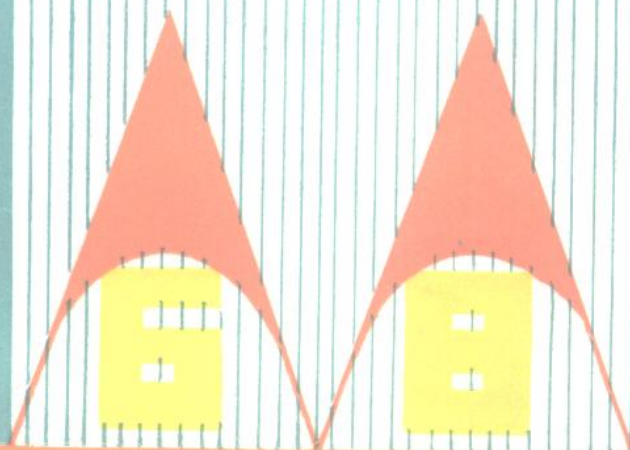


MOTOROLA 单片机

汇编程序设计

齐 刚 编著

MOTOROLA



北京理工大学出版社

MOTOROLA 单片机

汇编程序设计

齐 刚 编著

北京理工大学出版社

(京)新登字 149 号

内 容 简 介

MOTOROLA 单片机是目前应用最广泛的一种单片机。本书论述 MOTOROLA M6800/M6801、M68HC01、M6801、M6805 和 M68HC11 系列 8 位单片机的指令系统、伪指令系统、宏操作、条件汇编和结构控制语句。重点详细介绍 MOTOROLA 8 位单片机汇编程序的设计方法,包括纯软件程序和与 I/O 口有关的程序设计方法,给出大量实用程序和单片机实际应用的例子。还详细介绍 MOTOROLA 公司编制的用于 IBM-PC 的可移植交叉汇编程序 pasm、连接编辑程序 pld、s 格式文件生成程序 ubuilds 及库文件管理程序 par 的功能和使用方法。

本书实用性强,深入浅出,易于自学。可供大专院校电子工程、自动控制、微机应用、仪器仪表、家用电器等有关专业的本科生或研究生以及从事有关单片机应用与开发的工程技术人员阅读,有重要参考价值。

MOTOROLA 单片机汇编程序设计

齐 刚 编著

*

北京理工大学出版社出版发行

各地新华书店经售

北京理工大学印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 25.75 印张 640 千字

1993 年 5 月第一版 1993 年 5 月第一次印刷

ISBN 7-81013-734-4/TP·83

印数: 1-5000 册 定价: 18.00 元

前 言

MOTOROLA 公司生产的单片机 (MCU) 是目前国际上应用最广泛、性能最全面的单片机。它将 RAM、ROM、ERROM、EEPROM、定时器、串行通讯接口 SCI、串行外围接口 SPI、A/D 转换器、锁相环等集于一体, 并且具有价格低、功能强、品种多、功耗低、硬件电路简单、应用方便等特点, 在机械工业、汽车、家用电器、仪器仪表等许多领域得到了广泛应用。

随着电子产品智能化、小型化的发展, 将单片机应用于各类产品中是必然的趋势。无论从性能方面还是从价格方面考虑, MOTOROLA 8 位单片机都是首选最优机型, 它也是销量最大的最主要的流行机型。毫无疑问, 今后中国市场上 MOTOROLA 单片机将有突飞猛进的增长。根据我国单片机推广与应用发展的需要, 我们编著了这本书。我们希望, 也相信读者一定能从这本书中获得巨大收获。

本书在三个方面具有显著特点。

第一, 本书系统地介绍 MOTOROLA 8 位单片机的伪指令、宏操作、条件汇编和结构控制语句, 并且详细地论述利用它们进行程序设计的方法。这些内容在所有单片机的书籍中是独一无二的。

第二, 本书从应用角度全面详细地叙述单片机汇编程序的设计技术, 各类软件程序齐全, 实用性强。书中程序多数以 M6805、M68HC11、M6801 系列单片机为例, 可容易地移植应用到其它系列单片机上。分三类介绍程序设计方法: (1) 纯软件程序设计方法。包括循环程序、数据搬移程序、字符编码程序、代码和数制转换程序、各种字长的定点和浮点数四则运算程序、数据处理程序等。(2) 与 I/O 口有关的程序的设计方法。包括 SCI 程序、SPI 程序、定时器程序、脉冲累加器程序、EEPROM/EPROM 写入和擦除程序、A/D 转换程序等。(3) 实际应用系统的总体程序设计方法。以几个实用系统为例, 详细分析论述完整实用程序的设计问题。

第三, 介绍 MOTOROLA 公司的运行于 IBM-PC 上的可移植交叉汇编程序 pasm、可移植连接编辑程序 pld 以及 s 格式文件生成程序 ubuilds 和库文件管理程序 par 的功能与使用方法。这些也是本书的独到之处。尤其是交叉汇编程序, 它不仅能识别伪指令、宏操作和条件汇编伪指令, 还支持结构控制语句。这样, 用户在编写具有循环、条件判断功能的程序时, 可以像高级语言那样只用一条语句就能完成。例如, 执行 1 到 100 次循环, 可用 FOR 结构控制语句

```
FOR X= #1 TO #100
```

```
.....
```

```
ENDF
```

又如下面的条件判断语句

```
IF A (GT) #100 THEN
```

```
.....
```

```
ELSE
```

.....

