



普通高等教育“十三五”规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

微机原理与单片机 接口技术

◆ 李精华 梁 强 主编 ◆ 嵇建波 主审

Electronic Information
Science and Engineering



第 4 卷

 中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十三五”规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

微机原理与单片机接口技术

李精华 梁 强 主编

嵇建波 主审



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从“微机原理”与“单片机原理”两门课程的共性出发,结合当前高校微处理器教学趋势和学生的学习兴趣及掌握的难易程度,将这两门课程的教学内容进行合并。本书从介绍微处理器的基本结构和工作原理入手,简单介绍了 8086 微处理器的基本知识,侧重介绍当前高校重点讲授的 51 单片机微处理器的相关知识。全书共 10 章,主要包括:微处理器技术简介、8086 微处理器及其体系结构、MCS-51 系列单片机基本结构、8086/8088 及 51 单片机汇编指令系统、单片机 C51 语言程序设计、微处理器控制系统的人机接口设计、微处理器中断及定时/计数器应用设计、微处理器控制系统通信设计、微处理器控制系统的接口扩展、微处理器控制系统实验设计。本书提供配套 PPT、案例程序、部分习题参考答案。

本书可作为应用型本科院校和高职高专院校电子信息类各专业的教材,还可供从事电子技术的工程技术人员学习、参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与单片机接口技术 / 李精华, 梁强主编. —北京: 电子工业出版社, 2018.8
ISBN 978-7-121-34273-8

I. ①微… II. ①李… ②梁… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②单片微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 109336 号

策划编辑: 王晓庆

责任编辑: 王晓庆

印 刷: 北京七彩京通数码快印有限公司

装 订: 北京七彩京通数码快印有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19 字数: 548 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010)88254113, wangxq@phei.com.cn。

前 言

高校开设的“微机原理”课程以 Intel 8086 CPU 为主线,系统讲述微型计算机系统的基本组成、工作原理、指令系统及汇编语言程序设计、半导体存储器技术、硬件接口技术和总线等技术,让学生建立微型计算机系统的整体概念,并从 PC 应用系统的角度了解其软件体系和相关接口。而高校开设的“单片机原理”课程以最通用的 MCS-51 系列单片机为主讲对象,主要介绍单片机的硬件结构、指令系统及汇编语言程序设计(或单片机 C 语言程序设计)、系统扩展与接口技术等内容。微机接口部分与单片机的接口部分基本相同,只不过微机接口的复杂度比单片机的高;微机原理的接口编程基本是使用汇编程序设计的,而单片机的接口程序设计不但可以使用汇编程序设计,而且可以使用单片机 C 语言编写程序,这是单片机接口的最大优势。

基于 Intel 8086 微机的体系结构对于非计算机专业学生来说要求不高,而且与非计算机专业学生的专业课程衔接没有直接的联系,8086 汇编语言对学生学习来说难度大,教师的教学效果也不理想,社会上各种中低层次的控制系统设计中使用 8086 的也不多。基于 Intel 51 核的单片机原理相对 8086 微机原理要简单得多,学生设计应用 51 单片机做控制系统比基于 8086 的控制系统要多得多,社会上的一些简单控制系统基本也使用单片机,学生学习单片机进入社会应用领域的机会也会多得多。很多学校在大一或者大二就学习了 C 语言编程,学生在学习单片机的时候使用单片机 C 语言编程就比使用汇编语言容易上手,本书的应用案例使用单片机 C 语言进行编程,学生比较容易接受。本书兼顾专业课程体系的需要,既安排了一定章节介绍微机原理的基本知识,又能比较全面地学习单片机的相关知识。

本书将“微机原理”与“单片机原理”两门课程的内容合并,与同类教材相比,本书具有以下特点。

(1) 知识点全面。

本书全面地介绍了微处理器的发展历程,既介绍 8086 微处理器的硬件结构,又介绍 MCS-51 单片机的硬件结构,有利于学生对这两种处理器进行比较学习;既介绍汇编语言,又介绍单片机 C 语言编程,有利于学生对这两种语言进行比较学习。本书还结合当前实用的接口技术进行了较全面的介绍,有利于学生创新设计。

(2) 理论够用为度,着眼于应用。

结合应用型本科和高职高专教育的特点,本书在编写时按照贴近目标、保证基础、面向更新、联系实际、突出应用,以“必需、够用”为度的原则,突出重点,注重学生的操作技能、分析问题、解决问题的能力培养。

(3) 内容安排合理,注重学生学习需要。

本书先从介绍微处理器的基本结构和工作原理入手,简单介绍了 8086 微处理器的内部结构及引脚功能和汇编指令,重点介绍 51 单片机微处理器的硬件系统、单片机 C51 语言程序设计、微处理器控制系统的人机接口、系统扩展及综合实验设计,并结合当前实用的新接口技术进行说明,力图达到学以致用效果。为了方便教学和学生学学习,在本书的案例分析中对所涉及的元器件、电路图、程序流程图及程序代码都进行详细介绍。

