

MOTOROLA 单片机及专用集成芯片

# 应用系统设计

陈粤初 主编

- M68HC05
- M68HC11
- M68HC16
- 模糊控制 空调机、洗衣机
- 直流无刷和直流伺服电动机控制
- MOTOROLA MCU 及专用集成芯片应用实例

新颖



**MOTOROLA**

实用

北京航空航天大学出版社

MOTOROLA 单片机及专用集成芯片

# 应用系统设计

陈粤初 许晓宁 程晓风  
郑天柱 刘伟民 徐鸿弋 等编著



北京航空航天大学出版社

(京新登字 166 号)

JS120/12

### 内 容 简 介

**MOTOROLA** 单片机具有价格低、功能强、可靠性高、功耗小等特点。本书系统地介绍它的 8 位到 32 位单片机[着重介绍 **M68HC05** 的 **F、T、D** 系列, **M68HC11**, **M68HC16**(**916Y1**, **916X1**, **Y1**, **Z2**, **Z1**)等型号]原理,汇编语言程序设计方法和开发方法以及它的外围接口芯片,如直流无刷电动机、直流伺服电动机、过零检测、场效应大功率管驱动电路等专用芯片的应用实例。本书还列举大量在模糊控制、家用电器、通讯、传感器智能仪器、控制等方面应用和应用系统设计详解。内容新颖,文字简炼,注重实用,便于自学。

读者对象:大、中专院校和培训班学生、研究生及科研、工程技术人员。



- 书名: **MOTOROLA** 单片机及专用集成芯片应用系统设计
- 编者: 陈粤初等
- 责编: 韦秋虎
- 出版: 北京航空航天大学出版社 北京学院路 37 号(100083)
- 印刷: 朝阳科普印刷厂印刷
- 发行: 新华书店总店科技发行所
- 开本: 787×1092 1/16
- 印张: 30 字数:768 千字
- 印数: 7000 册
- 版次: 1994 年 10 月第一版
- 印次: 1994 年 10 月第一次印刷
- 书号: **ISBN 7-81012-464-1/TP·107**
- 定价: 29 元

# 前言

MOTOROLA 单片机(MCU)将各种存储器和子系统都集成在芯片内,同时外围集成电路芯片配套齐全。在通讯、家用电器、智能仪器、自动化等广大领域,采用单片机控制后,由于价格低、体积小、功能强、品种多、功耗低、硬件电路连接简单、开发方便等诸多特点,将有利于促使产品向智能化、微型化、多功能化方向发展,加速产品更新换代。相应单片机技术将会逐年引进新产品、新技术,并积累丰富的应用经验。为了促进单片机开发和应用,我们编著这本书。

全书共分 8 章。现将各章内容简述如下:

第 1 章对我国单片机应用现状和发展趋势作了分析,并介绍了 MOTOROLA MCU 发展历程及其种类和型号命名规则;对 8 位单片机基础知识和汇编程序设计以列表举例形式作了介绍。

第 2 章对 M6805、M68HC11 典型结构及存储器映象作了介绍。对 M6805 基本定时器子系统和结构与它相似的 M68HC11 累加器子系统作了剖析,并介绍了 M6805 应用开发和在电话机中的应用。

第 3 章对 M68HC05 典型结构、存储器映象,以及对 M68HC05(大部也适用 M68HC11)的子系统 SCI、SIOP、SPI、输入捕捉/输出比较定时器作了介绍。本章还针对中国电视制式有关字点阵和字符点阵、半点移位电路和预留行、背景和黑边框等方面内容,对 M6805T10 的屏幕显示(OSD)功能作了介绍。另外,还较详细介绍了 M 总线、M68HC05 开发方法和恒温室控制器。

第 4 章介绍 MOTOROLA 外围接口芯片、电源电路和一些特殊电路的专用集成芯片。

第 5 章介绍 MOTOROLA 16 位 MCU 的原理,对 MC68HC916Y1、MC68HC916X1、MC68HC16Y1 及 MC68HC16Z2 等的结构、性能、用法作了对比。以 MC68HC916Y1 为主讲述了 CPU16、通用定时器模块(GPT)、定时处理单元(TPU)、单片集成模块(SCIM)、多路通讯接口模块(MCCI)、模数转换模块(ADC)、快速 EEPROM 模块(FEM)等的工作原理。对 16 位单片机指令系统及片内的数字信号处理机(DSP)也作了介绍。为了便于应用详细介绍了 16 位单片机各寄存器的用法,所列表格简明扼要,方便读者使用。本章 5.12 节还对 MOTOROLA 32 位单片机作了简要介绍。简要介绍 CPU32。它和 16 位、8 位 CPU 完全不一样。32 位数据和地址寄存器共 15 个都可作变址寄存器等使用,程序和数据的地址空间是分开的,用户和监控的堆栈指针和地址空间也是分开的。另外,还简单介绍了 MC68332 的引脚功能、寻址方式、外围子系统。

第 6 章主要介绍了 MOTOROLA 电动机控制和功率专用集成芯片。其中有直流无刷电动机控制器 MC33033 及 MC33035 以及和这些器件配套使用的闭环无刷电动机适配器 MC33039。并介绍了这些器件的特性参数和在开环及闭环调速系统中的应用实例。此外还介绍直流伺服电动机控制器/驱动器 MC33030 的应用原理和实例。

第 7 章主要介绍当今自动控制技术的最新发展——模糊控制。阐述了模糊控制基本概念,模糊控制技术的基本方法;M68HC11 和 M6805 MCU 模糊推理机典型示范的程序清单;MOTOROLA 用于模糊推理仿真调试的一种软件,即知识基发生器(KBG)较详细的使用方法介绍;列举一些应用实例。

第 8 章是 MOTOROLA 单片机应用实例。新型空调控制系统设计详解,是浙江衢化集团

公司程晓风工程师的亲自实践的经验总结,全部程序清单经性能评估板调试通过。广东中山市威力洗衣机有限公司林汉森工程师提供了 MOTOROLA 单片机在洗衣机上的应用实例。本章还有 DEVB 158 性能评估板原理,以及 MOTOROLA 的 MPX5100 系列、MPX2000 系列压强传感器及其带程序清单的应用实例。还介绍了 MOTOROLA 半导体温度传感器 MTS 102、MTS 103、MTS 105 典型应用电路。

