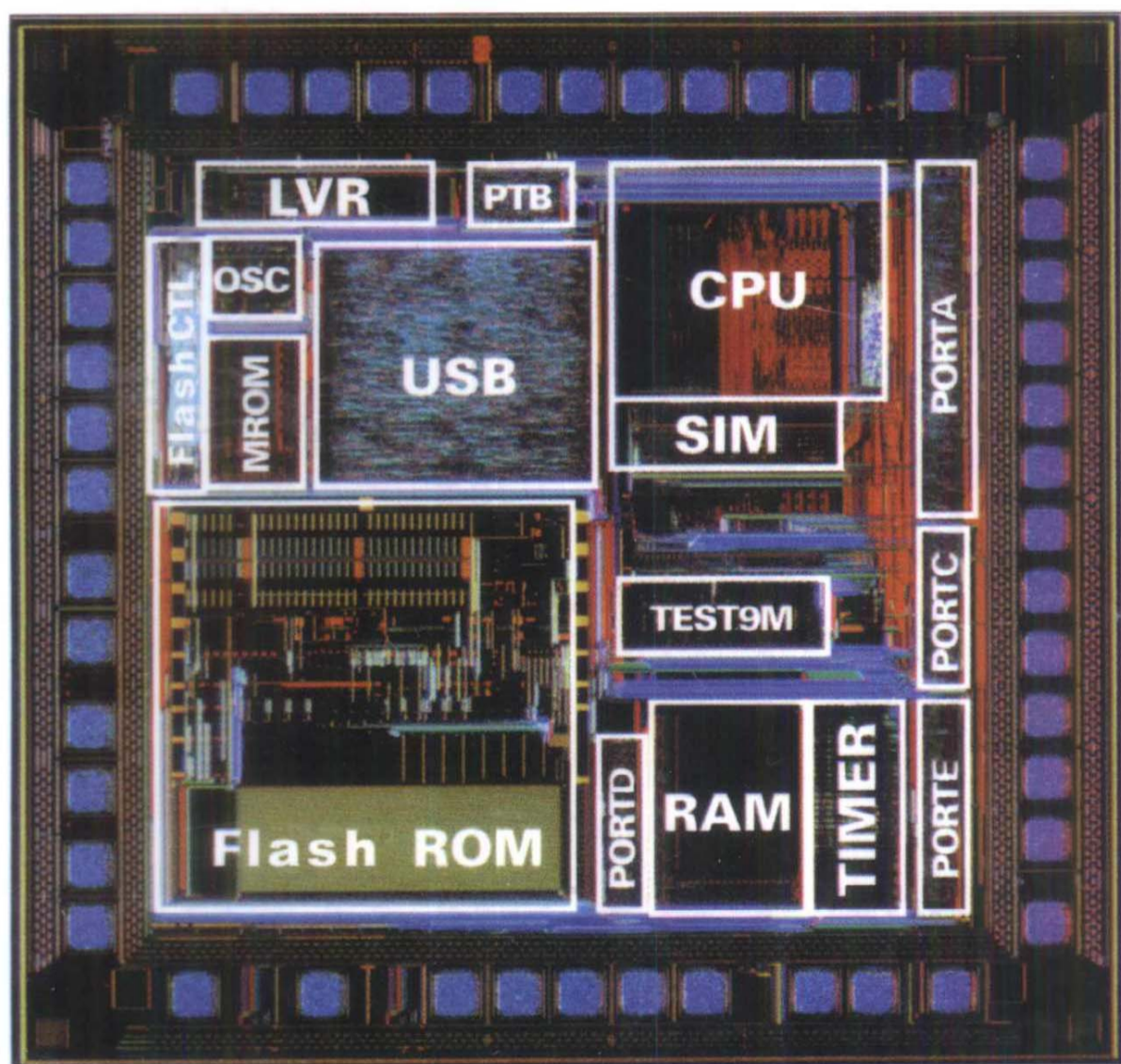


刘慧银 程建平 龚光华 王云飞 许庆丰 编著

# Motorola 微控制器

# MC68HC08



# 原理及其嵌入式应用



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

# Motorola 微控制器 MC68HC08 原理及其嵌入式应用

刘慧银 程建平 龚光华 王云飞 许庆丰 编著



A1013171

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

## 内 容 提 要

本书是清华大学“微控制器原理及其嵌入式应用”课程的教材,它以 MC68HC908GP32 为范例介绍了 Motorola 高档 8 位微控制器的 CPU、存储器以及 I/O 接口模块的结构和功能,汇编语言和 C 语言编程,开发方法和开发工具等内容,尤其对 Flash 编程、锁相环原理及编程、监控 ROM 及嵌入式操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS II}$  做了详细说明。此外,本书还讨论了嵌入式微控制器系统抗干扰和电磁兼容性问题,并提供了印刷电路板的设计经验。书中大量的程序范例可直接引用。

