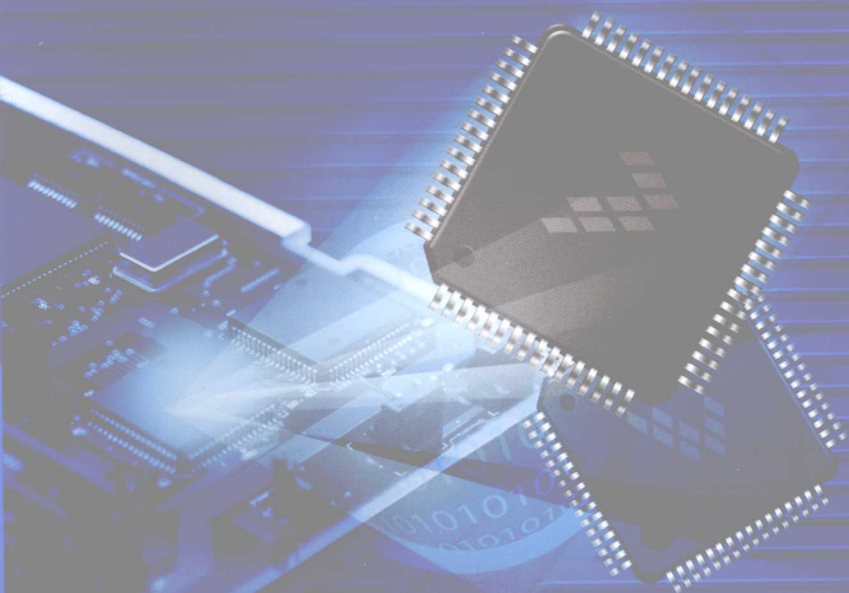


Freescal^e 9S12

十六位单片机原理 及嵌入式开发技术

主 编 孙同景

副主编 陈桂友



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Freescall 9S12

十六位单片机原理及 嵌入式开发技术

主 编 孙同景

副主编 陈桂友



机械工业出版社

本书以 MC9S12 系列十六位单片机为主线,系统地介绍了其内核结构、内存组织、片上的高速 I/O、ECT、SCI/SPI、I²C、ATD、PWM、CAN 等模块的结构原理与使用方法,详细地讨论了该系列芯片的指令系统、汇编语言程序设计和 C 语言程序设计及其在 CodeWarrior 集成开发环境下的开发方法。书中还用较多的篇幅介绍了嵌入式实时操作系统 μ C/OS-II 的基本概念及其移植和任务编写方法。最后介绍了具体的应用实例。

本书介绍芯片开发方法的特点是从实例出发,以最小系统和扩充的实际系统为硬件平台。通过本书的学习,读者能初步掌握嵌入式系统的软硬件开发方法和基于嵌入式操作系统实时多任务的设计方法。

本书可作为高等学校自动化相关专业的本科生和研究生的教材或教学参考书,并适合开发嵌入式应用系统的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

Freescall 9S12 十六位单片机原理及嵌入式开发技术/孙同景主编. —北京:机械工业出版社,2008.5

ISBN 978-7-111-23883-6

I. F… II. 孙… III. ①单片微型计算机—理论②单片微型计算机—程序设计 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 049537 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:室策 D05 责任编辑:时 静 版式设计:霍永明

责任校对:李 婷 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 30 印张 · 743 千字

0 001—5 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-23883-6

定价:49.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

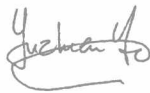
序

我谨代表飞思卡尔 (Freescale) 半导体公司祝贺《Freescale 9S12 十六位单片机原理及嵌入式开发技术》一书的出版,并对本书作者和出版社同仁的辛勤劳动表示诚挚的感谢。

该书选用 MC9S12 系列十六位单片机为嵌入式系统的硬件平台,面向在工科相关专业中用到嵌入式系统的研究生和高年级本科生,同时也适用于从事嵌入式应用开发的工程技术人员。

飞思卡尔半导体公司前身为摩托罗拉 (Motorola) 半导体产品部,2004 年从摩托罗拉分拆上市。公司从 1953 年开始从事半导体业务,是世界半导体产业与技术的开拓者,是全球大型的半导体公司之一,在微控制器领域长期居全球市场领先地位,如在 2007 年 6 月推出业内第一的针脚兼容的八位与三十二位微控制器——QE128 系列。飞思卡尔公司的微控制器产品系列齐全,位数(八位、十六位、三十二位等)不同、封装形式(DIP、SOIC、QFP 等)不同、温度范围不同、所含模块不同的产品构成了庞大的飞思卡尔微控制器产品系列,应用于嵌入式系统的各个领域。以可靠性高、性价比高和应用方便引导微控制器的发展。

飞思卡尔半导体公司秉承摩托罗拉公司一贯重视与学界合作的传统,全力培育本地化的工程人才,通过大学计划开展与国内大学在教学与应用研究方面的合作。目前已与中国教育部合作在清华大学、上海交通大学、东北大学、北京航空航天大学、苏州大学、天津大学、电子科技大学等 14 所大学建立了示范教学实验室,在 50 多所大学建立了嵌入式处理器(MCU/DSP)开发应用研究中心或实验中心,持续举办了全国性的应用设计大奖赛和“飞思卡尔杯”全国大学生智能车竞赛。各相关学校在嵌入式系统科研和人才培养方面均取得了许多可喜的成绩,包括各种应用设计,有的已经产业化。我期待会有更多的大学加入到飞思卡尔公司的大学计划中来,进一步推进中国嵌入式处理器应用技术的研发与教学工作,以推动嵌入式产业发展和人才培养。



