

单片机 与 系统设计

DANPIAN
WEIJI
YUXITONG
SHEJI

吕京建 韩长风 编著

能源出版社

单 片 微 机 与 系 统 设 计

吕京建 编 著
韩长风

能 源 出 版 社

内 容 简 介

本书系统地介绍了单片微机的结构原理、指令系统、接口技术及系统扩展方法,讨论了应用设计问题和微控制系统设计原理。全书共七章内容,书后的附录给出了详细的应用设计资料。

本书可供从事无线电技术、通信、智能仪器及微计算机应用方面的工程技术人员使用,也可作大专院校的参考教材。

单片微机与系统设计

吕京建 韩长凤 编著

能源出版社出版 新华书店总店科技发行所发行

天津铁三院印刷厂印制

787×1092 1/16 开本 15.5 印张 385 千字

1987年5月第一版 1989年5月第二次印刷

印数: 10,000—20,000 册

统一书号: ISBN7-80018-002-6 定价: 6.20 元
15277·83

88888

前

言

近年来,系统设计经历了根本性的变化。随着集成电路和微处理机的发展,过去用模拟系统来执行的太多功能,现在都可能数字式地实时地完成。剖析八十年代的电子产品,我们可以看出,在对系统设计产生影响方面,单片微机的应用表现得越来越突出。

单片微机 (Single-Chip Microcomputer), 又简称单片机, 是在一块硅片上集成了 CPU、RAM、ROM (EPROM)、定时器/计数器和多种 I/O 口 (如并行、串行 I/O 口及 A/D 变换器等) 的一个完整的数字处理系统。对于电子工程师来说, 单片机是一种有智能化特点的微控制器件。它的广泛应用, 意味着以硬件 (数字、模拟电路) 设计为主的方法将被从系统角度出发, 以软件设计为主的新的设计方法取代。

单片微机在工业控制、智能仪器、节能技术改造和通讯产品中应用得都相当广泛。尤其值得注意的是, 廉价的 MCS-48 系列单片机在民用电气产品中的应用, 使微电脑进入了千家万户, 与人们的日常生活密切相关。对于今天的电子技术人员来说, 了解单片机, 掌握微控制系统的设计原理是非常必要的。

本书包括七章内容。第一章是绪论, 我们首先提出了微控制技术的一般概念。在对单片微机的发展及应用进行了比较全面的概述之后, 用了三章的篇幅对 MCS-48 系列单片机的硬件结构、指令系统及基本系统的扩展原理进行了系统而全面的介绍。在此基础上研究了 MCS-51 的特点。第五章从数字和模拟电路两个方面介绍了单片机的接口设计技术。同时为下一章作了必要的知识准备。第六章是单片机化应用设计, 在这一章中比较系统地介绍了单片机 A/D、D/A 通道设计, 单片机键盘、显示系统设计以及单片机在数字处理、机床控制、智能仪器及串行通讯方面的应用, 并介绍了 MCS-51 程序设计应用。

第七章是本书的重点内容。通过单片机在通讯系统中的应用阐述微控制系统的设计原理。内容包括程控锁相频率合成技术、无线电程控调谐系统、电路系统控制及单片机在移动通信方面的应用。

在编写中突出了本书的实用价值, 对一些新技术、新概念及其原理的介绍结合在实例中。在叙述上, 我们力求文字精炼简洁。

清华大学计算机系王秀玲副研究员审阅了本书的初稿, 给予了充分的肯定, 并指出: “该书的出版必将推动单片微机在国内的推广与应用”。《信息产业报》主编徐祖哲对本书稿提出了许多宝贵意见, 北京信息产业协会为本书的出版做了大量的工作。

本书的编写得益于在北京市广播技术研究所和北京邮电学院科研所从事科研工作的积累。在编写过程中, 我们还得到了高素贤、关威、韩长青、张克明、郑国生、吴玉、郭涛、李耕等同志的帮助, 在此一并表示感谢。

由于时间仓促, 特别是笔者水平有限, 书中的错误和疏漏之处, 恳请读者批评指正。

编著者

一九八五年四月

目 录

第一章 绪论

1.0 概述	(1)
1.1 MCS-48 系统概述	(2)
1.2 MCS-48 的特点与扩展性	(3)
1.3 MCS-51 系统介绍	(4)
1.4 MCS-96 系统简介	(5)
1.5 单片微机的应用	(5)
1.6 本章小结	(7)

