

MOTOROLA

单片机应用系统设计 与接口技术

· 刚寒冰 齐秋群 主编

机械工业出版社

MOTOROLA 单片机 应用系统设计与接口技术

刚寒冰 齐秋群 主编



机械工业出版社

M68HC11/M68HC05/M6805 系列是世界上最流行、应用最广泛、性能价格比最高的单片机。本书在介绍 M68HC11/M68HC05/M6805 系列单片机的结构、原理和各种外围功能的基础上,通过大量应用实例和实用程序,全面系统地论述单片机的系统配置和设计方法以及与各种外围电路的接口技术,包括存储器与 I/O 扩展方法、输入与输出通道设计、串行通信技术、中断与同步技术、软件设计基础、定时器/计数器系统接口方法、键盘与显示接口方法、系统保护与抗干扰设计等。读者可以直接采用或借鉴本书中的具体例子。

本书实用性强,系统性好,内容新颖、全面,是电子、计算机、自动控制领域工程技术人员和科研人员不可缺少的资料,也适合用作高校和各类培训班的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MOTOROLA 单片机应用系统设计与接口技术/刚寒冰, 齐秋群主编.
—北京: 机械工业出版社, 1995.
ISBN 7-111-04805-9

I. M... I. ①刚...②齐... II. ①单片式计算机-系统设计②单片式计算机-接口设备 N. TP368.

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 10406 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 边 萌 版式设计: 冉晓华 责任校对: 刘志文
封面设计: 姚 毅 责任印制: 卢子祥

交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行
1996 年 2 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·49.5 印张·1223 千字
0 001—2 000 册
定价: 65.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

单片机(单片微型计算机)具有功能强、系统可靠性高、成本低、应用方便等特点,在自动控制、家用电器、智能化仪表、通信、汽车等领域得到了广泛的应用。

Motorola M68HC11/M68HC05/M6805 系列单片机是国际上最流行、应用最广泛、市场占有率最高的 8 位单片机。M68HC11/M68HC05/M6805 系列单片机具有许多其他型号单片机所没有的显著特点,如功能丰富、速度快、功耗低、性能价格比高、系统设计简单、使用方便等。其单片机片内不仅含有 CPU、RAM、ROM/EPROM、并行 I/O,还将众多的外围功能集成在芯片内,如多功能定时器、A/D 转换器、EEPROM、串行外围器件接口(SPI)、串行通信接口(SCI)、计算机操作正常(COP)监视器(Watchdog)、实时时钟、脉冲累加器、液晶显示驱动器(LCD)、屏幕显示驱动器(OSD)、脉宽调制(PWM)、双音多频(DTMF)发生/接收器等。因此,M68HC11/M68HC05/M6805 系列成为国际上产量最大、最流行的主流机型也是必然的。

M68HC11 系列是增强型的 8 位单片机,也是所有 8 位单片机中功能最强的系列,并且与 16 位单片机 M68HC16 系列兼容。M68HC05/M6805 是功能最丰富的单片机,具有 100 多种型号,能适合于各种各样的应用场合。不论什么情况,定有一种型号不需外接外围器件就能满足要求,这样既不浪费片内资源,系统构成又很简单,并且可靠性高、调试/生产方便、成本低。M68HC05 系列也是性能价格比最高的单片机。

鉴于目前 M68HC11/M68HC05/M6805 系列单片机用户日益剧增、资料匮乏以及用户急需实用的技术资料等这一实际情况,作者在多年从事单片机教学和开发应用 Motorola 单片机以及研制生产单片机开发系统的基础上,将本科生、研究生的单片机教学内容和科研成果进行系统的总结和整理,并精心提炼,汇集成册,以飨读者。

本书第一章对单片机的结构和特点作简明介绍;第二、三章分别系统地介绍单片机结构以及各种 I/O 功能和片内外围子系统;第四章论述单片机应用系统设计和软件设计基础;第五、六章分别介绍存储器和 I/O 扩展方法;第七章论述同步与中断接口技术;第八章论述输入通道接口方法;第九章介绍键盘和显示接口技术;第十章介绍定时/计数系统的设计方法;第十一章论述输出通道的接口方法;第十二章讨论串行通信接口方法;第十三章介绍系统保护和抗干扰设计方法。每章都有许多应用实例和实用程序,读者可直接采用或进行移植,对实际系统设计与应用大有裨益。

