

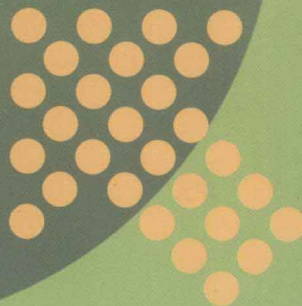
21世纪高等学校规划教材



DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

单片机原理及应用

于军琪 陈登峰 何 波 编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

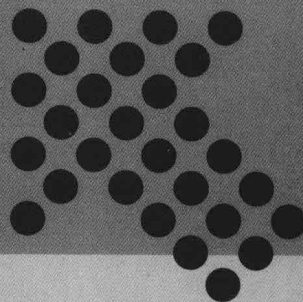
21世纪高等学校规划教材



DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

单片机原理及应用

于军琪 陈登峰 何 波 编
黄永宣 主 审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。本书系统阐述了 SN8P2700 系列单片机的体系结构、指令系统、中断系统、定时器/计数器、A/D 转换器与 D/A 转换器、串行通信接口和接口技术等内容；同时，还叙述了单片机系统开发工具的使用方法、应用程序的开发过程。本书针对 SN8P2700 系列单片机给出了一些设计实例，将理论性和实用性有机地结合在一起。

本书可作为高等学校电气信息类及相关专业教材，也可供从事单片机开发与应用工作的技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/于军琪, 陈登峰, 何波编. —北京:
中国电力出版社, 2008

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-7655-4

I. 单… II. ①于…②陈…③何… III. 单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 096892 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 8 月第一版 2008 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 363 千字

定价 24.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

序 言

21 世纪,可以说跨越了三个“电”的时代,即电气时代、电子时代和现已进入的电脑时代,不过,这种电脑,通常是指个人计算机。还有一类计算机,大多数人却不怎么熟悉,这种计算机就是把智能赋予给各种机械的单片机(亦称微控制器)。

现在,这种单片机已经渗透到人们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。因此,单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用与智能化控制的科学家、工程师等专业人士;而学好单片机并不是一件容易的事情,该书的内容,从理论与实际的角度,结合对松翰单片机在消费类电子领域的广泛应用,给广大的单片机爱好者提供了一个优秀的平台。

台湾松翰科技公司自 1997 年成立以来,一直专注于研发与设计。松翰科技公司现已成为世界最快速成长消费性 IC 的领导厂商之一,产品线可分为三大领域:①高低阶的语音 IC;②应用广泛的 OTP 单片机;③影像相关产品(计算机摄像头)等。带领公司不断成功的因素,源自于她的核心竞争力,包含快速的研发能力、掌握市场趋势的产品方案,高达 75%的优秀工程人力,持续不断地与客户紧密交流以适时发展客户及时进入市场的产品需求。到目前为止,松翰科技公司在大陆地区已经分别有深圳与成都两个研发中心与客户服务中心,同时与各高等院校建立联合实验室、开设培训中心,以期能培养出更多的优秀人才,为国家的教育事业作出贡献。

该书以 SN8P2700 系列型号单片机为主,通过课程的学习,大家可以轻松地了解松翰的单片机原理、编程指令、内部资源,以及其用途特点。本书是作者应 SONIX(松翰科技)公司之邀,为该公司在我国开展的“大学推广计划”所撰写的教学用书、培训教材和自学读本。该书的编写得到了西安建筑科技大学信控学院于军琪教授、陈登峰老师、何波老师等的大力支持,在此一并致谢!

以我个人从事单片机开发生涯为例,从 20 世纪 80 年代的美商 Motorola 单片机到现在自己研发单片机提供给客户使用,深感到好的教材对于单片机的初学者是一件非常重要的事情,所以松翰科技公司未来会继续加大对各高等院校的支持力度,推出更多适合学习的教材,让更多的单片机爱好者参与进来,提升整个大陆单片机开发的水平,从而全面提高中国在此行业上的领导力。

陈尔睥 博士

于松翰深圳办公室

2008.03

前言

单片机又称为微控制器 (MCU)，它是在一块芯片内集成计算机的各种功能部件，构成一种单片式的微型计算机。由于单片机具有体积小、功能强、可靠性高、面向控制和价格低廉等一系列优点，因而在工业、农业、国防、交通、民用消费品等各个领域得到了广泛的应用。

目前国际上有许多半导体公司生产了多种型号的单片机，有关单片机的研究、设计、应用如雨后春笋般蓬勃发展。本书在分析了单片机的发展趋势及主流技术基础上，以台湾松翰 (SONIX) 科技公司的 SN8P2700 系列单片机为内容，详细介绍单片机的硬件结构、指令系统、程序设计、应用与开发等内容，并结合编者长期的教学与科研成果，吸收了编者指导大学生开放性实验的部分成果。