ENDI

这些语句使程序变得简单明了,避免了用汇编语言编写循环和条件判断程序时遇到的麻烦。

由于这种汇编语言既有汇编语言特点又有高级语言的特点,因此,完全可以肯定,不久它必将像C语言(C语言是既具有高级语言的特点又具有汇编语言特点的高级语言)一样流行起来。

全书共分十一章。第一章对MOTOROLA各系列单片机作简单介绍。第二章介绍汇编程序及其使用。第三章系统介绍各个系列单片机的指令系统。第四、五、六章分别论述伪指令、条件汇编与宏操作、结构控制语句。第七章全面详细介绍汇编程序设计方法,第八章是有关单片机专用I/O口的程序设计方法。第九章通过实例论述具体应用时应考虑的问题和整体程序的设计技术。最后两章介绍可移植连接编辑程序pld、可移植库管理程序par和s格式文件生成程序ubuilds。

本书的编写工作由刚寒冰、齐秋群和刚励韬完成。在本书编写过程中,曹名扬教授提供了有益的资料,北京MOTOROLA公司的王翔先生、香港MOTOROLA公司的符俊超先生和刘秋常先生给予了大力支持,并提供了大量资料,作者向他们表示诚挚的谢意。同时作者对北京理工大学出版社、电子工程系以及对出版该书提供帮助的单位和个人在此表示衷心的感谢。

书中不足和错误之处,恳请读者批评指正。来信请寄:北京理工大学电子工程系刚寒冰或齐秋群收(邮编100081)。

编著者

1992年11月

于北京理工大学

目 录

第一章 MOTOROLA 单片机简介

§ 1.1	MOTOROLA 单片机概述	1
§ 1.2	MOTOROLA 8 位单片机的结构特点	4
1.2.1	存储器组织	4
1.2.2	CPU 结构	4
1.2.3	中断处理	4
1.2.4	I/O 口	5
§ 1.3	MOTOROLA MCU 简介	5
1.3.1	M6800/M6801/M68HC01 系列 MCU	6
1.3.2	M6805/M68HC05/M146805 系列 MCU	7
1.3.3	M6804/M68HC04 系列 MCU	10
1.3.4	M68HC11 系列 MCU	11
§ 1.4	MOTOROLA 单片机的命名规则	15
§ 1.5	MOTOROLA 单片机软件编辑、汇编、连接、调试仿真的环境与步骤	15
1.5.1	环境与安装	17
1.5.2	应用举例	17

第二章 汇编程序

§ 2.1	概述	18
2.1.1	汇编程序的作用	18
2.1.2	汇编程序的分类	18
2.1.3	连接编辑程序的作用	19
§ 2.2	汇编语言源程序格式	20
2.2.1	标号域	21
2.2.2	操作码域	22
2.2.3	操作数域	22
2.2.4	注释域	27
§ 2.3	引用汇编程序	27
2.3.1	命令行格式	28
2.3.2	命令选择项的功能	28
2.3.3	引用汇编程序举例	30
§ 2.4	汇编输出源列表文件格式及举例	31
2.4.1	源列表文件格式	31
2.4.2	符号表和交叉引用表格式	35
2.4.3	汇编输出源列表文件举例	36
§ 2.5	汇编错误和警告信息	49

第三章 MOTOROLA 单片机指令系统

§ 3.1	概述	52
-------	----------	----

§ 3.2 M6800/M6801 的寻址方式和指令系统	52
3.2.1 M6800/M6801 的寻址方式	53
3.2.2 M6800/M6801 的指令系统	55
§ 3.3 M68HC01 的寻址方式和指令系统	69
3.3.1 M68HC01 的寻址方式	69
3.3.2 M68HC01 的指令系统	70
§ 3.4 M6804 的寻址方式和指令系统	78
3.4.1 M6804 的寻址方式	78
3.4.2 M6804 的指令系统	81
§ 3.5 M6805 的寻址方式和指令系统	84
3.5.1 M6805 的寻址方式	85
3.5.2 M6805 的指令系统	87
§ 3.6 M68HC11 的寻址方式和指令系统	93
3.6.1 M68HC11 的寻址方式	95
3.6.2 M68HC11 的指令系统	99

第四章 伪指令

§ 4.1 伪指令分类	110
§ 4.2 汇编控制伪指令	112
§ 4.3 设置和定义数据存贮器的伪指令	116
§ 4.4 符号控制和定义伪指令	118
§ 4.5 列表控制伪指令	120
§ 4.6 输出控制伪指令	123
§ 4.7 输入控制伪指令	124