参加本书编写工作的有:刚寒冰、齐秋群、刚砺韬、刘连忠、郭少杰、刘英、胡巨荣、姜洪福、刘洲峰、高京斋、常安、李宇任、张跃华、李平、赵永才、周庆、姜鹏。

本书不足和谬误之处,敬请各位专家和同行批评指正。

编著者

1995 年 5 月于北京理工大学电子工程系

目 录

前言

第一章 概述 1

§ 1.1 单片机及其特点 1

§ 1.2 单片机的种类及发展 2

§ 1.3 Motorola 单片机的命名规则 6

§ 1.4 M68HC11/M68HC05/M6805/
M68HC16/M68300 系列
单片机简介 6

1.4.1 M68HC11 系列单片机 6

1.4.2 M68HC05/M6805 系列单片机 11

1.4.3 M68HC16 系列单片机 15

1.4.4 M68300 系列单片机 17

§ 1.5 M68HC11/M68HC05/M6805
系列 MCU 的特点 21

1.5.1 存储器组织 21

1.5.2 CPU 结构 21

1.5.3 中断处理 21

1.5.4 I/O 口功能 22

§ 1.6 计算机应用系统的分类 23

1.6.1 通用计算机应用系统 23

1.6.2 专用计算机应用系统 24

1.6.3 混合型计算机应用系统 24

§ 1.7 单片机的应用领域 25

§ 1.8 单片机应用系统分类 28

§ 1.9 单片机应用系统的设计与开发 29

1.9.1 单片机的选型 30

1.9.2 硬件电路的设计与组装 34

1.9.3 软件设计及其特点 35

1.9.4 应用系统软、硬件调试与仿真 35

1.9.5 软件固化与脱机运行 38

第二章 M68HC11 系列单片机的结 构、功能与指令系统 39

§ 2.1 M68HC11 的结构 40

§ 2.2 CPU 的结构及其寄存器 41

§ 2.3 封装及引脚功能 44

§ 2.4 M68HC11 的操作模式 50

§ 2.5 MCU 的控制寄存器 56

§ 2.6 存储器映象 60

§ 2.7 片内 ROM 和 RAM 62

§ 2.8 EEPROM 及其编程和应用 63

2.8.1 EEPROM 编程和擦除寄存器
(PPROG) 64

2.8.2 编程和擦除步骤及举例 64

2.8.3 EEPROM 的应用 66

§ 2.9 并行 I/O 口 68

2.9.1 口数据寄存器 (PORT) 和口
数据方向寄存器 (DDR) 68

2.9.2 通用 I/O 口 (PC 口和 PD 口) ... 69

2.9.3 固定方向 I/O 口 (PA、PB 和
PE 口) 69

2.9.4 简单选通 I/O 口 69

2.9.5 应答 I/O 70

2.9.6 并行 I/O 控制寄存器 (PIOC) ... 71

2.9.7 STRA 和 STRB 端的其他用法 72

§ 2.10 低功耗方式 72

§ 2.11 复位与中断 74

2.11.1 M68HC11 的四种复位方式 74

2.11.2 复位后 MCU 的状态 77

§ 2.12 中断 79

2.12.1 中断的处理过程 80

2.12.2 中断源 83

§ 2.13 寻址方式 84

2.13.1 立即寻址 (IMM) 85

2.13.2 直接寻址 (DIR) 85

2.13.3 扩展寻址 (EXT) 86

2.13.4 变址寻址 (INDX、INDY) 86

2.13.5 隐含寻址 (INH) 87

2.13.6 相对寻址 (REL) 87

§ 2.14 指令系统 88

§ 2.15 汇编语言源程序格式 88

§ 2.16 汇编伪指令 106

§ 2.17 串行通信接口 (SCI) 109

2.17.1 SCI 主要特性和接收/发送
数据格式 109

2.17.2	SCI 发送器与接收器	110	§ 4.2	单片机接口电路的种类与特点	165
2.17.3	SCI 寄存器	112	§ 4.3	Motorola 单片机的接口方法 与特点	166
§ 2.18	串行外围接口 (SPI)	117	4.3.1	并行总线接口方法与特点	166
2.18.1	SPI 的主要功能	117	4.3.2	串行总线接口方法与特点	168
2.18.2	SPI 的结构、引脚与工作 过程	118	§ 4.4	CMOS/HCMOS 与 TTL/LSTTL 相互接口技术	170
2.18.3	SPI 寄存器	121	§ 4.5	软件设计基础	178
§ 2.19	定时器与实时中断	123	4.5.1	数据与数据结构	178
2.19.1	定时器的主要功能	124	4.5.2	优化程序设计	186
2.19.2	定时器的寄存器	127	第五章	MCU 系统存储器的扩展 方法	202
§ 2.20	脉冲累加器	132	§ 5.1	存储器扩展基础知识和单片机 总线时序	202
2.20.1	脉冲累加器的工作模式 与结构	132	5.1.1	数据传输过程	202
2.20.2	脉冲累加器的寄存器	133	5.1.2	取指-执行周期	202
§ 2.21	A/D 转换器	135	5.1.3	单片机总线时序	203
2.21.1	电荷再分配 A/D 转换器 的原理	135	§ 5.2	存储器扩展方法和最小扩展 系统	205
2.21.2	A/D 转换器的控制逻辑与 使用方法	138	5.2.1	存储器扩展方法	206
2.21.3	A/D 系统的寄存器	141	5.2.2	M68HC11 最小扩展系统	206
§ 2.22	M68HC11 各种型号功能简介	143	§ 5.3	随机读写存储器 RAM 的扩展 方法	207
第三章	M68HC05/M6805/M68HC08 系列单片机的结构、功能与 指令系统	145	5.3.1	静态 RAM 的扩展方法	208
§ 3.1	M68HC05 的结构与引脚功能	145	5.3.2	动态 RAM 的扩展方法	214
§ 3.2	M68HC05 的 CPU	148	5.3.3	带串行接口 RAM-MC68HC68R1 /R2 的扩展方法	215
§ 3.3	M68HC05 的存储器组织	149	§ 5.4	紫外线擦除可编程只读存储器 EPROM 的扩展方法	217
§ 3.4	M68HC05 的并行 I/O 口	150	5.4.1	单片机扩展 2764A	218
§ 3.5	M68HC05 的复位与中断	151	5.4.2	单片机扩展 27C128	220
§ 3.6	M68HC05 的低功耗方式和数据 保持方式	152	5.4.3	单片机扩展 27C256	220
§ 3.7	M68HC05 的寻址方式、指令系统、 汇编语言格式和伪指令	153	5.4.4	单片机扩展 87C257	220
§ 3.8	M68HC05 的各种外围 I/O 功能	160	§ 5.5	电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) 的扩展方法	221
§ 3.9	M6805/M146805 MCU 的结构与 主要功能	160	5.5.1	EEPROM 的应用特性	224
§ 3.10	M68HC08 系列单片机的结构 与性能	162	5.5.2	直接总线方式扩展 2864A	224
第四章	单片机应用系统与接口 设计基础	164	5.5.3	直接总线方式扩展 2817A	226
§ 4.1	单片机应用系统设计的内容 与特点	164	5.5.4	直接总线方式扩展 2816A	227
			5.5.5	间接总线方式扩展 EEPROM	227
			5.5.6	串行方式扩展 MCM2814	228
			§ 5.6	基本扩展系统	234
			§ 5.7	大容量存储器扩展系统	235

