

微型计算机应用一百例

吴季良 李襄筠 主编



机械工业出版社

内 容 简 介

本书介绍国内外微型计算机在机械、电机、电子、仪表、轻工、化工、冶金、电力等部门中的优秀实例一百多个，是一本推广应用微型计算机很有实用价值的参考书。

全书分为三篇：第一篇介绍微型计算机的应用概况；第二篇介绍实例112个；第三篇介绍国内广泛采用的1位、4位、8位、16位微处理器及微型计算机的详细性能。对从事微型计算机控制、辅助设计计算、辅助试验、辅助管理，以及智能仪表和产品配套的工程技术人员都有极大帮助，也可作为大专院校师生毕业设计参考。

微 型 计 算 机 应 用 一 百 例

吴季良 李襄筠 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $36 \frac{1}{2}$ · 字数 897 千字

1985年5月北京第一版·1985年5月北京第一次印刷

印数 00,001--82,000 · 定价 5.65 元

*

统一书号: 15033·6006

前 言

自从1971年微处理器问世、微型计算机相继诞生以来,便以异常迅速的速度蓬勃发展。十多年来,它的应用已以势不可挡之势遍及社会生产和生活的各个领域,从玩具、电子游戏到宇宙飞船、遥感技术无所不包。微型计算机在人类社会的广泛应用推动了社会的信息化,正在引起地球上的另一次技术革命。它将对我国的四个现代化,对国民经济的技术改造,对产品的更新换代也正在起着日益重要的推动作用。因此普及微型计算机及推广应用扩大其技术经济效益,是当前国内的迫切需要。

本书选编了国内、外应用实例共112个,重点放在微型计算机辅助管理、辅助设计计算、辅助试验、在过程控制、机床数控、智能仪器仪表和其它产品配套中的应用,还有通用微型计算机应用系统介绍等方面。这些实例是由众多的科技工作者从实际工程的考验中优选出来的。作者分别列写于各实例中。每个例子一般均包含问题的由来,硬件系统结构框图及其说明。软件结构或流程图及其说明和系统的评价或技术、经济效益等。

在这112个微型计算机应用例子中,读者不仅能阅读到由微型计算机组成的各种用途的应用系统:如数据采集,过程控制,工厂中分布式多处理机管理和控制;大、中、小自动仓库的管理和控制,产品的材料订购管理、订货合同管理等,办公室事务管理、人事档案管理等;以及各种计算机辅助设计(CAD);各种计算机辅助测试(CAT);各种单机控制——各种机床数控,各种可编程序控制器,焊接机控制,电机、电梯控制,装配自动化,汽车发动机控制;各种仪器仪表智能化配套等等;而且还能了解到各类微处理器其中包括MC14500B、8080A、8084、8085、6800、6805、6502、Z80、2650、TLSC-12A、TMS9900、LSI-11、LSI-11/23、8086、68000以及由它们所组成的多处理机结构在各种系统中的实际应用。

本书的第一篇系为基本知识篇,为读者提供微型计算机的一般综合性知识;在第三篇中介绍了其中主要产品的规格和性能,供设计选用时参考。

本书主要对象是微型计算机应用的用户和从事于微型计算机应用系统开发的科研人员、工程技术人员。也适合于专业管理人员和领导干部研讨有关问题时阅读。并可供大专院校计算机专业和自动化专业的有关师生进行参考。

本书由机械工业部北京自动化研究所严筱钧同志和机械工业部计算机办公室郑仁贵同志主审。参加审稿的还有林启荣、曾英、张长生、王汝范等同志。他们对本书初稿进行了详细的审校,提出了许多宝贵的修改意见。在组织编写过程中,机械工业部北京自动化研究所蔡福元同志给予了热情的支持,在此谨致衷心感谢。

由于我们水平有限,书中定有不少错误与缺点,特别是本书专业范围广、作者人数众多等难免使本书存在一些问题,希望读者批评指正。

编 者

1983.11

目 录

前言

第一篇 微型计算机及其应用概述	1
一、定义	1
二、微处理器和微型计算机的发展概况	2
三、微型计算机的特点	3
四、当前微型计算机的分类、机种及其应用范围	6
五、微型计算机的前景	13
六、分散处理和(分布式)多处理机系统——微型计算机应用系统的重要趋向之一	16
第二篇 微型计算机应用实例	19
引言	19
第一类 通用微型计算机应用系统	19
第1例 数据采集系统和数据分配系统(吴季良 编)	19
第2例 模块化数据采集系统(吴季良 编)	22
第3例 RAMP 微处理器数据采集系统(吴季良 编)	25
第4例 远距离数据采集和测量系统(吴季良 编)	28
第5例 多微型计算机数据采集系统(吴季良 编)	32
第6例 微处理器过程控制系统(戴绪愚 编)	37
第7例 现场编程的标准过程控制器——USC-3000(吴季良 编)	42
第8例 用分布式微处理器控制系统提高可靠性(吴季良 编)	45
第9例 在工业环境应用中的分布式微处理器控制系统(吴季良 编)	47
第10例 工厂设备的多处理机管理和控制系统(吴季良 编)	51
第11例 工业企业中微处理器数据收集系统(董瑞翔 编)	57
第12例 生产过程控制的局部地区网(董瑞翔 编)	60
第二类 微型机辅助管理系统	65
第13例 BCT-4 汉字处理系统(柳维长等)	65
第14例 办公室自动化的新途径——微型计算机文件管理系统(戴兆康等)	68
第15例 微型计算机人事管理系统(赵鹤君等)	73
第16例 轴承订货合同微型计算机管理系统(程恩明)	78
第17例 巷道堆垛机的微型计算机控制系统(覃薇薇等)	81
第18例 汽车厂自动化仓库的微型计算机控制系统(黎业炎)	86
第19例 自动化立体仓库的微型计算机管理(赵鹤君等)	93
第20例 微型计算机在小型自动化仓库中的应用(黎业炎 编)	96
第21例 中型自动化仓库中的微型计算机系统(吴齐等)	98
第22例 自动化仓库计算机库存管理系统(黎业炎 等编)	106
第23例 油库自动化的微型计算机集散系统(刘有孚等)	111
第24例 微处理器在材料订购管理系统中的应用(陈瑜 等编)	116