第五章 条件汇编和宏操作

§ 5.1 条件汇编结构	125
5.1.1 条件汇编 IF××伪指令	125
5.1.2 条件结构体	126
5.1.3 条件汇编结束伪指令 ENDC	127
§ 5.2 宏操作	127
5.2.1 宏定义	127
5.2.2 宏调用	128
5.2.3 宏展开	129
5.2.4 宏退出伪指令 MEXIT	129
5.2.5 汇编程序对宏定义和宏展开的处理过程	129
§ 5.3 条件汇编伪指令与宏操作举例	130

第六章 结构控制语句

§ 6.1 关键字和符号	139
6.1.1 关键字	139
6.1.2 符号	139
§ 6.2 IF 语句	139
§ 6.3 FOR 语句	140
§ 6.4 REPEAT 语句	141
§ 6.5 WHILE 语句	142

§ 6.6 表达式	142
6.6.1 简单表达式	142
6.6.2 复合表达式	144
§ 6.7 汇编语言程序行的书写格式	144
§ 6.8 结构控制语句的嵌套	145
§ 6.9 结构控制语句的源列表格式	145
第七章 汇编程序设计	
§ 7.1 简单程序设计	148
7.1.1 十六位数据搬移	148
7.1.2 双字节定点有符号数加法和减法	149
7.1.3 双字节定点数求补	151
7.1.4 双字节数据左移一位	152
7.1.5 双字节数据拆成 4 个半字节数据	152
7.1.6 求两个 16 位数据的最大值	153
7.1.7 用查表法求 0~7 的阶乘	154
§ 7.2 简单循环程序设计	155
7.2.1 数据块搬移	156
7.2.2 统计 8 位补码数负数的个数	158
7.2.3 求一组 8 位无符号数的最大值	158
7.2.4 一组 16 位无符号数据相加	159
§ 7.3 字符编码程序设计	160
7.3.1 测定字符串长度	161
7.3.2 在字符串中查找指定字符	162
7.3.3 给字符加奇校验	163
7.3.4 比较两个字符串	165
§ 7.4 代码和数制转换程序设计	166
7.4.1 十六进制数转换成 ASCII 码	166
7.4.2 ASCII 码字符转换成十六进制数字	169
7.4.3 十进制数到七段代码的变换	172
7.4.4 十进制整数转换成二进制数	173
7.4.5 二进制数转换为十进制数	174
7.4.6 二进制纯小数转换为十进制纯小数	176
7.4.7 十进制纯小数转换为二进制纯小数	178
§ 7.5 查表与排序	180
7.5.1 简单查表	180
7.5.2 查表转移	181
7.5.3 命令字符串查表	184
7.5.4 线性插值查表	188
7.5.5 无序表的搜索与填加	191
7.5.6 无序表的排序	192
§ 7.6 定点数算术运算	193
7.6.1 双字节无符号数乘法	193
7.6.2 双字节有符号数乘法	197

7.6.3 双字节有符号纯小数乘法	199
7.6.4 无符号数除法	200
7.6.5 双字节有符号数除法	203
7.6.6 有符号纯小数除法	205
§ 7.7 浮点数算术运算	206
7.7.1 两种浮点表示方式的转换	207
7.7.2 浮点数规格化子程序	208
7.7.3 无符号整数转换成浮点数	209
7.7.4 带符号整数转换成浮点数	209
7.7.5 浮点数转换成整数	210
7.7.6 浮点加法	211
7.7.7 浮点减法	213
7.7.8 浮点乘法	214
7.7.9 浮点除法	216
§ 7.8 数据处理	220
7.8.1 算术平均法滤波	220
7.8.2 防脉冲干扰平均法	222
7.8.3 低通数字滤波	226

第八章 单片机专用 I/O 口的程序设计方法

§ 8.1 串行通讯接口 SCI 的软件编程方法	229
8.1.1 SCI 简介	229
8.1.2 SCI 的软件编程方法	238
8.1.3 应用举例	240
§ 8.2 串行外设接口 SPI 的软件编程方法	245
8.2.1 SPI 简介	246
8.2.2 SPI 的软件编程方法	251
8.2.3 SPI 应用举例	252
§ 8.3 定时器的软件编程方法	267
8.3.1 定时器系统简介	267
8.3.2 定时器系统输入捕捉功能的应用与软件编程方法	272
8.3.3 定时器系统输出比较功能的应用与软件编程方法	283
§ 8.4 脉冲累加器的软件编程方法	293
8.4.1 脉冲累加器简介	293
8.4.2 脉冲累加器的软件编程方法	297
§ 8.5 片内 EEPROM 和 EPROM 的软件编程方法	306
8.5.1 M68HC11 系列单片机 EEPROM 的软件编程方法	306
8.5.2 MC68701 EPROM 编程和擦除方法	313
8.5.3 MC68705 EPROM 的编程方法	316
§ 8.6 A/D 转换器的软件设计方法	317
8.6.1 A/D 转换器简介	317
8.6.2 A/D 转换器的软件编程方法	318