SN8P2700 系列单片机采用新型 RISC 结构的高性能嵌入式微控制器及 OTP 技术，高抗杂波，在 EN61000-4-4 标准下稳超 4000V。SN8P2700 系列单片机具有丰富的内部资源、运算速度高 (最高 16MIPS)、功能强大、可靠性高、功耗低、价格便宜等优势，尤其在消费类电子领域得到广泛应用。通过学习，使学生不但掌握单片机的基本知识、开发的基本技能，而且能培养学生的实践能力与创新精神。

本书语言简练、结构紧凑、突出了实践性，内容注重系统性和实用性，并邀请了台湾松翰科技 (SONIX) 公司研发人员对书稿提出建议与意见，以便使本书能更加接近实际应用，期望能得到广大师生、工程技术人员、单片机爱好者的青睐。

本书的第 1、2、8 章由于军琪编写；第 3、4、10 章由陈登峰编写；第 9 章由何波编写；第 5 章由肖海燕编写；第 6 章由孙继武、赵亮编写；第 7 章由何波、陈登峰编写；全书由于军琪负责组织与统稿。贾媛、卢英为本书做了大量的绘图、文字编辑及排版工作，在此对他们的帮助表示深深感谢！

西安交通大学黄永宣教授对本书的全部内容进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见；台湾松翰科技 (SONIX) (深圳) 公司总经理陈尔铮博士在本书的编写过程中提供了诸多帮助与建议，在此表示衷心的感谢！

感谢西安建筑科技大学重点教材建设项目的支持！感谢应用型本科院校“十一五”国家课题“校企联合培养应用型人才标准和培养模式的研究” (课题编号：FIB070335-AT-3T) 的资助！

由于编者水平有限，书中难免有疏漏与不当之处，敬请各位专家、读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

目

录

序言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 单片机简介	1
1.2 SN8P 系列单片机简介	9
思考与练习题	10
第 2 章 SN8P2700 系列单片机体系结构	11
2.1 SN8P2700 系列单片机组成	11
2.2 存储器结构	14
2.3 输入/输出端口	25
2.4 时钟电路	33
2.5 复位电路	39
2.6 SN8P2700 系列单片机工作模式	41
思考与练习题	44
第 3 章 SN8P2700 系列单片机指令系统	45
3.1 寻址方式	45
3.2 SN8P2700 系列单片机指令形式	46
3.3 SN8P2700 系列单片机指令集	57
3.4 程序设计举例	74
思考与练习题	99
第 4 章 SN8P2700 系列单片机中断系统	101
4.1 中断系统概述	101
4.2 中断控制	101
4.3 中断程序设计	106
思考与练习题	110
第 5 章 SN8P2700 系列单片机定时器/计数器	112
5.1 定时器/计数器结构与工作原理	112
5.2 定时器/计数器程序设计	117
思考与练习题	127
第 6 章 SN8P2700 系列单片机 A/D 转换器与 D/A 转换器	128
6.1 A/D 转换器	128
6.2 D/A 转换器	136
思考与练习题	137
第 7 章 SN8P2700 系列单片机串行通信接口	138
7.1 串行通信接口结构	138

7.2 SIO 控制寄存器	140
7.3 串行通信接口读/写操作	141
7.4 串行通信接口应用实例	142
思考与练习题	143
第 8 章 SN8P2700 系列单片机接口技术	144
8.1 I/O 接口扩展	144
8.2 键盘接口技术	145
8.3 LED 显示接口	160
思考与练习题	166
第 9 章 单片机应用系统设计与开发	167
9.1 单片机应用系统设计原则及步骤	167
9.2 软件设计方法	170
9.3 可靠性设计	180
9.4 SN8P2700 系列单片机开发系统	185
思考与练习题	196
第 10 章 SN8P2700 系列单片机开发实训	197
10.1 跑马灯实例	197
10.2 实时温度采集系统	221
思考与练习题	223
附录	225
参考文献	231

第1章 绪 论

现代信息技术的不断发展,使计算机在工业、农业、科研、国防及日常生活等方面得到愈加广泛应用,有关计算机及其相关技术的研究与开发,亦得到空前发展。单片微型计算机(简称单片机)就是在这样的背景下诞生的。它是一种集成度高、体积小、功能强、接口丰富、开发方便的单片机,因其具有的独特优势,从产生之日起,迅速得到了应用,这种趋势随时间推移越来越明显,无论是学习单片机知识还是进行其技术开发都显得愈加迫切。

自世界上第一台计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) 于 1946 年 2 月 14 日于美国宾夕法尼亚大学诞生以来,迄今已经历了几代发展,成为具有大规模、超大规模集成电路的计算机,运算速度可达每秒万亿次以上。而且计算机朝着巨型化、智能化、网络化和微型化的方向不断发展。