第25例	使用个人计算机进行订货-交货管理 (孙流芳等)	119
第三类	微型机辅助设计、计算系统	124
第26例	多微处理器系统在绘图机上的应用 (蔡建陵等)	124
第27例	微处理器绘图系统 (唐勇 编)	134
第28例	非矩形区域的网状立体图 (吕同井等)	139
第29例	有限元强度考核的微型计算机辅助计算程序 (邵慰严等)	145
第30例	微型计算机在加速器磁场模拟中的应用 (高国英等)	149
第31例	夏普 (SHARP) 印刷电路板设计系统 (张文焘 等编)	153
第32例	模具的计算机辅助设计和辅助制造系统——武藤三维 交互式图形系统 IGDS (孙德多 编)	155
第33例	微型计算机的图形处理系统——UDA 系统 (张中文 编)	160
第34例	使用个人计算机的简易 CAD (孙流芳 等编)	163
第35例	交互式图形系统设计用的多处理机光栅显示系统 (年付公 等编)	169
第36例	轴承产品设计软件 (程恩明)	172
第37例	用软件代替机械凸轮 (唐勇 编)	175
第四类	微型机辅助试验系统	179
第38例	微型计算机数字图象处理系统 (余松煜等)	179
第39例	数字图象的伪彩色处理 (施鹏飞)	183
第40例	微型机在齿轮传动链误差频谱分析中的应用 (薛延安)	187
第41例	微型计算机在应变测量仪器中的应用 (华东电子仪器厂)	192
第42例	微型机在电子万能材料试验机上的应用 (赵永登)	195
第43例	微型计算机电工环境气候试验数据处理系统 (广州电器科学研究所)	201
第44例	拖拉机试验数据实时处理系统 (付大钧)	205
第45例	微型计算机配置农机试验数据统计分析 (朱树兰等)	208
第46例	微型计算机自动测量高压开关温升值 (徐银盛)	212
第47例	LSI 自动测试仪 (张中文 编)	215
第48例	微处理器在发动机功率计数据采集系统中的应用 (毛剑璞 编)	219
第49例	微处理器轴承动态监测系统 (马挺 编)	223
第五类	微型机在过程控制中的应用	228
第50例	MIC 系列微型工业控制器 (卢楚奎 等编)	228
第51例	微型机 DDC 控制装置在环形炉上的应用 (陈兴仁)	235
第52例	高炉配料微型计算机控制系统 (张敬民)	242
第53例	自由锻造液压机组微型计算机控制系统 (陈衬煌等)	246
第54例	铝板轧机液压厚度调节 DDC 系统 (盛翊智等)	253
第55例	激光多用焊机微型计算机控制系统 (陈锦江)	258
第56例	电阻焊接机的恒流控制 (桂龙生 编)	262
第57例	微处理器控制的电阻焊接机 (桂龙生 编)	266
第58例	Mini-PLC 2型微处理器可编程序控制器 (吴季良 编)	270
第59例	MEMOCON-SC484 微型计算机可编程序控制器 (魏雪华 编)	275
第60例	飞剪控制用的微处理器可编程序逻辑控制器 (张万静 编)	281
第61例	Mr、AROS 弧焊机器人 (杜祥瑛 编)	287
第62例	微型计算机控制的通用机器人 (聂尔来 编)	291

第63例	微型计算机控制的 FANUC 工业机器人 (曲力 编)	295
第64例	工业机器人 Motoman L (曲力 编)	299
第65例	微型计算机在喷漆机器人中的应用 (郝淑芬 编)	305
第66例	Versatran 工业机器人 600 型控制器 (阎滨 编)	311
第67例	专用机器人的微处理器控制器 (吴季良 编)	316
第68例	Pickmatt SCARA 多关节机器人 (杜祥瑛 编)	322
第69例	检测和装配的模块化机器人 (杨瑞林 等编)	325
第70例	盘式供料器的可编程观测系统 (杨瑞林 等编)	332
第71例	带有触觉和视觉的可编程组装设备 (武土新 等编)	337
第72例	自动装配的柔性零件供料系统 (杨瑞林 等编)	341
第73例	微处理器步进电机控制器 (李亚非 编)	347
第74例	微型计算机在电梯控制系统中的应用 (竺子芳等)	352
第75例	电梯群控系统 (魏雪华 编)	356
第76例	电梯控制中的微处理器网络 (狄小平 编)	358
第77例	自动搬运车的控制 (陈国华 编)	362
第78例	微型计算机的发酵控制 (沈锡玉等)	364
第79例	廉价模块式过程控制计算机 (季朝和 编)	368
第六类	微型机在机床数字控制中的应用	371
第80例	微处理器在机床数控装置中的应用 (吴季良 编)	371
第81例	FANUC 高速微处理器数控系统 (吴季良 编)	375
第82例	TOSNUC300 微处理器数控系统 (吴季良 等编)	378
第83例	Actrion III 分布式微型计算机数控系统 (彭炎午 等编)	382
第84例	W & S 公司的 M5350 计算机数控系统 (吴季良 编)	386
第85例	交互式直接数据输入多处理机数控系统 (吴季良 编)	388
第86例	微型计算机铣床程序控制系统 (刘正林等)	392
第87例	顺序控制器机床接口 (吴季良 等编)	395
第88例	使用个人计算机的仿形加工数控 (陈瑞藻 等编)	399
第89例	廉价的微处理器数控两例 (吴季良 编)	402
第90例	印刷电路板数控钻床的微型计算机控制 (吴季良 编)	408
第91例	微处理器控制 (激光切割机) 连续定位系统 (吴季良 编)	412
第92例	微处理器控制的钢板冲孔机 (吴季良 编)	415
第93例	微型机改装铣齿机末控制系统 (吴季良 编)	417
第94例	微型计算机改装铣床末控制系统 (吴季良 编)	419
第95例	直线感应电动机驱动系统 (董瑞翔 编)	422
第96例	多功能数字测长仪 (陈瑞藻 等编)	427
第七类	微型机在仪器仪表及其它产品配套中的应用	431
第97例	微型计算机在 YD-200 型圆度仪中的应用 (黄佩玉等)	431
第98例	微型计算机在 7501 型直读光谱仪中的应用 (吴齐等)	436
第99例	微处理器的模拟数据记录与测量系统 (朱宣信 编)	441
第100例	快速可编多路数据记录器 (朱宣信 编)	443
第101例	热管理用数据记录器 (陈国华 等编)	446
第102例	智能终端 (张中文 编)	449

第103例	微处理器自动调温器 (朱宣信 编)	453
第104例	微处理器控制液氮低温恒温器 (朱宣信 编)	456
第105例	微型计算机控制汽车起重机电力矩限制系统 (黄学平等)	460
第106例	微型计算机飞机发动机温度监测器 (朱宣信 编)	464
第107例	微型计算机发动机控制系统 (张中文 编)	466
第108例	微处理器在柴油机/发电机控制系统中的应用 (朱宣信 编)	470
第109例	发动机多微处理器控制系统 (朱宣信 编)	473
第110例	集成电路晶片探测器用的微处理器控制系统 (冯霄鹏 编)	477
第111例	多品种小批量生产的自动浸渍机 (陈瑞藻 等编)	481
第112例	数字 LCR 测量仪 (张中文 编)	483
第三篇	微处理器及微型计算机介绍	487
一、	Z 80 微处理器	487
二、	8080 微处理器系列	491
三、	6800 微处理器系列	495
四、	6500 微处理器系列	499
五、	MCS-48 微型计算机	502
六、	8086/8088 微处理器	508
七、	8087 微处理器	519
八、	8089 输入输出微处理器	532
九、	Z 8000 微处理器	538
十、	68000 微处理器	552
十一、	LSI-11/24 微型计算机	561
十二、	2900 位片式微处理器	567
十三、	4004 及 4040 微处理器	570
十四、	SM 微处理器系列	572
图例说明		575

