

飞机制造技术丛书

微机在飞机制造中的应用

袁平书 等编著



国防工业出版社出版

飞机制造技术丛书

微机在飞机制造中的应用

袁平书 等编著



国防工业出版社

680651

内 容 简 介

本书介绍微型机在飞机制造中的应用。重点介绍微型机在测试、处理、实时控制、辅助设计、辅助制造、管理等方面的应用。各章都有具体的应用实例。

本书可供航空、航天等工业部门的工程技术人员、大专院校师生阅读和参考。

飞机制造技术丛书

微机在飞机制造中的应用

袁平书 等编著

*

国防工业出版社出版、发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张4⁵/₈ 119千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷 印数: 001—700册

IS BN 7-118-00578-9/V·46 定价: 4.25元

中国航空学会

《飞机制造技术丛书》编委会

主 编:	罗时大		
副 主 编:	马业广		
编 委:	董 孝	程宝藻	杨彭基
	唐荣锡	陆颂善	戴世然
	屠德彰	董德馨	郭兴中
	黄道宏	孙肇卿	武厚忠
责任编辑:	余发棣		
秘 书 组:	梁国志	张士霖	杨奇光

前 言

《飞机制造技术丛书》是由中国航空学会组织编写的。成立了《丛书》编委会。编委们都是飞机制造技术专业的学者和专家，他们长期致力于飞机制造的生产、科研、教学、管理工作，有丰富的实践经验。在此基础上，组织和编写了这部《丛书》。

《丛书》的编写目的是：既要总结我国三十多年飞机制造技术的经验；又要有选择地吸取国外飞机制造的先进技术，总结出一套具有中国特色的飞机制造技术的基本经验，为总结经验、积累资料、培育人才、发展新技术打下基础。可以说，这是一项基础建设工程，具有重大的意义。

《丛书》共有 17 个分册。《微机在飞机制造中的应用》是《丛书》中的一个分册。本分册共分五章：第一章是微型计算机概述；第二章是微机在飞机制造质量检测中的应用；第三章是微机在飞机制造过程中的应用；第四章是微机在辅助设计和辅助制造中的应用；第五章是微机在生产管理中的应用。

先进的大规模集成电路和微处理器，十多年来获得了飞速的发展。微型计算机的应用已经深入到了科学技术、工业、农业、交通、第三产业等各个部门中。它对我国的四个现代化、对国民经济的技术改造、对产品的更新换代等都起着日益重要的推动作用。我国的航空工业特别是飞机制造部门是微机应用起步最早的部门之一，已获得微机应用成果 100 多项。其中包括测试、实时控制、计量、寿命试验、改造设备、辅助设计、辅助制造、管理等。已产生了明显的经济效益和社会效益。本书中的实例就是从这些成果中选取的。

本书由袁平书担任主编。参加编写的还有何恽晋、郑叔芳、张文虎、田彦水、王香远、何伟雄、曹锦芳。

本书由原航空工业部 303 研究所董德馨同志主审，他对本书的初稿进行了详细的审校，提出了许多宝贵的修改意见。在编写和出版过程中得到了黄玉春、李青云等同志的大力帮助，在此谨致衷心的感谢。

由于我们水平有限，书中定有不少错误和缺点，敬请广大读者批评指正！

编 者

目 录

第一章 微型计算机概述	1
一、引言	1
二、微型计算机系统的组成及其特点	2
三、微型计算机的分类及其应用	5
四、微型计算机的发展趋势	9
第二章 微机在飞机质量检测中的应用	12
一、概述	12
二、CAT 基本技术	15
三、产品性能的检测	27
四、工艺过程质量检测	34
五、微机在三坐标测量机中的应用	38
第三章 微机在生产过程中的应用	56
一、微机控制系统的基础	56
二、微机在星形柔性桨毂热压机中的应用	64
三、在直升机主桨毂疲劳试验机中的应用	78
四、微机在旧设备改造中的应用	98
第四章 微机在辅助设计和辅助制造中的应用	111
一、概述	111
二、微机 CAD/CAM	112
三、微机 CAD/CAM 系统设计原则	122
第五章 微机在生产管理中的应用	124
一、概述	124
二、微机数据库	129
三、微机在管理中的应用	136
四、微机局部网络	138