全书由 10 章和 4 个附录组成。嵇建波教授对本书的编写进行了总的技术指导，李精华教授对本书的编写思路进行了总体策划和全书统稿，并编写了本书的第 1、4、10 章和附录 D 的内容，梁强副教授对本书各章节进行了全面的校对和阅读，并编写了第 5、6、9 章的内容，第 2、3 章由丘源编写；第 7 章由庞前娟编写，第 8 章由黄书童编写，附录 A、B、C 由陈少航编写。

本书所用案例都经过实验调试，特别是第 10 章微处理器控制系统实验设计提供了很多实验案例，有利于教师的实验指导和学生学习，本书为桂林航天工业学院的微处理器实验提供了技术支持。本书提供配套 PPT、案例程序、部分习题参考答案，请登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 注册下载，也可联系本书编辑 (010-88254113, wangxq@phei.com.cn) 索取。

本书在编写过程中查阅和参考了相关参考文献和其他资料，从中得到很多帮助和启示；还得到“2017 年桂林航天工业学院校级重点课程建设项目基金”和全套的实验板与元器件的资助，在此对为本书提供帮助的资料作者和单位表示深深的感谢。微处理器技术是在不断发展的，相应的教学内容和教学方法也应不断改进，其中一定有许多问题值得深入探讨。我们真诚地希望广大读者对书中的错误和不妥之处给予批评指正。作者 E-mail: lijh@guat.edu.cn。

编者

2018 年 7 月

目 录

第 1 章 微处理器技术简介	1
1.1 微处理器简介	1
1.1.1 微处理器的内部结构	1
1.1.2 微处理器的工作原理	2
1.1.3 微处理器的时钟	2
1.1.4 微处理器的发展历程	3
1.1.5 微处理器的特点、分类及应用	5
1.2 单片机基本概念	5
1.2.1 单片机的分类	6
1.2.2 MCS-51 系列单片机	7
1.2.3 Atmel 的 51 系列单片机	8
1.2.4 STC-51 单片机	8
1.2.5 51 单片机产品标号与引脚信息	9
1.2.6 单片机的应用	10
1.3 微处理器控制系统的开发流程与开发工具	11
1.3.1 51 单片机控制系统的开发流程	11
1.3.2 Keil C51 开发工具简介	12
1.3.3 Proteus 软件使用简介	12
1.3.4 单片机开发仿真器	13
1.3.5 编译器	13
本章小结	13
习题一	13
第 2 章 8086 微处理器及其体系结构	15
2.1 8086 微处理器的内部结构	15
2.2 8086 微处理器的工作模式	16
2.3 8086 微处理器的引脚功能介绍	17
2.3.1 公共引脚	18
2.3.2 最小模式下的引脚	19
2.3.3 最大模式下的引脚	20
2.4 8086 微处理器的存储器	20
2.5 8086 微处理器的总线时序	22
2.6 8086 微处理器的 I/O 寻址方式	23
2.7 8086 微处理器的内部寄存器	24
本章小结	26
习题二	26

第3章 MCS-51 系列单片机基本结构	27
3.1 MCS-51 单片机的引脚功能介绍	27
3.2 51 单片机的硬件结构	30
3.2.1 中央处理器	31
3.2.2 存储器结构	34
3.2.3 输入/输出端口	40
3.2.4 时钟电路和 CPU 时序	44
3.2.5 复位电路	45
3.3 51 单片机最小系统	47
本章小结	47
习题三	48
第4章 8086/8088 及 51 单片机汇编指令系统	50
4.1 指令系统概述	50
4.2 汇编指令的寻址方式	51
4.2.1 8086 汇编指令寻址方式	51
4.2.2 51 单片机汇编指令的寻址方式	56
4.3 指令系统	60
4.3.1 8086/8088 指令系统	60
4.3.2 51 单片机汇编指令	87
4.4 汇编语言编程	100
本章小结	103
习题四	104
第5章 单片机 C51 语言程序设计	106
5.1 C51 语言在单片机开发中的应用	106
5.1.1 编程语言 Keil C51 简介	106
5.1.2 C51 与标准 C 的比较	107
5.2 C51 语言基础	108
5.2.1 标识符	108
5.2.2 关键字	108
5.2.3 数据类型	108
5.2.4 数据的存储类型	110
5.2.5 局部变量与全局变量	111
5.2.6 预处理命令	112
5.3 C51 的基本运算	113
5.4 C51 的语句	116
5.4.1 C51 语句概述	116
5.4.2 分支控制语句	117
5.4.3 循环控制语句	122
5.4.4 转移语句	123
5.5 C51 的函数	125