单片机是微型计算机家族中的重要成员,因其结构比较简单、具有良好扩展性能、开发简单,能灵活、方便完成实际的应用要求,在国民经济各个领域中都得到应用,所以发展非常迅速,前景广阔。

1.1 单片机简介

1.1.1 单片机发展简史

自 1970 年世界上微处理器研制成功之后,1971 年美国 Intel 公司就生产出 4 位单片机 Intel-4004,1972 年生产了雏形 8 位单片机 Intel-8008,特别是 1976 年 9 月 Intel 公司生产的 MCS-48 单片机问世以来,在短短的十几年间,经历了多次更新换代,其发展速度每二三年要更新一代、集成度增加一倍、功能翻一番。发展速度之快、应用范围之广已达到惊人的地步。它已渗透到生产和生活的各个领域。如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段。

(1) 第一阶段(1971 年~1976 年):单片机发展初级阶段。1971 年 11 月,Intel 公司首先推出集成度 2000 只晶体管/片的 4 位单片机 Intel-4004,并配备有 RAM、ROM 和移位寄存器。

(2) 第二阶段(1976 年~1980 年):低性能单片机阶段。1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机,它以体积小、功能全、价格低等特点,赢得了广泛的市场,为单片机的发展奠定了基础。以后还有 Motorola、Zilog 等公司也加入了单片机的研究与生产。

(3) 第三阶段(1980 年~1983 年):高性能单片机阶段。1980 年 Intel 公司在 MCS-48 基础上又推出 MCS-51 系列单片机。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构:

1) 完善的外部总线。MCS-51 系列单片机具有总线结构形式,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。

3) 具有工控特性的位地址空间及位操作方式。

4) 指令系统趋于丰富和完善, 增加了许多突出控制功能的指令。

(4) 第四阶段(1983 年~1990 年): 16 位单片机阶段。1983 年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机, 将一些用于测控系统的模/数(A/D)转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等嵌入片中, 体现了单片机的嵌入式特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用, 许多电气厂商竞相使用 8051 为内核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中, 增强了外围电路功能, 强化了智能控制的特征。

(5) 第五阶段(1990 年~至今): 单片机全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用, 出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。

1.1.2 单片机的组成及特点

单片机是微型计算机的一个重要分支, 其结构的最大特点是把 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出(I/O)接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。虽然其结构和指令系统与普通的微型计算机的有所差异, 但是其基本组成模块和基本工作原理与普通的微型计算机无明显差异。由于单片机主要用于控制, 所以也可称为微控制器(Microcontroller)。

1.1.2.1 单片机的组成

一个典型单片机芯片内部的基本组成结构如图 1-1 所示。由图 1-1 可知, 在一个单片机

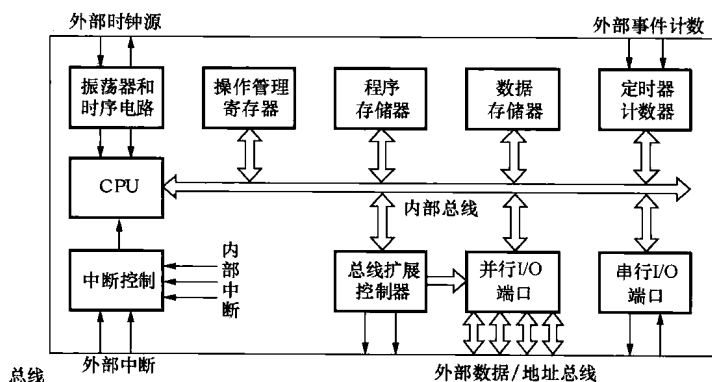


图 1-1 典型单片机芯片的基本组成结构

芯片中, 集成了构成一个计算机系统的最基本的单元: 如 CPU、程序(指令)存储器、数据存储器、各种类型的 I/O 端口等。CPU 同各基本单元通过芯片内的内部总线(包括数据总线、地址总线和控制总线)连接。

一般情况下, 内部总线中的数据总线宽度(或指 CPU 的字长)也是确定该单片机等级的一个重要指标。一般讲低档

单片机的内部数据总线宽度为 4 位(4 位机), 普通和中档单片机的内部数据总线宽度一般为 8 位(8 位机), 高档单片机内部数据总线宽度为 16 位或 32 位。内部数据总线宽度越宽, 单片机的处理速度越快, 功能也越强。