第一章 微型计算机概述

一、引言

随着计算机技术和电子技术的发展,在短短的时间里,计算机经历了几代演变。

第一代(40年代到50年代)是电子管计算机时代,软件采用二进制指令。

第二代(60年代初期到60年代中期)是晶体管的计算机时代,软件主要采用汇编语言。

第三代(60年代后期)是中小规模集成电路的计算机时代,软件采用汇编语言和高级语言。

第四代(70年代初期到80年代初期)是大规模集成电路电子计算机时代,软件除了采用常用的高级语言外,初级的数据处理、图象处理、文本处理等应用软件有了迅速的进展。

第四代向第五代的过渡阶段(80年代初期至现在)以超大规模集成电路计算机为主要代表,软件发展日趋成熟,使用最广泛的是标量计算机。近年来又研制了向量计算机和并行处理计算机。各种应用软件获得了广泛的应用。计算机的原理仍以冯·诺依曼计算机系统为主,但又开始向非冯·诺依曼计算机原理发展。

从70年代初至80年代中期,微型计算机的发展大致可分为五个阶段:

第一阶段(1971~1972):代表产品是美国INTEL公司的4004、8008,其特点是制造工艺采用PMOS系统,芯片集成度较低,约为2000个晶体管/片,指令周期为10~20 μ s,芯片引脚为40条,字长4~8位并行处理。

第二阶段(1973~1975):代表产品为INTEL公司的8080

及MOTOLOLA公司的6800,其特点是:字长8位;制造工艺以NMOS为主;芯片集成度为5000个晶体管/片;指令周期为 $2\sim 4\mu\text{s}$;芯片引脚为40条;系统已初具通用计算机功能,如中断、堆栈、变址寄存器等。

第三阶段(1976~1977):代表产品为ZILOG公司的Z-80及INTEL公司的8085等,其特点是:字长8位;制造工艺仍以NMOS为主;芯片集成度提高到10000晶体管/片;指令周期为 $1\sim 2\mu\text{s}$;系统结构日趋完善。这一阶段的另一个标志是生产了单片微型计算机,即把CPU、ROM、RAM、I/O、CTC等部分制做在一块电路片上,如INTEL公司的8048/8748等,与此同时,又出现了小型计算机的微型化产品,如美国DEC公司的LSI/II, DGC公司的MICRO MOVA型等。

第四阶段(1978~1980):代表产品为INTEL公司的8086和MOTOROLA公司的68000等,其特点是:字长为16位;制造工艺以HMOS为主;集成度提高到29000~68000个晶体管/片;指令周期加快到 $0.4\sim 0.7\mu\text{s}$;芯片引脚增加到64条。在本阶段后期,又生产了一种内部16位结构、外部8位地址和数据总线,人们称为准16位芯片,代表产品为INTEL公司的8088型。

第五阶段(1981~现在)代表产品为MOTOROLA公司的68020、INTEL公司的80386等,其特点是:字长32位,制造工艺以CMOS为主,集成度提高到100000个晶体管/片以上,指令周期加快到 $0.1\mu\text{s}$ 左右。

估计到1990年以后,将进入第五代电子计算机时代,预计超大规模集成电路的集成度能在100万个晶体管/片以上,由这类芯片构成的计算机系统,其主要功能将具有智能接口、解题和推理、知识库管理等。

二、微型计算机系统的组成及其特点

1. 微型计算机系统的组成

在微型计算机及其应用领域中,人们常常习惯地使用“微处

理器”、“微型计算机”、“微型计算机系统”等名词，对于读者来说，这些概念极易混淆，从计算机技术观点出发，有必要把它们的含义搞清楚，便于阅读和了解有关的书刊和文章。

(1) 微处理器

微处理器的结构严格地受到大规模集成电路工艺技术的约束，芯片面积不能过大，否则，成品率下降，成本提高，另外，封装引出端的数量也受到严格的限制，因为端数越多，工艺越复杂，相应的检测设备也就复杂。微处理器主要包括三个部分：

① 运算器

运算器的主要任务是对数据进行算术运算和逻辑运算，运算结果保留在累加器中。运算结果的特征由标志寄存器相应位表示。

② 控制器

控制器由指令寄存器、指令译码器以及控制逻辑电路组成。它统一指挥和控制微机各部分，把存放在存储器内的指令取出，并一条条地分析，然后以一定的时序发出相应的控制信号，使运算器、存储器等各部分协调地执行指令所规定的基本操作，从而使计算机完成各种操作任务。

③ 寄存器阵列

寄存器阵列用于寄存参与运算的数据，也可用于寄存操作数的地址。另外还有专用寄存器，如程序计数器（PC），堆栈指示器（SP），变址寄存器（IX）等。

从上所述，可知微处理器是微型计算机的心脏，故称中央处理器（CPU），但它决不是一个微型计算机，仅仅是计算机的一个重要部分。

(2) 微型计算机

微型计算机由以下几部分组成（图 1-1）。

中央处理器（CPU）是微型计算机的核心，用以完成各种运算及实现各种控制。CPU 的字长、寻址能力、指令结构、各种寄存器的数量、时钟周期长短等决定了微机功能的强弱。