5.5.1	C51 的函数概述	125
5.5.2	用户自定义函数	125
5.5.3	中断服务函数	127
	本章小结	129
	习题五	129
第 6 章	微处理器控制系统的人机接口设计	132
6.1	键盘的接口设计	132
6.1.1	按键概述	132
6.1.2	独立式按键接口	133
6.1.3	矩阵式按键接口	136
6.2	LED 数码管接口设计	138
6.2.1	LED 数码管显示器的结构及工作原理	138
6.2.2	LED 数码管与单片机的接口及程序设计	140
6.3	液晶显示器 LCD 接口设计	143
6.3.1	字符型液晶显示模块外形及引脚功能	143
6.3.2	字符型液晶显示模块组成结构	143
6.3.3	字符型液晶显示模块的操作命令	145
6.3.4	字符型液晶显示模块的程序设计	147
6.4	蜂鸣器接口设计	150
	本章小结	151
	习题六	152
第 7 章	微处理器中断及定时/计数器应用设计	155
7.1	中断系统	155
7.2	MCS-51 中断技术概述	157
7.2.1	MCS-51 中断系统结构	157
7.2.2	MCS-51 中断源	158
7.2.3	MCS-51 单片机中断寄存器	158
7.2.4	MCS-51 单片机中断响应与处理	162
7.2.5	MCS-51 单片机的中断服务程序设计与应用	165
7.3	MCS-51 单片机定时/计数器	170
7.3.1	实现定时的方法	170
7.3.2	MCS-51 定时/计数器的结构和工作原理	170
7.3.3	定时/计数器的控制寄存器与工作方式	171
7.3.4	定时/计数器的应用	175
	本章小结	180
	习题七	180
第 8 章	微处理器控制系统通信设计	183
8.1	串行通信基础	183
8.1.1	并行通信与串行通信	183
8.1.2	串行通信的分类	184

8.1.3	波特率	185
8.1.4	串行通信常用接口电路标准	185
8.2	MCS-51 单片机串行口的结构	187
8.3	MCS-51 单片机串行口的工作方式	189
8.4	MCS-51 串行通信波特率的设定	193
8.5	MCS-51 单片机串口设计	194
	本章小结	199
	习题八	200
第 9 章	微处理器控制系统的接口扩展	202
9.1	51 单片机的外部并行总线	202
9.1.1	并行总线结构	202
9.1.2	编址技术	204
9.2	A/D、D/A 转换器	205
9.2.1	A/D 转换器	205
9.2.2	D/A 转换器	206
9.3	SPI 总线接口及其扩展	207
9.3.1	单片机扩展 SPI 总线的系统结构	208
9.3.2	51 单片机扩展带 SPI 接口的 A/D 转换器 TLC549	209
9.3.3	51 单片机扩展带 SPI 接口的 D/A 转换器 TLC5615	210
9.4	I ² C 总线接口及其扩展	213
9.4.1	I ² C 串行总线基础	213
9.4.2	单片机与带 I ² C 总线的 E ² PROM 存储器 AT24C02 的接口	218
9.4.3	单片机与带 I ² C 总线的 ADC/DAC PCF8591 的接口	220
9.5	单片机系统扩展应用	222
9.5.1	SPI 总线的 A/D 转换器 TLC549 应用	222
9.5.2	SPI 总线的 D/A 转换器 TLC5615 应用	224
9.5.3	I ² C 总线的 ADC 和 DAC PCF8591 应用	225
9.5.4	I ² C 总线的 E ² PROM 存储器 AT24C02 应用	228
	本章小结	231
	习题九	231
第 10 章	微处理器控制系统实验设计	233
10.1	微处理器控制系统开发过程	233
10.1.1	总体设计	233
10.1.2	硬件设计	234
10.1.3	资源分配	234
10.2	微处理器开发工具及选择	235
10.3	微处理器控制系统的可靠性设计	236
10.4	51 单片机控制系统的实验实训设计	236
10.4.1	51 单片机控制系统电源电路	237
10.4.2	51 单片机控制系统最小系统	238

10.4.3	51 单片机控制系统与 PC 通信	239
10.4.4	51 单片机控制系统的 8 个 LED “跑马灯” 实验	241
10.4.5	51 单片机控制系统的数码管动态显示实验	243
10.4.6	51 单片机控制系统的矩阵键盘设计实验	245
10.4.7	51 单片机控制系统的简易交通灯控制系统设计实验	248
10.4.8	51 单片机控制系统的简易秒表设计实验	252
10.4.9	51 单片机系统系统的 A/D 和 D/A 转换实验	254
附录 A	Keil μ Vision 集成开发环境	259
附录 B	Proteus 仿真平台的使用	267
附录 C	51 系列单片机指令表	274
附录 D	8086/8088 汇编指令简表 (按字母顺序)	277
	部分习题参考答案	290
	参考文献	292



第1章 微处理器技术简介

内容提要

本章首先介绍微处理器的基本概念、内部结构和单片机的一些基本概念与术语，然后给出一些常见的微处理器和单片机的性能指标，并对单片机的开发过程进行简单的介绍。

1.1 微处理器简介

微处理器是微型处理器的统称，比如 CPU、显卡的 GPU、手机的处理器，以及一些智能家电的处理器等，都是微处理器。

CPU (Central Processing Unit) 的全称是中央处理器，是电子计算机的主要设备之一，是计算机中的核心配件，是一种典型的微处理器类型。其功能主要是解释计算机指令及处理计算机软件中的数据，计算机中所有操作都由 CPU 负责读取指令，对指令译码并执行指令的核心部件。需要注意的是：微处理器本身并不等于微型计算机，仅仅是微型计算机的中央处理器。