本书是为清华大学等十余所大学的本科生和研究生编写的教材,也可供用微控制器开发产品的工程技术人员和业余爱好者参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: Motorola 微控制器 MC68HC08 原理及其嵌入式应用

作 者: 刘慧银 程建平 龚光华 王云飞 许庆丰 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京国马印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20 字数: 460 千字

版 次: 2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04678-6/TP·2779

印 数: 0001~5000

定 价: 26.00 元

# 前 言

Motorola 微控制器 MC68HC05 自问世以来,被广泛应用于工业、农业、商业、军工、医疗、通信、化工、材料等几乎所有国民经济领域,特别是在家电、耐用消费品等人民生活领域占据了广阔的市场。它有三十几个系列、二百多个品种。然而 1999 年中期, Motorola 公司正式在中国推出了 MC68HC08,以逐步实现 MC68HC05 各系列产品的升级换代。

Motorola 公司是世界上最大的微控制器类集成电路供应商。随着 Motorola 公司在中国投资的增加以及该公司的本土化政策,其嵌入式应用产品得到越来越多认同。除移动通信外,微控制器类集成电路的设计、生产及应用开发将逐步实现本土化。Motorola 公司的技术设计中心、芯片生产企业也相继建立在中国。虽然目前 MC68HC08 的产品系列还不如 MC68HC05 多,但再过几年,MC68HC05 的几十个系列终将升级到 MC68HC08。

从 MC68HC05 到 MC68HC08 的产品升级与优化是多方面的,然而我们认为最重要的、革命性的优化在以下 3 个方面。

(1) 锁相环技术的应用使外部时钟频率降到 32kHz,而内部时钟可达 32MHz。这一改进大大降低了应用系统的噪声,提高了应用系统的抗电磁干扰能力。

(2) Flash 技术的应用使应用程序的在线编程成为可能,可以说是过去 OTP(一次性可编程)型和掩膜型产品的一场革命,使得应用类产品的开发不再需要昂贵的仿真器。

(3) 与 MC68HC05 向上兼容,增加了 78 条指令,并大大优化了 MC68HC08 CPU 指令集,特别是将 MC68HC05 固定的 8 位栈指针优化为 16 位浮动栈指针,使得高级语言,例如 C 语言的应用成为可能。随着推广使用高级语言,多年来我国微控制器应用开发人员所熟知的汇编语言将逐步被忘记。

以上三大革命性优化,也正是用 MC68HC08 微控制器开发嵌入式应用产品的三大难点。而这三大难点正是本书的三个重点内容。

本书从介绍微控制器与微处理器的特点、区别入手,重点介绍了 CPU08 的结构、指令系统、C 语言及汇编语言编程,并以 MC68HC908GP32(其中央处理器为 CPU08)为例系统介绍了高档 8 位微控制器的基本组成模块,包括中断与复位、存储器组织与空间分配、定时器结构与双定时器的使用、并行 I/O 与同步异步串行 I/O 等;详细介绍了独具特色的 Flash 编程原理与过程,锁相环电路的原理、参数计算与编程方法,微控制器自带的监控 ROM,以及在低功耗模式下微控制器各模块的工作状态。本书还通过 2 个例子说明嵌入式微控制器系统的设计思路和调试方法,并介绍了在研制微控制器系统尤其是产品化过程中需要重点考虑的电磁兼容性问题,以及印刷电路板设计与布线、元件的选择等实用经验。此外,本书在介绍嵌入式实时系统在 MC68HC08 上的实现的同时,还全面介绍了微控制器的各种开发方法,详细介绍了清华 Motorola 单片机应用开发研究中心自行研

制的 MC68HC908GP32 IDK 在线编程开发系统的工作原理、硬件模块,以及程序的编辑、编译和调试方法,并提供了大量应用范例。

本书共计 15 章,其中刘慧银编写了第 2 章,程建平编写了第 4 章,龚光华编写了第 6,11 章和第 14.1 节,王云飞编写了第 5,15 章和第 8.3,8.4 节,许庆丰编写了第 7,10 章和第 8.1,14.2 节,薛涛编写了第 3 章,郑杨斌编写了第 8.2 节,邵贝贝编写了第 1,12,13 章。全书由刘慧银统稿,吴凤茹负责录入、校对、排版工作。

本书是为清华大学等十余所大学的本科生和研究生编写的教材,也可供从事 Motorola 微控制器应用与开发的工程技术人员参考。

本书在编写过程中, Motorola 半导体亚太区总部的刘显礼先生、黄耀君先生、冯启明先生、汤儒蓉女士等向我们提供了详尽的英文技术资料,多次为我们解答开发过程中的疑难问题。特别是该公司的金功九博士,在 MC68HC908GP32 IDK 在线开发系统的设计与制造方面为我们提供了强有力的支持。特在此表示深切谢意。