第九章 综合应用举例

§ 9.1 温度控制器	320
-------------	-----

§ 9.2 单片机在电话机中的应用	326
§ 9.3 利用 SPI 进行同步串行通讯	340
§ 9.4 通用频率计数器	350
§ 9.5 中断的过零检测应用	354
第十章 连接程序	
§ 10.1 段和组的概念	370
10.1.1 段	370
10.1.2 组	371
§ 10.2 重新定位与连接	371
10.2.1 模块间访问的处理过程	371
10.2.2 库文件	371
§ 10.3 内存分配	372
§ 10.4 引用连接编辑程序 (pld)	373
10.4.1 命令格式	373
10.4.2 命令选择项	373
10.4.3 连接程序的应用举例	375
§ 10.5 连接选择文件	375
§ 10.6 连接伪指令	376
10.6.1 MEMORY 伪指令	376
10.6.2 SECTION 伪指令	378
10.6.3 赋值语句与表达式	380
10.6.4 把一个段定位到指定地址	381
10.6.5 在输出段中建立常数域	382
10.6.6 在连接时产生并定义符号	383
10.6.7 把一个段分配到指定的组中	384
§ 10.7 连接时产生浮动目标模块	385
§ 10.8 连接程序产生的输出源列表格式	385
§ 10.9 连接编辑的错误信息	389
第十一章 可移植库管理程序 (par) 和生成 S 格式文件的应用程序 (ubuilds)	
§ 11.1 库管理程序 (par)	393
§ 11.2 生成 S 格式文件的应用程序 (ubuilds)	393
附录 A SGS 模式	395
附录 B S 记录格式	397
附录 C ASCII 码表	399

第一章 MOTOROLA 单片机简介

MOTOROLA 公司是世界上著名的集成电路生产厂家之一,自 1974 年推出 MC6800 微处理器 MPU 之后,又推出了性能更强的 M6809 和 M68000 系列微处理器。与此同时, MOTOROLA 公司还推出了各种系列的单片微型计算机,也称为单片机或微控制器 (MCU—Microcontroller Unit)。单片机将 MPU、ROM、RAM、EPROM/EEPROM、I/O 口、定时器系统、串行通讯接口 (SCI)、串行外围接口 (SPI)、A/D 转换器、锁相环等集成在一个芯片上。各种型号的单片机的性能各不相同,ROM 和 RAM 容量大小不一, I/O 功能各有特色,因此可广泛地适应各种不同的应用场合。在国际市场上, MOTOROLA 公司的单片机广泛地应用在各个领域,从各种简单的家用电器到许多复杂的工业控制设备和通讯设备,从民用产品到军用设备,单片机都发挥着极其重要的作用。各公司的 8 位单片机销售情况如图 1-1 所示。8 位单片机的销售量占主导地位,其次是 4 位单片机。而在 8 位单片机当中, MOTOROLA 公司的 8 位单片机销量约占 28%,居各公司之首。MOTOROLA 公司的 8 位单片机 (包括派生型单片机) 已开始主宰世界 8 位单片机市场。据预测, MOTOROLA 公司各种系列的单片机在中国也必将成为最流行的主要机型。这也是我们编著这本书的原因之所在。

