出各自的产品。这些产品中很大一部分或多或少地都受 8080 型的影响,

当然也各具特点。其中较成功的有摩托罗拉 (MOTOROLA) 公司的 6800 型,洛克威尔 (ROCKWELL) 公司的 PPS-8 型等。这几种微处理机都采用 N-MOS 工艺,字长 8 位,最短的指令执行时间约为 2 微秒。

在微型计算机发展的第二代,各半导体厂家相互竞争激烈,不断设计和生产出各种新颖的微处理机和相应的大规模集成的辅助单片。这些微处理机特点各异,适合于不同的应用目的。它们的代表性产品除了上述几种外,还有:1974 年英特尔公司的 3000 型,采用 STTL 工艺,最短的指令执行时间为 125 毫微秒;1975 年泽洛格 (ZILLOG) 公司的 Z 80 型,采用 N-MOS 工艺,集成度高,逻辑功能较强,自称第三代产品;1976 年摩托罗拉公司的 10800 型,采用 ECL 工艺和位片式结构,是一种超快速的微处理机,其最短的指令执行时间仅为 75 毫微秒;1977 年英特尔公司的 8085 型,此微处理机单片和相应辅助单片的集成度较高,其最小计算机系统仅由三块单片构成。

另外,还有几种微型化的小型计算机,例如 DEC 公司的 LSI-11 型和 DGC 公司的 MICRONOVA 型,它们都是字长为 16 位的微型机,其主要优点是软件与原小型机的软件兼容。

这一代的后期,还出现了所谓单片式微型计算机,即在一块单晶片上,除了处理机外,还有存贮器和外围接口电路,初具一台计算机的规模。但由于电路集成度和单片引出线数目等因素的限制,单片式微型机的功能有较大的局限性,目前尚未显示出特殊的优越性。

当前,微型计算机正处于从第二代向第三

代过渡的时期。预计第三代的微处理机及其辅助单片将采取更加先进的半导体工艺(例如CMOS/SOS工艺等)。这时,各种电路的集成度及其运算、存贮速度都将会提高一个数量级,处理功能则会大大加强。

现在,在一些先进的工业化国家中,微型计算机的应用已经渗入到从科学技术到日常生活的各个领域,它的影响将会是巨大的和深远的。今天,微型计算机所可能带来的影响,已被人们誉为“第二次工业革命”。

二、微型计算机应用于科学实验

微型机的广泛采用,将使科学实验技术产生巨大的变革,下面分两方面来谈。

1. 电子仪器的智能化和配套使用

电子仪器在其发展道路上,由于不断采用半导体工艺和计算机技术的新成就,经历过晶体管化、数字化、集成电路化和程序控制化等阶段,现在更由于微型机的引入而向“智能化”的阶段发展。所谓“智能化”就是使电子仪器具有一定程度的自己管理自己的能力。美国自1975年开始设计的先进电子仪器,几乎全部采用了微型机。有人预计,1980年以后,美国新生产的电子仪器大多将具有自动调零、自动校准、自动换档、自动寻找故障(甚至自动排除故障)以及自动处理数据等功能。

此外,已设计出仪器标准接口,能够根据不同实验的需要,将各种成品仪器设备随意组合,进行配套使用。目前通行的“通用接口母线”(GPIB或IEEE-488)就是这样一种仪器标准接口,它是由美国休利特-帕卡德(HEWLETT-PACKARD)公司提出,于1975年被电气电子工程师协会(IEEE)承认为仪器接口标准的。现在此仪器接口已经为世界上许多大仪器厂家所接受,有希望成为国际标准。

这种仪器标准接口的结构简单,接口电路部分都已分别装在仪器内,外面只需用无源的接口母线电缆简单地接插相联。它允许最多联

接15台仪器设备,组成一个自动化的仪器系统。在此系统中可以有一台微型计算机或者可编程台式机,作为控制器,用以发出各种测量、传送和记录数据的命令。系统中的其它仪器设备,一部分供测量或采集实验数据用,如数字式电压表或频率计等;另一部分则供记录数据用,如打印机或绘图仪等。实验人员可以通过控制器的键盘发出命令,使整个系统自动地进行测量和记录。

