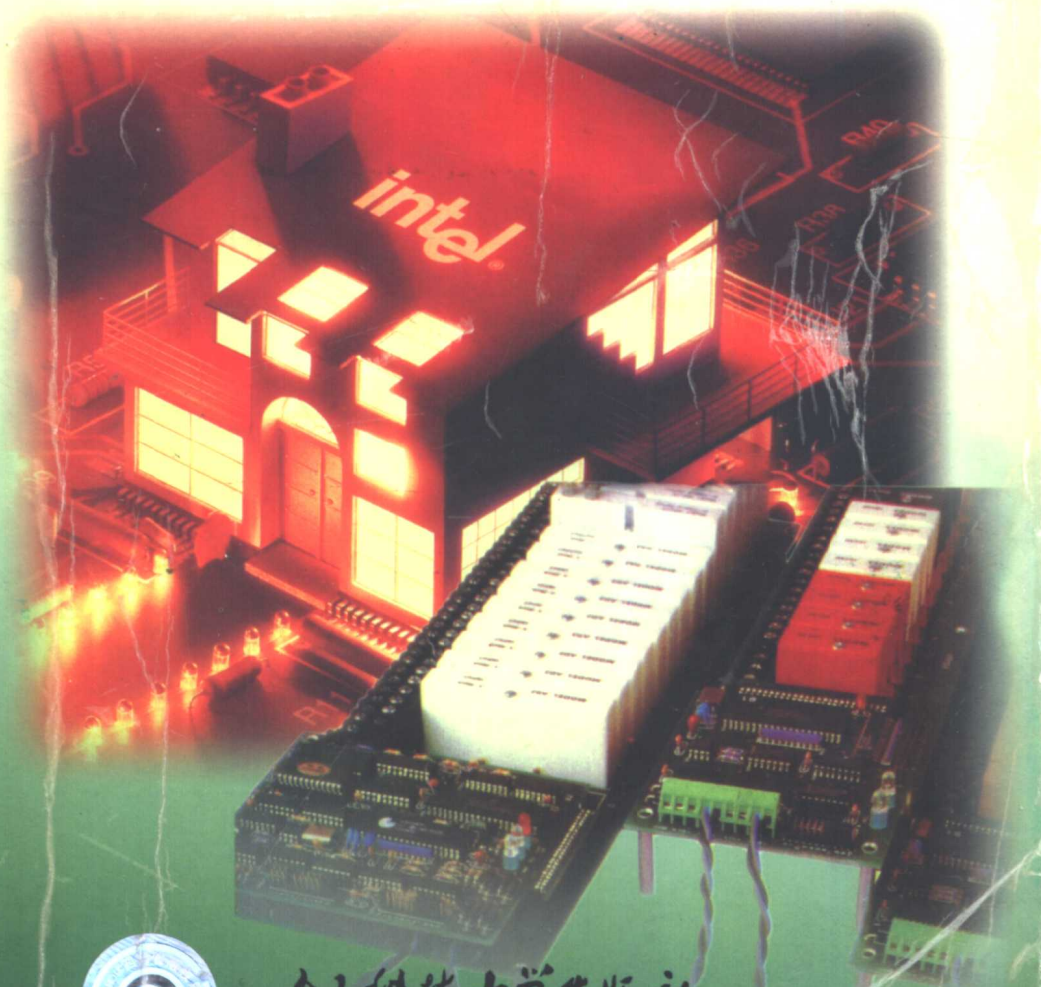


微控制器

原理及应用

张元莉 邓 彬 祝崇今



电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书以韩国三星 (Samsung) 电子公司四位微控制器——KS57C2408 和八位微控制器——KS88C0116 为基础, 系统、全面地阐述了它们的硬件结构、工作原理、指令系统、应用程序设计及其开发系统 SMDS2 的原理和使用方法。

考虑到本书的整体性、四位和八位微控制器的系统性, 以及开发系统的不同特点, 本书主要分为概论、上篇、中篇、下篇和附录五个部分。上、中、下三篇, 分别介绍了四位 KS57C2408 微控制器、八位 KS88C0116 微控制器、SMDS2 开发系统。各篇内容详尽, 通过大量举例说明应用程序的编程方法与设计思想, 书末附录提供了设计 KS 系列应用程序和开发实验必须的资料, 并简介世界知名厂商及产品类型。