下面分别对单片机芯片中所集成的各个组成部分予以简要介绍。

1. 控制器部分

控制器部分包括了 CPU、时钟系统、复位、总线控制逻辑等电路。CPU 是按照面向测控对象、嵌入式应用的要求设计的, 其功能有进行算术、逻辑、比较等运算和操作, 并将结果和状态信息与存储器以及状态寄存器进行交换(读/写)。时钟和复位电路实现上电复位、信号控制复位, 产生片内各种时钟及功耗管理等。总线控制电路则产生各类控制逻辑信号, 满

是单片机对内部和外部总线的控制。其中，单片机通过内部总线把计算机的各主要部件连为一体，其内部总线包括地址总线、数据总线和控制总线，用以实现片内各单元电路的协调操作和数据传输。其中，地址总线的作用是在进行数据交换时提供地址，CPU 通过它们将地址输出到存储器或 I/O 接口；数据总线的作用是在 CPU 与存储器或 I/O 接口之间，或存储器与外围设备之间交换数据；控制总线包括 CPU 发出的控制信号线和外部送入 CPU 的应答信号线等。外部总线控制用于单片机外围扩展的操作管理。

2. 片内存储器

单片机的存储器一般分成程序存储器和数据存储器，它们往往构成相互独立的两个存储空间，分别寻址，互不干扰。在这一点上，与通用计算机系统的结构是不同的。通用计算机系统通常采用“Von-Neumann”结构，在这种结构体系中采用了单一的数据总线用于指令和数据的存取，因此数据和指令是存放在同一个存储空间中，CPU 使用相同的数据总线与数据和程序进行交换。而单片机的内部结构通常使用“Harvard”体系结构，在这种体系中采用分开的指令和数据总线，以及分开的指令和数据地址空间。单片机采用 Harvard 双（多）总线结构的优点是：指令和数据空间完全分开，分别通过专用的总线同 CPU 交换，可以实现对程序和数据的同时访问，提高了 CPU 的执行速度和数据的吞吐率。

早期的单片机，如典型的 8031 单片机，在片内只集成少量的数据存储器（128B/256B），没有程序存储器。因此程序存储器和大容量的数据存储器需要进行片外扩展，增加外围的存储芯片和电路，给构成嵌入式系统带来了麻烦。后期的单片机则在片内集成了相当数量的程序存储器，如与 8031 兼容的 AT89S51、AT89S52 单片机在片内集成了 4KB/8KB 的 Flash 程序存储器。而现在新型的单片机，则在片内集成了更多数量和更多类型的存储器。如 SN8P2700 系列单片机在片内集成了 1KB/4KB 的 OTP 程序存储器，256B 的 RAM 数据存储器，这就大大方便了应用。

3. 程序存储器

程序存储器用于存放系统的应用程序。由于单片机系统的应用程序在开发调试完成后不需要经常改变，因此单片机的程序存储器多采用只读型 ROM，用于永久存储系统的应用程序。为适应不同产品、用户和不同场合的需要，单片机的程序存储器有以下几种不同形式：

（1）ROMLess 型。该种形式的单片机片内没有集成程序存储器，使用时必须在单片机外部扩展一定容量的 EPROM 器件。因此，使用这种类型的单片机就必须使用并行扩展总线，增加芯片，增加了硬件设计的工作量。

（2）EPROM 型。单片机片内集成了一定数量的 EPROM 存储器用于存放系统的应用程序。这类单片机芯片的上部开有透明窗口，可通过约 15min 的紫外线照射来擦除存储器中的程序，再使用专用的写入装置写入程序代码和数据，写入次数一般为几十次。

（3）MaskROM 型。使用这种类型的单片机时，用户要将调试好的应用程序代码交给单片机的生产厂商，生产厂商在单片机芯片制造过程的掩膜工艺阶段将程序代码掩膜到程序存储器中。这种单片机便成为永久性专用的芯片，系统程序无法改动，适合于大批量生产的产品。

（4）OTPROM 型。这种类型的单片机与 MaskROM 型的单片机有相似的特点。生产商提供新的单片机芯片中的程序存储器可由用户使用专用的写入装置一次性编程写入程序代码，

写入后也无法改动了。这种类型的单片机也是适用于大批量产品的生产。

(5) FlashROM 型。这是一种可供用户多次擦除和写入程序代码的单片机。它的程序存储器采用快闪存储器 (Flash Memory, FM), 现在可实现大于 1 万次的写入操作。FlashROM 可多次擦除 (电擦除) 和写入, 加上新型的单片机采用了在线下载 ISP 技术 (In System Program, 即无须将芯片从系统板上取下, 直接在线将新的程序代码写入单片机的程序存储器中), 为用户进行系统的设计、开发和调试带来了极大的方便, 也适用于大批量产品的生产。