§ 5.8 带有片内存储器的扩展系统	236	§ 7.1 单片机 (MCU) 与 I/O 接口之 间的信号类型	334
§ 5.9 非复用总线单片机扩展	237	§ 7.2 单片机与慢速 I/O 设备 的接口技术	335
5.9.1 MC68HC11F1 的扩展方法	237	7.2.1 实时同步接口技术	335
5.9.2 MC68HC11G× 扩展方法	241	7.2.2 Gadfly 循环同步技术	337
5.9.3 MC68HC711J6 的扩展方法	242	7.2.3 简单中断同步技术	341
第六章 I/O 口扩展和可编程并行及 串行接口芯片	243	7.2.4 查询式中断同步技术	344
§ 6.1 I/O 口扩展概述	243	7.2.5 向量式中断同步技术	347
6.1.1 I/O 结构	243	§ 7.3 MCU/MPU 与快速 I/O 设备的 接口技术	352
6.1.2 Motorola 单片机 I/O 口扩展 性能	244	7.3.1 单片机与快速 I/O 设备的简单 接口技术	352
6.1.3 I/O 口扩展用芯片	244	7.3.2 直接存储器访问 (DMA) 接口 技术	353
6.1.4 I/O 功能扩展方法	245	7.3.3 独立缓冲存储器和时间复用 存储器同步技术	359
§ 6.2 用 74 系列芯片扩展简单 的 I/O 口	245	§ 7.4 各种同步接口技术小结	360
6.2.1 扩展只读输入口	246	第八章 输入通道与接口技术	361
6.2.2 扩展只写输出口	247	§ 8.1 输入通道的任务和结构形式	361
6.2.3 扩展可读输出口	248	8.1.1 输入通道的内容和任务	361
6.2.4 扩展地址脉冲触发接口	250	8.1.2 输入通道的特点	362
6.2.5 简单 I/O 接口软件设计	251	8.1.3 输入通道的结构形式	363
§ 6.3 可编程并行 I/O 接口芯片简介	253	§ 8.2 输入通道信号处理与变换	364
6.3.1 MC6821 外围接口适配器	253	8.2.1 单通道小信号线性放大	365
6.3.2 MC146823 CMOS 并行接口	265	8.2.2 多通道选择和可编程增益放大 与衰减	381
6.3.3 MC68HC24 端口替换器	278	8.2.3 非线性处理	386
6.3.4 MC68HC27 端口替换器	295	8.2.4 输入通道的滤波处理	388
§ 6.4 用可编程并行 I/O 芯片进行基本 I/O 口扩展	299	8.2.5 输入通道中的抗干扰措施	389
§ 6.5 串行接口方式的移位寄存器简介	303	§ 8.3 输入通道中的 A/D 转换	391
6.5.1 8 位串行输入/并行或串行输出 移位寄存器 74HC595A	303	§ 8.4 A/D 转换器介绍	393
6.5.2 8 位串行输入/并行输出移位 寄存器 74HC164	308	8.4.1 单片机片内 A/D 转换器简介	393
6.5.3 8 位并行或串行输入/串行输出 移位寄存器 74HC589	312	8.4.2 带串行接口的 A/D 转换器	398
6.5.4 8 位并行或串行输入/串行输出 移位寄存器 74HC597	317	8.4.3 带并行输出的 A/D 转换器	416
6.5.5 8 位并行或串行输入/串行输出 移位寄存器 74HC165	321	§ 8.5 A/D 转换接口技术	419
§ 6.6 用串行方式移位寄存器扩展并行 I/O 口	325	8.5.1 单片机片内 A/D 转换器与输入 通道的接口技术	419
6.6.1 用 74HC589 扩展并行输入口	325	8.5.2 扩展带串行接口 A/D 芯片的 接口技术	424
6.6.2 用 74HC595A 扩展并行输出口	328	§ 8.6 输入通道中的 V/F 变换	426
第七章 同步与中断接口技术	334	8.6.1 V/F 变换结构	426
		8.6.2 V/F 变换原理和 V/F 变换器	426