广东中山威力洗衣机有限公司提供 MOTOROLA 单片机控制的洗衣机资料,特表示感谢。

MOTOROLA 亚太区总部、香港南科电子有限公司、MOTOROLA 广州代表处、北京代表处提供资料,在此表示衷心感谢。

本书主编陈粤初。第1章 1.1~1.5 由陈粤初编写,1.6.1~1.6.2 由徐鸿弋、陈新华、张志英编写。第2章 2.1、2.2、2.3.3~2.3.6 由徐鸿弋、张志英、陈新华编写,2.3.1 和 2.3.2 由郑天柱编写,2.4.1 由郑天柱、陈新华编写,2.4.2 由张志英、陈新华编写,2.5 由王锡山、王莉莉、蔡勇编写。第3章 3.1、3.3、3.4.2~3.4.4 由徐鸿弋、张志英、陈新华编写,3.6.1~3.6.3 由蔡勇编写,3.4.1、3.6.4 由严纯编写,3.7 由王锡山编写。第4章 4.4.1 由陈新华编写,4.2.2~4.2.5、4.3.4.4 由郑天柱编写,4.5 由徐晓宁、郑天柱、高晓蓉编写,4.6 由洪祖德、杨恒贵编写。第5章 5.1~5.11 由刘伟民编写,5.12 由陈新华编写。第6章由洪祖德编写。第7章 7.1 由郑天柱编写,7.2 由许晓宁编写,7.3 由许晓宁、郑天柱编写,7.4 由程晓风编写,7.5 由郑天柱编写。第8章 8.1~8.3 由程晓风编写,8.4 由林汉森编写,8.5、8.6 由张君华、许晓宁、蔡勇编写,8.7 由张君华、蔡勇编写。

书中不足和错误之处,恳请读者批评指正。

编者<sup>①</sup>

1994 年 6 月

#### ① 编著者通讯录

|     |                          |           |
|-----|--------------------------|-----------|
| 陈粤初 | 江苏农学院 244 信箱             | 邮编 225001 |
| 程晓风 | MOTOROLA 杯获奖者、浙江衢化集团计算中心 | 邮编 324004 |
| 林汉森 | 副经理、中山威力集团音响器材公司         | 邮编 528403 |
| 洪祖德 | 教授、美国访问学者、扬州大学工学院        | 邮编 225009 |
| 许晓宁 | 系主任、扬州电视大学机电系            | 邮编 225002 |
| 王锡山 | 高级工程师、扬州 723 研究所         | 邮编 225001 |
| 张君华 | 工程师、扬州 723 研究所           | 邮编 225001 |
| 徐鸿弋 | 高级工程师、厂长、扬州电气设备控制厂       | 邮编 225003 |
| 郑天柱 | 讲师、扬州大学工学院               | 邮编 225009 |
| 刘伟民 | 讲师、江苏农学院                 | 邮编 225001 |
| 蔡勇  | 江苏农学院 244 信箱             | 邮编 225001 |
| 张志英 | 工程师、扬州农药厂                | 邮编 225001 |
| 杨恒贵 | 工程师、扬州客车制造总厂             | 邮编 225001 |
| 陈新华 | 扬州供电局调度所                 | 邮编 225001 |
| 严纯  | 扬州能源电力设备厂                | 邮编 225001 |
| 高晓蓉 | 讲师、扬州电视大学机电系             | 邮编 225002 |
| 王莉莉 | 扬州 723 研究所               | 邮编 225002 |

# 目 次

|                                                                 |        |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| 前 言 .....                                                       | 1~2    |
| 目 次 .....                                                       | I ~ VI |
| 1 概 述 .....                                                     | 1      |
| 1.1 微型计算机现状与发展趋势 .....                                          | 1      |
| 1.2 单片机(MCU)应用现状和今后发展趋势 .....                                   | 1      |
| 1.2.1 我国应用单片机(MCU)现状 .....                                      | 1      |
| 1.2.2 我国应用单片机(MCU)市场预测 .....                                    | 1      |
| 1.2.3 世界上 MCU 芯片制造技术动向 .....                                    | 2      |
| 1.3 MOTOROLA 单片机(MCU)发展历程 .....                                 | 3      |
| 1.4 MOROTOROLA 单片机产品种类及单片机(MCU)型号命名规则 .....                     | 4      |
| 1.4.1 M6805 种类及特点 .....                                         | 4      |
| 1.4.2 M68HC05 种类及特点 .....                                       | 5      |
| 1.4.3 M68HC11 种类及特点 .....                                       | 7      |
| 1.4.4 16 位 MCU 种类及特点 .....                                      | 7      |
| 1.4.5 32 位 MCU 种类及特点 .....                                      | 7      |
| 1.4.6 MCU 型号命名规则 .....                                          | 7      |
| 1.5 MOTOROLA 8 位单片机基础知识 .....                                   | 8      |
| 1.5.1 中央处理器 .....                                               | 8      |
| 1.5.2 复位和中断 .....                                               | 9      |
| 1.5.3 MCU 工作模式与 CPU 低功耗工作方式 .....                               | 10     |
| 1.5.4 并行 I/O .....                                              | 13     |
| 1.5.5 寻址方式与指令系统 .....                                           | 13     |
| 1.6 MOTOROLA 8 位单片机汇编语言程序设计 .....                               | 16     |
| 1.6.1 汇编语言基本知识 .....                                            | 16     |
| 1.6.2 汇编语言程序设计举例 .....                                          | 24     |
| 1.6.3 连接程序(PLD),可移植库管理程序(PAR)和生成 S 格式文件的<br>应用程序(UBUILDS) ..... | 30     |
| 2 M6805、M68HC11 子系统及应用 .....                                    | 34     |
| 2.1 M6805、M68HC11 系统结构和存储器映象 .....                              | 34     |
| 2.1.1 M6805 MCU 系统结构和特性 .....                                   | 34     |
| 2.1.2 M6805 存储器映象 .....                                         | 37     |
| 2.1.3 M68HC11 MCU 系统结构 .....                                    | 39     |
| 2.1.4 M68HC11 存储器映象 .....                                       | 39     |
| 2.2 M68HC11 MCU 工作模式 .....                                      | 48     |
| 2.2.1 MCU 工作模式选择 .....                                          | 48     |
| 2.2.2 正常和特殊单片模式 .....                                           | 48     |

