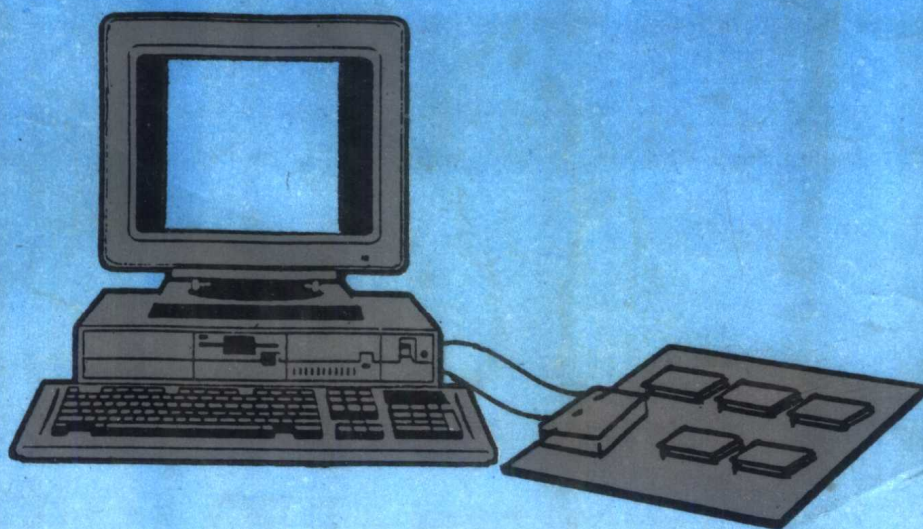




MOTOROLA 单片机

M68HC11单片机 开发与应用

张 宁 R. 代克曼 编著



北京航空航天大学出版社

M68HC11 单片机 开发与应用

张 宁 R·代克曼 编著

北京航空航天大学出版社

(京)新登字 166 号

图书在版编目(CIP)数据

M68HC11 单片机开发与应用/张宁,(美)代克曼编著。

北京:北京航空航天大学出版社,1994.3

ISBN 7-81012-458-7

I. M...

Ⅱ. ①张...②代...

Ⅲ. 微型计算机,M68HC11 单片机

N. TP368.1

内 容 简 介

本书分三部分介绍在美国广泛应用的、高功能的 M68HC11 系列单片机(8 位机, Motorola 公司)。内容包括 M68HC11 的结构与其基本原理、开发工具 EVB(性能评估板)以及开发和应用技术。本书在介绍单片机硬、软件的基础上,进一步介绍了在美国实验室内,如何应用 PC 机及 EVB 来进行开发工作。通过本书的介绍,读者可了解这种单片机的原理并学会开发和应用方法。

本书可作为大专院校单片机及其实验的教材(本科、短训班)。亦可供开发、应用单片机的各专业(计算机、机电、化工、纺织、冶金、自控、航空、航海……)有关技术人员参考。

- 书 名: M68HC11 单片机开发与应用
- 编 著 者: 张 宁 R·代克曼
- 责任编辑: 肖之中
- 出 版 者: 北京航空航天大学出版社
- 印 刷 者: 北京朝阳科普印刷厂印刷
- 发 行 者: 新华书店总店科技发行所发行
- 经 售: 各地新华书店经售
- 开 本: 787×1092 1/16
- 印 张: 19
- 字 数: 486 千字
- 印 数: 10000 册
- 版 次: 1994 年 3 月第一版
- 印 次: 1994 年 3 月第一次印刷
- 书 号: ISBN 7-81012-458-7/TP · 103
- 定 价: 15.50 元

前 言

美国 Motorola 公司从 80 年代中期开始推出的 M68HC11 系列单片机是当今功能最强、性能/价格比最好的八位单片微计算机之一。在美国,它已被广泛地应用于教学和各种工业控制系统中。

该单片机有丰富的 I/O 功能,完善的系统保护功能和软件控制的节电工作方式。它的指令系统与早期 Motorola 单片机 MC6801 等兼容,同时增加了 91 条新指令。其中包含 16 位乘法、除法运算指令等。

为便于用户开发和应用 M68HC11 单片机, Motorola 公司提供了多种开发工具。M68HC11 EVB (Evaluation Board) 性能评估板就是一种 M68HC11 系列单片机的廉价开发工具。它既可用来调试用户程序,又可在仿真方式下运行。为方便用户, M68HC11 EVB 可与 IBM-PC 连接,借助于交叉汇编、通信程序等软件,在 IBM-PC 上调试程序。