1.1.1 微处理器的内部结构

微处理器最基本的功能结构包括：运算器、控制器、寄存器组及内部总线。图 1-1 所示为某 8 位微处理器的内部结构图，包括：运算器、寄存器组（其中包括累加器、状态寄存器、程序计数器和其他功能的寄存器组）、指令寄存译码器、地址寄存器、数据缓冲器、内部数据总线、外部引线（包括地址信号线、数据信号线、控制/状态信号线）等。

各部分在微处理器中起着不同的作用。

(1) 运算器：是执行运算的部件，在控制信号的作用下可完成加、减、乘、除、与、或、非、异或及移位等工作，故又称为算术逻辑单元。

(2) 寄存器组：加快运算和处理速度、暂存参与运算的数据或运算的中间结果，是微处理器中十分重要的部分。寄存器组中包括：

① 累加器：通常微处理器中至少包含一个累加器，它的功能比其他寄存器多。

② 状态寄存器：专用于记录微处理器运行的某种重要状态，程序可以根据其提供的状态来控制 CPU 的运行。

③ 程序计数器：是加一计数器，每提供一个地址后自动加一，指向下一步要执行指令所在存储单元的地址。8 位机的程序计数器是一个 16 位加一计数器，可提供 65536 (=0~FFFFH) 个地址，硬

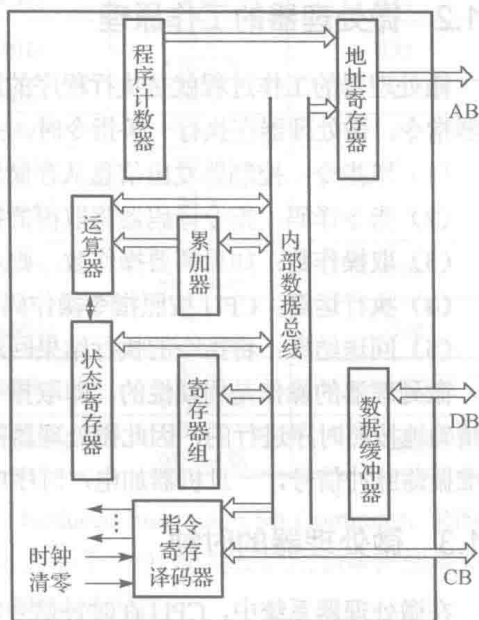


图 1-1 8 位微处理器的内部结构

件决定上电或复位时的初值状态。程序计数器是专为处理器提供的，用户无法通过指令访问它。其内容可以通过内部数据总线得到修改。

④ 其他功能的寄存器组。

(3) 内部数据总线：是微处理器内部各部分之间的数据传输通道，且为双向的。其总线的宽度决定微处理器内部数据传输的位数。

(4) 指令寄存译码器：由指令寄存器（IR）、指令译码器（ID）和控制逻辑（PLA）组成，是整个微处理器的控制指挥中心。CPU 通过总线将外部存储器中的指令取入，并暂存在 IR 中。对 IR 中的指令进行分析解释，通过控制逻辑产生相应的控制信号，来协调整个计算机有序地工作。对 CPU 内部控制着各部分的工作，对 CPU 外部，控制 CPU 对外部读操作或写操作、对存储器操作或对 I/O 接口操作等。

(5) 地址寄存器：用于寄存 CPU 要向外部发出的地址，其内容来源可以是程序计数器，也可以是内部总线。通过它将地址输出给 CPU 以外的存储器或 I/O 接口。

(6) 数据缓冲器：起到 CPU 内、外传输数据的缓冲作用，只有 CPU 允许数据传输时，该缓冲器的门才会打开。对于 8 位机它是 8 位的，对于 16 位机它是 16 位的。

(7) 数据信号线（DB）：CPU 与存储器或 I/O 接口之间传输数据的通道，其宽度决定 CPU 与外部存储器或 I/O 接口传输数据的位数。

(8) 地址信号线（AB）：是 CPU 提供地址信息的通道，其宽度决定 CPU 对外的寻址范围。

(9) 控制信号线（CB）：用于传输控制或状态信号的通道，如提供读信号、写信号、存储器选通信号、I/O 接口选通信号等，也可以接收时钟信号等。

随着技术的发展和微处理器功能的增强，微处理器的内部除上述基本部分外，还会增加存储器管理部件、高速缓存部件等。

1.1.2 微处理器的工作原理

微处理器的工作过程就是执行程序的过程，而执行程序就是逐步执行一条条能被微处理器识别的机器指令。微处理器在执行一条指令时，主要按以下几个步骤去完成。

(1) 取指令：控制器发出信息从存储器取一条指令。

(2) 指令译码：指令译码器将取得的指令翻译成起控制作用的微指令。

(3) 取操作数：如果需要操作数，则从存储器取得该指令的操作数。

(4) 执行运算：CPU 按照指令操作码的要求，通过执行微指令，对操作数完成规定的运算处理。

(5) 回送结果：将指令的执行结果回送到内存或某寄存器中。

微处理器的操作是周期性的，即取指令，指令译码，取操作数，再取指令……这一系列操作步骤是精确地按照时序进行的，因此微处理器需要一个时序电路。时序电路受控于晶体振荡电路所生成的标准振荡脉冲信号，一旦机器加电，时序电路便连续不断地发出时钟信号。