第二章 MCS-48 单片机结构及工作原理

2.0 引言	(8)
2.1 单片微机的内部结构	(8)
2.2 运算控制系统	(8)
2.3 单片微机的存贮器	(10)
2.3-1 程序存贮器(ROM)	(10)
2.3-2 数据存贮器(RAM)	(11)
2.4 单片微机的 I/O 接口	(13)
2.4-1 接口 1 和接口 2(P1,P2)	(13)
2.4-2 总线接口(BUS)	(15)
2.4-3 测试口和中断输入口(T_0 , T_1 , INT)	(15)
2.5 单片机的寻址及工作状态	(15)
2.5-1 程序计数器(PC)和堆栈	(15)
2.5-2 程序状态字(PSW)	(16)
2.6 控制逻辑	(17)
2.6-1 条件转移逻辑	(17)
2.6-2 程序中断	(17)
2.6-3 中断逻辑	(18)
2.7 单片机的定时器 / 计数器	(19)
2.7-1 定时器 / 计数器的功能	(19)
2.7-2 定时器 / 计数器应用	(20)
2.8 单片机的时钟系统	(21)
2.8-1 时钟电路构成	(21)
2.8-2 单片机的时序	(22)
2.8-3 复位(RESET)	(22)
2.9 对单片机的开发与调试手段	(25)

2.9-1 单步操作 $\overline{SS}$	(25)
2.9-2 编程和 EPROM 擦抹	(26)
2.9-3 在片程序的读出	(27)
2.10 几种特殊工作方式	(28)
2.10-1 掉电方式	(28)
2.10-2 外部访问方式	(29)
2.10-3 同步方式	(29)
2.10-4 空闲方式	(29)
2.11 单片机的引脚信号	(30)

第三章 MCS-48 指令系统

3.0 引言	(31)
3.1 数据传送	(31)
3.1-1 累加器操作	(32)
3.1-2 寄存器操作	(32)
3.1-3 标志	(32)
3.1-4 转移指令	(32)
3.1-5 子程序指令	(33)
3.1-6 定时器指令	(33)
3.1-7 控制指令	(33)
3.1-8 输入/输出指令	(34)
3.2 指令系统说明	(34)
3.3 MCS-48 指令系统详解	(36)
3.4 MCS-48 程序设计初步	(63)
3.4-1 程序设计初步	(63)
3.4-2 程序分析	(70)
3.4-3 单片机程序优化设计的原则	(78)

第四章 单片微机的扩展与 MCS-51

4.0 引言	(80)
4.1 MCS-48 单片机的特点	(80)
4.1-1 MCS-48 基本系统	(80)
4.1-2 MCS-48 基本系统的扩展	(81)
4.2 MCS-48 程序存贮器的扩展	(81)
4.2-1 程序存贮器的特点	(81)
4.2-2 程序存贮器的扩展	(83)
4.3 MCS-48 数据存贮器的扩展	(84)
4.3-1 数据存贮器的特点	(84)
4.3-2 用静态 RAM 对 MCS-48 的扩展	(85)
4.4 MCS-48 的 I/O 接口扩展	(85)
4.4-1 I/O 口的特点	(85)

4.4-2 I/O口的扩展	(87)
4.5 MCS-48 硬件设计实例	(88)
4.5-1 单片式系统与时钟设计	(88)
4.5-2 多中断源系统设计	(89)
4.5-3 综合扩展实例	(89)
4.6 MCS-51 单片微机的特点	(93)
4.6-1 MCS-48 与 MCS-51 的对比	(93)
4.6-2 MCS-51 的外特性及结构特点	(93)
4.7 MCS-51 的 MPU	(96)
4.7-1 运算器	(96)
4.7-2 控制器	(97)
4.7-3 特殊功能寄存器(SFR)	(98)
4.8 MCS-51 存贮器的组织结构	(98)
4.8-1 存贮器特点	(98)
4.8-2 存贮器的复用性	(99)
4.9 MCS-51 的 I/O 通道特性	(99)
4.9-1 I/O 口的一般功能	(99)
4.9-2 I/O 口的复用特点	(100)
4.9-3 对 I/O 口的操作	(100)
4.10 MCS-51 的定时器/计数器(CTC)	(101)
4.10-1 对 CTC 的控制	(101)
4.10-2 CTC 的工作模式	(102)
4.11 MCS-51 的中断系统	(103)
4.11-1 MCS-51 的中断控制	(103)
4.11-2 中断优先级	(103)
4.11-3 中断的响应过程	(104)
4.12 MCS-51 的串行口(SIO)	(104)
4.12-1 串行口控制	(104)
4.12-2 串行口的工作模式	(105)
4.13 MCS-51 指令系统特点	(105)
4.13-1 SFR 及寻址方式小结	(105)
4.13-2 MCS-51 指令系统特点	(110)
4.13-3 MCS-51 指令分类表	(111)