第九章 键盘和显示接口	428	时钟	613
§ 9.1 键、键盘及接口	428	10.3.5 实时时钟 MC68HC68T1	619
9.1.1 键输入和键盘编码	428	10.3.6 由 MC68HC68T1 实现实时	
9.1.2 键、键盘的联接结构	431	时钟	632
§ 9.2 LED 显示器及接口	440	第十一章 输出通道接口技术	642
9.2.1 LED 显示器的结构和原理	440	§ 11.1 输出通道概述	642
9.2.2 LED 显示器的显示方式	441	§ 11.2 功率接口器件与应用	642
9.2.3 LED 显示器接口方式	444	§ 11.3 光电隔离接口器件与应用	647
9.2.4 四位 LED 驱动器 MC14499		§ 11.4 线性功率驱动器接口电路	649
及其应用	447	§ 11.5 并行输入 D/A 转换器接口电路	
9.2.5 五位 LED 驱动器 MC14489		与应用	650
及其应用	453	§ 11.6 串行输入 D/A 转换器接口电路	
9.2.6 点阵式 LED 显示器及接口	465	与应用	661
§ 9.3 LCD 显示器及其接口	465	第十二章 串行通信系统与接口技术 ...	670
9.3.1 LCD 的结构、工作原理和		§ 12.1 概述	670
驱动方式	466	§ 12.2 串行通信	671
9.3.2 静态 LCD 显示器驱动接口	469	12.2.1 串行通信的一般概念	671
9.3.3 动态 LCD 显示器驱动接口	478	12.2.2 异步和同步串行通信	673
§ 9.4 CRT 显示器及接口技术	497	§ 12.3 串行通信接口标准和硬件接	
9.4.1 显示器的扫描方式	497	口电路	676
9.4.2 图形和字符显示的基本原理	501	12.3.1 RS-232C 标准接口及硬件	
9.4.3 CRT 控制器 MC6845 及与		接口电路	678
单片机的接口	505	12.3.2 RS-422 和 RS-423 标准接口	
9.4.4 CRT MC6847 控制器及接口	523	与联接方法	686
第十章 定时和计数系统设计	544	12.3.3 RS-485 标准接口与联接方法 ...	688
§ 10.1 定时系统设计	544	12.3.4 20mA 电流环路串行接口与	
10.1.1 方波发生器	544	联接方法	689
10.1.2 脉冲发生器	550	§ 12.4 双机和多机通信系统结构	690
10.1.3 实时时钟	561	12.4.1 双机通信系统结构	690
10.1.4 产生定时中断申请信号或		12.4.2 多机通信系统结构	691
控制信号	563	§ 12.5 单片机串行口的应用	691
§ 10.2 计数系统设计	564	12.5.1 串行口的应用方法	691
10.2.1 对外部事件计数	564	12.5.2 双机通信	698
10.2.2 频率/周期测量	567	12.5.3 多机通信	708
10.2.3 脉冲宽度测量	572	§ 12.6 MC6850 异步通信接口适配器	
§ 10.3 利用专用定时器芯片设计定时/		及其应用	725
计数系统	581	12.6.1 MC6850 的内部结构和工作	
10.3.1 可编程定时器 MC6840	581	原理	725
10.3.2 利用 MC6840 设计定时/计数		12.6.2 MC6850 的寄存器	727
系统的方法	594	12.6.3 MC6850 的引脚信号	730
10.3.3 带 RAM 的实时时钟		12.6.4 MC6850 的特性参数、时序和	
MC146818A	598	型号	731
10.3.4 由 MC146818A 实现实时		12.6.5 MC6850 的应用	735

§ 12.7 MC6852 同步串行接口 适配器	736	13.1.2 片内存储器的配置和定位	755
12.7.1 MC6852 的结构和工作原理	736	13.1.3 中断触发、COP 和定时器时钟 速率选择	755
12.7.2 MC6852 的寄存器	737	§ 13.2 欠压、过压检测电路及其应用	756
12.7.3 MC6852 的引脚信号	739	13.2.1 欠压检测器 MC34064/164 和 MC33064/164 及其应用	756
§ 12.8 MC6854 高级数据链控 制器	740	13.2.2 过压检测器 MC3423/MC3523 及其 应用	758
12.8.1 MC6854 的结构和工作原理	741	13.2.3 欠压/过压检测器 MC3425 及其 应用	761
12.8.2 MC6854 的寄存器	742	§ 13.3 单片机系统抗干扰设计	763
12.8.3 MC6854 的引脚信号	745	§ 13.4 高速电路板的设计技术	763
§ 12.9 调制解调器 MC145442/ MC145443	746	13.4.1 电源分布与设计	763
12.9.1 MC145442/MC145443 的结构和 工作原理	747	13.4.2 具有传输线特性的信号线 及其设计	766
12.9.2 MC145442/MC145443 的引脚 信号	750	13.4.3 互扰	768
12.9.3 MC145442/MC145443 的应用	752	13.4.4 电磁干扰 (EMI)	770
12.9.4 MC145442/MC145443 的特性 参数	752	§ 13.5 HCMOS 单片机的电磁兼容 (EMC) 设计	771
第十三章 系统结构设置、欠电压/过电 压及抗干扰设计	755	§ 13.6 软件抗干扰措施	776
§ 13.1 系统结构设置	755	13.6.1 算术平均法滤波	776
13.1.1 工作模式的选择	755	13.6.2 抗脉冲干扰平均法	777
		13.6.3 低通数字滤波	782
		主要参考资料	784

第一章 概 述

§ 1.1 单片机及其特点

随着大规模集成电路的发展,将许多功能集成在一个芯片内是集成电路的最新进展之一。微处理器(MPU, Microprocessor Unit)是指在一片大规模集成电路芯片上制成的中央处理单元(CPU),它将运算器和控制器集于一体,负责计算机的算术和逻辑运算等操作,控制程序的执行,是计算机的核心,与计算机的性能直接相关。微型计算机(Microcomputer)是以微处理器为核心,加上半导体存储器(RAM/ROM/EPROM/EEPROM/OTPROM)、系统总线接口电路、输入输出接口电路等组成的系统。它分为单片微型计算机和单板微型计算机两种。