本书可作为工科大学“单片微型计算机原理及应用”课程的教科书, 也可作为从事单片微型计算机开发应用的有关科技人员的参考书。

声 明

本书无四川省版权防盗标识, 不得销售; 版权所有, 违者必究, 举报有奖, 举报电话: (028) 6636481 6241146 3201496

微控制器原理及应用

张元莉 邓 彬 祝崇今

出 版: 电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号) 邮编: 610054

责任编辑: 舒 标 林 亮

发 行: 新华书店

印 刷: 成都市青羊福利东方彩印厂

开 本: 1/16 印张 23.25 字数 586.4 千字

版 次: 1998 年 2 月第一版

印 次: 1998 年 2 月第一次

书 号: ISBN 7-81043-911-1/TP·395

印 数: 1-3000 册

定 价: 25.00 元

前 言

计算机的应用领域日益扩大,特别是在工程和高科技领域中的需求量迅速增长,微处理器与微型计算机已成为人们不可或缺的工具。为了发挥其控制与处理的巨大潜能,基于近代超大规模集成工艺水平的提高,CPU 与外围的功能电路及其控制部件得以集成于一个芯片之中,制成具有控制与处理一体化的微控制器(MCU——Microcontroller),由于它体积更小、可靠更高、功耗更低、价格亦便宜,加之能方便地利用近年计算机领域丰硕的软、硬件成果来完成其开发过程,使得利用微控制器进行计算机应用系统的设计、组装、开发调试等变得十分容易。于是,开发利用微控制器形成热潮,反过来又促进各国微电子产品生产的发展。目前,各种类型的微控制器产品纷纷面世,应用亦更为广泛,人们给微控制器冠以“万能工具”的美称。为了迎接廿一世纪,各著名厂家或独立投资或联合投资,下大力气研究并推出了适应新世纪之需的微控制器产品。作为现代工程技术人才,学习微控制器,学会开发使用,掌握这一极有用的技术,无疑将帮助读者在日益激烈的竞争社会中立于不败之地。

《微控制器的原理与应用》作为选修课与必修课,曾多次向本、专科学生讲授,深受学生欢迎。早期是以 Intel 公司的 51 系列为例进行教学,由于该课程的技术性与应用性,实践是学好它的重要环节,在这个环节上条件的限制而成为师生们的遗憾之处。不过,MCU 飞速发展,近年来世界微控制器产品已上了一个台阶,韩国三星电子株式会社以“超前化”的思想,引进世界各国的先进技术,并与 NEC、Sharp、SGS-Thomson、Intel、东芝等公司进行技术合作,生产出先进的,多种功能的系列化微控制器产品,并于 1996 年初本着支持教学的目的,向我校赠送微控制器、实验室,并提供 KS 系列微控制器的全套设备,以此为基础,向本科生开出两轮该课程,着重加强了实践教学环节,学生反映受益匪浅。虽然当今 MCU 产品种类繁多,但纵观市场,所有先进的微控制器元件,其基本原理相同,基本结构类似,开发系统的原理与开发过程亦雷同,学好一种类型的微控制器,掌握其应用系统的设计、开发方法,对于任何其它 MCU 产品的开发使用将起到举一反三之功效。

本书以 Samsung 的 KS 系列微控制器为范例,详细阐述四位与八位 MCU 各一种产品,通过大量举例说明应用程序的编程方法与设计思想,同时还系统地介绍了 SMDS2 开发系统的原理与使用方法。为了拓展视野,书中用了一章的篇幅概述 MCU 的发展历程、现状、发展趋势与应用状况,书末附录提供了设计 KS 系列应用程序和开发实验必须的资料,并简介世界知名厂商及产品类型。

本教材的编写是基于读者已经学习了微型计算机原理、熟悉 PC 机的使用并能够进行汇编语言程序的编制;编写中,突出 MCU 的特点及独特的开发方法;我们的编写原则是:原理与应用相结合;硬件描述与软件编程相结合,课本内容与实验环节相结合;本书的内容以 1996 年我室编写的《微控制器原理与应用》教材作为依托,整理了教与学过

程中所积累的经验、教训，将其融会贯通于本书有关内容之中，Samsung 公司的建议亦大大丰富了本书的内容。

本书拟定的参考学时数为 80 学时，实验 40 学时，可以根据需要选讲一种 KS 芯片，则授课时数与上机实验均可适当减少。

作为教材，本书的编写工作是在电子科技大学教务处、实验管理处及电子工程学院电子技术系等各级领导的直接关怀、指导下，在 1603 教研室全体教师的参与下完成的，具体编写的组织工作由惠林同志主持，张元莉编写第一章，邓彬编写第二章、第三章、第五章、第六章，祝崇今编写第四章、第七章、第八章及第九章，并整理附录，张元莉统编全书，施隆海、朱俊峰等同学参与了有意义的工作。

Samsung 公司上海办事处崔铁先生、徐凤林先生及 Samsung 本部主管人士均给予了大力支持与帮助，全书的录入、编排工作得到电子工程学院文印中心全体同志的鼎力相助，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加之作者水平有限，难免存在许多缺点和错误，敬请读者及同仁们不吝指正。