本书分三部分(共 15 章)介绍了 M68HC11 的结构和基本原理、开发工具—EVB 及开发应用实例等。第一部分(1~9 章),介绍 M68HC11 的结构和基本原理。包括概述,系统配置与工作方式、CPU 和存储器、复位和中断、指令系统、I/O、定时器系统和脉冲累加器、A/D 转换系统、单片机的内部操作等。第二部分(10~11 章),介绍 M68HC11 EVB 的原理和技术特性以及 EVB 的应用。第三部分(12~15 章),介绍 M68HC11 的开发与应用技术。包括基本的编程练习、应用程序设计、接口实验、接口设计及应用等。

读者通过学习本书,不仅可了解 M68HC11 的硬件、软件,而且可了解使用 EVB 开发和应用 M68HC11 单片机的方法。在本书的第三部分专门提供了一部分实验和应用程序。

本书系作者张宁作为高级访问学者,应邀在美国马萨诸塞州洛厄尔大学(University of Massachusetts Lowell)工作期间完成的。全书由张宁执笔。在编著过程中,美国洛厄尔大学的 R·代克曼教授(Professor Robert J. Dirkman)多次与张宁一起讨论、研究,并提供部分资料及实验数据。参加编写和审校等工作的还有王云霞、孙晓芳、刘安鲁、张籍、来安德、张杨等同志。

为将 M68HC11 系列单片机尽快介绍给我国,美国 Motorola 公司的 Terrence M. S. Heng 先生曾大力支持本书的编著和出版。在此表示衷心感谢。

编者

一九九三年八月

095 96/05

目 录

第一部分 M68HC11 结构与原理

1 Motorola 单片机

1.1 概述	(3)
1.1.1 Motorola 单片机发展概况	(3)
1.1.2 Motorola 单片机结构特点	(4)
1.2 M68HC11 系列单片机	(5)
1.2.1 M68HC11 产品系列	(5)
1.2.2 MC68HC11E9 特性	(6)
1.2.3 MC68HC11E9 单片机引脚说明	(8)
1.3 Motorola 32 位单片机	(14)
1.3.1 中央处理器(CPU32)	(15)
1.3.2 定时处理器(TPU)	(16)
1.3.3 串行队列模块(QSM)	(16)
1.3.4 系统集成模块(SIM)	(16)
1.3.5 RAM	(17)

2 系统配置与工作方式

2.1 系统配置	(19)
2.1.1 配置寄存器 CONFIG	(19)

2.1.2	CONFIG 寄存器的编程与擦除	(20)
2.2	工作方式选择	(21)
2.3	M68HC11 的工作方式	(23)
2.3.1	普通单片工作方式	(23)
2.3.2	普通扩展工作方式	(23)
2.3.3	特殊自举方式	(27)
2.3.4	特殊测试方式	(28)

3 中央处理器(CPU)与片上存储器

3.1	CPU 寄存器	(31)
3.1.1	累加器 A、B 和双累加器 D	(32)
3.1.2	变址寄存器 X、Y	(32)
3.1.3	栈指针 SP	(32)
3.1.4	程序计数器 PC	(33)
3.1.5	条件码寄存器 CCR	(33)
3.2	片上存储器	(34)
3.2.1	存储器分布	(34)
3.2.2	RAM 和 INIT 寄存器	(35)
3.2.3	ROM	(37)
3.2.4	EEPROM	(37)
3.3	M68HC11 CPU 的低功耗方式	(39)
3.3.1	WAIT 方式	(39)
3.3.2	STOP 方式	(40)

4 复位和中断

4.1	复位	(41)
4.1.1	M68HC11 的系统初始化条件	(41)
4.1.2	复位形式	(43)
4.2	中断	(48)
4.2.1	条件码寄存器 CCR 中的中断屏蔽位	(48)
4.2.2	中断优先级与中断矢量	(49)
4.2.3	非屏蔽中断	(52)
4.2.4	实时中断	(53)
4.2.5	中断处理过程	(56)

5 M68HC11 指令系统

5.1	M68HC11 寻址方式	(59)
5.1.1	立即寻址(IMM)	(59)

5.1.2 扩展寻址(EXT)	(60)
5.1.3 直接寻址(DIR)	(60)
5.1.4 变址寻址(INDX,INDY)	(61)
5.1.5 固有寻址(INH)	(62)
5.1.6 相对寻址(REL)	(62)
5.1.7 前置字节	(63)
5.2 M68HC11 指令系统	(63)
5.2.1 累加器和存储器指令	(63)
5.2.2 栈和变址寄存器指令	(68)
5.2.3 条件码寄存器指令	(69)
5.2.4 程序控制指令	(70)