由于带有 Flash 存储器的 MC68HC08 是一个推出不久的新型微控制器,我们对它的理解存在局限性,特别是一些好心的朋友不断催促这本书早日出版,书中的缺欠和错误在所难免,请广大读者批评指正。

清华 Motorola 单片机应用开发研究中心

2001 年 4 月

# 目 录

<b>第 1 章 微控制器概论</b> .....	1
1.1 什么是微控制器 .....	1
1.2 微控制器与微处理器——微计算机技术的两大分支 .....	3
1.3 微控制器与专用集成电路 .....	4
1.4 微控制器的历史与发展 .....	5
1.5 微控制器的开发手段 .....	6
1.6 Motorola 微控制器命名法 .....	7
<b>第 2 章 新一代 8 位微控制器 MC68HC08</b> .....	11
2.1 MC68HC08 系列微控制器概述 .....	11
2.1.1 MC68HC08 各系列简介 .....	11
2.1.2 MC68HC08 系列微控制器的主要特点 .....	12
2.1.3 MC68HC08 中央处理器 CPU08 .....	12
2.2 MC68HC908GP32 概述 .....	18
2.2.1 MC68HC908GP32 的特性 .....	18
2.2.2 MC68HC908GP32 的功能结构 .....	19
2.2.3 MC68HC908GP32 的存储器组织与空间分配 .....	25
2.2.4 MC68HC908GP32 的系统设置 .....	27
2.2.5 MC68HC908GP32 的管脚与封装 .....	28
<b>第 3 章 中断与复位</b> .....	30
3.1 中断 .....	30
3.1.1 中断的效果 .....	30
3.1.2 中断源 .....	30
3.1.3 中断状态寄存器 .....	34
3.2 复位 .....	35
3.2.1 复位的效果 .....	36
3.2.2 外部复位 .....	36
3.2.3 内部复位 .....	36
3.2.4 SIM 复位状态寄存器 .....	37
3.3 CONFIG 寄存器 .....	38
3.4 系统集成模块简介 .....	39

<b>第 4 章 MC68HC08 指令系统及汇编语言程序设计</b>	41
4.1 指令分类	41
4.2 寻址方式	41
4.2.1 隐含寻址方式	43
4.2.2 立即寻址方式	43
4.2.3 直接寻址方式	43
4.2.4 扩展寻址方式	43
4.2.5 变址寻址方式	44
4.2.6 相对寻址方式	45
4.2.7 存储器到存储器的寻址方式	45
4.3 汇编语言程序设计	46
4.3.1 机器语言和汇编语言	46
4.3.2 汇编语言源程序的格式	47
4.3.3 汇编伪指令	49
4.3.4 汇编语言程序的编译	51
4.3.5 S 记录	51
4.3.6 汇编语言程序设计和举例	53
<b>第 5 章 闪速存储器</b>	60
5.1 闪速存储器概述	60
5.2 闪速存储器的编程操作	61
5.2.1 闪速存储器编程操作概述	61
5.2.2 闪速存储器的编程寄存器	61
5.2.3 闪速存储器的编程步骤	63
5.2.4 闪速存储器的编程范例	65
5.3 闪速存储器的编程模式	70
5.3.1 闪速存储器编程模式概述	70
5.3.2 用户模式下的闪速存储器编程方法	71
<b>第 6 章 定时器</b>	72
6.1 定时器的结构及基本功能	72
6.1.1 定时器的寄存器	72
6.1.2 定时器溢出	74
6.1.3 定时器预置计数溢出	74
6.1.4 定时器的状态和控制寄存器	75
6.2 输入捕捉	77
6.2.1 输入捕捉的概念	77

6.2.2	输入捕捉操作	78
6.2.3	输入捕捉的控制寄存器	78
6.2.4	输入捕捉编程实例	80
6.3	输出比较	81
6.3.1	输出比较的概念	81
6.3.2	输出比较操作	81
6.3.3	输出比较的控制寄存器	82
6.3.4	不带缓冲的输出比较	83
6.3.5	带缓冲的输出比较	84
6.4	脉宽调制输出	85
6.4.1	脉宽调制的概念	85
6.4.2	不带缓冲的脉宽调制波	86
6.4.3	带缓冲的脉宽调制波	88
<b>第 7 章</b>	<b>时钟发生模块</b>	<b>90</b>
7.1	通用锁相环频率合成器简介	90
7.1.1	通用锁相环频率合成器的系统结构	90
7.1.2	通用锁相环频率合成器的主要技术指标	91
7.2	MC68HC08 时钟发生模块	92
7.2.1	MC68HC08 时钟发生模块概述	92
7.2.2	MC68HC08 时钟发生模块的内部组成	93
7.2.3	MC68HC08 时钟发生模块的外部引脚	95
7.2.4	MC68HC08 时钟发生模块的晶振电路	96
7.2.5	MC68HC08 时钟发生模块的锁相环频率合成器	97
7.2.6	MC68HC08 时钟发生模块的时钟选择电路	98
7.3	MC68HC908GP32 时钟发生模块	99
7.3.1	MC68HC908GP32 时钟发生模块的寄存器	99
7.3.2	MC68HC908GP32 时钟发生模块中锁相环电路参数计算	104
7.3.3	MC68HC908GP32 时钟发生模块编程举例	107
7.3.4	MC68HC908GP32 时钟发生模块在 WAIT、STOP 指令中的状态	108
<b>第 8 章</b>	<b>输入输出 I/O</b>	<b>110</b>
8.1	并行 I/O	110
8.1.1	并行口	110
8.1.2	并行口应用举例	112
8.2	异步串行通信接口 SCI	113
8.2.1	RS-232C 标准	114
8.2.2	标准不归零数据格式	115