编 者

1997 年 11 月

目 录

第一章 MCU 概 论

§ 1.1 微处理器与微控制器	(1)
一、微型计算机和微处理器	(1)
二、微控制器	(1)
三、MCU 的特点	(3)
§ 1.2 微控制器对人类社会的贡献	(4)
一、MCU 的应用领域	(4)
二、MCU 应用系统的分类	(5)
三、我国 MCU 应用技术的发展趋势	(6)
§ 1.3 微控制器的缤纷世界	(6)
一、MCU 的概况	(7)
二、MCU 的近期开发动向	(8)
§ 1.4 韩国三星 (SAMSUNG) 电子株式会社的 MCU 产品	(10)
一、三星电子公司简介	(10)
二、三星 MCU 的发展历程与展望	(10)
三、三星四位 MCU 系列产品简介	(14)
四、八位 MCU 系列产品简介	(17)
§ 1.5 三星 MCU 产品的开发使用途径	(19)
思考题与习题	(20)

上篇 四位微控制器原理及应用

第二章 四位微控制器

§ 2.1 基本性能与结构简介	(21)
一、基本特性	(21)
二、内部结构框图	(22)
三、引脚配置及其说明	(24)
§ 2.2 存储器配置	(27)
一、程序存储器 ROM (Program Memory)	(27)
二、数据存储器 RAM (Data Memory)	(28)
§ 2.3 寻址方式	(36)
一、指令的基本格式	(36)
二、存储器 BANK 的寻址	(36)
三、直接与间接寻址	(39)

四、存储器映像 I/O	(44)
§ 2.4 指令系统	(45)
一、符号简写说明	(46)
二、数据传送指令 (10 条)	(47)
三、算术运算指令 (6 条)	(53)
四、逻辑操作指令 (4 条)	(56)
五、程序控制指令 (9 条)	(57)
六、位操作指令 (9 条)	(62)
七、CPU 控制指令 (12 条)	(67)
八、简单程序设计举例	(72)
思考题与习题	(74)

第三章 四位微控制器的输入/输出技术

§ 3.1 I/O 口	(76)
一、I/O 口工作方式标志 (PM)	(76)
二、上拉电阻方式寄存器 (PUMOD)	(77)
三、P8 口的特殊用途	(77)
§ 3.2 中断系统	(77)
一、中断概念	(77)
二、中断源	(78)
三、中断请求与允许	(79)
四、中断优先级	(80)
五、外部中断 INT0 和 INT1	(81)
六、多中断	(83)
§ 3.3 定时器	(84)
一、基本定时器 (BT)	(84)
二、8 位定时/计数器 (TC0)	(89)
三、16 位定时/计数器 (TC1)	(96)
四、时钟定时器 (WT)	(100)
§ 3.4 串行 I/O 接口	(103)
一、串行通信的基本知识	(103)
二、串行接口	(105)
§ 3.5 A/D 转换	(109)
一、A/D 转换器 (ADC) 的结构	(109)
二、A/D 转换过程	(110)
三、A/D 转换器中的数字→模拟转换器 (DAC)	(111)
四、ADC 数据寄存器 (ADATA)	(111)
五、ADC 方式寄存器 (ADM0D)	(111)
六、ADC 控制寄存器 (AFLAG)	(112)
§ 3.6 LCD 控制与驱动	(113)

一、概述	(113)
二、LCD RAM 地址区间	(114)
三、LCD 方式寄存器 (LMOD)	(114)
四、LCD 控制寄存器 (LCON)	(116)
五、LCD 分压电阻	(117)
六、LCD 的 COM 信号和 SEG 信号	(117)
§ 3.7 振荡电路、低功耗方式和复位	(119)
一、振荡电路	(119)
二、低功耗方式	(125)
三、复位	(128)
思考题与习题	(129)

第四章 四位 MCU 应用程序的设计

§ 4.1 程序设计方法	(130)
一、程序结构和规则	(130)
二、程序初始化	(131)
§ 4.2 应用程序的设计	(131)
一、简单应用程序设计举例	(131)
二、定时器应用程序设计	(135)
三、LCD 显示应用程序设计	(142)
四、KS57C4004 MCU 在温度测试及显示系统中的应用	(152)
思考题与习题	(158)

中篇 八位微控制器原理及应用

第五章 八位微控制器

§ 5.1 基本特性与结构简介	(159)
一、基本特性	(159)
二、内部结构	(160)
三、引脚说明	(161)
§ 5.2 寻址空间	(163)
一、概述	(163)
二、程序存储器 (ROM)	(164)
三、寄存器结构 (内部 RAM)	(164)
四、外部数据存储器	(170)
五、系统和用户堆栈	(171)
§ 5.3 寻址方式	(172)
一、立即寻址 IM (Immediate)	(173)
二、直接寻址 DA (Direct Addressing)	(173)
三、间接寻址 IA (Indirect Addressing)	(173)

四、寄存器寻址 R (Register)	(174)
五、间接寄存器寻址 IR (Indirect Register)	(175)
六、变址寻址 X (Indexed)	(177)
七、相对寻址 RA (Relative Addressing)	(178)
§ 5.4 指令系统	(179)
一、简写符号说明	(179)
二、指令表说明	(181)
三、指令详解	(182)
四、简单的应用程序	(204)
思考题与习题	(205)