6 输入与输出

6.1 概述	(73)
6.2 并行 I/O 口	(74)
6.2.1 并行 I/O 寄存器	(74)
6.2.2 应答 I/O 子系统	(76)
6.3 串行通信接口 SCI	(82)
6.3.1 基本特性	(83)
6.3.2 数据格式	(83)
6.3.3 SCI 硬件结构	(84)
6.3.4 SCI 寄存器	(86)
6.4 串行外围接口 SPI	(92)
6.4.1 SPI 特性	(92)
6.4.2 SPI 引脚信号	(92)
6.4.3 SPI 结构	(93)
6.4.4 SPI 寄存器	(95)
6.4.5 SPI 系统与外部设备进行串行数据传输	(99)

7 定时器系统与脉冲累加器

7.1 概述	(105)
7.2 循环计数器	(107)
7.2.1 时钟分频器	(107)
7.2.2 计算机正常工作监视功能	(110)
7.2.3 定时器标志的清除	(110)
7.3 输入捕捉功能	(111)
7.3.1 概述	(111)
7.3.2 定时器输入捕捉锁存器(TIC1、TIC2、TIC3)	(112)
7.3.3 输入信号沿检测逻辑	(113)

7.3.4 输入捕捉中断.....	(113)
7.4 输出比较功能	(114)
7.4.1 概述.....	(114)
7.4.2 输出比较功能使用的寄存器.....	(116)
7.4.3 输出比较示例.....	(118)
7.5 脉冲累加器	(119)
7.5.1 概述.....	(119)
7.5.2 脉冲累加器控制和状态寄存器.....	(121)

8 A/D 转换系统

8.1 电荷重新分布技术与逐次逼近算法	(125)
8.1.1 基本电路.....	(125)
8.1.2 A/D 转换逐次逼近算法原理	(130)
8.2 M68HC11 中 A/D 转换的实现方法	(131)
8.2.1 逐次逼近 A/D 转换器	(131)
8.2.2 控制寄存器.....	(132)
8.2.3 系统控制逻辑.....	(135)

9 单片机的内部操作

9.1 用立即寻址方式使两数相加	(137)
9.2 用扩展寻址方式使两数相加并存和	(140)
9.3 用变址寻址和相对寻址方式加一个数表	(142)

第二部分 M68HC11 EVB 性能评估板

10 M68HC11 EVB 性能评估板原理与技术特性

10.1 M68HC11 EVB 的硬件结构	(152)
10.1.1 M68HC11 EVB 的组成	(152)
10.1.2 硬件配置	(154)
10.2 M68HC11 EVB 监控程序.....	(161)
10.2.1 BUFFALO 监控程序的内核	(162)
10.2.2 中断矢量	(164)
10.2.3 操作	(165)

10.2.4	监控命令	(169)
10.2.5	汇编/反汇编示例	(180)
10.2.6	装入过程	(183)
10.2.7	Kermit 程序	(184)
10.3	S-记录	(186)
10.3.1	S-记录内容	(186)
10.3.2	S-记录类型	(186)
10.3.3	S-记录示例	(187)

11 M68HC11 EVB 的应用

11.1	EVB 和 BUFFALO 监控命令练习	(189)
11.1.1	用 Kermit 使 EVB 与 IBM-PC 连接	(189)
11.1.2	显示和修改存储器内容	(190)
11.1.3	观察存储器中的 BUFFALO 监控程序并反汇编	(191)
11.2	输入并执行机器语言代码	(192)
11.2.1	输入一个简单的程序	(192)
11.2.2	显示输入的内容	(192)
11.2.3	运行程序	(192)
11.2.4	修改程序	(193)
11.2.5	单步执行程序指令	(193)
11.3	练习使用 BUFFALO 行汇编程序, 设置断点	(194)
11.3.1	用 BUFFALO 行汇编(ASM)输入一个用户程序	(194)
11.3.2	使用断点	(195)
11.4	程序的编辑、汇编与装入	(197)
11.4.1	编辑程序(RED)	(198)
11.4.2	AS11 汇编程序	(198)
11.4.3	装入到 EVB	(199)

第三部分 M68HC11 的开发与应用

12 基本编程练习

12.1	累加器与寻址方式	(203)
12.1.1	概述	(203)
12.1.2	固有寻址练习	(205)
12.1.3	立即寻址练习	(205)