8.2.3	SCI 功能 .....	116
8.2.4	SCI 发送器 .....	117
8.2.5	SCI 接收器 .....	117
8.2.6	SCI 寄存器 .....	118
8.2.7	SCI 应用 .....	123
8.2.8	软件串行口 .....	126
8.3	同步串行外设接口 SPI .....	130
8.3.1	SPI 的数据流动 .....	131
8.3.2	SPI 功能 .....	133
8.3.3	SPI 引脚 .....	133
8.3.4	SPI 寄存器 .....	135
8.3.5	SPI 应用举例 .....	138
8.4	A/D 转换器 .....	141
8.4.1	A/D 状态与控制寄存器 .....	141
8.4.2	A/D 数据寄存器 .....	142
8.4.3	A/D 时钟寄存器 .....	143
<b>第 9 章</b>	<b>用 C 语言开发 MC68HC08 微控制器系统应用程序 ...</b>	<b>144</b>
9.1	C 语言是开发微控制器应用系统软件的有效工具 .....	144
9.1.1	使用 C 语言编写应用程序 .....	144
9.1.2	使用汇编语言编写与硬件相关的程序 .....	145
9.2	交叉编译和 C 语言程序运行环境的建立 .....	145
9.3	应用程序的构成与模块化程序结构 .....	147
9.4	全程变量与局部变量 .....	147
9.5	函数的结构与函数间参数的传递 .....	148
9.6	程序模块的框架与组织 .....	150
9.7	宏调用 .....	151
<b>第 10 章</b>	<b>低功耗模式 .....</b>	<b>152</b>
10.1	WAIT 和 STOP 指令 .....	152
10.1.1	STOP 指令 .....	152
10.1.2	WAIT 指令 .....	152
10.2	唤醒微控制器的事件 .....	154
10.3	在 WAIT 和 STOP 模式下微控制器中各模块的工作状态 .....	155
10.3.1	A/D 转换模块 .....	155
10.3.2	断点模块(BRK) .....	155
10.3.3	中央处理器(CPU) .....	155
10.3.4	时钟发生模块(CGM) .....	155

10.3.5	看门狗模块(COP)	156
10.3.6	外中断模块(IRQ)	156
10.3.7	键盘中断模块(KBI)	156
10.3.8	低电压禁止模块(LVI)	156
10.3.9	异步串行通信接口(SCI)	156
10.3.10	同步串行通信接口(SPI)	156
10.4	低功耗应用举例	157
10.4.1	智能二线制仪表简介	157
10.4.2	智能二线制仪表的硬件电路	158
10.4.3	智能二线制仪表的低功耗措施	159
10.4.4	智能二线制仪表的软件	160
10.4.5	智能二线制仪表系统功耗的估算	161
<b>第 11 章</b>	<b>监控 ROM 程序</b>	<b>163</b>
11.1	监控 ROM 程序的功能	163
11.2	监控 ROM 程序详解	164
<b>第 12 章</b>	<b>电磁兼容性</b>	<b>174</b>
12.1	电磁兼容的基本概念	174
12.2	电磁兼容组织与标准	174
12.3	微控制器系统的电磁兼容问题	176
12.4	噪声的来源与传输	177
12.5	信号线间的交叉干扰	179
12.6	来自电源的噪声	180
12.7	印刷线路板与元器件的高频特性	180
12.8	元件的布置	181
12.9	印刷线路板接地线的处理	182
12.10	抑制噪声的器件	183
12.11	控制噪声的经验	184
12.11.1	控制噪声源	184
12.11.2	减小噪声的耦合	185
12.11.3	减小噪声接收	186
<b>第 13 章</b>	<b>嵌入式实时系统在 MC68HC08 上的实现</b>	<b>187</b>
13.1	什么是嵌入式实时操作系统	187
13.2	3 种嵌入式实时系统	187
13.2.1	前后台系统	188
13.2.2	使用不可剥夺型内核的多任务实时系统	188