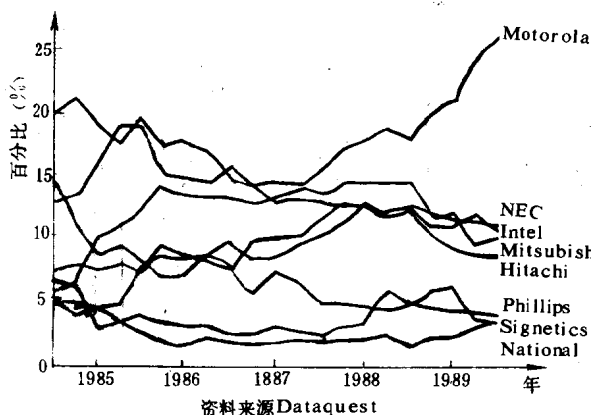
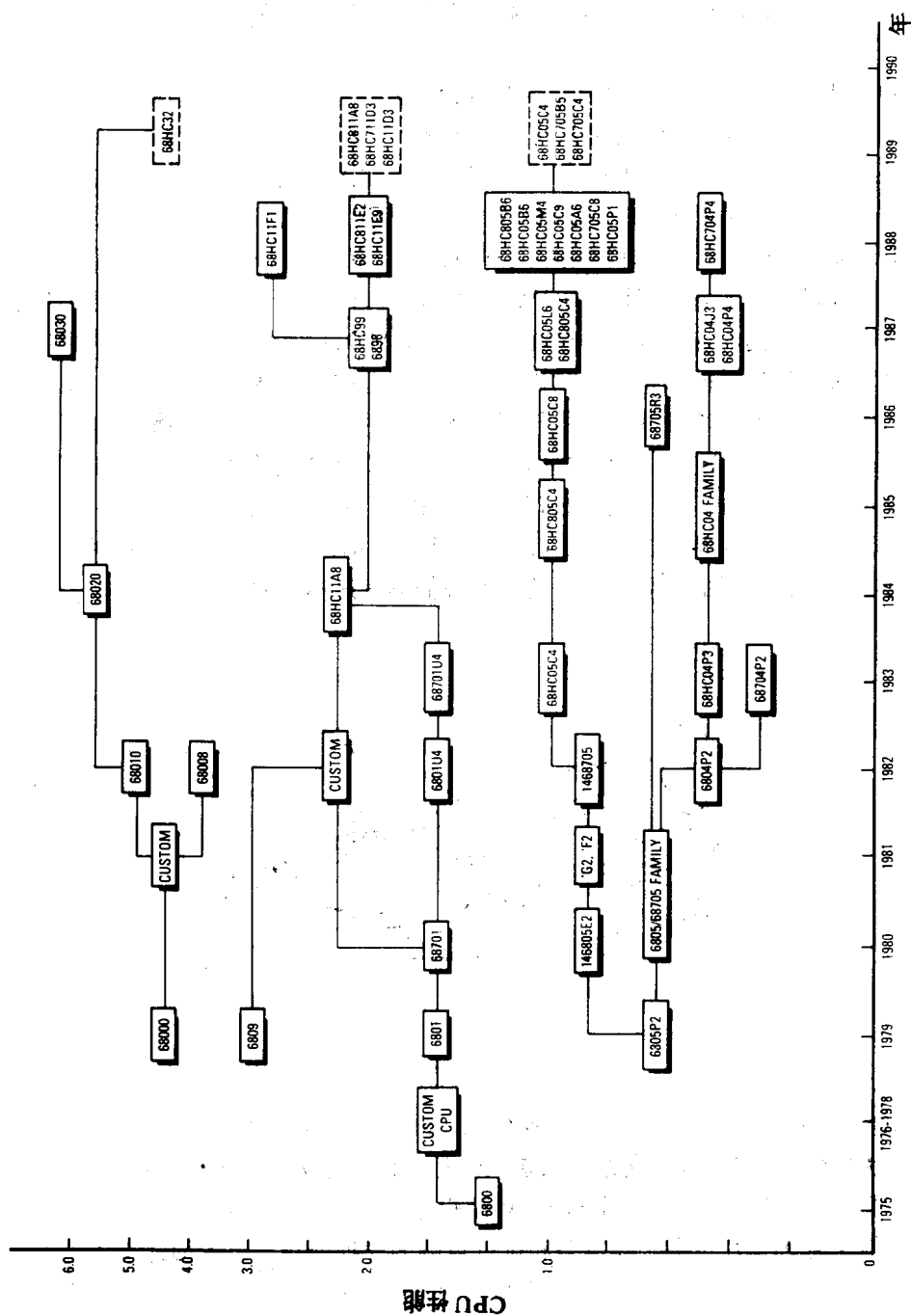


图 1-1 8 位单片机世界市场占有率

本书主要介绍 M6801、M68HC01、M6804、M6805、M68HC11 8 位 MCU 的寻址方式、指令系统、伪指令、条件汇编、宏结构和宏汇编程序设计方法以及 MOTOROLA 公司生产的用于 IBM-PC 机上的交叉汇编程序 pasm 和编辑程序的连接与使用方法。本书以软件编程和设计为主,有关各种单片机的工作原理和硬件电路的详细介绍,可参阅北京理工大学出版社出版的《MOTOROLA 8 位增强型单片机 M68HC11 原理及应用》一书和相应的书籍。

§ 1.1 MOTOROLA 单片机概述

MOTOROLA 公司的 MPU 主要有 M6800、M6809 和 M68000 系列。32 位单片机



(MCU)是在 M68000 系列基础上开发出来的,主要产品有 MC68332 和 MC68331。各种 8 位单片机系列产品是在 M6800 和 M6809 系列基础上开发研制的。该公司的 8 位单片机主要有两大类,一类是 M6801、M68HC11 系列对外可扩展总线型单片机,另一类是 M6805、M6804、M681405、M68HC05 等系列单片机。由 MC68HC11A8 还开发出了 16 位单片机 MC68HC16Z1。图 1-2 是 MOTOROLA 公司 MPU/MCU 的发展简况。