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,也称微控制器(MCU, Microcontroller Unit),因特别适用于控制,测量领域而得名。通常单片机包括中央处理单元(CPU)、ROM/RAM/EPROM/EEPROM存储器,并行I/O口、定时/计数器、振荡器等最基本的常用功能。许多单片机还具有许多外围功能,如Motorola的M68HC11、M68HC05系列的许多型号还具有多功能定时器(含多个输入捕捉和多个输出比较端)、实时时钟、实时中断、串行通信接口(SCI)、串行外围接口(SPI)、计算机操作正常(COP)软件监视器(Watchdog)、数/模(D/A)转换器或脉冲宽度调制(PWM)、模/数(A/D)转换器、LED显示驱动器、液晶显示驱动器(LCD)、屏幕显示驱动器(OSD)、荧光显示驱动器(VFD)、键盘中断(KBI)、双音多频(DTMF)接收/发生器、保密、通信控制器、锁相环、调制解调器、直接存储器访问(DMA)、H桥驱动器等许多I/O功能。应用时只需另加极少一些外部器件就可以构成应用系统。

单板微型计算机简称单板机,它是将CPU、ROM/RAM/EPROM、I/O接口电路及其他一些辅助电路都安装在一块印制电路板上,可用扩展槽与外围设备相联。

在微型计算机的基础上增加一些外围设备和系统软件构成的整个系统称为微机系统。最常见的是由单片机(MCU)和外围设备以及系统软件组成的单片机系统。

由微处理器(MPU)或单片机构成的适合于某一特定应用场合或某个特定领域的计算机应用系统称为微型计算机应用系统。目前应用最广泛的是由8位单片机构成的测控系统,如各类家用电器、有线与无线通信、工业控制系统、数据采集系统、自动测试系统、智能化仪器仪表、汽车电子等领域都普遍采用单片机。随着电子产品的小型化、智能化和高可靠性以及低成本的发展,将单片机应用于各类产品中也是必然的趋势。

单片机在各个领域得到如此迅猛的发展是因为:

1) 性能价格比高。在消费类领域,要求单片机在满足功能需求的条件下价格尽量低,如Motorola的MC68HC05K0/K1售价不到1美元。

2) 应用方便。所构成的单片机应用系统的许多功能由软件实现,故无须改变硬件结构就能在一定程度上改变系统的功能。

3) 系统的扩展比较容易、典型、规范, 根据需要能构成各种规模的应用系统, 可以最大限度地利用系统的软件和硬件。

4) 可靠性高。一是因为单片机本身的可靠性高, 二是系统器件个数少, 互联线少, 因此由短路、断路而造成的失效减少。

5) 体积小、重量轻。在一些特殊领域, 如航天、野外用的便携式仪器仪表中, 单片机占有极其重要的地位。

6) 系统总体成本低。在需要特殊功能的应用场合, 可选用片内具有相应特殊功能的单片机型号, 这比采用 MPU 再加上具有特殊功能的芯片构成的系统成本要低。

单片机的出现使得工程技术人员能容易地掌握计算机应用系统的设计、组装和调试, 单片机应用系统已成为非计算机专业技术人员用来实现测控功能的常规工具。另外, 单片机也已成为高科技领域的有力工具。高档 16 位、32 位单片机及一些专用单片机 (如通信控制单片机、数字信号处理单片机、工业控制单片机等) 在工业测控系统、机器人系统、通信系统、实时多机处理系统、分布式测控系统、航空电子系统、遥控遥测系统中, 成为不可缺少的重要组成部分。

16 位和 32 位单片机的性能比 8 位单片机有大幅度的提高, 由于它们具有功能强、运算精度高、速度快、功耗低、可靠性高、程序开发方便等显著特点, 故在精密控制等许多领域有广阔的应用前景。如发动机自动控制、精密电机控制、工业机器人、航空电子系统、导航系统及电池供电等应用场合。Motorola 的 M68HC16 系列 16 位单片机和 M68300 系列 32 位单片机具有功能强大的 16 位中央处理单元和 32 位中央处理单元、智能化半独立的 16 通道定时处理单元 (TPU)、队列串行外围接口 (QSPI) 和串行外围接口 (SCI)、10 位 A/D 转换等模块, 其 CPU 与 MC68020 相近, 与 M68000/M68010 向上兼容。这两个系列单片机支持高级语言, 可完成 64 位运算操作, 有丰富的寻址方式和指令系统。

§ 1.2 单片机的种类及发展

自 1974 年 Motorola 推出第一台 M6800 单片机之后, 相继推出了 M6801、M6805、M6804、M68HC05、M68HC11、M68HC16、M68300、M68HC08 等系列单片机。目前国外有许多厂商生产 8 位或 16 位单片机, 著名的厂商有 Motorola、NEC、Intel、Mitsubishi、Hitachi、Phillips、Signetics、National、Zilog 等, 各大公司 8 位单片机的国际市场占有率如图 1-1 所示, 可见 Motorola 最为著名。1990~1993 年 Motorola 的 8 位单片机国际市场占有率仍为上升趋势, 约占近 1/3。目前国内应用较广泛的是 Motorola 的 M6805、M68HC05、M68HC11、M68HC16 和 M68300 系列以及 Intel 的 MCS51/