何耀伦

亚太区消费及工控产品市场总监

飞思卡尔半导体

2007 年 9 月 4 日

前 言

由于对嵌入式系统的需求越来越复杂,以八位单片机为主的需求将逐步过渡到八位、十六位、三十二位单片机并举的格局。Freescale(飞思卡尔)半导体公司(原 Motorola 半导体部)是世界著名的单片机供应商,其产品性能优良、可靠性高、品种齐全,单片机的应用程序采用在线下载和动态调试的开发方法,而不需使用仿真器,且有较多的实现 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入和运行的成功范例。本书选用 MC9S12 系列十六位单片机为嵌入式系统的硬件平台。

本书面向在工科自动化类相关专业中用到嵌入式系统的高年级本科生和研究生,同时也适用于从事嵌入式应用开发的工程技术人员,通过学习本书,读者可顺利转型到十六位单片机的开发和嵌入式应用领域。

读者完全可以采用本书提供的实际系统制作和开发的方法,搭建自己的目标实验系统和开发应用环境,边学习,边开发,在掌握实验系统提供的多种 I/O 模块功能的基础上,能将 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 剪裁后固化到单片机中,动手做几个任务,也就达到了入门的目的。

第 1 章简单介绍了 Freescale 单片机的系列产品,以供使用者针对自己的应用,选择一款合适的单片机。

第 2 章以 MC9S12 单片机为背景,介绍了 CPU12 的结构和特点以及单片机的片上资源,使读者对 MC9S12 单片机的内部架构、内存组织和中断系统有一个总体的了解。

第 3 章较详细地介绍 MC9S12 单片机的寻址方式、指令系统、汇编语言程序设计,主要考虑对实时性要求高的场合必须用汇编语言,并且一些原来熟悉其他类型单片机汇编语言的工程人员容易接受。

第 4 章详细介绍 MC9S12 单片机集成开发环境 CodeWarrior 的安装和使用,并举例说明了如何来创建工程。然后详细阐述了用 CodeWarrior 进行软件仿真、BDM 调试、监控程序调试的方法和步骤。最后简要描述了 GCC 的调试方法。通过本章学习,开发人员将会掌握 MC9S12 单片机的开发手段。

第 5 章介绍如何利用 C 语言进行单片机的程序设计。既介绍了标准 C 语言的基本语法,又介绍了针对 MC9S12 单片机的编译器对 C 语言的扩展。通过本章的学习,开发人员将会掌握使用 C 语言进行单片机软件开发的方法。

第 6 章详细介绍了 MC9S12DG128 单片机的 I/O 接口和丰富的外围功能模块,包括 SPI、SCI、I²C、ECT、ATD、PWM、CAN 等,并对每个功能模块的特点和使用进行了详细介绍,同时附有应用举例。读者通过本章的学习,能够掌握单片机相应功能模块的使用方法。

第 7 章主要介绍嵌入式实时操作系统的基本概念以及 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核结构和特点。同时详细说明了如何使用内核提供的函数。通过本章的学习,开发人员将对嵌入式实时操作系统的基础知识和总体结构有一定了解。

第 8 章介绍了在 MC9S12 单片机上移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 和创建任务模块的方法,并通过实际应用给予说明。

第 9 章以直流电动机的闭环 PID 调速和 MC9S12 单片机在汽油发动机控制中的应用为

例，说明了 MC9S12 单片机在工程应用中的实现方法。

附录 A 和 B 是便于用户开发中查阅的指令表。

详尽的原文手册和 C 语言的交叉编译软件、用于 MC9S12 的自由软件、部分工程范例以及可直接下载到目标板上的 S19 格式的 MC9S12 单片机监控程序都可从机械工业出版社网站 (<http://www.cmpbook.com>) 下载。

本书由孙同景担任主编，陈桂友担任副主编，参加本书编写工作的还有陶亮、徐卫、段彬、蔡新波、丁然、杨福刚。

由于作者水平有限，书中不当之处，敬请读者指出。

感谢 Freescale 半导体的支持！

作 者
于山东大学

目 录

序

前言

第1章 Freescale 单片机概述 1

- 1.1 Freescale 8 位单片机 1
 - 1.1.1 MC68HC08 系列 2
 - 1.1.2 MC68HCS08 系列 5
 - 1.1.3 MC9RS08 系列 6
- 1.2 Freescale 16 位单片机 6
 - 1.2.1 Freescale 16 位单片机命名参考规则 6
 - 1.2.2 MC68HC12 系列单片机 7
 - 1.2.3 MC9S12 系列单片机 8
 - 1.2.4 MC9S12X 系列单片机 13
- 1.3 Freescale 32 位单片机 16
- 1.4 Freescale DSC 型单片机 21
- 1.5 习题 24

第2章 MC9S12 单片机的内核及片

上资源 25

- 2.1 MC9S12 单片机的内部结构及引脚功能 25
 - 2.1.1 内部结构 25
 - 2.1.2 引脚分配 27
 - 2.1.3 CPU12 内核结构 32
 - 2.1.4 指令队列 34
 - 2.1.5 堆栈 34
 - 2.1.6 低功耗模式 35
- 2.2 MC9S12 的存储器 36
 - 2.2.1 存储空间分配 36
 - 2.2.2 相关映射寄存器 37
- 2.3 寄存器区 40
- 2.4 复位、时钟和中断系统 54
 - 2.4.1 复位模块 54
 - 2.4.2 振荡器与时钟电路 56
 - 2.4.3 中断系统 61