存储器用来存储程序和数据。存储器的容量视微机的用途而有很大的差别。一般的专用计算机仅需较小的空间来储存监控程序、应用程序和数据,有4~6K字节就够了。而系统机则希望存储容量大一些,使用方便一些。一般8位机为64K字节,16位机有512K字节到1M字节的,32位机有2M字节到32M字节的。

输入输出接口(即图中的I/O)用于CPU与外部设备之间的数据交换。

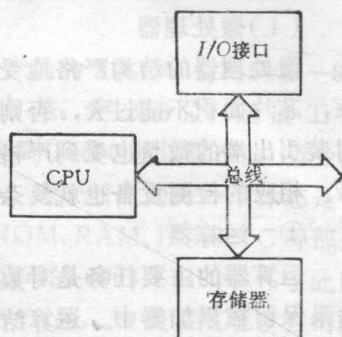


图1-1 微型计算机主要组成部分

总线是实现各部件之间信息交换的标准通道,包括地址、数据、控制信号等,是微机的中枢神经。

(3) 微型计算机系统

微型计算机是微机系统的主要部分,但是必需配以相应的外部设备,如输入设备——键盘、输出设备——LED显示器、字符或图形终端——CRT、行印机、硬拷贝机等,外存储器设备——各类磁带机、软硬磁盘机、相应的电源及供电系统才构成了微机系统的硬件。但是只有硬件,计算机还是不成的,有人称这种计算机为“裸机”。要使计算机正确运行,必须编制各种程序,同时,为了使用、管理和维护,计算机也需各种程序,这两部分的总和就称为“软件”。

软件可分为系统软件和应用软件。系统软件是机器设计师为用户提供的,包括操作系统、各种高级语言和调试、故障检查程序等。应用软件是用户针对各类问题自行编制的程序。目前,应用软件正在逐步工程化、模块化,已有许多软件商品供用户选购。

2. 微型计算机的主要特点

(1) 体积小

由于大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)

工艺的发展,微处理器的集成度越来越高,如70年代中后期问世的Z-80CPU,仅在 27.1mm^2 的面积上,就集成了8200个晶体管,目前的微处理器,集成度已超过了10万个晶体管/片。

(2) 可靠性高

由于材料纯度高,制造工艺严格,因此,性能稳定,参数一致性好,外引线少,所以由LSI和VLSI等器件构成的微型机具有很高的可靠性。

(3) 应用灵活

同样一台微型机只要稍加改变输入输出接口电路和外电路(包括驱动电路、传感器电路等)以及应用软件,就可用于不同的应用对象。

(4) 价格便宜

由CPU、存储器及I/O芯片等组成的微型计算机,几乎每两年价格就下降一半,十多年来几乎一直保持着这种趋势。相比之下,计算机外部设备就显得昂贵了,但随着新技术的发展,外设中光电子器件的比重加大,机械零件比重下降,外设的价格也会随之下跌。

(5) 功耗低

早期的4位微处理器采用PMOS工艺,8位机大部分采用NMOS工艺,而16位、32位机大部分采用CMOS或双极型工艺。衡量芯片的指标是多方面的,但功耗大小是一个重要指标,它直接影响芯片的集成度和可靠性,对用户来说,功耗大小直接影响使用场合,目前CMOS工艺制造的芯片,每个门电路的功耗仅为 0.1mW 。

三、微型计算机的分类及其应用

微型计算机的分类可以有多种方法,主要有:按一次并行处理数据的位数;按组成的计算机的功能及集成电路的制造工艺等。这里重点介绍前两种。

1. 按一次并行处理数据的位数分

有 1 位、4 位、8 位、16 位、32 位。微型计算机的字长是一个很重要的指标,一般来说,字长愈长,信息处理的速度就愈快。

(1) 1 位微型机采用 CMOS 工艺,功耗小,价格便宜,指令仅有十多条,包括转移、分支、简单的算术运算和逻辑运算等功能。它非常适合构成可编程序控制器,用来实现单机的自动控制、群控等。典型的 CPU 芯片有 MOTOROLA 公司的 MC1450 B,再配以 ROM、RAM 和 I/O 接口等就可以构成一个最小系统。

(2) 4 位微型计算机

微处理器的第一代产品就是 4 位字长,多数采用 PMOS 工艺,速度较低,功能较弱,但由于四位二进制数正好代表十进制的一位数,因此能广泛应用于高级台式计算器、售货终端机、电子称、家用电器等方面。价格低廉,使用量极大,目前还在大量生产,典型 CPU 芯片为 INTEL 公司的 4040。