13.2.3	使用可剥夺型内核的多任务实时系统	189
13.3	使用嵌入式实时操作系统的优点和缺点	189
13.3.1	使用嵌入式实时操作系统的优点	189
13.3.2	使用嵌入式实时操作系统的缺点	189
13.4	在 MC68HC08 CPU 上实现实时内核的运行	190
13.5	在 MC68HC08 CPU 上运行一个基于优先级的不可剥夺型实时内核	190
13.6	在 MC68HC08 CPU 上运行一个基于时间片的不可剥夺型实时内核	203
13.7	在 MC68HC08 CPU 上运行可剥夺型实时内核 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$	208
13.7.1	重新定义内核的大小和功能	209
13.7.2	修改内核代码的汇编部分	211
13.7.3	编写用户应用程序	216
<b>第 14 章</b>	<b>设计应用举例</b>	<b>219</b>
14.1	智能电话门铃	219
14.1.1	硬件设计	219
14.1.2	软件流程	221
14.2	MC68HC908GP32 在智能 UPS 电源中的应用	222
14.2.1	硬件结构	223
14.2.2	系统软件流程	225
<b>第 15 章</b>	<b>MC68HC908GP32 IDK 在线编程开发系统</b>	<b>227</b>
15.1	MC68HC908GP32 IDK 概述	228
15.1.1	MC68HC908GP32 IDK 的特点	228
15.1.2	MC68HC908GP32 IDK 套件	228
15.1.3	MC68HC908GP32 IDK 对 PC 机的要求	228
15.2	MC68HC908GP32 IDK 的硬件及与 PC 机的连接	228
15.2.1	MC68HC908GP32 IDK 的硬件模块	229
15.2.2	MC68HC908GP32 IDK 与 PC 机的连接	238
15.3	MC68HC908GP32 IDK 使用指南	239
15.3.1	监控命令列表	240
15.3.2	监控命令描述	241
15.3.3	MC68HC908GP32 IDK 使用注意事项	244
15.4	MC68HC908GP32 IDK 的软件编程	245
15.4.1	程序代码和变量地址分配	245
15.4.2	程序初始化	245
15.4.3	MC68HC908GP32 IDK 中的用户程序与目标系统中用户程序的关系	247
15.5	用户程序的编辑、编译及调试	248

15.5.1	编辑源代码	248
15.5.2	编译源程序	249
15.5.3	将编译好的 S 记录格式文件调整为适合下载的格式	249
15.5.4	与核心子板建立通信	250
15.5.5	下载程序	250
15.5.6	设定程序运行起点并开始调试	250
15.6	终端仿真程序 PROCOMM 的使用说明	250
15.6.1	PROCOMM 简介	250
15.6.2	PROCOMM 设置	252
15.6.3	PROCOMM 通信	252
15.7	MC68HC908GP32 IDK 集成开发环境使用说明	254
15.7.1	8 位 Motorola 微控制器汇编程序编译环境	254
15.7.2	终端仿真程序——超级终端	255
<b>附录</b>		<b>259</b>
1.	MC68HC908GP32 引脚图	259
2.	存储器分配图	262
3.	寄存器表	263
4.	中断矢量表	271
5.	MC68HC08 指令集操作表	272
6.	MC68HC08 指令系统详细说明	274
7.	参数极值表	302
8.	直流电气特性	303
9.	控制时序表	306
<b>参考文献</b>		<b>307</b>

# 第 1 章 微控制器概论

## 1.1 什么是微控制器

微控制器在国内有个更通俗的名字——单片机。

单片机一词源于英文的 single chip microcomputer, 意为单片微计算机。我们知道, 计算机是由三大部分组成的: 中央处理器(central processing unit, CPU); 存储器, 包括随机存储器(random access memory, RAM) 和只读存储器(read only memory, ROM); 输入输出(I/O)接口。单片机指的是把这 3 部分做在一片集成电路芯片上。单片机一词最早出现在 20 世纪 70 年代后期, 后来在国际上逐渐被微控制器(microcontroller 或 MCU)一词所替代。微控制器一词比单片机更简捷、更确切地描述了事物的本质, 所以单片机一词在国际上已用得很少。而汉语中, 单片机的叫法更通俗, 以至一些学术机构, 例如单片机学会采用了单片机的叫法, 一时不宜更改。为同国际上的叫法一致, 本书还是称之为微控制器。

现代化离不开微控制器, 人民生活也离不开微控制器。在日常生活方面, 洗衣机、电冰箱、空调器、电饭煲、电视机、音响、影碟机、照相机、游戏机、电话机、BP 机内部都至少有一片微控制器。就个人计算机而言, 它的主 CPU 是 486、586... 而它的键盘、鼠标器等里面都有一片微控制器。便携机的液晶屏、普通 PC 机的彩色监视器里面也都有一片微控制器。