第五章 单片微机的接口设计及功能扩展

5.0 引言	(116)
5.1 8155 与单片机的接口设计	(117)
5.1-1 8155 结构	(117)
5.1-2 命令/状态寄存器	(117)
5.1-3 输入/输出操作	(118)
5.1-4 8155 定时器	(118)

5.1-5 接口设计	(119)
5.2 8243 芯片介绍及接口设计	(120)
5.2-1 8243 的结构	(120)
5.2-2 8243 的指令与时序	(121)
5.2-3 驱动程序示例	(122)
5.3 8255 与单片机的接口设计	(122)
5.3-1 8255A 的结构	(122)
5.3-2 方式选择	(123)
5.3-3 接口设计	(124)
5.4 几种接口芯片简单介绍	(127)
5.4-1 8279 与 8755	(127)
5.4-2 与单片机接口的 A/D、D/A 变换器	(128)
5.5 集成锁相环	(129)
5.5-1 锁相环 NE564 介绍	(129)
5.5-2 可编程(PLL)锁相环	(129)
5.6 集成模拟开关应用	(131)
5.6-1 MT8804 模拟开关矩阵介绍	(132)
5.6-2 模拟开关在信号处理方面的应用	(134)

第六章 单片机化应用设计

6.0 单片微机与开发系统	(138)
6.0-1 什么是单片机开发系统	(138)
6.0-2 单片机开发系统的分类	(138)
6.0-3 开发系统的功能介绍	(138)
6.1 单片机 A/D、D/A 通道设计	(140)
6.1-1 A/D、D/A 通道与单片机的接口方式	(140)
6.1-2 A/D、D/A 通道的设计原则	(141)
6.1-3 系统设计举例	(142)
6.2 单片机数据采集打印机系统	(145)
6.2-1 系统功能	(145)
6.2-2 系统的硬件构成	(145)
6.2-3 系统的软件流程	(145)
6.3 巡回检测报警系统	(147)
6.4 单片机与函数发生器	(148)
6.4-1 正弦函数的合成原理	(148)
6.4-2 8748 单片机化函数发生器	(150)
6.5 单片机控制的珩磨床	(150)
6.5-1 工作原理	(150)
6.5-2 机电指标	(150)
6.5-3 系统设计	(151)
6.5-4 系统软件	(151)

6.6	单片机键盘/显示系统设计	(152)
6.6-1	硬件设计	(152)
6.6-2	软件设计实例	(154)
6.7	单片机串行通信应用	(160)
6.7-1	MCS-48 单片机的串行通讯	(160)
6.7-2	MCS-51 系列单片机的串行通讯	(161)
6.7-3	FSK 调制解调	(161)
6.7-4	应用实例	(161)
6.8	MCS-51 程序设计应用	(164)
6.8-1	运算处理类程序	(164)
6.8-2	信息管理类程序	(168)
6.8-3	操作控制类程序	(172)
第七章 微控制系统设计原理		
7.0	专用微控制器的设计过程	(176)
7.1	程控锁相频率合成技术	(178)
7.1-1	数字锁相环频率合成器基础	(178)
7.1-2	构成数字锁相合成器的几种方式	(179)
7.1-3	锁相频率合成器的应用	(182)
7.2	无线电通信机控制系统剖析	(182)
7.2-1	TR-3500 系统简单介绍	(183)
7.2-2	系统组成及原理	(183)
7.2-3	微控制系统剖析	(184)
7.2-4	控制流程综合	(186)
7.3	移动通信与单片机应用	(188)
7.3-1	移动电话系统控制	(188)
7.3-2	无线电话中的合成器	(190)
7.3-3	单片机与信令传输	(191)
7.4	单片机在电视技术中的应用	(193)
7.4-1	自动调谐系统	(193)
7.4-2	遥控系统	(194)
7.4-3	遥控系统应用设计	(197)
7.4-4	整机功能	(199)
附录 单片微机应用设计手册		(200)
附录一 MCS-48 单片机管脚功能分类说明		(201)
附录二 MCS-48 指令摘要及索引		(203)
附录三 单片机应用设计资料		(205)
附录四 CHMOS 单片微机原文数据资料		(213)
参考文献		(213)