第六章 八位微控制器的输入/输出技术

§ 6.1 I/O 口	(207)
一、概念	(207)
二、P0~P6 口的方式控制	(207)
§ 6.2 中断结构	(214)
一、概述	(214)
二、控制中断的寄存器	(215)
§ 6.3 定时器	(220)
一、定时器模块 0 (T0)	(220)
二、定时器模块 1 (T1)	(224)
三、后备定时器	(235)
§ 6.4 串行端口 (UART)	(237)
一、概述	(237)
二、串行端口控制寄存器和中断登记寄存器	(237)
三、串行口操作方式	(240)
四、波特率的计算	(243)
五、多处理器配置的串行通信	(244)
§ 6.5 外设接口	(247)
一、概述	(247)
二、系统方式寄存器 (SYM) 和外部存储器定时器寄存器 (EMT)	(248)
三、外部接口的设置	(249)
四、设置外部程序存储器和数据存储器	(249)
五、外部系统堆栈操作	(249)
六、外部总线操作	(250)
§ 6.6 时钟电路和复位	(254)
一、时钟电路	(254)
二、复位 (RESET)	(254)
§ 6.7 低功耗方式	(255)
一、IDLE 方式	(255)

二、STOP 方式	(255)
思考题与习题	(255)

第七章 八位 MCU 应用程序设计

§ 7.1 简单应用程序设计举例	(257)
一、十六进制数转换为 BCD 码	(257)
二、BCD 码转换为十六进制数	(259)
§ 7.2 定时器应用程序设计	(262)
一、程序算法的实现思想	(263)
二、变量说明	(263)
三、程序初始化	(263)
四、程序流程图	(264)
五、源程序清单	(265)
§ 7.3 键盘扫描应用程序设计	(266)
一、单键扫描及其采样原理	(266)
二、程序设计	(268)
§ 7.4 LED 显示应用程序设计	(272)
一、动态驱动显示方式的实现	(273)
二、程序设计	(274)
思考题与习题	(284)

下篇 SMDS2 开发系统

第八章 MDS 概况

§ 8.1 工作原理及其结构	(285)
§ 8.2 程序开发的工具及主要流程	(286)
一、软件方面	(286)
二、硬件方面	(286)
§ 8.3 SMDS2 ⁺ 开发系统简介	(286)
一、硬件系统结构和功能	(286)
二、软件系统结构和功能	(286)
思考题与习题	(287)

第九章 SMDS2 的使用环境

§ 9.1 系统安装及配置	(288)
一、硬件	(288)
二、软件	(290)
§ 9.2 SMDS2 系统软件应用介绍	(290)
一、主菜单与工程文件的创建	(290)
二、编辑器	(292)

三、汇编器	(292)
四、调试器	(293)
五、ROM 代码生成器	(304)
六、PROM 写入器	(304)
§ 9.3 应用程序的开发过程举例	(306)
一、集成开发环境文件 DEC_SUB.DEV 的生成	(307)
二、DEC_SUB.SRC 子程序的编辑	(307)
三、源程序的汇编和装入	(307)
四、DEC_SUB.SRC 子程序的调试	(308)
五、ROM 代码的生成	(310)
思考题与习题	(310)

附 录

附录一 KS57 系列 MCU 指令系统	(311)
附录二 KS57C 2408 MCU “复位”状态	(316)
附录三 KS88 系列 MCU 指令集	(318)
附录四 KS88C0116 寄存器“复位”(掩模方式)状态	(325)
附录五 MCU 指令书写规则	(327)
附录六 常用运算符简介	(328)
附录七 常用伪指令分类简介	(330)
一、汇编开始和结束伪指令	(331)
二、符号定义伪指令	(331)
三、地址(指针)定义伪指令	(331)
四、数据定义和存储空间分配伪指令	(333)
五、参考表伪指令	(334)
六、列表文件控制伪指令	(335)
七、条件汇编伪指令	(336)
八、宏定义伪指令	(337)
附录八 SMDS2 开发系统命令表及运行错误信息	(338)
附录九 温度测试及显示系统软件程序清单	(344)
附录十 世界 MCU 主要生产厂的最近动向	(351)

参 考 文 献

第一章 MCU 概论

地球——这个宇宙中独特的“生物圈”，经过漫长历史的磨炼，发展到今天高度文明时期，而今，她正以快速的步伐迈向伟大的、具有无与伦比激烈竞争的二十一世纪。回顾过去，特别是科学技术飞速发展所创造的具有辉煌成就的现代史，由此看出电子技术、计算机技术所作出的卓越贡献。

自1946年第一台电子数字计算机问世至今，计算机科学以惊人的速度发展，从组成计算机的器件看，随着微电子技术前进的脉搏，已经历了电子管、中小规模集成电路、大规模集成电路到超大规模集成电路等阶段，尤其是二十世纪七十年代初微计算机的出现，使计算机的应用领域迅速扩大，人类社会进入了以微处理器（MP-Microprocessor）、微控制器（MCU-Microcontroller Unit）为显著标志的智能与信息时代。手工劳作被各种精良的机器取代；对各种设备实施自动化、智能化已成为各行各业发展的必然趋势。而功能日益完善、不断推陈出新的MP、MCU则为广大的研究、开发工程技术人员提供了充分发挥其创造力的广阔天地，事实上，作为智能核心的MP、MCU已无所不在。