从图可知,M6800 是 MOTOROLA MCU 的先驱,在它的基础上,开发出了 M6801 系列 MCU,它仍采用 NMOS 工艺,CPU 功能和指令系统与 M6800 向上兼容。为了进一步降低单片机的成本,满足量大面广的家用消费领域应用的需要,该公司推出了 M6805 系列单片机。它简化了 M6801 的结构、减少了一个累加器,减少了存贮器及寻址范围,简化了 I/O 功能,但增加了位操作功能,并采用高性能 HMOS 技术。由于它采用模块结构,很快推出了片内带 A/D、锁相环、SPI、定时器的各种型号单片机。再加上价格便宜,因而 M6805 单片机得到了广泛的应用。之后,在 M6801 的基础上生产出了带 EPROM 和/或有更强 I/O 功能的单片机,如 MC68701、MC6801U4 和 MC68701U4,采用高性能 HMOS 技术生产出了 MC68HC01。接着对 M6801 进行更新换代,生产出 M68HC11 系列单片机,它也是采用 HCMOS 技术制造,其 CPU 和 I/O 功能比 M6801 有大幅度提高,是目前功能最强的 8 位单片机。与此同时,一方面生产比 M6805 功能更简单、价格更低的 M6804 单片机,另一方面为适应低功耗的要求,生产 CMOS 的 M146805 系列单片机。并从 1983 年开始推出速度更快、性能更强的 M68HC05/M68HC04 系列单片机。为了适应单片机在人工智能、精密控制、激光打印机等领域的应用,以 MC68020 为基础,在 1989 年推出 32 位单片机 M68300 系列,如 MC68331、MC68332。

MOTOROLA 公司的单片机从应用角度来看,可分成两大类:一类是高性能通用方式的 M6801、M68HC11 和 M68300 系列单片机。由于它们分别是以 M6800 和 M68000 MPU 为基础的,实际上是将 MPU 与 ROM、RAM 和多种 I/O 口集成于一体。因此与原 MPU 向上兼容,仍可用 MPU 的外接总线扩充接口方式设计系统,也可以采用单片方式设计系统,从而可以增加功能、提高可靠性和减少体积,故在控制领域有广泛应用。另一类适合于面广量大的家用消费领域,如 M6805、M6804、M68HC05、M68HC04 等,它们的性能价格比高。这类单片机不能外接存贮器,即对外不提供地址线 and 数据线,只有 I/O 口,因此应用时一般都采用单片方式。它们的 CPU 只能访问内部存贮器,所以采用这种方式设计的系统外围电路很少,原则上一块单片机就是整个控制系统。

随着集成电路工艺的发展和成本的降低,MOTOROLA 公司已不再推荐使用 M6804/M68HC04、M146805,它们可以用 M6805 或 M68HC05 来取代。也不再推荐使用 M6801 和 M68HC01,而应该采用性能价格比更好的 M68HC11 系列单片机。从 90 年代开始,MOTOROLA 公司除了生产一定量的 M6805 系列外,大力发展 M68HC11 和 M68HC05 系列单片机,而重点是 M68HC11 系列。该公司将大幅度扩大 8 位单片机(主要是 M68HC11 系列)

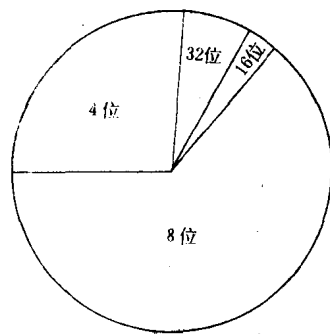


图 1-3 MOTOROLA 公司 1993 年单片机生产计划分配图

和 32 位单片机 (主要是 M68332), 逐步取消 4 位单片机。图 1-3 是 MOTOROLA 公司 1993 年单片机生产计划分配图。

§ 1.2 MOTOROLA 8 位单片机的结构特点

1.2.1 存储器组织

MOTOROLA 公司的所有单片机 MCU (微控制器) 和微处理器的内部结构都是以存储器映射 I/O 原理为基础, 即内部所有的 ROM、RAM、寄存器以及其它功能的硬件都具有一个唯一的地址, 对所有地址的操作与对存储器单元的操作一样。这种方法可方便寻址、简化指令系统, 对程序员来说, 不需要区分哪些指令用于存储器, 哪些指令用于硬件接口。

存储器的类型有 ROM、RAM、EPROM 和 EEPROM。绝大多数单片机内部都具有 ROM, ROM 的容量一般为 1K~32K 字节。一般特殊功能的寄存器定位在内部 RAM 区内。这些特殊寄存器包括: 并行 I/O 口及其控制寄存器、定时器、串行 I/O 口、A/D 转换器的数据寄存器及它们的状态和控制寄存器。堆栈也设置在 RAM 中。RAM 的容量一般为 30~1.25K 字节。有些单片机将 RAM 固定在零页存储区 (\$00~\$FF), 这是因为 CPU 寻址该空间最方便 (可直接寻址)。一些单片机能用软件对 RAM 区进行重新定位, 这对使用更加方便。存储区间的最后为复位和中断向量区, 存放复位和各种中断处理程序的入口地址。当复位或 CPU 响应中断时, CPU 能自动从该区域取出向量地址, 然后转向指定的存储器地址执行程序。

为了方便用户开发样机, 另外还有内部含 EPROM 或一次性编程 EPROM (OTPROM) 型号的单片机。OTPROM 采用塑料封装, 无窗口, 用户只可进行一次编程, 具有价格低 (只有 EPROM 型号的 2/3)、使用方便等特点。许多型号的单片机内部含有大容量的 EEPROM, 它可存放用户程序, 还可随时擦除和重写, 使开发极为方便。另外, 有的型号内部含有可现场实时字节写入的 EEPROM, 可以存放各种需经常修改、掉电后又不允许丢失的数据。