第一章 绪 论

1.0 概述

1.0-1 微控制技术概念

近年来, LSI (大规模集成电路) 技术获得了惊人的发展。目前在单个硅片上已可集成 10 万个以上的晶体管。随着高速数字电路及 A/D 变换器指标的提高和成本的下降, 在视频 (6MHz) 范围内进行全数字信号处理已进入实用阶段。最令人高兴的是, 在 LSI 技术的支持下, 单芯片微计算机得到了迅速的发展。

单片机从形式上看是半导体工艺技术的结晶, 但它的出现使电子产品智能化水平大幅度提高, 使计算机的应用达到了前所未有的普遍程度。尤其值得注意的是, 单片机在无线电技术、通信系统、频率合成及信号处理方面的应用已表明计算机应用技术已深入到一个新的层次。单片机也叫微控制器 (Micro-Controller), 由于它控制功能强、体积小、成本低、功耗少等一系列特点, 应用颇为广泛。需要特别指出的是, 随着数字技术的发展及微控制器在电子系统中的广泛应用, 在很大程度上改变了传统的设计方法。以往采用模拟电路、脉冲电路组合逻辑实现的电路系统, 大部分功能单元都可以用微控制系统的设计方法来取代, 也就是说通过对单片机硬件功能的扩展及专用程序的开发, 可实现系统提出的要求。这种用模拟技术、数字技术的综合设计系统, 用软件取代硬件实现和提高系统性能的新的设计思想体系, 我们称之为微控制技术。

微控制技术是实用性很强的应用技术, 其最基本的研究对象是微控制器 (单片机)。关于微控制技术的一般概念, 我们可从以下几方面来理解:

(1) 单片微机是一个完整的数字处理系统。由于它硬件集成度高、成本低、控制功能强, 作为一个智能化器件将得到普遍使用。

(2) 单片机应用于电子电路系统之中, 意味着许多电路设计问题将转化为程序设计问题。

(3) 在微控制系统的设计中, 系统设计和软件设计起着关键的作用。

1.0-2 单片微机的发展概况

单片微机分为通用型单片机和专用型单片机两大类, 我们通常所说的单片机即指通用型单片机。

通用型单片机是把可开发资源 (如 ROM、I/O 口等) 全部提供给应用者的微控制器, 如各种系列型单片机。

专用型单片机也叫专用微控制器, 它是微控制系统的集成化产品, 例如, 频率合成调谐器、录音机芯控制器、打印机控制器等。

八十年代以来, 单片机的发展非常迅速, 就通用单片机而言, 目前世界上一些著名的半导体器件厂家已投放市场的产品就有五十个系列, 三百多个品种。从基本操作处理的数据位数来看, 有一位单片机、四位单片机 (μ PD7502, NEC)、八位单片机 (MCS-48、

MCS-51 系列)、十六位单片机 (MCS-96) 及三十二位单片机 (IMST414)。

各种系列的单片机由于其内部的功能单元组成及指令系统不尽相同,因而表现出了不同的特点,如有些单片机有很强的 I/O 驱动能力,可直接驱动 LED 数码管;有些单片机在片内 ROM 中“掩膜”了 BASIC 解释程序,因而可以理解高级语言(如 8052AH-BASIC, Z8671 等型号单片机)。据最新资料报道,英国 Inmos 公司的低档高速 16 位单片机 IMST212,其指令操作速度已达到 10MIPS (每秒 1 千万条指令),这是目前处理速度最高的单片机。而该公司 1986 年推出的 32 位单片机 IMST414 则是目前并行处理数据位数最高的单片机,据悉,浮点公司利用这种单片机作为协处理器,正在设计制造超高速计算机系统。

单片机的品种日益增多,但就众多的普及型单片机而言,以 Intel 公司的 MCS 系列单片机最为著名。尤其是 MCS-48 系列单片机,由于其控制功能强、系列齐全、成本低廉,因而应用最为广泛。MCS-48 也是目前世界上销量最多的一种微型计算机。