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 2.2.3 | 正常和特殊扩展模式                     | 52  |
| 2.3   | 片内存储器和口替代器件                   | 53  |
| 2.3.1 | M6805 自检 ROM                  | 53  |
| 2.3.2 | M6805 低压禁止                    | 55  |
| 2.3.3 | M6805 掩膜选择及编程                 | 55  |
| 2.3.4 | M68HC11 片内 RAM 映象             | 56  |
| 2.3.5 | M68HC11 片内 EPROM/OTPROM       | 57  |
| 2.3.6 | M68HC11 片内 EEPROM             | 57  |
| 2.3.7 | M68HC11 口替换器件                 | 59  |
| 2.4   | M6805 定时器与 M68HC11 脉冲累加器      | 60  |
| 2.4.1 | M6805 基本定时器                   | 60  |
| 2.4.2 | 脉冲累加器                         | 62  |
| 2.5   | M6805 MCU 开发与应用               | 67  |
| 2.5.1 | M6805 应用系统的开发                 | 67  |
| 2.5.2 | M6805 在电话机中的应用                | 68  |
| 3     | M68HC05、M68HC11 子系统与应用        | 76  |
| 3.1   | M68HC05 MCU 系统结构              | 76  |
| 3.1.1 | 通用型 C 系列 MCU 系统结构             | 76  |
| 3.1.2 | 基本型 P 系列 MCU 系统结构和特性          | 78  |
| 3.1.3 | MC68HC05T 系列 MCU              | 79  |
| 3.2   | M68HC05 存储器映象                 | 80  |
| 3.2.1 | 通用型 C 系列存储器映象                 | 80  |
| 3.2.2 | P 系列存储器映象                     | 82  |
| 3.2.3 | MC68HC05T10 存储器映象             | 84  |
| 3.3   | 串行通讯接口 SCI 子系统                | 85  |
| 3.3.1 | 概述                            | 85  |
| 3.3.2 | 串行通讯接口 SCI 应用方法               | 88  |
| 3.4   | 串行外围接口 SPI 和简单串行 I/O SIOP 子系统 | 92  |
| 3.4.1 | 简单串行 I/O SIOP 简介              | 92  |
| 3.4.2 | 串行外围接口 SPI 概述                 | 93  |
| 3.4.3 | SPI 应用方法                      | 96  |
| 3.4.4 | 软件模拟 SPI 扩展方法                 | 98  |
| 3.5   | 输入捕捉/输出比较定时器                  | 101 |
| 3.5.1 | 15 位多功能定时器简介                  | 101 |
| 3.5.2 | 输入捕捉/输出比较 16 位定时器             | 103 |
| 3.5.3 | 输入捕捉功能应用与举例                   | 105 |
| 3.5.4 | 输出比较功能应用与举例                   | 108 |
| 3.6   | 其他功能子系统                       | 111 |
| 3.6.1 | 屏幕显示(OSD)                     | 111 |
| 3.6.2 | 脉冲宽度调制式 PLM 数模转换器 DAC         | 115 |

|       |                                       |     |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 3.6.3 | M 总线通讯与接口 .....                       | 118 |
| 3.6.4 | A/D 转换器 .....                         | 124 |
| 3.7   | 软硬件设计方法及实例 .....                      | 126 |
| 3.7.1 | 开发方法 .....                            | 126 |
| 3.7.2 | 恒温室控制器的开发 .....                       | 127 |
| 4     | MOTOROLA 外围接口和专用集成芯片 .....            | 151 |
| 4.1   | 并行接口芯片 .....                          | 151 |
| 4.1.1 | MC6821 外围接口适配器 .....                  | 151 |
| 4.1.2 | MC146823 CMOS 并行接口 .....              | 156 |
| 4.2   | 数据转换器 .....                           | 159 |
| 4.2.1 | 型号和主要特性 .....                         | 159 |
| 4.2.2 | 8 位 A/D 转换芯片 MC145040/MC145041 .....  | 159 |
| 4.2.3 | 10 位 A/D 转换芯片 MC145050/MC145051 ..... | 161 |
| 4.2.4 | 10 位 A/D 转换芯片 MC145053 .....          | 162 |
| 4.2.5 | 6 位 D/A 转换芯片 .....                    | 163 |
| 4.3   | 串行时钟 .....                            | 164 |
| 4.3.1 | MC68HC68T1 主要特性 .....                 | 165 |
| 4.3.2 | MC68HC68T1 结构和功能 .....                | 166 |
| 4.3.3 | MC68HC68T1 的应用 .....                  | 167 |
| 4.4   | 显示器接口电路 .....                         | 167 |
| 4.4.1 | 常用显示译码器和驱动器型号和主要特性 .....              | 167 |
| 4.4.2 | MC14499 芯片 .....                      | 167 |
| 4.4.3 | MC145000/MC145001 芯片 .....            | 169 |
| 4.4.4 | MC6845 CRT 和 MC6847 VDG 应用 .....      | 172 |
| 4.5   | 专用集成电路的电源电路 .....                     | 179 |
| 4.5.1 | 集成直流电压变换器 .....                       | 179 |
| 4.5.2 | 欠电压检测电路 .....                         | 181 |
| 4.5.3 | 欠电压检测器 MC34164/MC33164 .....          | 182 |
| 4.5.4 | 电压调节和监控电路 .....                       | 183 |
| 4.6   | 其它特殊电路 .....                          | 185 |
| 4.6.1 | 遥控器电路 MC3373P 和 MC14497 .....         | 185 |
| 4.6.2 | 汽车电子电路 .....                          | 186 |
| 4.6.3 | 电子电话电路 .....                          | 188 |
| 5     | MOTOROLA 16 位与 32 位单片机 .....          | 192 |
| 5.1   | MOTOROLA 16 位单片机概述 .....              | 192 |
| 5.2   | M68HC16 结构 .....                      | 196 |
| 5.2.1 | M68HC16 系统框图及引脚图 .....                | 196 |
| 5.2.2 | M68HC16 引脚特性、信号特性及信号功能说明 .....        | 197 |
| 5.2.3 | M68HC16 的内部模块总线(IMB) .....            | 204 |
| 5.2.4 | CPU16 结构 .....                        | 204 |