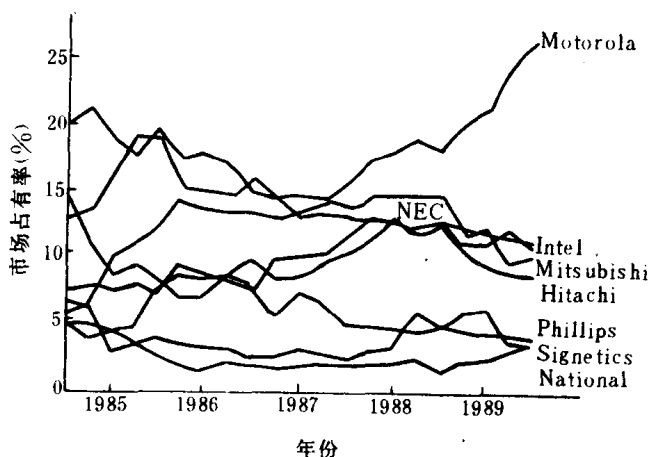


图 1-1 8 位单片机国际市场占有率

注: 资料来源 Dataquest。

MCS96 系列等。

Motorola 公司的 MPU 主要有 M6800、M6809 和 M68000 系列。32 位单片机是在 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。在 MC68HC11A8 基础上还开发出了 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，减少了存储器及寻址范围，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 转换、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 M68000MPU 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储器，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 只能访问内部存储器，所以采用这种方式设计的系统外围电路很少，原则上这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）和 16 位单片机（M68HC16 系列）的生产。

单片机的发展体现在下列几个方面。

1. 半导体工艺技术的发展

早期的单片机采用 NMOS 工艺，逐步发展为 HMOS、CMOS、HCMOS 工艺，如 M6805

图 1-2 Motorola 公司的 MCU/MPU 发展简况

系列采用高性能 HMOS 工艺, M146805 系列采用 CMOS 工艺, M68HC05、M68HC11、M68HC16、M68HC08 采用高性能 CMOS (HCMOS) 工艺。集成度不断提高, 工艺水平达亚微米以下, 普通单片机 (M6805) 片内约有 3 万只晶体管, M68HC11 高档 8 位单片机约有 6 万只晶体管, 16 位单片机集成度达 10 万多只晶体管, 而 32 位单片机 (MC68332) 每片上晶体管达 42 万只。

随着工艺的发展, 单片机的功耗不断下降, 如 M68HC05 系列的功耗只有 M6805 系列的 1/20, 而功能有所增强。在 WAIT 方式下, 功耗可降到正常工作时的 1/2~1/3, 只有 2~3mA。在 STOP 方式下, 功耗电流只有 1 μ A, 而在数据保持方式 (2V) 下电流更小。

此外, CMOS 工艺的单片机的工作范围大, NMOS 单片机的电源电压范围一般为 4.5~5.5V, 而 CMOS 单片机的工作电压范围可达 2.7~6.0V。

2. CPU 的改进

CPU 决定单片机的数据处理能力。有许多措施来提高 CPU 的处理能力, 如双 CPU 结构、增加数据总线宽度、采用流水线 (Pipeline) 结构、串行总线结构等。

3. 存储器容量的发展

存储器容量不断增大。目前片内 RAM 达 1K 字节 (MC68HC11F1), 片内 ROM/EPROM 达 32K 字节 (MC68HC05D32/G4 等), 片内 EEPROM 最高达 4K 字节 (MC68HC805C4)。许多带 EEPROM 的单片机内部有升压电路, 可用 5V 电压对 EEPROM 进入写入/擦除, 无需外接擦/写高压。另外, 为防止拷贝片内 EEPROM/EPROM 的内容, Motorola 单片机大多具有保密功能, 即只有在擦除 EEPROM/EPROM 之后, 才可能读出其内容, 从而达到加密的目的, 防止软件被盗。

4. 片内 I/O 口的发展

I/O 口的发展体现在下列方面:

- 1) 增加并行口引脚数, 以满足联接外围设备、系统扩展的要求。
- 2) 增加并行口驱动能力。为减少外接芯片数量, 某些单片机可直接输出大电流 (如 MC68HC05D9/D24/D32 等) 和高压 (如 MC68HC05M4/M6), 可直接驱动 LED 和荧光显示器 (VFD)。MC68HC05L1/L2/L4/L5/L6/L7/L9/L10/L11/L13/L16 等可直接驱动 LCD 显示器, MC68HC05T1/T2/T3/T4/T10/T7/T12 等可直接驱动屏幕显示器 (OSD)。
- 3) 提高 I/O 口的传输速度, 以便精确地测量脉冲周期/脉冲宽度或产生精密脉冲。
- 4) 增加 I/O 口的逻辑控制功能。
- 5) 串行接口多样化。除多数单片机都具有的串行通信接口 (SCI) 外, Motorola 单片机还有串行外围接口 (SPI)。某些型号单片机还具有全双工通用异步接收器 (DUART)、同步数据链控制器 (SDLC)、Telecom 通信接口等, 为构成单片机网络系统提供了便利条件。

5. 片内集成更多的外围子系统

随着集成度的不断提高, 片内集成的外围子系统也越来越多, 除单片机所必需的 ROM、RAM、中断、定时器外, 还可根据不同的应用场合, 将所需的特殊功能集成于片内, 如 A/D、D/A、音响发生器、双音多频 (DTMF) 发生器、译码驱动器、CRT 控制器、比较器、预分频器、锁相环、频率合成器、DMA 控制器、定时时钟 (RTC)、脉宽调制 (PWM) 输出、各种驱动器等。

§ 1.3 Motorola 单片机的命名规则

Motorola 单片机的命名规则如下:

<u>XX</u>	<u>XX</u>	68	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>XX</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>XX</u>
①	②		③	④	⑤	⑥	⑦	⑧

①指某一个单片机系列或某一个型号。M 指一个系列, 如 M68HC11 系列、M68HC16 系列、M6805 系列等; MC 指某一个型号的单片机, 如 MC68HC11A8、MC6805R3、MC68HC05C8、MC68HC16Z1 等; XC 指未定型的型号。