在汽车上, 除发动机的控制要用微控制器外, 电动门窗、可升降座椅、安全空气囊、防抱死系统(ABS)、防盗报警器、可移动通信设备等都要用到微控制器。

在办公自动化方面, 复印机、打印机、绘图仪、传真机等都是微控制器应用的例子。

在工业界, 智能化仪表, 机器人, 生产过程的自动控制, 任何温度、压力、流量的测量与控制, 都离不开微控制器。

医疗仪器与机械、农业、化工、军事、航天等各个领域, 也都离不开微控制器。

Motorola 公司是世界上最大的微控制器供应商。表 1-1 列出了 1999 年世界排名前 10 位的微控制器生产商的市场份额。1999 年微控制器芯片的产值高达 118 亿美元。

表 1-1 1999 年世界上排名前 10 名的微控制器供应商市场份额

生产厂商	微控制器产值(百万美元)	占世界市场份额
Motorola	2006	17%
Hitachi	1419	12%
NEC	1341	11.4%
Mitsubishi	1005	8.5%

续表

生产厂商	微控制器产值(百万美元)	占世界市场份额
Fujitsu	660	5.6%
Toshiba	611	5.2%
Infineon Technologies	562	4.8%
Mitsubishi	545	4.6%
STMicroelectronics	545	4.6%
Texas Instruments	470	4%
其他厂商	2642	22.3%

表 1-2 给出了 1999 年世界排名前 10 名的 8 位微控制器供应商的微控制器销量。世界总销量约 34 亿片。

目前亚太地区微控制器用量与美洲市场、欧洲市场相比,相对份额较小,由于中国以及亚太地区其他发展中国家和地区经济的长期稳定高速发展,亚太地区在世界上所占有的地位将越来越重要。图 1-1 是 Dataquest 公司对亚太地区未来 5 年微控制器市场的预测。5 年以后,亚太地区对微控制器的需求将翻一番。

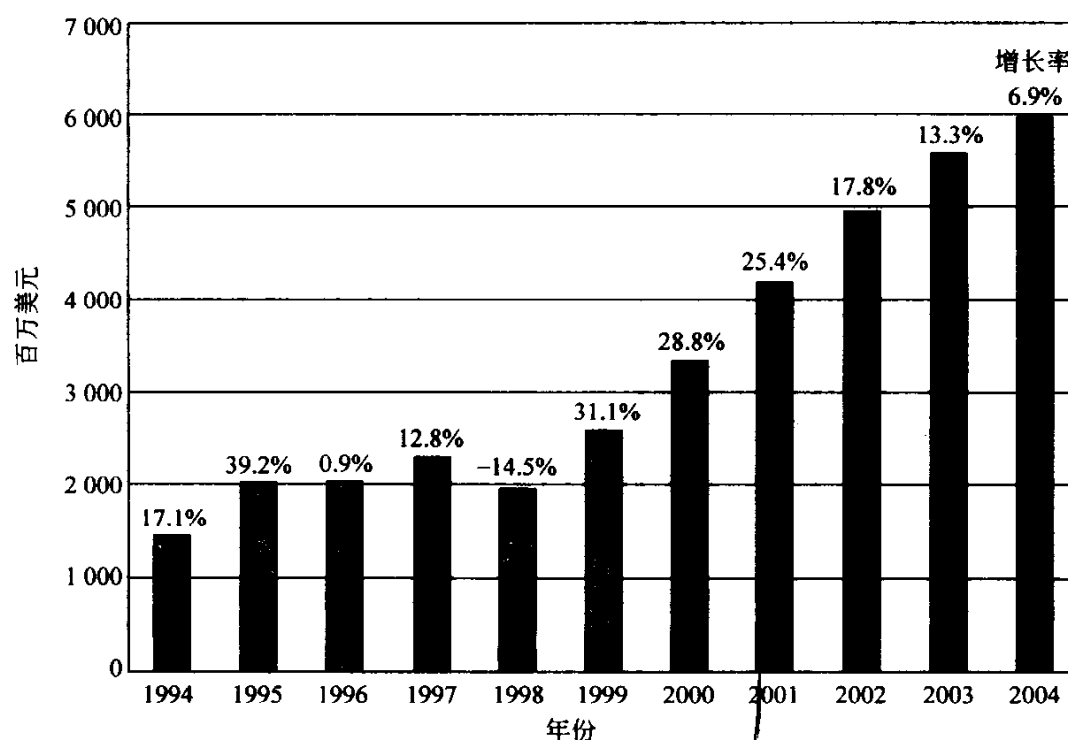


图 1-1 Dataquest 公司 2000 年 7 月对亚太地区未来 5 年微控制器市场的预测

表 1-2 1999 年全世界主要厂商 8 位微控制器的销量

生产厂商	8 位微控制器销量(片)	市场份额
Motorola	6.56 亿	19.3%
Microchip	3.065 亿	9%
Hitachi	3 亿	8.8%