第一篇 微型计算机及其应用概述

一、定义

在微型计算机及其应用领域里，人们常常交替地使用“微处理器”“以微处理器为基础的……”“微处理器系统”“微型计算机”“微型计算机系统”等名词，对读者来说，其概念常常容易混淆，从计算机的学术观点出发，有必要把它们的含义弄清，以便于阅读和了解该领域内的有关书刊文章。在以上的这些名词中首先要明确“微处理器(μP 或MPU)”“微型计算机(μC)”和“微型计算机系统”这三者的相互区别及其相互关系。从硬件设备来说：

微型计算机系统 = 微型计算机 + 外围设备（输入/输出设备和外存储器）+ 电源

其中输入/输出设备又可简称为 I/O 设备，它包括 CRT 显示器、打印机等；外存储器包括硬磁盘机和磁带机等，图 0-1 示出一种典型的微型计算机系统结构简图。

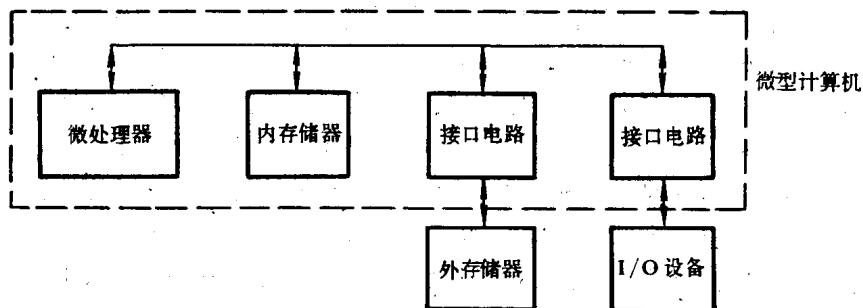


图 0-1 微型计算机系统结构简图

微型计算机 = 微处理器 + 内存储器 + 输入/输出接口电路，见图 0-1 中的虚线部分。

其中内存储器又称主存储器，它包括 RAM（随机存取存储器）、ROM（只读存储器）等，微型计算机中的内存一般由大规模集成电路（LSI）所组成；输入/输出接口电路可简称为 I/O 接口电路，有并行和串行 I/O 电路之分，也可以由 LSI 组成。

微处理器是微型计算机的核心，也就是微型计算机的中央处理部件（CPU），它实际上是一个单片大规模集成电路（在一个芯片上集成几千个乃至几万个晶体管），位片式微处理器则由数片构成。微处理器有时简称为 MPU，它主要包括两个部分：运算器（ALU）和控制器（CU），运算器的主要任务是对指令数据进行算术或逻辑运算，控制器的主要任务是对存在存储器内的连续指令进行取出指令、分析指令并对整个系统发出顺序操作控制信号和同步信号以执行指令。

由于微型计算机都由各种 LSI 芯片组成，故微型计算机又有“大规模集成化的计算机”之称。

在国外书籍中“微处理器系统”所包含的内容与微型计算机的内容没有什么两样，但它包括典型的和专用的。至于所谓“以微处理器为基础的……系统”则不言而喻，自然与“微处理器系统”同义。

有人提出“微型机”是以上诸名词的统称，也未尝不可。

以上仅从硬件方面来考虑，若再把软件考虑在内，则定义便更为完整，它们之间的相互关系（也可以说结构组成关系）如下：（见图 0-2）。

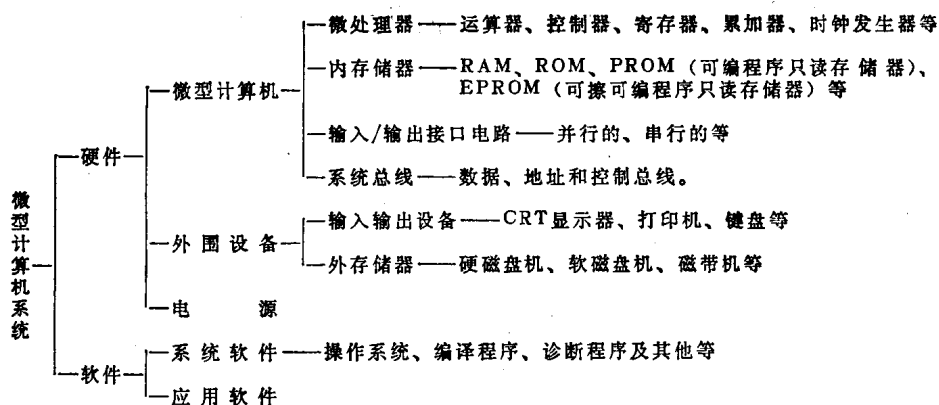


图0-2 微型计算机系统内部结构的组成关系

二、微处理器和微型计算机的发展概况

自从 1971 年美国 Intel 公司首先研制出 4 位的微处理器和以它为核心组成的微型计算机 MCS-4 以来迄今不过十多年的历史，但发展却异常迅速，已经历了五个发展阶段。〔注：由于微处理器是微型计算机的心脏，它的发展可以代表着微型计算机的发展〕。

第一代(1971 年~1972 年) 1971 年的 4004 和 MCS-4 是在台式计算器的基础上研制而成的。虽然它采用了不少小型计算机的结构思想，但它的功能较弱、灵活性较差，因而基本上属于一种可编程序的高级台式计算器。1972 年 Intel 公司又宣布了 8008 和 MCS-8，它比 4004 具有更强的计算能力和灵活性，8 位微处理器更适合于控制应用和数据处理。8008 原来试制的目的是应 Datapoint 公司的要求用于控制该公司的 CRT 显示终端。试制完成后，8008 因速度较慢和当时价格较双极型器件为贵而未被 Datapoint 公司采用；但 8008 是“失败中的成功”的产品，当时 Intel 公司不得已将它投放市场。不久，销售量增加很快，因此它的发展对半导体厂商产生了很大的冲击，它们纷纷以此为转机，竞相发展微处理器。第一代产品的特征：（1）采用 PMOS 工艺；（2）集成度较低约为 2000~2500 晶体管/片；（3）字长 4~8 位并行处理；（4）指令周期 10 μ s~20 μ s；（5）16~24 条引脚；（6）系统结构尚未超出台式计算器范围；（7）性能较低；（8）构成微型计算机最小系统需用 50~60 个电路片。