|        |                                                        |     |
|--------|--------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.5  | MC68HC916Y1 寄存器及存储器映像 .....                            | 205 |
| 5.2.6  | MC68HC916Y1 寄存器地址及应用 .....                             | 206 |
| 5.3    | CPU16 模块 .....                                         | 228 |
| 5.3.1  | CPU16 内部寄存器应用 .....                                    | 228 |
| 5.3.2  | CPU16 存储器管理 .....                                      | 229 |
| 5.3.3  | CPU16 数据类型及数据在存储器中的安排 .....                            | 231 |
| 5.3.4  | CPU16 指令系统 .....                                       | 233 |
| 5.3.5  | CPU16 的异常处理 .....                                      | 236 |
| 5.3.6  | CPU16 的数字信号处理(DSP) .....                               | 239 |
| 5.3.7  | CPU16 开发中的三种操作方式 .....                                 | 241 |
| 5.4    | MC68HC916Y1 单片集成模块(SCIM) .....                         | 245 |
| 5.4.1  | SCIM 中系统结构和保护子模 .....                                  | 245 |
| 5.4.2  | 系统时钟 .....                                             | 248 |
| 5.4.3  | 片选模块 .....                                             | 250 |
| 5.4.4  | 外部总线接口 .....                                           | 253 |
| 5.4.5  | 复位 .....                                               | 256 |
| 5.4.6  | 中断 .....                                               | 259 |
| 5.4.7  | 通用 I/O 口 .....                                         | 259 |
| 5.4.8  | 工厂测试 .....                                             | 260 |
| 5.5    | MC68HC916Y1 模数转换模块(ADC) .....                          | 260 |
| 5.6    | MC68HC916Y1 多通道通讯接口(MCCI) .....                        | 262 |
| 5.7    | MC68HC916Y1 通用定时器(GPT) .....                           | 262 |
| 5.8    | MC68HC916Y1 定时处理单元(TPU) .....                          | 263 |
| 5.8.1  | TPU 组成 .....                                           | 264 |
| 5.8.2  | TPU 操作 .....                                           | 266 |
| 5.8.3  | 仿真支持 .....                                             | 267 |
| 5.8.4  | TPU ROM 功能 .....                                       | 267 |
| 5.9    | MC68HC916Y1 后备 RAM 和 TPU 仿真 RAM(STBRAM 与 TPURAM) ..... | 269 |
| 5.10   | MC68HC916Y1 快速 EEPROM .....                            | 271 |
| 5.11   | MC68HC916Y1/MC68HC16Z2 掩膜 ROM 模块(MRM) .....            | 272 |
| 5.12   | MOTOROLA 32 位单片机简介 .....                               | 273 |
| 5.12.1 | CPU32 .....                                            | 273 |
| 5.12.2 | MC68332 引脚功能 .....                                     | 274 |
| 5.12.3 | CPU 32 指令系统 .....                                      | 276 |
| 5.12.4 | MC68332 子系统 .....                                      | 279 |
| 6      | MOTOROLA 电动机控制及功率驱动集成电路 .....                          | 280 |
| 6.1    | 直流无刷电动机控制器 .....                                       | 280 |
| 6.1.1  | 无刷电动机基本原理 .....                                        | 280 |
| 6.1.2  | 无刷直流电机控制器 MC33033 .....                                | 280 |
| 6.1.3  | MC33033 用于开环调速系统的应用实例 .....                            | 286 |

|       |                                         |     |
|-------|-----------------------------------------|-----|
| 6.1.4 | MC33039 闭环无刷电动机适配器 .....                | 288 |
| 6.1.5 | MC33039 用于闭环调速系统的应用实例 .....             | 293 |
| 6.1.6 | 无刷直流电机控制器 MC33035 .....                 | 295 |
| 6.1.7 | MC33035 用于开环和闭环调速系统的应用实例 .....          | 299 |
| 6.2   | 直流伺服电动机控制器/驱动器 MC33030 .....            | 300 |
| 6.2.1 | MC33030 的方框图和引脚图 .....                  | 300 |
| 6.2.2 | MC33030 用于位置伺服系统的应用实例 .....             | 301 |
| 6.3   | 零电压控制器 UAA1016B .....                   | 305 |
| 6.3.1 | UAA1016B 的方框图表示 .....                   | 305 |
| 6.3.2 | 电路功能说明 .....                            | 305 |
| 6.3.3 | UAA1016B 的应用电路 .....                    | 307 |
| 6.4   | 高速双 MOS 场效应管驱动器 MC34151 和 MC33151 ..... | 307 |
| 6.4.1 | MC34151/MC33151 的方框图和引脚图 .....          | 307 |
| 6.4.2 | MC34151、MC33151 应用电路 .....              | 308 |
| 7     | <b>模糊控制及其应用</b> .....                   | 309 |
| 7.1   | 模糊控制的基本概念 .....                         | 309 |
| 7.1.1 | 模糊集合 .....                              | 309 |
| 7.1.2 | 模糊逻辑 .....                              | 309 |
| 7.1.3 | 模糊控制器 .....                             | 310 |
| 7.2   | 模糊逻辑推理机 .....                           | 312 |
| 7.2.1 | 68HC11 模糊推理机 .....                      | 312 |
| 7.2.2 | 68HC05 系列模糊逻辑推理机 .....                  | 323 |
| 7.3   | 知识基发生器(KBG) .....                       | 332 |
| 7.3.1 | 简介 .....                                | 332 |
| 7.3.2 | 主菜单 .....                               | 332 |
| 7.3.3 | 装入和储存 .....                             | 332 |
| 7.3.4 | 编辑知识基础文件 .....                          | 332 |
| 7.3.5 | 创建输出文件 .....                            | 338 |
| 7.3.6 | 生成汇编代码文件 .....                          | 340 |
| 7.3.7 | 显示控制曲线图形 .....                          | 341 |
| 7.3.8 | 软件仿真运行 .....                            | 341 |
| 7.3.9 | 退出 KBG、返回 DOS .....                     | 342 |
| 7.4   | 空调机、倒立摆模糊控制 .....                       | 343 |
| 7.4.1 | 空调机模糊控制 .....                           | 343 |
| 7.4.2 | 倒立摆模糊控制 .....                           | 345 |
| 7.5   | 洗衣机模糊控制 .....                           | 349 |
| 7.5.1 | 单处机控制系统的逻辑结构 .....                      | 349 |
| 7.5.2 | 模糊推理和模糊控制 .....                         | 351 |
| 7.5.3 | 洗衣机模糊控制系统软件框图 .....                     | 352 |
| 8     | <b>MOTOROLA MCU 应用实例</b> .....          | 355 |