2.5 EEPROM 和 Flash 的擦写操作 69

- 2.5.1 EEPROM 的擦写操作 69
- 2.5.2 Flash 的擦写操作 74
- 2.6 MC9S12 片上外围功能模块简介 78
 - 2.6.1 串行外设接口 (SPI) 79
 - 2.6.2 串行通信接口 (SCI) 80
 - 2.6.3 I²C 总线接口 82
 - 2.6.4 增强型捕捉定时器 (ECT) 82
 - 2.6.5 模数转换器 (ATD) 84
 - 2.6.6 脉宽调制模块 (PWM) 85
 - 2.6.7 CAN 控制器 85

2.7 MC9S12 单片机最小系统的硬件

设计 87

- 2.7.1 时钟电路 89
- 2.7.2 串行口的 RS-232 驱动电路 89
- 2.7.3 BDM 接口电路及功能 89
- 2.7.4 电源电路 90
- 2.7.5 复位电路 90
- 2.7.6 LED 调试显示 90

2.8 习题 90

第3章 MC9S12 单片机的指令系统及

汇编语言程序设计 91

3.1 指令格式及寻址方式 91

- 3.1.1 隐含寻址 91
- 3.1.2 立即数寻址 91
- 3.1.3 直接寻址 91
- 3.1.4 扩展寻址 91
- 3.1.5 相对寻址 92
- 3.1.6 变址寻址 92
- 3.1.7 累加器变址寻址 92
- 3.1.8 带自动加、减的 5 位偏移量的变址寻址 93

3.2 指令系统 93

- 3.2.1 加载、存储指令 93

3.2.2 传送、交换指令	95	4.3.3 编译和链接	164
3.2.3 MOVE 指令	98	4.4 软件仿真调试方法	166
3.2.4 加法、减法指令	99	4.4.1 菜单栏	167
3.2.5 二十进制调整指令	101	4.4.2 工具栏	167
3.2.6 加一、减一指令	102	4.4.3 子窗口	167
3.2.7 比较、测试指令	104	4.5 BDM 调试方法	168
3.2.8 逻辑运算指令	105	4.5.1 BDM 的制作	168
3.2.9 清零、求补、取反指令	107	4.5.2 安装 BDM 的 USB 驱动程序	170
3.2.10 乘法、除法指令	109	4.5.3 BDM 接头定义和使用	170
3.2.11 乘加指令	112	4.5.4 BDM 调试过程	171
3.2.12 位测试、位操作指令	113	4.6 监控程序调试方法	173
3.2.13 移位、循环指令	114	4.6.1 监控程序的下载	174
3.2.14 模糊逻辑指令	118	4.6.2 使用监控程序进行调试	175
3.2.15 最大值、最小值指令	122	4.6.3 认识 S 格式文件	175
3.2.16 查表差值指令	122	4.7 GCC 调试工具	176
3.2.17 转移指令	124	4.7.1 GCC 简介	176
3.2.18 循环控制指令	127	4.7.2 用 GCC 开发 HCS12 单片机 程序	178
3.2.19 跳转、子程序调用指令	128	4.8 习题	179
3.2.20 中断指令	129		
3.2.21 堆栈操作指令	130		
3.2.22 其他指令	131		
3.3 汇编语言程序设计	132		
3.3.1 常量的表示	133		
3.3.2 常用汇编伪指令	133		
3.3.3 宏定义	137		
3.3.4 汇编程序设计举例	138		
3.4 习题	143		
第4章 MC9S12 单片机开发工具		第5章 MC9S12 的 C 语言程序	
——CodeWarrior 软件	144	设计及调试	181
4.1 CodeWarrior 的安装	144	5.1 使用 C 语言的好处	181
4.1.1 系统需求	144	5.2 C 语言编程的常见问题	181
4.1.2 CodeWarrior 的安装与卸载	144	5.2.1 关于循环次数	181
4.2 CodeWarrior 集成开发环境介绍	146	5.2.2 赋值与相等	183
4.2.1 CodeWarrior 的功能特点	146	5.2.3 多文件 C 语言工程的头文件	183
4.2.2 集成环境与功能设置	146	5.2.4 运算符的优先级及括号的 使用	183
4.3 用 CodeWarrior 开发 MC9S12 系列 单片机	158	5.2.5 位运算的左移与右移	184
4.3.1 建立和打开工程	158	5.2.6 有争议的 goto 语句	184
4.3.2 编写程序源代码	163	5.2.7 内部函数和外部函数	184
		5.2.8 空指针 null	184
		5.2.9 程序设计风格	185
		5.3 MC9S12 的 C 编程与 ANSI C 的 不同	185
		5.3.1 变量	185
		5.3.2 资源映射	189
		5.3.3 C 语言的中断	191
		5.3.4 标准 C 库	191