第二代(1973 年~1975 年) 1973 年末，Intel 公司宣布了 8080 微处理器和 MCS-80 微型计算机，速度比 8008 提高 10 倍，即指令周期 2 μ s，具有 8 级中断功能，微处理器完全摆脱了台式计算器的范围，而具有小型计算机的系统结构。典型产品有 8080 A 和 Motorola 公司的 M6800，还有 Rockwell 公司的 PPS-8、仙童公司的 F8、Signetics 公司的 2650 等。第二代产品的特征：（1）采用以 NMOS 为主的工艺；（2）集成度提高到 5000 晶体管/片；（3）字长 8~12 位并行处理；（4）指令周期 2 μ s；（5）40 条引脚；（6）具有小型机结构形式，如变址、多级中断、堆栈技术等；（7）性能有较大的提高；（8）构成微型计算机最小系统需 15 个电路片。

第三代(1976 年~1977 年) 在第二代 8 位微处理器的基础上研制出提高型 8 位机，功能

要强好多。1976 年 Intel 公司在 8080 A 基础上宣布研制成功 8085, 集成度增高为 9000 晶体管/片, 达到单片微处理器, MPU 内包括时钟, 仍采用 NMOS 工艺, 单电源供电, 构成微型计算机最小系统只需 3 个电路片。第三代另一个典型产品为 Z-80, 是 Zilog 公司在 1976 年也在 8080 A 基础上比 8085 早一些时候研制成功的, 是 8080 A 的一种加强型, 除指令周期为较快的 $1.6\mu\text{s}$ 外, 指令系统有所扩充, 内寄存器数有所增加, 还有上述 8085 的优点。8085 和 Z-80 都与 8080 A 的软件兼容。Motorola 公司还于 1977 年宣布它的提高型 8 位机 6802, 集成度 12000 晶体管/片, 是单片微处理器, 它包括时钟发生器和一个 128 字节的 RAM, 软件和其他支持部件与 6800 全部兼容, 采用 NMOS 工艺, 构成微型计算机最小系统只需两个电路片 (MC6802 + MC6846), 被称为“双片机”。第三代的另一个标志是出现了单片微型计算机, 即把 MPU、ROM、RAM、I/O 接口和时钟发生器等部分做在一块电路片上, 如 Intel 公司 8048/8748、Motorola 公司的 6801、TI 公司的 TMS1000、Rockwell 公司的 PPS-4/1、Mostek 公司的 3870 等都是。这种机种价格较廉。在此期间也出现了早期的 16 位微处理器, 如 TI 公司的 9900/9980, 有的由小型机微型化而来的, 即把小型机 CPU 进行 LSI 化, 如 DEC 公司的 LSI-11、DGC 公司的 Micro NOVA, 它们的性能相当于小型机中的低挡机。

第四代(1978 年~1980 年) 从这一代起, 微型计算机便进入超大规模集成电路(VLSI) 时代。1978、1979 年美国三个公司相继研制成功了高速高性能的 16 位微处理器, 其中包括有 Intel 公司 1978 年宣布的 8086, Zilog 公司 1979 年宣布的 Z 8000 和 Motorola 公司 1979 年年底宣布的 MC68000, 它们的综合性能超过 8 位机 5~10 倍, 指标已经超过低档的小型机 PDP11/34, MC68000 甚至超过中档机 PDP11/45 的性能, 它们的集成度大大地提高了, 达到 VLSI 电路, 在每边为 $1/4$ 英寸的小芯片上集成了 29000~68000 个晶体管。它们的指令周期加快为 $0.4\mu\text{s}$ ~ $0.75\mu\text{s}$, 都采用高速高密度的 HMOS 工艺, 时钟频率达 5~8 Hz, 引脚数达 64 条 (68000)。这些高速高性能 16 位微处理器的研制成功标志着微处理器进入了新一代, 它们的价格比小型机低 1~2 个数量级而性能已达到中高档机, 它们已向小型机发起了挑战。

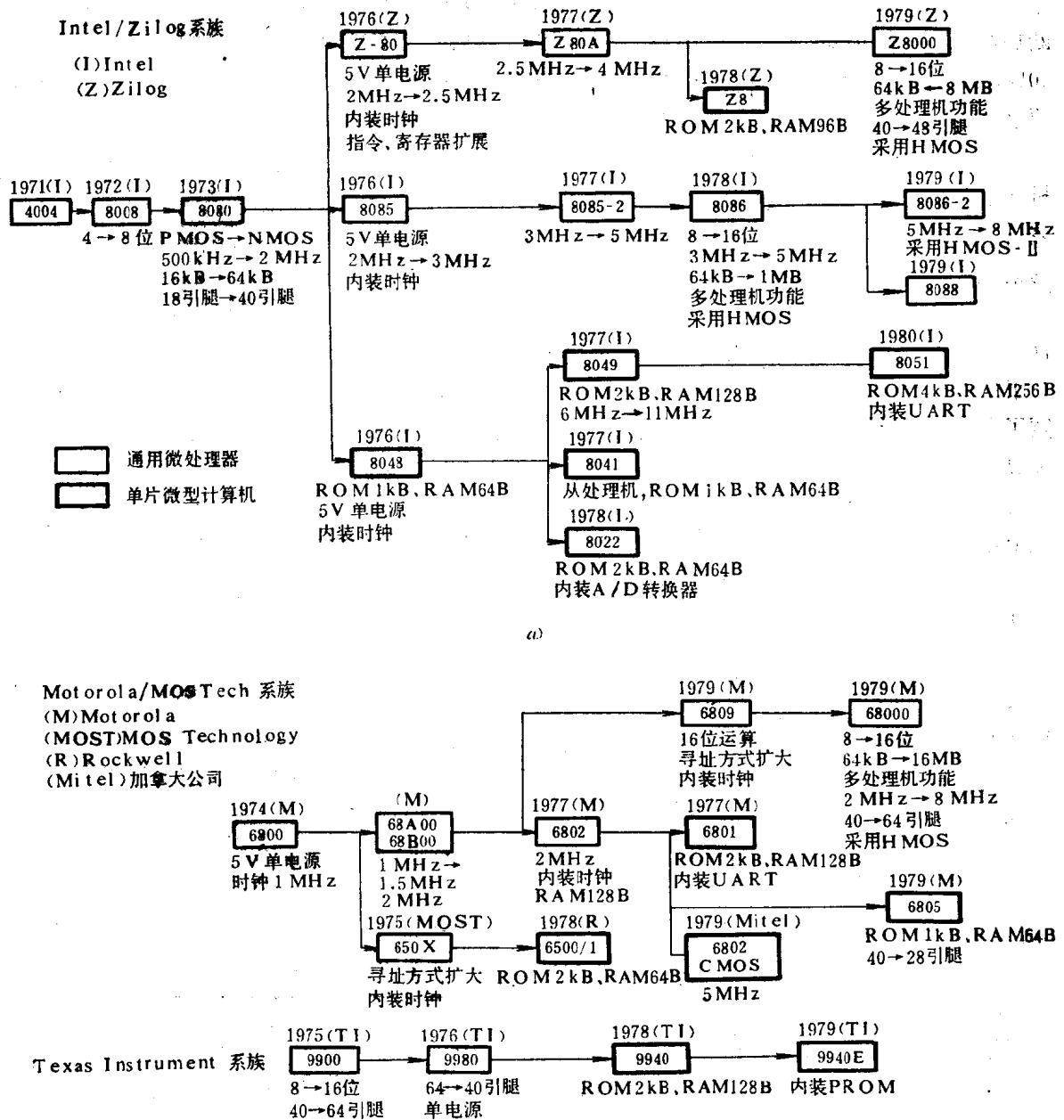
在此期间, 国外还出现一种带 16 位内部结构的 8 位微处理器, 它们可以进行 16 位操作, 但具有外部 8 位地址和数据总线, 它们的型谱是处于高档 8 位机和完全 16 位机之间, 如 Motorola 公司在 1979 年宣布研制成功的 8 位机 6809, 它具有 16 位运算的能力, 达到最低档的小型机能力, 它的寻址能力相当完善, 具有 16 种寻址方式。同年年初 Intel 公司也宣布了一种同类的微处理器 8088。