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1 新型空调控制系统设计详解 .....                                                       | 355 |
| 8.1.1 引言 .....                                                               | 355 |
| 8.1.2 开发背景 .....                                                             | 355 |
| 8.1.3 产品设计总布局 .....                                                          | 356 |
| 8.1.4 产品功能与面板设计 .....                                                        | 356 |
| 8.1.5 产品电路设计 .....                                                           | 356 |
| 8.1.6 产品软件设计 .....                                                           | 359 |
| 8.1.7 ACC4 空调器有注释的全部程序清单 .....                                               | 363 |
| 8.1.8 结束语 .....                                                              | 377 |
| 8.2 MOTOROLA MCU 在通讯中的应用 .....                                               | 378 |
| 8.2.1 多功能电话 .....                                                            | 378 |
| 8.2.2 无绳电话 .....                                                             | 380 |
| 8.2.3 BB 机 .....                                                             | 380 |
| 8.2.4 电话自动报警装置 .....                                                         | 382 |
| 8.3 MOTOROLA MCU 在工业自动化仪表中的应用 .....                                          | 390 |
| 8.3.1 概述 .....                                                               | 390 |
| 8.3.2 新型显示记录仪 .....                                                          | 391 |
| 8.4 MOTOROLA 单片机在洗衣机上的应用实例 .....                                             | 396 |
| 8.4.1 单片机洗衣机程控器设计原理 .....                                                    | 396 |
| 8.4.2 单片机洗衣机程控器软件设计 .....                                                    | 397 |
| 8.5 MPX5100 系列压强传感器及其应用 .....                                                | 399 |
| 8.5.1 MPX5100 系列系统概述 .....                                                   | 399 |
| 8.5.2 MPX5100 内部结构简介 .....                                                   | 399 |
| 8.5.3 MPX5100 压强传感器系统软件 .....                                                | 403 |
| 8.5.4 MPX5100 压强测量系统软件清单 .....                                               | 404 |
| 8.6 MPX2000 系列压强传感器及其应用 .....                                                | 412 |
| 8.6.1 MPX2000 系列压强传感器概述 .....                                                | 412 |
| 8.6.2 DEVB158 性能评估板 .....                                                    | 412 |
| 8.6.3 DEVB158 评估系统设计依据 .....                                                 | 415 |
| 8.6.4 DEVB158 评估系统软件 .....                                                   | 417 |
| 8.6.5 DEVB158 评估系统软件清单 .....                                                 | 418 |
| 8.7 MOTOROLA 半导体温度传感器 .....                                                  | 430 |
| 附录 1 MOTOROLA 8 位 MCU 型号一览表 .....                                            | 434 |
| 附录 2 MOTOROLA MCU 新产品一览表 .....                                               | 438 |
| 附录 3 MOTOROLA M68HC05 指令系统集 .....                                            | 441 |
| 附录 4 MOTOROLA M68HC11 指令系统集 .....                                            | 445 |
| 附录 5 MOTOROLA M68HC16 指令系统集 .....                                            | 451 |
| 附录 6 MC68HC916Y1、MC68HC16Y1、MC68HC16Z2 系列、<br>M68HC05B、MC68HC05T10 引脚图 ..... | 467 |
| 参考文献 .....                                                                   | 470 |

# 1 概 述

## 1.1 微型计算机现状与发展趋势

随着大规模集成电路芯片迅速地更新换代,微型计算机技术正朝着两个领域发展,它们的应用目的和技术是完全不同的。一个领域的应用目的是以管理为主,它们需要处理大量的数据,因此它的发展方向要求数据处理的功能要强、速度要快、容量要大、数据总线的位数要多。如微处理器采用 32 位的 80486 还不满足,更要采用 64 位的 CPU,而 8 位机的 8085、16 位机的 8086 没用几年就被淘汰。应用于这个领域的投资尽管很高,使用者也不在乎,安装的环境条件也好,没有干扰,不需要采用抗恶劣环境的措施,MOTOROLA 公司把这类微型计算机的微处理器称为 MPU (Microprocessor Unit)。另一个领域的应用是以控制和检测为主,它包括机电一体化设备、智能仪器、家用电器、通讯等。因此它们的发展方向是控制功能强、可靠性高、抗干扰措施完善、成本低、功耗和体积小。至于速度,8 位机现已研制出 20~30MHz 产品,目前常使用的是 6~12MHz。8 位机最大容量可以达到 64K,目前使用一般在 8K 左右。数据总线位数目前用的最多的是 8 位,没有必要盲目追求更大的容量和更多的位数。MOTOROLA 把这类微型计算机称为单片机 (Microcontroller Unit, 简称 MCU)。

## 1.2 单片机 (MCU) 应用现状和今后发展趋势

### 1.2.1 我国应用单片机 (MCU) 现状

过去,MCU 芯片应用主要以 INTEL 产品,8 位机为主,而且品种用得最多是 8031。程序存储器以及外围接口芯片,都用并行口扩展外接。开发的产品领域面不广,家电(例如:电冰箱、洗衣机、电饭煲等)、通讯、声频、视频、射频等和 MCU 相结合的产品很少,价格低、批量大的产品更少。

### 1.2.2 我国应用单片机 (MCU) 市场预测

未来相当长的一段时间内,采用 4 位 MCU 将会越来越少,将仍以 8 位机为主,16 位 MCU 绝对数量将有所发展,32 位 MCU 将迅速向图象处理、智能和机器人工程等领域发展,但数量不多。今后将会采用多国多公司的 MCU 以及配套扩展芯片。价格便宜、控制功能强、能及时供应的产品将会迅速占领市场。

扩展程序存储器以及外围接口芯片,采用并行接口将逐步减少,外围子系统全部集成在片内的 MCU 和采用串行接口扩展的将增多。产品开发领域面将会大大拓宽,除机电一体化、智能仪器外,通讯、声频、视频、射频和 MCU 相结合的产品将会越来越多。

16 位和大容量 MCU 采用高级语言(例如:C、PL/M、FORTH 语言等)开发的应用系统,编程效率高;MOTOROLA 16 位 MCU 具有数字信号处理机 (DSP) 功能,MC68HC916Y<sub>1</sub> (X<sub>1</sub>) 还具有 Flash EEPROM 等功能。使用者会逐渐增多。