(3) 8 位微型计算机

8 位机大部分采用 NMOS 工艺,集成度较高,电路功能较强,一般要求有中断,直接存储器存取 (DMA) 等功能,有丰富的 I/O 接口,如数字量输入输出,模拟量输入输出及光电耦合电路等,广泛应用于工业生产过程的自动控制(如数控、程控、自动检测等)和小型科学计算和局部的管理系统等。典型的 8 位 CPU 芯片为 ZILOG 公司的 Z-80 等。

(4) 16 位微型计算机(包括准 16 位)

16 位机大部分采用 HMOS 工艺,时钟频率一般为 5~10MHz,电路功能比 8 位机又有较大的提高,指令更丰富,寻址范围一般可达 1M 字节,有很强的 I/O 能力,可带包括硬盘在内的各种外部设备,扩展性也很强。它适用于科学计算、较复杂的过程控制、初级的计算机辅助设计、辅助制造以及信息管理系统等。典型的 CPU 芯片有 INTEL 公司的 8086、8088, MOTOROLA 公司的 68000 等。

(5) 32 位微型计算机 (包括准 32 位)

32 位机大部分采用 CMOS 工艺, 集成度可达每片 10 万个晶体管, 时钟频率为 10~25 MHz, 寻址范围一般在 4~16M 字节, 也可扩大到 128M 字节, 有非常强的 I/O 能力, 可带包扩硬盘机、磁带机在内的几十种外部设备。它适用于科学计算、工程工作站、人工智能、语言识别以及信息管理系统等。典型的 CPU 芯片为 MOTOROLA 公司的 68010、68020, INTEL 公司的 80386 等。

(6) 位片式微型计算机

上述并行微处理器大部分采用 MOS 器件, 相对来说, 速度较低, 在许多场合 (例如数控加工中的控制机), 8 位、16 位机都不能满足速度的要求, 而 32 位机成本又较高, 因此位片式处理器仍被广泛使用。由于它采用了双极型工艺, 速度比 MOS 器件要快得多。一般每个位片式 CPU 上有 2 位或 4 位算术逻辑运算单元和相应的寄存器。位片式 CPU 原则上可构成任意字长的微机系统, 至今许多数控加工的控制系统中, 仍使用位片式处理器。典型位片式 CPU 芯片是 INTEL 公司的 3000。

2. 按微型计算机的功能分

按功能, 可分为单板机、多板机和单片机。

(1) 单板计算机

将 CPU 配以适量的 I/O 芯片及一定数量的 RAM、ROM、简单的输入/输出设备——小键盘, LED 显示器等组装在一块印刷线路板上, 就构成了一个单板计算机。软件配置也较为简单, 一般仅配有监控程序, 较高档的单板机还配有汇编和高级语言。外存储器用盒式录音机, 输出用微型或小型打印机。主要用作教学实验或简单的过程控制。8 位 CPU 大部分用 Z-80 芯片, 组装成的单板机多为 TP801。16 位 CPU 用 8086 芯片, 组装的单板机为 TP86。

(2) 多板微型计算机

一块板子的容量总是有限的, 当作为教学用时, 把键盘、显

示等放在一块板子上是很方便的，但要作其他用时，就不得不进行多方面的改进。改进后的多板机功能和结构都比单板机有很大的提高。主机箱内有专用电源、标准总线以及可供扩展用的多个标准插座。外部设备有标准键盘、CRT 显示器及行式打印机等。多板机有低、中、高三档。

① 低档多板微机系统

低档机以 8 位的为最多，内存普遍为 64K 字节，有多种功能控制板，外部设备使用 CRT，外存储器用 8" 或 $5\frac{1}{4}$ " 软磁盘。广泛用于教学、计算、管理、过程控制等。用 Z-80 CPU 构成的低档机有 TRS-80、MCZ-1/50 等，用 6502 CPU 构成的有 APPLE II 等。

② 中档多板微机系统

这个档次的机器以 16 位（和准 16 位）为最多，内存一般为 512K 字节——1M 字节，有丰富的 I/O 板，外部设备使用 CRT，带有 10M 或 20M 字节的温盘及 $5\frac{1}{4}$ " 软盘，广泛应用于计算、信息管理、实时控制和初级的计算机辅助设计及制造系统等。典型产品为 IBMPC/XT 及其兼容机，还有侧重于测控用的 INTEL86/310 等。