第五代(1981 年~现在) 1981 年 Intel 公司研制成功第一台 32 位微处理器样品, 型号为 iAPX432, 集成度达 100000 晶体管/片, 32 位乘法时间只需 $5\mu\text{s}$ 而 8086 则要 $2100\mu\text{s}$, 该机性能已与大型机相比, 故有“微-大型机”之称。

图 0-3 示出主要通用微处理器和微型计算机的发展历程图。

三、微型计算机的特点

如前面所述, 微型计算机是由作为中央处理单元的微处理器、内存存储器、输入/输出接口电路加上总线构成的, 微处理器起码是由能够进行算术运算、逻辑运算和判定控制等功能的运算器和控制器组成, 微型计算机加上外存和外设以及电源、软件等就构成微型计算机系统, 所以微型计算机在基本工作原理及其基本功能方面与一般计算机没有什么本质区别。差



a)

b)

图0-3 主要通用微处理器和微型计算机的发展历程图

别是在处理数据的能力、规模和速度上。过去由于微型计算机的字长、存储容量和 MOS 电路工艺等使其处理能力、规模和速度上均不如通用和小型计算机。但由于微电子技术的不断发展,采用超大规模集成电路,采用高密度大容量的固体存储器、采用较快速度的 HMOS 工艺和双极型工艺,上述三方面的指标也正在大力改善,使微型计算机的性能有逐渐向高档计算机靠拢的趋势。由于微型计算机采用了 LSI 和 VLSI 电路,具备计算机的基本功能,故微型计算机有以下的特点。

(一) 规模虽小,但数据处理的功能是完整的,故它具有计算机的通用性和灵活性。

(二) 由于国外制造商不断增多, 它们之间开展销售竞争, 由于 LSI 电路的工艺性不断提高以及 LSI 电路的大批大量生产特点, 微型机的价格不断下降。平均每年降低 20%~30%, 见图 0-4。微型计算机的价格要比小型机便宜一、二个数量级。

(三) 据统计, 七十年代在美国, 微型计算机各芯片集成度每两年翻一翻, 这可由表 0-1 和表 0-2—Intel 和 Motorola 公司十年来典型产品的集成度增长来说明。

由于集成度的不断提高, 微型计算机的可靠性也不断地提高, 处理能力也不断加强 (这是因为集成度提高使存储器容量加大了, 数据通道加宽了, 内部寄存器数目和字长扩大了, 数据种类和寻址方式加多了, 寻址范围加大了等等)。目前可靠性已高于小型机, 16 位的第四代性能也已赶上小型机。

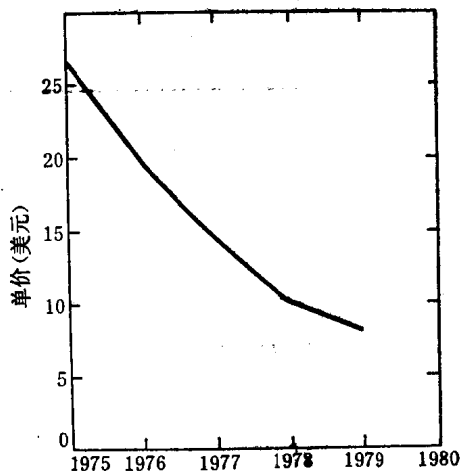


图0-4 8080微处理器价格趋向图

(四) 由于微型计算机采用 LSI 和 VLSI 电路, 它的体积小、重量轻、功耗低, 因而便于管理和维修。

(五) 正象发展概况所介绍的, 微型计算机指令周期在不断下降, 工作速度不断提高, 16 位的第四代速度已超过中档小型机, 例如 MC68000 最小指令执行时间为 $0.5\mu s$ 而 PDP11/45 则要 $0.9\mu s$ 。

(六) 微型计算机或微处理器系统可以灵活、方便地扩充或缩小, 面向任务需要的适应性较强。

(七) 微处理器的性能指标可用下式计算:

$$\text{性能指标} = \frac{\text{字长} \times \text{指令数目}}{\text{芯片面积} \times \text{功耗} \times \text{指令周期}}$$

表0-1 Intel 公司十年来的典型产品集成度

年 代	产 品	位 长	集 成 度
1971~1972	4004, 4040	4 位	2000 晶体管/片
1973~1974	8080	8 位	5000 晶体管/片
1975~1976	8085	8 位	9000 晶体管/片
1977~1978	8086	16 位	29000 晶体管/片
1979~1980	iAPX 43201	32 位	100000 晶体管/片

表0-2 Motorola 公司十年来的典型产品集成度

年 代	产 品	位 长	集 成 度
1971~1972	定做专用		2500 晶体管/片
1972~1974	6800	8 位	5000 晶体管/片
1974~1976	6802	8 位	12000 晶体管/片
1976~1978	6809	8 位 (内部16位)	15000 晶体管/片
	6801	8 位	40000 晶体管/片
1979~1980	68000	16 位 (内部32位)	68000 晶体管/片

并对 Intel 系族 8008、8080、Z-80、8086 四代产品作了一番计算, 计算结果 (见图 0-5) 发现微处理器每更新一代, 性能指标提高 10 倍, 可见其技术性能发展之快, 绝非其前辈 (过去计算机) 之所能比 (计算机自 1955 年到 1964 年的十年内, 性能只提高 10 倍), 微型计算机技术性能迅速发展堪称是划时代的。