### 1.2.3 世界上 MCU 芯片制造技术动向

#### 1.2.3.1 MCU 片内集成的器件越来越多, 体积越来越小

各种存储器、模数转换 (Analog to Digital Converter, 简称 A/D)、数模转换 (Digital to Analog Converter, 简称 D/A)、脉宽调制 (Pulse Width Modulation, 简称 PWM)、直接存储器存取 (Direct Memory Access, 简称 DMA)、输入捕捉 (Input Capture, 简称 IC)、输出比较 (Output Compare, 简称 OC)、监视定时器 (Watch Dog Time, 简称 WDOG)、实时时钟 (Real-Time Clock, 简称 RTC)、通用定时器 (General-Purpose Timer, 简称 GPT)、锁相环 (Phase-Lock Loop, 简称 PLL)、屏幕显示 (On-Screen Display, 简称 OSD)、真空荧光显示器 (Vacuum Fluorescent Display, 简称 VFD)、低压程序禁止器 (Low Voltage Program Inhibit, 简称 LVPI) 等都可以集成在芯片内, 以提高可靠性、保密性、降低成本、减小体积。为了避免将不需要的功能也集成在芯片内, 现已制造成许多品种, 性能各不相同, 存储器种类和容量大小不同, 封装型式不同, 输入/输出接口 (简称 I/O) 功能各有特色, 可以根据需要由用户任意选用。

集成在片内的程序存储器一般有以下几种型式:

(1) 应用程序只读存储器 (Read Only Memory, 简称 ROM) 采用掩膜式 ROM 价格极低, 可用在面广量大的应用系统中。

(2) 电可编程只读存储器 (Electrically-Programmable Read-Only Memory, 简称 EPROM)。要修改的内容必须在离线的环境下, 用紫外线擦除原有程序内容, 才可重新编程。

(3) 电擦除电可编程只读存储器 (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, 简称 EEPROM) 运行时能在 MCU 应用系统中进行在线电擦除和重新编程, 并能在断电后保持修改结果。

(4) 一次性编程只读存储器 (Once Time Programmable ROM, 简称 OTPROM), 它是方便用户开发样机, 小批量生产应用的 ROM, 无擦除窗口, 只能进行一次性编程。

(5) 自检只读存储器 (Self-Check ROM)。

(6) 自举加载只读存储器 (Bootloader ROM)。ROM 内部有自举装载程序可将 EPROM 调试好的程序内容拷贝到片内 ROM/OTPRAM 中去。

(7) 闪烁 EEPROM (Flash EEPROM) 是一种既有紫外线擦除 EPROM, 又有电擦除 EEPROM 两者优点的非易失大容量存储器。也就是它具有 EPROM 在几秒钟完成全片擦除的特性, 编程速度比 EEPROM 快了 3 个数量级, 比 EPROM 还快十个数量级, 它具有和 EEPROM 一样的可以在线进行编程, 允许它在设备运行时固化和擦除, 它还具有较强抗干扰能力, 价格比 EEPROM 便宜。

以上几种存储器在 MOTOROLA MCU 不同型号的芯片内部带有。

#### 1.2.3.2 适合 MCU 技术特点的串行接口种类增多

除通用异步接收发送器 (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, 简称 UART) 外, MOTOROLA 还有串行外围接口 (Serial Peripheral Interface, 简称 SPI)、简单串行 I/O (Simple Serial I/O Port, 简称 SIOP)、串行通讯接口 (Serial Communications Interface, 简称 SCI)、排队 SPI (Queued SPI, 简称 QSPI)、M 总线 (Inter Integrated Circuit) 串行口、CAN (Controller Area Network) 串行口等, 通用扩展芯片和专用扩展芯片和这些串行口可以直接接口。

#### 1.2.3.3 向极端参数发展

如工作电压极低(可用一节干电池供电),微功耗,封装极小,电压允许波动范围极宽等。

#### 1.2.3.4 MCU 应用系统向外围纵深发展

大力发展集成传感器(例如,由 IC/OC 定时器测脉宽或频率变化的半导体传感器)、数字传感器和 MCU 直接接口的传感器。采用极小功率驱动伺服系统以及大功率驱动各种电动机。在今后应用中是非常重要的环节。

1.2.3.5 开始将精简指令技术(Reduction Instruction Set Computer,简称 RISC)应用于 MCU 中,将扩大精简指令的条数和增强指令的功能。

1.2.3.6 大力发展模糊控制技术,并将神经元模糊控制技术应用于 MCU 中。

#### 1.2.3.7 制造工艺不断改进

MCU 工作频率可以大于 30MHz,能够耐 2 千伏高压冲击,工作电压可以在 2.5~6.0 伏之间波动均能正常工作;适应温度变化的范围也宽;抗干扰能力很强(抗电磁干扰、抗核辐射损伤、抗机械震动、抗盐雾和霉菌腐蚀等等)。

#### 1.2.3.8 封装密封更牢固并多样化

68HC16Y1 引脚数已 160 条,为了减小芯片体积引脚数将最大限度减少。封装型式有: B-塑料双列直插间隙压缩型(Shrink Dual-in-Line Plastic) 42-B、56-B [间隙 70 毫英寸(mil)], DW-宽体小型封装(Small Outline) 16-DW、20-DW、28DW (间隙 50mil), FA-7×7mm 扁平方形封装(7×7mm Quad Flat Pack 简称 WFP), FB-10×10mm 扁平方形封装、44-FB (间隙 0.8 mm), FC-微间隙扁平方形塑料封装(Fine Pitch Plastic Carrier Ring)、132-FC/FD (间隙 25mil), FE-扁平方形陶瓷封装(Ceramic Quad Flat Pack, 简称 CQFP), FG-14×19mm 扁平矩形封装(Rectangular Flat Pack)、100-FG (间隙 0.65 mm), FM-模塑支座环封装(Molded Carrier Ring, 简称 MCR), FT-28×28mm 扁平方形封装, 128-FT (间隙 0.8 mm), FV-20×20mm 扁平方形封装, 160-FM/FT (间隙 0.65 mm), 144-FM/FV (间隙 0.5 mm), FV-14×14mm 扁平方形封装 PU-薄方形扁平封装(Thin Quad Flat Pack, 简称 JQFP)。14×14mm), 64-FU (间隙 0.8 mm), FN-塑料包衬的芯片支座(Plastic Leaded Chip Carrier, 简称 PLCC), FS-陶瓷包衬的芯片支座(Ceramic LCC)、84/68/52/44-FN/FS (间隙 50mil), L-陶瓷封装(Ceramic), S-陶瓷包衬直插封装(cerdip), TH-16×16mm 扁平方形封装、120-TH (间隙 0.5 mm), P-塑料双列直插(Dual-in-plastic, 简称 Dip) 24/28/40/48-P (间隙 100mil)。