本篇将介绍微处理器与微控制器的基本状况，简述微控制器的特点与应用，并以韩国三星（Sam sung）电子株式会社生产的微控制器系列产品为线索阐述MCU斑斓的现状与发展前景。

§ 1.1 微处理器与微控制器

一、微型计算机和微处理器

众所周知，数字计算机由五个基本部分组成，如图1-1所示，这五个基本部分是：运算器、控制器、存储器、输入和输出设备。其中运算器与控制器通常结合起来称为中央处理单元（CPU-Central Processing Unit），是计算机结构中的核心部分。

所谓微处理器，就是利用超大规模集成工艺，把原来体积很大的中央处理单元（CPU）的复杂电路，制做在一片或几片集成电路芯片上，这种微缩的具有CPU功能的大规模集成电路被称为微处理器，而把以微处理器为核心，配以由超大规模集成工艺制成的随机存取存储器RAM、只读存储器ROM、输入/输出（I/O）接口及相应的辅助电路构成的微型化的计算机称为微型计算机（Microcomputer）。

常用的微处理器如：Z80、8085、80×86系列、奔腾586及97年Intel公司的新产品MMXPentiumCPU，即多媒体扩展型微处理器等。

二、微控制器

由于微型计算机具有高性能价格比、小体积及灵活性好，它一问世便受到人们的青睐，人们迅速地利用它的优点，将其应用到工作、生活的各个领域。为了挖掘更多的潜

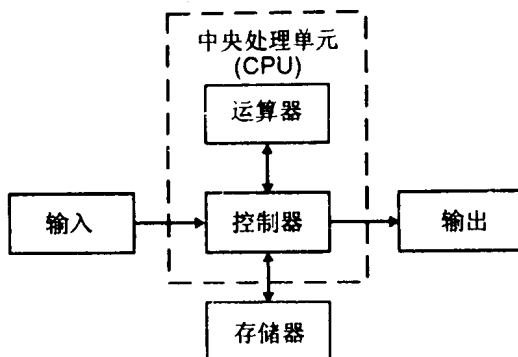


图 1-1 电子数字计算机框图

力，更便于各种实时应用，在突飞猛进的大规模集成电路技术支持下，芯片的集成度愈来愈高，于是，在一块芯片上既集成 CPU（作为控制中心，被称为“核”-CORE）再在其上集成多种控制功能模块、各种接口模块，例如：硬件乘法/除法器、FPU、DSP、ADC、EPA、EPS、PTS、PWM、WDT、高速 I/O 控制驱动接口电路等。再加上不断增大容量的内部 RAM、ROM 等，这些部份通过内部总线有机地联接起来，工作时根据 ROM 中存入的指令，在给定节拍信号的控制下，自动有序地输入或输出数据 (Data) 及信号 (Signal)。具有这种功能的芯片称为微控制器 (MCU)，也称单片微控制器 (Single Chip Micro Controller Unit)，在我国，人们常常地习惯地称之为单片机 (Single Chip Microcomputer)，东南亚一带常简称为 MICOM。

MCU 的基本结构示于图 1-2，由图可以看出：MCU 由 CPU、ROM、RAM、I/O 模块及 BUS 等部份组成。各自具有不同的逻辑结构，并完成各自的独特功能。

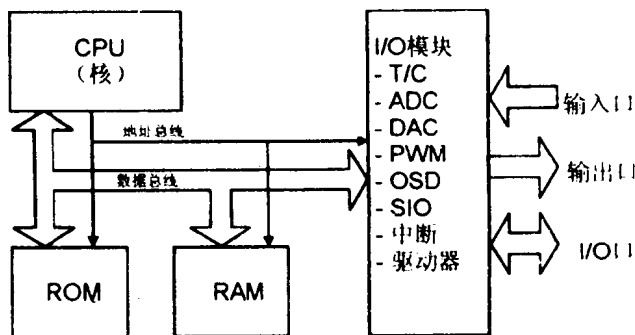


图 1-2 MCU 的基本结构

CPU——由算术器逻辑单元 (ALU-Arithmetic Logic Unit)、控制器与指令译码器 (ID——Instruction Decoder) 构成，形成 MCU 的核，相当于人的头脑，工作时，由该部分对输入信号进行分析、判断并发出各种必须的信息或控制指令。不同的核 (CORE) 可构成不同用途的微控制器系列，例如 Samsung 公司的 MCU 产品中，KS57 系列为 4 位的