5.3.5 C语言入口	191	6.6.7 低能耗模式	304
5.3.6 程序的链接与定位	192	6.6.8 MSCAN 的中断	307
5.3.7 程序举例	193	6.6.9 中断的确认	307
5.4 习题	198	6.6.10 停止和等待模式的恢复	307
第6章 MC9S12 单片机 I/O 接口和		6.6.11 MSCAN 的初始化	307
功能模块	199	6.6.12 MSCAN 中断接收数据的	
6.1 通用 I/O 接口	199	例子	308
6.1.1 I/O 接口的功能及设置方法	199	6.7 习题	311
6.1.2 程序举例	202	第7章 嵌入式实时操作系统	
6.2 片内串行总线接口	203	μC/OS-II	312
6.2.1 SPI 总线接口	203	7.1 嵌入式系统和嵌入式操作系统	312
6.2.2 SCI 总线接口	212	7.1.1 嵌入式系统的概念	312
6.2.3 I ² C 总线接口	218	7.1.2 嵌入式系统的基本要素	312
6.3 增强型捕捉定时器模块	226	7.1.3 嵌入式系统体系结构	313
6.3.1 ECT 模块的功能描述	227	7.1.4 评价实时系统的指标	314
6.3.2 ECT 模块的寄存器设置	228	7.1.5 嵌入式系统的应用领域	314
6.3.3 ECT 的应用设置	244	7.2 嵌入式操作系统的几个主要概念	315
6.3.4 ECT 的应用举例	244	7.2.1 前后台系统	315
6.4 ATD 模块	247	7.2.2 任务	315
6.4.1 ATD 模块的结构组成及		7.2.3 上下文切换	315
特点	247	7.2.4 内核	316
6.4.2 ATD 模块的设置	249	7.2.5 任务优先级	316
6.4.3 ATD 模块的应用设置	258	7.2.6 可重入型函数	318
6.4.4 ATD 模块的中断系统	260	7.2.7 调度	319
6.4.5 ATD 的应用举例	260	7.2.8 非占先式内核	320
6.5 PWM 模块	261	7.2.9 占先式内核	321
6.5.1 PWM 模块的功能描述	262	7.2.10 代码临界区	321
6.5.2 PWM 模块的寄存器设置	262	7.2.11 时钟节拍	321
6.5.3 PWM 模块的应用设置	272	7.2.12 信号量	322
6.5.4 PWM 模块的复位和中断	277	7.2.13 死锁	323
6.5.5 PWM 的应用举例	277	7.2.14 消息队列	323
6.6 MSCAN 模块	278	7.2.15 中断	324
6.6.1 CAN 的基本原理和应用		7.3 μC/OS-II 简介	324
领域	279	7.3.1 公开源代码	325
6.6.2 MSCAN 的组成与工作过程	281	7.3.2 占先式内核	325
6.6.3 MSCAN 的寄存器设置	282	7.3.3 基于优先级, 不支持时间片	
6.6.4 MSCAN 模块的功能描述	299	轮转	325
6.6.5 时间标记	304	7.3.4 对共享资源提供了保护机制 ...	326
6.6.6 运行模式	304	7.3.5 系统的可靠性	326

7.3.6	系统的开销	327	7.12	空闲任务	386
7.3.7	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植	327	7.13	习题	386
7.3.8	编译与启动	327	第8章 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植与使用	387	
7.4	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的任务	327	8.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的文件体系结构	387
7.4.1	用户任务的结构	328	8.2	在 MC9S12 单片机上移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$	387
7.4.2	任务优先级	328	8.2.1	移植需求	388
7.4.3	任务状态	329	8.2.2	开发工具	388
7.4.4	任务堆栈	330	8.3	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 MC9S12 单片机上移植的步骤	388
7.4.5	任务的数据结构——任务控制块	331	8.4	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 MC9S12 单片机上移植要点	389
7.5	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的任务调度	334	8.4.1	不依赖编译器的数据类型	389
7.5.1	任务就绪表	334	8.4.2	代码临界区函数 OS_ENTER_CRITICAL 和 OS_EXIT_CRITICAL	390
7.5.2	获得就绪任务控制块的指针	338	8.4.3	定义函数 $\text{OS_TASK_SW}()$ 执行任务切换	391
7.5.3	任务的切换	339	8.4.4	任务堆栈的增长方向	391
7.5.4	调度器的上锁和开锁	339	8.4.5	定义函数 OSCtxSw 实现用户级上下文切换, 用汇编语言实现	391
7.6	任务操作函数	340	8.4.6	定义函数 OSIntCtxSw 实现中断级任务切换	392
7.6.1	任务的创建	341	8.4.7	定义函数 OSTickISR	393
7.6.2	任务的删除	348	8.4.8	定义 OSTaskStkInit 来初始化任务的堆栈	395
7.6.3	任务的挂起与“解挂”	349	8.5	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 可裁剪性的实现	395
7.6.4	改变任务的优先级	351	8.5.1	与函数相关的可裁剪常量	395
7.6.5	任务删除请求	352	8.5.2	可裁剪常量的选择与设置	397
7.6.6	任务堆栈检查	353	8.6	使用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 创建并运行任务	400
7.6.7	任务的查询	354	8.6.1	创建任务	400
7.7	任务的同步和通信	356	8.6.2	主程序的编写	403
7.7.1	任务间通信手段	356	8.6.3	使用信号量进行共享资源的管理	404
7.7.2	事件控制块 ECB	356	8.6.4	使用邮箱进行任务间通信	405
7.7.3	信号量	359	8.6.5	使用消息队列进行任务间通信	406
7.7.4	邮箱	364	8.7	习题	408
7.7.5	消息队列	369	第9章 综合举例	409	
7.7.6	互斥量	376			
7.8	事件标志组	379			
7.9	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中的时间管理	380			
7.9.1	系统中断	380			
7.9.2	时钟节拍	380			
7.9.3	系统延时处理	381			
7.9.4	系统时钟	384			
7.9.5	时钟节拍函数	384			
7.10	内存管理	385			
7.11	多任务的启动	385			