### 1.3 MOTOROLA 单片机(MCU)发展历程

MOTOROLA 公司于 1974 年制成 MC6800 MPU, 此后, 在它的基础上, 又研制成一大批 MCU 和 MPU。MOTOROLA 公司 1974~1993 年 MCU 主要发展历程见图 1-1。

由图 1-1 可知: 1979 年制成 MC6801, 其功能和指令系统与 MC6800 兼容, 与 MCS-51 属同一等级产品。在此同时又研制成 6805 MCU 其功能和指令系统比 MC6800 简单, 但是控制功能比 MCS-48 强, 价格特别便宜(甚至低于 4 位机)。它特别适合电脑控制的家电等应用。在 MC6801 的基础上, 1986 年开始, 已研制出 M68HC11 MCU 许多产品, 它们以 HC11 CPU 为核心部件, 配以不同存储器和子系统形成许多产品(详见附录 1), 是目前功能最强的 8 位

MCU。在 M6805 的基础上,从 1983 年开始研制出比 M6805 速度更快、功耗更低、性能更强的 M68HC05 MCU,它们以 HC05 CPU 为核心,配以不同存储器和子系统至今已达 200 种产品,例如:MC68HC05SR3 等。主要 HC05 产品详见附录 1。16 位 MCU 是由 HC11 发展起来。32 位单片机和 8 位、16 位不一样,不是 6800 发展而来,而是由 6800 发展而来。

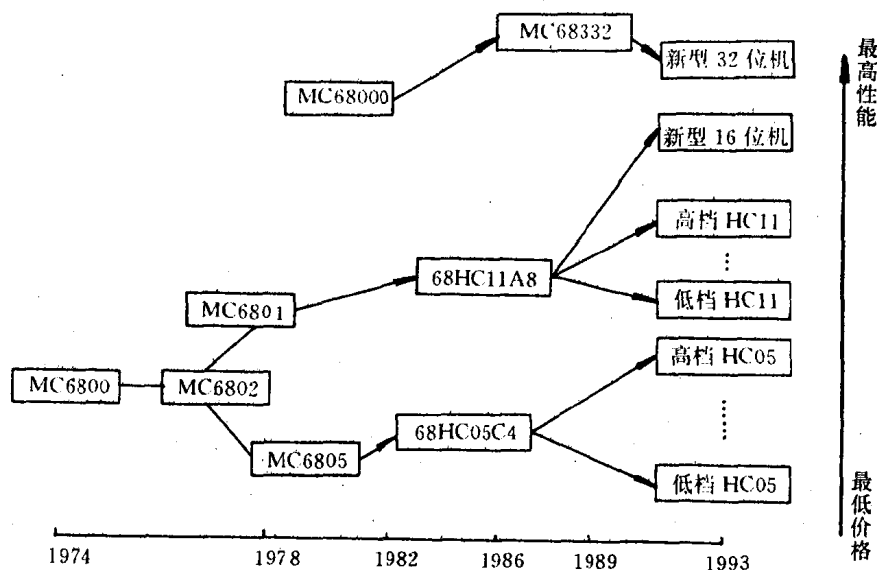


图 1-1 MOTOROLA 1974~1993 年主要 MCU 发展历程图

位于图上部的 MCU 性能最高,位于图下部的价格最低。

## 1.4 MOTOROLA 单片机产品种类及单片机 (MCU) 型号命名规则

单片机主要有 2 种:(1) 用户专用集成芯片单片机 (Customer-Specified Integrated Circuit MCU, 简称 CSIC MCU), 目前常用的是 M6805 和 M68HC05。所有 HCMOS 工艺制造的 CSIC MCU 都采用通用的 HC05 (1994 年将研制出 HC08) 中央处理器 (Central Processor Unit, 简称 CPU) 作核心再配以各种子系统、不同种类和大小的存储器、不同的引脚封装。(2) 高级单片机 (Advanced MCU, 简称 AMCU), 目前常用的有 M68HC11、M68HC16、M68300。

### 1.4.1 M6805 种类及特点

主要有 4 种系列:①基本型 (P 系列);②A/D 型 (R 系列);③无 A/D 的 R 型 (U 系列);④多功能型 (S 系列)。它们的主要特征是:

(1) 片内存储器都较小, 1~4K ROM、64~112 字节 RAM, 都无 EEPROM, 都无法外接存储器。

(2) 大部分只有 1 只 8 位定时器 (S2、S3 除 8 位外还有 1 只 16 位定时器。S3 有 2 只 8 位定时器), 都没有 IC、OC。

(3) 都有低压程序禁止器 LVPI。

(4) 除 S2、S3 外, 都没有串行接口。

(5) 价格低于 4 位机, 性能价格比特别高, 可直接驱动 LED。

除上述主要四种系列外, 还有 PLL 型 (T 系列) 和 EEPROM 多功能型 (K 系列)。

## 1.4.2 M68HC05 种类及特点

### 1.4.2.1 M68HC05 与 M6805 的区别

① 低功耗 M68HC05 增加了 M6805 所没有的节电方式。采用 HCMOS。② M68HC05 指令系统增加了  $8 \times 8$  乘法指令和低功耗控制指令。③ M68HC05 控制功能大大增强,例如定时器是 16 位,都带 IC、OC;执行速度和堆栈空间都比 M6805 大,都有 SCI 和 SPI 或 SIOP,可通过它来扩展各种 I/O 或存储器芯片。④ ROM 容量最大 32K,片内 EEPROM 32~544 字节,最大 3K。⑤ 品种多。例如 M68HC05 低价格的有: K0、K1、P1、P3、P4、P7、P8、P9,可驱动 LCD 显示器的有: L1、L5、L6、L7、L9、L10、L11、L12、L16。通用型有: C4、C5、C8、C9,带 A/D 有: P8、P9、B4、B8、M4、G8、L1,带 D/A 有: B4、B6、B8、B9、D24。应用于通讯的有: F2、F6、F8、G1 等;应用于电视的有: T4、T7、T10、CC1 等;应用于磁卡的有: SC01、SC11、SC21、SC24、SC27、SC28 等等。

### 1.4.2.2 M68HC05 种类和主要功能

M68HC05 MCU 系列是以 HC05 CPU 为核心,它们具有通用功能, C4、C8 适用低压、高速领域, C9 可以扩展 D 口, C5 具有 5 路 PWM, 24mA 电流输出。MC68HC705C8 能仿真 C2 至 C8 ROM。定时器 OC 可以产生 DTMF 波形、振铃声、脉冲拨号信号和保密码, IC 可以测量拨号脉冲宽度和进行保密码译码, SCI 可以和 PC 机通讯。由于具有以上特性, C4、C8 和 C9 都可以用作多功能电话、无绳电话、BB 机、汽车无线电和激光唱机等核心部件。