四、当前微型计算机的分类、机种及其应用范围

微型计算机可有多种分类方法: (一) 按组成微型计算机的元件数分有单片的、双片的、通用多片的和位片的以及单板的和多板的;

(二) 按集成电路制造工艺分有 PMOS、NMOS、HMOS、CMOS、双极型、I³L; (三) 按一次并行处理数据的位数 (字长) 分有 1 位、4 位、8 位、16 位和 32 位的。

(一) 图 0-6 示出按组成微型计算机芯片数分的 4 种微型计算机简图。

1. 通用多片微型计算机 这一类机种就是包括目前市场上流行的 8 位、16 位机, 它的结构特点往往是具备一个 CPU (多数是单片的), 三条总线 (图中只示出数据和地址总线), 包含有 ROM、RAM 和一个典型的接口芯片 PIA (并行 I/O 接口), 后者与外设相连接。有少数目前尚在沿用的早期机种, 它的时钟发生器还在 CPU 之外, 新型机种则时钟组合在 CPU 之中。以后读者将要看到这一类机种用途最广, 特别是在机械工业自动化中, 占绝大部分。这类机种的典型代表有 Intel 8080、8085、8086, Zilog Z-80、Z-8000, Motorola 6800、6809、68000, MOS Technology 6502 等。

2. 单片微型计算机 由于 LSI 技术的进展, 现在能够把组成微型计算机的系统元件集成于一个 LSI 芯片内。它可以包括一个 CPU、一个时钟、用作程序存储器的 ROM、用作读/写存储器的 RAM 和 I/O 接口电路以及其他附加电路, 如可编程定时器、再起动电路等。晶体振荡器往往还置于片外。单片微型计算机至少备有三根 8 位 I/O 总线以与外设通信, 可以直接相连。本机种主要用于小规模设备和民生消费品中, 在该领域以尽量减少元件数来降低价格为特点。计算机程序一般地存入可编程只读存储器 (PROM) 之中, PROM 的容量往往小于 1000 存储单元。这些微型计算机的基本要求是价廉, 因此其操作速度相对来讲是比较低的。本机种的典型代表有 8 位的 Intel 8048/8748、8049、8051、8022, Mostek 3870 (Fairchild 单片 F8), Zilog Z8, Motorola 6801、6805 和 4 位的 Texas Instrument TMS1000, Rockwell PPS4/1, 单片微型计算机价格低, 批量订购每片可低至 1 美元左右。

3. 双片微型计算机 它是介于单片微型计算机和通用多片机之间, 其中 MPU 芯片类同于通用多片机的 MPU, 但多加了一些电路如时钟和 RAM; 另一个芯片则把 ROM、I/O 接口还可以有定时器等其他电路集成在一起。有的 MPU 还加入了部分 I/O 能力而无 RAM。这样两个芯片即可组成完整的微型计算机。正像单片微型计算机那样, 双片机的存储器容量有限, 如 ROM 不超过 2kB (字节), RAM 不超过 512B。虽然从功能观点来讲, 本机种似乎等效于单片机, 但从性能角度来看, 则截然不同。它的操作速度、性能不亚于通用多片机。它和通用多片机一样也可以集装在一个单板机上, 在单板机上存储器容量和 I/O 能力

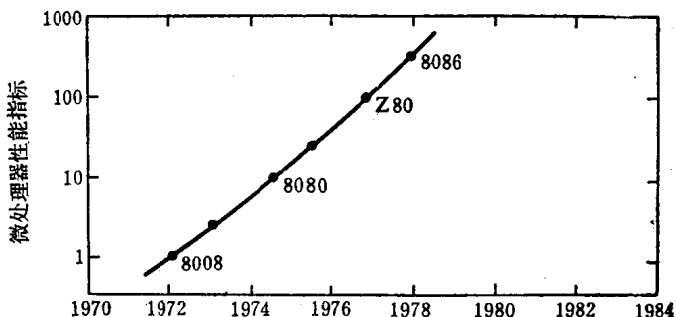


图0-5 微处理器性能指标

可以扩充。本机种的典型代表有 8 位的 Motorola 6802, Fairchild 双片 F8 和 4 位的 Rockwell PPS4/2。

以上三类机种的市场情况不同：通用机的市场是在需要复杂程序或高性能的应用领域，单片机则在简单工业控制领域，而双片机则在只需要有限存储容量的高性能应用场合，介乎前两者市场领域之间。

4. 位片式微型计算机 本机种的“位片”虽然也是 LSI 器件，但它不宜称之为微处理器 (ALU + CU)，只宜称位片处理机 (bit-slice Processors)。1 个位片约有 2 位或 4 位。用位片来实现处理机是非常简单的，基本上把几个位片串联组合成一个带寄存器的运算器 (ALU)，几个 4 位的位片串联起来可以组合成任意字长 (4 位、8 位、12 位、16 位等) 的处理机，但它不包括控制单元。位片处理机系统的控制部分必须由外部器件来实现，而且控制方法一般是微程序设计的。位片式微型计算机的真正复杂性并不在于处理机本身的组合而是在于控制单元及其有关电路，如循环计数器、译码器、条件逻辑、多路转换器和总线管理。一套完整的控制处理单元的实现往往需要 20 到 50 个组件。位片式的缺点是计算机没有预定的指令系统，因为预定指令系统一般需要知道字长 (以便置标志，处理带符号的运算等)，所以必需由用户来编制微程序。位片式微型计算机的主要用途是在要求计算机具有高的操作速度的场合，大部分位片处理机采用双极型的肖基特 TTL 或 ECL 工艺制造的，它们的速度要比一般 MOS 电路快得多，一条典型指令的执行时间只要 100~200ns，不计位数。本机种的典型代表有 Intel 13000、AMD2901、Motorola MC 10800 等。

(二) 单板微型计算机 (简称单板机) 自从 1972 年微处理器问世之后，发展异常迅速，应用领域和要求掌握和使用微处理器技术的人愈来愈多，如何以最短的时间内设计出一个软硬件性能好，成本低的微型计算机应用系统是设计者最关心的问题，1976 年第一块单板微型