1.1.3 微处理器的时钟

在微处理器系统中，CPU 在时钟信号的控制下，按节拍有序地执行指令序列。总线周期就是机器周期，它是指处理器通过总线一次完成一字节或若干字节的传输所需要的时间。向存储器或 I/O 端口写入一字节或若干字节所需的时间，称为存储器写或 I/O 写总线周期；从存储器或 I/O 端口读出一字节或若干字节所需的时间，称为存储器读或 I/O 读总线周期。

一条指令从取指开始至执行完毕所需要的时间称为指令周期。通常一个指令周期由一个到几个总线周期构成：比如 8086 微处理器的一个基本总线周期包括 4 个时钟周期，即 4 个时钟状态 T1、T2、

T3 和 T4, 需要时还要加入数量不定的等待周期(T_w)。若在完成一个总线周期后不发生任何总线操作, 则填入空闲状态时钟周期(T_i); 若存储器或 I/O 端口在数据传送中不能以足够快的速度做出响应, 则在 T3 与 T4 间插入一个或若干 T_w 。

早期的 8088、80286, 执行一条指令的时间需要一个到几个总线周期; 80486 采用指令流水线设计, 执行一条指令实际只需一个时钟周期(微处理器时钟周期); Pentium 处理器采用超标量设计, 在一个时钟周期(微处理器时钟周期)内可以执行两条指令。

微处理器的工作时钟产生方法可以由专用时钟电路加晶振产生, 也可以将晶振直接接到微处理器时钟引脚上, 由微处理器内部时钟电路处理生成。

1.1.4 微处理器的发展历程

第一颗微处理器是 1971 年问世的 Intel 4004。4004 的能力不算强大, 它只能执行加减运算, 而且每次只能对 4 位数据进行运算。在 4004 出现之前, 工程师们要么使用一堆芯片来制造计算机, 要么使用零散部件来搭建计算机。4004 曾被用来生产第一款便携式电子计算器。

第一款微处理器是 1974 年问世的 Intel 8080, 它是一个完整的 8 位计算机芯片。而迅速在市场中走红的第一款微处理器则是 1979 年推出的 Intel 8088, 大概在 1982 年左右面世的 IBM PC 便使用了此微处理器。如果您熟悉 PC 市场及其历史, 便会知道 PC 市场经历了从 8088 到 80286、80386、80486, 再到奔腾、奔腾 II、奔腾 III、奔腾 4 乃至安腾和酷睿(core) 64 位的发展过程。所有这些微处理器都是由 Intel 公司制造的, 而且都是在 8088 的基本设计上进行改进的。奔腾 4 可以执行最初的 8088 所能运行的所有代码, 但是它的速度是 8088 的 5000 倍。Intel 公司在不同时间推出的不同处理器之间的差异如表 1-1 所示。

表 1-1 Intel 不同 CPU 的性能

名称	日期	晶体管数量	μm	时钟频率	数据宽度	MIPS
8080	1974 年	6 000	6	2MHz	8 位	0.64
8088	1979 年	29 000	3	5MHz	16 位 8 位总线	0.33
80286	1982 年	134 000	1.5	6MHz	16 位	1
80386	1985 年	275 000	1.5	16MHz	32 位	5
80486	1989 年	1 200 000	1	25MHz	32 位	20
奔腾	1993 年	3 100 000	0.8	60MHz	32 位 64 位总线	100
奔腾 II	1997 年	7 500 000	0.35	233MHz	32 位 64 位总线	~300
奔腾 III	1999 年	9 500 000	0.25	450MHz	32 位 64 位总线	~510
奔腾 4	2000 年	42 000 000	0.18	1.5GHz	32 位 64 位总线	~1700
奔腾 4 "Prescott"	2000 年 11 月	125 000 000	0.09	1.3~3.8GHz	32 位 64 位总线	~7000

1975 年, IBM 公司生产了几款基于精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)设计的处理器。其中 801 就是 RISC 之父 John Cocke 的杰作, 之后于 1991 年后设计出 Power 架构系列微处理器, 再之后开发出一个影响更为深远的 RISC 结构的 ARM 处理器。

1975 年, 摩托罗拉推出 6800, 该款处理器拥有 78 条指令集。摩托罗拉很多款单片装处理器和微处理器的设计思想都来源于 6800, 即使曾经很流行, 功能强大的 6809 也是继承了 6800 的血统的。1985 年, 摩托罗拉推出 MC68010 和已经命名为 88000 的 32 位 RISC 处理器系列, 但 1990 年由于要全力研制 Power PC 而被迫停产。

Z80 是由 Frederico Faggin 设计的 8 位微处理器, 被认为是 8080 的增强版, 也是当年很先进的一

款单片机,比后来风光无限的 51 系列更早进入中国。20 世纪 80 年代初学校都以 Z80 为基础教学,那种需要用电视作为显示器的单板电脑就是用的这种芯片。

不过最先推出的单芯片 16 位处理器,当数 TI TMS 9900。虽然出道后势头强劲,但 TI 为了发展 DSP 业务,不得不在 1982 年缩小 9900 的产量。