9.1 MC9S12 在直流电动机调速中的应用	409
9.1.1 直流电动机的速度控制方案 ...	409
9.1.2 PID 控制算法的调节规律.....	410
9.1.3 速度的设定以及速度的获取 ...	411
9.1.4 直流电动机驱动模块	412
9.1.5 控制软件的编写	413
9.2 MC9S12 单片机在汽油发动机控制中的应用	418
9.2.1 发动机的怠速控制	418
9.2.2 发动机的起动控制	424
9.2.3 发动机的加减速控制	427
9.2.4 发动机的停机控制	429
附录	432
附录 A 汇编指令表与指令的机器码组织	432
附录 B CPU12 指令机器码表	461
附录 C 基本实验系统原理图	467
参考文献	468

第 1 章 Freescale 单片机概述

目前世界上单片机（MCU）的种类有上千种，单片机的嵌入式应用也渗透到几乎所有的行业和领域。Freescale 公司（原 Motorola 公司半导体产品部）的单片机产品性能稳定，品种齐全，多数产品支持在线调试，方便了用户的应用开发。本章对 Freescale 公司的部分 8 位、16 位、32 位以及 DSC 型单片机的功能特点进行简要介绍，以满足应用者个性化选型的需要。图 1-1 示意了从 1974 年开始到现在，Freescale 公司单片机的发展演变概况。

单片机种类繁多，型号各异，可以从不同角度对其进行分类。由于中央处理单元（CPU）是 MCU 或数字信号处理器（DSP），其性能，特别是字长，在很大程度上决定了 MCU 或 DSP 的性能，因此我们将以 CPU 的字长为主线来进行介绍。

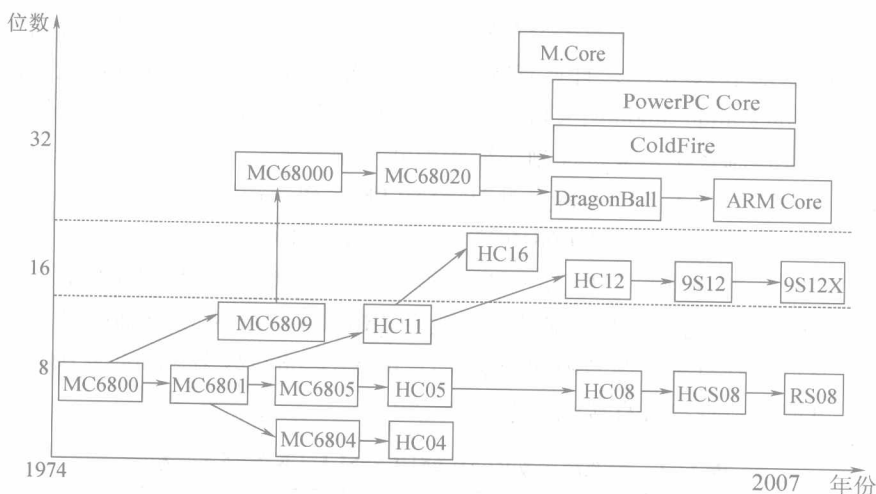


图 1-1 8 位、16 位和 32 位单片机的发展历程

1.1 Freescale 8 位单片机

Freescale 单片机产品最早可以追溯到 1974 年推出的首个 8 位单片机 MC6800。1978 年又发布了与 6800 兼容的 6801。1983 年，Motorola 公司推出了采用高速 CMOS 工艺的 MC68HC05 系列单片机，产品已突破 20 亿片。1984 年，Motorola 公司又推出 8 位增强型单片机 MC68HC11，以 CPU11 为内核，采用 1.5 μ m 的高速 CMOS 工艺。CPU11 有 2 个 8 位或 1 个 16 位累加器、2 个 16 位变址寄存器和 1 个 16 位的堆栈指针，为准 16 位。

随着 Freescale 公司对旧产品不断改进和完善，8 位单片机的产品系列和功能都有很大的提高和增强。现今主流的 8 位单片机中，主要有 3 种不同的内核，分别是 CPU08、S08 和 RS08。

1.1.1 MC68HC08 系列

MC68HC08 系列单片机采用 CPU08 内核，于 1999 年中期推出，以逐步实现 MC68HC05 各系列产品的升级换代。从 MC68HC05 到 MC68HC08 的产品升级与优化主要体现在以下 3 个方面：

(1) 锁相环 (PLL) 技术的应用使外部时钟频率降到 32kHz，而内部时钟可达 32MHz，这一改进可以减少时钟电路产生的高频噪声对系统的干扰，同时提高了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 型和掩膜型产品的一场革命，使得产品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 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，使高级语言（如 C 语言）的应用成为可能。

MC68HC08 系列单片机包含十几个系列，一百多个型号。所有型号的单片机都集成了看门狗模块，定时器都是 16 位的，且具有输入捕捉、输出比较和脉宽调制功能。内含系统集成模块 (System Integration Module, SIM)，它是协调 CPU 与各模块时序关系的系统级控制器，主要实现时钟控制系统、复位控制系统和中断控制系统。

下面将针对单片机的主要功能特点对 MC68HC08 系列进行简要介绍。

(1) 带 LCD 驱动的有 MC68HC908LJ12、MC68HC908LJ24、MC68HC908LK24 和 MC68HC908LV8，其相应掩膜芯片为 MC68HC08LJ12、MC68HC08LJ24 和 MC68HC08LK24。表 1-1 列出了这些单片机的主要功能特点。其中 IRSCI 表示带有红外通信的编、解码功能的 SCI 接口。它们都具有键盘中断唤醒功能，且 MC68HC08LJ24 和 MC68HC08LK24 有 30 个可吸收 15mA 电流的引脚，可直接驱动 LED。