以下 M68HC05 MCU 同 C 系列一样均以 HC05 为核心。主要特性和应用对象分述如下:

(1) B 系列。大部分有 256 字节 EEPROM, 它可应用于汽车点火系统, 都有 A/D 和 2 路 PWM 和 RC 配合可作 D/A 对电动机进行控制, 只有 SCI 没有 SPI, 一般用于汽车和工业应用系统。

(2) M 系列。主要特性 M4 片内有 24 线 VFD, M6 有键盘中断。

(3) P 系列。是价格很低、用途广泛的 MCU, P6、P8、P9 带 4 路 8 位 A/D, P3、P8 片内有 EEPROM, 可应用于激光唱机、无线电话、温度控制和电子保安设备。

(4) K 系列。是廉价通用 MCU, 没有 EEPROM、串行口和 A/D, 但有可驱动 8mA 电流的输出口, K0、K1 可应用于鼠标器、遥控器、汽车报警器、风扇、洗衣机、电饭煲等。

(5) J 系列。也是廉价通用 MCU, 没有 EEPROM、串行口和 A/D, 可用于 K 系列同样领域。

(6) G 系列。是通用高速计数的 MCU, 大都带 RTC, G1、G3 还带可编程总线频率的 PLL。结合节电方式, 还可提高手持式装置中电池寿命。可应用于无绳电话等。

(7) D 系列。也是用途广泛的 MCU, 它具有 5 路 6 位 D/A 输出, 有 8 个 I/O 引脚能驱动大电流 LED。

(8) X 系列。有 MCAN 总线控制器, 适合地区网络应用。

(9) E 系列。主要特点是工作频率高至 4MHz, 能外部扩展 64K 字节 ROM, 片内带 PLL 等。

(10) T 系列。主要用于电视的 MCU, 片内有 6 位 D/A、9 路 PWM 能用于控制屏幕色彩、音量、亮度, 还具有多种彩色显示功能的屏幕显示 (On-Screen Display, 简称 OSD) 系统; 对显示中心位置可以水平调节、可自动调节多种制式显示、10 行 18 例字符显示、可显示 4 种大小不同字符、具有字的边缘镶黑边的功能 (这样字显示可更清晰一些)、8 种彩色、64 个字符

设置、8×13 字符点阵 PAL 制式显示（我国使用）、8×11 字符点阵 NTSC 制式显示（美国、日本和我国台湾使用）字符滚动等。能用于电视机、盒式录相机、激光唱机、卫星 BS 调谐器和 TV 调频器、视频开关盒、需要显示字符或图象的应用系统，T7、T10 可用于顶级 TV。

(11) F 系列。主要用于通讯的 MCU，能直接驱动 LED。带 DTMF 发生器/接收器/发送器/键盘中断，能产生 DTMF 信号和双声调音乐。曼彻斯特编码器和译码器可以通过 RF 进行数据传输。定时器能捕捉拨号脉冲宽度波形，能自动产生周期性中断。F8、F2、F6 可应用于 900MHz 无绳电话和多功能电话等。

(12) SC 系列。SC 是 Smart Card 的简写，主要用来作加密磁卡，其中 ROM、RAM、EEPROM 用来存放解码、密码保护程序。除 SC01 是以 HMOS CPU 作核心外，都以 HCMOS CPU 作核心。存储器容量和 I/O 数目，可见附录 1。HCMOS 均有上电检测，SC01、SC11 温度范围是 -30~70℃，其余都为 -30~85℃，除 SC27 内部工作频率为 4MHz 外，都为 2.5 MHz。都为 16-P、20-DW 封装。其它特性和主要用途可见表 1-1。

表 1-1 SC 系列主要特性及用途表

| 型 号  | 主 要 特 性                          | 尺寸(mil)   | 主 要 用 途        |
|------|----------------------------------|-----------|----------------|
| SC01 | 1.6K EPROM 廉价                    | 216×139   | 信用卡、磁卡电话、车票等   |
| SC11 | 8K EPROM 有低压、低频、外部可屏蔽中断          | 217×138   | 电子护照、驾驶执照、通讯等卡 |
| SC21 | 3K EEPROM 同 SC11                 | 222×139   | GSM 电话、信用、健康等卡 |
| SC24 | 1K EEPROM 同 SC11                 | 163×135.5 | 银行等卡           |
| SC27 | 3K EEPROM 除具有上述中断，还有高压高频中断和 WDOG | 188×169   | GSM、多种用途卡等     |
| SC28 | 8K EEPROM 同 SC27                 | 197×218.6 | GSM、多种用途卡等     |

(13) L 系列。都可驱动 LCD，都无 EEPROM，除 L1 具有 6 路 8 位 A/D 外，都无 A/D，存储器、定时器、串行口、I/O、总线速度可见附录 1，其它主要特性及用途可见表 1-2：

表 1-2 L 系列主要特性及用途表

| 型 号   | MCU 名 称             | LCD 驱动器内容                       | 主 要 用 途                     |
|-------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| L1    | 廉价、通用、带 LCD 显示的 MCU | 3×12, 3×16, 4×12, 4×16 段 LCD 驱动 | 高级空调器、温度控制等                 |
| L7、L9 | 字母-数字 BB 机          | 8/16×60 段 LCD 驱动                | 英文 BB 机、翻译机、游戏机             |
| L10   | 中文 BB 机             | 32/41 后板 LCD 驱动、外扩 1~4 后板驱动器    | 中文 BB 机、电子记事本、游戏机           |
| L11   | 大型 LCD 显示器驱动的 MCU   | 32~256LCD 驱动、外接后板驱动器(最大 640 段)  | 高性能记事本、高性能中文 BB 机、高性能手持游戏机等 |

(14) MC68HC705H2。带有共用外部参考基准的 4 组电压比较器，4 组带开关的功率输出驱动器，2 组可编程 PWM（可到 32kHz）。

(15) XC68HC05CC1。闭路图文 TV 的 MCU。带 OSD，8 路 6 位 D/A，1 路 5 位 A/D，内部带同步分离器的 NTSC 闭路图文数据限幅器。可用于闭路图文电视、盒式录相机、激光唱机、卫星 BS 调谐器和带闭路图文特性的电视调谐器等。