12.1.4	直接寻址练习	(205)
12.1.5	双累加器 D 和应用	(206)
12.2	条件码寄存器,相对寻址方式和扩展寻址方式	(207)
12.2.1	条件码寄存器 CCR	(207)
12.2.2	相对寻址方式	(210)
12.2.3	转移指令	(212)
12.2.4	扩展寻址方式	(212)
12.2.5	多位加法	(213)
12.2.6	多位乘法	(215)
12.3	BCD 码、变址寻址方式、移位操作	(216)
12.3.1	BCD 码	(216)
12.3.2	变址寻址方式	(216)
12.3.3	移位指令	(219)
12.4	栈及其应用	(221)
12.4.1	栈的概念	(221)
12.4.2	栈在执行子程序和中断服务程序时的应用	(221)
12.4.3	示例	(222)

13 M68HC11 程序设计

13.1	快餐食品售货器原理	(227)
13.2	有限状态机模型	(228)
13.3	快餐食品售货器有限状态机模型	(230)
13.4	有限状态机算法	(231)

14 M68HC11 与外部的接口与实验

14.1	并行 I/O 口实验	(238)
14.1.1	概述	(238)
14.1.2	观察口 B、口 C 的输出	(238)
14.1.3	口 B 与发光二极管 LED 的连接	(239)
14.1.4	键盘接口	(240)
14.2	中断实验	(244)
14.2.1	查询与中断	(244)
14.2.2	中断处理过程	(245)
14.2.3	中断矢量示例	(247)
14.2.4	可屏蔽中断与非屏蔽中断实验	(247)
14.3	A/D 转换实验	(249)
14.3.1	概述	(249)
14.3.2	单通道非扫描测量实验	(250)
14.3.3	单通道扫描测量实验	(252)

14.4 定时器系统实验.....	(255)
14.4.1 利用定时器系统的输入捕捉功能测量一个输入矩形波的周期	(255)
14.4.2 利用定时器系统的输入捕捉功能测量输入矩形波的脉冲宽度	(258)
14.4.3 利用定时器系统的输出比较功能产生一个方波信号	(261)
14.4.4 用定时器输出比较功能生成一个 PWM 矩形波信号	(263)

15 接口设计及应用

15.1 步进电机接口设计.....	(267)
15.1.1 简介	(267)
15.1.2 步进电机的转动方向与转速	(267)
15.2 全应答方式的并行 I/O 通信	(274)
15.2.1 并行传输协议	(274)
15.2.2 从一个终端向另一个终端传输数据的程序	(276)

附 录

附录 1 ASCII 码表	(279)
附录 2 M68HC11A8 的寄存器和控制位	(280)
附录 3 MC68HC11E9 的指令系统、寻址方式及执行时间	(282)
附录 4 BUFFALO 监控的部分子程序	(290)

主要参考资料.....	(291)
-------------	-------

1

第一部分

M68HC11 结构与原理



Motorola 单片机

1.1 概 述

1.1.1 Motorola 单片机发展概况

Motorola 公司是当今世界上著名的集成电路和计算机制造厂家。从 70 年代起, Motorola 相继推出各种高性能的微处理器 MPU (Microprocessor Unit) 和单片微计算机 MCU (Microcontroller Unit)。前者有 M6800 和 M68000 两大系列。后者有 MC6801、MC6805、MC68300 系列等。

目前 Motorola 公司生产的单片机采用了最新的 HCMOS 技术, 在芯片中集成了 CPU、ROM、RAM、I/O 口、定时器系统、串行通信口等, 形成一个小计算机系统。它的性能特别适用于控制系统中的应用。

Motorola 各种单片机的性能不完全相同, ROM 和 RAM 的容量也不一样, I/O 功能各具特色, 因此可适应不同的应用场合。另外, 它们的 CPU 结构相似, 指令系统向下兼容, 用户应用十分方便, 使 Motorola 单片机得到了广泛的应用。目前在美国和其它发达国家, 从各种家用电器到复杂的工业控制系统, 都使用着各种不同型号的 Motorola 单片机。

70 年代末, Motorola 推出了 MC6801 单片机。它的 CPU 功能和指令系统与 MC6800 微处理器兼容并集成有 ROM、RAM、I/O、定时器、串行口等部件。MC6801 的功能类似 Intel 公司的 MCS-51 单片机。与此同时, Motorola 公司又研制了功能较简单的 MC6805 单片机, 它的功能和指令系统虽然比 MC6801 简单, 但优于 MCS-48。其价格低廉, 特别适用于家用电器等应用场合。