应当指出,如果采用装有微型机的“智能化”电子仪器,这种仪器标准接口将更能充分体现其优越性。

2. 以微处理机为核心,设计和组装专用的实验系统

由于各半导体厂家不仅生产出各种类型的微处理机单片,还不断设计和制造出形形色色的具有特殊功能、能够满足不同系统要求的其它大规模集成电路单片,例如各种大容量和高速度的存贮器、可编程序外围接口、各种规格的模数转换器和数模转换器等。甚至已经有在一块单片上实现一个完整的数据采集系统,在此系统中包含有多路转接器、模数转换器和缓冲寄存器等。这样我们就能够按照不同实验的具体要求,用微处理机单片和其它单片设计和组装出专用的自动化实验系统。在这种系统中,从实验数据的采集、处理和计算,到实验过程的控制,都是在微型计算机的统一管理下自动地进行的。对于较简单的实验,只需要一级控制;对于复杂的实验,则可以用小型计算机或者中型计算机作为中央控制机,组成具有分层管理结构的系统。

微处理机等单片的价格非常便宜,平均每块单片的售价只相当于人民币10元左右,并且系统的设计十分灵活。例如,可以为每一个实验装置配一台微型机,采用并行方式存贮和传送数据等。这就使得微型机实验系统比直接用一台小型机来同时控制多个实验装置,具有一定的优越性。

对于许多复杂的物理实验装置和大型仪器

设备,如受控热核反应装置、转靶X光机、晶体生长装置、语言分析系统以及各种物理分析仪器,都能够采用上述微型机系统实现数据的自动采集、处理和计算,直至对实验的自动控制,亦即实现实验过程的全盘自动化。

还必须指出,利用微处理机单片不仅能够设计和组装数字式系统,如果将其与模数转换器和数模转换器等单片结合起来,加以巧妙的构思,还能够实现各种混合式电路系统。在这样的系统中,一些过去用模拟式电路往往无法解决的难题,如灵敏检测装置中的漂移问题等,都可以迎刃而解。

三、介绍一台微型计算机

为了对微型机的应用能有一较实际的图象,具体熟悉一台微型计算机是十分必要的。在目前,应用较普遍的两种微处理机是英特尔公司的8080型和摩托罗拉公司的6800型,它们常被人们视为第二代微处理机的代表产品。

下面具体介绍一台用6800型微处理机构成的微型机系统。说得更确切一些,是介绍一套称为6800系列的单片,它们能够方便地组装成一台具备基本功能的微型计算机,并能在此基础上,按照使用者的要求,增设一些必要的单片,扩展成所需的计算机系统。这种以成套(KIT)的方式提供的微型计算机是近年来微型机市场上受欢迎的一种供货方式,它的主要优点是便于组装和扩展,具有较大的灵活性,而且售价低廉。

这套微型机的型号是MEK 6800 D2,它包括下列单片:微处理机(MPU)MC 6800一片;只读存储器(ROM)MCM6830一片;读写存储器(RAM)MCM 6810三片;外围并行接口(PIA)MC 6820二片;异步通讯接口(ACIA)MC 6850一片;时钟发生器MC 6871 B一片。

微处理机MC 6800是一个8位的中央处理部件,有16条地址线,能够对65K的位组(byte)进行寻址;另有8条双向数据线,用作向存储器或外围接口发送、接收数据。地址线和

数据线都是三状态的,当它们被置于第三状态即高阻状态时,就可以在这些线上实现存储器与外围接口间的直接存取(DMA方式)。

6800型微处理机设有72条基本指令和7种寻址方式。它的最高时钟频率为1兆赫,最短的指令执行时间为2微秒。同时,6800型微处理机还具有较强的中断处理能力。

MCM 6830是存储容量为 1024×8 位的掩模编程只读存储器,此存储器在出厂时就已装好了管理程序JBUG。

MCM 6810是存储容量为 128×8 位的读写存储器。此型存储器共有三片,其中一片用作管理程序JBUG的暂存区和状态栈,另两片可用来存放用户程序。

MC 6820是外围通用接口,每片上有两个8位的输入/输出通道。此种接口共有两片,其中一片用作键盘-显示器的接口,另一片可供用户作其它使用。

MC 6850是异步串行传送设备接口,供联接盒式录音磁带机用。

MC 6871 B提供必要的时间控制脉冲。

上述6800系列的单片可安装在一块已经布好线的印制电路板上,作成微型计算机模板,这块模板实际上就是一台具备基本功能的单板式微型计算机。

另有一块印制板可以安装一组十六进制的数字输入按键、8个控制按键和6只发光二极管显示器(LED)。这6只显示器中,两只用作数据显示,可以显示十六进制的两位数字;四只用作地址显示,显示十六进制的四位数字。再加上必要的控制电路,这块板就构成了键盘-显示模板。从键盘-显示模板上还引出两条电缆,供联接盒式录音磁带机用。这块模板实际上为单板微型计算机提供了三件外部设备,即键盘输入、显示输出和磁带机。