M6805 和 M68HC05 系列单片机大部分不能在外扩展存储器, 这使它们成为真正的单片机。M6801 和 M68HC11 系列单片机可以对外存储器寻址。它们有两种工作模式, 即可以工作在单片模式也可以工作在扩展模式, 后者可以对外存储器寻址。

1.2.2 CPU 结构

MOTOROLA 单片机的 CPU 采用单累加器或双累加器结构, 没有工作寄存器, 而有一个或两个变址寄存器, 可用于变址寻址操作和各种存数、取数以及循环控制。寻址方式丰富, 一般有直接、立即、扩展、间接、变址、相对等各种寻址方式, 其中扩展、变址等可适于访问全部地址空间 (64K), 因此编程方便。指令系统除了有各种算术和逻辑运算功能外, 还具有位处理能力, 并有丰富的条件转移指令, 特别适合于控制应用。

1.2.3 中断处理

MOTOROL 单片机的中断处理均采用向量方式。发生中断时, CPU 取出对应的中断向量, 根据中断向量转向指定的入口, 执行中断服务程序。在响应中断时, 能自动保护全部现场, 包括程序计数器 (即断点地址)、累加器、变址寄存器、程序状态字等内容, 并把它们压

入堆栈中。在执行中断返回指令时,从堆栈中自动恢复中断前的 CPU 现场。这大大方便了用户程序的中断现场保护,加快了中断服务速度。另外,响应中断时还能自动禁止中断。当需要中断嵌套时,用户中断服务程序可以重新允许中断,从而在处理中断过程中允许响应优先级高的其它中断。

1.2.4 I/O 口

MOTOROLA 单片机的 I/O 口一般具有多种功能,既可以作为通用 I/O 并行口,又可以作为专用 I/O 口,如定时器系统、串行通讯接口 SCI、串行外围接口 SPI、A/D 转换器等其它 I/O 功能。各种型号的 I/O 功能也不相同。

1. 并行 I/O 口

可作为输出或输入。每个口都配有一个输出数据锁存器,有些口还有数据方向寄存器。数据方向寄存器的每一位与该并行口的一位相对应,控制它是输入还是输出。

2. 定时器系统

多数 MOTOROLA 单片机都有定时器,其内部有一个向上的自由运行 16 位定时器计数器。该计数器一旦运行就不能停止(除特殊情况外),程序只能读出它的内容,不能修改。定时器主要有三个功能:定时器溢出、输出比较和输入捕捉功能。一般具有 1~5 个输出比较寄存器和 1~4 个输入捕捉寄存器。

3. 串行通讯接口 SCI

SCI 可完成串行异步数据通讯,本身有可编程的波特率发生器,字符长度可置为 8 位或 9 位,有多种检错功能。

4. 串行外围接口 SPI

SPI 采用串行同步传送方式,主机最大位传送波特率为 1.05MHz。它既可用于双机或多机通讯接口,也可用于各种串行 I/O 芯片接口,包括用于 8 位或 10 位 A/D、6 路 6 位 D/A、实时时钟、RAM、EEPROM、并行 I/O 口、LED 和 LCD 驱动器的接口。对于总线不能在外扩展的芯片,可用 SPI 来扩展这些单片机的 I/O 功能或 RAM、EEPROM 等。SPI 是 MOTOROLA 单片机独有的一种 I/O 功能。

5. A/D 转换器

许多 MOTOROLA 单片机具有 A/D 转换器,分辨率均为 8 位,内部包括保持电路。

6. 其它 I/O 功能

为了满足不同应用场合的需要,一些单片机还具有各种特殊的 I/O 功能,如 LED 驱动功能、VFD(荧光显示)驱动功能、实时时钟、脉冲宽度调制输出、脉冲累加器、I²C 总线接口等。