②表示是否为 CMOS 工艺技术。14 表示 CMOS; 无, 表示 HCMOS 或 HMOS。

③HC 表示 HCMOS 产品; “无”表示 HMOS 或 CMOS 产品。

④存储器类型标志。“无”表示片内带 ROM 或片内没有程序存储器; 7 表示片内带 EPROM 或一次可编程 ROM (OTPROM, One Time Programmable ROM); 8 表示片内带 EEPROM; 9 表示片内带快速 Flash EEPROM。例如, MC68HC05C4/C8 是片内带 ROM 的单片机 (MCU), MC68HC705C8 是片内带 EPROM 或 OTPROM 与 MC68HC05C8 相对应的 MCU, MC68HC805C4 是片内带 EEPROM 与 MC68HC05C4 相对应的 MCU。MC68HC916Y1 是片内带 48K 字节 Flash EEPROM 的 16 位单片机, 而 MC68HC16Y1 是片内带 48K 字节 ROM 的 16 位单片机。

⑤不同的系列标志。如 11 系列、01 系列、05 系列、08 系列、16 系列、04 系列等。

⑥不同型号标志。如 MC68HC11A8 中的 A8、MC68HC05P9 中的 P9、MC68HC16Z1 中的 Z1、MC6805R3 中的 R3 等。

⑦工作温度范围标志。“无”表示商用温度范围 0~70℃; C 表示 -40~85℃; V 表示 -40~105℃; M 表示 -40~125℃。

⑧封装标志, 它表示封装形式和封装材料以及该单片机是 EPROM 型号还是 OTPROM 型号 (对于 MC68HC7××的单片机)。如 FN 为 PLCC 塑封, P 为双列直插 DIP 封装, B 为小型 DIP 封装, S 为带窗口的 DIP 封装的 EPROM 型号, MC68HC705C8P 是带 OTPROM、DIP 封装的 MCU。

§ 1.4 M68HC11/M68HC05/M6805/ M68HC16/M68300 系列单片机简介

1.4.1 M68HC11 系列单片机

M68HC11 系列单片机是目前功能最强的 8 位单片机, 它是在 M6801 的基础上进行了改进, 并采用先进的 1.5μm HCMOS 工艺, 具有高速 (总线速度 4.0MHz)、高集成度及低功耗等特点。它将 CPU、存储器、定时器、串行 I/O 接口、串行通信接口和串行外围接口 (SCI 和 SPI)、A/D 转换器等多种功能集于一体, 图 1-3 是该系列中具有代表性的单片机 MC68HC11A8 的结构图。

M68HC11 系列单片机在智能化仪器仪表、通信设备、家用电器等领域, 特别在便携式、智能化的设备和自动控制系统中得到了非常广泛的应用。M68HC11 在欧美工业领域已销售 5