微型计算机模板和键盘-显示模板间由扁平电缆联接,组成一个完整的微型机系统,其结构(见图1)。

MEK 6800 D2微型计算机在管理程序JBUG的控制下,通过键盘命令,可以执行下列

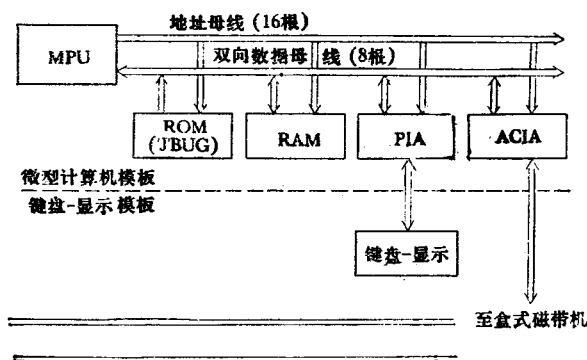


图 1 MEK6800 D2 微型计算机系统的结构示意图

操作:

1. 检查和改变存贮器的内容;
2. 显示和改变微处理机中寄存器的内容;
3. 执行用户程序;
4. 单指令操作;
5. 设置和清除断点, 断点设置数最多可至五个;
6. 从断点运行;
7. 打断用户程序的运行;
8. 将存贮器的内容写至磁带上;
9. 将磁带上的信息读入存贮器中;
10. 计算分支转移时的相对地址。

利用管理程序的这些功能我们能够方便地输入、调试和执行用户程序。

四、组装物理实验系统的例子

为了具体说明起见, 仍从上述微型机出发, 举一个实用的例子。利用 MEK 6800 D2 微型计算机, 加以适当的扩展, 可以较容易地组装出一台穆斯堡尔 (MÖSSBAUER) 谱仪。

穆斯堡尔谱仪主要包括两个部分: 样品的速度驱动部分和数据的采集、存贮、处理部分。在经典的穆斯堡尔谱仪中, 这两部分是分别设计的, 速度驱动系统多半采用伺服机构, 数据的采集和处理通常采用一般多道分析仪的结构。

在微型机谱仪系统中, 数据的采集、存贮和处理, 谱线的显示, 以及驱动系统速度参考波形

物理

的形成, 都是在微型机统一管理之下进行的, 所以, 谱仪的设计要简单得多。

而且, 一些系统参数, 如分析的道数和速度的参考波形等, 可以根据实验的需要, 随时加以改变, 因此使用起来也灵活方便得多。

微型机穆斯堡尔谱仪的结构见图 2。

在图 2 中, 采用电传打字机作为控制台, 为此, 采用了装有管理程序 MIKBUG 的只读存贮器。

谱仪的工作过程是: 在程序控制下, 从数模转换器 (10 位) 输出速度参考信号给驱动系统, 使样品产生相应的运动。对应于驱动源的速度, 将被计数粒子的能量分成若干道。例如, 可以分成 256 道。缓冲计数器对每道粒子进行计数, 在每道计数结束时, 由谱仪时钟发出中断请求, 使所计数与读写存贮器中相应道的原有计数累加。然后, 再将各道的粒子累计数通过数模转换器 (8 位) 送至示波器以显示谱线波形。必要时, 还可以对数据进行处理、计算, 并在电传打字机上打印结果。