③ 高档多板微机系统

属于这个档次的机器除了各个公司生产的微机开发系统之外，主要是微机工程工作站。当然，对于工作站，至今还没有一个公认的、确切的定义，但是笔者认为，它至少应具备：第一，主机具有很强的处理能力（一般 CPU 是 32 位，速度在 1MIPS 以上）；第二，配有标准的网络接口，速度在 1MB/S 以上；第三，应具有较大的内存（1M 字节以上），还具备虚拟存储的体系；第四，具有高性能的图形终端（分辨率在 1024×1024 个像素以上），有的还配有图形加速器；第五，配有标准的操作系统以支持单用户或多用户的需要（现在最流行的操作系统为 INIX）。工程工作站的发展十分迅速，主要用于 CAD、CAE、智能机器人、图象

处理、网络系统等领域。典型产品有 APOLLO、SUN 等。

(3) 单片机

单片机指在一个芯片上集成了 CPU 及 ROM、RAM、EPROM、CTC、I/O 电路等，只要配以适量的外部设备，就构成了一个微型计算机。它广泛用于简单的控制及各种智能仪表。单片机按片上存储器的形式可分为三种：

① ROM 式

这类产品出厂时已将调试好的程序固化在 ROM 中，这样的单片机实际上已成了专用机，只能用于特定场合。这类产品有 INTEL 公司的 8 位单片机 8048，16 位机 8396 等。

② EPROM 式

这类产品是专供调试用的，片上一般有 1K 字节、2K 字节、4K 字节、8K 字节的 EPROM，其特点是用户可以自行开发软件，修改也比较方便，但相比之下，价格比较贵。代表产品有 INTEL 公司的 8748。

③ 无 ROM、EPROM 式

这种单片机的芯片上既无 ROM 也无 EPROM，但可外接 EPROM，其特点是 EPROM 的容量可以自由扩充，缺点是多占用了 I/O 总线，体积增大，可靠性相对低，但价格却很便宜。这类产品如 INTEL 公司的 8035、8039、8096 等。

INTEL 公司继 MCS—48、MCS—518 位单片机之后，又生产了一种新型的 16 位单片机 MCS—96。

四、微型计算机的发展趋势

(1) 32 位微处理器将日趋成熟。目前在世界上生产 32 位微处理器的厂商已增至 10 多家，但 32 位机仍处萌芽状态，应用领域还只限于工程工作站及高性能的多处理机系统。在最近几年内，办公室自动化、多用户系统、先进的个人电脑、网络服务器等将成为 32 位微处理器的最大市场。现在的 32 位微处理器时钟频率已达到 22~33MHz，估计到 1990 年将会有 50MHz 的微处

理器问世。

32 位微处理器很可能是微处理器字长发展历程中的最后一站，因此，各生产厂商个个都在全力以赴，力争在 32 位机的市场中占有一定地位。

(2) 大规模集成电路制造工艺将会进一步发展。由于 CAD/CAM 技术及其他相关技术的进步，促进了大规模和超大规模集成电路工艺技术的飞速发展。目前，超大规模集成电路技术的微细加工已能达到 $1.5\sim 2\mu$ ，已研制成功了 1M 位的 RAM，预计到 90 年代末，微细加工能达到小于 1μ ，将会出现 16 兆位的 RAM，相应的 I/O 接口芯片的功能也将大大增强。

(3) 将大力发展软件工程，广泛采用面向高级语言的指令系统，以实现软件标准化、模块化，加速软件的开发和应用，提高软件产品的寿命。

当前为微型计算机研制的大多数控制程序是用汇编语言写成的，它们的易读性、易维护性、易修改性、通用性等性能都很差。随着硬件和软件技术的发展，未来的微机应用使用高级语言编写程序的比例将不断增加，使用高级语言，易读、易改、易维护、通用性好，无疑会加速微机的推广应用。

(4) 8 位、16 位、32 位机将会长期共存。有人会问：16 位、32 位微处理器的问世是否会取代 4 位、8 位微处理器？笔者认为衡量产品能否继续生存的唯一标准是性能/价格比及用户对产品性能的要求。32 位微处理器问世已经两年多了，但增长速度并不像预计的那么快，主要原因是用户并不认为 32 位微处理器在多数应用场合是切合实际的、是合乎成本效益原则的。这就是说，因 8 位机价格低廉，在很多场合仍有它的用武之地，“杀鸡不用宰牛刀”。而 16 位、32 位微处理器各自构成系统后，均有自身的应用领域。如果 8 位 CPU 芯片的价格继续下降的话，最终取代 4 位机也是可能的。

(5) VLSI 技术、信息处理技术、计算机技术和软件工程技术之间的进一步相互渗透、紧密结合、综合发展成为一体，从