4. 数据存储器

单片机在片内集成的数据存储器一般有两类: 随机存储器 (RAM) 和电可擦除存储器 (EEPROM)。

(1) 随机存储器 (RAM)。在单片机中, RAM 是用来存储系统程序在运行期间的工作变量和临时数据的。一般在单片机内部集成一定容量 (32~512B 或更多) 的 RAM。

这些小容量的数据存储器以高速 RAM 的形式集成在单片机芯片内部, 作为临时的工作存储器使用, 可以提高单片机的运行速度。

在单片机中, 常把内部寄存器 (如工作寄存器、I/O 寄存器等) 在逻辑上也划分在 RAM 空间中, 这样既可以使用专用的寄存器指令对寄存器进行操作, 也可将寄存器当作 RAM 使用, 为程序设计提供了方便和灵活性。

对一些需要使用大容量数据存储器的系统, 就需要在外部扩展数据存储器。这时, 单片机就必须具备并行扩展总线的功能, 同时外围也要增加 RAM 芯片和相应的地址锁存、地址译码等电路。

(2) 电可擦除存储器 (EEPROM)。一些新型的单片机, 在芯片中还集成了 EEPROM 型的数据存储器。这类数据存储器用于存放一些永久或比较固定的系统参数, 如放大倍率、电话号码、时间常数等。EEPROM 的寿命大于 10 万次, 具有掉电后不丢失数据的特点, 并且通过系统程序可以随时修改, 这些特性都给用户设计开发产品带来极大的方便。

5. 输入/输出端口

为了满足系统的实际应用需要, 单片机提供了数量众多、功能强、使用灵活的输入/输出端口, 简称 I/O 端口。端口的类型可分为以下几种类型:

(1) 并行总线 I/O 端口。用于外部扩展存储器或扩充 I/O 端口等使用, 包括数据总线、地址总线和读写控制信号等。

(2) 通用数字 I/O 端口。用于外部电路逻辑信号的输入和输出控制。

(3) 片内功能单元的 I/O 端口。如: 定时器/计数器的计数脉冲输入端口, 外部中断信号输入端口等。

(4) 串行 I/O 端口。用于系统之间或与采用专用串行协议的外围芯片之间的连接和交换数据。如: UART 串行接口 (如 RS-232), I²C (Inter-Integrated Circuit) 串行接口, SPI (Serial Peripheral Interface) 串行接口, USB (Universal Serial Bus) 串行接口等。

(5) 其他专用端口。一些新型的单片机在片内集成了某些专用功能的模拟或数字的 I/O 端口, 如 A/D 输入、D/A 输出端口, 模拟比较输入端口, 脉宽调制 (PWM) 输出端口等。还有的单片机将 LCD 液晶显示器的端口也集成到单片机芯片中了。

为了减少芯片引脚的数量, 又能提供更多性能的 I/O 端口给用户使用, 大多数的单片机

都采用了 I/O 端口的复用技术,即某一端口,它既可作为一般通用的数字 I/O 端口使用,也可作为某个特殊功能的端口使用,用户可根据系统的实际需要来定义使用。这样就为设计开发提供了方便,大大拓宽了单片机的应用范围。

6. 操作管理寄存器

操作管理寄存器也是单片机芯片中的重要组成部分之一。它的功能是管理、协调、控制和操作单片机芯片中的各功能单元的使用和运行。这类寄存器的种类有:状态寄存器、控制寄存器、方式寄存器、数据寄存器等。各种寄存器的定义、功能、状态、相互之间的关系和应用相对比较复杂,而且往往同相应的功能单元的使用紧密相关,因此,用户应非常熟悉各个寄存器的作用以及如何与不同的功能单元的配合使用,这样才能通过程序指令对其编程操作,以实现单片机芯片中各种功能的正确使用,充分发挥单片机的良好性能,设计和开发出高性能、低成本的产品。

1.1.2.2 单片机的特点

单片机针对工业及测控对象、环境、用途,以加强控制功能、提高工业应用环境下的可靠性、灵活性。其自身具有如下特点:

(1) 集成度高、体积小、可靠性高。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。随着集成电路制造技术的发展,芯片的集成度越来越高,可靠性也随着大幅度提高。

(2) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有丰富的转移指令、逻辑操作以及位处理指令。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。

(3) 外部的软硬件开发技术。现有的流行的单片机,一定有多种对应的软硬件开发支持,从硬件的在线仿真设备到软件的高级语言开发环境以及交叉或者驻留的汇编应有尽有,而且许多软硬件是国内厂商自行开发的。

(4) 单片机系统扩展和系统配置较典型、规范,易构成规模灵活的应用系统。外部总线增加了 I²C、SPI 及 USB 等串行总线接口,进一步缩小了体积,简化了结构。