半导体行业另一巨头——美国国家半导体公司,后来收购了设计 X86 系列处理器的 Cyrix 公司。1983 年由国家半导体(National Semiconductor)推出 NS32032,也是一款 RISC 处理器。可惜的是基于 RISC 架构的处理器,在个人电脑应用中,只有 Power PC 芯片的市场还算比较成功,其他的都可以说很失败。不过在另一领域——嵌入式应用中,RISC 架构的处理器却是风光无限。

1981 年,由斯坦福大学和部分研究者研制出无内部互锁流水级的微处理器(Microprocessor without Interlocked Pipelined Stages, MIPS)。MIPS 处理器通过简化指令的操作周期,利用了深度流水线技术有效地解决了流水线的瓶颈——联锁问题,促成 RISC 思想的重要转变。

1982 年,由美国伯克利大学研制的 RISC-I,只有 32 条指令,并且具有流水线操作和使用寄存器窗口,性能比同时代单芯片设计都优越。

ARM 是一家芯片设计公司,自己不生产芯片,而是通过授权生产来发展 ARM 系列处理器。ARM 公司在 1990 年 11 月于英国剑桥的一个谷仓里成立,最初只有 12 人,经过多年的发展,今日的 ARM 公司已经拥有 700 多名员工,其中 60% 以上都从事研发工作。ARM 公司是一家既不生产芯片(fabless)也不销售芯片(chipless)的公司,它通过出售芯片技术授权,建立起新型的微处理器设计、生产和销售商业模式。更重要的是,这种商业模式取得了极大的成功,采用 ARM 技术 IP 核的微处理器遍及汽车、消费电子、成像、工业控制、海量存储、网络、安保和无线等各类电子产品市场,ARM 技术几乎无处不在。ARM 将其技术授权给世界上许多著名的半导体、软件和 OEM 厂商,每个厂商得到的都是一套独一无二的 ARM 相关技术及服务。利用这种合伙关系,ARM 很快成为许多全球性 RISC 标准的缔造者。总共有 30 家半导体公司与 ARM 签订了硬件技术使用许可协议,其中包括 Intel、IBM、LG 半导体、NEC、Sony、飞利浦(Philips)和国家半导体(National Semiconductors)这样的大公司。至于软件系统的合伙人,则包括微软、升阳和 MRI 等一系列知名公司。

国产的 PC 端 CPU 芯片——龙芯是中国科学院计算所自主研发的通用 CPU,采用简单指令集,类似于 MIPS 指令集。

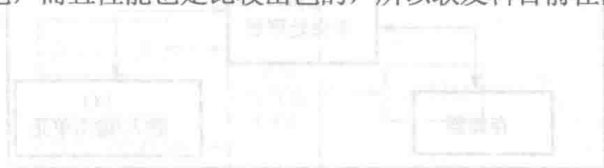
龙芯一号 CPU IP 核是兼顾通用及嵌入式 CPU 特点的 32 位处理器内核,采用类 MIPS III 指令集,具有七级流水线、32 位整数单元和 64 位浮点单元。龙芯一号 CPU IP 核具有高度灵活的可配置性、方便集成的各种标准接口。龙芯一号的频率为 266MHz,最早在 2002 年开始使用。

龙芯二号 CPU 采用先进的四发射超标量超流水结构,片内一级指令和数据高速缓存各 64KB,片外二级高速缓存最多可达 8MB。最高频率为 1000MHz,功耗为 3~5W,远远低于国外同类芯片,其 SPEC CPU2000 测试程序的实测性能是 1.3GHz 的威盛处理器的 2~3 倍,已达到中等 Pentium4 水平。

龙芯三号的早期 CPU 龙芯 3A 的工作频率为 900MHz~1GHz,功耗约 15W,频率为 1GHz 时双精度浮点运算速度峰值达到每秒 160 亿次(GFLOPS),单精度浮点运算速度峰值为每秒 320 亿次。龙芯 3A 采用意法半导体公司(STMicro)65nm CMOS 工艺生产,晶体管数目达 4.25 亿个,芯片采用 BGA 封装,引脚的数目为 1121 个,功耗小于 15W。龙芯 3A 集成了 4 个 64 位超标量处理器核、4MB 的二级 Cache、两个 DDR2/3 内存控制器、两个高性能 HyperTransport 控制器、一个 PCI/PCIX 控制器及 LPC、SPI、UART、GPIO 等低速 I/O 控制器。龙芯 3A 的指令系统与 MIPS64 兼容,并通过指令扩展支持 X86 二进制翻译。龙芯三号在包括服务器、高性能计算机、低能耗数据中心、个人高性能计算机、高端桌面应用、高吞吐计算应用、工业控制、数字信号处理、高端嵌入式应用等产品中具有广阔的市场应用前景。但是,龙芯离国际知名 CPU 厂商 Intel、AMD 还是有非常大的差距的。