CPU 核。而 KS88 系列其核为 8 位的 CPU。对于同一种核,在采用模块结构技术进行设计制造时,可根据不同的功能要求在同一芯片上集成数量不等的 ROM、RAM 与不同的 I/O 模块,便可得到适合不同应用领域的 MCU。例如:KS88C7132 是具有 ADC、PWM 的 8-bit MCU 而 KS88C9000 则是用于通信领域的专用 MCU,两者均具备相同的 8-bit CPU 核。

ROM——是 MCU 中存储程序的模块,称为程序存储器 (Program Memory),描述程序的代码在 MCU 的制造过程中利用特殊工艺将其写入 ROM 中,工作时只能把选定单元的内容读出来,不能写入新的内容。对应于某些特殊需求,有些 MCU 中用 EPROM 构成程序存储器。

RAM——寄存各种数据的单元,称为数据存储器 (Data Memory),一般数据存储器的 bit 数与 CPU 核的运算单元位数及内部数据总线 (Data Bus) 的 bit 数量相等,分为 4-bit、8-bit、16-bit、32-bit 等宽度,MCU 中的数据存储器多由静态 RAM 构成,容量从几十个字节至数 K 字节不等,视用途而定。

I/O 模块——这是 MCU 中花样最多的一部分,除了集成具有数量不等的标准型数字 I/O 口外,根据不同的用途可在片内集成数模变换器 PWM、模一数变换器 (A/D)、SIO、DAM、控制器、中断控制器、声音发生器、字符发生器、比较器、锁相环、译码及显示驱动器等等。这部分相当于 MCU 的输入输出装置。同一种核,在其芯片上制作了不同的 I/O 接口,便衍生出同一系列的不同 MCU。

BUS——是 MCU 核与其周边的 RAM、ROM、I/O 等模块相互连接的信号线,称为内部总线 (Internal Bus),由数据总线 (Data Bus)、地址总线 (Address Bus) 及控制总线 (Control Bus) 构成,由数据总线的位数可以了解所选用的 MCU 的位数,例如:4-bitMCU、8-bitMCU、16-bitMCU、32-bitMCU 等等。

三、MCU 的特点

MCU 随着应用的深入而不断地发展,据统计 1986 年世界 MCU 产量约为 2.1 亿片,1991 年达到 11.4 亿片,平均年增长约 80%,几乎每两年产量增加一倍。由此可见它的发展速度及应用的广度与深度。在学习计算机原理及应用的过程中,必须对这一支计算机领域令人瞩目的家族给予足够的重视,充分认识它,掌握它,从而达到驾驭它的目的。

由于 MCU 是将大量不同功能的模块集成在具有 MCU 核的同一芯片上。从应用的角度剖析,它具有许多优异特性:

1. 集成度高、体积小、使用方便。MCU 片内除包含一个处理功能很强的 CPU 外,还具有几十~数千字节的 RAM;拥有可容纳 0.5K~64K 字节应用程序的 ROM 或 EPROM;还可根据需要制作上各种不同的 I/O 接口电路,一块芯片解决了许多问题,深受使用者欢迎。

2. 具有积木式结构的特点,系统功能易于扩展;且其结构简单、应用灵活,易于更新换代。

3. RAM 与 ROM 严格分工。ROM 为程序存储器,只存放程序、指令及常数、表格等,RAM 则存放数据,便于应用设计之需。

4. 指令系统丰富、处理功能强、速度快、开发方便。

5. 可靠性高。MCU 多属于工业产品,对环境的要求相对于一些单片处理器产品要宽松许多; MCU 的应用系统体积小,容易采取屏蔽措施;加之 MCU 是通过内部总线令 CPU 与其它模块相联系,从而不易受到外部干扰,使其具有较好的抗干扰性能。

6. 功耗小。MCU 片内结构紧凑,数据传输路径短,所以功耗小于同类功能由多片 IC 构成的微处理器系统。

7. 成本低、性能价格比高、易于产品化,也易于推广应用。

§ 1.2 微控制器对人类社会贡献

由于 MCU 的独特优点,作为一种嵌入式器件,已广泛应用于工业测控、通信终端、各种智能仪表及以视像为中心的消费类电子产品。可以说 MCU 作为智能核心,已无所不在。MCU 体积虽小,对人类社会贡献却十分显著。在应用中按照 MCU 的特点,可分为单机应用与多机应用;按照 MCU 的系统配置状况,其应用系统又可分为最小系统、最小功耗系统及典型应用系统三种。

一、MCU 的应用领域

在一个应用系统中只使用一块 MCU,这是目前应用最多的方式,在高技术领域则常为多机应用模式。总起来看 MCU 应用大体上可分为四个层次:

1. 家用消费类应用

这类应用量大,对 MCU 的要求是:体积要小、价格便宜、性能要求不高;常常使用 4-bit 或 8-bit 低档 MCU,希望外围功能电路集成于 MCU 芯片内,成为一块芯片即为一台完整的控制器,这就是目前厂商竞相开发“单片型 MCU”产品的原因,“单片化”成了 MCU 的发展方向之一。家用电器和高档玩具采用了 MCU 后,产品性能大大提高,故这类产品目前、乃至今后仍会是 MCU 市场比重最大的,约占 MCU 市场份额 60% 以上。