下面我们就 Intel 公司的 MCS 系列单片机作一般的介绍。

1.1 MCS-48 系统概述

MCS-48 是 Intel 公司 1976 年发表的系列化单片式 8 位微计算机及其外围芯片的总称。最初典型的产品叫 Intel8048。8048 在一个 40 脚封装的芯片上,集成了如下功能:

8 位 CPU、1K×8ROM、64×8RAM、8 位 CTC 及 27 条 I/O 线,高效而精练的 96 条汇编语言指令构成了 8048 的指令系统。

除 8048 外,Intel 公司随后又发表了十几种型号的单片机。它们的区别仅在于:(1) 制造工艺不同,有 HMOS、CMOS 两种;(2) 程序存贮器的版本不同,有外接 ROM、内部 ROM 及 EPROM 三种版本;(3) 存贮器容量不同。除此之外,它们的管脚定义、封装形式及指令系统是完全兼容的。这些单片机统称为 MCS-48 系列单片机,见表 1.1-1。

表 1.1-1 MCS-48 系列单片机

型 号	ROM	RAM	CTC	I/O 口	制造工艺
8035	无	64×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS CHMOS
8039	无	128×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS CHMOS
8040	无	256×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS
8048	1K×8	64×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS CHMOS
8049	2K×8	128×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS CHMOS
8050	4K×8	256×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS
8748	1K×8 EPROM	64×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS
8749	2K×8 EPROM	128×8	1 个(8bit)	27 个	HMOS

8048/8049/8050 的成本低廉,但由于往内部程序存贮器 ROM 中写程序要用掩膜工艺制造,这就使产品的设计非常困难,并需要很高的开发成本,这对单片机的推广应用不利。因此 Intel 公司又制造了 EPROM 版本的单片微机,称之 8748/8749。8748 和 8048 (8749 与 8049 亦然) 的性能与封装是完全一样的,只是 8748 的内部程序存贮器是用户可编程和可擦抹的 EPROM,它取代了 8048 的“掩膜”ROM。

8748 / 8749 可以看成是一个基本的单片微机实验器, 在开发和试生产过程中, 可对 EPROM 中的程序一次次地修改, 以至小批量生产, 待产品设计定型后可用廉价的 8048、8049 通过掩膜工艺进行大规模生产。8748 / 8749 的出现既方便了设计开发, 又使从开发到生产的转变非常容易。

8035 / 8039 / 8040 是无内部 ROM 的非常廉价的单片微机, 无论用户需要多大程序存储器, 通过外接 EPROM 可组成非常灵活的最经济的系统。

MCS-48 系列单片机除了表 1.1 所列出的诸种类型外, 目前还有四种 CHMOS 单片机, 它们是 80C35 / 80C48, 80C39 / 80C49。

1.2 MCS-48 的特点与扩展性

1.2-1 功能特点

- 8 位 CPU
- 单+5V 供电
- 片内有一个 8 位定时器 / 计数器
- 有 27 个 I / O 口
- 片内有时钟电路
- 指令周期为 $1.36\mu\text{s}$ (11MHz 时钟)
- 基本指令 96 条
 - 单字节指令 68 条, 占 70%
 - 双字节指令 28 条
- 具有单步功能
- 有 8 级堆栈, 有两个工作寄存器区
- 可使用 RC、LC、晶体或外部频率源
- 有时钟输出 (ALE, To)
- 有掉电维持 RAM 方式
- 功耗低, 集成度高
- 内部 ROM、RAM 及 I / O 口可扩展
- 与 MCS-80 / 85 的硬件兼容
- 性能价格比高。

在软件方面 MCS-48 微机的指令系统也有其特点, 它允许用户直接置位和复位 I / O 口的任一位, 也能测试累加器的任一位。其指令系统中有大量的转移、查表指令, 这样使得单片微机能有效地实现标准的逻辑功能。指令编码也很有效, 70% 的指令为单字节, 其它也仅为双字节指令。通常在其它计算机上需 1.5K 到 2K 字节的程序可装入 MCS-48 系统的 1KBROM 中。

1.2-2 单片微机的功能扩展性

把 8 位 CPU、ROM、RAM、CTC 集成在一个芯片上并提供若干 I / O 口的单片微机, 已是一个完整的数字处理系统。但是为了适用于设计各种电子系统的具体要求, 我们还可以用外围接口芯片从外部扩充单片微机的功能。例如, 用 8243 来扩展单片机的 I / O 口。8243 是一个 24 脚的 I / O 扩展器件, 它提供了 16 条 I / O 线, 对于需要大量 I / O 口