在此系统中, 由于数据输入采取了两级缓冲, 计数的“死时间”几乎减至零。

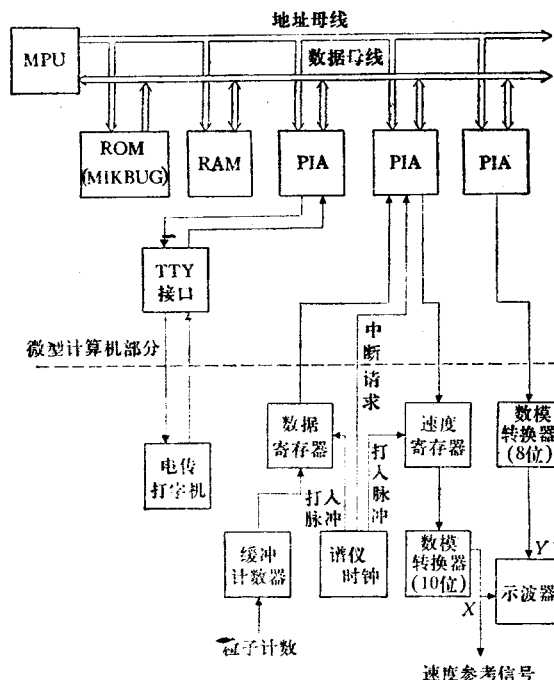


图 2 由微型计算机控制的穆斯堡尔谱仪的结构示意图

存贮器字长 8 位,如用一个字来对应一个道的计数,只能最多计 $2^8-1=255$ 次,不能满足实验的需要.谱仪中采用两个字对应一个道,使每道的最大可能计数高达 $2^{16}-1=65535$ 次.但这样一来,就需要再增加三片 MCM 6810,使读写存贮器的总容量为 768 字.其中 60 个字作为管理程序 MIKBUG 的暂存区,512 字存放 256 道的累加计数,其余约 200 字供用户程序用.为了满足输入/输出接口数目的要求,还增加了一片外围并行接口 MC 6820.

系统的其它部件,如数模转换器、计数器和寄存器等,可以选用适当的中规模或大规模集成电路.

在上例中,只是介绍了微型机应用的一般情况,并没有说清楚应用微型计算机的突出优点.实际上,我们用小型机也可以组成类似的系统.只是小型机一般具有通用性,价格也比较昂贵,通常是用一台小型机同时控制几台实验装置.而微型计算机则可以为每台实验装置各设一台,甚至可以再配一台小型计算机作巡回监视和复杂数据处理,构成两级控制管理系统.这样,当然就比通常的小型机系统具有更大的灵活性和更高的可靠性了.

应当强调指出,在许多场合,应用微型计算机不仅可以提高实验系统的某些性能,而且能够解决应用小型机时往往难以克服的困难.

例如,在诸如受控热核装置的采集系统中,由于测量通道的数目较多,而采集数据的速率又较高,在单位时间内需要传送至计算机的数据量往往超过一般小型机的数据最高传送速率.具体来说,设采集系统共有 40 个测量通道,每个通道平均 10 微秒采一个数据,那么在 1 秒钟内就有 4×10^6 个数据需传送至计算机,这就要求计算机的数据传送速率不小于 4×10^6 数据/秒而一般小型机的数据最高传送速率仅为 10^6 数据/秒,不能满足此要求.

而且,测量信号是模拟量,在将其传送至计算机前,必须先经过模数转换器变换为数字量.就目前而言,要作出具有这样高的变换速率的模数转换器也是比较困难的.

以前解决上述难题的办法是,在信号进行模数变换之前,先将各通道测得的模拟信号暂存于模拟缓冲存贮器(如模拟磁带、模拟磁盘等)中,然后再通过模数转换器逐次传送给计算机.但是,由于模拟缓冲存贮器的造价昂贵,更重要的是不能保证所需的精度,可靠性也差,从而使这个难题长期以来未能圆满解决.

如果采用微型机系统,则可为每一路测量通道配置一个模数转换器单片和一个读写存贮器单片,实现多入口的数字缓冲存贮.读得数据后,再根据需要逐路调入主存贮器,进行处理和计算.这样一来,上述难题就迎刃而解了.

当然,对于要求更高的实验,还可以设计更加复杂的微型计算机系统.例如,采用多处理机控制方式和多级数字缓冲存贮器结构等.

五、应用微型计算机中的若干问题

应用微型机与应用小型机有很大的不同.小型机一般具有通用性,需要配备成套的外围设备,构成一个完整的计算机系统.

微型机也有作成通用台式机形式的,但在大多数微型机的工作中,明显地存在两个阶段——发展阶段和应用阶段.

微型机的发展阶段指安装、调试机器、编制和调试程序的阶段.在此阶段,需要依靠一定的设备和必要的软件.微型机一旦组装完成,付诸应用后就不再需要保留多余的外围设备和软件了.

下面主要介绍微型机发展阶段中的若干问题.