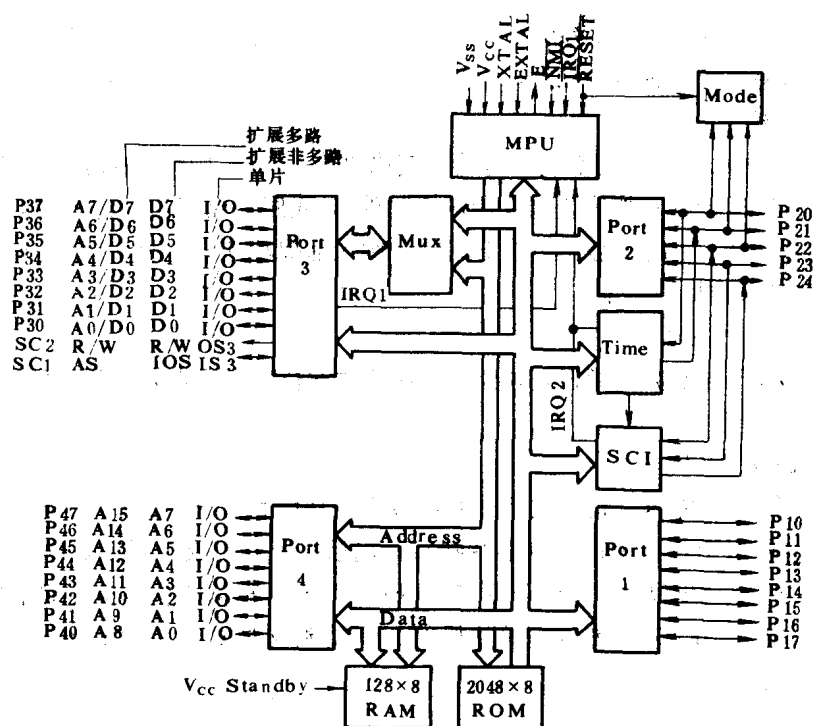
§ 1.3 MOTOROLA MCU 简介

本节简单介绍 M6800 MPU 和 M6801/M68HC01、M6804/M68HC04、M6805/M68HC05、M68HC11 MCU 的结构和基本特点。

1.3.1 M6800/M6801/M68HC01 系列 MCU

8 位微处理器 (MPU) M6800 是 MOTOROLA 公司单片机的先驱, 其 CPU 内部有二个 8 位累加器、一个状态标志寄存器、一个 16 位变址寄存器、16 位堆栈指针和 16 位程序计数器。有 8 位数据线和 16 位地址线, 寻址范围为 64K, 有立即、直接、扩展、相对、变址寻址方式。

1979 年生产的 M6801 是 MOTOROLA 公司的第一种单片机, 其结构如图 1-4 所示。实际上它是 M6800 再加上其它一些电路组成:



- 16 位三功能定时/计数器。它有一个定时器和状态控制寄存器，具有溢出、输出比较和输入捕捉功能，对应地有一个 16 位自由运行计数器、一个 16 位输出比较寄存器和一个 16 位输入捕捉寄存器。

- SCI 串行通讯接口。具有两种数据格式，异步不归零 (NRZ) 和双相格式。内部有波特率发生器、两个控制寄存器和状态寄存器及输入、输出数据缓冲器。

- 128 字节 RAM。

- 2K 字节 ROM (M6803 外接)。

- 单片和非多路总线/多路总线扩展两种 8 位操作方式。

- NMI 非屏蔽中断和 $\overline{\text{IRQ1}}$ 、 $\overline{\text{IRQ2}}$ 可屏蔽中断。 $\overline{\text{IRQ1}}$ 优先级高于 $\overline{\text{IRQ2}}$ 。 $\overline{\text{IRQ1}}$ 为外部输入中断， $\overline{\text{IRQ2}}$ 为内部中断，用于定时器和串行通讯接口。

M6801 系列单片机如表 1-1 所示。

表 1-1 M6801 系列单片机

片 内 EPROM	片 内 ROM	外 接 ROM	ROM 容 量	RAM 容 量	寻 址 范 围	定时/ 计数器	并 行 I/O 数	串 行 I/O	中 断
68701	6801	6803	2K	128	64K	输出比较 1 输入捕捉 1	29	SCI	7
68701U4	6801U4	6803U4	4K	192	64K	输出比较 3 输入捕捉 2	29	SCI	7
68701U5			4K	192	64K	输出比较 3 输入捕捉 2	29	SCI	7

注：6803 为 13 个 I/O 端，68701U5 有保密功能。

M68HC01 单片机的结构与 M6801 系列基本相同，但它采用 HCMOS 工艺制造。指令系统与 M6801 兼容，还增加了立即数到存贮器的直接寻址和变址寻址方式。

1.3.2 M6805/M68HC05/M146805 系列 MCU

为了满足低挡领域的需要，MOTOROLA 公司对 M6801 的结构进行了改进，减少了 RAM、ROM 及内部寄存器，定时器由 16 位降为 8 位，放弃串行口。在软件方面删除了一些计算功能，但加强了位操作功能。改造后的产品为 MC6805P2，管脚数降为 20 个，价格便宜，性能可满足相当范围的应用需要。主要特色是在设计思想上强调模块结构，可以增加或删除某些模块而不影响其它部分。图 1-5 是 MC6805P2 的内部结构框图。之后，很快形成了 M6805 系列。M6805 系列单片机有如下几类：

P 型：28 脚基本型

R 型：带 A/D 转换器型

U 型：无 A/D 转换器的 R 型

S 型：带 A/D、SPI、16 位定时器的多功能型

T 型：带锁相环型

K 型：带 EEPROM 型

表 1-2 列出了 M6805 系列单片机的性能。为了降低芯片的功耗，曾生产 M146805 系列单片机。之后在工艺上采取了更先进的 HCMOS 工艺，生产了 M68HC05 系列单片机，可直接