2. 一般控制类应用

一些常规的外部设备、仪器仪表和简单的过程控制均属此类应用范畴、它们要求 MCU 实时响应快、I/O 功能全、性能价格比高。这类应用能促进仪器仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化方向发展;使仪器仪表具有崭新的面貌。从而使工业控制系统由传统的人工控制转入机械智能式,且变革为多功能、自动调整、自动操作的设备。

这类应用一般采用 8-bit MCU,应用面广,用量亦较大。

3. 数据控制类应用

对于一些控制性能要求高的应用领域,除对 MCU 的速度、功能有较多要求外,还要求具有数据处理和多机通信能力,有 DMA、FIFO、快速数据传送和多功能串行通信能力

等,例如用作高速CPU的外围接口,解决高速CPU与高速外设的匹配和瓶颈问题,Intel公司的8044、80C152, Samsung公司的KS88C9000等MCU产品,均不同程度地提供了这种应用能力,在一些大型的工业测控系统中,采用MCU进行接口的管理与控制,大大提高了系统的运行速度,加上MCU对接口信息具有加工处理能力,可大为减少接口界面的通信密度,极大地提高了接口的控制管理水平。在通信系统接口中采用MCU可以对数据进行编码、解码、分配管理及接收/发送控制等工作。

4. 在智能机器人、图像处理、通信、分布式控制等高技术领域应用

MCU亦具有广阔的应用。在这类高技术应用范畴内,常常要求有数兆字节以上的寻址能力,例如存储一幅 1024×1024 像素的图像,对于黑白图像需要1MB存储器,而对一幅16色彩色图像,至少需要4MB的存储容量。采用嵌入式32位MCU,具有16MB或更大的寻址空间,例如MCS-251和80C51XA系列的MCU,其寻址范围为16MB。这类MCU便可满足上述要求。32位嵌入式MCU嵌入了浮点运算部件,运算速度大大提高,从而可支持实时多任务执行软件,各种DSP处理器如TMSC30系列产品、Samsung公司的KS32C6000 RISC MCU等,这些MCU除具有前述优点外,能直接处理图像信息,易于组成便携式多媒体系统。

二、MCU应用系统的分类

1. 最小应用系统

最小应用系统是指能维持单片MCU运行的最简单配置的系统,这种系统结构简单、成本低廉,常构成一些简单的控制系统。

对于片内有ROM/EPROM、RAM的MCU,再配上晶振、复位电路和电源便构成MCU最小应用系统,家电类产品中均为最小应用系统。有一种是片内无ROM、EPROM的MCU,其最小系统还应外接EPROM或EEPROM作为程序存储器,这类MCU常用于批量较小的专用仪器仪表,或开发试用过程中。

2. 最小功耗应用系统

为保证正常运行,系统消耗的功率最小的MCU应用系统称为最小功耗应用系统,所用的MCU芯片采用CMOS工艺制成,同时使其具有保证低功耗运行的WAIT和STOP工作方式。

最小功耗应用系统常用于一些袖珍式智能仪表、野外工作仪表、手持机以及无源网络及接口中的MCU工作子站上,其应用也是相当广泛的。

3. 典型应用系统

典型应用系统是指MCU完成工业测控、控制功能所必须具备的硬件结构环境。

当MCU用于工业测、控领域时,其典型应用系统应具备有用于测、控目的的前向传感器通道、后向伺服控制通道及基本的人机对话手段。它包括系统扩展与系统配置两部

分内容。

系统扩展是指当MCU中的ROM、RAM、I/O口等片内部件不能满足系统要求时，在片外扩展相应的部分，扩展数量视需要而定。

系统配置是指满足应用要求，除合理选择MCU型号外，还应配置外部设备如键盘、显示器等等，它们通过MCU的接口电路接受MCU-CORE的控制，完成系统功能。

MCU常常被作为一个小巧玲珑的工具，它无孔不入地渗透到生产和生活中的各个角落，为人类社会的进步与文明起着巨大的推动作用。

三、我国MCU应用技术的发展趋势

微控制器的开发应用在国内虽起步较晚，但发展十分迅速，自二十世纪八十年代初开展试探性研究起，到现在已跨越了初级应用阶段进入到深入应用阶段，研究成果也已应用到家电、仪器仪表、工业控制和航空航天等各个领域，并已取得了相当可观的社会经济效益，同时也锤炼出一支庞大的MCU应用技术开发队伍，积累了丰富的经验。

近几年，国内嵌入式MCU及RISC CPU的销售开始猛增，这表明MCU的应在国内已逐渐深入和扩大，但它们几乎全依赖进口，为了提高我国微电子产品的独立程度，国内几个较先进的集成电路工厂与研究所加紧独立研制MCU和RISC MCU，例如北京集成电路设计中心研制的新型8-bit MCU BI/AT_{89C51}，电子部东北微电子研究所研制的高水平32位SPARC RISC处理器等，使我国MCU芯片电路研制能力跃上了新台阶，缩短了与国际先进水平的距离。