在微型机的工作中,首先遇到的是编制程序的问题.最原始的办法是直接机器语言编写程序,然后用键盘敲入.但对于较长的程序,这样作既费时间又容易出错.一般可以用符号语言编写程序,这样的程序称为源程序.源程序可以用编辑程序方便地进行修改,然后由汇编程序汇编成目的程序,即机器语言的程序.当然,目的程序在正式运行前必须经过调试,保证没有差错.

在微型机发展的第一代,只能用机器语言或符号语言编写程序。当时的软件工具主要依靠所谓交叉型的程序,即微型机程序的汇编和调试,要在大计算机上分别依靠交叉汇编程序和交叉模拟程序来完成。当然,也有在微型机本身进行汇编和调试的常驻型汇编程序和调试程序等。但由于当时微型机的功能不强和外围设备缺乏,应用受到限制。

到微型机发展的第二代,开始有简单的编译型语言,如英特尔公司的 PL/M、摩托罗拉公司的 MPL 和泽洛格公司的 PLZ 等。另外,如 FORTRAN、BASIC 和 COBOL 等高级语言也逐渐引入微型机系统。

这个时期,专配微型机的外围设备,如快速盒式磁带机、小型软磁盘等,不断涌入微型机市场。此时除了装在只读存储器中的管理程序外,更有了基于软磁盘的磁盘操作系统。

在第二代,各种调试微型机软件、硬件的设备和系统也纷纷出现。开始时,一些生产微型机单片的半导体厂家,各自针对本厂的微型机系列,设计出所谓“微型机发展系统”(MDS),供用户调试软件、硬件之用。其中较著名的有英特尔公司的 INTELLEC、摩托罗拉公司的 EXORCISER 和仙童公司的 FORMULATOR 等。这种发展系统实际上是一台功能比较强、外围设备比较齐全的微型计算机。它具有较丰富的软件工具,如编辑程序、编译程序、汇编程序、调试程序等。利用发展系统,可以对用户设计、组装的微型机同时进行软件、硬件的调试,效率高并且有实时性。此类发展系统的缺点是只适用于该厂家的单一品种的微型机产品,换一种产

品就需要添置一套发展系统。

近年来,由于不断引用新的技术,如 ICE(In Circuit Emulation, 线路内仿真)等,新出品的微型机发展系统的功能增强,而且具有一定的通用性,适用于多种型号的微型计算机,从而克服了上述缺点。还需要说明的一个问题是,在微型计算机中通常用只读存储器来装系统程序,这种装有系统程序的只读存储器称为固件(Firmware)。而用户程序则需要在执行前由纸带、磁带或磁盘送入读写存储器中。但是,由于半导体的读写存储器一般是挥发性的,一经断电其内容即遭破坏,需要重新写入。显而易见,这种情况对于某些应用十分不便,甚至是不能允许的。但如要将用户程序写入掩模编程只读存储器中,则只有生产厂家在制造过程中才能办到,因此就需要有能够由用户自行写入程序的只读存储器。现在市场上供应的只读存储器,除了掩模编程的以外,还有以下几种:可编程只读存储器(PROM);可抹除可编程只读存储器(EPROM);电改写只读存储器(EAROM)。这三种只读存储器都可以由用户自行写入所需的程序。其中,可编程只读存储器是熔断式的,仅允许写入一次。可抹除可编程只读存储器能够用紫外光将全部存储单元进行清除,再次写入。而电改写只读存储器则能用电的方法直接写入“1”和“0”,是1976年以后才出现的一种新产品。显然,如将用户程序写入上述只读存储器中,使用起来就要方便得多。但是,这些只读存储器需要特殊的写入技术,一般是利用一种专门的设备——编程器或写入器来完成的。

(上接第96页)

- 284; K. L. Ngai and B. W. Henvis, Naval Research Laboratory, Memorandum Report 1979 and to be published.
- [3] K. L. Ngai and C. T. White, Naval Research Laboratory Memorandum Report 1978, *Bull. Am. Phys. Soc.*, **24** (1979), 465.
- [4] K. L. Ngai, A. K. Jonscher and C. T. White, *Nature*, **277** (1979), 185.

- [5] E. P. Wigner, Gatlinberg Conf. on Neutron Physics, Oak Ridge National Lab. Report No. ORNL-2309, 59.
- [6] F. J. Dyson, *J. Math. Phys.*, **3** (1962), 140; *ibid.*, 157; 166; 1191; 1199
- [7] G. D. Mahan, *Solid State Physics*, **29** (1974), 75; J. J. Hopfield, *Comment Solid State Phys.*, **11** (1969), 40.