(5) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品和嵌入式应用系统。

(6) 灵活性好,性价比高。当前单片机从 8 位、16 位到 32 位应有尽有。尤其是应用于小系统的 8 位机,其系列、种类、型号丰富,灵活配置了内部存储器和外围模块,提供了广阔的选择空间。

(7) 专用性特点突出。集成电路技术的发展推动了单片机的专用化设计,许多针对语音、图像、通信、数据处理等领域的专用单片机迅速涌现。

1.1.3 单片机的分类及应用

1.1.3.1 单片机的分类

单片机作为计算机发展的一个重要领域,根据目前发展情况,可分为如下几类:

(1) 按单片机内部程序存储器分类。单片机可分为片内无 ROM 型、片内带掩膜 ROM 型(QTP 型)、片内 EPROM 型、片内可一次编程 ROM 型(OTP 型)和片内带 Flash 型等。Flash 型是近十年发展起来的一种新类型。

(2) 按指令集分类。单片机可分为复杂指令集计算机(Complex Instruction Set Computer,

CISC) 结构单片机和精简指令集计算机 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 结构单片机两大类。

采用 CISC 结构单片机, 其指令丰富, 功能较强, 但取指令和取数据不能同时进行, 速度受限, 价格偏高。

采用 RISC 结构单片机, 取指令和取数据能够同时进行, 便于采用流水线操作, 且大部分指令为单指令周期, 其运行速度快; 同时程序存储器的空间利用率高, 有利于实现超小型化。

CISC 结构的单片机有 Intel 8051 系列、Intel 8052 系列、Motorola M68HC 系列、Atmel AT89 系列、Philips P89C5X 系列等; RISC 结构的单片机有 Microchip PIC 系列、韩国三星 KS57C 系列 4 位单片机、台湾义隆 EM-78 系列、Atmel AT90 系列、Sonix SN8P 系列等。一般在控制较简单的小家电中可以采用 RISC 型单片机; 在控制关系复杂的场合多采用 CISC 型单片机。

(3) 按构成单片机芯片的半导体工艺分类。按此分类方法, 单片机可分为 HMOS 工艺以及 CHMOS 工艺两大类。HMOS (high-density MOS), 即高密度短沟道的 MOS (Metal Oxide Semiconductor, 金属氧化物半导体) 工艺。CHMOS 是 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物) 和 HMOS 的结合, 而 CMOS 工艺具有低功耗的特点, 单片机产品型号中带有 C 字样的多为 CHMOS, 其余一般为 HMOS 型。

(4) 按单片机适用范围分类。按此分类方法, 单片机可分为通用型和专用型两大类。例如, 80C51 是通用型单片机, 它不是为某种专门用途设计的; 专用型单片机是针对一类产品甚至某一个产品设计生产的, 例如为了满足电子体温计的要求, 在片内集成 A/D 转换接口等功能的温度测量控制电路。

(5) 按是否提供并行总线来分类。按此分类方法, 单片机可分为总线型和非总线型两大类。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、数据总线、控制总线, 这些引脚用以扩展并行外围器件, 可通过并行口与单片机连接。另外, 许多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成在一个芯片内, 因此在许多情况下可以不要并行扩展总线, 大大减少封装成本和芯片体积, 这类单片机称为非总线型单片机。

(6) 按照应用的领域来分类。按此分类方法, 单片机可分为控制型和家电型两大类。一般而言, 控制型寻址范围大, 运算能力强; 用于家电的单片机多为专用型, 通常是小封装、低价格, 外围器件和外设接口集成度高。

(7) 按单片机字长分类。单片机可分为位片机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。目前应用最广, 需求量最大的是 4 位机和 8 位机。

显然, 上述分类并不是惟一的和严格的。例如, 80C51 单片机既是通用型又是总线型, 还可以用于工业控制。

1.1.3.2 单片机的应用

由于单片机的显著优点, 它已成为科技领域的有力工具、人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域, 主要表现在以下几个方面。

1. 单片机在智能仪表中应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表, 使仪器仪表智能化, 并可以提高测量的自动化程度和精度, 简化仪器仪表的硬件结构, 提高其性价比。

2. 单片机在机电一体化产品中应用

机电一体化产品是指集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

3. 单片机在实时控制中应用

单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机实时数据处理能力和控制功能可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

4. 单片机在分布式多机系统中应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些结点上,对现场信息进行实时测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

5. 单片机在日常生活中应用

单片机自从诞生以后,就步入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、收录机等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,倍受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

综上所述,单片机已成为计算机发展和应用一个重要方面;另一方面,单片机应用的重要意义还在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术,是传统控制技术的一次革命。

1.1.4 单片机发展趋势

单片机的持续发展,各种技术的研究方兴未艾,世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机,从8位、16位到32位,类型丰富、应有尽有,有与主流MCS-51系列兼容的,也有不兼容的,但它们各具特色,相互补充,纵观单片机的发展过程,可以预见单片机发展趋势如下。