续表

生产厂商	8 位微控制器销量(片)	市场份额
NEC	2.4 亿	7.1%
Infineon Technologies	2.17 亿	6.4%
STMicroelectronics	1.91584 亿	5.6%
Mitsubishi	1.9 亿	5.6%
Philips	1.89474 亿	5.6%
Toshiba	1.3 亿	3.8%
Zilog	1.20187 亿	3.5%
其他厂商	8.51290 亿	25.3%

## 1.2 微控制器与微处理器——微计算机技术的两大分支

微处理器(microprocessing unit, MPU) 是计算机的核心部件,用来制造计算机。计算机系统的主要用途是科学计算、数据处理、图象分析、数据库、人工智能、数字模拟与仿真等。

微控制器则主要用于控制目的。对以微控制器构成的系统的要求是有实时、快速的外部响应,能迅速采集到大量数据,作出逻辑判断与推理后实现对被控制对象的参数调整与控制。

显然,这两方面的要求是很不一样的。如果要求每一种微计算机都兼顾这两方面的要求,则会限制整个学科的发展。事实上,微计算机技术形成两大分支后在各自独立发展的道路上都得到了突飞猛进的发展。以 IBM-PC 为例,十余年来,微处理器从 8088、286、386、486 发展到 586、奔腾等。8 位机、16 位机都已经淘汰。32 位机也以每两、三年换代一次的速度向 64 位机发展。微处理器的发展动力在于人类对无止境的海量数值运算的需求。它是计算机科学与微电子技术学科高速发展的结果。计算机系统速度越来越快,功能越来越强,而对用户的要求则越来越趋向于“傻瓜”化。

随着微处理器的发展,微控制器虽然也发展出 16 位、32 位,但目前乃至今后相当长的时期内仍将以 8 位机为主。从年产量看,8 位微控制器的世界年产量已经超过了 10 亿片。以 Motorola 683xx 系列及 Intel 386 EX 为代表的 32 位微控制器,虽然有广阔的应用前景,但在数量上不可能达到年产量 10 亿片的水平。增强型 8 位微控制器以 MC68HC11 为代表,性能上已能与 16 位机媲美,而 32 位微控制器以其功能超群、开发容易、价格并不太高为特点,使 16 位微控制器的生存空间有限。未来的微控制器仍将以 8 位机为主、以 32 位为辅进行发展。微机技术在家用电器、智能化仪表、自动控制等方面的应用驱动微控制器的发展,几乎没有哪个行业用不着微控制器。微控制器的发展离不开各行各业的技术人员。微控制器直接使用了微处理器的成果,提高了构成系统的可靠性和抗干扰能力,降低了功耗与造价。

微控制器的发展是为了满足被控制对象的要求,构成各种专用控制器与多机控制系统。此外,它的发展还体现在:传感器接口,各种工业对象的电气接口,伺服驱动的功率接口,人机对话接口,通信网络接口等方面。这些接口性能的发展体现在:高速 I/O 能力,中断处理能力,A/D、D/A 的速度和精度,位操作能力,功率驱动能力,程序运行监控能力,信号实时处理能力等。

随着微处理器的发展,不久的将来也会出现 64 位微控制器,但微控制器总的发展方向仍将以 8 位为主,向高性能、高可靠性、低电压、低功耗、低噪声、低成本的方向发展。

### 1.3 微控制器与专用集成电路

ASIC(application specified integrated circuit)在我国被称作专用集成电路,指为某种用途专门设计制造的集成电路。其中所谓半定制 ASIC 设计指用户根据半导体集成电路制造商提供的单元电路库来设计自己的 ASIC。把微处理器看成电路库元件中的一个标准单元,微控制器就成了 ASIC。

Motorola 公司把 8 位微控制器,如 MC68HC08 归类于 CSIC (customer specified integrated circuit),意为用户定义的集成电路;把 MC68HC08 微处理器看作库元件中的一个。库元件还有各类存储器,如 RAM、ROM、EPROM、EEPROM、Flash(闪速存储器)等不同容量的模块,以及各类 I/O 模块,如并行口、串行口、定时器、A/D 变换器、脉宽调制器、DMA(存储器直接存取)控制器、网络通信控制器等。用户可根据自己应用上的需要,任选若干模块构成自己的专用集成电路。即使选用手册上的通用微控制器,当厂家把用户开发好的程序固化到微控制器中的掩膜 ROM 中去以后,也成了该用户的专用电路。厂家可以按照用户的要求在这种集成电路上印上用户命名的型号。典型微控制器的价格与数量的关系如图 1-2 所示。