亿多片，在汽车工业已成为一种工业标准。

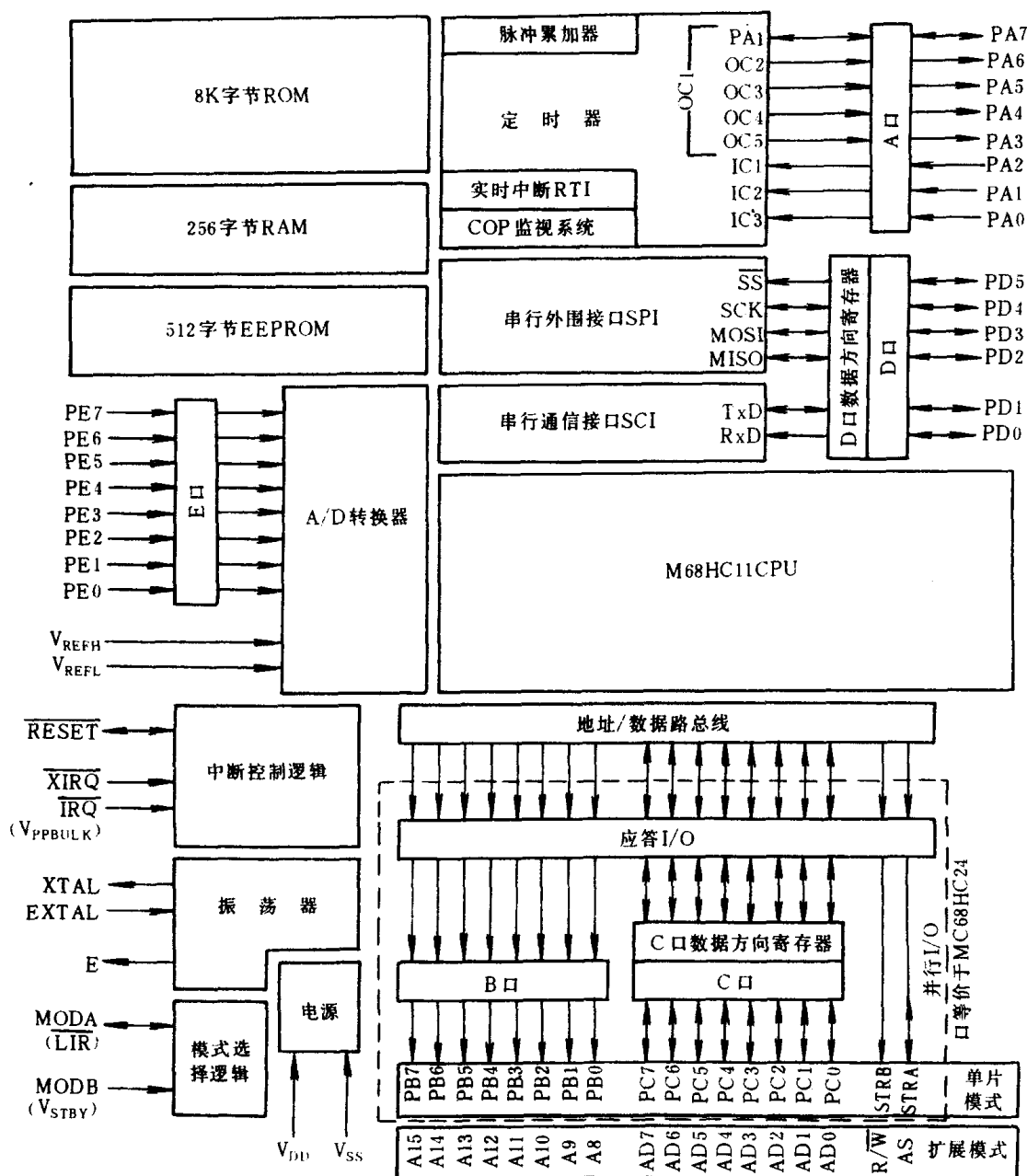


图 1-3 MC68HC11A8 的结构图

MC68HC11 采用改进的 M6801 内核作 CPU，它将内部两个 8 位累加器联接在一起，形成 16 位累加器，从而实现 16 位操作。其大多数指令与 M6801 向上兼容，还能执行 16 位与 16 位的整数和小数除法；增加了移位、16 位加 1 和减 1 运算指令以及位处理指令。它的寻址方式比 M6801 更强。MC68HC11 单片机还有 WAIT 和 STOP 两种低功耗运行模式。当处于 WAIT 工作模式时，内部程序停止运行，只有时钟继续工作，芯片耗电小于 10mA。这种工作模式可以由内部时钟中断或外部中断结束。当处于 STOP 工作模式时，整个 CPU 内部所有操作均停止，但寄存器和 RAM 中的数据仍然保存，这时整个芯片耗电小于 0.1mA。这种工作模式只

能由外部中断结束。

M68HC11 系列单片机有单片和扩展两种基本工作模式。每种基本工作模式又有普通（正常）和特殊两种模式。因此，单片模式有正常单片模式和特殊自引导（Bootstrap）模式。在这两种单片模式时，MCU 不能对外提供地址线，只提供 I/O 功能。扩展模式有正常扩展模式和特殊测试模式（简称测试模式），这两种模式可对外部存储器寻址，可对外提供地址线。有的单片机采用数据线和地址线复用的形式，也有一些单片机采用独立的地址线和数据线。

该系列单片机片内 RAM 的数据可用后备电池进行保护，即在没有电源供电的情况下，只要后备电源端接有电池，RAM 中的数据就不会丢失。片内还配有直流到直流电压变换电路，可由 5V 直接产生写 EEPROM 用的 +20V 电源。所以 EEPROM 的编程和擦除可全部由软件完成，无需外接高压。

M68HC11 系列单片机的可编程定时器系统含有一个 16 位自由运行计数器、定时中断申请电路、3 个控制信号输入端、4~5 个控制信号输出端。主要有如下四种功能。

(1) 定时器溢出 当定时器计数器产生溢出时，可产生定时器溢出中断，它可作为周期定时信号。

(2) 输出比较功能 定时器系统中有一个 16 位输出比较寄存器。硬件可随时把它的内容与自由运行计数器相比较，一旦两者相同，就从指定的引脚输出一个信号，并且可产生中断。该功能可用来输出各种脉冲和控制信号，如产生方波、控制步进电动机或晶闸管等，也可以产生定时中断，构成软件实时时钟。

(3) 输入捕捉功能 定时器系统中有一个 16 位输入捕捉寄存器。当外部引脚上发生指定的跳变时，可把这时自由运行计数器的值存放到输入捕捉寄存器中。这一功能可用来测量输入脉冲的宽度或周期。

(4) 实时中断 该定时器还可产生实时中断（RTI），并可用软件控制 RTI 的速率。

M68HC11 系列单片机的脉冲累加器比定时器的结构更简单，可用于外部事件记数、外部信号定时或测量外部信号脉冲宽度。

M68HC11 系列单片机还有时钟监测和计算机操作正常（COP）监测（Watchdog）电路。若 COP 内部时钟低于 10KHz，则时钟监测电路自动将复位端置低电平，执行复位操作。若因为干扰或某种原因，CPU 运行时没有定时清零，则 COP 监测电路将 CPU 的复位端置低电平，使 CPU 复位，避免误操作带来的死机现象。可以用软件编程控制是否使用这两种监视电路。

M68HC11 系列单片机可实现 8 路 A/D 转换，精度为 8 位或 10 位，转换时间最小为 16.5 μ s。

所有的 M68HC11 单片机都有同步串行外设接口（SPI）和 NRZ 制异步串行通信接口（SCI），用于与外设进行通信。同步串行口的从机最高位传送率为 2.1M 位/s，主机最高位传送率为 1.05M 位/s。异步串行口的所有参数都可由软件设置，并且这两个口在传送数据时都不占用 CPU 时间。

M68HC11 芯片都配有 I/O 接口。当处于单片模式时，所有 I/O 端均可任意设置为输入或输出。当处于扩展模式时，可用 16 根数据/地址线、一根 R/ $\overline{W}$ 线和一根地址锁存线外接存储器，对外寻址范围为 64KB。

由于 M68HC11 系列单片机具有以上特点，它的开发、调试和仿真比较容易。即便没有开发系统，用 IBM-PC 再加一些硬件设施也能进行开发和仿真。