的系统可使用多片 8243。

程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM，可用与 TTL 电平相兼容的芯片来扩充。

有些芯片（如 8755、8155）除了可直接扩充单片微机的 ROM 与 RAM 外，同时还提供了可编程 I/O 口及定时功能。

例如，由 8049、8155、8755 组成的硬件功能如下：8 位 CPU 及 CTC、ROM $4K \times 8$ 、RAM 384×8 、I/O 1153 个。

对于键盘、显示、串行通信、A/D 变换等应用场合可使用标准的 MCS-80/85 外围电路器件来扩展功能。

1.3 MCS-51 系统介绍

MCS-48 系统的设计是成功的，但随着微电子技术的飞速发展，人们对微控制器的要求越来越高。1980 年 Intel 公司又推出了 8051，它比 8048 的性能强得多。8051 的出现使单片机的应用发生了飞跃，8051 很快成为世界上第二代标准的微控制器。

目前，以 8051 为代表的 MCS-51 系列单片机，已发表了如下 7 种产品，见表 1.3-1。

表 1.3-1 MCS-51 系列器件

器 件	制 造 技 术	片上程序存储器	片上数据存储器
8051AH	HMOS II	4K-ROM	128 字节
8031AH	HMOS II	无	128 字节
8751H	HMOS I	4K-EPROM	128 字节
80C51	CHMOS	4K-ROM	128 字节
80C31	CHMOS	无	128 字节
8052	HMOS II	8K-ROM	256 字节
8032	HMOS II	无	256 字节

MCS-51 的主要特性是：

- 单+5V 供电，40 脚封装
- 8 位 CPU
- 片上有振荡器电路和时钟电路
- 32 条 I/O 线
- 64K 外部数据存储器地址空间
- 64K 外部程序存储器地址空间
- 两个 16 位定时器 / 计数器（8032 / 8052 上为三个）
- 5 个中断源（8032 / 8052 有 6 个中断源），两级优先权的中断结构
- 具有可编程全双工串行通道
- 有 4 种串行通信工作模式
- 有布尔处理器
- 128 个用户位可寻址单元

在 MCS-51 系列的单片机中，8032 / 8052 的性能最高。8032 可看成是带有 ROM 和

I/O定向控制的CPU(外接ROM版本), 8052是带有 $8K \times 8\text{bit}$ 掩码ROM的8032。

具体地说, 8032中包括 $256 \times 8\text{bit}$ 的RAM、4个8位口(32条I/O线)、3个16位定时器/计数器、6个中断源、1个可编程的串行I/O口及内部时钟电路。

MCS-51的串行口有较强的功能, 有4种可编程工作方式, 可进行同步、异步、全双工或单工方式串行通信, 同步传送的最高波特率为1Mbps。MCS-51单片机在控制和计算类型的应用中也都是很有用的, 其指令系统包含44%的单字节指令, 41%的双字节及15%的三字节指令。

在12MHz时钟的操作下, 有50%以上的指令周期为 $1\mu\text{s}$, 而最长的乘法、除法指令仅需 $4\mu\text{s}$ 。

如果在系统应用中需要8K以上的存贮器, 可使用与标准的TTL兼容的存贮器以及大多数按字节操作的MCS-80和MCS-85外围芯片来扩展MCS-51的存贮器及I/O能力。

由于MCS-51设置了串行I/O口, 因此, 与键盘、CRT(显示器)接口非常方便。在智能仪器、无线电通讯及汽车发动机控制方面, MCS-51显示出很强的能力。

1.4 MCS-96系统简介

单片机的发展是极为迅速的。自从1976年Intel研制出第一片8048以来, 大约每过3年就出现一代新的单片微机。1983年Intel又研制出具有16位CPU、8KB存贮器及模拟和数字I/O口的高性能的单片机, 即MCS-96系列。