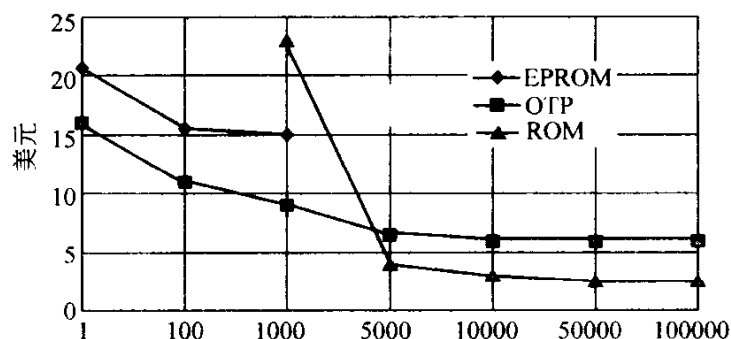


图 1-2 典型 MCU 的价格与数量的关系

同设计 ASIC 一样,这种做法的前提是要有一定的批量才可接受。目前,这个批量概念的数量在 30000 以上。换句话说,一个产品有足够大的批量,一种新型的微控制器就出现了。用这种方法设计 ASIC,即直接利用现成的库元件,比从门电路设计起的方法成本低,风险小。

我国是一个发展中国家,在 ASIC 设计方面比较落后,新产品开发中可注入的资金有限。用现成的微控制器构成自己专用的集成电路就显得特别有意义。只要产品有 3000



以上的批量,就可以请厂家把用户开发的应用程序固化到微控制器中去,从而形成自己的专用集成电路。这种批量生产的固化程序的工艺俗称掩膜。6805 类一般性微控制器典型价格在 2~3 美元之间,简单的、封装引脚少、批量大的微控制器单价已降低至 1 美元。

当产品批量小时,可使用 OTP(one time programable,意为一次性可编程的)型微控制器程序由用户自行写入,目前 OTP 型微控制器平均价格为掩膜型的 2.5~3 倍。

在产品开发初期,也可以选用 EPROM 型微控制器。程序可以写入,也可以用紫外灯照射擦除,反复使用。EPROM 型微控制器从外观上看有一个透紫外光的玻璃窗或塑料窗。

近年来,闪速存储器 Flash 在微控制器片内的应用走向成熟。Flash 的片内制造工艺、Flash 的保护技术有突破性进展;Flash 在遇到强干扰引起程序丢失的问题得到了妥善的解决,从而引发微控制器开发、应用技术的又一次飞跃。Flash 是一种非易失性储存介质,读取 Flash 中的内容同 RAM 读取没有什么不同。Flash 的写操作也比 EPROM 要快。而系统掉电以后,Flash 中的内容仍可以可靠地保持不变。Flash 的另一大优点是结构简单、集成密度大、成本低。形象地理解 Flash 的结构,存储器的一位使用一只晶体管就够了,而 RAM 中的一位至少要 6 只晶体管。由于 Flash 比 EPROM 便宜,不需要用紫外灯照射法擦除,CPU 可以依靠程序擦除 Flash 的某一部分或全部,反复使用次数可达数万至数十万次,有替代 EPROM 的趋势。比起掩膜 ROM 来,Flash 也有相当大的优势。首先是 8 到 16 周的掩膜芯片生产周期省去了,掩膜费用节省了。其次是掩膜后程序不可再修改,在采用 Flash 后掩膜法的这种风险没有了。另外,程序可以在产品出厂前灌入 Flash,也可以在产品出厂后,将应用程序灌入或升级。

Flash 的使用还带来了微控制器开发手段的革命,由于 Flash 可以局部擦除,且写入、擦除次数可达数万次以上,开发微控制器不再需要昂贵的仿真器。可以在微控制器的 Flash 中先灌入一个用于应用程序调试的监控程序,依靠这个监控程序的帮助,使用一次又一次地灌入、擦除被调试程序的方法调试应用程序。用监控程序法调试应用程序将在本书的后几章中详细介绍。

## 1.4 微控制器的历史与发展

20 世纪 70 年代后期,4 位逻辑控制器件发展到 8 位。当时可称得上是 8 位微控制器的应以 MC6801 为代表,它以当时流行的微处理器 MC6800 为 CPU,使用 NMOS 工艺将并行口、定时器和 128 字节 RAM 集成在一个芯片内。Intel 同期的代表产品是 8048,可称之为第一代微控制器。

最早采用 CMOS 工艺的微控制器是 Motorola 的 MC146805,出现在 20 世纪 80 年代。1982 年以后,NMOS 工艺逐渐被高速低功耗的 HCMOS 工艺代替。HCMOS 是高速互补型金属氧化膜半导体的英文字头。MC68HC05 最早出现于 1982 年,十多年来,已由当时的一种发展到如今的数百种。Intel 8051 系列微控制器进入中国市场最早,过渡到 CMOS 工艺的 80C51 相对晚些。近年来 Philips 等公司开始生产与 8051 兼容的微控制器,扩展了其功能。以早期的 MC146805 与 Intel 8051 为代表的微控制器可称为第二