80 年代初, 在 MC6801 的基础上研制出带 EPROM, 有更强 I/O 功能和更大容量存储器的 MC68701、MC6801U₄ 等型号的单片机。另外, 在 MC6805 的基础上, 一方面生产出功能简单, 价格更低廉的 MC6804 单片机, 另一方面为适用低功耗的要求, 生产出 CMOS 的 MC146805 系列单片机等。1983 年又开始推出速度更快、功耗更低、性能更好的 M68HC05 系列单片机。

80年代中期,采用HCMOS技术生产出更为先进的M68HC11系列单片机。它的CPU和I/O功能比MC6801有了大幅度提高,是目前功能最强的8位单片机(准16位机除外)。

除8位机外,Motorola公司继70年代推出16位微处理器MC68000后,又相继推出MC68010、MC68020、MC68030等准32位和32位微处理器。为满足高性能控制器(如机器人)的需要,在1990年又推出与M68000系列CPU兼容的MC68332 32位单片机。MC68332采用了 1μ HCMOS技术制造,每片包含有422,000个管子。代表了目前单片机的先进水平。

1.1.2 Motorola 单片机结构特点

1. 存储器

Motorola单片机的存储器采用统一编址方法。即将累加器、程序计数器、控制寄存器、数据存储器(包括RAM等)和各种特殊功能的寄存器都置于一个存储空间内,统一编址。这种方法可方便寻址,简化指令系统。

它的各种特殊功能的寄存器,包括并行I/O及各种控制寄存器、定时器系统寄存器、SPI寄存器、SCI寄存器、A/D转换寄存器等,位于存储空间的低端。有些芯片具有重定位的功能,寄存器位于页的起始,这样可使寻址寄存器更为方便。

复位和中断矢量一般放在存储器空间的最后。它是复位和各类中断处理程序的入口地址。当复位或响应中断时,MCU能自动地从该区域取出矢量地址,然后转向指定的存储地址执行程序。

Motorola单片机一般都具有片内ROM。为便于开发和小批量生产,许多Motorola单片机内部拥有EPROM。还有一些内含大容量的EEPROM,可存放用户程序并可随时擦除、改写,使开发更为方便。

2. CPU 结构

Motorola单片机的CPU采用单累加器或双累加器结构。有一个或两个变址寄存器,可用于变址寻址操作,存取数据及循环控制。寻址方式有直接寻址、立即寻址、扩展寻址、间接寻址、变址寻址、相对寻址等。其中扩展寻址、变址寻址等还适用于访问64K的扩展寻址空间,使程序编制更为方便。指令系统中,除了各种算术、逻辑运算功能外,还具有位操作功能。同时还有丰富的条件转移指令,使之特别适于控制类的应用。

3. 中 断

Motorola单片机的中断均采用矢量中断方式。当发生中断时,CPU取出相应的中断矢量(一般位于存储空间的最末),然后转向指定的入口,执行中断服务程序。在响应中断时,能自动保护CPU的全部现场,包括程序计数器(即断点地址)、累加器、变址寄存器等内容。即将它们压入栈中。在执行中断返回指令时,可自动恢复中断前的CPU现场。这样就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,在响应中断时,还可自动禁止中断(置中断禁止位),并可重新允许中断。

1.2 M68HC11 系列单片机

1.2.1 M68HC11 产品系列

Motorola M68HC11 系列单片机是目前功能最强的 8 位单片机之一。它采用了小尺寸、高速度、低功耗和抗干扰性的 HCMOS 技术制造,其总线速度达到 2MHz。它具有完善的片上外设功能。此外,全静态设计,使它可在低至直流的频率下工作,从而大大降低功耗。

M68HC11 系列产品有两个 8 位累加器(A、B),可连成一个 16 位累加器(D)。它还有两个 16 位变址寄存器(X、Y)和一个 16 位堆栈指针。

它的指令系统与早期产品 MC6801 等兼容并增加了 91 条新指令,其中包括 16 位数除法 等 16 位运算指令,寻址功能优于其它 8 位单片机。

它具有丰富的 I/O 功能。包括 5 个 8 位并行口、定时器系统、脉冲累加器、串行通信口 (SCI)、串行外围接口(SPI)、8 路 8 位 A/D 转换,以及实时中断、计算机正常工作(COP)监视系统(Watchdog)等。