表 1-1 带液晶驱动的 MC68HC908LJ/LK 系列单片机

型号	RAM/B	Flash/KB	通信接口	定时器	A/D	背极/前极/个数	封装
MC68HC908LJ12	512	12	1 个 SPI, 1 个 IRSCI	2/4/16	6 路 10 位	4/26 或 3/27	52LQFP 64LQFP/QFP
MC68HC908LJ24	768	24	1 个 SPI, 1 个 IIC 1 个 IRSCI	2/4/16	6 路 10 位	4/32 或 3/33	64LQFP/QFP 80LQFP/QFP
MC68HC908LK24	768	24	1 个 SPI, 1 个 IIC 1 个 IRSCI	2/4/16	6 路 10 位	4/32 或 3/33	64LQFP/QFP 80LQFP/QFP
MC68HC908LV8	512	8	—	2/4/16	6 路 10 位	4/24 或 3/25	52LQFP

表中“2/4/16”表示含有 2 个 16 位的该模块，共有 4 个通道，本章以下表格中凡用此种表示方法的，表达的意思均如此，并且表中所有的资源都是按照该单片机引脚数目最多时的资源来介绍的。引脚较少的单片机，其片上资源也相应减少，价格相对较低。

(2) 用于彩色液晶监视器控制的有 MC68HC908LD60 和 MC68HC908LD64，它们的片内资源分别为 1KB 的 RAM、60KB 的 Flash 和 2KB 的 RAM、64KB 的 Flash。MC68HC908LD 系列单片机采用 3.3V 供电，24MHz 的晶振，内部总线速率为 6MHz，这里的总线速率就是

CPU 执行一条基本指令的速率。它们可产生液晶监视器用的行同步信号和场同步信号、极性探测与控制信号等,有 6 路 8 位 A/D 及 8 路 8 位 PWM,封装形式均为 64QFP,都有 DDC12AB 模块和额外的 IIC 模块。其 2 路 16 位的 TIM,具有输入捕捉、输出比较的功能,其中 1 路还可设置成 PWM 输出。LD64 还有 USB 接口模块、HUB 控制器和屏幕显示模块 OSD。

(3) 带 CAN 总线接口的主要有 GZ 系列和 AZ 系列。MC68HC908GZ 系列目前主要有 GZ8、GZ16、GZ32、GZ48 和 GZ60。该系列单片机片内有 1~2KB 的 RAM,8~60KB 的 Flash,除 GZ32 外,都有 406B 的掩膜 ROM。带有增强型 SCI、SPI 和 CAN 总线接口,16 位定时器,10 位的 A/D 最多达 24 路,封装形式有 32/48LQFP 和 64QFP。

MC68HC908AZ 系列主要有 AZ32A 和 AZ60A,其片内分别有 1KB 和 2KB 的 RAM,32KB 和 60KB 的 Flash,以及 500B 和 1KB 的 EEPROM。它们有 15 路 8 位的 A/D 和 16 位的 PWM 及 SCI、SPI、CAN 和 J1850 通信接口。其相应的掩膜芯片为 MC68HC08AZ32/60A。J1850 是一种网络标准协议,单片机中 BDLC 模块就是符合该协议的一个串行通信接口。另外具有 J1850 的还有 AS 系列中的 AS32A 和 AS60A。

(4) LIN (Local Interconnect Network) 总线是汽车和工业控制中用的一种总线协议,是一种低成本的通信网络标准,在汽车上作为 CAN 总线的补充。功能增强的 SCI 模块有相应的网络通信控制功能,串行通信数据位数扩展到 13 位。在 MC68HC08 系列单片机中,GZ 和 AZ 系列具有 LIN MASTER 功能模块;QB 系列和 EY 系列单片机有 LIN SLAVE 模块,支持 LIN 通信协议。QB 系列目前有 MC908QB4/8,EY 系列有 MC68HC908EY8/16(A)。

(5) 带 USB 模块的有 MC68HC908JB、JG、JT、JW、LD、BD 等系列。MC68HC908JB 系列有 JB8、JB12、JB16,其掩膜芯片有 MC68HC08JB1/8。JW 系列有 MC68HC908JW32。BD 系列有 MC68HC908BD48 和 MC68HC08BD24。

(6) 用于电动机变频控制的单片机主要有 MC68HC908MR8/16/32,片内 Flash 分别为 8KB、16KB、32KB,RAM 分别为 256B、768B、768B,总线工作频率为 8MHz,供电电压为 5V。它们的主要特点是片内带有 6 路 12 位的脉宽调制模块 PWM,可设定为中心对齐或边沿对齐方式,用于交流电动机、直流无刷电动机和开关磁阻电动机等的控制。片内最多带 10 路 10 位的 A/D,有 SCI 和 SPI 接口,2 个双路 16 位定时器。

(7) MC68HC908RF2 是带无线发射功能的单片机,片内有 128B 的 RAM,2KB 的 Flash,2 路 16 位定时器,采用 1.8~3.6V 供电,最高总线频率为 4MHz,封装形式为 32LQFP。

除此之外,MC1321x 系列单片机具有高达 2.4GHz RF 收发器和无线控制器模块 Zigbee。目前该系列有 MC13211/2/3/4 等产品。以 MC13213 为例,它集成了 MC9S08GT 单片机和 MC1320x 收发器,具有与 IEEE 802.15.4 兼容的 MAC 和 Zigbee 模块,并提供 60KB 的 Flash 和 4KB 的 RAM。