1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51系列8031单片机推出时的功耗高达630mW,而现在的单片机普遍都在100mW左右,随着对单片机功耗要求越来越低,现在的各个单片机制造商基本采用了CMOS工艺。CMOS芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态下。随着技术和工艺水平的提高,又出现了HMOS和CHMOS工艺、CHMOS和HMOS工艺的结合。目前生产的CHMOS电路已达到低功耗肖特基TTL(Low-power Schottky TTL, LSTTL)的速度,传输延迟时间小于2ns,它的综合优势已大于晶体管-晶体管逻辑(Transistor-Transistor Logic, TTL)电路。因而,在单片机领域,CMOS工艺正在逐渐取代TTL工艺,CMOS工艺将是今后一段时期单片机发展的主要工艺。

2. 高性能化

主要是指进一步改进CPU的性能,加快指令运算速度和提高系统控制可靠性。采用RISC结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达100MIPS(Million Instruction Per Second, 兆指令每秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单

片机的运算速度比标准的单片机的运算速度高出 10 倍以上。

3. 低噪声与高可靠性

为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂商在单片机内部电路中都采用了新的技术措施。

4. 大容量化

以往单片机内的 ROM 容量为 1~4KB, RAM 容量为 64~128B。但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外部扩展。为了适应这种领域的要求,须采用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大容量可达 64KB, RAM 最大容量为 2KB。

5. 小容量、低价格化

与上述相反,以 4 位机、8 位机为主的小容量、低价格化也是发展方向之一。这类单片机把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片机化,可广泛用于家电产品中。

6. 外围电路内嵌化

这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有 A/D 转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器,甚至还有彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

7. 微型单片化

现在常规单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存取数据存储(RAM)、只读程序存储器(ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路、时钟电路等集成在一块单一芯片上,增强型单片机集成了如 A/D 转换器、脉宽调制电路(PWM)、看门狗定时器(WDT),有些单片机将 LCD(液晶)驱动电路都集成在单一的芯片上,这样单片机包含的单元电路就更多,功能就更强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有用户自己特色的单片机芯片。此外,现在产品普遍要求体积小、质量小,这就要求单片机除了功能强和功耗低外,还要求其体积小。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中表面贴装器件(Surface Mounted Device, SMD)越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

8. 串行扩展技术

在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP 及各种类型片内程序存储器的发展,加之外设接口不断嵌入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

现在 8 位单片机产品越来越多,而单片机架构也因不同厂商而异,但是基本原理仍是相同的。台湾松翰(SONIX)科技公司生产的 SN8P2700 系列单片机是采用了 RISC 结构的高性能嵌入式单片机。它具有运算速度快、功耗低、价格便宜和高抗干扰及 OTP 技术等特点,这些都体现了单片机发展的新趋势。台湾松翰科技公司推出的 8 位系列单片机广泛应用于计算机外围设备、通信产品、各类遥控器、数字相机周边、智能型充电器、大小家电、车用警报系统、安全系统、电子秤、耳温枪、血压计、胎压计、各类测量及健康器材等产品。

本书将以台湾松翰科技公司的 SN8P2708A 单片机为例。详细介绍 SN8P2700 系列单片机

的结构、应用系统设计方法。

1.2 SN8P 系列单片机简介

台湾松翰科技公司 1996 年 7 月成立于台湾省新竹县,致力于消费性 IC 产品的设计开发,并逐步成为各方广泛认可的消费类 IC 的领导厂商,产品应用广泛。

1.2.1 SN8P 系列单片机发展

2000 年 5 月,松翰科技公司采用自主研发的独特体系架构,首次推出 8 位一次可编程(Once-Time Programmable, OTP)型单片机系列产品,进军玩具、家电等消费类产品应用领域。它的特点是具有使用方便及容易操作的开发系统。

2001 年,台湾松翰科技公司成功推出 SN8P16XX 系列单片机。

2002 年,成功推出光罩式集成有 8 通道 12 位分辨率 A/D 转换器(17XX 系列)与液晶驱动(18XX 系列)的 8 位单片机芯片切入市场。

2003 年,推出 25XX/26XX/27XX 系列单片机。在抗干扰性能方面取得突破,其抗交流杂波能力超越 4000V(EN61000-4-4 标准),而外部只需在芯片电源输入端添加一个 47 μ F 旁路电容。

2004 年,推出内嵌 16 位 A/D 转换器及可编程运算放大器的 19XX 系列 8 位单片机,并进军耳温枪、血压计等健康量测器材市场,大幅降低系统复杂度及开发时间。