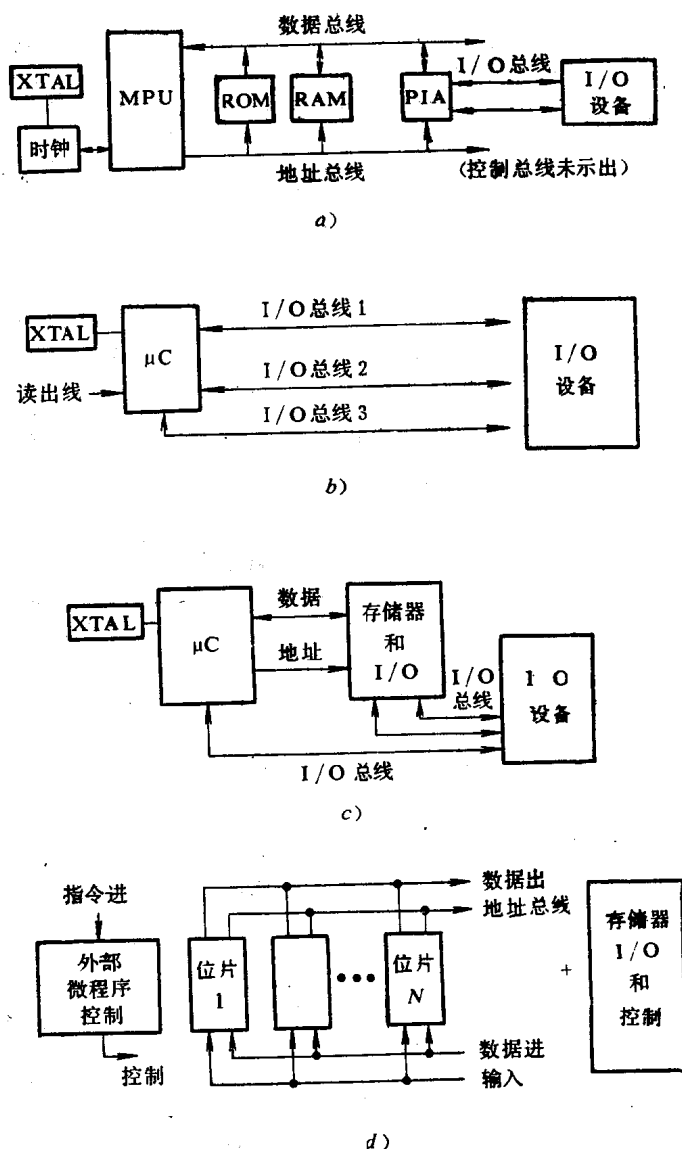


图0-6 四种基本的微型计算机简图

a) 通用微型计算机结构 b) 单片微型计算机
c) 双片微型计算机 d) 位片式微型计算机

计算机 ISBC80/10 的出现开始有效地解决了上述问题。所谓单板机 (Single Board Micro-computer) 是指在一块印刷电路板 (PCB) 上装有计算机的主要部分: CPU、存储器 和 I/O 电路。由于所用的 CPU 功能各不相同, 所配的存储器的容量和 I/O 数量种类也各有异, 就可以形成由低档到高档的不同性能的单板机系列, 以供不同的用户选用。单板机本身具有 OEM 产品的特点, 为微型计算机的应用开辟了广阔的途径。用户可以极容易地从它获得具有计算机功能的一种处理或控制部件。目前绝大多数的单板微型计算机由较流行的 8 位或 16 位的通用多片机或双片机组成, 因此它们的性能和用途同多片机。表 0-3 示出国内外主要单板微型计算机的主要性能和特点。其中 Motorola 的 MEK-D 系列属于集中型单板机, 即计算机的处理、存储、输入、输出 (键盘、显示) 等功能连同所配备的完整的系统监控程序, 全部集中在一块插件板上。有的本身自带或可外接某些外设 (如键盘、字符显示器、电传打字机、CRT、和音频盒带机等)。故它们是一套完整的微处理器系统, 是一种微型计算机, 具有一定的软件和硬件开发能力。其余的属分散型单板系统, 它们的设计出发点在于把微处理器系统的组成推向标准化、积木化、系列化、可扩充化、多样化, 可以组成不同用途的系统, 适于各种领域的应用。

(三) 多板微型计算机 一块板子的容量总是有限的, 为了满足需要更复杂的处理和制功能的应用场合, 往往需要扩展单板微型计算机的功能, 因而许多公司又设计了各种不同

表0-3 国内外主要单板微型计算机的主要性能和特点

公 司	型 号	MPU	RAM 容量 (字节)	ROM 容量 (字节)	并 行 I/O 线	串 行 I/O 接口数	时钟频率 (MHz)
Apple Computer	A2B0004X	6502	4 k/48 k	0/12 k	0	1	1.023
Cromemco	SCC-W	Z-80A	1 k	0/8 k	24	1	4
DEC	KD11-F	LSI-11	4 k/4 k	0	0	1	2.6
Intel	iSBC 80/04	8085 A	256	2 k/4 k	22	1	1.855
	iSBC 80/05	8085 A	512	2 k/4 k	22	1	1.966
	iSBC 80/10A	8080 A	1 k	0/8 k	48	1	2.048
	iSBC 80/20	8080 A	2 k	0/8 k	48	1	2.15
	iSBC 80/30	8085 A	16 k	0/9 k	24/48	1	2.76
	iSBC 86/12	8086	32 k	0/16 k	24	1	5
Motorola	M68MM01	MC6800	1 k	0/4 k	60	0	1
	M68MM01A	MC6800	1 k	0/8 k	40	1	1
	M68MM01B	MC6802	128	0/8 k	26	1	1
	M68MM01B1A	MC6802	128/384	0/8 k	26	1	1
	M68MM01D	MC6800	0/10 k	0/10 k	8	1	1
	M68MM19	MC6809	0/8 k	0/12 k	16	1	2
	MEK6800D I	MC6800	750	0.5 k/1 k	16	1	1
	MEK6800D II	MC6800	4 k	1 k/2 k	32	1	0.614~1
	MEK6802D3	MC6802	375	2 k	8	0	0.8948
	MEK6802D5	MC6802	1 k	2 k/4 k	32	1	0.895
	MEK6809D4	MC6809	5 k	32 k	16	1	1.11
TI	TM990/180M	TMS9980	0.5 k/1 k	2 k/4 k	24	1	2.5/3
	TM990/100M	TMS9900	0.5 k/1 k	2 k/4 k	16	1	3
Zilog	Z-80-MCB	Z-80	4 k/16 k	0/8 k	16	1	2.47
机械部自动化所	Y68MM01A	MC6800	1 k	4 k	32	1	1
	Y68MM01B1A	MC6802	256	4 k	20	1	1