(8) Nitron 系列单片机主要指 MC68HC908QT 和 MC68HC908QY 系列,有 QT1、QT2、QT4 和 QY1、QY2、QY4。该系列单片机无须外加晶振,可用 3V 或 5V 供电,也有 2V 供电的产品。片内有 2 路 16 位的定时器,4 路 8 位 A/D,128B 的 RAM,1.5~4KB 的 Flash。QT 系列有 8 个引脚,封装形式有 PDIP、SOIC、DFN。QY 系列有 16 个引脚,封装形式有 PDIP、SOIC、TSSOP。MC68HC908KX 系列与 QY 系列类似,主要有 MC68HC908KX8 单片机,它片内包括 192B 的 RAM,8KB 的 Flash,4 路 8 位的 A/D,有 SCI 接口,封装形式有 16PDIP 和

16SOIC。

(9) 除上述一些具有特殊功能的单片机以外，其余的 MC68HC08 系列基本上为通用型 8 位单片机。Freescale 通用型 8 位单片机可使用 32.768kHz 的晶振，内部有压控振荡器和锁相环电路，产生 16MHz 片内时钟和 8MHz 的总线时钟频率。

表 1-2 列出了 MC68HC908G 系列单片机的主要功能特点。

表 1-2 MC68HC908G 系列单片机

型号	RAM/B	掩膜 ROM/B	Flash/KB	通信接口	定时器	A/D	封装	备注
68HC908GP32	512	—	32	1 个 SCI 1 个 SPI	2/4/16	8 路 8 位	40PDIP 42SDIP 44QFP	
68HC908GT8	512	—	8	1 个 SCI 1 个 SPI	2/4/16	8 路 8 位	42SDIP 44QFP	
68HC908GT16	512	720	16	1 个 SCI 1 个 SPI	2/4/16	8 路 8 位	42SDIP 44QFP	
68HC908GR4	384	—	4	1 个 SCI 1 个 SPI	2/3/16	6 路 8 位	28DIP/SOIC 32QFP 42SDIP	
68HC908GR8	384	—	8	1 个 SCI 1 个 SPI	2/3/16	6 路 8 位	28DIP/SOIC 32QFP 42SDIP	
68HC908GR16	1024	406	16	1 个 ESCI 1 个 SPI	2/4/16	8 路 10 位	32LQFP 48LQFP	LIN
68HC908GR32A	1536	—	32	1 个 ESCI 1 个 SPI	2/8/16	24 路 10 位	32/48LQFP 64QFP	LIN
68HC908GR48A	1536	—	48	1 个 ESCI 1 个 SPI	2/8/16	24 路 10 位	32/48LQFP 64QFP	LIN
68HC908GR60A	2048	—	60	1 个 ESCI 1 个 SPI	2/8/16	24 路 10 位	32/48LQFP 64QFP	LIN

表 1-3 列出了 MC68HC908AB、AP、LB 和 SR 系列单片机的主要特点，其中 68HC908LB8 片内还包括 674B 的 ROM，68HC908SR 系列具有 1 个内部温度传感器。除此之外，还有 HC08JK/JL 系列单片机，目前有 68HC908JK8/1E/3E、68HC908JL8/3E/16、68HLC908JK1E/3E、68HLC908JL3E 以及相应的掩膜型单片机 68HC08JK8/3E、68HC08JL8/3E。此外，一些用于模拟技术领域的器件也基于 HC08 内核，如高集成度智能分布式控制器 (IDC) 系列器件。

表 1-3 MC68HC908AB、AP、LB 和 SR 系列单片机

型号	RAM/KB	EEPROM/B	Flash/KB	通信接口	定时器	A/D	封装
68HC908AP8	1024	—	8	1 个 SCI, 1 个 IIC 1 个 IRSCI	2/4/16	8 路 10 位	42SDIP, 44QFP 48LQFP
68HC908AP16	1024	—	16	1 个 SCI, 1 个 IIC 1 个 IRSCI	2/4/16	8 路 10 位	42SDIP, 44QFP 48LQFP

(续)

型号	RAM/KB	EEPROM/B	Flash/KB	通信接口	定时器	A/D	封装
68HC908AP32	2048	—	32	1 个 SCI, 1 个 IIC 1 个 IRSCI	2/4/16	8 路 10 位	42SDIP, 44QFP 48LQFP
68HC908AP64	2048	—	62	1 个 SCI, 1 个 IIC 1 个 IRSCI	2/4/16	8 路 10 位	42SDIP, 44QFP 48LQFP
68HC908AB32	1024	512	32	1 个 SCI, 1 个 SPI	2/8/16	8 路 8 位	64QFP
68HC908LB8	128	—	8	—	1/2/16	7 路 8 位	20PDIP/SOIC
68HC908SR12	512	—	12	1 个 SCI, 1 个 IIC	2/4/16	14 路 10 位	42SDIP, 48LQFP

1.1.2 MC68HCS08 系列

MC68HCS08 系列单片机采用了比 CPU08 速度快的 S08 内核，具有以下特征：

- 有多种电压管理模式，包括具有 20nA 的 power-down 模式。
- 采用“零组件”设计，实现 MCU 从“STOP”模式的自动启动，电流可降到 0.7mA。
- 工作电压为 2.1V 时，CPU 和总线速率最高分别可达 40MHz 与 20MHz；工作电压为 1.8V 时，CPU 和总线的最高速率分别为 16MHz 和 8MHz。
- 第三代 0.25 μ m 的 Flash 技术，提供应用程序的重复编写和数据存储能力。
- 高度集成了 4 个串行通信接口，1 个 8 路 10 位的模数转换器和最多 8 个定时器/PWM。