2006 年 10 月,推出全速 22XX 系列 USB 8 位单片机,广泛应用于计算机外围产品市场。

至此,台湾松翰科技公司已经形成了完整的 8 位单片机系列,如表 1-1 所示。

表 1-1 SONIX 公司 8 位单片机系列产品

产 品 系 列	产品内部资源与特点	应 用 类 型
SN8P16XX	通用 I/O 应用	通用经济型
SN8P17XX	12bit ADC/7bit DAC/PWM/SIO	通用型
SN8P17XXA	12bit ADC/7bit DAC/快速 PWM/SIO	通用经济型
SN8P1800	12bit 快速 ADC/3 $\times$ 24 LCD Driver/PWM/SIO/RTC	量测应用型
SN8P1810	12bit ADC/ PGIA/CPR/4 $\times$ 32 LCD Driver/PWM/SIO/RTC	量测应用型
SN8P19XX	16bit ADC/4 $\times$ 32 LCD Driver/PWM/SIO/PGIA/CPR/RTC	量测应用型
SN8P23XX	4 $\times$ 32 LCD Driver/通用 I/O 应用/快速、高抗干扰应用	通用经济型
SN8P25XX	Int 16MHz RC/快速 PWM/通用 I/O 快速、高抗干扰应用	通用经济型
SN8P26XX	快速 PWM/RTC/通用 I/O 快速、高抗干扰应用	16XX 升级版
SN8P27XX	12bit ADC/7bit DAC/快速 PWM/快速 SIO/快速、高抗干扰应用	17XX 升级版
SN8P28XX	12bit 快速 ADC/4 $\times$ 24 LCD Driver/RTC/快速 PWM/快速 SIO/快速、高抗干扰应用	18XX 升级版

1.2.2 SN8P 系列单片机特点与优势

1. 采用 RISC 架构,运算速度快

SN8P 系列单片机采用 RISC 架构,采用 1T(一条指令周期就是一个时钟周期)指令集共 56 条指令,相对于 MCS-51 系列的 111 条指令,具有 16MIPS 的计算能力,运算能力大为提高。

2. OTP 技术, 高抗干扰

OTP 产品提供了介于掩膜和 Flash 产品特性之间的单片机, 即可以进行一次性编程, 其主要特征是只允许数据写入一次, 不能实现重复编程。既克服了掩膜型单片机程序固定不变的缺点, 又克服了 Flash 型单片机价格昂贵易受干扰的缺陷, 适于既要求一定灵活性, 又要求低成本的应用场合, 尤其适用于发展变化快、需要迅速、批量化的电子产品。

3. 内建高精度 A/D 转换器

SN8P 系列单片机内建 12 位乃至 16 位 A/D 转换器, 可满足精密量测的需要。

4. 内部 LVD 复位

SN8P 系列单片机内置 LVD (低电压检测) 装置, 可以实现掉电复位保护, 当 V_{DD} 跌落并低于 LVD 检测电压值时, LVD 被触发, 系统复位。电源变化较大时, LVD 能够对系统起到保护作用。

SN8P 系列单片机所采用的 RISC 架构、高抗杂波、低功耗等特点都体现了单片机发展的趋势。

1.2.3 SN8P 系列单片机应用

目前, SN8P 系列 8 位单片机已经在消费类电子产品领域得到了广泛应用, 典型的应用如下。

家电类: 电磁炉、电压力锅、空气清新器、加湿器、抽油烟机、按摩器、电饭煲、消毒柜、空气调节扇、豆浆机、音响功放、吸尘器、电动车、风扇等。

保健/医疗类: 低频治疗仪、中频治疗仪。

测量类: 珠宝秤、人体秤、厨房秤、钓鱼秤、手提秤。

玩具类: 遥控飞机、遥控飞碟等。

防盗类: 家居防盗报警器、汽车防盗器、摩托车防盗器、倒车雷达。

遥控器类: 电视机遥控器、空调遥控器、VCD 遥控器、DVD 遥控器、灯饰遥控器。

灯饰类: 遥控调光、荧光灯等。

智能充电器类: 镍铬/镍氢 (Ni-Cr/Ni-H) 电池充电器、锂离子 (Li-ion) 电池充电保护器、电动车充电器、数码充电器、专用充电器。

PC 设备类: KTV 点歌器、触摸屏控制等。

思考与练习题

1.1 微计算机技术有哪两大分支? 它们各自侧重在哪些领域发展?

1.2 单片机确切的含义是什么? 它有哪些主要特征?

1.3 为什么说单片机是典型的嵌入式系统? 在人们身边有哪些设施应用了嵌入式控制技术? 分析单片机在其中的作用。

1.4 简述单片机发展的历史和它主要技术发展方向。

1.5 了解单片机常用的系列、品种, SN8P2700 系列单片机的主要特征是什么?