国产的移动端 CPU，首先是华为的海思处理器，作为全球领先 ICT 企业，华为从 2006 年开始启动智能手机芯片的开发，2012 年推出的 K3V2 是最早真机演示、体积最小的四核处理器，成为首颗千万级规模的国产高端智能手机芯片。而之后推出的麒麟处理器则全面采用了片上系统 (System on Chip, SoC) 架构，即在单个芯片上集成中央处理器、通信模块、音视频解码及外围电路等一个完整的系统。同时，麒麟采用当前业界领先水平的 28nm HPM 高性能移动工艺制程，满足高性能和低功耗的双重特性。而即将发布的海思麒麟 950 处理器，已经赶上甚至超越国际知名移动 CPU 品牌高通、三星 exynos、NVIDIA、联发科。

除华为的海思麒麟外，比较知名的还有联发科、全志 A10、新岸线、瑞芯微、联芯等移动 CPU。联发科手机芯片低功耗，联发科的手机芯片更省电，而且性能也是比较出色的，所以联发科目前在国产中低端手机中有相当大的份额。



1.1.5 微处理器的特点、分类及应用

1. 微处理器的特点

- (1) 体积小，功耗低。
- (2) 可靠性高，使用环境要求低。由于使用大规模集成电路和超大规模集成电路，简化了外接线和外加逻辑，安装容易，大大提高了可靠性。
- (3) 系统设计灵活，使用方便。现在的微处理器芯片及其相应支持逻辑都有标准化、系列化产品，用户可根据不同的要求构成不同规模的系统。

2. 微处理器的分类

- (1) 按微处理器位数分类有：4 位、8 位、12 位、16 位、32 位、64 位等微处理器。
- (2) 按微处理器的应用领域分类有：通用高性能微处理器、嵌入式微处理器、数字信号处理器和微控制器。

3. 应用范围

微处理器主要应用于整机的控制系统中，特别是弹载、舰载、机载、车载等加固计算机模块，如导弹测发控计算机、安控计算机和弹头测试计算机、潜水艇的鱼雷发控装置、光电对抗系统和装甲师指挥通信系统等各种军事设备的控制系统中。目前，我国在嵌入式或加固式计算机及军用办公与计算平台中，需要大量高性能微处理器以提升武器装备和作战指挥系统电子平台的性能。研制军用微处理器，对于军队和国家机要系统大量使用的机要计算机平台、作战指挥计算机平台和武器研制计算平台的安全性，有着十分重要的意义。拥有较高性能的自主军用微处理器，有利于提高我军在未来军事斗争中的整体作战能力和威慑力。

1.2 单片机基本概念

单片机是微处理器的一种类型，它是将中央处理器 (CPU)、存储器 (Memory) 及输入/输出单元 (I/O) 集成在一小块硅片上的集成电路，如图 1-2 所示，它具有计算机部分功能和属性，因而被称为微型单片计算机，简称单片机。所以单片机就是将 CPU、存储器和输入/输出单元 (I/O) 等集成在一块硅片上，再配置几个小的器件，如电阻、电容、石英晶体、连接器等，即组成一个完整的单片机系统，在此基础上嵌入应用软件的单片机系统称为单片机应用系统。

单片机从 20 世纪 70 年代发展到现在，性能得到了很大的改善，种类繁多，总体来讲，单片机正

朝着高性能、低功耗、小体积、大容量、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。单片机的几个重要指标如下。

(1) 位数。位数是单片机能够一次处理的数据的宽度，有一位机 (AD7502)、4 位机 (Intel 4004)、8 位机 (MCS-51)、16 位机 (MCS-96)、32 位机 (ARM 内核单片机)。

(2) 存储器。存储器包括程序存储器和数据存储器。程序存储器空间较大，字节数一般从几 KB 到几百 KB，另外程序存储器还有不同的类型，如掩膜 ROM、EPROM、E²PROM、Flash ROM 等，程序存储器的编程方式又分为串行编程、并行编程、在线编程 (In System Programmable, ISP)、应用再编程 (In Application re-Programmable) 和专用的 ISP 编程接口。数据存储器的字节数通常从几十 B 到几十 KB。

(3) I/O 口。单片机一般都有几个到几十个 I/O 口，即输入/输出口，用户可以根据自己的需要进行选择。

(4) 速度。单片机的运行速度是指 CPU 的运行速度，以每秒执行多少条指令衡量，常用单位是

Mps (百万条指令每秒)，目前最快的单片机可达到 100MIPS。单片机的运行速度通常是与系统时钟相关的，但并不是频率越高的处理速度就一定越快，但对于同一型号的单片机，时钟频率越高，运行的速度就越快。

(5) 工作电压。单片机的工作电压通常是 5V ($\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$)，也有 3V/3.3V 的电压产品，也有在更低的 1.5V 电压工作的单片机。现代单片机又出现了宽电压范围型，即在 2.5~6.5V 范围内都可以正常工作。

(6) 功耗。低功耗是现代单片机所追求的一个目标，目前低功耗单片机的静态电流可以低至 μA 级甚至 nA 级，有的单片机还有等待、关断和睡眠等多种工作方式，以此来降低功耗。