低功耗和高性能的特性决定了 S08 内核产品更适合用在电池供电或便携式应用中。

MC68HCS08 单片机目前有 HCS08Q、HCS08R、HCS08G 和 HCS08AW 4 个系列，共 20 多种型号。

(1) HCS08Q 系列单片机目前只有两种型号 MC9S08QG4 和 MC9S08QG8，供电电压均可 为 1.8~3.6V，有 8 路 10 位 A/D，支持 32 个中断和复位源，SCI、SPI、IIC 通信接口各 1 个，2 路 16 位定时器，具有输入捕捉、输出比较和 PWM 的功能，还有 1 个单线背景调试接口；可实现 BDM 在线调试。此外还具有模拟比较器（ACMP），封装有 8 脚和 16 脚两种，总线工作频率最大为 10MHz。不同的是，MC9S08QG4 内有 4KB 的 Flash 和 256B 的 RAM，而 MC9S08QG8 有 8KB 的 Flash 和 512B 的 RAM。

(2) HCS08R 系列单片机具有工作电压低、低功耗等优点，目前有 14 种型号，分别为 MC9S08RC8/16/32/60、MC9S08RD8/16/32/60、MC9S08RE8/16/32/60 和 MC9S08RG32/60。与 MC68HCSQ 系列相比，缺少 IIC 接口和 A/D，总线工作频率最大为 8 MHz，但 RAM 与 Flash 的容量都要大，且引脚数量也增加了，有 28 个、32 个和 44 个不等。

(3) HCS08G 系列有 MC9S08GB32A/60A、MC9S08GT32A/60A、MC9S08GB32/60 和 MC9S08GT16/32/60 等 9 种型号。该系列单片机的资源更加丰富，总线频率最大为 20 MHz。以 MC9S08GB60 为例，片内有 4KB 的 RAM，60KB 的 Flash，有 SPI、IIC 和 2 个 SCI 接口，有 8 路 10 位的 A/D，2 个 16 位定时器（1 个 3 路，1 个 5 路，可定义成输入捕捉、输出比较或 PWM 输出），采用 64 引脚表面贴片封装（QFP），56 个 I/O 口中有 16 个可直接用于大电流驱动，有 8 个带中断功能的键盘扫描（Keyboard Interrupt Module, KBI）输

入引脚。

(4) HCS08AW 系列是 Freescale 公司推出支持 5V 工业和汽车电子应用的首个基于 HCS08 核的单片机。该系列目前有 MC9S08AW16/32/48/60 等 4 个型号。它们片内分别有 16KB/30KB/48KB/60KB 的 Flash 和 1KB/2KB/2KB/2KB 的 RAM, 有 SCI/ESCI、SPI、IIC 串行接口, 有 16 路 10 位 A/D, 2 个 16 位定时器 (1 个 2 路, 1 个 6 路, 可定义成输入捕捉、输出比较或 PWM), 总线工作频率最高达 20MHz, 封装有 44LQFP、48QFN 和 64QFP。

1.1.3 MC9RS08 系列

在小型产品应用中, 也许并不需要 CPU08 或 S08 所具备的丰富功能, 且 8 位单片机正逐渐向着小型化应用发展, 于是 Freescale 公司推出了效率更高、成本更低的基于 RS08 内核的 MC9RS08 系列单片机。RS08 内核是精简的 S08 指令集内核, 它精心为 16KB 以下的 Flash 和引脚数目较少的设备而设计。RS08 内核的尺寸比 S08 小 30%, 将计数器和地址总线宽度限制为 14 位, 使用一个全局中断标志寄存器取代了向量中断功能, 同时还取消了许多功能, 由更为简单的结构所代替。

目前 MC9RS08 只有 MC9RS08KA 系列, 包括 MC9RS08KA1 和 MC9RS08KA2 两种型号。MC9RS08KA2 主要具有以下的特点:

- 片内有 63B 的 RAM、2 KB 的第三代 Flash, 内部总线频率达 10 MHz。
- 1 路 8 位的定时器模块, 带有 8 位分频器。
- 有实时中断触发器以及 4 条双向输入/输出线路 (8 脚的封装中)。
- 带有模拟比较器, 在整个电源电压范围内都能运行, 还能在 STOP 模式下运行。
- 具有计算机工作正常 (COP) 功能、3 或 5 通道键盘中断、低压检测 (LVD) 功能, 带有重置、停止或唤醒模式, 同时有自动唤醒的功能。
- 封装形式有 6 脚双扁平无铅塑料封装 (DFN)、8 脚塑料双列直插式封装 (PDIP) 和 8 脚窄体小外形集成电路 (NB-SOIC)。

MC9RS08KA1 片内 Flash 为 1KB, 其他的资源与 MC9RS08KA2 相同。通过单线背景调试模式 (BDM) 可实现片上仿真、触发器、跟踪硬件能力。MC9RS08KA 系列单片机适合于传统的电动机设计应用和便携式应用。

1.2 Freescale 16 位单片机

根据内核的不同, 可以把 Freescale 公司的 16 位单片机分为 MC68HC12 系列、MC9S12 系列、MC68HC16 系列和 MC9S12X 系列。其中以 CPU16 为内核的 MC68HC16 系列单片机不常用, 本书不做具体介绍。

1.2.1 Freescale 16 位单片机命名参考规则

Freescale 公司的单片机产品非常多, 同样位数的产品中有不同的系列, 同一系列中又可以往下分类。就外观而言, 最低端的 8 位产品的封装有 8 个引脚或 16 个引脚, 而 32 位高端