目前, 发表的MCS-96系列的产品共有以下8种: 8096/8396、8097/8397(68脚)、8094/8394、8095/8395(48脚)。

MCS-96的主要性能

功 能	特 点
16位CPU	高吞吐量的高效处理机
8KB ROM	大的程序空间, 适于更复杂、更大的程序
232字节RAM	单片机上有一个相当大的寄存器堆栈
硬件MUL/DIV	较好的数学运算能力: 16×16 位乘、 $32:16$ 位除仅需 $6.5\mu\text{s}$
6种寻址方式	更灵活的编程和数据管理
高速I/O	可以测量和产生高分辨的脉冲($2\mu\text{s}$)
4个级联的I/O线	
4个可编程I/O线	
10位A/D转换器	可读入外部模拟输入量
全双工串行口	给其它处理机或系统提供异步串行接口
40条I/O线	TTL兼容的数字数据I/O, 可与8位、16位的标准外设相接
可编程8级中断系统	响应异步事件
脉冲可调的输出	可变占空比的可编程脉冲串, 也可产生模拟输出
监控定时器	恢复软件故障或硬件上的设置
48引脚或68引脚	多种封装形式

1.5 单片微机的应用

MCS-48、MCS-51及MCS-96系列单片机从功能上看可以认为是三代单片微机, 但

这并不意味着后者将要取代和淘汰前者，根据系统的要求及价格，它们在教育方面各有最佳的适用范围。

下面简要说明单片机的一些应用情况。

1.5-1 单片机应用分类

工业:

马达控制、自动装置、分离和连续的过程控制、数字控制、智能化传感器、节能装置。

仪器仪表:

医疗仪器、液体和气体色谱分析仪、示波器、频谱仪、函数发生器、频率综合器等。

消费品:

收音机、彩色电视机、录像机、家用电器、激光盘驱动器。

汽车:

点火控制、传送控制、防滑闸、闭缸节油控制。

数据处理:

绘图仪、打印机、磁带驱动器、磁盘驱动器、彩色和黑白拷贝机、键盘系统。

通讯:

高速调制解调器、移动通讯、锁相频率合成器、伪随机码发生器、程控交换技术、智能电话。

信号处理:

语音合成、数字滤波、自适应系统。

空间技术与导航:

火箭控制、空间导航系统、鱼雷导航控制。

从已经实现的这些单片机的应用中，我们看到，从家用电器等民用产品到火箭导航控制等尖端技术领域，单片机都起着重要的作用。正如一些专家指出的那样，“单片微电脑的应用显示了八十年代微电子装置的技术水平”。

1.5-2 单片机结构工艺

近十年来，单片机在制造工艺上有所发展，性能指标不断提高，总结起来有如下一些特征:

(1) 向高性能系列发展，如从 MCS-48 到 MCS-96。

(2) 每种系列的品种不断完善，目前 MCS-48 系列产品最为丰富、齐全。

(3) 在制造技术方面采用新工艺，如 HMOS II, CHMOS 等。指标不断提高，成本逐渐降低。

目前，单片机硬件水平可用下面一些指标扼要说明（以 MCS-48 为例）:

(1) 典型功耗: HMOS $P_w = 500\text{m}\overline{\text{W}}$ ($100\text{mA} \times 5\text{V}$)

CHMOS $P_w = 60\text{m}\overline{\text{W}}$ ($12\text{mA} \times 5\text{V}$)

CHMOS 单片机的最低功耗为 $2.5\text{mA} \times 4\text{V} = 10\text{m}\overline{\text{W}}$ (1MHz 时钟)。另外，CHMOS 单片机增加了一条待机指令 IDLE，在执行 IDLE 后功耗可下降 50%。

(2) 时钟频率: 外接晶体时钟为 1—11MHz，单周期指令最高速度 $1.35\mu\text{s}$ 。

(3) 工作温度: 民品 $T_A = 0-70^\circ\text{C}$ 如 P8048AH、D8048AH 等*

* P —— 塑料封装; D —— 陶瓷封装

工业级品 $T_A = -40 \sim +85^\circ\text{C}$ 如 TP8048AH、TD8048AH 等

(4) 封装结构: 单片机的封装分为双列直插式封装和矩形扁平封装两大类。

1) 双列直插式封装: MCS-48、MCS-51 为 40 脚, 外型同 Z80CPU 一样大。

2) 矩形扁平封装: 采用这种封装的单片机外形体积最小, 相当于两枚一分硬币叠在一起的大小, 如 8749 用这种结构封装, 外形尺寸为 $16.7 \times 16.7 \times 3.8\text{mm}$ 。