(7) 工作温度。单片机根据工作温度可分为民用级 (商业级)、工业级和军用级 3 种产品。民用级的工作温度范围是 $0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，工业级的工作温度范围是 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，军用级的工作温度范围是 $-55^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ (不同厂家的划分标准也不尽相同)。

(8) 附加功能。有的单片机有更多的功能，用户根据自己的需要选择最适合自己的产品。比如有的单片机内部有 A/D 转换、D/A 转换、串行口和 LCD 驱动等，使用这一类单片机可以减少外部器件，提高系统的可靠性。

1.2.1 单片机的分类

当前世界上的单片机种类繁多，各国生产厂家、厂商琳琅满目，产品性能各有所长，共有几十种单片机系列、上百个品种，可根据结构和性能来进行分类。

1. 按制造工艺分类

单片机芯片的半导体材料制造工艺可分为 HMOS 和 CHMOS 两大类型。

2. 按单片机字长分类

所谓字长，即 CPU 一次仅能处理二进制的位数，因此单片机又可分为 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。

3. 按单片机片内程序存储器的类型分类

按单片机片内的程序存储器的不同，可分为无 ROM 型、不可擦除 ROM 型、可擦除 EPROM 型或 E²PROM 型及闪速存储器 Flash 型等各种类型单片机。

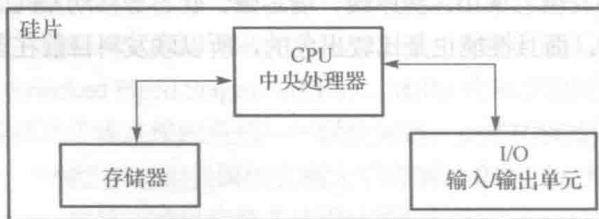


图 1-2 单片机的内部结构框图

4. 按单片机系统结构分类

由于单片机的存储器结构,可分为冯·诺依曼型和哈佛型两种形式,如图 1-3 所示。因此单片机又可分为哈佛结构和冯·诺依曼结构两种类型。对于冯·诺依曼型结构单片机,其程序和数数据公用一个存储器,比如 MCS-96 系列单片机。而大部分单片机通常采用哈佛结构,将数据与程序分别存放在两个相互独立的存储器内,这是由单片机的应用特点所决定的。单片机应用往往是针对某个特定控制对象服务的,程序设计、调试一旦取得成功,便固化在程序存储器,这样不仅省去了每次开机后重新装入程序的步骤,且能有效地防止因突然掉电和其他干扰而引起的程序丢失和错误。

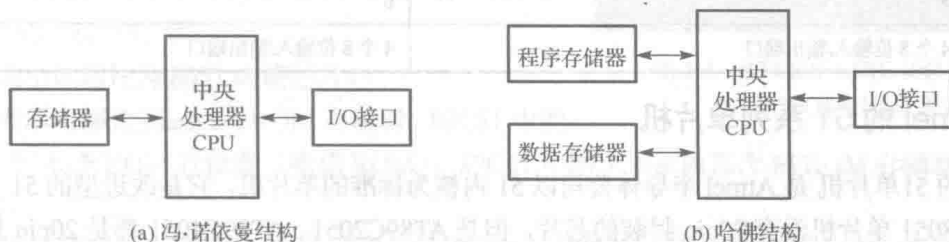


图 1-3 单片机存储器结构

5. 按应用场合分类

(1) 通用性单片机

将内部功能和指令系统等开发资源全部面向用户,用户可根据不同场合的控制任务进行开发应用,其适应性较强,应用非常广泛,比如 MCS-51 系列单片机。

(2) 专用性单片机

生产制造厂家根据某种特殊需要而专门设计的芯片,如智能仪表、智能传感器、智能万向摄像机、电视机、空调机、洗衣机、电冰箱、风扇等各种专用单片机芯片。

1.2.2 MCS-51 系列单片机

MCS-51 是指由 Intel 公司生产的 51 单片机的总称,这一系列单片机包括很多品种,如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等,将它们分为 51 和 52 两大类。52 类是 51 类的增强型,其最大特色是 52 类单片机的内部存储器容量更大,增加了一个定时/计数器。其中 8051 是最早最典型的产品,该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多公司,所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机。当然,功能或多或少有些改变,以满足不同的需求,其中 89C51 是由美国 Atmel 公司开发生产的。STC89S51 是宏晶公司的产品,是当前国内高校学生在学习中用得最广泛的单片机。

MCS-51 系列单片机按芯片内部的 ROM 来区分,可分为无 ROM 型(8031/8032)、Mask ROM 型(8051/8052)、EPROM 型(8751/8752)及 E²PROM(89C51/89C52、89S51/89S52),各种类型 MCS-51 单片机的性能参数如表 1-2 所示。

表 1-2 MCS-51 单片机性能参数表

	51 类				52 类			
型 号	8031	8051	8751	89C51 89S51	8032	8052	8752	89C52 89S52
类 型	无 ROM	Mask ROM	EPROM	E ² PROM	无 ROM	Mask ROM	EPROM	E ² PROM