功能的扩展板,在上述集中型单板机系统中,有的也用了二块插件板,至于为了配套扩展分散型单板系统,常设计下列的一些扩展板,如ROM(包括EPROM)或RAM存储器扩展板、I/O扩展板(包括数字I/O板和模拟量I/O板)、外存控制器扩展板、高速A/D或D/A组件扩展板、通讯控制扩展板等。Intel公司和Motorola公司均提供了上述各种专用功能的扩展板。因此不仅单板微型计算机本身可以根据需要选用,扩展板也可以根据需要选用。品种丰富的单板机和扩展板构成了一个完整的单板系列。选用这个系列的若干品种,用户就能方便地“裁剪”出适合自己需要的应用系统。如果觉得原来的系统不能满足需要,那末还可以进一步选用功能更强的品种插入到原来的系统中去,扩大应用系统的能力。代表性例子有机械工业部自动化所开发的Y68MM03-32位I/O板、Y68MM04-ROM/EPROM功能板、Y68MM06-2kB静态RAM板和Y68MM20-2个PIA并联接口功能板, Motorola公司的M68MM11-RS232-TTY板、M68MM14A-3MHz算术部件板和M68MM15A——高速A/D组件板,日立公司的H68DB03——调试板、H68MV01——TV接口板、H68FD03——软盘控制器板, Intel公司的iSBC534——4通道通讯扩展板、iSBC544——智能通讯控制器板等等。

(四) 微型计算机电路按制造工艺分为:

1. PMOS 早期的微处理器集成电路均采用PMOS(P沟道金属-氧化-半导体)工艺,它是一种较老的工艺,但较经济。PMOS的集成度可达15000晶体管/片,但是它的速度比所有的新工艺要慢。采用该工艺的芯片要求一个以上的电源电压。由于PMOS是一种老的而又是成熟的工艺过程,它常常被使用于很复杂的电路,因为设计制造PMOS芯片的成功概率很高。

2. NMOS(N沟道MOS) 当前它是制造微型计算机电路最常用的工艺。NMOS处理机比同类型的PMOS处理机操作速度快一倍,执指周期约 $1\mu\text{s}$ 左右。NMOS处理机只需单电源电压(+5V)。

3. HMOS(高性能MOS) 它是相当新的工艺,比NMOS集成度高一倍,也比NMOS快(最短门延迟时间为 0.5ns 而NMOS为 4ns),只需要单电源电压(+5V)。它的功耗比NMOS小但比CMOS大一些。

4. CMOS(互补MOS) CMOS电路采用了PMOS和NMOS晶体管的组合方式以获得很低的功耗和高的抗干扰度。CMOS较PMOS快,比NMOS慢,集成度低于NMOS。CMOS微型计算机能工作于2~12V之间的任何电源电压,它一般用于低功耗的装置上。

5. 双极型 双极型微型计算机电路工艺主要采用低功率肖特基TTL电路以获得高速度的操作。双极型微型计算机的指令执行时间往往是 $70\sim 100\text{ns}$,比NMOS的 $1\mu\text{s}$ 要快得多,但它的集成度较差,不能做成单片CPU,因此只用于位片式微型计算机,后者比其他微型计算机需用更多的集成电路片。双极型工艺中也有采用ECL的,它的速度还要高,属非常高速型。

位片元件电路也有采用 I^2L (集成注射逻辑)工艺的。它与肖特基TTL速度相当。与上述双极型比,它的集成度较高,功耗较低,适用于消费市场如袖珍计算器和数字电子手表。

6. I^3L (等平面集成注射逻辑) 它比 I^2L 的速度为高,集成度为 $250\text{门}/\text{mm}^2$ 。目前采用 I^3L 的微处理器具备有 10MHz 时钟和16位字的操作。

(五) 微型计算机按字长分有1位、4位、8位和16位的。微型计算机字长是一个很重要因素,它决定一个选用的计算机是否有足够速度能满足所指定的应用系统。一般地讲,微型计算机字长愈大,信息处理速度愈快。

1. 1位微型计算机 1位微型计算机主要用途是从工业器件如继电器或限位开关接受开关信号并在此输入基础上完成逻辑运算,输出顺序控制设备用的开关信号。1位微型计算机执行4位长的指令。这些指令一般包括简单的逻辑运算。计数和定时运算须由外器件来完成。有的1位微型计算机还具备转移、分支程序、子程序、简单的算术运算和数值比较等功能。它非常适合于构成可编顺序控制器(也有称做可编程序控制器)(PC),后者可应用于各种工业部门,用来实现单机自动控制、多机群控和生产自动线控制。1位微型计算机采用CMOS工艺,功耗小、价格便宜,指令只有十多条,编程简单。1位微型计算机可采用5个组件(电路片)构成最小系统的组成,包括1位微处理器、由ROM或RAM组成的存储器、程序计数器、输出锁存器和输入选择器。1位微型计算机对复杂的运算和并行数据处理是不适用的,只适用于进行判断或顺序控制的场合。典型的机种有Motorola公司的MC14500B。

2. 4位微型计算机 有单片机,也有双片机和多片机,但多数是单片微型计算机。与8位机相比,作同一工作的程序就需较长时间,再加上多数采用PMOS工艺,故指令执行速度较低。它的特点是电路功能有限、4位数据操作、一般是专用的固定程序、RAM和ROM容量很小、有限的I/O和扩展性较差。它适用于廉价的、最简单的、算术运算不多的和低速处理的器具控制,如家用电器(洗衣机、微波炉等)、商用机(如现金出纳机、售货点终端等)、计算器、玩具和简单仪器等。本机种目前还在大量生产,价格低,属于极低档机,典型产品有TI公司的TMS1000、Rockwell公司的PPS4系列、日本电气公司的 μ COM和Intel公司的4040等。

3. 8位机 信息交换代码是8位,在处理以字节(一般为8位)为单位的数据这一点上,字长8位微处理器是有利机种,目前绝大多数8位机采用较快的和集成度较高的NMOS电路,它工艺较为成熟,且8位微处理器的LSI支援电路系列较齐全,软件较完备,能适应许多领域的应用,特别能满足既需要算术运算又需要逻辑运算的场合,故目前8位机品种最多,使用最广,是最为成熟的一类微型计算机。8位机主要分为二类:

(1) 单片8位机 它的特点是有一定的电路功能、一般有2kB的程序存储器ROM和128B的数据存储器RAM、有扩大的I/O和有一定的扩展性。故性能比4位机为强,适宜于面向工业的应用,如仪器仪表、外围设备控制器、机器控制和汽车等耐用消费品等。本机种也是大量生产,价格低,属于低档机。典型产品有Intel 8048/8748、8051、8022, Mostek的3870, Zilog Z8和Motorola的6801等。

(2) 通用多片8位机 它的特点是有相当强的电路功能、可达64kB的ROM和64kB的RAM、有相当强的I/O能力、一般要求有中断、直接存储器存取(DMA)功能,可带外设、扩展性较好,适用于商业和实时控制如智能终端、工业生产控制(如数控、顺控、过程控制、工业机器人控制、自动检测等)、小型和个人计算机以及简单或局部管理系统。本机种系中等生产量、中等价格,属于中档机。典型产品有Intel的8080A、8085和8088, Motorola的M6800系列和M6809系列, Zilog的Z80系列, Rockwell的650X系列和Signetics的2650系列等。

4. 16位机 它有非常强的电路功能(新型高性能16位微处理器采用VLSI和高速高密