此外,它还有完善的系统保护功能。其中片上自监控电路可防止系统出错。计算机正常工作监视系统可防止软件运行失效。时钟监控系统在时钟信号消失或运行太慢的情况下,可产生系统复位。非法代码检测电路在检测到非法代码时,产生非屏蔽中断。

M68HC11 系列单片机的内部一般有 8~12K 字节 ROM,512 字节 EEPROM 和 256~512 字节 RAM。它们既可在单片方式下工作,也可在扩展方式下工作。在扩展方式下工作时,可访问 64K 存储空间。

M68HC11 系列产品具有两种可由软件控制的节电工作方式,即 WAIT 和 STOP 方式。这使 M68HC11 系列单片机特别适于工作在自动或电池供电的应用场合。

M68HC11 系列单片机的主要型号见表 1-1。目前还有一些新的型号正在开发之中,不久将问世。不同型号 M68HC11 系列芯片的不同处主要是存储器不同。其中 A8、A1、A0 等型号是 M68HC11 系列早期的产品。不同型号代表的意义见图 1-1。

表 1-1 M68HC11 系列产品(部分)

型号	ROM	EEPROM	RAM	CONFIG ₍₁₂₎	COMMENTS
MC68HC11A8	8K	512	256	\$0F	产品系列中的基本型号。
MC68HC11A1	0	512	256	\$0D	除 ROM 禁止外,同 A8。
MC68HC11A0	0	0	256	\$0C	除 ROM、EEPROM 禁止外,同 A8。
MC68HC11E0	0	0	512	\$0C	除 ROM、EEPROM 禁止外,同 E9。
MC68HC11E1	0	512	512	\$0D	除 ROM 禁止外,同 E9。
MC68HC11E9	12K	512	512	\$0F	具有 4 路输入捕捉和较大的 RAM、ROM。
MC68HC811E2	0	2K ₍₁₎	256	\$FF	扩展系统,无 ROM。
MC68HC11D3 ₍₃₎	4K	0	192	N/A	经济型产品,无 A/D 且 RAM 较小。

表 1-1 注: 1. 这 2K EEPROM 可重新定位到任一 4K 存储器页的顶部。重新定位由 CONFIG 寄存器中的高 4 位决定。

2. 表中 CONFIG 寄存器的值映射出 Motorola 预先装入的编程值。 3. 1988 年开始出现。

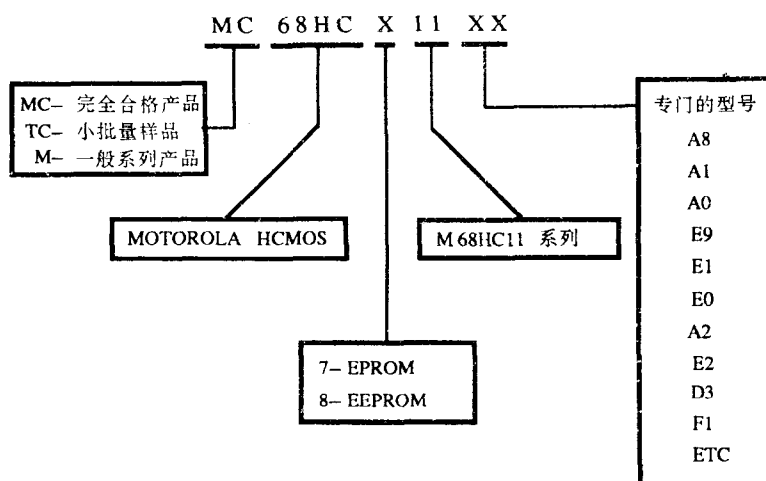


图 1-1 M68HC11 产品的表示

1.2.2 MC68HC11E9 特性

MC68HC11E9 单片机是继 MC68HC11Ax 型号芯片之后开发出来的。其性能优于早期产品。

1. 硬件特性

- 12K 字节 ROM
- 512 字节 EEPROM
- 512 字节 RAM, 可重新定位在任何 4K 存储器之内。
- 功能很强的 16 位定时器系统
 - 4 级可编程预分频因子
 - 3 路输入捕捉/5 路输出比较功能或 4 路输入捕捉/4 路输出比较功能(由 S/ $\overline{W}$ 选择)
- 8 位脉冲累加器
- 增强的 NRZ 制串行通信接口 (SCI)
- 串行外围接口 (SPI)
- 8 通道、8 位 A/D 转换
- 实时中断电路
- 计算机正常工作看门狗监视系统 (COP Watchdog)