由于习惯的缘故，我国至今还有许多人称MCU为单片机(Single Chip Microcomputer)。九十年代前后，国内采用的MCU主流产品是Intel公司的MCS-51/96系列，近几年来，Motorola、Zilog、Microchip、Philips、NEC、ATMEL和韩国Samsung等公司的MCU产品相继投放我国市场，使我国MCU产业出现百花齐放的局面，促使我国MCU应用向多元化发展。

虽然MCU的应用在国内已较广泛，但与先进国家比大多停留于初、中期水平，MCU应用不够规模化，因此，我国还应加强新型MCU的开发研究、芯片制造术的研究，特别需要加强高性能开发工具的研制和高效开发软件的应用研究与推广。

§ 1.3 微控制器件的缤纷世界

自从70年代MCU问世以来，形成的生产、开发、应用热潮居高不衰，这诱人的形势吸引了众多的厂家，特别是世界著名电气商家参与研究开发、发展MCU，推出了各种系列的MCU产品，产品的档次从4-bit机、8-bit机、16-bit机发展到32-bit机；从功能角度看，有适合于多种简单用途的通用型MCU，还有针对各种不同用途而生产的各类专用MCU，例如为适应工业测控要求而增加电源监测、数据防改写、掉电保护等提高系统可靠性的各种功能模块；有些MCU增加高速I/O口以提高控制速度；有些则在片内集成A/D转换、PSW电路或多机通信的硬件识别电路等，把一些模拟电路、功率电路集成到MCU片内，甚至减小宽度(如CPU为4-bit)以提高其综合性能，可见MCU本身及它

的应用都是跨学科领域的,使得MCU从产品市场状况到它的应用系统,都呈现出一片缤纷景象。

它们从4-bit MCU到64-bit MCU各具特点,应用对象各不同,分别占领各自的阵地。

一、MCU 概况

1. 4-bit MCU

4-bit MCU以其价格低廉、应用早、适用面广等优点,稳固地占领着大部份家用消费类市场,呈现出较强的生命力。虽然美、日一些大公司已把8-bit机作为主流研究,但目前他们仍然在大力发展4-bit MCU,在结构和工艺方面进行改进,片内尽可能嵌入应用所需的各种外围电路,如LED/LCD显示驱动器、A/D转换、锁相等多功能I/O,并采取低电压、低功耗工艺。有影响的产品有:NEC的 μ NPD7 $\times\times\times$ 系列,TOSHIBA公司的CMOS4-bit MCU TMP47系列,以及Samsung(三星)公司的KS56、KS57系列,此外还有Hitachi公司、美国的National Semiconductor公司均有多种四位MCU产品。不过随着低价8-bit MCU的冲击,近年来国际市场4-bit MCU较之8-bit MCU其占有率已有所下降。

2. 8-bit 微控制器

8-bit MCU是微控制器市场的主角,自Intel的MCS-48系列及后来的MCS-51系列推向市场,至今新型派生系列五花八门,品种繁多,大体可分为两大类:低档8-bit和高档8-bit MCU。

低档8-bit MCU多采用NMOS工艺,速度较低,功能较少,有Intel公司的8048、Philips公司的84系列、Motorola公司的MC6806/HC05、NS公司的COP800以及Microchip公司的PIC16C $\times\times$ 等,它们的结构类似于4-bit机,广泛地用于家电领域,价格甚至低于4-bit MCU,是四位MCU的主要竞争者。

高档8-bit MCU有Intel公司的8051/80C51系列, Motorola公司的MC8HC11、Zilog公司的Z8(包括Super8)、NEC公司的 μ PD78 $\times\times$ 及韩国Samsung公司的KS88系列等等。这类MCU广泛用于仪器仪表、工业控制和外部设备中,它们多采用CMOS或CHMOS工艺,具有较强的控制功能。最具代表性的产品为80C51系列,这类MCU都使用80C51的CPU内核,以MCS-51为基础,以其典型的结构、完善的总线、SFR的集中管理模式、布尔操作系统和突出控制功能的指令系统,为MCU的发展奠定了良好的基础,促使世界著名电气商介入80C51的发展,如Philips公司、Siemens公司和Intel公司、Philips公司联手,从事研究、开发工作,推出了一系列80C51微控制器,取得了飞跃性的进展,这种形势又进一步吸引众多的厂家共同发展80C51兼容系列的MCU,例如Dallas公司、ATMEL公司、OKI公司等,都推出了许多独具特色的产品:ATMEL公司将flash Memory集成到80C51中形成89C $\times\times$ 系列,Dallas公司推出具有外围集成的80C51 Soft Microcontroller而Philips又推出小型非总线型的廉价MCU:83/87C7 $\times\times$ 系