此外, 由于单片机的全部硬件集成于单一硅片上, 因此, 如果采用薄膜集成电路工艺进行二次混合集成, 就可构成功能更强的专用的微系统, 即专用微控制器。

1.5-3 性能价格比

电子工程师除了注意技术的先进性外, 对经济性也颇为重视, 因此, 在微控制系统的设计中, 性能价格比就显得较为重要。表 1.5-1 反映了几种系列单片机的性能价格比。

表 1.5-1 单片机性能价格比较表

发表年代	型 号	系 列 性	功 能 特 点	应用范围	参 考 价 (美元)
1976 年	MCS-48	最齐全	见 1-2 节	最广泛	1.5—30
1980 年	MCS-51	较齐全	见 1-3 节	较广泛	3—100
1983 年	MCS-96	不够齐全	见 1-4 节	复杂技术	约 100
1986 年	IMST212	—	16 位 CPU 高运算速度 10MIPS	高技术	400
1986 年	IMST414	—	32 位 CPU	高技术	—

表 1.5-1 的参考价是 1985 年国际市场报价。其中外接 ROM 版本的 8035、8039 最便宜, 约为 1.5 美元, 但实际应用时由于需加 EPROM (如 2716 一片及锁存器) 这样构成的基本系统约为 3 美元。MCS-48 中 8749 最贵, 约为 30 美元。

1.6 本章小结

本章首先提出了微控制技术的一般概念, 然后对 MCS 系列的单片机进行了比较全面的概述。微控制技术是实用性很强的技术, 它最基本的研究对象是各种微控制器, 即通用型单片机。

总结起来通用型单片机有如下一些基本特点:

(1) I/O 能力强, 不但可进行并行、串行数据传送, 而且有位操作功能, I/O 口有复用特点。有些单片机有高速数字 I/O 通道及模拟 I/O 通道。

(2) 功能扩展性强, 可从外部对 ROM、RAM 及 I/O 口进行扩充, 与大多数微机通用外围芯片相兼容。

(3) 系列齐全。有外接 ROM、掩膜 ROM、EPROM 三个版本, 便于从产品设计、小批量生产到大批量生产定型产品的转变。在同一系列中, 各单片机的管脚定义、指令系统相同。

第二章 MCS-48 单片微机结构及工作原理

2.0 引言

从本章开始的连续三章中,我们将系统地介绍 MCS-48 系列单片机的硬件组织结构、指令系统及其系统扩展原理。在此基础之上,我们进一步研究 MCS-51 单片机。本书选择 MCS-48 单片机作为基本模型,进而介绍微控制系统设计原理是基于如下一些考虑:

- (1) MCS-48 系列单片机包含了较多的单片机之共性特点,结构简单设计合理。
- (2) MCS-48 系列单片机 I/O 能力强,指令系统精练,应用广泛,价格低廉。
- (3) 从目前国内情况来看,选择 MCS-48 实现单片化系统应用较为现实。

2.1 单片微机的内部结构

通过前面的介绍,我们对 MCS-48 系列单片机已有了一个概括性的认识。下面,我们将详细介绍单片机的内部结构、各组成单元的功能及其相互之间的关系。图 2.1 是 MCS-48 单片机的内部结构框图。从图 2.1 中可以看到,单片机内部有一个 8 位的公共信息通道 (BUS),我们称之为内部总线。这个内部总线联接了单片机的运算控制系统 (CPU)、程序存贮器 (ROM)、数据存贮器 (RAM)、I/O 接口及其定时器/计数器 (CTC)。我们将分节介绍这些单元的功能及其特点。需要说明的是,单片机内许多功能的实现不能用分析硬件原理的办法解释,而只有通过学习它的指令系统来掌握。

2.2 运算控制系统

单片机的运算控制系统是基本的数据处理的核心,我们把它看作是单片机的 CPU,它包含如下几个模块:

运算器 (ALU)

累加器 (Acc)

进位标志 (CY、AC)

指令译码器

在典型的操作中,累加器中的数据在 ALU 中与内部总线上另一个数据合并 (数据来自寄存器或 I/O 口),结果存放在累加器或另一个寄存器中。下面介绍各个模块。

指令译码器

每一条指令的操作码 (OP Code) 存放在指令译码器中,并转换成控制运算系统中各功能单元的控制信号,这些控制信号控制数据的源寄存器和目的寄存器,也控制 ALU 的各种操作。

运算器 (ALU)

运算器在指令译码器的控制下接收一个或两个源来的 8 位数据,产生 8 位结果。ALU 能执行如下功能: